

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора физико-математических наук Астафьева Олега Владимировича «Квантовая оптика на искусственных квантовых системах» по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния».

Ознакомившись с представленным авторефератом и опубликованными работами Астафьева Олега Владимировича, считаю, что выполненная им диссертационная работа является актуальной, в полной мере демонстрирующей необходимый для искомой степени уровень квалификации автора. Выносимые на защиту результаты являются новыми, обоснованными и значимыми, представляющими несомненный интерес для широкого круга работ, выполняемых в настоящее время в области квантовых технологий. Каждый из них есть результат завершеного исследования, включающего инженерную твердотельных квантовых объектов, экспериментальное исследование и теоретическое рассмотрение полученных экспериментальных данных. Работы, включенные в диссертацию, опубликованы в известных журналах и доложены на многочисленных конференциях.

Основным объектом исследования диссертации являются сверхпроводниковые квантовые системы: квантовые точки на основе двумерного электронного газа в гетероструктурах  $\text{GaAs}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  и сверхпроводниковые квантовые структуры, создаваемые методами электронной литографии и реализующие дискретные энергетические состояния в виде твердотельных кубитов при температурах порядка 0,01К. Сверхпроводниковые квантовые кубиты образуют в настоящее время одну из самых развиваемых платформ для квантовых процессоров. Ее формирование было реализовано в том числе и на основе работ О.В.Астафьева, включенных в диссертацию. Количество проведенных автором исследований велико. Их систематизация – задача, которую автор решил путем структурирования диссертации на главы, каждая из которых посвящена отдельной крупной проблеме:

- одноэлектронные транзисторы на двумерном электронном газе в гетероструктурах для создания однофотонных детекторов в дальнем инфракрасном диапазоне и диапазоне субмиллиметровых волн;

- свойства сверхпроводниковых кубитов разной природы (зарядовых и потоковых) и возможность выполнения логических операций с их состояниями;

- реализация квантово-оптических эффектов в сверхпроводниковых квантовых системах;

- детектирование акустических фононов с помощью сверхпроводниковых квантовых систем;

- эффект квантового проскальзывания фаз в сверхпроводниковых нанопроволочках.

В каждой из пяти глав получены важные научные и практические результаты, среди которых: создание прототипов однофотонных детекторов в

диапазонах дальнего ИК и субмиллиметровых волн; реализация двухкубитной логической операции Условное НЕТ на зарядовых кубитах и операции считывания состояния зарядового кубита за один прогон; демонстрация работы однокубитного лазера; создание управляемой открытой квантовой системы на основе твердотельного кубита, взаимодействующего с одномерной копланарной линией, и реализация на ее основе целого класса эффектов, аналогичных эффектам квантовой оптики; создание однофотонного источника излучения в СВЧ диапазоне; реализация наномеханических квантовых систем, связывающих сверхпроводниковые кубиты с поверхностными акустическими волнами; демонстрация когерентного квантового проскальзывания фазы в сверхпроводящих нано проволочках.

В совокупности работами О.В.Астафьева создано новое научное направление – квантовая оптика одиночных сверхпроводниковых квантовых систем.

Из замеченных недостатков – терминологические, связанные с необходимостью использования англоязычных терминов, («однократное вычитывание (single-shot readout)» стр.6, «имплементированный процесс», «эластичное и неэластичное рассеяние», вместо когерентное и некогерентное, стр.11, «прямая спектроскопия» стр.12, и др.. Утверждение «Открыт новый фундаментальный эффект квантовой оптики – квантовое волновое смешивание» стр.45 требует уточнения. Процесс четырехволнового смешения при резонансном рассеянии на одиночном атоме известен (см. работу Aranasevich P.A. and Kilin S.Y. 1977 Phys. Lett. 62A, №2, p. 83-4). Бихроматическое когерентное возбуждение одиночного двухуровневого атома рассмотрено в работе Kilin S.Ya., Karlovich T.B. Revivals for a two-level atom in a free space under bichromatic excitation // Laser Phys. Lett. 2, №3, 126-130 (2005). Сравнение результатов, полученных автором, с изложенными в указанных работах позволило бы уточнить формулировку новых фактов, наблюдаемых автором.

Считаю, что сделанные замечания не затрагивают общей высокой оценки диссертационной работы «Квантовая оптика на искусственных квантовых системах» как выполненной в соответствии с требованиями ВАК квалификационной работы, а ее автора, Астафьева Олега Владимировича, как заслуживающего искомой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8 – физика конденсированного состояния.

Заведующий Центром «Квантовая оптика и квантовая информатика» Института физики имени Б.И.Степанова НАН Беларуси, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАНБ, иностранный член РАН

С.Я.Килин



06.03.24