

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

**Физический
ИНСТИТУТ**



*имени
П.Н.Лебедева*

Российской академии наук

Ф И А Н

119991, Москва, В-333
Ленинский проспект, 53, ФИАН
Телефоны: (499) 135 1429
(499) 135 4264
Телефакс: (499) 135 7880
<http://www.lebedev.ru>
postmaster@lebedev.ru

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель директора Федерального
государственного
бюджетного учреждения науки

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН

Д.Ф. - м.н. С.Ю. Савинов



09 2015 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации о диссертационной работе Кокурина Ивана Александровича «Эффекты спин-орбитального взаимодействия в ультратонких полупроводниковых наноструктурах», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Спин-орбитальное взаимодействие является релятивистским эффектом. То, что такие эффекты достаточно сильно проявляются в твердых телах, безусловно, интересно с точки зрения фундаментальной физики. Оказалось, что спин-орбитальное взаимодействие не только определяет особенности спектра многих полупроводников, но и предоставляет возможность управлять спином с помощью оптического возбуждения или тока, поскольку при наличии спин-орбитального взаимодействия импульс электронов связан с их спиновой поляризацией. Эффекты оптической ориентации спинов сейчас уже хорошо изучены, как теоретически, так и экспериментально. Однако, особенности спин-орбитального взаимодействия для низкоразмерных систем могут сильно отличаться от изученных объемных свойств. В то же время, с точки зрения потенциального использования эффектов, связанных со спин-орбитальным взаимодействием, исследование именно низкоразмерных полупроводниковых структур представляет особенный интерес. Так что, кроме

несомненного научного интереса, исследования в этой области важны и для разработки физических принципов новых устройств, основанных на новых методах управления спиновой поляризацией. Поэтому задачи, рассмотренные в диссертации И.А. Кокурина, несомненно, являются актуальными и имеющими практическое значение.

В работе, по сути, решены три задачи, соответствующие трем содержательным главам диссертации.

В первой главе рассчитана степень спиновой поляризации электронов при оптическом поглощении с ионизованной примеси марганца в зону проводимости. Существенным результатом является то, что изменение волновых функций в квантовой яме по сравнению со случаем однородного материала приводит к усилению спиновой поляризации. Если в однородном полупроводнике невозможно создать поляризацию больше 50%, то здесь, по оценкам, степень поляризации может быть выше – до 85%. Поэтому такие системы открывают новые возможности оптической ориентации спинов электронов.

Во второй главе изучается кондактанс и термоэдс двумерных электронных слоев на поверхности цилиндра. Показано, что спин-орбитальное взаимодействие приводит к особому виду спектра одномерных подзон, что приводит к характерным особенностям в проводимости и термоэдс при изменении концентрации носителей в таких поверхностных состояниях. Кроме того, в рассмотренной геометрии цилиндрического образца, прикладывая продольное магнитное поле можно также менять спектр и физические характеристики поверхностных состояний.

В третьей главе показано, что в одномерных квантовых проволоках можно создавать ток однородную спиновую плотность. Для того чтобы это стало возможным, необходимо, чтобы электроны заполняли как минимум две подзоны размерного квантования. Эффект спиновой поляризации связан с одновременным действием спин-орбитального взаимодействия и рассеяния электронов на примесях из подзоны в подзону. Существенно, что величина степени поляризации носителей может быть достаточно велика – близка к аналогичной величине в двумерных системах.

В работе предсказаны новые явления в области спин-зависимых явлений в полупроводниках, поэтому полученные результаты имеют несомненную значимость для развития теории в данной области. Практическое значение результатов работы определяется тем, что они могут быть использованы для разработки физических принципов новых устройств.

Достоверность полученных в диссертации результатов обеспечивается применением адекватных теоретических методов исследования. Основные результаты диссертационной

работы И.А. Кокурина опубликованы в 3 статьях в журналах, рекомендованных ВАК России и индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus. В опубликованных статьях полностью изложены положения диссертации, выносимые на защиту.

Результаты диссертационной работы Кокурина И.А. можно рекомендовать к использованию в ряде научно-исследовательских институтов: в Физическом институте им. П.Н. Лебедева РАН, Институте физики твердого тела РАН, Институте физики полупроводников СО РАН и др. Кроме того, результаты данной диссертационной работы могут найти применение в учебном процессе в вузах и при подготовке специалистов в области физики твердого тела и физики полупроводников.

Некоторые замечания по диссертации состоят в следующем:

В первой главе степень поляризации при оптическом возбуждении из примесного состояния Mn^{2+} в зону проводимости рассчитывалась при нулевой температуре. Для практических применений было бы полезно оценить, насколько изменяется эффект при повышении температуры, когда начинает сказываться ионизация компенсирующих доноров и появляются температурные зависимости скорости релаксации возбужденных состояний в зоне проводимости.

Применение формулы Ландауэра во второй главе описывает проводимость идеализированной одномерной системы. В реальных системах на концах одномерного канала есть рассеяние, изменяющее общую проводимость системы. Для описываемых систем это может быть особенно существенно, если материал контактов имеет другую величину спин-орбитального взаимодействия.

Некоторые понятия появляются без объяснений, например, существенное понятие матрицы генерации (1.10) определяется только формулой, без пояснения ее смысла.

Высказанные замечания не ставят под сомнение значимость полученных в диссертации результатов.

В целом, диссертация представляет собой законченную научную работу, выполненную на высоком уровне. Представленные в ней новые результаты были получены автором самостоятельно. Результаты, вошедшие в диссертацию, достоверны, были своевременно опубликованы в зарубежных и российских физических журналах, докладывались на семинарах, российских и международных конференциях. Выводы и заключения, сделанные автором, обоснованы. В автореферате правильно и полностью изложено содержание диссертационной работы.

Таким образом, диссертация Кокурина И.А. «Эффекты спин-орбитального взаимодействия в ультратонких полупроводниковых наноструктурах», полностью удовлетворяет всем требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней,

предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Отзыв составил

Зав. сектором ОТФ ФИАН

д.ф.-м.н., член-корреспондент РАН



П.И. Арсеев

Отзыв обсужден на заседании Ученого совета ОТФ ФИАН от 17.09.2015 г. протокол №_1/09/15__.

Ученый секретарь ОТФ ФИАН

д.ф.-м.н.



А.А. Полежаев