

Тезисы докладов
X юбилейного международного форума
«Оптические системы и технологии - OPTICS-EXPO 2014»
11 – 14 ноября 2014 г.
Москва, ВДНХ, павильон №55

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ОПТИКА В НАУКЕ И ТЕХНИКЕ»

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НАУКИ И
ТЕХНИКИ:
ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ

Торшина И.П., Якушенков Ю.Г.
Московский государственный университет геодезии и картографии
(МИИГАиК), г. Москва

Расширение областей применения оптики и оптико-электронных приборов и систем; развитие новых технологий; комплексирование оптических систем с современными вычислительными устройствами и ряд других факторов вызывало и вызывает иногда и сейчас стремление «объять необъятное» в процессе подготовки и переподготовки научно-технических кадров. С начала минувшего десятилетия, в нашей стране основным направлением подготовки выпускников оптических вузов и факультетов стала подготовка бакалавров. Подготовка специалистов (инженеров) резко сократилась. Однако в последние годы руководством Российской Федерации делались неоднократные заявления о необходимости развития инженерно-технического образования, особенно по стратегическим и прорывным технологиям, обеспечивающим в числе прочего безопасность страны. Поэтому сегодня перед отечественной высшей оптической школой вновь встал вопрос: «Кого же необходимо готовить в первую очередь?»

Не отвергая важность подготовки высококвалифицированных бакалавров, магистров и аспирантов, можно сделать вывод о необходимости срочного переноса центра тяжести работы вузов и факультетов оптического профиля на работу с будущими специалистами (инженерами) и увеличения их количества.

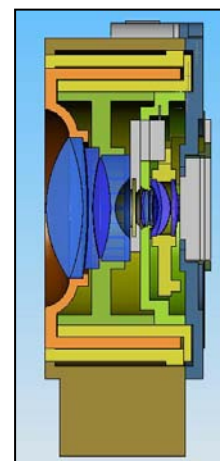
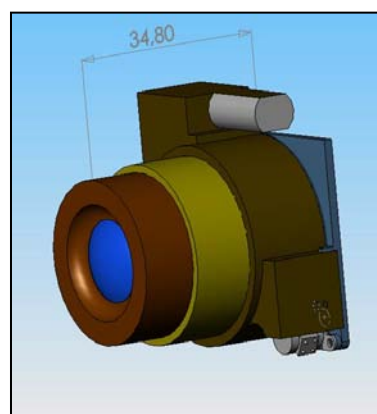
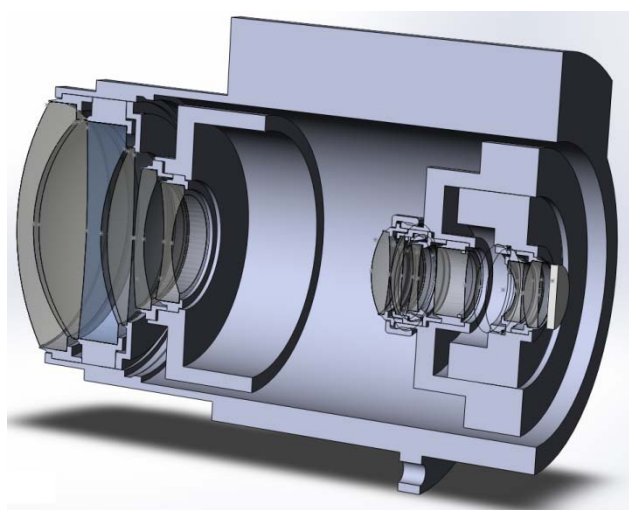
НАУЧНАЯ ШКОЛА "РАЗРАБОТКА ВАРИОСИСТЕМ"
SCIENTIFIC SCHOOL "DESIGNE OF VARIOSYSTEMS"

Пахомов И.И., Рожков О.В., Пискунов Д.Е., Павлов В.Ю.,
Хорохоров А.М., Ширанков А.Ф.

В МГТУ им. Н.Э. Баумана создана и много лет успешно работает научная школа "Разработка вариосистем". В 1976 году основоположником школы заслуженным деятелем науки и техники РФ, профессором Пахомовым И.И. написана первая в нашей стране монография "Панкратические системы", где изложены теоретические основы расчета оптических панкратических систем (вариосистем) различного назначения. В эти годы была заложена теоретическая база и определены основы методологии научной разработки вариосистем.

Главные отличительные свойства школы вариосистем МГТУ им. Н.Э. Баумана – это быстрота и полнота их разработки и испытания изготовленных образцов (создается РКД на оптику, механику и контроллер с интерфейсом управления вариосистемой; разрабатывается методика и аппаратура контроля). Важнейшим преимуществом школы МГТУ им. Н.Э. Баумана заключается в комплексности разработки вариосистем. Это наиболее наглядно проявляется при совместной разработке отдельных каналов – вариообъективов, работающих в нескольких спектральных диапазонах. Разработанные вариообъективы отличаются сверхкомпактностью: при лучшем качестве и меньшем числе компонентов выигрыш по длине вариообъективов МГТУ им. Н.Э. Баумана по сравнению с лучшими мировыми лидерами (Панасоник, Коники Минолта и др.) составляет до 1,5...2,0 раз. Например, вариообъектив 40X при максимальном фокусном расстоянии 350 мм имеет длину менее 140 мм. Качество изображения вариообъектива гарантировано в 6 промежуточных вариоположениях, что крайне важно для систем видеонаблюдения, обеспечения безопасности, охраны территории или периметра и многих других задач. Ниже приведены примеры разработки различных вариосистем.

На рис.1а приведен вид компактного вариообъектива большой кратности для сверхширокого ИК диапазона спектра, а на рис. 1б и 1в – сверхкомпактного вариообъектива 10^{\times} .



Вариообъектив со складной конструкцией в нерабочем состоянии имеет толщину 15 мм. По сравнению с вариообъективами 10^x ведущих мировых компаний данный вариообъектив при лучшем качестве изображения имеет на 2 линзы меньше и лишь 2 асферические поверхности (у аналогов 3-4 поверхности). При этом длина объектива в рабочем состоянии меньше чем у аналогов в 2 раза. Список основных публикаций и изобретений сотрудников научной школы МГТУ им. Н.Э. Баумана "Разработка вариосистем" содержит более 30 позиций.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОПТОЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Волосач Ю.П.

ОАО «Минский механический завод имени С. И. Вавилова - управляющая компания холдинга «БелОМО», г. Минск, Республика Беларусь

Разработка и создание оптико-электронных и лазерных систем, приборов и технологий относятся к прорывным направлениям XXI века, которые играют центральную роль в происходящих в последнее время изменениях технологического уклада, связанных с резким повышением гибкости и мобильности производства, энергоэффективностью, снижением издержек и одновременно выходом на новый уровень качества продукции.

2014 год продолжил тенденцию укрепления рынка фотоники и оптоэлектроники во всех его ключевых секторах. Отрасль восстановилась после тяжелой рецессии и динамична как никогда.

Потенциалом, позволяющим разрабатывать и производить современные оптические и оптоэлектронные технологические системы, обладают не более двух десятков стран, в число которых входит и Республика Беларусь, основу оптико-электронной и лазерно-оптической отрасли которой составляют свыше двадцати предприятий с общим объемом продукции более 200 млн.долларов США и уровнем экспорта более 80%.

Развитие опережающими темпами оптоэлектроники является магистральным направлением научно-технического прогресса в индустриально развитых странах. Беларуси эта отрасль остро необходима для модернизации своей экономики. Ей, по существу, нет альтернатив.

К ИСТОРИИ СОВРЕМЕННОЙ ОПТИКИ И РОЛИ ГОСУДАРСТВЕННОГО ОПТИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМ. С.И.ВАВИЛОВА В ЕЁ РАЗВИТИИ В РОССИИ

Белозеров А.Ф.

ОАО «НПО «Государственный институт прикладной оптики», г. Казань

Определив оптику как науку о свете, древние философы были вынуждены дать ответ на вопрос: «а что такое свет?». В течение более двух тысячелетий были построены основные теории о природе света; одновременно создавались и соответствующие модели зрения:

- теория зрительных лучей (основные авторы теории – Пифагор, Евклид);
- все тела испускают летучие образы, которые частично попадают в глаз наблюдателя (Демокрит, Эпикур, Лукреций);
- зрение – комбинация двух факторов: лучей внутреннего огня, бьющих из глаз, и внешнего дневного света (Эмпидокл, Платон);
- атомистическая теория (Аристотель).

В 1708 году Феофан Прокопович читал в Киевской академии курс физики, в котором было представление о свете: «Свет – это блестящий слой сияющих тел, а освещение – это расширение или какое-то отображение света. Свет существует на Солнце или в огне, освещение же – в освещенном воздухе».

Интересный след в оптике оставил видный деятель Великой Французской революции 1793 года Жан-Поль Марат, физик и публицист одновременно. В соответствии с изменением направления распространения, проявляемым световыми лучами, он предложил разделить оптику на четыре части: Пероптрика, Катоптрика, Диоптрика, Опизоптрика.

В начале XVIII века возникли разногласия между крупными учеными-физиками того времени при объяснении открытых ранее законов оптики и новых физических (световых) явлений, таких как дифракция и интерференция света, с позиций волновой или корпускулярной природы света. Исаак Ньютон был сторонником корпускулярной теории, русские ученые Леонард Эйлер и Михаил Васильевич Ломоносов придерживались волновой теории. Христиан Гюйгенс, Томас Юнг, Огюстен Жан Френель привели исчерпывающие доказательства в ее пользу. Только в XX веке ученым стала ясна дуалистическая природа света – это электромагнитные волны и одновременно поток корпускулярных частиц – фотонов.

Россия активно подключилась к развитию оптики для решения, прежде всего, военных проблем при Петре I. Зародившаяся российская оптическая школа, к сожалению, после смерти М.В. Ломоносова была утрачена. Оптика в России в течение 150 лет пребывала в «анабиозе», из которого ее окончательно вывело поражение в русско-японской войне 1904-1905 гг; прекрасная русская морская Эскадра адмирала Рожественского была большей частью потоплена при Цусиме из-за отсутствия оптических пушечных прицелов.

Новая волна оптических открытий как в области теоретической, так и прикладной оптики возникла в России во второй половине XIX века, а в декабре

1918 года удивительно «вовремя» был создан Государственный оптический институт имени С.И. Вавилова (ГОИ), который вот уже в течение 96 лет (декабрь 2014 года) успешно развивает десятки научно-технических направлений во всех областях оптики.

Возглавляемый крупными учеными Д.С. Рождественским, С.И. Вавиловым, М.М. Мирошниковым, Г.Т. Петровским, Е.Н. Царевским, Б.А. Ермаковым, имея в своем составе до 11500 сотрудников, из которых около 1000 кандидатов наук, 150 докторов наук, 20 академиков и членов-корреспондентов АН СССР и РАН, ГОИ к 1990-ым годам стал признанным оптическим центром мирового уровня, выполняющим в стране функции научного руководства и головного предприятия оптико-электронной промышленности. Сложности, испытываемые ГОИ сегодня, хотя и носят кризисный характер, усилиями талантливых сотрудников и позитивно настроенных руководителей предприятий промышленности и оптического Холдинга должны быть преодолены.

Провозглашенная руководством страны техническая модернизация России на основе инноваций во многом будет определяться наличием конкурентоспособной оптической науки и промышленности. Без Государственного оптического института это вряд ли станет возможным в обозримом будущем.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ 3-ГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Якушенко Ю.Г.

*Московский государственный университет геодезии и картографии
(МИИГАиК), г. Москва*

Сегодня многие задачи экологического контроля и мониторинга успешно решаются путем создания оптико-электронных систем (ОЭС), работающих одновременно в нескольких спектральных диапазонах. К ОЭС 3-го поколения (ОЭС-3) относят системы, работающие в двух или нескольких участках оптического спектра и использующие матричные фотоприемные устройства достаточно большого формата.

К числу основных задач, стоящих перед разработчиками ОЭС-3 в ближайшие 5...10 лет, относятся:

- разработка методики выбора оптимальных спектральных рабочих диапазонов для систем конкретного назначения;
- определение корреляционных связей между сигналами, получаемыми в различных спектральных диапазонах;
- классификация различных объектов (материалов, покрытий, образований), обнаруживаемых или наблюдаемых с помощью ОЭС;

- использование различий в поляризационных характеристиках отдельных объектов и фонов, на которых они наблюдаются;
- совершенствование элементной базы, в частности, создание новых многодиапазонных (многоспектральных) ФПУ высокого пространственного разрешения; оптических систем, работающих в широком спектральном диапазоне; снижение масс-габаритных параметров и энергопотребления; уменьшение стоимости компонентов ОЭС и систем в целом и т.д. и т.п.;
- создание адаптивных ОЭС-3;
- совершенствование методов проектирования и испытаний ОЭС, в частности, дальнейшее развитие компьютерного моделирования самих систем и условий их эксплуатации.

В докладе приводятся примеры отечественных и зарубежных ОЭС-3, используемых для экологического мониторинга, а также основные тенденции их развития и совершенствования .

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «АВРОВИЗОР-ВУФ» ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ИОНОСФЕРЫ ЗЕМЛИ

*Бойко В.А. * Кузьмин А.К. **, Лапшин В.Б. ***, Мёрзлый А.М. **, Шатова Е.А. **

**) ОАО «НПП «Геофизика-Космос», г. Москва*

****) ФГБУН «Институт космических исследований РАН», г. Москва*

*****) ФГБУ «Институт прикладной геофизики Росгидромета», г. Москва*

Актуальность разработки отечественного перспективного оптического комплекса (ОК) «Авровизор-ВУФ» обусловлена необходимостью создания эффективных средств постоянного дистанционного мониторинга и контроля состояния полярной ионосферы Земли в интересах различных министерств и ведомств, для решения конкретных прикладных и научных задач.

Дистанционная диагностика состояния ионосферы с помощью бортовых орбитальных изображающих приборов в вакуумном ультрафиолетовом диапазоне спектра проводится в США, Канаде и ведущих европейских странах с середины 70-х годов прошлого века [1], в России же подобные комплексы бортовых приборов отсутствуют.

Применение ОК одновременно на различных типах орбит КА позволит дистанционно в режиме реального времени получать текущую информацию об энергетических и электродинамических параметрах полярной области ионосферы и, как следствие:

- получить информацию необходимую для разработки адекватных глобальных моделей атмосферы и ионосферы;

– реализовать краткосрочное прогнозирование ионосферных возмущений в целях формирования прогноза космической погоды для Росгидромета и Всемирной Метеорологической Организации.

ЛИТЕРАТУРА

1. A. Lyle Broadfoot *et al.* An ultraviolet auroral imager for the Viking spacecraft / Geophysical research letters, vol. 14, N 4, pp. 387-390, 1987.

ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ КОМПАНИЙ, РАБОТАЮЩИХ В ОБЛАСТИ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЛОКОННЫХ ЛАЗЕРОВ

*Гумерова Г.И. - ФИОП РОСНАНО,
Евдокимов А.А. - МГТУ МИРЭА,
Очин О.Ф. - НТО «ИРЭ-Полюс»,
Шишкин В.И. - ЦДО МГТУ МИРЭА*

Существенный вклад в модернизацию отечественной экономики могут внести только технологии соответствующие и превосходящие мировой уровень. Одной из таких отраслей является волоконное лазеростроение, мировым лидером которой является созданная физиком Гапонцевым В.П. международная научно-производственная корпорация «IPG», предприятия которой расположены в Германии, в США, в России и других странах и обеспечивают более 75 % мирового выпуска волоконных лазеров(ВЛ).

НТО «ИРЭ-Полюс» – одна из трёх базовых производственных площадок IPG Photonics Corp. В НТО «ИРЭ-Полюс» создана и успешно функционирует базовая кафедра «Фотоника» при МГТУ МИРЭА..

ОАО «РОСНАНО» в течение последних 4-х лет реализует систему опережающего обучения в условиях формирования прорывных технологий в области наноиндустрии, в частности, направленные на развитие и применение ВЛ. В 2011-2014 годах были успешно реализованы три проекта по разработке и апробации программ опережающей профессиональной переподготовки кадров(600 час.), подготовки специалистов(уровень – магистратура) в области разработки и производства ВЛ и волоконно-оптических систем(2 года).

НТО «ИРЭ-Полюс» планирует в ближайшем будущем поставлять предприятиям свои лазерные комплексы вместе с обученными комплексными бригадами. Кроме того, базовые знания получает и руководящий состав предприятий: главные конструкторы, главные технологи, ТОП – менеджмент. На примере ОАО «КАМАЗ» в 2012-2013 гг. была практически реализована и такая программа(120 час.).

Образовательные программы(ОП)составлялись через согласование с профильными компаниями перечня профессиональных компетенций(ПК), освоение которых позволяет выполнять трудовые функции;формирование на

основе согласованного перечня ПК и квалификационных дефицитов специалистов образовательных результатов программы; разработку ОП как определение образовательной технологии (содержания, методов и форм обучения) освоения специалистами требуемых ПК; апробация ОП и УМК на пилотной группе слушателей.

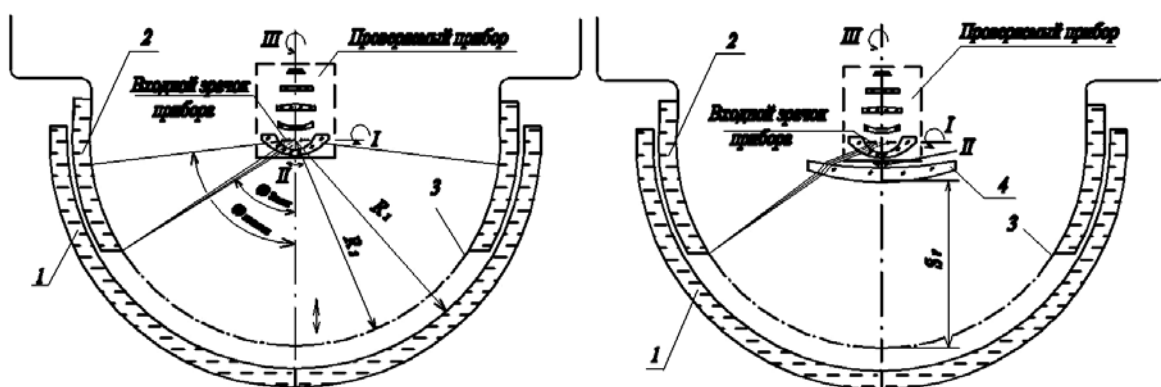
СТЕНД ДЛЯ НАСТРОЙКИ И ПРОВЕРКИ СТАТИЧЕСКИХ ШИРОКОПОЛЬНЫХ ИНФРАКРАСНЫХ ПРИБОРОВ ОРИЕНТАЦИИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ПО ЗЕМЛЕ

*Колосов М.П., Гебгарт А.Я., Стрижова Н.М., Назарбаев К.Н.
ОАО «НПП «Геофизика-Космос», г. Москва*

Стенд [1] обеспечивает имитацию практически любого диапазона угловых размеров Земли и космоса, а также температурный контраст между ними в спектральном диапазоне $\Delta\lambda = 8...20\text{мкм}$. Стенд содержит (рис.1) подогреваемый излучатель 1 и охлаждаемый излучатель 2 с центральным отверстием 3, выполненные в виде сферических чаш, а также трехосный подвес с осями I, II, III, с проверяемым прибором. Центры кривизны излучателей расположены вблизи центра зрачка прибора, находящегося на пересечении осей подвеса. Полости излучателей снабжены терморегулируемой средой. Излучатель 2 имитирует излучение космоса, а излучатель 1 через центральное отверстие 3 имитирует излучение Земли. Острая кромка по периметру отверстия в излучателе 2 формирует границу Земля – космос. Излучатели имеют возможность совместного перемещения вдоль оптической оси. Имеется режим с использованием коллимирующей линзы 4, фокальная плоскость которой совмещается с границей раздела Земля – космос (рис.2).

Рис.1

Рис.2



ЛИТЕРАТУРА

1. Заявка на получение патента на полезную модель №2014128257 от 10.07.2014г. Решение о выдачи патента от 02.09.2014г.

МЕДИЦИНСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ОПТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ НА ОСНОВЕ ПРОФИЛИРОВАННОГО САПФИРА

*Шикунова И.А., Стрюков Д.О., Курлов В.Н.
ФГБУН Институт физики твердого тела РАН, г. Черноголовка*

В хирургии опухолей имеется большая потребность в инструментах, оснащенных функцией диагностики *in situ* злокачественности тканей. Опухоль отличается от нормальной ткани по структуре, плотности и цвету, но, тем не менее, часто возникают трудности обнаружения точной границы перехода от опухоли к здоровой ткани. Оптическая диагностика дает наиболее полное представление о состоянии тканей, обладая преимуществами неинвазивности, скорости получения результата, высокой чувствительности и разрешения, возможности совмещения оптической диагностики и лазерной терапии диагностированных опухолевых тканей [1].

Для тотального удаления опухолей под контролем флуоресцентной диагностики в ИФТТ РАН разрабатываются лазерно-волоконные приборы и инструменты на основе профилированного сапфира:

- сапфировый диагностический скальпель с возможностью флуоресцентной диагностики злокачественности резецируемой ткани в окрестности острия скальпеля непосредственно в процессе хирургической операции;

- система для удаления опухолей мозга с выделением границ опухоли флуоресцентной диагностикой с одновременной коагуляцией и аспирацией на основе сапфирового зонда

- сапфировые крионаконечники для одновременного воздействия лазерно-термическими методами, криодеструкции, флуоресцентной диагностики;

- облучатели на основе сапфирового волокна для малоинвазивной лазерной абляции, а также других типов лазерной терапии, включая фотодинамическую терапию и флуоресцентную диагностику.

Активные наконечники новых инструментов, изготовленные из сапфира, обладают чрезвычайной формоустойчивостью, стойкостью к деградации, высоким оптическим пропусканием, инертностью к тканям организма [2] и способствуют осуществлению спектрофлуорометрии без снижения чувствительности методов, с минимальными привносимыми погрешностями при передаче излучения, исключают необоснованное удаление здоровых тканей из-за ошибок позиционирования отдельных воздействующих инструментов.

Разработана методика выращивания профилированного сапфира различного сечения, содержащего каналы, число и форма которых может

варьироваться, в том числе капиллярные каналы диаметром от 0,5 мм для размещения светодоставляющих кварцевых волокон; методика позволяет открывать и запаивать каналы, а также уменьшить толщину стенок капилляра до 0,2 мм [3].

Представленные инструменты могут работать с любыми волокнами и источниками излучения, включая генераторы мощных импульсов, таким образом, что на их основе могут быть построены разные схемы диагностики и деструкции патологий биологических тканей. Помимо прямой защиты кварцевых волокон спектрометрической системы (в частности, волокна могут не стерилизоваться) окончание инструмента выполняется в соответствии с расчетной формой с возможностью нанесения поглощающих, отражающих и других покрытий под разные задачи.

1. Тучин В.В. «Оптическая биомедицинская диагностика» в 2-х томах. - "Физматлит", 2007.

2. Antonov P.I., Kurlov V.N. «A review of developments in shaped crystal growth of sapphire by the Stepanov and related techniques.» - Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials, v. 44, 2002, pp. 63-122.

3. Россоленко, С.Н., Шикунова, И.А., Курлов, В.Н., Шикун, С.Л. «Выращивание сапфировых лент с капиллярными каналами для лазерной спектроскопии». Материаловедение. – 2010. – № 12. – 7. – сс. 15-22.

СОВМЕСТНАЯ РАБОТА КАФЕДРЫ ПРИКЛАДНОЙ И КОМПЬЮТЕРНОЙ ОПТИКИ УНИВЕРСИТЕТА ИТМО С ВЕДУЩИМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ ОТРАСЛИ

*Бахолдин А.В., Цуканова Г.И., Ежова К.В., Вознесенская А.О.,
Иванова Т.В., Романова Г.Э., Толстова Н.Д.
Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург*

Подготовка специалистов по направлению "Оптотехника" направлена на получения студентами не только теоретических знаний, но и практического опыта и навыков, необходимых для дальнейшей успешной работы по выбранному направлению.

Кафедра Прикладной и компьютерной оптики Университета ИТМО исторически поддерживает контакты с ведущими оптическими и оптико-механическими производствами России. В частности, производственные практики, предусмотренные учебными планами для студентов кафедры, проводятся на базе таких крупных предприятий, как ОАО «ГОИ им. Вавилова», ФГУП ЦНИИ «Комета», ОАО «ЛОМО», «Швабе-Санкт-Петербург» (филиал УОМЗ).

Особое внимание уделяется преддипломной практике и написанию выпускных квалификационных работ. В настоящее время более 70% всех

выпускных работ студентов и магистрантов кафедры выполняется в рамках сотрудничества кафедры с предприятиями отрасли.

Необходимо отметить достаточно широкий спектр задач, решаемых студентами при написании ВКР, обусловленный специализациями магистерских и бакалаврской программ, реализуемых на кафедре: разработка алгоритмов и создание программных комплексов, предназначенных для решения различных задач оптической направленности, разработка и моделирование в средах автоматизированного проектирования оптики оптических систем различного назначения, автоматизация конструирования оптических элементов и систем и др.

ДИСКОВЫЕ МИКРОРЕЗОНАТОРЫ НА БАЗЕ СВЕТОИЗЛУЧАЮЩИХ СТРУКТУР КРЕМНИЯ/ГЕРМАНИЯ ДЛЯ СХЕМ НАНОФОТОНИКИ: ТЕОРИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ, ЭКСПЕРИМЕНТ

Степихова М.В.^{1}, Новиков А.В.¹, Сергеев С.М.¹, Вербус В.А.¹,
Красильник З.Ф.¹, J. Schilling²*

¹ *Институт физики микроструктур РАН, ГСП-105, 603950,
Нижний Новгород*

^{*} *нс ИФМ РАН,*

² *Martin-Luther-University Halle-Wittenberg, ZIK SiLi-nano,
06120 Halle, Germany*

Тенденции к интеграции компонент микроэлектроники и фотоники на кремнии получили значительное развитие в последнее время. Здесь особый интерес вызывают микрорезонаторы на кремнии, в частности дискового и кольцевого типов, размеры которых сравнимы с длиной волны излучения. В силу малости размера микрорезонаторы этого типа легко интегрируются в схемы микроэлектроники, и, обладая высокой добротностью ($Q \sim 10^8$), и малым модовым объемом, имеют широкий спектр практических применений, в частности - для создания лазеров с предельно низким порогом генерации, в схемах нелинейной оптики, оптической фильтрации, задержки, и др.

В представляемой работе обсуждаются технологические принципы формирования дисковых и кольцевых микрорезонаторов на кремнии и структурах кремния-германия. Приводятся результаты теоретических расчетов и экспериментальных исследований дисковых микрорезонаторов с размерами от 5 до 40 мкм, сформированных на базе светоизлучающих структур кремния-германия с самоформирующимися наноостровками Ge(Si).

Работа поддержана РФФИ и программами фундаментальных исследований ОФН РАН.

РАЗВИТИЕ ЛИДАРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЛАЗЕРНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ АЭРОЗОЛЬНЫХ И ОБЛАЧНЫХ ПОЛЕЙ ТРОПОСФЕРЫ

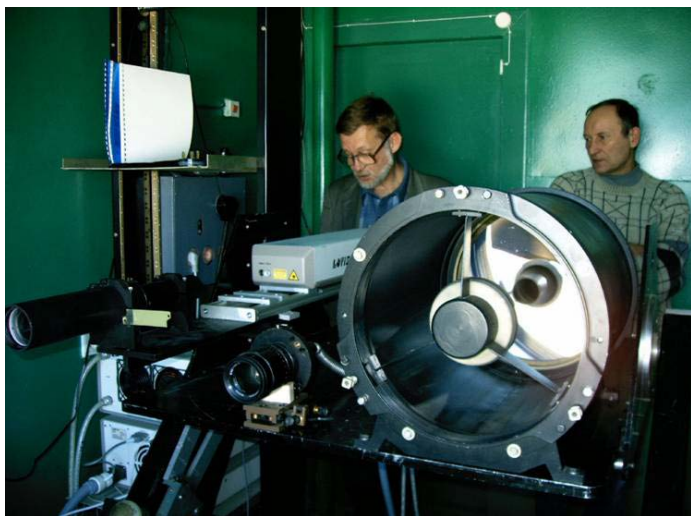
*Балин Ю.С., Коханенко Г.П., Пеннер И.Э., Самойлова С.В.,
Клемашева М.Г., Новоселов М.М.*

ФГБУН Институт оптики атмосферы им.В.Е.Зуева СО РАН, г.Томск

В настоящем докладе приводятся результаты разработок лидаров космического, самолетного, корабельного и наземного базирования для зондирования аэрозольных и облачных полей тропосферы.

Особое внимание в докладе уделено последним образцам аэрозольно-рамановских лидаров серии «ЛОЗА», использующих эффекты упругого и комбинационного рассеяния света, многочастотное зондирование, линейную и круговую поляризацию лазерного излучения.

Приводятся результаты зондирования аэрозольных и облачных полей.



Многоволновые поляризационные лидары «ЛОЗА-S» и «ЛОЗА-M2»

ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИЙ СВЧ МОДУЛЯТОР: РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТОК ФТИ ИМ. А.Ф. ИОФФЕ

Лебедев В.В., Агрузов П.М., Ильичев И.В., Шамрай А.В.

ФТИ им. А.Ф. Иоффе, г.Санкт-Петербург

Электрооптические модуляторы в интегральном исполнении являются ключевыми элементами оптических информационных систем,

обеспечивающими перевод цифрового или аналогового информационного сигнала на оптическую несущую. Несмотря на то, что существуют промышленные образцы высокочастотных интегрально-оптических модуляторов, работы по повышению эффективности модуляции, а именно расширению полосы частот, снижению полуволнового напряжения и повышению коэффициента экстинкции продолжают активно вестись во всем мире. Кроме того, технологии высокочастотных модуляторов у нас в стране практически отсутствуют, а импорт затруднен в связи с известными ограничениями на поставку компонентной базы СВЧ оптоэлектроники.

В докладе представлены последние результаты по разработке интегрально-оптических модуляторов на подложках ниобата лития, полученные в ФТИ им. Иоффе. Рассмотрены методы проектирования оптической и электрической схемы модулятора. Для копланарной конфигурации электродов определены условия согласования скоростей оптической и СВЧ волн, обеспечивающие заданную полосу модуляции более 20 ГГц. Исследовано влияние материала токоведущих частей электродов. Проведен анализ зависимости полосы частот и полуволнового напряжения от структуры электродов, а именно, профиля и геометрических размеров токоведущих частей, а также толщины диэлектрического буферного слоя. На основе результатов проведенных исследований были изготовлены и протестированы экспериментальные образцы интегрально-оптических модуляторов. Определены направления развития технологии для выхода на уровень характеристик, задаваемый современными применениями в широкополосных линиях связи, системах радиофотоники и обработки сигналов волоконно-оптических датчиков.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОКУСИРОВКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Шлычков В.И., Гончаров А.П., Донгак Е.З.

