

## ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертационной работе  
Гаврилова Сергея Сергеевича  
«Новые коллективные состояния поляритонов»,  
представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук  
по специальности 1.3.8. - Физика конденсированного состояния.

Поляритонные системы в микрорезонаторах оказались очень интересным объектом для исследования. С точки зрения изучения поведения коллективных свойств Бозе-систем, эти системы обладают рядом преимуществ. Поскольку поляритоны представляют собой связанное состояние экситонов и света, причем характер и интенсивность связи зависят от параметров структуры, их спектром, силой взаимодействия, концентрацией можно целенаправленно управлять. При этом, как создание поляритонной системы с заданными характеристиками, так и ее детектирование осуществляются хорошо отработанными методами лазерной физики. За счет нелинейных эффектов поляритонная система в микрорезонаторах может демонстрировать поразительное разнообразие режимов. Основная цель диссертационной работы С.С.Гаврилова состояла в выяснении того, какие новые неоднородные состояния могут возникать в этих системах при формировании в них коллективного состояния – конденсата поляритонов.

В числе первых результатов, которые проясняют динамику конденсата поляритонов, следует упомянуть исследование того, как развивается неустойчивость в поляритонной системе из-за взаимодействия конденсата и надконденсатных мод.

Однако в целом, как наиболее важное достижение работы, я бы выделил доказательство появления состояний с различной нарушенной симметрией при однородной накачке. Сюда относится, например, результат о спонтанном нарушении спиновой (поляризационной) симметрии. Показано, что в системе возможен резкий переход от линейной поляризации к круговой того или другого знака. Это очень интересный эффект, заключающийся в возможности менять знак циркулярной поляризации поляритонов конденсата, изменяя интенсивность накачки. Получается, что интенсивность внешнего поля управляет поляризацией без изменения частоты или поляризации накачки.

Также найдены режимы, в которых возникают осцилляции амплитуды конденсата при постоянном возбуждении.

Среди новых результатов, безусловно, следует выделить предсказание неустойчивости однородной поляритонной системы и переход в состояние хаоса. В работе описано образование доменов с противоположными фазами и структур типа квантованных вихрей, появление которых в поляритонных системах является довольно неожиданным.

Еще одним новым и интересным результатом, который следует отметить, является найденная возможность переключения поляризации в микрорезонаторе акустическими импульсами. Существенно, что этот эффект не только был предсказан теоретически, но и подтвержден экспериментально в работах с участием автора.

Все разделы диссертационной работы, а в особенности последний, имеют значение для практических применений – создания различных квантовых оптических переключателей на основе таких микрорезонаторных структур.

Нет никаких сомнений в достоверности результатов, представленных в диссертации. Автором использовались адекватные теоретические модели, результаты многократно обсуждались на конференциях, семинарах. Экспериментальные результаты успешно подтверждают многие предсказания автора.

Существенных критических замечаний к диссертации, на мой взгляд, нет. Появляющиеся вопросы относятся, скорее, к развитию или уточнению представленных результатов.

Как написано и в самой диссертации, взаимодействие поляритонов обеспечивается экситонной частью, а внешнее поле представляет собой часть фотонной компоненты. В первых двух главах диссертации основу описания составляют упрощенные уравнения в терминах поляритонных амплитуд. Возникает вопрос, не может ли появиться каких-либо дополнительных эффектов, связанных с тем, что при движении по дисперсионной кривой поляритонов меняется соотношение экситонной и фотонной компонент. То есть, не даст ли что-то новое рассмотрение, аналогичное проведенному в разделе 2.7.

Очень интересные результаты главы 4 во многом основаны на численном решении нелинейных уравнений. На мой взгляд, для многих описанных эффектов можно было бы предложить и какие-то аналитические методы описания таких пространственных структур и неустойчивостей.

Результаты пятой главы открывают возможность создавать оптические переключатели, управляемые акустическими импульсами. В диссертации говорится о высокой возможной частоте переключений. Возникает вопрос, не появляются ли при таких переключениях каналы диссипации энергии, которые могут приводить к разогреву системы при большой частоте переключений.

Эти замечания не относятся к основным результатам диссертации и не влияют на положительную оценку диссертации в целом.

Следует отметить, что во многом именно благодаря С.С.Гаврилову данная тематика получила столь заметное развитие. Диссертант являлся инициатором многих работ по этому направлению, в списке есть по крайней мере 8 работ, в которых он является единственным



автором. В представленных в диссертации работах, образующих законченный цикл исследований, решена важная научная задача – исследованы нетривиальные состояния поляритонного конденсата. Хочется подчеркнуть, что данная диссертация является циклом работ именно по физике конденсированного состояния: в этих работах объединены теоретические предсказания с экспериментом.

Вошедшие в диссертацию результаты были своевременно опубликованы в 32 статьях в рецензируемых журналах и 2 статьях в сборниках трудов конференций. Все эти журналы входят в базу данных Web of Science. В автореферате правильно и полностью изложено содержание диссертационной работы.

Таким образом, диссертация Гаврилова Сергея Сергеевича «Новые коллективные состояния поляритонов» полностью удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней (утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., ред. от 11.09.2021), предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8. - Физика конденсированного состояния.

25 октября 2021 г.

Официальный оппонент

Арсеев Петр Иварович

Гнс Отделения теоретической физики им. И.Е. Тамма  
Физического института им. П.Н. Лебедева РАН  
д.ф.-м.н. (специальность 01.04.02 – теоретическая физика)  
член-корреспондент РАН  
Почтовый адрес: 119991 Москва,  
Ленинский проспект 53  
Тел. 499-1326271  
ars@lpi.ru

Согласен на передачу персональных данных

Арсеев Петр Иварович

Подпись П.И.Арсеева заверяю

Заместитель директора ФИАИ,  
д.ф.-м.н.



С.Ю.Савинов