



Prof. Dr. Evgeny Zhukov

Otto-Hahn-Str. 4
D-44227 Dortmund

Telefon 0231 5164

Fax 0231 755 3674

Email evgeny.zhukov@tu-dortmund.de

Internet <http://e2.physik.uni-dortmund.de>

Dienstgebäude/Raum:

Physik / P1-02-326

Dortmund, 02 January 2019

Диссертационный совет Д 002.205.02

Ученому секретарю д.физ.-мат. наук Л.М. Сорокину

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Димитриева Г.С. «Исследование спиновых взаимодействий в разбавленном магнитном полупроводнике (Ga,Mn)As методами горячей фотолуминесценции и неупругого рассеяния света с переворотом спина», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – «Физика полупроводников»

Диссертационная работа Димитриева Г.С. представляет собой цикл экспериментальных исследований в области физики, которая интенсивно развивается на протяжении последних лет, - спинтроника, или магнитоэлектроника. Цель работы – исследование спин-зависимых явлений в разбавленных магнитных полупроводниковых структур на основе (Ga,Mn)As, а также поиск методов управления магнитными состояниями в них. Необходимость разработки таких методов управления и исследование спин-зависимых явлений в них очевидна, так как это должно привести к созданию устройств с более низким потреблением энергии, меньшими размерами, высокой плотностью записи информации и значительному повышению скорости работы таких устройств. Также стоит отметить выбор в качестве объекта исследований разбавленные магнитные полупроводниковые структуры, которые, с одной стороны, допускают внедрение магнитных примесей в немагнитный полупроводник без значительного ухудшения его оптических и электронных транспортных свойств, а, с другой стороны, рассматриваются в качестве модельного материала для спинтроники. Таким образом, предмет исследования диссертационной работы, несомненно, **актуален**, как с точки зрения прикладного применения результатов, так и для развития фундаментальных знаний.

Описываемые в автореферате постановка задач, методы их решения и научные результаты обладают непосредственной **новизной**. Стоит подчеркнуть удачное сочетание двух используемых диссертантом экспериментальных методов: поляризационной фотолуминесценции и неупругого рассеяния света с переворотом спина.

Г.С. Димитриевым впервые получен ряд интересных результатов. Среди них,

видимо, заслуживают особого внимания следующие.

1. Предложены и реализованы методы управления направлением намагниченности в разбавленных магнитных полупроводниках на основе (Ga,Mn)As внешним магнитным полем и деформацией. Это позволило определить важные, с точки зрения их дальнейшего применения в реальных устройствах, параметры структур: постоянные магнитной анизотропии и магнитострикции.

2. Впервые показано, что в структурах с квантовыми ямами на основе разбавленных полумагнитных полупроводников (Ga,Mn)As ферромагнетизм, в первую очередь, обусловлен дырками, локализованными в примесной зоне акцептора Mn, а их спиновая поляризация определяется не влиянием размерного квантования, а внутренними случайными полями.

Диссертант продемонстрировал свободное владение сложными экспериментальными методами исследований. Экспериментальные результаты оригинальны, выполнены на высоком уровне. Не вызывает сомнений надежность полученных результатов и выводов из них. Полученные результаты согласуются с выводами опубликованных работ других авторов.

Однако чтение автореферата затруднено рядом неточностей в изложении полученных результатов, их интерпретации и графическом представлении экспериментальных данных. Вот некоторые из них:

- 1) В тексте недостаточно полно описаны экспериментально измеренные зависимости, представленные на Рис.1 и Рис. 2. Нет описания части обозначений, используемых на этом рисунке.
- 2) На ряде рисунков (Рис. 4, 5) отсутствуют ошибки измерений. В ряде случаев это важно для правильного понимания физических процессов, обуславливающих представленные результаты.
- 3) На стр. 12 есть общее описание образцов. Но чем отличаются образцы FMQ1 и FMQ3 в тексте не сказано.
- 4) Часто приводятся результаты расчетов с использованием различных теоретических моделей. Хотелось бы видеть некоторое описание самих этих моделей или, по крайней мере, ссылку на работы, в которых они изложены.

На мой взгляд, работа была бы более полной, если часть экспериментов было бы проведено не только на структурах с квантовыми ямами, но и с квантовыми точками, в которых квантово-размерный эффект выразит более ярко, а так же на коллоидных квантовых точках с марганцем, симметрия которых более высокая.

Тем не менее, общая оценка работы, несомненно, положительная. Впервые наблюдаемые в работе эффекты указывают на возможные направления дальнейших исследований, которые могут развиваться, как в сторону дальнейшего изучения фундаментальных вопросов спинтроники, так и в сторону практического применения полученных результатов. Это подчеркивает **научную и практическую значимость** данной диссертации.

Работа полностью соответствует требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор Димитриев Григорий Семенович, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – «Физика полупроводников».

Научный сотрудник Технического университета

г. Дортмунд (Германия), доктор физ.-мат. наук

Е.А.Жуков