ОАО «Производственное объединение «Уральский оптико-механический завод» имени Э.С.Яламова, г. Екатеринбург

Увеличение дальностей распознавания и обнаружения в авиационных оптикоэлектронных системах требует уменьшения размеров полей зрения телевизионных и тепловизионных каналов до долей градуса. Применение длиннофокусных объективов ограничивает дефокусировка изображения, вызванная воздействиями температуры и требует ввода в состав узкопольных объективов подфокусирующих элементов. Для оценки эффективности подфокусировки было проведено сравнение следующих режимов работы: ручной подфокусировки изображения оператором, подфокусировки на «бесконечность» и автофокусировки. Фокусировка на «бесконечность»

состоит в предварительной ручной установкой подфокусирующего элемента в положение X_0 при котором обеспечивается максимальное разрешение для окружающей температуры T в диапазоне от -60° до $+60^\circ$ с шагом $\Delta T=5^\circ$ для фиксированного поля зрения. Режим автофокусировки использует выбранное значение X_0 при T и сканирование подфокусирующего элемента с шагом ΔX в окрестности X_0 , расчетом коэффициента резкости K_r [1] на каждом шаге. Автофокусировка состоит в выборе положения, где $K_{r_{MAX}}$. Исследования эффективности фокусировки показала сопоставимые результаты для всех режимов работы.

Литература.

1. Шлычков В.И. Анализ резкости изображения //Техника средств связи. Сер. «Техника телевидения».- 2011.-вып.1.- С.91-92

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ГРАДАНОВ СИЛИКАТНОГО РЯДА

Афанасов Д.С.

МИИГАиК, г.Москва

В настоящей работе исследовались граданы силикатного ряда с плоскими и фигурными рабочими поверхностями отечественного производства и низкотемпературным ионным обменом в солях, содержащих ионы калия.

Цель настоящего проекта состояла в определении количества фаз, в качественном и количественном определении технологических микро- и мезоструктурных дефектов строения, снижающих коэффициент светопропускания ГОЭ и увеличивающих рассеяние лучей, с помощью оптических и электронных микроскопов.

На основании экспериментального исследования установлено: граданы со сферической формой РПП имеют кольцевые периферийные деформационно-сдвиговые мезодефекты строения величиной 10-30мкм только на плоской поверхности от предшествовавшей механической обработки; граданы с радиальной формой РПП и плоскими рабочими поверхностями содержат монолитные широкие расщепляющиеся мезодефекты величиной от 5 до 50мкм; граданы с радиальной формой РПП и фигурными рабочими поверхностями имеют широкие, выходящие на внешнюю боковую цилиндрическую поверхность, мезоструктурные дефекты величиной от 20 до 90мкм, образовавшиеся в результате действия обрабатывающего инструмента и кулачков трехкулачкового патрона; граданы с фигурными торцевыми поверхностями содержат дискретные мезодефекты с перпендикулярными тёмными перевязками или перевязками,

распространяющимися под углом 45° к направлению распределения основного мезодефектасдвигово-деформационного происхождения. Все технологические мезодефекты строения градианов приводят к рассеянию входящих рабочих лучей и снижению коэффициента пропусканияГОО.

ПАНОРАМНЫЕ СИСТЕМЫ КРУГОВОГО ОБЗОРА В УСТРОЙСТВАХ ОТОБРАЖЕНИЯ ВТОРИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ КОМПЛЕКСОВ АВИОНИКИ И АВТОБАЗИРОВАНИЯ

*Архипова Л.Н. – ОАО «Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова»,
г. Санкт-Петербург*

*Багдасаров А.А. – ОАО «Государственный оптический институт им. С.И.
Вавилова», г. Санкт-Петербург*

*Багдасарова О.В. – Санкт-Петербургский национальный исследовательский
университет информационных технологий, механики и оптики*

Тенденции и направления повсеместно прогрессирующего развития систем HUD (*Head-up-Display*) с использованием электронной компенсации искажений форм и размеров воспроизводимых ими оптических изображений исходных данных с экранов генераторов изображений, а также анализ разработок панорамных оптических систем кругового обзора, позволяют сделать вывод о возможности и целесообразности проекции в поле зрения пилота (водителя, оператора), наряду с другими служебными опциями, вторичной информации об окружающем пространстве в пределах 360° по азимуту, а по углу места до 90° в масштабе реального времени. Эта потребность диктуется условиями всевозрастающих требований к маневренности, информационной насыщенности, качеству процесса управления летательными аппаратами, транспортными средствами и т.п.

В докладе рассмотрены типы панорамных систем, особенности их работы, некоторые композиционные решения, выделены те направления, которые наиболее полно удовлетворяют условиям работы в комплексах с системами HUD для решения сформулированной выше задачи. Приведены результаты собственных исследований и разработок.

КОМПЛЕКС ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА КАМЕРЫ СГОРАНИЯ И ТУРБИНЫ АВИАЦИОННОГО ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

*Андреева Т.П. *, Шитигусев В.А. **, Гумеров А.Р. *,*

*Пахомов А.С. *, Губайдуллин И.Т. **

** - ОАО УНПП «Молния», г. Уфа*

*** - ОАО «Авиадвигатель», г. Пермь*

Для мониторинга технического состояния авиационного газотурбинного двигателя (ГТД) разработан комплекс оптико-электронной аппаратуры (ОЭА), работоспособный в экстремальных условиях. Комплекс ОЭА состоит из:

- оптико-электронного преобразователя (ОЭП) контролирующего процессы горения топливовоздушной смеси в основной камере сгорания (КС);
- оптического пирометрического преобразователя (ОПП) контролирующего излучение с поверхности рабочих лопаток турбины высокого давления (ТВД);
- пульта контроля (портативного излучателя), контролирующего метрологические характеристики ОЭП, ОПП.

Унифицированная конструкция ОЭП, ОПП выполнена в модульном исполнении (см. фото на Рис.) и включает термо-вибростойкий оптический зонд (ОЗ), вибростойкий электронный блок (ЭБ) обработки сигналов с амортизирующей платформой. Объектив ОЗ выполнен



газового потока до 800 К. В конструкции герметичного ОЗ имеется гибкий волоконный световод, выдерживающий виброперегрузки до 30 g., температуру внешней среды до 800 К. В конструкции ЭБ имеются три полупроводниковых фотоприемника (ФП), в том числе один ФП «сэндвич» структуры, обеспечивающие прием излучения в ультрафиолетовом, видимом и ближнем инфракрасном участках спектра. Схемотехника ЭБ обеспечивает усиление, мультиплексирование, аналого-цифровое преобразование, цифровую обработку сигналов в реальном масштабе времени, выдачу-прием цифровых сигналов по сетевому интерфейсу в системы верхнего уровня.

Комплекс ОЭА активно применяется при стендовых испытаниях полноразмерной камеры сгорания и газогенератора, создаваемого авиационного ГТД 5 поколения- - ПД-14 для магистрального самолета МС-21, обеспечивает инструментальную доводку конструкции КС, ТВД.

ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОНКИХ ПЛЕНОК НА ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ШТРИХОВЫХ СТРУКТУР, ФОРМИРУЕМЫХ С ПОМОЩЬЮ АЛМАЗНОГО РЕЗЦА

Мельников А.Н.

ОАО «НПО «Государственный институт прикладной оптики», г. Казань

Создание делительной машины маятникового типа, предназначенной для изготовления периодических штриховых структур [1] – нарезных спектральных дифракционных решеток, измерительных решеток, тест-объектов, решеток для лазеров, решеток-поляризаторов, предполагает на первом этапе проведение численного моделирования для получения рациональных (оптимальных) значений её конструктивных и динамических параметров, и, в первую очередь, резцовой каретки, динамика которой существенно влияет на основные параметры штриховых структур – длину, период (погрешность периода) и глубину штрихов [2, 3].

Наряду с такими факторами, как вибрация фундамента по трем координатам, кориолисова сила, силы инерции, демпфирующие силы, силы упругости и начальные условия, также на динамику резцовой каретки оказывает влияние сила взаимодействия (сила резания) алмазного резца с металлической пленкой, в которой профилируется штрих. Сила резания зависит от геометрических параметров резца, глубины внедрения резца в металлическую пленку и механических свойств самой пленки. Приводятся результаты исследования влияния механических свойств металлических пленок – алюминия, золота, меди – на динамику резцовой каретки делительной машины маятникового типа в процессе формообразования периодических штриховых структур.

Литература:

1. Лукин А.В., Мельников А.Н. Делительная машина для изготовления периодических штриховых структур, преимущественно дифракционных решеток (варианты) // Патент России на изобретение № 2130374 от 20.05.1999 г. Бюл. изобр., 1999, № 14. С. 488 – 489. МКИ⁶ В 23 Q 16/02, 15/22.
2. Бородин В.М., Карпов А.И., Кренев В.А., Лукин А.В., Мельников А.Н. Исследование динамики резцовой каретки делительной машины маятникового типа // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2003. №3. С. 11 – 16.
3. Лукин А.В., Мельников А.Н., Мирумянц С.О. Делительная машина маятникового типа для изготовления нарезных периодических рельефно-фазовых структур // Оптический журнал. 2007. Т.74. №1. С. 44 – 49.

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТЕЙ ИЗГОТОВЛЕННЫХ СФЕРИЧЕСКИХ И АСФЕРИЧЕСКИХ ЗЕРКАЛ НА ОПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЪЕКТИВОВ АСТРОВИЗИРНОГО УСТРОЙСТВА

Балоев В.А., Рагинов С.В., Скочиллов А.Ф.

ОАО «НПО «Государственный институт прикладной оптики», г. Казань

Для получения высокого качества оптического изображения, создаваемого астровизирным устройством (АВУ), необходимо добиваться, чтобы поверхности оптических элементов объектива АВУ имели форму наиболее приближенную к расчетной. Однако в процессе изготовления оптических элементов неизбежно появляются дефекты поверхностей, одной из важнейших характеристик которых является волнистость поверхности, т.е. периодически проявляющиеся неровности, имеющие шаги гораздо большие по сравнению с шероховатостью.

Представлены результаты влияния волнистости поверхностей изготовленных сферических и асферических зеркал на оптические характеристики (функция рассеяния точки, концентрация энергии, модуль оптической передаточной функции) объектива астровизирного устройства. Измерения профилей поверхностей проводились на профилометре фирмы Taylor-Hobson. Определена величина допуска на среднеквадратическое отклонение профиля поверхностей от расчетной формы, обеспечивающего сохранение высокого разрешения объектива АВУ [1].

[1] Балоев В.А., Рагинов С.В., Скочиллов А.Ф. // Оборонная техника, 2014, №1-2, с.3-8.

ЛАЗЕРНО-ЛОКАЦИОННОЕ УСТРОЙСТВО РЕГИСТРАЦИИ ЯРКОСТНО-ДАЛЬНОСТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ФОНОЦЕЛЕВОЙ ОБСТАНОВКИ НА ДЛИНЕ ВОЛНЫ ИЗЛУЧЕНИЯ 1,06 МКМ

*Каплан В.Г.¹, Липатов В.В.¹, Непогодин И.А.¹, Петров А.Н.¹,
Фаткуллов Р.А.¹, Филиппов В.Л.¹, Фомкин А.С.², Яцык В.С.¹.*

¹ *ОАО «НПО «Государственный институт прикладной оптики», г. Казань*

² *ООО «Метра Телеком групп», г. Казань*

Разработанное лазерно-локационное устройство обеспечивает сканирование совмещенными узкими полями излучения и приема по пространству с регистрацией амплитуды (яркости) отраженного сигнала и дальности до каждого элемента разрешения сцены фоноцелевой обстановки (ФЦО) (объекта, элемента ландшафтного образования). На основе этой информации, записываемой в цифровой форме, может быть сформировано как яркостное изображение, так и дальностное изображение (рельефа) ФЦО, а также получены эффективные площади

рассеивания (ЭПР) отдельных объектов сцены и их амплитудно-временные сигналы. Макет устройства состоит из следующих блоков: оптического блока, включающего лазер, фотоприемное устройство (ФПУ) и приемо-передающую оптическую систему; блока электроники; компьютера; блока питания; двухкоординатного поворотного устройства. Обобщенная структурная схема оптического блока приведена на рисунке 1.

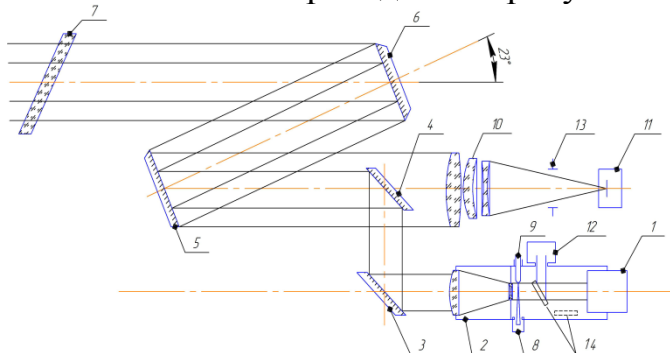


Рисунок 1. Структурная схема оптического блока

Эта схема включает в себя: импульсно-периодический волоконный лазер (1) $\lambda = 1,06 \mu\text{м}$ типа YLPM-1-4x200-20-20 с пиковой мощностью, длительностью и частотой следования импульсов излучения 15 кВт, 20 нс и 40 кГц соответственно; телескопическую насадку (2), обеспечивающую сужение поля излучения лазера до 0,1 мрад; ломающие зеркала (3,4); зеркала (5,6) сканирующего устройства на основе пьезоактюаторов типа Ps 150/4/60 VS9VBS; защитное окно (7); ФПУ опорного канала (8) на ФД-351; иглу (9); приемный объектив (10) с апертурой 60 мм и фокусом 100 мм; ФПУ приемного канала (11) на основе лавинного фотодиода InGaAs с чувствительной площадкой 200 мкм и пороговой чувствительностью 15 нВт; ловушку (12,13,14).

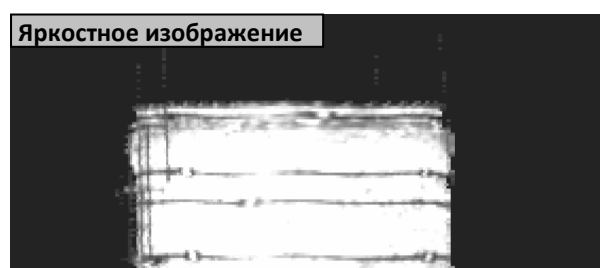
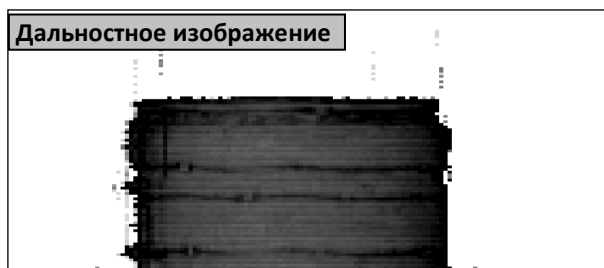
Основные технические характеристики лазерно-локационного устройства:

диапазон рабочих дистанций, м	300-3750;
поле обзора, мрад x мрад	24x16;
пространственное (угловое) разрешение, мрад	0,1
временное разрешение, нс	± 1
время регистрации одного кадра, с	1,25
диапазон регистрации амплитуд сигналов с погрешностью не хуже 5%, мВ	40-2000

Измеренные значения дальности до ФЦО и амплитуд сигналов представляются в виде 16 и 12 разрядного двоичного кода соответственно.

Расчетная оценка предельной дальности действия рассмотренного локационного устройства по плоскому нормально-ориентированному щиту с диффузным коэффициентом отражения покрытия $\rho_{\text{ш}} \approx 0,1$ составила величину порядка 3700 м.

Результат регистрации яркостного и дальностного изображений объекта локации типа «кирпичная труба» представлен на рисунке 2.



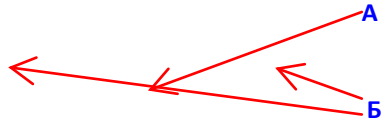


Рисунок 2. Кирпичная труба А) центр - 578 м, Б) край - 580 м

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ 4D ФОНО-ЦЕЛЕВЫХ СЮЖЕТОВ, НАБЛЮДАЕМЫХ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫМИ СИСТЕМАМИ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Филиппов В.Л., Тиранов Д.Т., Гусева А.А., инженер; Язык В.С.

ОАО «НПО «Государственный институт прикладной оптики», г. Казань

Вопросы обеспечения технико-экономической эффективности процесса создания или модернизации оптико-электронных систем (ОЭС), размещаемых на наземных и авиационных носителях, предусматривают применение технологий моделирования на стадиях разработки и обоснования технических требований к изделию, эскизного и технического проектирования и, наконец, при анализе возможностей ОЭС в различных погодных условиях и режимах их работы [1, 2].

Представленная работа знакомит с опытом создания изображений типовых 3D сцен в поле зрения ОЭС [1], в которых с достижимой в настоящее время адекватностью передаются яркостные параметры каждого из элементов в соответствующей области длин волн, т.е. реализуется 4D моделирование фоно-целевых сюжетов.

При этом изменяемыми входными параметрами являются не только пространственная структура фона и наблюдаемых объектов, пространственное положение моделируемой сцены, погодные условия, но и эволюция (во времени) – перемещение объектов и носителя ОЭС [1, 3].

Исходные данные, необходимые для математического моделирования яркостных изображений сцен, задаются по известным методикам и разработанным программам [1] с помощью рельефа фоновых образований, детальными чертежами находящихся в поле зрения объектов, оптических параметров поверхностей, траекторий и скоростей перемещений, а также относительного расположения объектов и носителя ОЭС, атмосферных условий.

Результаты разработки специализированного программно-методического продукта (ПП), который позволяет решить задачи математического и полуфизического моделирования яркостных изображений объектов в верхней полусфере на фоне ясной и разорванной облачности, а также наземных картографических сюжетов, включающие в себя населенные

пункты с объектами инфраструктуры, технику и ландшафт, демонстрируются типовыми реализациями.

Список литературы.

1. Филиппов В.Л, Яцык В.С. и др. Введение в проблему практической реализации технологии имитационного моделирования оптико-электронных систем, работающих в атмосфере на произвольно ориентированных трассах // Оборонная техника, № 1-2, 2014 г., стр 51-61

2. Торшина И.П. Компьютерное моделирование оптико-электронных систем первичной обработки информации // М.: Университетская книга, Логос, 2009 – 248 стр.

3. Тиранов Д.Т., Гусева А. А., Филиппов В.Л. Моделирование оптических изображений летательных аппаратов с учетом их полетных эволюций // Оборонная техника, № 1-2, 2014 г., стр. 62-68

ОСВОЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА МИКРОБОЛОМЕТРОВ ДЛЯ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ КЛЮЧЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕПЛОВИЗИОННЫХ ПРИБОРОВ

Старцев В.В.

ЗАО «ЛЗОС «АСТРОН», Московская область

Одной из тенденций развития тепловизионных приборов, является использование в их составе матричных приемников излучения. Большое распространение в тепловизионных смотрящих приборах находят неохлаждаемые болометрические матричные приемники (микроболометры).

1. В настоящий момент в России нет серийного производства микроболометров. Оптико-механические заводы России наиболее часто применяют импортные болометрические матрицы Ulis (Франция) на основе аморфного кремния.

2. Технология производства болометров из аморфного кремния имеет ряд недостатков: высокий уровень собственных шумов; существенная неоднородность характеристик; низкий процент выхода годной продукции.

3. На предприятии АСТРОН разрабатывается комплекс технологий для серийного производства болометрических матриц на основе оксида ванадия, который превосходит по характеристиками аналоги на аморфном кремнии.

4. Разработка технологии серийного производства основывается на привлечении максимально большого количества технологических партнеров для передачи им специализированных операций, не относящихся к собственно производству болометрических матриц и не являющихся ключевыми.

5. Передача сторонним подрядчикам стандартных технологических операций позволяет значительно снизить необходимость в капитальных

вложениях при серийном выпуске микроболометров, и соответственно себестоимость производства.

6. Внедрение разработанной технологии серийного производства микроболометров позволит отказаться от применяемых в настоящее время болометров зарубежного производства, и исключит зависимость отечественных оптико-механических предприятий, производящих тепловизионную технику, от поставок импортных комплектующих.

ВЫСОКОТОЧНАЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА НА ОСНОВЕ ДАТЧИКА ВОЛНОВОГО ФРОНТА ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОФИЛЯ ОПТИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

*Веремьёва А. А., Денисов Д. Г., Карасик В. Е., Сахаров А. А.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва*

При контроле параметров формы оптических изделий интерференционным методом возникает ряд трудностей, связанных с контролем крупногабаритных деталей, контролем набора таких деталей при одном эталоне, изготовлением эталона. Оптико-электронная система (ОЭС) на основе датчика волнового фронта (ДВФ) является альтернативой интерферометру и дает следующие преимущества:

1. Не требуется источник с большой длиной когерентности;
2. Не требуется постоянный высокоточный эталон;
3. Нечувствительность к вибрациям и флуктуациям атмосферы;
4. Большой динамический диапазон (200-500λ);
5. Контроль деталей с различными оптическими покрытиями;
6. Контроль асферических профилей с большими отклонениями от ближайшей сферы;
7. Контроль гаммы крупногабаритных оптических деталей, используя один эталонный волновой фронт;
8. Возможность использования динамического эталона.

Предварительные экспериментальные результаты, полученные на макетном образце, показали достоверность теоретических положений, которые легли в основу проектирования прибора. Современные методы реконструкции волнового фронта позволяют с высокой точностью восстановить профиль поверхности. Так повторяемость относительной погрешности измерений составляет 2-3 нм по PV. В перспективе использование данной ОЭС для цехового контроля плоских, сферических и асферических изделий с высокой точностью.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ДОВОДОЧНЫЕ СТАНКИ ДЛЯ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ВЫСОКОТОЧНОЙ АСФЕРИЧЕСКОЙ ОПТИКИ

Высокоразрешающие оптико-электронные комплексы наземного и космического базирования, применяемые для научных исследований, глобального мониторинга поверхности Земли, состояния ее атмосферы и т.п., требуют высокого качества формируемого этими системами изображения исследуемого объекта.

Диапазон габаритных параметров оптических компонентов указанных систем 300 - 3000 мм, а номинальные требования к качеству формы поверхности по критерию среднеквадратического отклонения $\sigma_{\text{ско}} = \lambda/60 \div \lambda/80$, что, по сути, является технологическим пределом.

Актуальной задачей создания технологии производства указанных деталей является создание управляемого процесса формообразования оптических поверхностей на различных стадиях, в т.ч. минимизации технологических переходов и создания для этих целей нового класса оптического оборудования с компьютерным управлением всего технологического цикла.

Основными задачами при создании автоматизированной технологии производства высокоточной оптики дифракционного качества являются:

- создание управляемого процесса формообразования;
- создание технологических систем стабилизации формы поверхности и компьютерная оптимизация параметров систем;
- создание нового поколения оптического станочного парка с компьютерным управлением;
- создание интерференционных метрологических средств амплитудного, амплитудно-фазового и фазового типов для обеспечения контроля за обработкой формы поверхности в реальном масштабе времени;
- создание комплексной технологической системы автоматизированного обеспечения технологии формообразования оптических поверхностей с достижением точностных параметров по отклонению формы в пределах $\lambda/60 \div \lambda/80$ и шероховатости поверхности в пределах $5 \div 10 \text{ \AA}$.

Интегральной оценкой характеристики любой технологической операции должны являться характеристики формы поверхности:

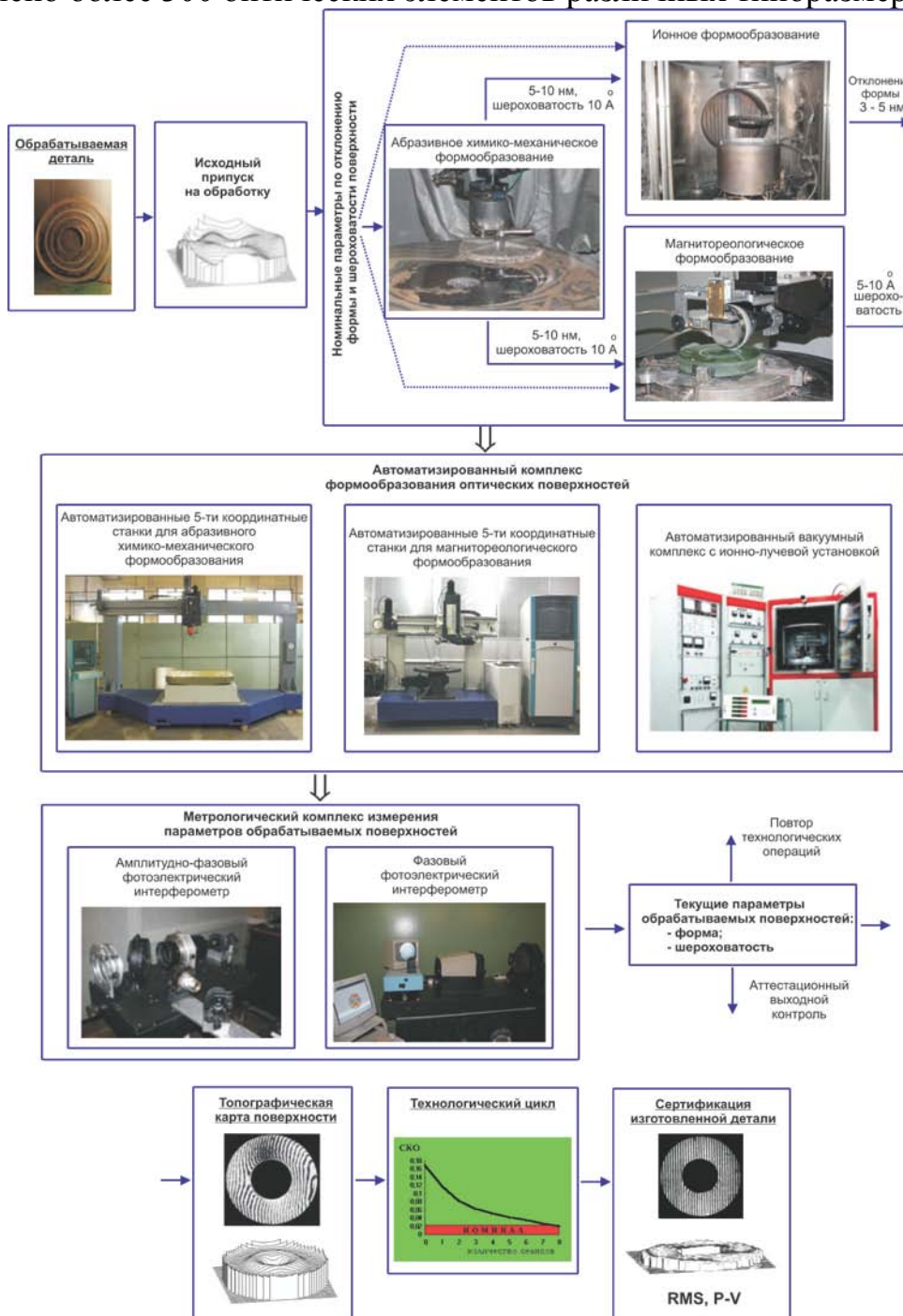
- среднеквадратическое отклонение - σ ;
- размах ошибки - (P-V);
- составляющие ошибки поверхности (астигматизм, кома и т.п.).

Блок-схема разработанной в ОАО «НПО «Оптика» технологической системы автоматизированного формообразования «ТЕСАФ» представлена на рисунке 1.

Описывается состав системы «ТЕСАФ», принцип ее работы, технические характеристики оборудования, входящего в систему, результаты работы системы.

Достигнуты высокие технические параметры обрабатываемых поверхностей с отклонениями по форме $\sigma_{\text{ско}} = \lambda/60 - \lambda/100$ ($\lambda = 0.6328 \text{ мкм}$) и шероховатости в пределах $5 \div 10 \text{ \AA}$.

С применением «ТЕСАФ» на предприятии ОАО «НПО «Оптика» изготовлено более 300 оптических элементов различных типоразмеров.



КОЛЛИМАТОРЫ С ВНЕОСЕВЫМИ ЗЕРКАЛАМИ С РАБОЧИМ ПОЛЕМ 200÷1000 ММ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

Гориков В.А., Корнеев Н.Г.

Внеосевые зеркальные коллиматоры предназначены для создания плоского эталонного волнового фронта в широком диапазоне спектра: от ультрафиолетового (УФ) до инфракрасного (ИК) излучения и применяются для контроля и аттестации качества оптико-электронных комплексов (ОЭК), качества оптических компонентов.

Внеосевой коллиматор (ВК), оснащенный в зависимости от выполняемых функций той или иной оптико-электронной аппаратурой, используется для контроля:

- волнового фронта как отдельных оптических компонентов, так и объективов, и ОЭК;
- концентрации энергии в кружке рассеяния;
- распределения энергии в кружке рассеяния;
- функции передачи модуляции.

Преимущества внеосевых зеркальных коллиматоров состоят в возможности коллимировать волновой фронт в широком диапазоне длин волн и, в отличие от осевых зеркальных коллиматоров, не имеют центрального экранирования.

В ОАО «НПО «Оптика» разработаны, изготовлены и поставлены на предприятия России и в страны ближнего и дальнего зарубежья внеосевые зеркальные коллиматоры с рабочим полем от 200 мм до 1000 мм.

В состав ВК входят обязательные компоненты:

- внеосевое параболическое зеркало;
- фокальный узел.

Для расширения функций коллиматоры могут быть дополнены:

- интерферометром;
- оптическими эталонными компонентами.

На рисунке 1 приведена схема измерения ФПМ объектива полихроматической камеры высокого разрешения.

На рисунке 2 приведена схема контроля плоских поверхностей с использованием ВК и эталонного плоского зеркала в схеме Физо.

Технические характеристики некоторых ВК, изготовленных в ОАО «НПО «Оптика» приведены в таблице 1.

