

## Отзыв

на автореферат диссертации Гурина Александра Сергеевича «Исследование полупроводниковых кристаллов и наноструктур  $A_2B_6$  с магнитными примесями методом оптически детектируемого магнитного резонанса», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

В последние годы интенсивно идет поиск наноразмерных объектов для реализации записи и передачи информации, используя возможности управлять внешними полями квантовыми переходами между уровнями ядерного или электронного магнитных моментов. В литературе идет огромный поток информации по реализации квантовых кубитов на основе оптически активных центров в алмазе:  $NV^-$ ,  $SiV^-$  и  $GeV^-$  центров. Основная идея использования подобных центров заключается в возможности управлять люминесценцией этих центров осуществляя резонансные переходы в системе уровней спинового состояния. И в этом плане метод оптического детектирования магнитного резонанса является наиболее чувствительным и информативным методом исследования таких наноразмерных объектов. Конечно использование  $NV^-$ ,  $SiV^-$  и  $GeV^-$  центров в алмазе это одно из многих направлений реализации квантовых кубитов для создания квантовых компьютеров. Подобные магнитные системы реализуются и на других парамагнитных центрах в различных матрицах. Поэтому развитие метода ОДМР для изучения влияния размерных эффектов при реализации наноразмерных элементов спинтроники является актуальной задачей. В качестве объектов исследования в работе использовались наноструктуры  $(CdMn)Te/(CdMg)Te$  и кристаллический  $ZnO$  с примесью ионов железа  $Fe^{3+}$ .

К наиболее важным результатам диссертационной работы Гурина Александра Сергеевича следует отнести следующие:

- модифицирована схема ОДМР спектрометра, позволяющая за счет использования вставки внутри криостата – «концентратора» микроволнового поля, состоящего из двух рупорных антенн, соединенных отрезком круглого волновода реализовать безрезонаторный вариант регистрации спектров ОДМР, это снимает ограничения на размер исследуемых образцов и обеспечивает возможность локальной диагностики распределения исследуемых центров в образце;
- новый вариант схемы регистрации спектров ОДМР позволил выяснить особенности процессов взаимодействия ионов марганца с локализованными дырками в наноразмерных квантовых ямах наноструктур  $(CdMn)Te/(CdMg)Te$ ;

- показано, что в наноструктурах  $(\text{CdMn})\text{Te}/(\text{CdMg})\text{Te}$  с квантовыми ямами различной ширины происходит направленное туннелирование электронов к более широким ямам, в результате чего в узких ямах создается избыточная концентрация дырок и создаются комплексы, образованные ионами марганца и локализованными дырками;
- установлено, что люминесценция  $\text{Fe}^{3+}$  в монокристаллах  $\text{ZnO}$  возбуждается вследствие передачи энергии донорно-акцепторной рекомбинации примесным ионам железа
- показана возможность использования в спинтронике оптически активных центров  $\text{Fe}^{3+}$  в монокристаллах  $\text{ZnO}$ .

В качестве замечаний отметить следующее:

1. Пункт 5 научной новизны является продолжением пункта 4, в котором уже говорится о том, что появление интенсивной люминесценции  $\text{Fe}^{3+}$  в монокристаллах  $\text{ZnO}$  обусловлено передачей энергии донорно-акцепторной рекомбинации ионам железа.
2. Из текста автореферата следует, что наблюдаемые широкие линии в спектрах ОДМР  $(\text{CdMn})\text{Te}/(\text{CdMg})\text{Te}$  обусловлены образованием обменно связанных комплексов локализованной дырки с несколькими ионами марганца и в тоже время не рассматривается обменное взаимодействие непосредственно между ионами марганца при их неоднородном распределении в структуре.
3. В главе 3 (стр.14 автореферата) говорится о том, что «оценены параметры тонкой структуры изолированного марганца, обменного расщепления в парах...», но в автореферате эти данные не приводятся.

Я полагаю, что в диссертации есть детальное описание исследуемых образцов и приведены параметры спектров ЭПР (ОДМР) как обменно связанных ионов марганца с локализованными дырками, так и спектров ЭПР  $\text{Fe}^{3+}$ . Отмеченные замечания не влияют на хорошее впечатление о диссертационной работе. Задачи, которые ставил перед собой соискатель, решены. Выводы диссертации не вызывают сомнения. Результаты работы апробированы на большом количестве российских и международных конференций и опубликованы в 5-ти специализированных научных журналах, входящих в список рекомендованных ВАК. Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния. Полученные в диссертационной работе результаты являются развитием метода ОДМР для решения актуальных задач спинтроники. С помощью адаптированного метода ОДМР к наноразмерным образцам для полупроводниковых структур  $(\text{CdMn})\text{Te}/(\text{CdMg})\text{Te}$  и  $\text{ZnO}$  изучено влияние размера квантовых ям в наноразмерном диапазоне на спектры ОДМР и проанализированы причины, приводящие к усилению люминесценции  $\text{Fe}^{3+}$  в структуре  $\text{ZnO}$ .

На основании вышеизложенного следует сделать заключение, что диссертационная работа Гурина Александра Сергеевича «Исследование полупроводниковых кристаллов и наноструктур  $A_2B_6$  с магнитными примесями методом оптически детектируемого магнитного резонанса» соответствует требованиям пункта №9 Положения ВАК «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ. А сам автор диссертации Гурин Александр Сергеевич заслуживает присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Заведующий лабораторией Федерального  
государственного бюджетного учреждения науки  
Института неорганической химии  
им. А.В. Николаева СО РАН, д.ф-м н.

Владимир Акимович Надолинный

e-mail: [spectr@niic.nsc.ru](mailto:spectr@niic.nsc.ru)

р/т. 8(383)330-95-15

Почтовый адрес: 630090, Новосибирск,

Проспект Лаврентьева, д.3, Институт неорганической химии

им. А.В. Николаева СО РАН