Таблица 1

Рабочее поле, \varnothing мм	Среднеквадратическая ошибка формируемого волнового фронта СКО ($\lambda=0,6328$)	Фокусное расстояние, мм	Внеосевой параметр, мм	Дополнительное оборудование
--------------------------------	--	-------------------------	------------------------	-----------------------------

	мкм)			
220	$\lambda/50$	4012,0	200,0	Корректор поля, интерферометр
400	$\lambda/40$	6663,0	577,0	Фотоприемное устройство с вычислительным комплексом
600	$\lambda/30$	5976,5	600,0	Эталонное зеркало
1000	$\lambda/55$	10009,5	1790,0	Эталонное зеркало

ЗАПУСК НОВОГО ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ПО НАНЕСЕНИЮ ОПТИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Тимофеева А.

ООО «МакроОптика», г. Москва

Основная продукция нового производства: оптические детали с нанесением покрытий с высокой лучевой прочностью для различных диапазонов длин волн с возможностью контроля получаемых результатов на компьютеризованном стенде-контроле лучевой прочности оптических покрытий, разработки ООО «МакроОптика».

Производство оснащено самыми современными вакуумными установками Leybold700 и Leybold1100, уникальными измерительными средствами и другим самым современным оборудованием!

Установки вакуумного напыления Leybold700 и Leybold1100 по своим техническим характеристикам позволяет делать покрытия в широком спектральном диапазоне от 193 нм до 20 мкм. Мы готовы предложить следующие типы покрытий, которые могут быть изготовлены по индивидуальной спецификации:

- просветляющие и высокоотражающие покрытия для ИК, видимого и УФ диапазона;
- диэлектрические и металлические покрытия с высокой лучевой прочностью;
- широкополосные высокоотражающие и просветляющие покрытия для ИК и видимой области; - фильтрующие покрытия;
- светоделительные покрытия;
- высокопрочное углеродное покрытие (DLC или алмазоподобное покрытие);
- покрытия с высокой лучевой прочностью;
- покрытия по спецификации заказчика;

ФОТОПРИЕМНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ КРУПНОФОРМАТНЫХ ФПУ С РЕЖИМОМ ВЗН, РАБОТАЮЩИХ В СПЕКТРАЛЬНОМ ДИАПАЗОНЕ 1–3МКМ

*Болтарь К.О., Бурлаков И.Д., Бычковский Я.С., Дrajнников Б.Н.,
Козлов К.В., Кузнецов П.А., Соляков В.Н.
ОАО «НПО «Орион», г. Москва*

Фотоприемный модуль (ФПМ) формата 1024x10 применяется в сканирующих оптико-электронных системах пеленгации точечных источников излучения в спектральном диапазоне 1–3 мкм и с пороговой мощностью не более $3 \cdot 10^{-9}$ Вт/см². Основными элементами ФПМ являются матрица КРТ-фотодиодов ($x=0,390,40$) формата 1024x10 и большая интегральная схема считывания (БИС считывания) фотосигналов, работающая в режиме временной задержки и накопления (ВЗН). КРТ-фотодиоды имеют ряд преимуществ перед фоторезисторами из PbS, применяемыми в ФПУ предыдущего поколения [1]. Конструктивная особенность ФПМ состоит в асимметричном расположении кристалла фотоприемника относительно кристалла БИС считывания, что дает возможность каскадирования ФПМ при построении сверхмногоканального ФПУ. Для улучшения пеленгационной характеристики в ФПМ применяется специальная беззазорная топология фоточувствительных элементов, позволяющая повысить пространственное разрешение. Ближайшим зарубежным аналогом является ФПМ формата 768x6 средневолнового ИК-диапазона (Lockheed Martine Imaging Systems) для инфракрасных систем космического базирования (SBIRS). Целью данной работы является исследование характеристик фотоприемного модуля формата 1024x10 для сверхмногоканального ФПУ, работающего в спектральном диапазоне 1–3 мкм.

Литература

1. Rogalski A. // Proc. SPIE. 2000. V. 4413. P. 307

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МНОГОРЯДНОГО МФПУ
С РЕЖИМОМ ВЗН**

*Соляков В.Н.^{1,2}, Козлов К.В.^{1,2}, Кузнецов П.А.¹,
Полесский А.В.¹, Хамидуллин К.А.¹*

¹ОАО «НПО «Орион», г. Москва

²Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный

Многорядные матричные фотоприемные устройства (МФПУ) с режимом временной задержки и накопления (ВЗН) широко используются для достижения предельных значений по чувствительности и пространственному разрешению. Одним из важных применений систем подобного класса является решение задач обнаружения слабых источников оптического излучения. В докладе представлена модель многорядного МФПУ с режимом ВЗН, предназначенного для регистрации точечных источников оптического излучения в ближнем инфракрасном (ИК) диапазоне спектра. С использованием модели решены некоторые задачи метрологии, например пересчет амплитуды сигналов МФПУ, измеренной по абсолютно – черному телу (АЧТ) в режиме без сканирования в соответствующий сигнал от точечной цели в режиме сканирования. Также получены изображения на выходе ВЗН – МФПУ при различных параметрах большой интегральной схемы считывания (частотная характеристика, количество сумматоров и т.д.), топологии (расстояние между фоточувствительными элементами (ФЧЭ), количество субматриц и т.д.), различных параметрах цели и фона. Произведен расчет частотно-контрастных характеристик (ЧКХ) многорядных МФПУ с различными параметрами.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГЕТЕРОЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СТРУКТУР ALGAN

*Никонов А.В., Болтарь К.О., Бурлаков И.Д., Яковлева Н.И.
ОАО «НПО «Орион», г. Москва*

Фотодетекторы ультрафиолетового излучения являются уникальными для коммерческого и военного применения: мониторинг озонового слоя, старта ракет, очагов возгорания, помехозащищенные системы скрытой связи с космическими спутниками. Возможность контролировать ширину запрещенной зоны и формирование гетеропереходов делают материал тройного соединения $Al_xGa_{1-x}N$ наиболее пригодным и легко приспособляемым решением для создания фотодетекторов такого типа [1], в том числе «солнечно-слепых» (фотодетекторы с минимальным откликом на длине волны 240 - 290 нм).

Ключевой задачей в техниках выращивания эпитаксиальных слоёв AlGaN является контроль параметров материала, таких как толщина слоя, состав материала, однородность состава по толщине.

В ходе исследования построена численная модель коэффициента поглощения AlGaN. В совокупности с оптическим методом контроля

пропускания реализована задача моделирования спектров пропускания гетероэпитаксиальных структур на основе AlGaN при заданном распределении состава, а также вычисления параметров структур по экспериментально полученным спектрам пропускания.

Литература

1. Бурлаков И.Д., Болтарь К.О. и др. Матричные фотоприемные модули ультрафиолетового диапазона спектра на основе гетероэпитаксиальных структур AlGaN. – Успехи прикладной физики. – 2013. – № 3. – С. 344-349.

ИССЛЕДОВАНИЕ СМЕЩЕНИЯ ОХЛАЖДАЮЩЕГО ПАЛЬЦА В КРИОГЕННО-ОХЛАЖДАЕМЫХ ФОТОПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВАХ ИНТЕГРАЛЬНОГО ТИПА ПРИ КРИОСТАТИРОВАНИИ

*Полесский А.В., Самвелов А.В., Бедарева Е.А.,
Хамидуллин К.А., Семенченко Н.А.
ОАО «НПО «Орион», г. Москва*

При создании новых поколений матричных фотоприемных устройств (МФПУ) большого формата и с малым размером пикселя особое внимание необходимо уделять обеспечению высокой точности расположения матрицы фоточувствительных элементов (МФЧЭ). Стабильность расположения МФЧЭ в различных условиях эксплуатации и на протяжении всего срока службы МФПУ в составе оптико-электронной системы (ОЭС) во многом определяет характеристики ОЭС.

Практически во всех тепlopеленгационных системах и во многих тепловизионных применяются ИК МФПУ, которые требуют охлаждения до криогенных температур. Известно, что при охлаждении происходит изменение размеров деталей охлаждающего пальца микрокриогенной системы (МКС) [1], на который закреплена МФЧЭ, и как следствие наблюдается её перемещение в пространстве (уход) в продольном и поперечном направлении.

В ГНЦ ОАО «НПО «Орион» проведены экспериментальные исследования, направленные на определение величин смещений и наклонов охлаждающего пальца, обусловленных работой современных МКС интегрального типа.

На основании полученных результатов можно сделать выводы, что уровень современных МКС достаточен для создания матриц формата 640x512 с шагом 15 мкм, и что при разработке МКС для новых поколений на основе охлаждаемых фотоприемных устройств, следует особое внимание обратить на уменьшение вибрации охлаждающего пальца.

Литература

1. Еремчук А.И., Полесский А.В., Самвелов А.В., Сысоев Д.А., Хамидуллин К.А.// Успехи прикладной физики. 2013, том 1, № 2
2. Афанасьев В.А. Оптические измерения. – М.: Недра, 1968
3. Кирилловский В.К. Оптические измерения. Учебное пособие. Часть 2. – СПб. ГИТМО (ТУ), 2003

**СОВМЕСТНАЯ РАБОТА КАФЕДРЫ ПРИКЛАДНОЙ И
КОМПЬЮТЕРНОЙ ОПТИКИ УНИВЕРСИТЕТА ИТМО
С ВЕДУЩИМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ ОТРАСЛИ**

*Бахолдин А.В., Г.И. Цуканова Г.И., к.т.н., Ежова К.В., Вознесенская А.О.,
Иванова Т.В., Романова Г.Э., Толстова Н.Д.
Университет ИТМО, г.Санкт-Петербург*

Подготовка специалистов по направлению "Оптотехника" направлена на получения студентами не только теоретических знаний, но и практического опыта и навыков, необходимых для дальнейшей успешной работы по выбранному направлению.

Кафедра Прикладной и компьютерной оптики Университета ИТМО исторически поддерживает контакты с ведущими оптическими и оптико-механическими производствами России. В частности, производственные практики, предусмотренные учебными планами для студентов кафедры, проводятся на базе таких крупных предприятий, как ОАО «ГОИ им. С.И.Вавилова», Филиал ФГУП «ЦНИИ «Комета» - «Научно-проектный центр оптоэлектронных комплексов наблюдения» («НПЦ ОЭКН»), ОАО «ЛОМО», «Швабе-Санкт-Петербург» (филиал УОМЗ).

Особое внимание уделяется преддипломной практике и написанию выпускных квалификационных работ. В настоящее время более 70% всех выпускных работ студентов и магистрантов кафедры выполняется в рамках сотрудничества кафедры с предприятиями отрасли.

Необходимо отметить достаточно широкий спектр задач, решаемых студентами при написании ВКР, обусловленный специализациями магистерских и бакалаврской программ, реализуемых на кафедре: разработка алгоритмов и создание программных комплексов, предназначенных для решения различных задач оптической направленности, разработка и моделирование в средах автоматизированного проектирования оптики оптических систем различного назначения, автоматизация конструирования оптических элементов и систем и др.

АППАРАТНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОВИЗИОННЫХ ПРИБОРОВ

Гараева А.И., Курт В.И.

ОАО «НПО «Государственный институт прикладной оптики», г. Казань

Одним из направлений развития средств измерения и контроля характеристик тепловизионных приборов (ТВП) является повышение точности оценок температурно-частотной характеристики или ее аналогов, прежде всего, за счет снижения их субъективности, а в перспективе – переход к полностью объективным оценкам характеристик ТВП, допускающим возможность автоматизации их измерения, а также упрощение технической реализации процедур оценок параметров и характеристик ТВП.

Учитывая уровень развития тепловизионной техники, реализация этих задач представляет определенные технические трудности, связанные, в первую очередь, с необходимостью изготовления малоразмерных приборов. С другой стороны, необходима унификация аппаратно-методических средств измерения и контроля характеристик ТВП, т.е. необходима разработка средств измерения (измерительных стендов или комплексов), предназначенных для работы с широкой номенклатурой тепловизионных систем и комплексов, работающих в разных спектральных диапазонах, с различными фокусными расстояниями, апертурами и т.п. Анализ характеристик существующих и перспективных ТВП, в том числе зарубежных, позволил определить некоторые обобщенные требования к таким средствам измерения:

- измерение параметров тепловизионных каналов приборов и систем в спектральном диапазоне от 2,0 до 15,0 мкм с выделением спектральных зон в соответствии с диапазоном работы конкретных оптико-электронных систем;
- диапазон воспроизводимых значений угловых размеров тест-объектов при соответствующих значениях разности радиационных температур от 0,4 до 20,0 мрад⁻¹;
- диаметр выходной апертуры коллиматора не менее 200 мм;
- эффективное фокусное расстояние коллиматора не менее 4000 мм;
- формирование изображения тест-объекта в двух полях зрения: узком поле зрения – не более 1° и широком поле зрения – не менее 9°;

Очевидно, что реализовать все вышеизложенные требования, используя одно устройство, технически невыполнимо. Поэтому для достижения максимальной эффективности разрабатываемого стенда (комплекса) выбран модульный принцип построения комплекса. Все основные узлы комплекса представляют собой отдельные законченные модули, которые можно использовать как в составе (и совместно) с другими составляющими комплекса, так и независимо от них.

Реализация широкого спектрального диапазона, температурного и пространственного диапазонов, воспроизводимых тест-объектом, наличие нескольких полей зрения, необходимость выделения отдельных спектральных диапазонов, может быть обеспечена двухканальной

оптической схемой построения коллиматора с зеркальным широкополосным каналом и линзовым каналом со сменными объективами для работы в спектральных зонах от 3 до 5 мкм и от 8 до 12 мкм.

Такой комплекс должен стать основой обеспечения разработки, производства, испытаний и эксплуатации современных и перспективных тепловизионных приборов. В связи с этим, комплекс средств измерения должен быть максимально автономным. Для обеспечения автономности в состав комплекса необходимо ввести устройство, позволяющее контролировать его характеристики. Таким устройством может быть радиометрический канал, обеспечивающий периодическую поверку комплекса и контроль сохранности его характеристик в межповерочный интервал.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ФОТОПРИЕМНЫЙ ТРАКТ УЛЬТРОФИОЛЕТОВОГО ПЕЛЕНГАТОРА

*Вахитов М.А., Липатов В.В., Музафаров А.Р., Махматов М.С.,
Нурамов Ф.Н., Хисамов Р.Ш.*

ОАО «НПО «Государственный институт прикладной оптики», г. Казань

В последние годы получили развитие пеленгаторы смотрящего типа, работающие в «солнечно-слепом» ультрафиолетовом диапазоне спектра. Наиболее распространенной схемой построения оптико-электронного регистратора в таких приборах является использование электронно-оптического преобразователя (ЭОП) и сопряженного с ним приёмника излучения (КМОП матрица). Несколько модификаций ультрафиолетовых пеленгаторов (УФП) на основе этой схемы разработаны в ОАО «НПО ГИПО».

В процессе эксплуатации пеленгатора было замечено, что повышение температуры окружающей среды приводит к ухудшению чувствительности фотоприемного тракта (ФТ) УФП. При отрицательной температуре негативных эффектов не наблюдалось. Цель настоящей работы – оценка влияния основных элементов ФТ на изменение характеристики чувствительности УФП при воздействии повышенной температуры.

Исследование проводилось путем локального постепенного нагрева конструктивного узла тракта при квазиравномерной засветке поля зрения УФП. Для оценки влияния отдельных компонент был проведен поочередный нагрев двух сборок: объектив-светофильтр-ЭОП и проекционный объектив-КМОП фотоприемник.

В первом случае для нагрева использовался встроенный нагреватель мощностью до 30 Вт, установленный на корпусе сборки. Температура отслеживалась встроенными датчиками, установленными на корпусе сборки.

Во втором случае для нагрева использовался фен паяльной станции. Температура отслеживалась при помощи датчика температуры, установленного на плате датчика изображения.

Оценку изменения чувствительности ФТ производили путем измерения амплитуды сигнала с КМОП фотоприемника с определением его усредненного значения по фиксированной выборке кадров при заданной температуре нагрева. Результаты представлены на рисунке 1:

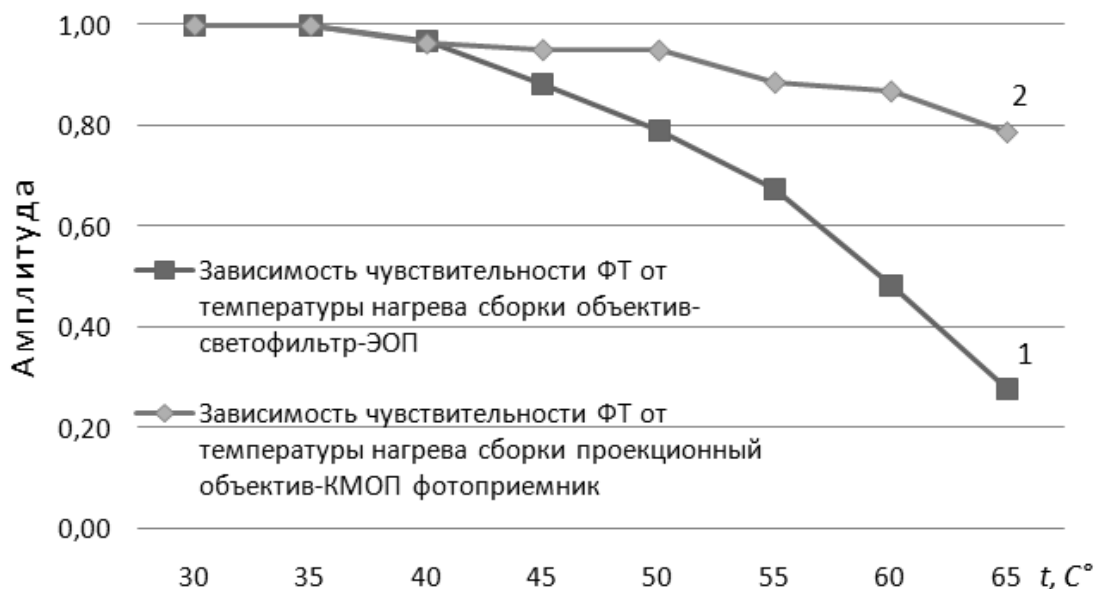


Рис.1 Зависимость относительного значения амплитуды сигнала от температуры

Полученные результаты показывают заметное ухудшение чувствительности ФТ при температуре нагрева сборки с ЭОП выше 40° С (кривая 1) по сравнению с чувствительностью при нагреве сборки с КМОП фотоприемником (кривая 2). При температуре 65° С амплитуда сигнала при нагреве сборки с ЭОП падает более чем в 3 раза, тогда как чувствительность ФТ при нагреве сборки с матрицей фотоприемника изменяется незначительно.

Результаты исследований позволяют оценить влияние повышенной температуры на работу отдельных узлов ФТ и найти конструктивные пути термостабилизации элементов для повышения эффективности работы пеленгатора и оптимизации его параметров.

КОРРЕКЦИЯ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ ХАРАКТЕРИСТИК ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СУБМАТРИЧНОГО ПРИЕМНИКА ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В СИСТЕМЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Батавин М.Н, Мингалев А.В., Савин Д.Е., Шушарин С.Н.

ОАО «НПО «Государственный институт прикладной оптики», г. Казань

Рассматривается пример реализации метода комплексной коррекции неоднородностей характеристик фоточувствительных элементов субматричного приемника инфракрасного излучения (8-12 мкм) в системе дистанционного зондирования Земли.

Суть применяемого метода коррекции заключается в двухэтапной коррекции неоднородностей характеристик фоточувствительных элементов субматричного приемника инфракрасного излучения.

На первом этапе, во время съемки в режиме реального времени, выполняется двухточечная коррекция неоднородности характеристик элементов субматричного фотоприемника с использованием двух источников опорного излучения.

На втором этапе, в процессе постобработки, выполняется метод коррекции, основанный на использовании информации, регистрируемой каждым чувствительным элементом в зоне сканирования наблюдаемой подстилающей поверхности или её части [1].

Комплексное применение двух типов коррекции неоднородности характеристик элементов субматричного фотоприемного устройства значительно повышает информативность и улучшает качество восприятия тепловизионного изображения подстилающей поверхности за счет устранения искажений, являющихся результатом инертности работы системы управления температурным режимом источников опорного излучения, а также за счет уменьшения эффекта горизонтальной структуры кадра на изображениях, полученных даже при установившихся коэффициентах управления режимом работы источников опорного излучения

Литература:

1. Патент РФ № 2407213. Устройство формирования изображения / Батавин М.Н., Иванов В.П., Редькин С.Н., Шушарин С.Н., Савин Д. Е.

ОБЗОР СОВРЕМЕННОЙ УГЛОИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Гончаров Н.В.

НПК «Диагностика», г. С-Петербург

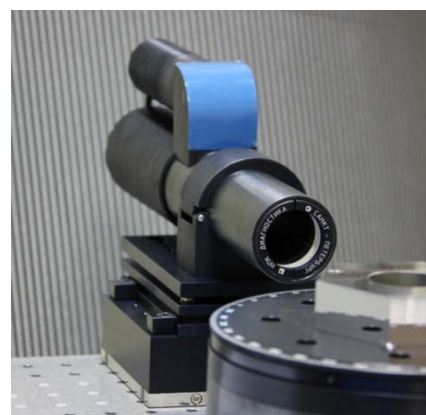
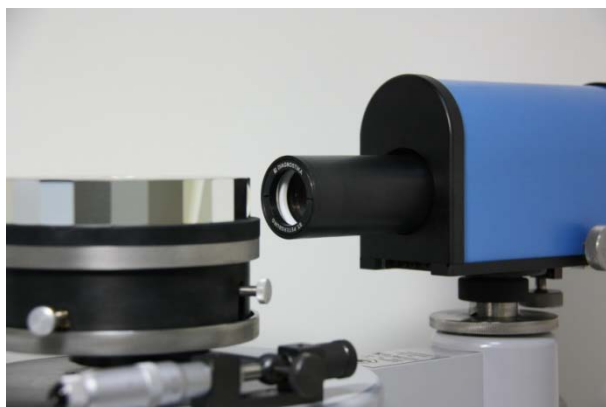
В настоящее время наука и техника развиваются гигантскими темпами, и производство оптических элементов переходит на качественно новый уровень, возникает очень серьезный вопрос о точности различных угловых измерений, без которых невозможно производить новую продукцию и контролировать ее качество.

В оптико-механическом производстве для контроля угловых параметров при изготовлении отдельных оптических деталей, а также для контроля их взаимного углового расположения в сборочном узле, используются гониометры и автоколлиматоры. В метрологических центрах и ОТК гониометры и автоколлиматоры используются для поверки угловых мер.

Согласно ГОСТ 8.016-81 в качестве образцовых средств измерений 1 разряда применяются: гониометры, многогранные призмы, автоколлимационные установки и экзаменаторы. Доверительные абсолютные погрешности образцовых средств измерений 1 разряда при доверительной вероятности 0,99 составляют от 0,1 угл.сек до 0,4 угл.сек.

На сегодняшний день большинство лабораторий и предприятий России для контроля угловых параметров оптических деталей все еще используют технически устаревшие модели визуальных гониометров и автоколлиматоров.

Предлагаем ознакомиться с современными отечественными цифровыми гониометрами СГ-Ц и цифровыми автоколлиматорами АК-Ц фирмы НПК «Диагностика». Данные приборы успешно используются на многих отечественных оптических предприятиях и метрологических центрах страны.



ЛАЗЕРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ОПТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ НА ЛУЧЕВУЮ ПРОЧНОСТЬ

*Скрынник А.А., Филипов М.А.
ОАО «Швабе – Исследования»*

Доклад содержит описание лазерной установки для исследования оптических материалов и покрытий на лучевую прочность. Установка смонтирована и эксплуатируется в ОАО «ЛЗСО».

Принцип действия основан на воздействии мощным лазерным импульсом на испытуемый образец. При постепенном повышении энергии импульса определяется порог лучевой прочности, за счет появления микроразрушений в зоне воздействия.

Лазерная установка включает в себя: 1. Задающий генератор наносекундных импульсов излучения 2. Усилители на неодимовом стекле 3. Систему измерения параметров излучения на испытуемых образцах оптических деталей и покрытий

Технические характеристики установки

Длина волны излучения	1,053 мкм
Выходная энергия в импульсе	1-10 Дж
Длительность импульса излучения	3-5 нс
Средняя плотность излучения на мишени	1-40 Дж/см ²
Режимы работы	один импульс в 10 мин
Потребляемая мощность от электросети	до 10 кВт

Задающий генератор с активным элементом из кристалла YLF с полупроводниковой накачкой генерирует импульс длительностью 3-5 нс с энергией около 10^{-3} Дж. В качестве усилителей используются квантроны с ламповой накачкой на фосфатном неодимовом стекле с активными элементами размерами $\varnothing 20 \times 320$ мм и $\varnothing 45 \times 920$ мм.

С целью предотвращения самовозбуждения принят ряд мер. В усилителе между задающим генератором и усилительными каскадами установлена поляризационная развязка (поляризатор и фазовая пластина $\lambda/4$), установлен изолятор Фарадея, установлены диафрагмы и пассивный светозатвор.

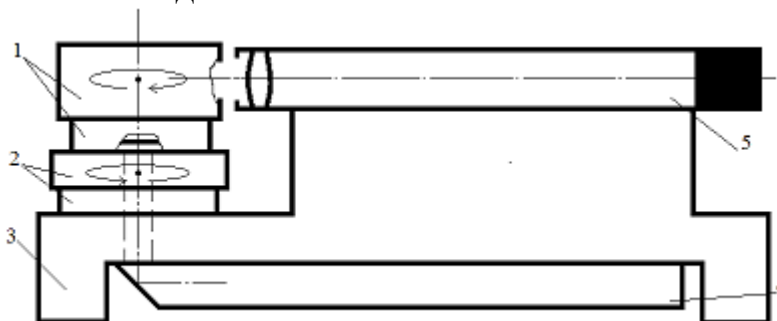
Для равномерного распределения энергии в пятне используется гомогенизатор (призмный растр). Измерительная аппаратура установки позволяет зафиксировать энергетические и пространственные характеристики излучения на испытуемом образце материала.

СТЕНД ДЛЯ ПАСПОРТИЗАЦИИ КОЛЛИМАТОРА С КОЛЬЦЕВЫМ ПОЛЕМ

Колосов М.П., Федосеев В.И.

ОАО «НПП «Геофизика-Космос», РФ, г. Москва

В работе [1] показано, что датчик угла поворота (ДУП) диаметром ~ 100 мм, созданный на основе коллиматора с кольцевым полем (ККП), может иметь погрешность измерений порядка $0,20''$. Эта погрешность определяется в основном погрешностью паспортизации углов между изображениями 510 прозрачных штрихов ККП. Стенд для указанной паспортизации термостатирован и виброзащищен, состоит из основания 3, на котором установлены фотоэлектрический автоколлиматор 4 для контроля биения оси вращения стенда, узкопольный угломерный прибор (УП) 5 и «грубое» углоповоротное устройство 2, на котором размещен ДУП с ККП. Прибор 5 имеет объектив с фокусным расстоянием $f'_{\text{уп}} = 978$ мм, в фокальной плоскости которого размещен матричный приемник излучения (фирма CMOSIS, модель CHR70M, пиксель $0,0031 \times 0,0031$ мм, формат матрицы 10000×7096 пикселей). Пары штрихов ККП последовательно проецируются на матрицу с линейным увеличением $V = -32,6^{\times}$. Существенное повышение точности паспортизации ККП обеспечивается за счет большого значения $f'_{\text{уп}}$ (V), усреднения результатов измерений УП на 10000 строках матрицы и нерасстраиваемости стенда.



ЛИТЕРАТУРА

1. Колосов М.П., Федосеев В.И. Анализ оптической системы датчика угла поворота на основе коллиматора с кольцевым полем // Оптический журнал. 2014. Т.82. №2. С. 49 – 54.

ДОНЬЮТОНОВАЯ ОПТИКА И СОВРЕМЕННАЯ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНАЯ ТЕМАТИКА

Чебакова О.В.

Оптическое общество им. Д.С. Рождественского

Понятие науки «оптика», изначально определенное античными греками как науки о «видении» окружающего мира, освещенного светом и посредством цветного зрения, неоправданно превратилось в течение XVIII века в науку о «физическом агенте» свете. Формула оптики: сознание, зрение, свет. Но оптика стала разделом «физики» Нового времени – науки, «слепленной» из нескольких экспериментальных знаний о природных явлениях, - с неожиданного поступка сэра Исаака Ньютона. А именно: полное название его долгожданного (с 1675 г.) трактата (1704) «Оптика, или трактат об отражениях, преломлениях, изгибаниях и цветах света» указало границы «новой» оптики, а сомнения и гипотезы, вынесенные в «Вопросы» (31 по количеству), решили не замечать.

С 70-х годов XXв. (Новейшее время) сужение границ оптики продолжила фотоника, интенсивно поддерживаемая Западом как замена оптики (англо-язычные конференции: Foton-2 – Foton14, UK; Optics and Biofotonics-2014,18-я в Саратове, и Фотоника и информационная оптика, М., 2013, др.). В темах Конференции по истории физики оптика не присутствует (2014, Cambridge, UK). На англо-язычной конференции «Наука будущего» (2014, СПб) раздел физики занят элементарными частицами, плазмой, космологией, наноматериалами, оптоэлектроникой. В секциях Интернет-конференции 2014г. «Перспективные направления отечественной науки» - философия и культура, психология и социология, современные информационные технологии, физико-математические науки, технические науки, строительство и архитектура, биологические науки, экология и химия - незаявлено находится оптика. В СПб «Дни философии» ведут диалоги о человеке, познающем и создающим (2008), о стратегии философского осмысления (2010), др. На научных встречах, изучающих проблемы междисциплинарности, концепция мировоззренческих и методологических наук (к которым принадлежит оптика) не представлена.

ТЕХНОЛОГИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КРИСТАЛЛОВ KRTP

Ломакова М.А., Яковлев О.Б.

ОАО «Производственное объединение «Уральский оптико-механический завод» имени Э.С. Яламова», г. Екатеринбург

Современные системы лазерных оптико-локационных приборов должны обеспечивать высокую дальность, точность и быстродействие при снижении их массогабаритных характеристик и энергопотребления. Превосходная надежность этих систем должна быть заложена на этапе конструкторского проектирования и гарантирована на всех этапах производственного процесса, а также должна обеспечивать 100% импортозамещение. Всем этим требованиям соответствует создаваемое в холдинге «Швабе» производство модуляторов на основе кристаллов KRTP.

Разработанная технология механической обработки является неотъемлемой частью современного производства электрооптических затворов и модуляторов лазерных систем из кристаллов $K-RbTiOPO_4$. Сформированная производственная линия позволяет получить высокие точностные характеристики за счет системы контроля встроенной в производственный процесс.

СИНТЕЗ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТЕКОЛ С НАНОЧАСТИЦАМИ СУЛЬФИДА КАДМИЯ

Попов И.Д.^{1,3}, Кузнецова Ю.В.², Ремпель С.В.², Ремпель А.А.^{1,2}, Власова С.Г.¹

1 – УрФУ им. первого Президента Б.Н. Ельцина, Россия, г. Екатеринбург;

2 – Институт Химии Твердого Тела УрО РАН, Россия, г. Екатеринбург;

3 – ОАО «ПО «УОМЗ», Россия, г. Екатеринбург

Полупроводники нашли широкое применение в микроэлектронике и оптике. Зачастую, подобные материалы, при уменьшении размеров кристалла до 100 нм и меньше, как правило, проявляют особенные оптические свойства, и в этом случае становятся очень интересным и перспективным объектом для исследования.

Стеклоянная матрица является изотропной, стабильной и хорошо изученной средой. Эти факторы делают ее перспективной для выращивания в ней полупроводниковых наночастиц.

В рамках данной работы были изучены особенности химического состава, условия синтеза и тепловой обработки (отжига) подобных стекол. Рассмотрено влияние используемых сырьевых материалов и условий синтеза на повторяемость результатов. Также объектом исследований являются оптические свойства стекол с наночастицами сульфида кадмия. В частности, влияние условий вторичной термообработки и, как следствие, изменение размера частиц, на спектральные характеристики поглощения и флуоресценции.

Оптические свойства будут обсуждены.

СВОЙСТВА БЕЛОГО ЗАПУСКА, ПРИМЕНЯЕМОГО В ОПТИЧЕСКИХ ШКАЛАХ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ

Барановский Д.В., Яковлев О.Б., Кручинин Д.Ю.

ОАО «Производственное объединение «Уральский оптико-механический завод» имени Э.С. Яламова», г. Екатеринбург

Сетка систем прицеливания должна быть четко различимой и хорошо просматриваемой при любых погодных условиях. Сумерки, дождь, туман резко ухудшают прицеливание. Оптические предприятия выпускают сетки,

в которых в качестве маскирующего покрытия используется белый запуск, который при боковой подсветке начинает светиться. Для закрепления на поверхности сетки белого запуска предварительно создаются рельефные углубления. Сетки, в которых в качестве маскирующего покрытия используется белый запуск, имеют значительные технологические и эксплуатационные недостатки.

Проведено изучение некоторых оптических свойств белого запуска, данные о которых могут быть использованы для поиска альтернативного маскирующего покрытия. При изучении свойств белого запуска исследовались стеклянные подложки из оптического стекла К8. В качестве запуска использовался специальный состав на основе оксида цинка. На подложки наносились покрытия способом центрифугирования при разных скоростях вращения для получения различной толщины. Подложки с покрытиями и без покрытия исследовались на светопропускание, светорассеяние и отражение. При анализе данных были установлены свойства, которыми должен обладать материал, используемый в оптических шкалах, предназначенных для прицеливания в условиях ограниченной освещённости.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЛИПСОМЕТРИИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ОПТИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

Журавлева О.С., Кручинин Д.Ю., Яковлев О.Б.

ОАО «Производственное объединение «Уральский оптико-механический завод» имени Э. С. Яламова», г. Екатеринбург

Проведены исследования состояния поверхности оптических деталей эллипсометрическим методом, основанном на анализе изменения поляризации пучка поляризованного света при его отражении от исследуемой поверхности. Определён критерий, характеризующий состояние поверхности.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ПРАВА НА ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

Дедкова Н.Д.

ОАО «Производственное объединение «Уральский оптико-механический завод» имени Э.С. Яламова», г. Екатеринбург

Оптика является одним из важнейших разделов физики. Законы оптики и оптические методы исследования широко используются для различных исследований и измерений, количественного и качественного анализа, а также в светотехнике, приборостроении, автоматике и т.д., т.е., практически, в любой деятельности человека. В России сосредоточен мощный научный и экономический потенциал, с каждым годом появляется все больше и больше перспективных коммерческих проектов в сфере высоких технологий. В каждом результате научно-технического прогресса заложены интеллектуальные решения, в результате которых продукция приобретает необходимые потребительские свойства и способность быть проданной. Такие решения получили наименование результатов интеллектуальной деятельности (РИД), которые могут составить важнейшие интеллектуальные ресурсы компании, основу ее благосостояния и развития, если превратятся в эффективно управляемую интеллектуальную собственность.

Однако, осознавая значимость интеллектуальной собственности, совсем немногие предприятия стремятся обеспечить ее эффективную защиту.

В данной работе рассмотрены причины правовой инертности и даны рекомендации промышленным предприятиям по своевременному обеспечению интеллектуальных прав на созданные инновационные разработки.

Литература.

2. Зинов В.Г. Управление интеллектуальной собственностью//Учеб. пособие. М.: Дело, 2003.- 512 с.
3. Правовая защита, экономика и управление интеллектуальной собственностью: материалы научно-практической конференции. Екатеринбург, 24 апреля 2014 г./ Екатеринбург: УрФУ, 2014, 254 с.

III ТЕМАТИЧЕСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ И ЛАЗЕРНО- ЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ»

РОЛЬ И МЕСТО ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ И ЛАЗЕРНЫХ СИСТЕМ В СОВРЕМЕННЫХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОМПЛЕКСАХ БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ВЕРТОЛЕТОВ

Бельский А.Б.

ОАО «МВЗ им. М.Л. Миля», Московская область

Комплекс бортового оборудования (КБО) – это сложнейший набор систем, подсистем, элементов, объединенных в единый механизм функционирования. Повышение «бортового интеллекта» – важнейшее направление развития КБО для перспективных вертолетов. В докладе обозначены задачи и требования, предъявляемые к оптико-электронным системам, входящим в КБО вертолетных комплексов, – обзорно-пилотажной, прицельной, лазерно-локационной, цифровой аэрофотосистеме, системе видеорегистрации.

Основными системами наблюдения в КБО вертолетов являются оптико-электронные системы (ОЭС). Именно ОЭС определяют эффективность КБО вертолетов, и именно к ним предъявляются особенно жесткие требования по работоспособности в любое время суток, в любых метеоусловиях. ОЭС, входящие в КБО вертолета, обеспечивают выполнение задач поиска, обнаружения, опознавания объектов, быстро и точно определяют координаты объектов, преобразовывают их в информационный вид, удобный для передачи по каналам.

В настоящее время, основными принципами при проектировании ОЭС являются:

- многоканальность (с комплексированием разноспектральных изображений);
- дистанционное управление работой системы;
- интеграция (оптическая, механическая, электронная) отдельных подсистем и каналов;
- автоматизация процессов взаимной юстировки каналов, встроенного контроля и диагностики неисправностей;
- автоматическое слежение за выбранным объектом;
- стабилизация линии визирования;
- модульность исполнения прибора;
- сопряжение с датчиками получения информации (навигационная система, РЛС и другими бортовыми системами);

- высокая степень использования цифровых методов обработки информации.

Новым этапом является создание интегрированных оптико-электронных комплексов, в которых в одной конструкции будут объединены несколько функционально взаимосвязанных систем, а степень сложности ОЭС в КБО будет определяться уровнем интеграции приборов (оптики, приема и обработки видеосигналов, обработки и отображения информации и т.д.).

КБО должен обладать гибкими возможностями корректировки, синтеза новых и интеграции запланированных задач поиска, обнаружения и опознавания объектов. Чередование режимов активного и пассивного поиска и сопровождения объектов, чередование спектральных диапазонов работы способны внести эти качества в КБО, существенно повысить характеристики ОЭС в реальных условиях их применения.

АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ И РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Бельский А.Б., Чобан В.М.

*ОАО «Московский вертолётный завод им. М.Л. Миля»,
Московская область*

Основными информационными системами летательных аппаратов являются оптико-электронные системы (ОЭС).

Существующие в настоящее время ОЭС летательных аппаратов обеспечивают решение экспертно-советующих задач летчику об объектах, находящихся в поле зрения ОЭС, а также определение их угловых координат для решения задачи распознавания и идентификации объекта в поле зрения в автоматическом режиме.

Для решения задач распознавания полученного изображения необходима разработка специальных алгоритмов. При разработке таких алгоритмов могут использоваться как статические изображения, полученные с помощью ОЭС (но для этого необходим большой объем этих изображений) или реалистичные изображения, полученные при помощи вычислительной техники. Данные модели синтезированного изображения объекта включает в себя: модель объекта и модель приемника излучения и позволяют получать изображения в различных условиях внешней среды, на различных дальностях и ракурсах (рисунок 1).



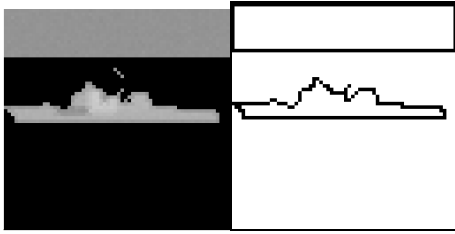
Рисунок 1

Следующим этапом является предварительная обработка изображения [3, 4, 5] включающая в себя фильтрацию шумов, контрастирование, подчеркивание границ и .д.п.

После реставрации изображения, осуществляется пороговая обработка и предварительная отбраковка выделенных фрагментов изображения.

Порог может быть задан статическим, а может рассчитываться по локальным признакам изображения [1].

По результатам работы данного алгоритма видно (рисунок 2, а), что возможны ситуации, когда полностью отделить цель от фона не представляется возможным. Дальнейшая обработка предполагает разделение объектов прошедших пороговую обработку с целью определения координат граничных точек контура и вычисления геометрических признаков каждого объекта. Для этого воспользуются различные методы оконтуривания объектов.



а)

б)

Рисунок 2 – Алгоритм сегментации изображения.

После получения координат граничных точек осуществляется исследование признаков цели. Одними из основных признаков являются геометрические признаки.

Анализ методов классификации изображений привел к целесообразности построения алгоритма распознавания на основе методов теории динамических систем со случайной структурой [2].

Для синтеза алгоритмов распознавания принимаются возможные состояния анализируемого участка изображения:

1. Рассматриваемый объект не является целью - $s=1$.
2. Рассматриваемый объект является целью - $s=2$.

Алгоритм классификатора в общем виде имеет следующий вид:

Здесь $\tilde{X}(1), \tilde{X}(2)$ - вектор математических ожиданий признаков для состояния 1 и 2, соответственно; Z – вектор измеренных значений признаков, $K(1), K(2)$ – ковариационная матрица признаков для состояния 1 и 2 соответственно; $P^{s1}(i, j), P^{s2}(i, j)$ - вероятность того, что анализируемый объект помеха или цель, соответственно,

Выбор цели производится по максимуму вероятности и в соответствии с условием

$$s_{k+1} = \begin{cases} 1, & \text{при } P_{k+1}^{s2} < P_n \cup k < k_{mp} \\ 2, & \text{при } P_{k+1}^{s2} \geq P_n \cap k \geq k_{mp} \end{cases},$$

где k_{mp} - требуемое число измерений, соответствующее установившемуся режиму функционирования классификатора.

Определение угловых координат объекта относительно оси визирования осуществляется следующим образом (рисунок 3):

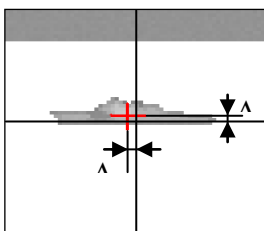


Рисунок 3

определяется геометрический центр тяжести объекта и вычисляются угловые рассогласования относительно линии визирования.

Вывод:

Таким образом, описанный в настоящей статье обобщённый алгоритм обработки и анализа изображения позволяет:

- а) выполнить предварительную обработку тепловизионного изображения фоноцелевой обстановки (сглаживание изображения и подчеркивание границ),
- б) получить сегментированное изображение в виде отдельных объектов с известными координатами граничных точек контура,
- в) вычислить геометрические признаки выделенных объектов,
- г) выполнить оценку курсового угла цели для каждого выделенного объекта,
- д) определить МО и СКО признаков используемых для классификации каждого объекта,
- е) осуществить классификацию выделенных объектов и определить цель,
- ж) вычислить угловые координаты объекта-цели.

Литература:

1 Бакут П.А., Колмогоров Г.С., Ворновицкий И.Е. Сегментация изображений: методы пороговой обработки. “Зарубежная радиоэлектроника”, 1987, №10.

2 Бухалев В.А. Распознавание, оценивание и управление в системах со случайной скачкообразной структурой. М.: Наука, Физматлит, 1996. -288 с.

3 Быстрые алгоритмы в цифровой обработке изображений. Преобразования и медианные фильтры. Под ред. Т.С.Хуанга. М.: Радио и связь, 1984.

4 Катус Г.П. Обработка визуальной информации. М.: Машиностроение, 1990.

5 Претт У. Цифровая обработка изображений. М.: Мир, 1982.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РЕЖИМОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫМИ СИСТЕМАМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Бельский А.Б., Первак И.В.

ОАО «Московский вертолётный завод им. М.Л. Миля»,

Московская область

Понятие качества сложных систем, к которым можно отнести оптико-электронные системы (ОЭС) летательных аппаратов (ЛА), является одним из

важнейших в инженерной практике, позволяющее поставить задачу о количественном измерении свойств систем. Качество системы может быть отражено совокупностью показателей с использованием одного как основного и учётом остальных как ограничений.

Выбор показателей качества рассмотрим на примере ОЭС с лазерным целеуказателем-дальномером (ЛЦД). Поскольку ЛЦД в составе ОЭС обеспечивает подсвет и высокую точность измерения дальности объекта при высокой точности его сопровождения, то главной задачей ОЭС можно считать обеспечение точного и устойчивого сопровождения объекта наблюдения. Следовательно, качество ОЭС можно и целесообразно охарактеризовать двумя показателями:

- 1) вероятностью беспрерывного сопровождения объекта наблюдения P ;
- 2) условным законом распределения ошибки сопровождения объекта наблюдения.

i	1	2	3	4	5	6
T_i	303	27	40	40	58	61
i	7	8	9	10	11	12
T_i	32	101	83	70	121	64
i	13	14	15	16	17	18
T_i	16	93	17	9	36	18

Рисунок 1

(рис. 1).

Будем считать, что продолжительность беспрерывного сопровождения T_i является случайной величиной и фиксировать наступление события $T_i > t$. Оно означает, что время беспрерывного автосопровождения составляет не менее t с. После проведения n экспериментов для любого t легко подсчитывается относительная частота события $T > t$, равная m/n , где m – число независимых экспериментов, в которых наблюдалось событие $T > t$. Известно, что относительная частота m/n является состоятельной оценкой неизвестной вероятности P и на основании центральной предельной теоремы можно утверждать, что она имеет нормальное распределение.

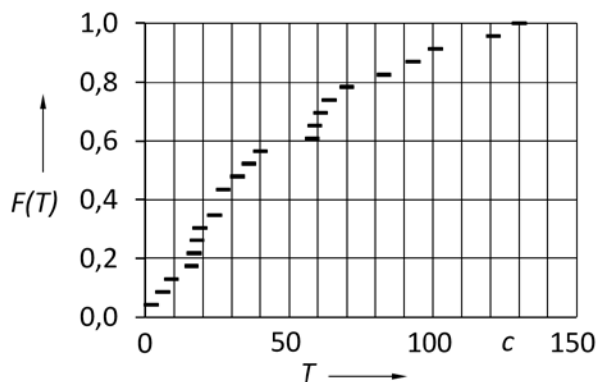


Рисунок 2

Более подробно остановимся на первом. Пусть t – время, требуемое (и достаточное) для автоматического сопровождения некоторого объекта, n – количество экспериментов в процессе натуральных испытаний, в каждом из которых получена величина T_i , представляющая собой время беспрерывного сопровождения

На практике же, закон распределения может оказаться отличным от нормального. В этом случае перечисленные выше действия могут привести к неправильной оценке эффективности рассматриваемой системы.

Определим закон распределения. Для этого на основе статистических данных, полученных в ходе испытаний, построим эмпирическую функцию распределения $F(T)$ случайной

величины T (рис. 2) известным методом.

Устойчивость сопровождения объекта наблюдения может быть охарактеризована способностью системы непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени, т.е. надёжностью.

Как видно по графику (рис. 2), закон распределения случайной величины T является экспоненциальным, следовательно оценка надёжности системы и последующее определение вероятности беспрерывного сопровождения должны производиться с использованием экспоненциального закона распределения.

Для экспоненциального закона распределения математическое ожидание $m = 1/\lambda$, дисперсия $D = 1/\lambda^2$.

Количественной характеристикой надёжности является функция надёжности $R(t)$, равная вероятности безотказной работы системы за время от 0 до t :

$$R(t) = P(t) = \exp(-\lambda t),$$

где $\lambda = 1/T_{AC}^*$;

T_{AC}^* – среднее время безотказной работы (беспрерывного сопровождения) системы. Статистическую оценку T_{AC}^* вычислим по формуле:

$$T_{AC}^* = \frac{1}{N_{ср}} \sum_{i=1}^M T_i,$$

где $N_{ср}$ – общее число срывов (отказов) автосопровождения за суммарную наработку;

M – общее количество реализаций за время испытаний;

T_i – время автосопровождения цели в i -ой реализации до срыва;

$\sum_{i=1}^M T_i$ – суммарная зачётная наработка за время испытаний.

При отсутствии срывов, оценка T_{AC}^* вычисляется по формуле:

$$T_{AC}^* = \frac{\sum_{i=1}^M T_i}{r_0},$$

где r_0 – табличный коэффициент (функция односторонней доверительной вероятности).

Вывод: таким образом, систему автоматического сопровождения объектов наблюдения в составе ОЭС ЛА следует рассматривать как систему со случайными отказами (срывами автосопровождения). Время безотказной работы (беспрерывного сопровождения) системы со случайными отказами имеет экспоненциальный закон распределения.

Литература:

1. В.И. Бочаров и др. /Методы определения эксплуатационно-технических характеристик самолёта и вертолёта.– М.: Машиностроение, 1991.–144 с.: ил.– (Справочная библиотека авиационного инженера-испытателя).

2. Оптико-электронные системы авиационного вооружения/А.М. Краснов и др.. Под ред. А.М. Краснова.– М.:ВВИА им. Проф. Н.Е. Жуковского, 2007.– 1272 с.
3. Основы анализа и синтеза авиационных прицельно-навигационных систем/А.М. Краснов – М.: ВВА им. Проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, 2009.– 319 с.
4. ГОСТ Р 8.736-2011, «Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений.
5. ГОСТ 27.002-89, «Надёжность в технике. Основные понятия. Термины и определения».

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И АНАЛИЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО НАВЕДЕНИЯ И СТАБИЛИЗАЦИИ ПЛАТФОРМЫ С ПОЛЕЗНОЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ НАГРУЗКОЙ

*Алеев Р.М. *, Бельский А.Б. **, Бородин В.М. ***, Чижиков М.А. **

** ОАО «Камов», Московская область*

*** ОАО «МВЗ им. М.Л.Миля», Московская область*

**** Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева (КАИ), РФ, г. Казань*

На основе многозвенной механической модели четырехосной стабилизированной платформы (СП), имеющей 10 степеней свободы при её креплении к носителю через «пассивные» амортизаторы, разработана и исследована математическая модель динамики движения СП с автоматическим управлением наведения и стабилизации оси визирования полезной оптико-электронной нагрузки (ПОЭН). Для массово-габаритных и оптических характеристик конкретной ПОЭН, с помощью математической модели определяются требования к конструкции и подсистемам СП, параметры и рабочая область частот «пассивных» амортизаторов с целью предотвращения резонансов и подавления высокочастотных составляющих виброперемещений носителя, а также проводить направленный синтез системы «активной» стабилизации оси визирования ПОЭН, обеспечивающей в низкочастотной области компенсацию угловых колебаний носителя.

1. *Тарг С. М.* Краткий курс теоретической механики: Учеб. для вузов. 10-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1986. – 416 с.
2. *Терехов В. М., Осипов О. И.* Система управления электроприводов. М.: Академия, 2005. – 301 с.

КОМПЛЕКСНАЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА БОРТОВОГО БАЗИРОВАНИЯ

*Тарасов В.В., Глушинский В.А., Портнов А.В., Бокшанский В.Б.
ОАО «ЦНИИ «Циклон»*

В последнее время все большую актуальность приобретают комплексные оптико-электронные системы (КОЭС) наблюдения, разведки и прицеливания, установленные на борту летательных аппаратов (пилотируемых и, в особенности, беспилотников). При этом, развитие элементной базы определило тенденцию на уменьшение габаритов и массы при одновременном улучшении функциональных возможностей и качественных параметров оптико-электронной нагрузки. Так, современным стандартом для таких систем является наличие как минимум двух каналов наблюдения: в видимом и ИК-диапазонах спектра, а также дальномера, установленных на поворотной гиросtabilизированной платформе с погрешностью стабилизации не более 30 угл. сек. Для инфракрасного канала обычно используют охлаждаемые приемники излучения в диапазоне 3..5 мкм либо неохлаждаемые для диапазона 8..12 мкм.

Проведенные в ОАО «ЦНИИ «Циклон» научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы позволили сформировать передовой подход к построению КОЭС. В первую очередь, новый тип систем основан на использовании гиросtabilизированных платформ в корпусе типа «шар» с максимальным диаметром 350 .. 400 мм и погрешностью стабилизации на уровне 15 угл. сек., что серьезно расширяет спектр применений такой аппаратуры: от относительно малогабаритных беспилотных носителей с максимальной полезной нагрузкой 200 кг до больших самолетов и вертолетов типа МИ-17.

Кроме того, в указанных габаритах были установлены не два, а три канала наблюдения: низкоуровневый ТВ-канал видимого диапазона спектра гиперпространственного разрешения (5 Mpix), ИК-канал на основе матричного микроболометрического приемника высокого разрешения (1024 x 768) в диапазоне спектра 8..12 мкм, а также ИК-канал коротковолнового диапазона 0,9 .. 1,8 мкм, дающий принципиально новые возможности по обнаружению малоконтрастных объектов, особенно в сложных метеоусловиях. Анализ современных зарубежных разработок КОЭС позволяет заключить, что применение коротковолнового ИК-канала (КВИК) является обязательным во всех передовых западных системах.

Все каналы оснащены объективами-трансфокаторами с кратностью 10^x .. 20^x , обеспечивающими поля зрения 2^0 .. 40^0 . Достоинством разработанного семейства КОЭС является использование встроенного комплекса контрольно-поверочной аппаратуры (КПА), основанной на применении малогабаритных коллиматоров, сопряженных с объективами каналов. Благодаря контрольным оптическим сигналам коллиматоров возможна не только оперативная проверка функционирования каждого канала, но и реализация высокоточных систем прицеливания и целеуказания.

Так, при трансфокации поля зрения по контрольным сигналам бортовая система вычисляет увод линии визирования каждого канала и вычисляет величину ошибки для последующей коррекции координат обнаруженной цели. Данный метод существенно снижает требования к точности изготовления компонентов объективов прицельных систем.

Необходимо отметить, что все примененные объективы в составе КОЭС являются собственными разработками ОАО «ЦНИИ «Циклон».

Дальномерный канал с рабочей длиной волны 1,55 мкм обеспечивает измерение дальности до 20 км, поскольку перечисленные выше каналы наблюдения рассчитаны на предельную дальность обнаружения типовых объектов до 15..20 км. Особенностью специально разработанного в ОАО «ЦНИИ «Циклон» дальномерного канала является моноимпульсный режим измерения (т.е. дальность определяется по одному импульсу), что обеспечивает эффективную работу по подвижным объектам либо на движущемся носителе. Дальномеры с накоплением эхо-сигнала в таких системах неприменимы.

Особую роль в современных КОЭС играют расширенные функциональные возможности. В частности, к таким возможностям относятся режимы захвата и автосопровождения типовых объектов, вычисление их координат, цифровое увеличение и формирование интегрированного изображения по сигналам каналов различных спектральных диапазонов. Реализация вышеперечисленного функционала в малых габаритах платформы возможна только при использовании современной элементной базы, например, систем на кристалле (SoC).

Алгоритм захвата и сопровождения изображений типовых объектов по пассивным изображениям различных спектральных каналов был разработан в ОАО «ЦНИИ «Циклон» и основан на использовании оконной матрицы бинарных дескрипторов. Алгоритм не использует процедуры с высокой вычислительной трудоемкостью, но при этом обладает высокой эффективностью и является самообучаемым. Все это позволяет реализовать его на ПЛИС (SoC) без применения мощных процессоров.

В целом, разработанное семейство КОЭС соответствует самым современным требованиям к таким системам и достойно конкурирует с лучшими зарубежными образцами.

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ УЛУЧШЕННОГО И СИНТЕЗИРОВАННОГО ВИДЕНИЯ НА БОРТУ ВЕРТОЛЕТА

Титов А.А.

ОАО «Бортовые аэронавигационные системы», г. Москва



1. Плохое восприятие летчиком объектов закабинного пространства и определение положения относительно их из-за высокой подвижности изображения при принятой за границу индикации «вид из самолета на землю».
2. Недостаточное разрешение визорных систем и сложность реализации физической трансфокации изображения.
3. Неудовлетворительные характеристики систем с высокой чувствительностью при больших угловых скоростях перемещения камер, приводящие к эффекту «смаза» изображения.
4. Обеспечение широкоугольности изображения и высокого качества механического и электронного управления.
5. Проблема комплексирования информации визорных систем и идентификации объектов при использовании алгоритмов цифровой обработки изображений, требующих больших бортовых вычислительных мощностей.
6. Использование на всех этапах полета и применения при совмещении с функциями обзорно-поисковых систем.
7. Использование системы наשלемной индикации.
8. Наличие сертифицированных трехмерных баз данных рельефа и объектов на нем.

9. Использование визорных систем для решения вопросов автономной навигации.

10. Несовершенство компоновки кабины с электронными индикаторами малых полей и отображением информации на ИЛС.

11. Сложность размещения систем на борту вертолета и их высокая стоимость.



АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ МЕСТА ВИСЕНИЯ ВЕРТОЛЕТА ПО ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЯМ

*Выголов О.В. *, Горбачевич В.С. *, Князь В.В. *, Каширкин С.В. *,
Визильтер Ю.В. *, Желтов С.Ю. *, Брондз Д.С. ***

**ФГУП «ГосНИИ Авиационных систем» (ФГУП «ГосНИИАС»), Москва*

***ФГУП Особое конструкторско-технологическое бюро «Омега»
(ФГУП ОКТБ «Омега»), Великий Новгород*

Доклад посвящен основным аспектам создания бортовой лазерно-телевизионной системы автоматической стабилизации места висения вертолета, принцип работы которой основан на определении текущего смещения изображения участка местности, находящегося в поле зрения видеокамеры нижнего обзора, относительно первоначальной точки привязки.

В докладе сформулированы основные технические требования к системе, приведен состав и характеристики аппаратного и программно-алгоритмического обеспечения.

Задачу стабилизации видеопотока предлагается решать в рамках более общей задачи вычисления параметров преобразования одного кадра видеопотока в другой на основе поиска и сопоставления особых точек. Для

поиска особых точек разработана модификация алгоритма DoG (Difference of Gaussians). Сопоставление особенностей выполняется с использованием оригинального дескриптора MaxLBP (Local Binary Patterns). Оба предложенных алгоритма характеризуются высокой вычислительной эффективностью и устойчивостью к аффинным искажениям.

Функциональная отработка режима стабилизации проводилась средствами компьютерного моделирования с использованием имитатора внешней обстановки, в основе которого лежит цифровая модель местности, а также текстуры для имитации работы в диапазоне ТВ систем.

В заключение доклада представлен план дальнейших работ.

Авторы:

1. Выголов Олег Вячеславович, начальник лаборатории ФГУП «ГосНИИАС», к.т.н.;
2. Горбацевич Владимир Сергеевич, начальник сектора ФГУП «ГосНИИАС»;
3. Князь Владимир Владимирович, техник ФГУП «ГосНИИАС»;
4. Каширкин Сергей Викторович, начальник сектора ФГУП «ГосНИИАС»;
5. Визильтер Юрий Валентинович, начальник подразделения ФГУП «ГосНИИАС», д.ф.-м.н., с.н.с.;
6. Желтов Сергей Юрьевич, генеральный директор ФГУП «ГосНИИАС», член-корреспондент РАН;
7. Брондз Давид Самойлович, заместитель главного конструктора, ФГУП ОКБ «Омега».

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ТЕЛЕВИЗИОННАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ СТЕПЕНИ ОТКЛОНЕНИЯ ВРАЩАЮЩИХСЯ ЛОПАСТЕЙ ВЕРТОЛЕТОВ

*Завальнюк О.Т., Майоров М.А.
ЗАО «МНИТИ», г. Москва*

В настоящее время в российских эксплуатирующих организациях отсутствует автоматическая система измерения степени отклонения концов вращающихся лопастей вертолетов. Такая система необходима для измерения, записи и обработки информации о положении лопастей с целью диагностирования и устранения неисправностей лопастей вертолетов.

Целью работы является разработка системы, предназначенной для регистрации координат концов вращающихся лопастей несущего винта с целью определения величины взмахов лопастей, запасов гарантированного минимального расстояния от траектории концов вращающихся лопастей до хвостовой балки, а для вертолетов соосной схемы и между траекториями концов вращающихся лопастей верхнего и нижнего винтов.

В настоящее время для этой цели применяется аппаратура типа ПФС, регистрирующая на фотобумагу изображение движущихся концов лопастей.

Ручной способ обработки полученной информации не оперативен и не дает возможности производить измерение положения лопастей в полете.

Одна из существующих измерительных систем, контролирующая положение лопастей в пространстве – RADS-AT, разработанная фирмой «Сайнтифик Атланта», США, выполняет аналогичные функции, но производит измерение отклонения лопастей в одной точке, вследствие чего может применяться только в диагностических целях и не может быть использована для автоматической регулировки характеристик полета.

Предлагается для решения данной задачи использовать построенные на современной элементной базе телекамеры на основе линейных фоточувствительных приборов с зарядовой связью (ЛФПЗС), установленные в определенных местах вертолета (рис. 1). Камеры предназначены для получения изображения лопасти на ЛФПЗС в момент прохода ею фиксированных азимутов. Возможны режимы получения изображения темной лопасти на фоне светлого неба, либо подсвеченной светоотражающей метки, нанесенной на лопасть. Система синхронизации осуществляет управление режимом накопления ЛФПЗС, обеспечивая получение контрастного изображения. Поступающий с ЛФПЗС сигнал усиливается, оцифровывается и передается в блок обработки сигналов.

Специально разработанный алгоритм определения координат взмаха концов лопастей позволит получить точность, на порядок превышающую разрешающую способность используемого прибора ЛФПЗС. Выдача измеренных координат на внешнее устройство производится по цифровому каналу связи.

Ограничение возможностей использования предлагаемой системы может заключаться в сложности определения отклонений лопастей в случае, если направление зрения камеры не совпадает с проекцией радиуса несущего винта. Это приведет к усложнению математического аппарата блока обработки сигналов.

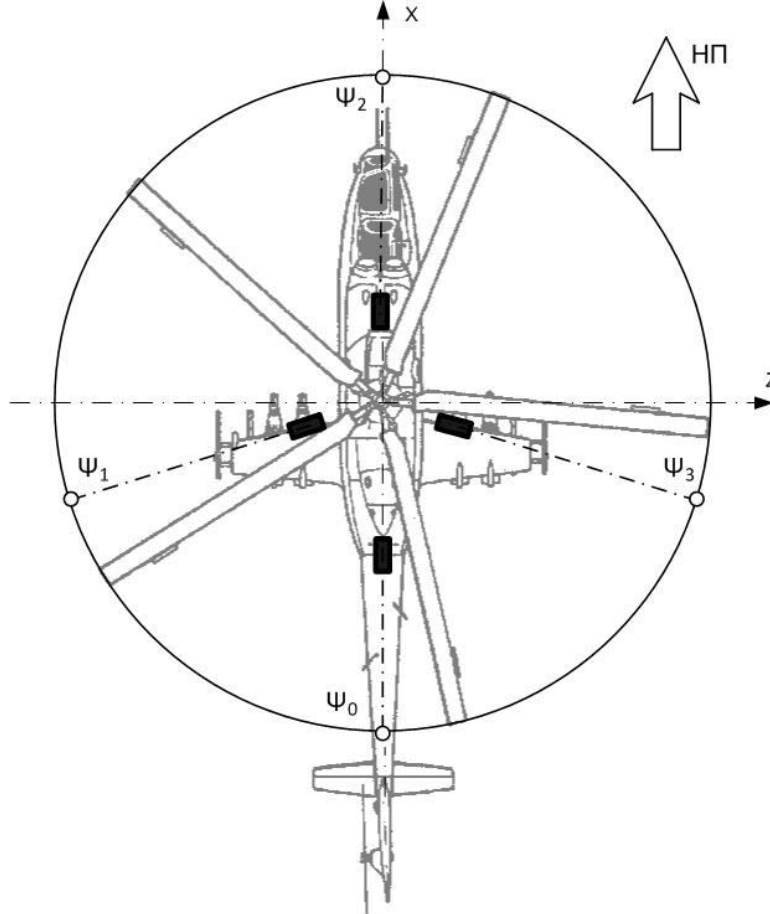


Рис 1. Расположение телевизионных камер на вертолете

Предлагаемый вариант автоматизированной системы позволяет производить измерения отклонений лопастей как на земле, так и в полете, и может быть использован для автоматической регулировки характеристик полета. Точность измерения отклонений составит несколько миллиметров.

ОЦЕНКА ЗОНЫ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ЗОНЫ ОБЗОРА БОРТОВЫМИ СЕНСОРАМИ В ЗАДАЧЕ СОВМЕЩЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ С КАРТОЙ МЕСТНОСТИ

Костяшкин Л.Н., Логинов А.А., Юкин С.А.

ОАО «Государственный Рязанский приборный завод», г. Рязань

Технологии многоспектрального технического зрения - одно из актуальных направлений повышения эффективности вертолетных БРЭО. Многоспектральные системы технического зрения (МСТЗ) уменьшают метеозависимость и увеличивают суточную продолжительность видения

внешней картины, что существенно повышает безопасность посадки и полёта вертолета вблизи поверхности. Одной из задач, определяющих эффективность применения МСТЗ, является совмещение реальных изображений от разных сенсоров с синтезированным изображением на базе цифровой карте местности (ЦКМ) с необходимой точностью. Бортовые сенсоры МСТЗ, работают не только в различных спектральных диапазонах (тепло- и телекамеры), но и используют различные физические принципы их построения (лидар, телекамера, радиолокатор). В связи с этим стоит задача приведения получаемой от них первичной информации к сравнимому виду для дальнейшего совмещения. При этом возникают трудности, обусловленные различием в системах координат, относительно которых формируются изображения от различных сенсоров МСТЗ, а также отсутствие возможности распознавать объекты на этих изображениях по прямым признакам. В связи с этим необходимы косвенные методы, основанные на привязке изображений от различных сенсоров к ЦКМ. Для этого необходимо синхронизировать получаемые изображения по пространственному положению, т.е. провести пространственное совмещение всех обрабатываемых изображений, причем совмещение должно выполняться автоматически и в режиме реального времени. Формируемые по маршруту движения вертолета изображения невозможно сразу совмещать с картой, это связано с ошибками как его навигационной системы, так и с ошибками датчиков, определяющих пространственное положение сенсоров МСТЗ (например, ракурс). В этом случае для автоматического совмещения изображений, необходимо проведение коррекции возникающих геометрических искажений, вызванных неточностью измерений навигационной системы. При совмещении изображений необходимо учитывать жесткие требования к точности совмещения разнородных изображений, изложенные в руководстве Р-315.

Для решения этой задачи необходимо иметь оценки возможного пространственного положения сектора обзора соответствующих сенсоров МСТЗ на подстилающей поверхности. Теоретически таких положений – неограниченное множество, но фактически диапазон этих положений определяется точностью навигационной системы и углового положения сенсоров.

В докладе приводятся методы нахождения возможной (предельной) зоны обзора различных сенсоров на подстилающей поверхности и ее геометрических искажений, обусловленных ошибками определения пространственного и углового положения.

Выполнены исследования зоны обзора в плоскости Земли для сенсоров различных спектральных диапазонов и радиолокационных изображений, получаемых на борту вертолета. Принципы формирования видео- и радиолокационных изображений имеют существенные отличия, что проявляется как в форме, так и в параметрах зон обзора в плоскости Земли для этих видов сенсоров МСТЗ. Вместе с тем, некоторые элементы математических моделей процессов формирования изображений этими способами имеют и общие основания. В частности, это относится к учету

углов позиционирования вертолета в пространстве и ошибок по ним навигационной системы.

Предложенные модели являются достаточными для оценки зон неопределенности различных сенсоров, работающих в передней полусфере, и могут использоваться в задачах, связанных с автоматическим совмещением изображений с картографической информацией. В конечном счете, оценка зоны неопределенности сектора обзора бортовыми сенсорами сокращает зону поиска в задаче досовмещения изображений с картой местности при формировании единого информационного поля закабинного пространства в МСТЗ, что позволяет решать её в реальном времени.

ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ СКАНИРУЮЩИЕ ЛАЗЕРНЫЕ ДАЛЬНОМЕРЫ И СИСТЕМЫ НАВЕДЕНИЯ

*Бондаренко Д.А., Костяшкин Л.Н., Семенов В.П., Стрелетов С.Ф.
ОАО «Государственный Рязанский приборный завод», г. Рязань*

В настоящее время известно несколько типов оптико-электронных сканирующих устройств, в которых отсутствуют механические отклоняющие узлы. Прогресс в исследованиях анизотропных акустооптических дефлекторов (АОД) позволяет создавать лазерные системы нового типа, например, лазерные сканирующие дальномеры, локаторы, системы телеориентации и системы посадки летательных аппаратов. Адаптировать лазерную систему с акустооптическим дефлектором под решение более широкого класса прикладных задач позволяет полностью оптико-электронный принцип быстрого управления пространственным положением пучка в АОД в сочетании с гибким программным алгоритмом управления сканатором.

В рамках проводимых в ОАО «ГРПЗ» НИОКР по разработке лазерных систем наведения и дальномеров различного назначения использование и совершенствование их составе двухкоординатных АОД на парателлурите позволили достичь значительного прогресса в повышении тактико-технических характеристик этих систем в целом: увеличить точность наведения управляемого объекта на цель и количество одновременно управляемых объектов, дальность работы, устранить ошибки механического привода.

Разработанные в ОАО «ГРПЗ» системы телеориентации с акустооптическими дефлекторами установлены на объектах бронетанковой техники, вертолетах, катерах. Испытания их с ракетой «Атака - Л» при стрельбе по сухопутным и морским целям и с гиперзвуковой ракетой при стрельбе по воздушной цели показали приближающуюся к единице вероятность попадания в цель.

Основные технические характеристики систем телеориентации, разрабатываемых ОАО «ГРПЗ»:

Длина волны, нм1064 нм;
Дальность работы до 15 км;
Число каналов наведения2;
Потребления мощность, не более300 Вт.

Большое внимание в последние годы ОАО «ГРПЗ» уделяет созданию и совершенствованию перспективных систем дальнометрии. Результатом работы в этом направлении стало создание усилиями специалистов предприятия адаптивного лазерного дальномера АТЛД-12.

В отличие от традиционного подхода при создании дальномеров, когда на каждый излучаемый импульс приемный канал дальномера выдает результат измерения дальности, в АТЛД-12 реализован принцип накопления отраженного от объекта сигнала при его облучении пачкой импульсов, что дает ряд дополнительных преимуществ: увеличивается скрытность устройства, поскольку отдельные импульсы в пачке относительно невысокой интенсивности, уменьшаются габариты и масса дальномера, изменением количества импульсов в пачке можно выдавать результат измерения дальности при определенном уровне накопления сигнала, адаптируя, таким образом, систему к реальным условиям измерений – отражательным характеристикам объекта, погодным условиям и текущей дальности.

Основные технические характеристики лазерного дальномера АТЛД-12 :

- длина волны 1064 нм;
- максимальная дальность 12 км;
- минимальная дальность, м 200;
- точность измерения, м 1,5;
- угловое поле визирного канала, град 1,5 x 1,3;
- габаритные размеры, мм 210x105x116.

Задача повышения максимальной дальности работы дальномера, особенно для малоразмерных быстро движущихся объектов, приводит к необходимости пространственного управления узконаправленным лазерным пучком излучающего канала дальномера, осуществляя режим слежения за объектом. Эта задача эффективно решается при установке на излучающий канал дальномера двухкоординатного акустооптического дефлектора, при помощи которого по сигналам от датчиков углового положения платформы оптико-электронного комплекса или автомата сопровождения цели, дается корректирующее смещение лазерного пучка в пределах поля зрения приемного канала дальномера, удерживающее лазерный пучок на объекте.

В изготовленном макетном образце двухкоординатный АОД с быстродействием 15 мкс может обеспечить позиционирование лазерного пучка излучающего канала с расходимостью 30 угл.сек в пределах поля зрения приемного канала дальномера величиной 8 угл.мин.

Принимая во внимание возрастающие требования по лазерной безопасности при работе с лазерными устройствами в настоящее время ОАО «ГРПЗ» ведет разработку сканирующего лазерного дальномера, работающего в безопасном диапазоне длин волн (1540 нм) с аналогичными АТЛД-12 характеристиками по дальности и точности.

Одно из направлений совершенствования сканирующих лазерных устройств заключается в возможности реализации комбинированного лазерного устройства, совмещающего в себе функции как системы наведения, так и лазерного сканирующего дальномера. При незначительной конструктивной доработке лазер в системе телеориентации, работающий в непрерывном режиме генерации, может быть переведен в режим модуляции добротности для выработки гигантских импульсов излучения. Таким образом, можно получить комбинированный прибор наведения со сканирующим дальномером в составе с мгновенным переключением из одного режима работы к другому, что значительно сокращает массогабаритные характеристики оптико-электронного прицельного комплекса.

НАШЛЕМНАЯ СИСТЕМА ЦЕЛЕУКАЗАНИЯ И ИНДИКАЦИИ

Костяшкин Л.Н., Павлов О.В.

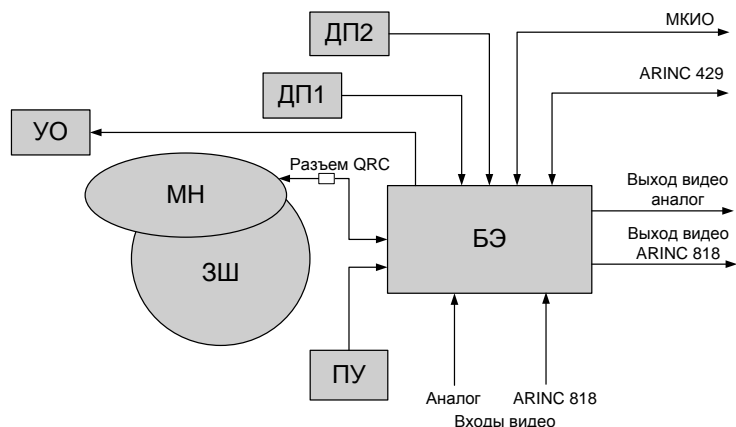
ОАО «Государственный Рязанский приборный завод», г. Рязань

Применение нашлемных систем целеуказания и индикации (НСЦИ) в авиации позволяет значительно снизить время атаки цели и полетные перегрузки при ведении воздушного боя, а также уменьшить ситуационную неопределенность. Независимо от того куда смотрит летчик, он имеет необходимую полетную и прицельную информацию непосредственно перед глазами. Для летательных аппаратов (ЛА), которые могут действовать на малых высотах, целесообразно выводить на НСЦИ изображение от тепловизионной обзорной системы или синтезированное изображение рельефа местности. В этом случае летчик сохраняет визуальный контроль над пилотажной обстановкой ночью и в условиях плохой видимости [1].

НСЦИ можно рассматривать как органическое соединение системы позиционирования (СП) и системы индикации (СИ). СП предназначена для слежения за шлемом летчика путем определения положения нашлемного модуля НСЦИ в системе координат ЛА. СИ обеспечивает предъявление летчику визуальной информации на фоне внешней обстановки [2].

Разработанные НСЦИ для боевых самолетов (НСЦИ-С) и вертолетов (НСЦИ-В) обеспечивают формирование и представление летчику изображения прицельной, пилотажной и навигационной символической информации, а также растрового изображения от бортовых оптико-электронных систем с одновременным определением и выдачей в бортовой комплекс координат положения шлема в пространстве кабины летательного аппарата для осуществления целеуказания и прицеливания.

Конструктивно НСЦИ разделяется на устройства, размещаемые на шлеме и устройства, расположенные в кабине и в отсеках ЛА. НСЦИ состоит из защитного шлема летчика (ЗШ), модуля нашлемного (МН), датчиков позиционирования (ДП1, ДП2), блока электронного (БЭ), узла опорного (УО) и пульта управления (ПУ).



Структурная схема НСЦИ

МН содержит два канала индикации на защитном щитке для левого и правого глаза. В кожух МН вмонтированы реперные светодиоды. ДП1 и ДП2 установлены в кабине таким образом, что каждый из них воспринимает излучение реперных светодиодов в своей зоне обзора. БЭ управляет зажиганием реперных светодиодов, обрабатывает информацию от ДП и обеспечивает вычисление угловых координат шлема в системе координат объекта [3].

Видеосигналы от бортовых сенсоров поступают в БЭ по цифровым оптическим каналам ARINC 818. БЭ реализует функции приема и цифровой обработки видеосигнала, преобразования формата изображения и сопряжения с нашлемным индикатором, формирования символьной и графической информации, наложения графической информации на видеоизображение, вычисления углов позиционирования, сопряжения с комплексом БРЭО по каналам МКИО либо ARINC 429.

ПУ служит для оперативного управления режимами работы НСЦИ и регулировки яркости и контрастности изображения. ОУ представляет собой коллиматор, проецирующий юстировочное перекрестие во время проведения процедуры начальной установки НСЦИ.

Разработка НСЦИ потребовала решения целого ряда сложных технических и технологических проблем, в числе которых создание малогабаритных бинокулярных оптических узлов нашлемной индикации, высокоточной системы позиционирования, высокопроизводительных процессоров обработки данных.

Передовая технологии создания крупных асферических оптических элементов позволила реализовать проецирование изображения посредством защитного щитка шлема, что радикально улучшает эргономические свойства НСЦИ.

Освоение технологии изготовления деталей из композиционных материалов позволило облегчить конструкцию нашлемного модуля и одновременно достичь необходимой прочности и жесткости.

Значительную роль играет эргономика нашлемной системы, ее восприятие летчиком с учетом индивидуальных особенностей зрения и формы головы. Макеты и опытные образцы НСЦИ прошли эргономические исследования и испытания с участием летного состава, получено

предварительное эргономическое заключение. Новый легкий и прочный летный шлем, разработанный специально для НСЦИ, обеспечивает необходимую безопасность и комфорт летного состава, что было подтверждено соответствующими испытаниями.

Литература

1. Балашов О.Е., Степашкин А.И. Нашлемная система обзора и целеуказания. //Вестник РГРТУ. – 2011, № 4 (Выпуск 38) – с. 40-44.
2. Костяшкин Л.Н., Павлов О.В., Трофимов Д.В., Иванов В.П., Балоев В.А., Денисов И.Г. Российская НСЦИ для вертолетов. //Аэрокосмическое обозрение. – 2010, № 4. – с. 16-24.
3. Костяшкин Л.Н., Павлов О.В., Трофимов Д.В. Проблемные аспекты разработки нашлемных систем целеуказания и индикации для вертолетов. //Мехатроника, автоматизация, управление. – 2009, №3. – с.57-63.

ЛАЗЕРНО-ТЕЛЕВИЗИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ ВЕРТОЛЕТА В СЛОЖНЫХ МЕТЕОУСЛОВИЯХ

*Брондз Д.С., Воробьев Д.В., Гребенщиков В.П., Горбачев К.Б., Каргаев А.Л.
ФГУП «ОКТБ «ОМЕГА», г. Великий Новгород*

Вопросы безопасности полетов вертолетов на малой высоте в ночных условиях и в условиях плохой видимости всегда имели первостепенное значение.

Основными препятствиями, представляющими наибольшую опасность при полете вертолета на малой высоте являются:

- провода и опоры линий электропередач (ЛЭП);
- высокие дымовые трубы, мачты, башни и отдельно стоящие деревья, которые достаточно плохо обнаруживаются при визуальном наблюдении в ночных условиях и в условиях недостаточной видимости (дождь, туман, задымленность и сильная запыленность).

Следовательно особенно актуальной становится задача создания системы, позволяющей визуализировать препятствия и предупредить экипаж вертолета об опасном приближении к ним при полетах на малой высоте.

Лазерно-телевизионная система (ЛТС) обеспечения безопасности выполнения полетов на малых высотах и предупреждения столкновений с препятствиями перспективного скоростного вертолета предназначена для круглосуточного обзора экипажем вертолета закабинного пространства передней полусферы, обнаружения препятствий мешающих пилотированию и обеспечивает обнаружение и наблюдение объектов таких как провода и опоры линий электропередач, дымовые трубы, мачты и другие высокие объекты в условиях низкой освещенности и недостаточной видимости (дождь, туман, задымленность и сильная запыленность).

ЛТС состоит из телевизионной системы видимого диапазона, тепловизионной системы и лазерно-локационного канала.

Лазерно-локационный канал (ЛЛК) представляет собой канал с импульсной лазерной подсветкой и пространственным выделением объектов и относится к активным системам видения, предназначенным для наблюдения объектов в ночных условиях, а также в условиях тумана, задымленности и сильной запыленности. ЛЛК обеспечивает обнаружение и визуализацию объектов, таких как провода и опоры линий электропередач, дымовые трубы, мачты и другие высокие объекты в условиях ограниченной видимости, т.е. когда невозможно получить удовлетворительное изображение объектов с помощью приборов ночного видения или низкоуровневой телевизионной камеры.

ЛЛК состоит из передающего канала, включающего в себя лазерный излучатель с оптической системой, формирующий короткие импульсы лазерного излучения (импульсный лазер), и приемного канала, состоящего из быстродействующего фотоприемного устройства, усилителя сигнала, аналого-цифрового преобразователя и устройств, обеспечивающих необходимый режим работы фотоприемника (преобразователь оптико-цифровой) и оптической системы. Лазерный импульсный источник света совместно с формирующей оптикой используется для создания импульсной подсветки окружающего пространства. Фотоприемник с объективом предназначен для приема отраженного от объекта лазерного излучения.

Сканирование пространства осуществляется с помощью системы сканирования, отклоняющей лазерный луч передающего канала и приемный канал излучения. После получения отраженного импульса приемник излучения производит последовательный прием импульсов от окружающего пространства за счет развертки лазерного луча и приемной оптики в пространстве, за счет стробирования. Осуществляя последовательный прием ряда отраженных от окружающего пространства импульсов света, система получает ряд сигналов по дальности (дальностный портрет), при этом осуществляется точное измерение дальности до каждого объекта, отразившего лазерный луч.

Далее в устройстве обработки сигнала осуществляется обработка всех принятых сигналов и формируется видеоизображение окружающего пространства. Используя цветовую окраску можно наиболее близкие, а следовательно и наиболее опасные объекты, окрасить в красный цвет, а наиболее дальние не представляющие опасность в зеленый.

Внешний вид изделия представлен на рис. 1



Внешний вид ЛТС.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ СВЕТ-СИГНАЛ В ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИСТЕМАХ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В АВИАЦИИ

*Брондз Д.С., Гребеничиков В.П., Каргаев А.Л.
ФГУП «ОКТБ «ОМЕГА», г. Великий Новгород*

Базовый элемент телевизионной системы, определяющий ряд основных параметров изделия, это преобразователь свет – сигнал.

Выбор преобразователя определяется техническими требованиями на изделие.

Как правило, основными характеристиками для преобразователя свет – сигнал (матрицы) являются чувствительность, размеры пикселя, формат, а также допустимая частота кадров.

Выбор матрицы часто сопряжен с балансированием между значениями нескольких параметров, особенно это касается размера пикселя и динамического диапазона сигнала.

Практика показала, что оптимальным балансом в выборе между размером пикселя и динамическим диапазоном сигнала является размер пикселя 4-6 микрон. При таком размере динамический диапазон качественных матриц достигает 60 – 66 дБ, чего в сочетании с регулировкой длительности экспозиции хватает для выполнения требований большинства заказчиков.

Разница в технологии изготовления (ПЗС, КМОП) также влияет на выбор, но, как правило, он жестко определяется параметрами ТЗ. Если требуется высокая частота кадров, низкое потребление и габариты – выбор за КМОП, а если требуются предельно возможная чувствительность – ПЗС.

Некоторые матрицы, используемые в изделиях ОКТБ ОМЕГА, представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Фирма	Название	Способ считывания	Формат, пиксель	Пиксель, мкм	Диагональ, мм	Частота кадров (fps)
Truesense	KAI-1020	GS	1000 x 1000	7.4	10.5	50
	KAI-16000	GS	4872 x 3248	7.4	43.3	2
E2V	CCD230-42	FF	4096 x 2048	15.0	69.5	2
	CCD230-84	FF	4096 x 4096	15.0	86.9	1
	EV76C661	GS	1280 x 1024	5.3	8.7	60
	CCD201	FT	1024 x 1024	13	18.8	10
	CCD97	FT	512 x 512	16	11.6	25
Fairchild	CCD5045	FF	4096 x 96	13	-	-
OnSemi	VITA25K	GS	5120 x 5120	4,5	32,6	53
	LUPA-1300	GS	1280 x 1024	14	17.9	500
CMOSIS	CMV4000	GS	4096 x 3072	5,5	27,5	300 (10 бит) 180 (12 бит)
SONY	ICX429	GS	752 x 582	8.6 x 8.3	8	25

Современные преобразователи свет-сигнал позволяют решить самые сложные задачи, которые ставит заказчик перед оптико-электронными средствами.

МЕТОДЫ РАСЧЁТА ПРЕДЕЛЬНОЙ ДАЛЬНОСТИ, РЕГИСТРИРУЕМОЙ ЛАЗЕРНЫМ ДАЛЬНОМЕРОМ

Павлов Д. В., Лукин К. Г., Соколов О.В.

ЗАО «ЭЛСИ» г. Великий Новгород,

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого

Представлена методика расчёта предельной дальности, регистрируемой лазерным дальномером. Лазерный дальномер входит в состав многоспектральной гиросtabilизированной оптико-электронной системы (МОЭС), которую производит ЗАО «ЭЛСИ» г. Великий Новгород.

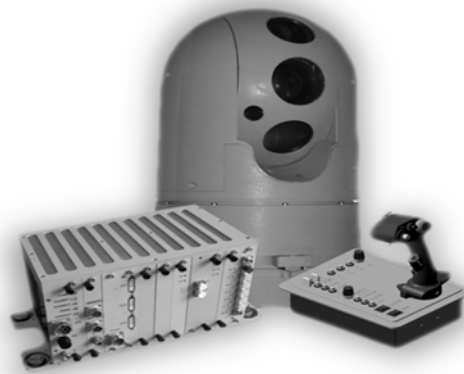


Рисунок 1 – многоспектральная гиросtabilизированная оптико-электронная система

Предельная дальность, регистрируемая лазерным дальномером [1], определяется параметрами излучателя и приёмника, свойствами объекта и атмосферным трактом. На рисунке 2 показано прохождение луча излучателя через атмосферный тракт.

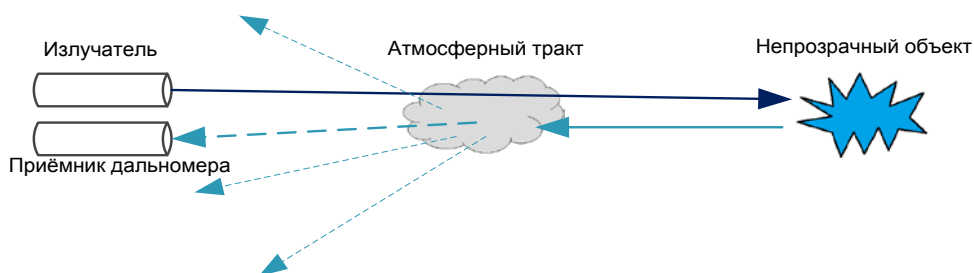


Рисунок 2 – принцип распространения лазерного излучения через атмосферный тракт.

Аналитически предельная дальность лазерного дальномера вычисляется из локационного уравнения (1)

$$\Phi = \frac{\rho \cdot E_0 \cdot D_0^2 \cdot \psi \cdot \tau_{\text{кол}} \cdot \tau_{\text{пр}} \cdot \sigma^2 \cdot \delta_1 \cdot \delta_0 \cdot \cos(\beta_0) \cdot \cos(\gamma_0)}{(X \cdot 1000)^2 \cdot \tau_0} \cdot \left[1 - e^{\frac{-6,44 \cdot z^2}{\gamma^2 \cdot (X \cdot 1000)^2}} \right]$$

(1)

Локационное уравнение (1) применимо для непрозрачных объектов круглой формы. Нашу оптическую модель можно применять и для объектов прямоугольной формы. В этом случае предельная дальность вычисляется из модифицированной локационной формулы (2)

(2)

где $\mathbf{F}(\mathbf{a}, \mathbf{b}, \gamma, X, \theta)$ – функция, зависящая от размера сторон прямоугольника. Также в ней учтено возможное смещение оси лазерного луча от центра прямоугольника θ .

На основе данных оптических моделей создана программа для расчёта предельной дальности лазерного дальномера. На данную программу получено свидетельство [2].

Литература

1. S. Kruarrech, J. Widjaja./ Optics & Laser Technology, p. 749–754. 2010 y.
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014614858 Программный модуль расчета предельной дальности, измеряемой лазерным дальномером от 20 июня 2014 г.

ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ РЕГИСТРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КООРДИНАТ УДАЛЕННОГО ОБЪЕКТА ДЛЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

*Солдатенков В. А., Грузевич Ю. К., Ачильдиев В. М.,
Левкович А. Д., Зорин А. П.
ОАО «НПО Геофизика–НВ», г. Москва*

Задача разработки методов автоматизированного определения координат объекта, решаемая комплексом, становится актуальной в связи с участвовавшими случаями нарушения морских границ России и случаев браконьерства в территориальных водах, поскольку доказать факт нарушения Государственной границы зачастую невозможно, так как нарушитель отрицает факт нарушения границы и для доказательства необходимо документально зафиксировать его изображения с его географическими координатами, записанными на изображении объекта, т.к. в соответствии с российским и зарубежным законодательством не допускается обработка зарегистрированной фото или видеосъемки после ее создания. Таким образом, координатную информацию необходимо записать на изображение объекта непосредственно во время его съемки. В состав комплекса входят устройство регистрации изображения, лазерный дальномер, инерциально-спутниковая навигационная система и модуль обработки информации на базе одноплатного компьютера. При этом, в зависимости от режимов эксплуатации комплекса, разработаны различные способы определения координат объекта.

Принцип действия комплекса основан на обработке данных от навигационной системы и лазерного дальномера, а исходными данными для вычисления координат объекта являются географические координаты летательного аппарата, угловая ориентация оптической оси комплекса и дальность до объекта (или высота расположения объекта). В разработанном опытно-образце комплекса используется малогабаритная инерциально-спутниковая навигационная система на базе микромеханических гироскопов и акселерометров. При проведении летных испытаний опытно-образца погрешность определения координат объекта наблюдения при дальности до

объекта 510 м составила $0,0003^\circ$ по широте и $0,0006^\circ$ по долготе. Линейная погрешность, соответствующая этим величинам, составляет 33 м по широте и 36 м по долготе.

ПИЛОТАЖНЫЕ ОЧКИ ТРЕТЬЕГО ПОКОЛЕНИЯ С ВВОДОМ ИНФОРМАЦИИ И ЦЕЛЕУКАЗАНИЕМ

Солдатенков В. А., Беликова В. Н., Грузевич Ю. К., Поздняков В. В.,

Ачильдиев В. М., Евсеева Ю. Н., Альков П. С.

ОАО «НПО Геофизика–НВ», г. Москва

Пилотажные очки ночного видения на основе ЭОП третьего поколения с вводом информации и целеуказанием относятся к нашлемным системам целеуказания и индикации (НСЦИ) и являются обязательным компонентом бортовой аппаратуры самолетов и вертолетов. Нашлемная система ориентации (НСО), входящая в состав НСЦИ и работающая совместно с системой индикации, предназначена для автоматического определения угловых координат линии визирования летчика по угловому положению его защитного шлема в связанной строительной системе координат летательного аппарата и выдачи этих угловых значений в бортовой комплекс радиоэлектронного оборудования летательного аппарата. Управление летательным аппаратом (ЛА) в условиях сумеречного или ночного освещения обеспечивается применением очков ночного видения (ОНВ). Для отображения пилотажной информации, в правый окуляр ОНВ интегрирована малогабаритная система индикации пилотажно-навигационной информации на основе OLED микродисплея.

В качестве конструктивной платформы нашлемной части экспериментального образца приняты очки ночного видения, серийно выпускаемого ОАО «НПО Геофизика-НВ», ГЕО-ОНВ-1-01. В ходе создания образца разработаны новый входной объектив ОНВ, окуляры левого и правого каналов, а также модуль ввода в угловое поле ОНВ дополнительного изображения. Разработка блока формирования изображения на основе серийно выпускаемого одноплатного компьютера позволяет избежать затрат на разработку и создание специализированной системы на основе программируемых логических матриц (ПЛМ) или микроконтроллеров (МК).

Для целеуказания используется гибридная НСО на основе оптико-электронной системы ориентации (ОЭСО) и микромеханического бесплатформенного инерциального блока (МБИБ). Использование МБИБ позволяет расширить рабочий диапазон измерения угловых координат и повысить помехоустойчивость системы, сохраняя при этом высокую точность во всем диапазоне, быстродействие и малые массово-габаритные характеристики. Лабораторные испытания макета НСО показали, что погрешность (3σ) определения углов места и крена равна $0,1^\circ$, а угла курса $0,3^\circ$.

ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НА СПЕКТРАЛЬНЫЙ ДИАПАЗОН 0,95-1,65 МКМ С ФОТОКАТОДОМ НА ОСНОВЕ БАРЬЕРА ШОТТКИ

*Грузевич Ю. К., Гордиенко Ю.Н., Балясный Л.М., Голубев А.А., Ваценко П.И.,
Ветров С.А., Альков П. С.*

ОАО «НПО Геофизика–НВ», г. Москва

Первые работы по созданию фотокатодов, чувствительных в диапазоне 0,9 - 1,7 мкм появились еще в 70-е - 80-е годы прошлого столетия. В настоящее время наилучшие результаты по разработке и созданию ЭОП достигнуты фирмой Intevac (США). Особенностью такой структуры является то, что фотокатод механически закрепляется на входном окне, и падающий поток излучения попадает в поглощающий слой через массивную подложку (□ 350 мкм) и переходный слой InP, поглощение в которых уменьшает эффективность работы ЭОП.

В настоящей работе приведены результаты создания ЭОП с аналогичным фотокатодом на основе инверсной структуры, термокомпрессионно соединенной с входным окном, что позволяет обойтись без массивной подложки и уменьшить потери падающего излучения.

Для длинноволнового фотокатода на основе соединения InGaAs, выращенного на подложке InP, была отработана совершенно иная конструкция полупроводниковой структуры.

Такая структура обеспечивает изготовление фотокатодного узла по серийной технологии ЭОП III поколения методом термокомпрессионного соединения со стеклом входного окна вакуумного усилителя излучения. Материал входного окна подобран с коэффициентом температурного расширения (КТР), который близок с КТР InP.

С фотокатодным узлом такого типа изготовлены трубки, на оборудовании для производства ЭОП III поколения. Достигнутый квантовый выход на длине волны $\lambda = 1,54$ мкм, составил $> 2\%$.

ИНДИКАТОРЫ КОЛЛИМАТОРНОГО ТИПА В СРЕДСТВАХ УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСОВ АВИОНИКИ И АВТОБАЗИРОВАНИЯ

Багдасаров А.А.

ОАО «Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова»

Багдасарова О.В.

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики*

В современном мире ведущие фирмы-производители авионики и автомобильной техники уже длительное время решают проблему доставки вторичной информации пилоту непосредственно в поле его зрения при

наблюдении обстановки. Для этой цели служат кабинные индикаторы коллиматорного типа (в англоязычной литературе HUD или *Head-up-Display*, то есть дисплей, в который смотрят с поднятой головой, не опуская взгляд на приборную панель).

Появление цифровой техники, в частности матричных источников сгенерированного оптического излучения, создало перспективные предпосылки применения последних в системах HUD, и замены электромеханических волоконно-оптических линий передачи изображений с разных датчиков в фокальную плоскость проекционной оптической системы, коллимирующей их в пространство наблюдения, генератором изображений с LCD (*Liquid Crystal Display*) (или иной)-матрицей на выходе.

В докладе рассмотрены особенности работы проекционных оптических систем коллиматорного типа отображения вторичной информации, сформулированы и систематизированы композиционные и технические требования к системам в целом и к составляющим их элементам. Проиллюстрирована возможность расчёта оптики кабинных систем HUD с использованием электронной компенсации дисторсии.

ПАНОРАМНЫЕ СИСТЕМЫ КРУГОВОГО ОБЗОРА В УСТРОЙСТВАХ ОТОБРАЖЕНИЯ ВТОРИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ КОМПЛЕКСОВ АВИОНИКИ И АВТОБАЗИРОВАНИЯ

Архипова Л.Н., Багдасаров А.А.

ОАО «Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова»

Багдасарова О.В.

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики*

Тенденции и направления повсеместно прогрессирующего развития систем HUD (*Head-up-Display*) с использованием электронной компенсации искажений форм и размеров воспроизводимых ими оптических изображений исходных данных с экранов генераторов изображений, а также анализ разработок панорамных оптических систем кругового обзора, позволяют сделать вывод о возможности и целесообразности проекции в поле зрения пилота (водителя, оператора), наряду с другими служебными опциями, вторичной информации об окружающем пространстве в пределах 360° по азимуту, а по углу места до 90° в масштабе реального времени. Эта потребность диктуется условиями всевозрастающих требований к маневренности, информационной насыщенности, качеству процесса управления летательными аппаратами, транспортными средствами и т.п.

В докладе рассмотрены типы панорамных систем, особенности их работы, некоторые композиционные решения, выделены те направления, которые наиболее полно удовлетворяют условиям работы в комплексах с системами HUD для решения сформулированной выше задачи. Приведены результаты собственных исследований и разработок.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ 4D ФОНО-ЦЕЛЕВЫХ СЮЖЕТОВ, НАБЛЮДАЕМЫХ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫМИ СИСТЕМАМИ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Филиппов В.Л., Тиранов Д.Т., Гусева А.А., Яцык В.С.

ОАО «НПО «Государственный институт прикладной оптики», г. Казань

Вопросы обеспечения технико-экономической эффективности процесса создания или модернизации оптико-электронных систем (ОЭС), размещаемых на наземных и авиационных носителях, предусматривают применение технологий моделирования на стадиях разработки и обоснования технических требований к изделию, эскизного и технического проектирования и, наконец, при анализе возможностей ОЭС в различных погодных условиях и режимах их работы [1, 2].

Представленная работа знакомит с опытом создания изображений типовых 3D сцен в поле зрения ОЭС [1], в которых с достижимой в настоящее время адекватностью передаются яркостные параметры каждого из элементов в соответствующей области длин волн, т.е. реализуется 4D моделирование фоно-целевых сюжетов.

При этом изменяемыми входными параметрами являются не только пространственная структура фона и наблюдаемых объектов, пространственное положение моделируемой сцены, погодные условия, но и эволюция (во времени) – перемещение объектов и носителя ОЭС [1, 3].

Исходные данные, необходимые для математического моделирования яркостных изображений сцен, задаются по известным методикам и разработанным программам [1] с помощью рельефа фоновых образований, детальными чертежами находящихся в поле зрения объектов, оптических параметров поверхностей, траекторий и скоростей перемещений, а также относительного расположения объектов и носителя ОЭС, атмосферных условий.

Результаты разработки специализированного программно-методического продукта (ПП), который позволяет решить задачи математического и полуфизического моделирования яркостных изображений объектов в верхней полусфере на фоне ясной и разорванной облачности, а также наземных картографических сюжетов, включающие в себя населенные пункты с объектами инфраструктуры, технику и ландшафт, демонстрируются типовыми реализациями.

Литература

1. Филиппов В.Л., Яцык В.С. и др. Введение в проблему практической реализации технологии имитационного моделирования оптико-электронных систем, работающих в атмосфере на произвольно ориентированных трассах // Оборонная техника, № 1-2, 2014 г., стр 51-61

2. Торшина И.П. Компьютерное моделирование оптико-электронных систем первичной обработки информации // М.: Университетская книга, Логос, 2009 – 248 стр.

3. Тиранов Д.Т., Гусева А. А., Филиппов В.Л. Моделирование оптических изображений летательных аппаратов с учетом их полетных эволюций // Оборонная техника, № 1-2, 2014 г., стр. 62-68

НАШЛЕМНАЯ СИСТЕМА ИНДИКАЦИИ

Козлов А.В., Денисов И.Г., Шарифуллина Д.Н.

ОАО «НПО «Государственный институт прикладной оптики», г.Казань

В настоящий момент нашлемные системы индикации (НСИ) являются неотъемлемой частью интегрированных систем целеуказания и наведения оружия в сложных полетных условиях. С введением каналов технического зрения, в том числе инфракрасных с выводом изображения на НСИ, возможности операций в ночных условиях во многом приблизились к возможностям дневных операций [1-3]. Сейчас такие системы серийно выпускаются рядом зарубежных производителей, таких как Thales (USA), VSI (USA), BAE Systems (UK). Таким образом, разработка в России современной эргономичной НСИ на уровне, не уступающем современным зарубежным системам, является актуальной задачей.

Впервые в России в ОАО «НПО ГИПО» разработана конструкция и изготовлены опытные образцы НСИ в соответствии с современными мировыми тенденциями (рисунок 1). В основу конструкции положена внеосевая оптическая схема с цельным бинокулярным комбинером, выполненным из оптического полимера методом литьевого прессования. Такая конструкция, с одной стороны, обеспечивает эффективную адаптацию НСИ шлема к широким диапазонам изменения антропологических характеристик головы и глаз человека, с другой стороны, позволяет создавать целую гамму систем индикации различного назначения. В результате получилась НСИ очень близкая по конструкции и достигнутым характеристикам к современным зарубежным аналогам.

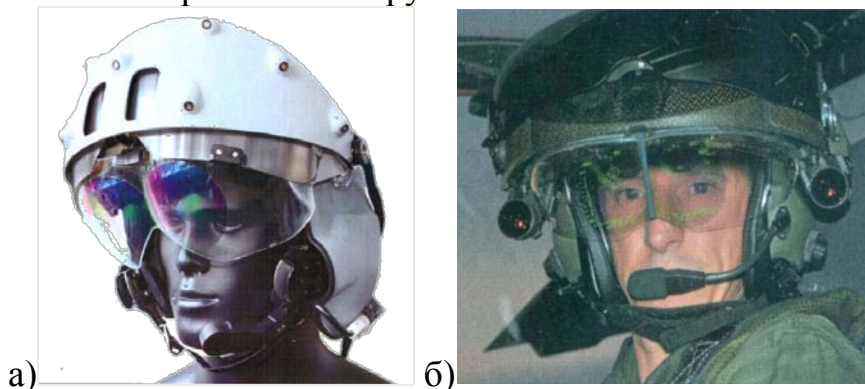


Рисунок 1. Фотографии: а) НСИ ОАО «НПО «ГИПО», установленной на шлеме НКЦ ВКТ ОАО «ГРПЗ»; б) TopOwl фирмы Thales.

Реализация предъявляемых требований стала возможной благодаря отработке технологии изготовления оптического и солнцезащитного щитков методом литьевого прессования из оптического полимера, что также в России сделано впервые.

Для данной системы были разработаны специальные покрытия для полимерных оптических щитков, обеспечивающие комфортное считывание знако-графической информации на фоне наблюдаемого на просвет окружающего пространства, в том числе в яркий солнечный день (при введении солнцезащитного щитка).

В данной работе рассматриваются основные вопросы разработки, технологии изготовления и контроля характеристик полученной системы.

1. Military Avionics Systems Ian Moir and Allan G. Seabridge, 2006, John Wiley & Sons, Ltd. ISBN: 0-470-01632-9, p. 434.
2. Ozan Cakmakci, Jannick Rolland, Head-Worn Displays: A Review // JOURNAL OF DISPLAY TECHNOLOGY, VOL. 2, NO. 3, SEPTEMBER 2006.
3. Ashok Sisodia, Andrew Riser, Michael Bayer, James P. McGuire Advanced Helmet Mounted Display (AHMD) for simulator applications // Proc. SPIE 6224, Helmet- and Head-Mounted Displays XI: Technologies and Applications, 62240O (May 18, 2006); doi:10.1117/12.666350

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ЦЕЛИ В ИК– ДИАПАЗОНЕ

Демин А.В., – Университет ИТМО

Лосев С.В. - ОАО «ЛОМО»

При реальном ограничении на порог чувствительности приемника возможно два пути повышения обнаружительной эффективности тепlopеленгатора это либо за счет увеличения физической светосилы, либо за счет реализации адаптивной схемы обработки оптической информации. Увеличение физической светосилы фактически приводит к изменению массогабаритных параметров тепlopеленгатора, а реализация в обнаружителе адаптивной обработки оптической информации может быть выполнена без изменения физической светосилы. [1,2]

Цель работы заключается в построении адаптивной схемы управления коэффициентом правдоподобия в обнаружителе на основе редуцированной характеристической функции спектрально- характеристической модели ЛА.

Определим спектрально- характеристическую модель ЛА $G(\Theta)$ как зависимость силы излучения, спектрального диапазона излучения, температуры тела ЛА, скорости полета и координаты его центра тяжести и симметрии энергетической светимости.

Если корректировать значения коэффициентов риска $C_{00}, C_{10}, C_{11}, C_{01}$ согласно заложенной априорной прогнозной функции $G(\Theta)$ в процессе работы обнаружителя, то достоверность принимаемого решения об обнаружении при

реальном отношении «сигнал/шум» на входе обнаружителя будет выше, чем без коррекции, что равносильно повышению обнаружительной эффективности тепловизора в режимах IRST или FLIR. Пример функций изображен на рис. 1.

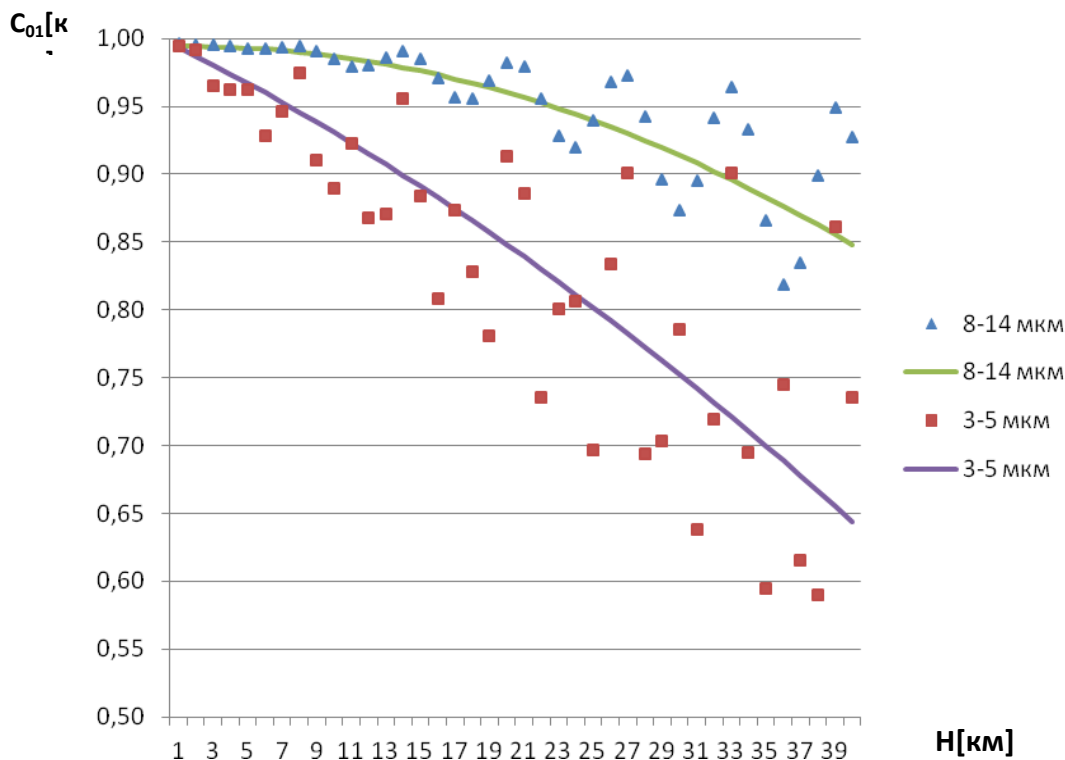


Рис.1 Зависимость коэффициента C_{01} для спектральных диапазонов 3-5 [мкм] и 8-14 [мкм].

Литература

1. А.В. Демин, С.И. Жуков, Алгоритм пассивного детектирования высокоскоростных объектов, Изд.: Международный конгресс по интеллектуальным системам и информационным технологиям, Геленджик 2013г.
2. М.В. Мурашов, С.Д. Панин., Распознавание объектов в инфракрасном диапазоне / Учеб. пособие – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2008 г.

ТЕЛЕСКОП ДЗЗ ДЛЯ МИКРОСПУТНИКОВ

Демин А.В., – Университет ИТМО

*Данилов В.А., Сокольский М.Н., Ковалев И.А., Никитина В.М.
ОАО «ЛОМО»*

В докладе представлены результаты разработки экспериментального образца бортового мультиспектрального комплекса оптико-электронного тракта для микроспутников нового поколения с повышенным сроком активного существования в части оптико-электронной системы. Комплекс предназначен для формирования изображений заданных объектов (участков) земной поверхности в видимом и ближнем ИК - диапазонах

электромагнитного спектра, их преобразования в цифровую форму (с возможностью бортовой обработки и сжатия информации) и отправки на бортовую аппаратуру радиолинии передачи информации для последующего отправления целевой информации по радиоканалу, как в темпе её поступления, так и в режиме запоминания на наземных пунктах её приёма.

Основные параметры приведены в таблице:

Наименование параметра	Значение
Оптическая схема	Ричи-Кретьен
Диаметр входного зрачка объектива, мм	200
Фокусное расстояние, мм	2000
Угловое поле в пространстве предметов	4°
Спектральный диапазон работы в ПхР канале, мкм	0,48 – 0,9
Спектральные диапазоны работы в МзР каналах, мкм	0,48 – 0,52; 0,54 – 0,59; 0,63 – 0,69; 0,75 – 0,95
Коэффициент центрального экранирования	0,5
Коэффициент виньетирования на краю зрачка	0,01
Интегральный коэффициент пропускания в ПхР канале	0,565
Значение полихроматической ФПМ в ПхР канале на пространственной частоте 60 л/мм	в центре поля $\geq 0,26$
	на краю поля $\geq 0,25$
Количество оптических компонентов	6
Наличие асферических поверхностей	2
Относительная длина схемы, мм	560
Масса оптического модуля, кг	3

ТЕПЛОПЕЛЕНГАТОР ДЛЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Демин А.В. – Университет ИТМО

Ковалев И.А. – ОАО «ЛОМО»

Никитина В.М. - ОАО «ЛОМО»

Гордеев Д.М. – ООО «АвтоВизус»

В докладе приведены результаты работы коллектива кафедры ОЦСиТ (базовая кафедра Университета ИТМО) и бюро перспективных разработок ОАО «ЛОМО» по созданию теплопеленгатора для обнаружения и пеленгации высокоскоростных объектов.

Теплопеленгаторы относятся к классу пассивных оптико-электронных систем (ОЭС_{ТП}), осуществляющих в инфракрасном диапазоне спектра излучения решение задачи «вскрытия» (обнаружения, идентификации и пеленгации) путем выявления искомого объекта на фоне помех в соответствии с выбранной совокупностью критериев.

Одной из основных характеристик ОЭС_{ТП} является дальность, на которой может быть реализована процедура «вскрытия» объекта на фоне помех с требуемой вероятностью и достоверностью, определяемая параметрами приёмника излучения и объектива, а также конструкцией теплопеленгатора в целом. На рисунке 1 приведена укрупненная схема деления авиационного теплопеленгатора.

Лабораторные исследования в (3÷5) мкм разработанного и изготовленного макетного образца ОЭС_{ТП} показали возможность создания авиационного теплопеленгатора с массогабаритными параметрами штатных образцов и возможностью фиксировать мощность излучения порядка ($\approx 10^{-12}$) Вт/пикс, что соответствует современным требованиям по «вскрытию» ВСЛА.

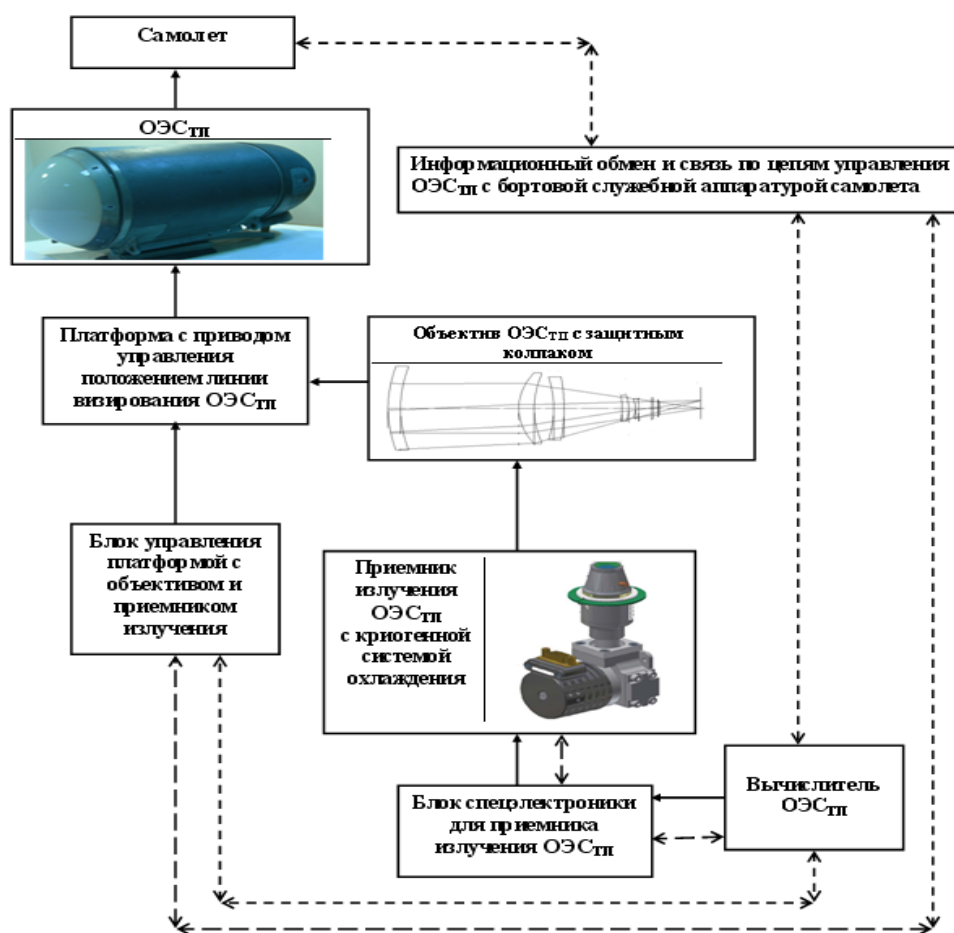


Рис.1 схема деления авиационного теплопеленгатора.

В таблице приведены итоговые результаты экспериментальных исследований.

Имитируемые параметры ВСЛА	Облучен.	Частота
----------------------------	----------	---------

Угловой размер, (угл.с.)	Линейный размер, (мм)	Мощность излучения на выходе имитатора (оценка), (Вт)	на ФПУ (расчет), (Вт/пикс)	регистрации мониторе ПК
10	0,006	6×10^{-8}	7×10^{-13}	2 из 11
15	0,009	1×10^{-7}	1×10^{-12}	7 из 11
20	0,01	2×10^{-7}	$2,5 \times 10^{-12}$	11 из 11
40	0,02	1×10^{-6}	1×10^{-11}	11 из 11
80	0,04	4×10^{-6}	5×10^{-11}	11 из 11

Список литературы.

1. Основы теплопередачи в авиационной и ракетной технике. Под ред. В.К. Кошкина, М., 1975.
2. Аэродинамическое нагревание при сверхзвуковых скоростях полета. Труды ЦАГИ, ОНТИ. 1975-2000.
3. Ллойд Дж. Системы тепловидения: Пер. с англ. / Под ред. А.И. Горячева. М.:Мир, 1978.

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ СОСТАВНЫМ ЗЕРКАЛОМ В РЕЖИМЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

*Демин А.В. - Университет ИТМО,
Ковалев И.А. - ОАО "ЛОМО"*

В докладе представлены результаты работ на кафедре ОЦСиТ (базовая Университета ИТМО при ОАО «ЛОМО») по решению теоретических и технологических проблем по созданию составных зеркал (СЗ) для высокоапертурных телескопов.

Одной из главных проблем создания СЗ является разработка методов и средств обеспечения требуемого качества изображения, как на этапе сборки СЗ, так и на этапе последующей его эксплуатации в составе телескопа.

Разработан алгоритм автоматизированной юстировки компонентов СЗ методом компарирования в соответствии с расчетами и применения современных систем приводов (гексаподы)

Процесс позиционирования зеркальных сегментов методом компарирования можно описать следующим образом:

1. Создание виртуальной базы расчетных положений зеркальных сегментов.
2. Определение текущих положений зеркальных сегментов посредством контрольного устройства.
3. Выработка сигнала управления исполнительным устройством по результату сравнения расчетного и текущего положений зеркальных сегментов посредством управляющего устройства.

4. Корректировка положения зеркальных сегментов посредством исполнительного устройства.

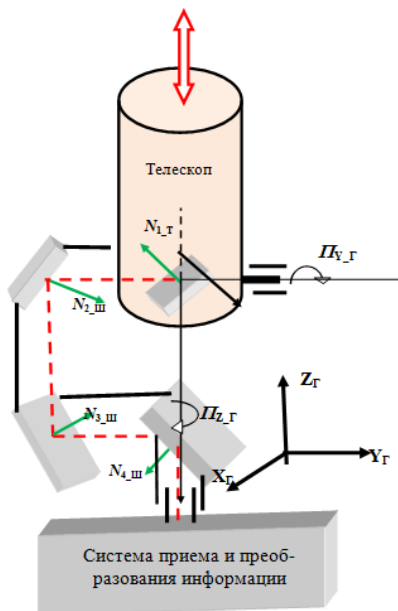
Литература:

1. *Алгоритм управления составным зеркалом в режиме эксплуатации* (статья) печ. 2014. - Т. 2, вып. Труды III Всероссийской Научной Конференции "Проблемы Военно-Прикладной Геофизики и Контроля Окружающей Среды" - С. 268-273 6/3 Ковалев И.А.Демин
2. *Use Of the Calibration Method During Multielement Surfaces Assembly On The Example Of Composite Mirrors* (статья, англ.яз.) печ. International Journal of Education and Research. - 2013. - Т. Vol. 1 No. 7. - С. 44-48, 5/2,5 Mendeleeva L.M. Demin A.V.
3. *Алгоритм компоновки составных зеркал (на примере зеркала)* (статья) печ. Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. - 2008. - № 58. - Оптехника, оптоинформатика, оптические материалы. - 6 с 6/3 Рабыш А.Ю.Демин А.В.

РАСЧЕТНОЕ И ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОГО ШАРНИРА В СИСТЕМЕ ЛАЗЕРНОЙ СВЯЗИ

*Демин А.В. – Университет ИТМО
Никитина В.М. - ОАО «ЛОМО»*

Одной из особенностей лазерных систем связи является необходимость реализации любого направления для лазерного луча при фиксированном положении системы приема и преобразования информации (СППИ). Таким образом, конструктивная связь между оптической системой, формирующей необходимую диаграмму направленности, и СППИ может быть реализована с помощью оптического шарнира с дефлектором. На рис. 1 приведено модельное представление системы связи. В СППИ расположены излучатель, приемник излучения, электронные блоки и служебные системы.



$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{A}_{Bx_СППИ} = M_{Экв_Ш} \times \vec{A}_{Bx \rightarrow T} \\ \vec{A}_{Bx_СППИ} = [0 \quad 0 \quad -1] \\ M_{Экв_Ш} = \begin{bmatrix} 1 - 2(N_{ЭквX})^2 & -2N_{ЭквX}N_{ЭквY} & -2N_{ЭквX}N_{ЭквZ} \\ -2N_{ЭквX}N_{ЭквY} & 1 - 2(N_{ЭквY})^2 & -2N_{ЭквY}N_{ЭквZ} \\ -2N_{ЭквX}N_{ЭквZ} & -2N_{ЭквY}N_{ЭквZ} & 1 - 2(N_{ЭквZ})^2 \end{bmatrix} \\ (N_{ЭквX})^2 = 0,5(1 - \cos^2 \Pi_Y - \cos \Pi_Z) \\ (N_{ЭквY})^2 = 0,5(1 - \cos \Pi_Y - \cos \Pi_Z) \\ (N_{ЭквZ})^2 = 0,5 \cos \Pi_Y \end{array} \right.$$

Рис.1 Модельное представление системы связи и формула связи между СППИ и направлением на абонента.

Список литературы.

Минаев И. В., Мордовин А.А., Шереметьев А.Г. Лазерные информационные системы космических аппаратов. – М.: Машиностроение, 1981. С. 272

ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ МАЛОГАБАРИТНЫХ СКАНЕРОВ ДЛЯ ДЗЗ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ «МЕТЕОР-М»

Завгородний Д.С.

ОАО «ЛОМО»

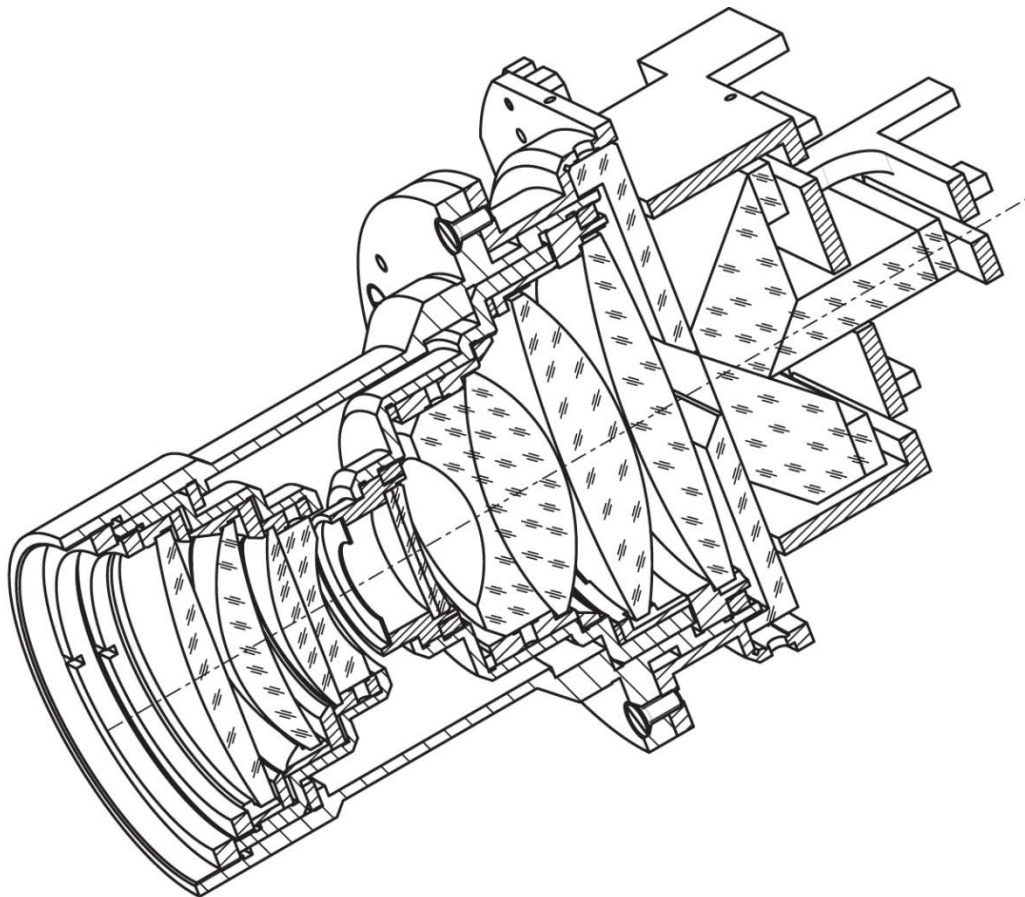
Рассматриваются оптические системы ОС-100Т, ОС-125Т и ОС-180, разрабатываемые и изготавливаемые ОАО ЛОМО по заказу ИКИ РАН, для применения в составе многозональных съемочных устройств (МСУ) среднего разрешения, входящих в состав научной аппаратуры космических аппаратов «Метеор-М» и «Метеор-МП».

Каждая оптическая система состоит из объектива с фокусным расстоянием f' , спектроделительного блока, обеспечивающего разделение полихроматического светового пучка на три спектральных канала с помощью дихроических зеркал и полосовых светофильтров, установленных на выходных окнах спектроделителя, куда присоединяются оптико-электронных приемников (ОЭП) – ПЗС-линейки или матрицы. Объективы построены по

схемам с телецентрическим ходом главных лучей в пространстве спектроделителя. Спектроделитель выполнен из склеенных призм с углами падения центральных лучей на дихроические покрытия 26° и 28° (ОС-100Т) и 45° для остальных камер.

Камеры МСУ-100Т, в состав которых входят ОС-100Т, и МСУ-100ТМ, в состав которых входят ОС-125Т (см рисунок в приложении), предназначены для эксплуатации в составе комплексов многозональной съемки (СБЗ и КМСС-2), обеспечивающих съемку поверхности земли и океана в шести спектральных каналах с разрешением на местности 60 м и полосой захвата до 1000 км.

Прибор Горизонт-МП, в состав которого входит ОС-180/4, предназначен для проведения многозональной съемки поверхности земли и океана в шести спектральных каналах с разрешением на местности 30 м в полосе 1800 км. Сверхширокая полоса захвата обеспечивается поворотным на $\pm 20,5^\circ$ зеркалом, установленным в плоскости вынесенного на 120 мм входного зрачка. Бленда между зеркалом и объективом обеспечивает подавление боковой засветки от источника света вне рабочего поля зрения – в 100 раз.



Конструкция камеры ОС-125Т

**ЦИФРОВЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ
НА ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЯ КООРДИНАТ ИЗОБРАЖЕНИЯ
МАРКИ НА СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНОЙ МАТРИЦЕ ТВ КАМЕРЫ**

*Полищук Г.С. – ОАО «ЛОМО»,
Королев А.Н. - ООО «Оптротех»*

Матрицы CMOS и CCD представляют собой двумерную решетку элементов, размеры которых выполнены с погрешностью, не превышающей тысячные доли микрометра. Количество светочувствительных элементов может составлять несколько миллионов при размерах каждого элемента и периода решетки порядка единиц микрометров. Учитывая ортогональную топологию и высокие точности таких структур, целесообразно использовать их для решения прецизионных измерительных задач. При этом различные алгоритмы преобразования массивов видеоданных обеспечивают субмикронную точность измерений [1].

Технология таких преобразований лежит в основе разработок широкого класса оптических цифровых систем для линейных и угловых измерений в приборостроении

В процессе разработок:

- разработана технология коррекции тепловой деформации светочувствительной матрицы в процессе измерений, обеспечивающая стабильность результатов измерений до ± 0.005 пиксела за длительный период измерений,

- разработана технология коррекции дисторсии оптической системы переноса изображения, обеспечивающая создание линейаризованной двумерной измерительной шкалы на базе светочувствительных элементов матрицы с погрешностью не более ± 0.005 пикселей,

- созданы оригинальные алгоритмы обработки массивов видеоданных для определения координат изображения оптической марки, обеспечивающие, в отличие от интегральных фотометрических алгоритмов, устойчивость результата измерения [2]

- сформированы требования к уровню освещения и неравномерности освещения,

- определены требования к неравномерности чувствительности светочувствительных элементов матрицы.

В приборе ОПТРО-ППС, предназначенном для измерения отклонений от прямолинейности, соосности плоскостности, изображение марки на ССД используется для решения ряда задач, в том числе,

- автофокусировки,
- измерения диаметров окружностей и их центров,
- измерения увеличения,
- измерения расстояния до марки,
- смещение центра марки относительно линии визирования.

Использованная процедура измерения с учетом усреднений по кадрам, по окружностям, по измерениям, обеспечивает СКО результата измерения центра марки на ССД камеры на уровне 0.2 мкм.

Большой интерес представляют исследования предельных возможностей измерения угла на основе определения поворота изображения измерительной марки на светочувствительной матрице ТВ камеры. ТВ камера с объективом закреплена на статоре, марка с осветителем – на роторе.

Был пройден большой путь в поиске оптимальной конфигурации марки и алгоритма обработки ее изображения. В результате выполненных исследований, достигается точность измерений с СКО 0,1 угл. сек.

Основные достоинства нашего метода измерения:

- Устойчивость к поперечным смещениям марки, в том числе к радиальному биению подшипника и к вибрациям.
- Малая стоимость по сравнению с датчиками и приборами с аналогичными метрологическими характеристиками.
- Широкий спектр применений от прецизионных измерительных приборов до технологических станков изготовления крупногабаритных деталей (зубчатые колеса, роторы генераторов и пр.).
- Бесконтактный, малогабаритный.

Литература

1. Королев А.Н., Гарцуев А.И. "Исследование точности позиционирования изображения на ПЗС матрице", Измерительная техника, май, 2004, №5, стр.20-22.
2. Королев А.Н., Гарцуев А.И., Полищук Г.С, Трегуб В.П. "Метрологические исследования и выбор формы оптической марки в цифровых измерительных системах", Оптический журнал, 2010 , т.77, №6, стр.25-27.

ВИДЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ МОДУЛЬ ВНУТРИШЛЕМНОЙ СИСТЕМЫ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

*Павлов В.Ю., Прытов А.Б., Рожков О.В., Ширанков А.Ф.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва*

Видеоинформационный модуль скафандра «Орлан-МКС» (ВИМС) позволил создать внутришлемный канал индикации и визуализировать функциональные, организационные и иные данные в виде цифровой, текстовой, графической информации, интуитивно понятных мнемонических символов, а также полутоновых изображений. Изображение ВИМС наблюдается космонавтом, когда он поднимает взгляд на выходное окно модуля. Внутришлемная компоновка значительно усложняет разработку ВИМС, т.к. его надо расположить в малой области пространства между головой космонавта и внутренней поверхностью скафандра. В этом смысле разработка ВИМС сложнее разработки оптики нашлемных индикаторных систем.



На рисунке приведен вид конструкции экспериментального образца ВИМС с компоновкой внутри скафандра «Орлан-МКС».

Большой угловой размер изображения ВИМС ($20 \times 15^\circ$) и высочайшее угловое разрешение ($\sim 30''$) создают чрезвычайно информативный видеокадр. Расстояние от зрачка глаза космонавта до изображения ВИМС составляет около 1 м и позволяет космонавту работать без аккомодационной нагрузки. Высокое качество изображения и большой диаметр выходного зрачка ВИМС обеспечивает легкость и комфортность его использования космонавтами.

КОМПАКТНЫЕ ВАРИООБЪЕКТИВЫ РАЗНЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ КАНАЛОВ

Пахомов И.И., Рожков О.В., Пискунов Д.Е., Павлов В.Ю.,
Хорохоров А.М., Ширанков А.Ф.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

В МГТУ им. Н.Э. Баумана в 1976 г. создана и много лет успешно работает научная школа "Разработка вариосистем". За эти годы теоретическая база школы неоднократно обновлялась, но основы методологии и основные этапы научной разработки вариосистем сохранились. Главные отличительные свойства школы вариосистем МГТУ им. Н.Э. Баумана – это быстрота и полнота их разработки и испытания изготовленных образцов (создается РКД на оптику, механику и электронный контроллер с интерфейсом управления вариосистемой; разрабатывается методика и аппаратура контроля изготовленного изделия). Разработанные системы отличаются большой величиной кратности перепада M увеличений, фокусного расстояния или поля зрения, малой длиной и отличным качестве оптики (в большом числе промежуточных вариоположений). Примеры разработки компактных вариообъективов видимого (ВИД) и ближнего ИК диапазона спектра (КВИК) приведены на рис. 1 - 4.

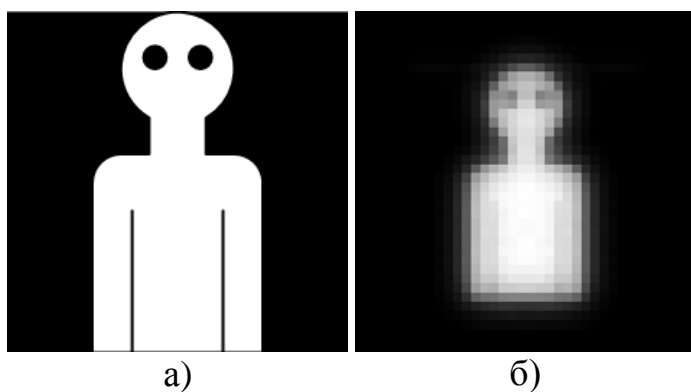


Рис.1. Тест-объект (а) и его изображение (б)

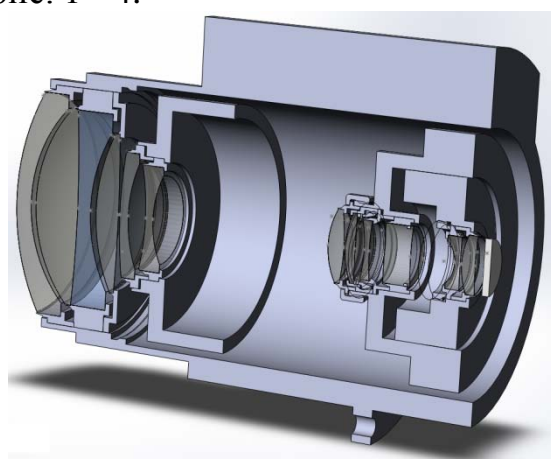


Рис. 2. Конструкция КВИК объектива

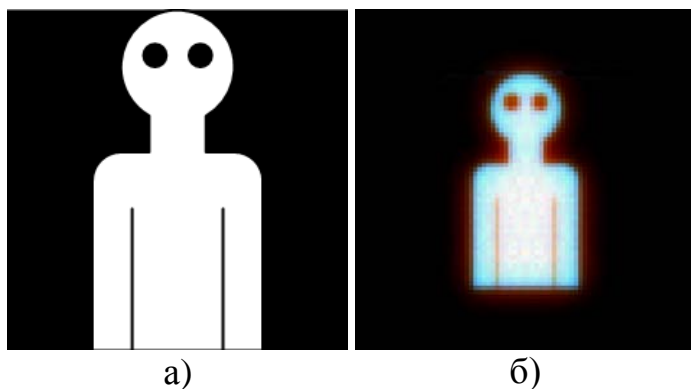


Рис.3. Тест-объект (а) и его изображение (б)

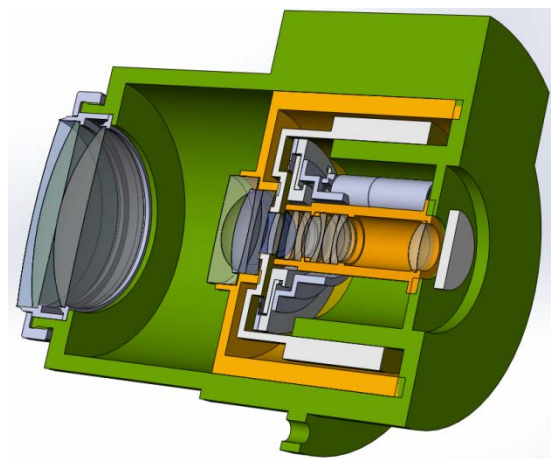


Рис. 4. Конструкция ВИД объектива

ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ФОКАЛЬНОГО ПЯТНА В ПРОСТРАНСТВЕ

*Носов П.А., Павлов В.Ю., Ширанков А.Ф.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва*

В настоящее время возникла потребность для фокусировки лазерного излучения в пятно малого размера и его перемещения в пространстве. Технические пути решения этой задачи зависят от когерентности исходного лазерного излучения. Причем они достаточно сильно разнятся для лазеров с неустойчивым или устойчивым резонатором. В первом случае формируются сферические волны, а во втором – Эрмито-Гауссовы волны.

В первом случае для решения может быть использована хорошо известная теория классической оптики. Разработана оптическая система, которая позволяет на дальности в сотни метров формировать фокальное пятно диаметром менее 100 мм и перемещать его на расстояние более 50 м. Система позволяет смещать пятно с оси на угол до 15 угл. мин. Диаметр пятна остается постоянным.

Для случая гауссова пучка фокальным пятном является выходная перетяжка пучка за лазерной оптической системой (ЛОС). ЛОС для перемещения перетяжки считается по теории лазерной оптики при постоянном значении продольного увеличения. Наиболее оптимальной структурой ЛОС является 2-х компонентная система (рис.1). Она позволяет сформировать выходную перетяжку малого размера, перемещать её вдоль оси на сотни метров и сканировать в угле до 15 угл.мин,

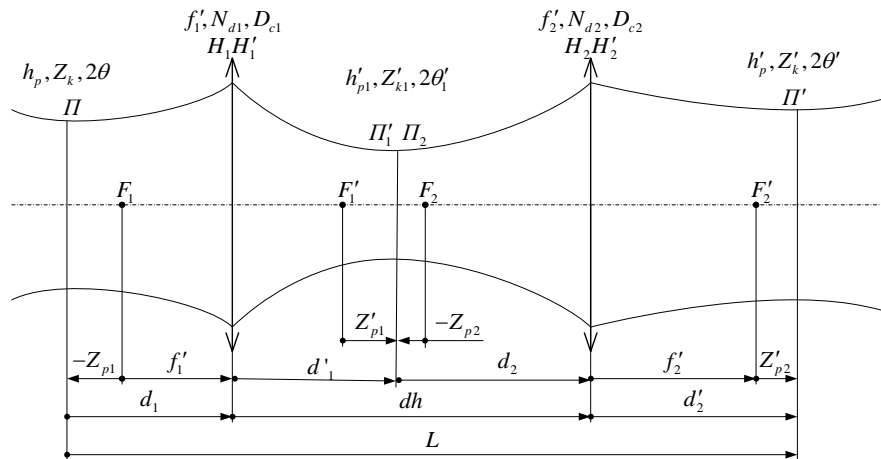


Рис.1. Прохождение лазерного пучка через двухкомпонентную ЛОС.

УВЕЛИЧЕНИЕ УГЛОВ ПОЛЯ ЗРЕНИЯ СОСТАВНОЙ ВЕБ-КАМЕРЫ МЕТОДОМ СКЛЕИВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

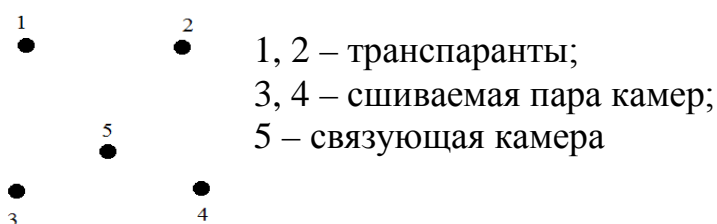
*Широков Р.И., Алехнович В.И., Ширанков А.Ф., Бутенко С. В.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва*

В системах наблюдения часто требуется увеличить поле зрения или, более того, построить панорамное изображение. В данном случае для увеличения углов поля зрения системы наблюдения предлагается использовать сшивку изображений с нескольких камер.

Привязка всех камер делается попарно. Для этого используются два транспаранта, которые представляют собой две плоские поверхности, с размещёнными на них N_p источниками излучения (ИИ). Координаты ИИ относительно системы координат (СК) транспаранта известны. При этом, ориентация одного транспаранта относительно другого определяется при помощи вспомогательной системы координат. Алгоритм привязка пары камер состоит из следующих этапов:

1. Расположение транспарантов в пространстве таким образом, чтобы один из них попадал в поле зрения одной камеры, а другой – в поле зрения второй камеры.
2. При помощи вспомогательной камеры сделать N_5 снимков обоих транспарантов с разных ракурсов. Измерить координаты точек (ИИ) транспаранта на изображении (для всех снимков).
3. Двумя камерами сделать снимки соответствующих транспарантов. Измерить координаты точек транспаранта на изображениях.
4. Повторить п.1-3 N_{1-2} раз.
5. Получаем общую систему уравнений.

Схематическое расположение объектов при юстировке:



Полученные коэффициенты M_{34} далее используются для сшивки изображений с двух камер.

Данный подход позволяет привязывать камеры друг к другу с минимальным пересечением полей обзора и даже без него, то есть без использования характерных точек изображения.

1. Z. Zhang. A flexible new technique for camera calibration. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 22(11):1330–1334, 2000.

ЮСТИРОВКА ОПТИЧЕСКИХ ЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ В СИСТЕМЕ СФЕРИЧЕСКОГО ОБЗОРА

*Широков Р.И., Алехнович В.И., Ширанков А.Ф., Бутенко С. В.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва*

Оптико-электронная локационная системы полного (сферического) обзора – многокомпонентная система наблюдения. Эта совокупность шести камер, расположенных так, чтобы обеспечивать непрерывный сферический обзор с формированием видеоизображений окружающей обстановки

Важная задача – юстировка данной многокомпонентной системы на каком-либо объекте (стационарные объекты, летательные аппараты и т.д.). После размещения всех локационных станций (ЛС) в посадочные места проводится их привязка к единой системе координат - системе координат объекта, и реализуется алгоритм формирования панорамного изображения на кубе или на сфере.

Предложено два подхода – геодезический метод юстировки и метод юстировки с помощью вспомогательной камеры.

Геодезический метод предполагает использование геодезического измерительного прибора тахеометра в качестве связующей системы координат.

Второй подход использует камеры высокого разрешения и пары транспарантов, с размещёнными на них N источниками излучения (ИИ). Ориентация одного транспаранта относительно другого определяется при помощи вспомогательной системы координат - камеры высокого разрешения. ИИ на транспарантах и на их изображениях сопоставляются, учитывая калибровочные параметры всех камер, и составляется и решается система нелинейных уравнений. В результате получаем матрицы перехода между соседними локационными станциями и можно привязать все ЛС к заранее выбранной базовой ЛС.

1. Роджерс Д., Адамс Дж. Математические основы машинной графики. - М.: Мир, 2001. - 604 с.
2. Воеводин В.В. Вычислительные основы линейной алгебры. – М.: Наука, 1977. – 307 с.
3. Z. Zhang. A flexible new technique for camera calibration. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 22(11):1330–1334, 2000.

ПРИМЕНЕНИЕ ТРАНСФОКАЦИИ В КАНАЛАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ЦЕЛЕЙ

Вавилов С.В., Чистилин А.Ю.

ОАО «Красногорский завод им.С.А.Зверева», Московская область

Методы построения современных систем автоматического сопровождения целей авиационных оптико-электронных комплексов требуют непрерывного оптического контакта каналов технического зрения с целью.

Критерием качества работы комплекса при выполнении автоматического сопровождения одной цели является способность удерживать сопровождаемый объект в центре кадра.

В связи с взаимным перемещением в пространстве сопровождаемого объекта и носителя с оптико-электронным комплексом на борту, расстояние между ними непрерывно изменяется.

Изменение расстояния приводит к изменениям размера изображения, что связано с изменением линейных размеров поля зрения в плоскости объекта при сохранении углового поля зрения.

Компенсация данного эффекта для обеспечения беспрерывного сопровождения может быть выполнена либо оптическим методом введением трансфокатора в канал технического зрения, либо алгоритмически, методом непрерывной перезаписи эталона при увеличении размеров объекта. Для одноцелевого сопровождения предпочтителен второй вариант.

В случае многоканального сопровождения требуется постоянное присутствие в поле зрения всех сопровождаемых объектов. Это невозможно обеспечить, если линейные размеры поля зрения будут уменьшаться.

Для решения данной проблемы предлагается введение систем оптической трансфокации во все каналы технического зрения. Мгновенное значение фокуса системы трансфокации должно определяться расчетным путем с учетом параметров движения носителя, расстояния до объектов и их траекторий движения и устанавливаться автоматически без необходимости вмешательства со стороны оператора.

Технических проблем для реализации данного решения нет.

Для внедрения в изделия необходима разработка алгоритмов трансфокации и проведение испытаний на реальных объектах с оценкой удобства эксплуатации подобных систем оператором.

Целесообразность внедрения систем трансфокации подтверждается анализом эффективности применения систем с многоканальным сопровождением, выполненным в ходе НИР, проводимых ОАО КМЗ.

КОМПАКТНЫЙ ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ ЛАЗЕР С ПРЕОБРАЗОВАНИЕМ ЧАСТОТЫ ИЗЛУЧЕНИЯ

Мак А.А., Виткин В.В., Крылов А.А., Поляков В.М.
ФГАОУ НИУ ИТМО, г. Санкт-Петербург

На сегодняшний день остро стоит задача создания лидара для поиска углеводородов в атмосфере. Для поиска утечек природного газа из трубопроводов требуется высокая чувствительность (на уровне единиц ppm) и высокая производительность лидара. Ультрафиолетовый лидар работающий на принципе обратного комбинационного рассеяния это один из часто используемых путей решения задачи. Скорость работы и чувствительность лидара определяют экономическую эффективность его применения. Эти параметры обеспечиваются высокой средней мощностью источника излучения ультрафиолетового лидара – энергией импульса и частотой следования импульсов твердотельного лазера с преобразованием частоты излучения в четвертую гармонику.

Для этих задач разработан компактный Nd:YLFлазер, работающий на частоте 1,047 мкм с генератором второй гармоники на кристалле КТР и генератором четвертой гармоники на кристалле ВВО. Параметры излучения на основной гармонике следующие: энергия импульса 100 мДж, длительность импульса 15 нс, частота следования импульсов 250 Гц, диаметр пучка 5 мм, расходимость излучения составляет 2,5 мрад.

На рис. 1 представлена оптическая схема Nd:YLFлазера

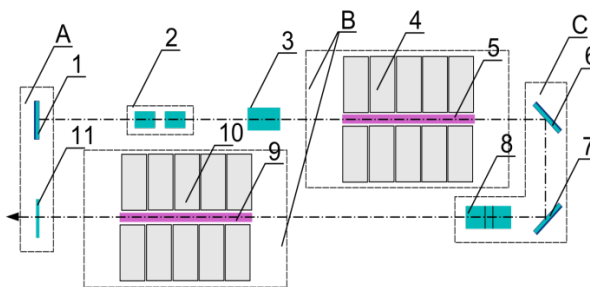


Рисунок 1 – 1 – глухое зеркало, 2 – электрооптический затвор, 3 – поляризатор, 4,10 – линейки лазерных диодов, 5,9 – активные элементы, 6, 7 – поворотные зеркала, 8 – призма Дове, 11 – выходное зеркало.

Генератор второй гармоники построен на кристалле КТР, используется синхронизм типа *ооо*, пучок твердотельного лазера фокусируется в объем кристалла. Эффективность преобразования достигается высокой плотностью мощности падающего излучения на уровне 250 МВт/см^2 , что в свою очередь, требует высокого качества кристаллов – высокой лучевой прочности и низкого поглощения на рабочих длинах волн, высокой лучевой прочности просветляющих покрытий. Получена эффективность преобразования 47%.

Генератор четвертой гармоники построен на кристалле ВВО, используется синхронизм типа *ооо*, излучение второй гармоники формируется для преобразования в четвертую гармонику при помощи аноморфотной оптической системы. На входе в кристалл ВВО излучение формируется в вытянутый эллипс, позволяющий добиться малой расходимости по большей полуоси эллипса и обеспечить согласование направления распространения излучения с направлением синхронизма в кристалле, а также уменьшить влияние эффекта сноса излучения четвертой гармоники из зоны взаимодействия с излучением второй гармоники. Концентрация света по второму направлению позволяет повысить плотность мощности излучения второй гармоники для достижения высокой эффективности преобразования. Плотность мощности излучения второй гармоники составляет 30 МВт/см². Эффективность преобразования в четвертую гармонику составляет 20%.

Лазер оснащен компактной системой жидкостно-воздушного охлаждения. Лазерные диоды накачки и активные элементы квантронов охлаждаются незамерзающей жидкостью. Из-за высокой средней мощности лазера и относительно низкой рабочей температуры линеек лазерных диодов необходимо поддерживать температуру охлаждающей жидкости ниже температуры окружающей среды, что обуславливает применение в системе охлаждения термоэлектрических модулей. Термоэлектрические модули занимают одну из внешних панелей корпуса лазера. Их холодные стороны омываются жидкостью, прокачиваемой через линейки лазерных диодов накачки и активные элементы, к горячим сторонам припаяны радиаторы с тепловыми трубами, принудительно обдуваемые окружающим воздухом.

Лазер работает при температурах окружающей среды -20°С .. +40°С, энергопотребление составляет 3,5 кВт. Габариты излучателя с системой охлаждения составляют 485×295 мм, габариты блока питания 485×250×130 мм, вес излучателя с системой охлаждения 15 кг, вес блока питания 10 кг.

ЛАЗЕРНАЯ СИСТЕМА ПОСАДКИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ «ГЛИССАДА-М»

Жуков Г.К., Свердлов М.И.

ЗАО «Глиссада», ЗАО «Кантегир», г.Саратов

Лазерная визуальная система посадки воздушных судов (ЛСП) «Глиссада-М» обеспечивает заключительный этап посадки воздушного судна (ВС), в сумерки и ночью. «Глиссада-М» - это курсоглиссадная система. Она включает три лазерных маяка, установленных в начале взлетно-посадочной

полосы (ВПП). Работа ЛСП основана на эффекте рассеяния лазерного излучения в атмосфере и на принципах проективной геометрии. Лучи лазерных маяков, направленные под определенным углом к плоскости горизонта и осевой линии ВПП, создают видимые невооруженным глазом пространственные ориентиры курса посадки и плоскости глиссады. Экипаж ВС при заходе на посадку наблюдает эти ориентиры в виде определенного визуального символа, форма которого изменяется при изменении положения ВС относительно траектории посадки. Пилотирование ВС производится по указанным ориентирам путем удержания в поле зрения летчика «посадочного» символа правильной формы.

ЛСП «Глиссада-М» изготовлена на основе полупроводниковых лазеров и имеет следующие особенности:

- предоставляет экипажу ВС информацию о курсе и глиссаде снижения, динамике отклонения ВС от траектории снижения и одновременно является надежным наземным ориентиром;
- не требует установки на борту ВС дополнительного оборудования;
- обеспечивает более высокую точность посадки, чем другие системы;
- может работать от аккумуляторов и быстро устанавливается на любой посадочной площадке;
- не требует проведения контрольных облетов при эксплуатации;
- может обеспечить посадку ВС на буровых платформах и кораблях с возможностью зависания ВС на выбранной вертикали.

РАЗРАБОТКА ОПТИЧЕСКОГО МИКРОКАБЕЛЯ ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

Корепин Д.А., Овчинникова И.А.

ОАО «ВНИИКП», г. Москва

Непрерывный рост числа и объемности задач, решаемых бортовой радиоэлектронной аппаратурой, приводит к резкому возрастанию ее функциональной сложности. Поэтому все активнее в разных областях техники осуществляется переход на волоконно-оптические системы передачи информации, обладающие практически неограниченными скоростными резервами.

Необходимость одновременного выполнения требований к бортовым оптическим кабелям по стойкости к растяжению, низкой рабочей температуре (минус 60 °С), крайне малому радиусу изгиба и нераспространению горения при наружных диаметрах кабеля (0,8-3,5) мм является сложнейшей задачей, что делает разрабатываемые в ОАО «ВНИИКП» оптические кабели уникальнейшими изделиями.

Разработанный оптический микрокабель отличается от существующих аналогов широким температурным диапазоном эксплуатации и

пожаробезопасностью при сохранении других характеристик, свойственных его аналогам.

Также стоит отметить, что разработанный кабель является радиационно-стойким, стойким к сейсмическим воздействиям и имеет стойкость к дезактивирующим растворам при температуре 60 °С и плесневым грибам.

Разработка может быть полезна при интенсивном внедрении высокопроизводительного информационно-измерительного оборудования на борт космических аппаратов, воздушных и морских судов, а также полевых мобильных специальных комплексов вооружения.

ИЗМЕРЕНИЕ ДАЛЬНОСТИ ДО ВОЗДУШНОГО ОБЪЕКТА С ПОМОЩЬЮ ПАССИВНОЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ НОСИТЕЛЕМ СПЕЦИАЛЬНОГО МАНЕВРА

Лисицын В.М., Винецкий Ю.Р., Забенькин О.Н., Касаткин А. В.

ОАО «Производственное объединение «Уральский оптико-механический завод» имени Э.С. Яламова», филиал «Урал-Геофизика»», г. Москва

Измерение дальности до воздушного объекта (ВО) после его обнаружения тепlopеленгационным каналом (ТПК) бортовой оптико-электронной системы (ОЭС) является одной из актуальных задач на этапе сближения с ВО. Как правило, эта задача решается за счет использования лазерного дальномерного канала (ЛДК). При этом ценой получения информации о дальности является утрата фактора скрытности, поскольку при применении активной системы летательный аппарат (ЛА) гарантированно обнаруживает себя раньше, чем будет произведен замер дальности. Кроме того, дальность действия ТПК, как правило, значительно превышает дальность действия ЛДК, что приводит к ситуациям, когда измерение дальности до ВО с помощью ЛДК невозможно. В связи с этим неоднократно делались попытки оценки дальности до ВО пассивными методами. Например, в т.н. спектрально-динамическом методе дальность оценивается на основе анализа динамики соотношения амплитуд сигналов, регистрируемых в двух диапазонах ИК-спектра, в которых показатели атмосферного поглощения различны. Однако в имеющихся место на практике условиях изменчивости фоно-целевой обстановки (например, маневрирующем ВО) применение этого и подобных ему методов проблематично.

В докладе предложен метод пассивного (скрытного) измерения дальности до ВО с помощью ОЭС при выполнении ЛА специального маневра. В качестве такового выбран маневр типа пикирования – при этом можно обеспечить автосопровождение ВО на всей траектории. При маневрировании ЛА положение ВО на изображении, формируемом ОЭС, будет меняться по следующим причинам:

- ЛА смещается в направлении перпендикулярном направлению на ВО, создавая стереобазу наблюдения;

- угловые положения ОЭС при формировании изображений различны;
- ВО перемещается в пространстве и меняет свои координаты (угол места и азимут) в приборной системе координат (СК).

Для корректного измерения дальности до ВО третий фактор должен быть компенсирован. При горизонтальном полете ВО текущее значение его угла места на изображении ОЭС может быть спрогнозировано. Для этого достаточно оценить начальное положение ВО по углу места и азимуту в приборной СК, а также угловую скорость линии визирования по этим углам. В работе проведен анализ влияния точности измерения указанных параметров на точность измерения дальности до ВО предложенным методом. Для типовых значений точности навигационных параметров и датчиков положения ОЭС получены оценки ошибок измерения дальности. На примере показано, что для дальности до ВО, равной 30 км средняя квадратическая ошибка измерения дальности не превысит 470 м, что составляет менее 2 %. Даны рекомендации по применению предложенного метода на практике.

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ОБЪЕКТИВОСТРОЕНИИ»**

**РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ГОЛОГРАФИЧЕСКОГО ПРИЦЕЛА
ДЛЯ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ**

Ковалев М.С., Одинокоев С.Б.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

В работе показаны актуальность создания ДОЭ для фокусирования лазерного излучения в различные геометрические изображения для возможности оперативной смены прицельных знаков в голографическом коллиматорном прицеле, целесообразность использования геометрооптического приближения в решении обратной задачи фокусировки. Приведена рассчитанная фазовая функция составного ДОЭ, обеспечивающие образование в фокальной плоскости изображения прицельного знака осесимметричной геометрической формы.

Для получения ГОЭ в голографическом прицеле требуется использовать шаблон, в качестве которого выступает дифракционный оптический элемент (ДОЭ). ДОЭ, синтезируемые методами компьютерной оптики, открывают возможность формирования сложных контурных конфигураций в фокальной плоскости. Решение прикладных задач генерации фотошаблонов, создания реперных знаков и использования в оптических устройствах прицеливания делает актуальную задачу фокусировки лазерного излучения в сложное изображение в фокальной плоскости. В частности, фокусировка в контур, представляющий буквенно-цифровую информацию, может осуществляться «составными фокусаторами» в набор отрезков и полуокружностей (рис. 1а).

Рассматривается задача расчета фазовой функции элемента, предназначенного для фокусировки плоского пучка с заданной исходной интенсивностью $I_0(\vec{u})$ в кривую линию S , заданную параметрическим уравнением в задней фокальной плоскости $(x', y', z = f')$.

Наглядная интерпретация может быть получена на примере ДОЭ, фокусирующего излучение в набор из N точек, расположенных на пространственной кривой. Тогда и апертуру нужно разбить на N областей-сегментов. Общее решение задачи расчета фазовой функции в геометрооптическом приближении описано в [2].

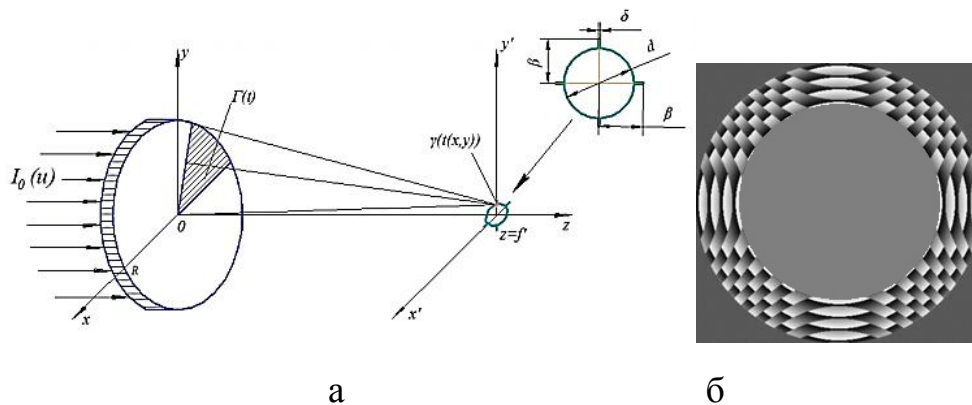


Рисунок 1 –а) Геометрия задачи фокусировки в прицельный знак осесимметричной геометрической формы; б) Вид фазовой функции фотошаблона.

Необходимый прицельный знак (см. рис. 1а) имеет хоть и осесимметричную геометрическую форму, но является сложным, то есть составным: он объединяет в себе кольцо диаметром d и толщиной δ и крест без центра той же толщины. В данной работе проблема составной структуры изображения решается следующим образом. Апертура ДОЭ (x, y) разделяется по радиусу на две области (рис. 1б). Первая область радиусом фокусирует излучение в кольцо, а вторая, кольцевая область - в состоящий из четырех отрезков крест без центра.

Рассчитаем фазовую функцию области, фокусирующей излучение в крест без центра. Она [1] имеет вид:

Результат численного расчета фазовой функции ДОЭ с параметрами $f_{\text{мм}5}$, $\lambda = 0,650 \text{ мкм}$, $2R_{\text{мм}5}$ при числе элементов дискретизации фазы по двум осям $N_1 = N_2 = 128$ представлен на рис. 1б.

Список литературы

1. Методы компьютерной оптики / Под ред. В.А. Сойфера. – М.: Физматлит, 2003. – 688 с.
2. А.В. Гончарский, В.В. Попов, В.В. Степанов. Введение в компьютерную оптику. М.: Изд-во Московского университета, 1991. – 310 с.
3. Котляр В.В., Осипов А.П. Фокусаторы в круг и кольцо из гауссового пучка. // Компьютерная оптика, ИСОИ РАН, Самара-Москва, 2001, № 21, с. 40-44.
4. Создание и исследование бинарных фокусаторов для мощного ND-YAG лазера / Волков А.В., Досколович Л.Л., Казанский Н.Л., Успенев Г.В., Занелли А. // Компьютерная оптика, 2000, № 20, с. 84-89.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ФОТООБЪЕКТИВОВ

Ежова К.В., Романова Г.Э., Ронжин М.С.

Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург

Один из методов измерения функции передачи модуляции – измерение контраста в изображении мир прямоугольного профиля с различной частотой. Предложен математический аппарат для автоматизации и ускорения процесса обработки полученных изображений и построения графика измеренной ЧКХ и определения разрешающей способности.

На данном этапе работы работа алгоритма реализована в программе MathCAD. Работу алгоритма по этапам можно описать следующим образом:

1. Передача растровых изображений мир прямоугольного профиля в программу.
2. Определение возможного наклона изображения мира при регистрации его на ПЗС-матрице, коррекция ориентации изображения.
3. Обрезка краев изображения для снижения влияния возможных краевых эффектов ПЗС-матрицы на результат измерения.
4. Сканирование изображений по заданному количеству сечений, определение среднеарифметического распределения интенсивности. Фильтрация распределения интенсивности.
5. Определение пространственной частоты изображения мира с использованием бинаризации со скользящим порогом.
6. Определение максимального и минимального значения интенсивности и расчет коэффициент передачи контраста (КПК).
7. Перерасчёт КПК по формуле Колтмена и построение графика МПФ с помощью кусочно-линейной интерполяцией данных.

В качестве тестового примера было проведено измерение разрешающей способности объектива «Гелиос-44». Результаты работы алгоритма согласуются с расчетным значением разрешающей способности.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА И УЛУЧШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЪЕКТИВОВ ПЕРЕМЕННОГО УВЕЛИЧЕНИЯ. ВЫСОКОТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТИВОВ

Острун А.Б.

ЗАО «Опто-Технологическая Лаборатория»

В докладе рассматривается несколько тенденций современного развития объективостроения, которые разрабатываются в фирме ЗАО «Опто-Технологическая Лаборатория»:

1. Оптимизация расчета оптической системы переменного увеличения;

2. Применение в объективах асферической оптики;
3. Высокоточный контроль параметров объективов (искажение волнового фронта, центрировка, воздушные промежутки)

Объективы переменного увеличения представлены двухфокусными моделями,

в которых плоскость изображения остается неподвижной для двух различных фокусных расстояний. Применение таких систем на практике, например при лазерной резке, приводит к увеличению долговечности системы, сокращению времени производственного процесса, уменьшению экономических затрат.

Применение асферических поверхностей и дифракционных элементов позволяет уменьшить количество входящих в систему оптических компонентов и улучшить качество изображения.

Возможность изготовления объективов высокого качества во многом определяется наличием высокоточных средств контроля как параметров отдельных элементов, так и объективов в целом. Такими приборами контроля в ЗАО «Опто-Технологическая Лаборатория» являются интерферометр и прибор контроля центрировки и воздушных промежутков.

О РАЗРАБОТКЕ ВАРИООБЪЕКТИВОВ С УЧЁТОМ АБЕРРАЦИЙ ТРЕТЬЕГО И ПЯТОГО ПОРЯДКОВ

Пискунов Д.Е., Хорохоров А.М., Ширанков А.Ф.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

В большинстве случаев решение задачи абберационного синтеза вариообъективов основано на теории аббераций третьего порядка, которая эффективна при небольших относительных отверстиях и полях зрения. Задача же расчёта светосильных широкопольных объективов решается путём минимизации оценочной функции, в которой учитываются требования к абберационной коррекции и конструктивные ограничения. Такой подход не гарантирует оптимальности решения, не способствует созданию новых патентно-чистых систем и занимает достаточно длительное время. С целью решения указанных проблем разработана методика абберационного синтеза вариообъективов [1] с учётом аббераций третьего и пятого порядков. Методика основана на разложении функции поперечной абберации по полиномам Чебышева с последующей минимизацией коэффициентов разложения. Важными аргументами в пользу целесообразности использования полиномов Чебышева являются следующие их свойства: из всех полиномов степени n полиномы Чебышева в области $[-1, 1]$ имеют наименьшее отклонение от нуля, область значений полиномов по модулю не превышает $1/2^{n-1}$. В результате задача расчёта объектива сводится к минимизации абсолютных значений коэффициентов разложения по полиномам Чебышева. При этом автоматически минимизируются абберации третьего и пятого порядков для всего зрачка. Для вычисления

коэффициентов разложения достаточно рассчитать ход всего двух вспомогательных лучей.

1. Пискунов Д.Е., Хорохоров А.М., Ширанков А.Ф. Методика автоматизированного синтеза вариообъективов в области аббераций третьего и пятого порядков // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Приборостроение. 2012. Спец. вып. №8 – Современные проблемы оптотехники. С. 36–52.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РАЗРАБОТКЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЮ СИЛОВОЙ ОПТИКИ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ГОЛОВОК

*Носов П.А., Ширанков А.Ф.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва*

Оптические элементы лазерной технологической головки, формирующие пучок излучения волоконного лазера киловаттной мощности, работают с большой лучевой нагрузкой. Такие элементы относятся к классу силовой оптики. К их разработке и изготовлению предъявляются особые технические требования.

1. Оптическая система лазерной головки должна формировать требуемые для данной технологической обработки материала пространственные параметры пучка. Кроме того задачей разработки оптической системы лазерной головки является обеспечение малых искажений формируемого лазерного пучка.

2. При разработке оптической системы величина потока обратного отражения излучения должна быть меньше заданного значения, максимальный угол падения лучей на линзы $< 35^\circ \dots 40^\circ$. Просветляющие покрытия должны быть луче стойкими.

3. Необходимо обеспечить высокий класс чистоты рабочих поверхностей силовой оптики, изготовление проводить методами глубокой шлифовки и полировки.

4. Для изготовления силовой оптики требуется особо чистое стекло, с предельно низким содержанием гидроксильных групп, бессвильное, высшей категории пузырности, с высокой радиационно-оптической устойчивостью и высоким пропусканием в видимом и ближнем ИК диапазонах спектра. Среди российских марок кварцевого стекла этим требованиям удовлетворяют кварцевые стёкла марок КС-4В и КУ-1. В ИК диапазоне спектра зарубежным аналогом этих марок является Infrasil.

Методика габаритного и абберационного синтеза оптических систем лазерных головок для технологических установок с мощными волоконными лазерами, разработанная на кафедре «Лазерные и оптико-электронные системы» (РЛ-2) МГТУ им. Н.Э. Баумана, учитывает все перечисленные особенности работы элементов силовой оптики и требования к их изготовлению.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ПУЧКА МОЩНОГО ВОЛОКОННОГО ЛАЗЕРА

Носов П.А., Третьяков Р.С., Ширанков А.Ф.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

При использовании волоконных лазеров для технологических целей излучение на выходе транспортного волокна преобразуется оптической системой лазерной головки. Для разработки современных высокоэффективных оптических систем лазерных головок для технологических установок необходимо: подтвердить правомерность теории лазерной оптики и определить параметры пучка этих лазеров.

В МГТУ им. Н.Э. Баумана были проведены измерения пространственных параметров пучка на разных участках лазерной технологической головки для иттербиевого волоконного лазера серии ЛС-4-К (ООО НТО «ИРЭ-Полус», максимальная мощность излучения 4 кВт, длина волны излучения 1070 нм). Для диаметров волокна 50 и 100 мкм проведены измерения поперечного распределения плотности мощности излучения после его прохождения через узлы оптической системы технологической головки немецкой фирмы Precitec. Регистрация распределения плотности мощности излучения проводилась прибором Prometec LASERSCOPE UFF 100.

После обработки распределений плотности мощности излучения получена форма огибающей пучка и определены все пространственные параметры пучка волоконного лазера по уровню 86,5% полного потока: размер перетяжки, конфокальный параметр, положение перетяжки, угловая расходимость, параметр ВРР пучка.

Проведённые экспериментальные исследования позволяют сделать выводы:

1. Пучок излучения волоконного лазера в свободном пространстве описывается традиционными пространственными параметрами лазерного пучка, а преобразование оптической системой описывается формулами лазерной оптики. Огибающая пучка представляет однополостный гиперболоид вращения.

2. Определены все пространственные параметры пучка на выходе иттербиевого волоконного лазера серии ЛС-4-К и на выходе узлов оптической системы технологической головки немецкой фирмы Precitec.

МЕТОД РАСЧЁТА ВАРИООБЪЕКТИВОВ С ПРОИЗВОЛЬНЫМ ЧИСЛОМ КОМПОНЕНТОВ И ЛИНЗАМИ С ПЕРЕМЕННОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СИЛОЙ

Пискунов Д.Е., Хорохоров А.М., Ширанков А.Ф.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

Методы расчёта вариообъективов изложены в ряде публикаций. Однако большинство этих методов не позволяет рассчитывать системы более

чем с двумя-тремя подвижными компонентами. Расчёт вариообъектива с произвольным числом подвижных и неподвижных компонентов может быть сведен к решению системы нелинейных уравнений: $P(d, \varphi) = P_k$, где P – вектор параксиальных величин с предписанными значениями (например, фокусное расстояние, длина системы), P_k — тоже самое для k -ой позиции, φ, d – вектора оптических сил компонентов и расстояний между ними. Согласно разработанному методу [1] каждое расстояние d и оптическую силу φ векторов d и φ разложим по базисным функциям, зависящим от фокусного расстояния системы: $d(f') = \sum_{i=0}^N a_i F_{id}(f')$; $\varphi(f') = \sum_{i=0}^N b_i F_{i\varphi}(f')$; где a_i, b_i – коэффициенты разложения, $F_{id}(f'), F_{i\varphi}(f')$ – базисные функции i -го порядка. Подставив разложения $d(f')$ и $\varphi(f')$ в вышеуказанную систему уравнений, получим: $P(a, b) = P(f')$. Предложенный метод гарантированно обеспечивает плавность изменения фокусного расстояния и позволяет рассчитывать вариообъективы, содержащие линзы с изменяемой оптической силой. Последнее свойство метода является особенно важным, поскольку в последнее время появились технологии, которые позволяют изменять оптическую силу линзы, что может быть использовано для разработки более простых, компактных и лёгких вариообъективов.

1. Пахомов И.И., Пискунов Д.Е., Хорохоров А.М. Численный метод расчёта систем переменного увеличения с произвольным числом подвижных компонентов // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Приборостроение. 2012. Спец. вып. № 8. – Современные проблемы оптотехники. С. 25-35.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ ЛАЗЕРНОЙ ГОЛОВКИ С СИЛОВОЙ ОПТИКОЙ РОССИЙСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Носов П.А., Григорьянц А.Г., Ширанков А.Ф.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва*

В МГТУ им. Н.Э. Баумана была разработана и успешно испытана лазерная силовая оптика российского производства. Оптика предназначена для работы в составе лазерной головки технологической установки для резки металлов излучением волоконного лазера мощностью до 5 КВт с транспортировочным волокном диаметром от 50 до 200 мкм.

Для исследования параметров исходного и выходного пучка лазерного излучения была разработана специальная методика измерений. Измерения проводились анализатором пучка LaserScope UFF 100 компании Prometec (диаметр иглы 20 мкм). На рис.1 приведены вид технологической головки и резы металла с помощью оптики немецкой компании Precitec и оптики МГТУ им. Н.Э. Баумана.

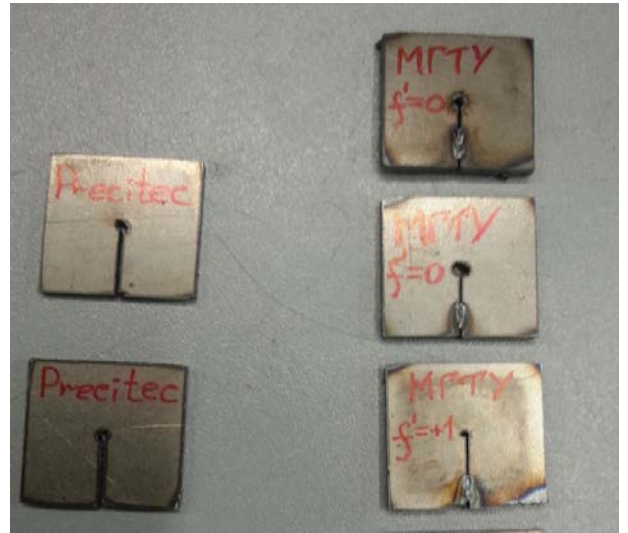


Рис.1. Лазерная технологическая головка (а). Рез металла оптикой Precitec и РФ (б).

Доказана правомочность применения теории лазерных пучков. Успешно апробирована методика структурного и абберационного синтеза силовой оптики лазерной технологической головки с малыми искажениями выходного пучка и максимально широкими допусками на оптические компоненты и их взаимное расположение.

ДИФРАКЦИОННЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ: МЕТОДЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ

Полещук А.Г., Насыров Р.К.

Институт автоматики и электрометрии СО РАН, Новосибирск

Дифракционный оптический элемент (ДОЭ) рассчитывается с помощью компьютера и изготавливается с использованием оптических, механических или лучевых устройств записи. Такой элемент позволяет преобразовывать исходный волновой фронт в любой другой волновой фронт с практически любой заданной формой. Это одно из основных свойств ДОЭ, отмеченное еще в первых работах по цифровой голографии [i] и сразу нашедшее практическое применение в оптической метрологии, для интерферометрического контроля формы асферических поверхностей [ii].

Создание современных оптических систем уже невозможно без использования асферических линз, т.е. оптических компонентов, форма поверхности которых отличается от сферической. Применение асферики обеспечивает существенное уменьшение массы и габаритов оптических приборов, улучшение качества изображения, светосилы и угла поля зрения. Однако изготовление асферической оптики невозможно без эффективных и доступных методов контроля изготавливаемых асферических поверхностей. Требуемую точность изготовления и аттестации оптики в условиях производства (вибрации, потоки воздуха) можно реализовать, используя

современные лазерные интерферометры "фазового сдвига", дифракционные интерферометры с совмещёнными ветвями и общим ходом интерферирующих пучков, прецизионные ДОЭ и методы математической обработки результатов измерений.

В настоящей работе рассмотрены методы изготовления мультифункциональных прецизионных ДОЭ с использованием круговой лазерной записывающей системы (ЛЗС) типа CLWS-300IAE [iii]. Дается обзор и классификация ДОЭ для оптического контроля и представляются результаты разработки и применения в ИАиЭ СО РАН различных интерферометров. Современное развитие технологии дифракционной оптики уже позволяет успешно решать многие задачи прецизионного нанометрического контроля широкого класса асферических поверхностей в условиях оптического производства. Дальнейшие наши исследования будут сосредоточены на методах повышения точности измерения за счет устранения специфических погрешностей ДОЭ и влияния внешних дестабилизирующих факторов.

-
- ⁱ. A.W. Lohmann, S.P. Paris. Binary Fraunhofer holograms generated by computer// Appl. Opt. 6. N10, pp. 1739-1748. (1967).
 - ⁱⁱ. Г.Н. Буйнов, Н.П. Ларионов, К.С. Мустафин. Голографический интерферометрический контроль асферических поверхностей//Оптико-механическая промышленность. 1971, №4, с.6-11.
 - ⁱⁱⁱ. A.G. Poleshchuk, E. G. Churin, V. P. Koronkevich, V. P. Korolkov, etc. "Polar coordinate laser pattern generator for fabrication of diffractive optical elements with arbitrary structure," Appl. Opt. 38, 1295–1301 (1999).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ПРОПУСКАНИЯ ОБЪЕКТИВОВ ТЕПЛОВИЗИОННЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ

Осипович И.Р.

ОАО «Красногорский завод им. С.А. Зверева», г.Красногорск

Для обеспечения высоких энергетических параметров тепловизионных приборов, напрямую влияющих на дальность их применения, важной задачей становится обеспечение максимально возможного коэффициента пропускания применяемых в них объективов.

Контроль коэффициента пропускания объективов тепловизионных систем является более сложной задачей, чем в видимом или ближнем ИК диапазонах. Если в видимой или ближней ИК области спектра рабочий диапазон легко может быть выделен набором светофильтров, то в области спектра объективов тепловизионных систем это является проблематичным. Поэтому в условиях производства контроль пропускания тепловизионных объективов осуществляется на отдельных длинах волн, выделяемых при

помощи монохроматора, являющегося частью контрольного оборудования. На выходе мы имеем набор отдельных значений коэффициентов пропускания для выбранных длин волн $\tau(\lambda)$.

В тоже время для оценки качества объектива тепловизионного прибора важно знать интегральный коэффициент пропускания в рабочем спектральном диапазоне.

За счет того, что трудоемкие расчеты с численным интегрированием выполняются один раз для каждого из объективов, предлагаемая методика определения интегрального коэффициента пропускания по измеренным дискретным значениям позволяет заметно упростить вычисления, сведя их в ходе производственного контроля к элементарным вычислительным операциям. Предлагаемая методика работает и для оптических систем, предназначенных для других спектральных диапазонов.

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА СБОРКИ И КОНТРОЛЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ОПТИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ

Галявов И.Р., Домнин А.В., Понин О.В.

ОАО «Лыткаринский завод оптического стекла», г. Лыткарино

В последнее десятилетие одним из направлений деятельности ОАО «Лыткаринский завод оптического стекла» является изготовление крупногабаритных зеркальных и зеркально-линзовых оптических систем для оптико-электронных комплексов слежения наземного и морского базирования.

С учетом и на основании имевшегося к началу освоения нового направления опыта сборки, юстировки и контроля линзовых многокомпонентных объективов (диаметром до 700мм) космического базирования была модернизирована технологическая база.

Особенностями модернизированных методов и средств является возможность сборки и юстировки (прежде всего – центрировки) оптических компонентов:

1. Диаметром до 1000мм.
На практике на настоящий момент собирались узлы с оптическими компонентами диаметром 780мм.
2. Содержащих зеркала с центральным отверстием.
Были собраны узлы с зеркалами с центральным отверстием диаметром 340мм.
3. Содержащих асферические оптические элементы.
К настоящему моменту собирались узлы с эллиптическими и параболическими зеркалами диаметром от 400 до 750мм.

Освоенные методы и средства позволяют собирать и юстировать с высокими точностями отдельные компоненты крупногабаритных оптических систем, что позволяет затем успешно собирать и юстировать оптические системы в целом.

В настоящее время продолжается развитие этих методов и средств в направлении устранения субъективных факторов путем применения современной электронной базы в части регистрации и обработки требуемой при сборке, юстировке и контроле информации, а также автоматизации технологических процессов.

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ РЕГИСТРАЦИИ И АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЯ ПРИ КОНТРОЛЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ АБЕРРАЦИЙ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Шаров А.А.

ОАО «Лыткаринский завод оптического стекла»

Измерение геометрических aberrаций оптических систем (ОС) дает важную информацию о степени соответствия качества изображения изготовленной системы расчётному уровню. В первую очередь оно актуально для определения качества хроматической коррекции системы, которую трудно оценить с использованием интерферометрического метода, удобного для измерения монохроматических aberrаций.

В связи с широким распространением оптико-электронной аппаратуры с телевизионными матричными приёмниками, чувствительными в видимой и ближней инфракрасной (ИК) области спектра, возникает интерес к исследованию хроматизма ОС в широком спектральном диапазоне. Стандартный метод измерения хроматической aberrации положения (ГОСТ 20827-75) не дает такой возможности, поскольку является визуальным.

Очевидным шагом на пути решения поставленной задачи по измерению хроматической aberrации положения в широкой спектральной области является модернизация стандартной схемы контроля путем введения цифровой телевизионной регистрации изображения тест-объекта (щели) с использованием приёмной системы, чувствительной в заданном интервале длин волн.

Для исключения негативного влияния нестабильности питания источника излучения, приводящей к разбросу среднего уровня освещённости в изображениях, регистрируемых в различные моменты времени, на определение плоскости наилучшего изображения тест-объекта, анализ проводится по следующей методике: 1) цифровое изображение,

соответствующее определённому положению плоскости регистрации, разбивается на полосы шириной в один пиксель, параллельные изображению щели; 2) вычисляется сумма сигналов пикселей в каждой полосе и определяется максимальная из этих сумм (i_{\max}); 3) вычисляется сумма сигналов пикселей всего изображения (i_{Σ}) и находится отношение $k = i_{\max} / i_{\Sigma}$; 4) за плоскость наилучшего изображения принимается такая плоскость регистрации, для которой в зарегистрированном цифровом изображении отношение k имеет максимальное значение.

Разработанная усовершенствованная схема контроля экспериментально исследована путём сравнения результатов измерения продольной хроматической аберрации контрольного объектива с расчётными значениями. В качестве контрольного выбран двухлинзовый астрономический объектив Р6/8с диаметром входного зрачка 152 мм ($D/f' = 1:8$), обладающий полу-апохроматической коррекцией в видимой области спектра. Хроматическая аберрация объектива вычислена по результатам измерений фактических значений показателей преломления стёкол, радиусов и толщин линз, воздушного промежутка.

Результаты исследования показали, что расхождение результатов измерений и расчёта не выходит за пределы погрешности, установленной в ГОСТ 20827-75.

СПОСОБ КОРРЕКЦИИ КРИВИЗНЫ ПОЛЯ В ШИРОКОУГОЛЬНЫХ ОБЪЕКТИВАХ

Безруков В.А. Карпова Г.В.

*Санкт–Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики*

Занимаясь вопросом исправления кривизны поля, нельзя не отметить, что эта аберрация наиболее трудно поддаётся коррекции в широкоугольных объективах. По этой причине целесообразно рассмотреть один из способов коррекции поля в таких объективах, который основывается на преобразовании астигматизма от предшествующей части исходной оптической системы в необходимое изменение кривизны после корректирующего компонента.

В докладе предложен один из способов коррекции кривизны поля в широкоугольных объективах, приведена методика его реализации. Для решения задачи синтеза коррекционных компонентов использованы корректирующие элементы с определенными по величине отношениями продольных увеличений вдоль главного луча. Конструктивные параметры этих элементов математически связаны с их реально вносимыми

абберациями, в частности, такой абберацией, как астигматизм. Работа является дальнейшим развитием метода синтеза оптических систем профессора М.М. Русинова.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ СТАБИЛИЗАЦИИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

*Ежова К.В., Саитгалина А.К.
Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург*

В предложенной работе рассматриваются основные методы стабилизации изображения, которые могут быть применены в дальнейшем для программной стабилизации оптического изображения. Актуальность работы обусловлена поиском оптимального решения для достижения высокого углового разрешения на изображении, уменьшения времени работы алгоритмов, минимизирование массы и габаритных размеров оптико-электронной системы, получения конкурентноспособной стоимости системы.

В ходе анализа рассмотрены основные существующие механические и численные методы стабилизации изображения.

При рассмотрении механических способов можно сделать следующие выводы: желательно осуществлять стабилизацию посредством перемещения элементов самого прибора, т.е. без введения дополнительных элементов. Из всех возможных оптимальных элементов, следует выбирать элементы с наименьшей массой и отдавать предпочтение зеркальным элементам.

Работа численных методов стабилизации изображения сводится к контролю смещения изображения, что позволяет выделить основные методы: импульсные, фазовые, амплитудные, корреляционные, частотные. Значительным недостатком данного подхода является наличие временной задержки в процессе обработки изображения, влияние на результат поперечного смещения. Достоинством является сравнительно небольшая погрешность, уменьшение массы и стоимости оптико-электронной системы.

В дальнейшей работе планируется проведение реализации и тестирование алгоритмов для выбора оптимального, что позволит увеличить скорость обработки изображения, повысить качество получаемого изображения.