

# **17** ВСЕРОССИЙСКАЯ МОЛОДЕЖНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

по физике полупроводников и наноструктур,  
полупроводниковой опто- и наноэлектронике

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**



23-27 ноября 2015 года  
**Санкт-Петербург**

Санкт-Петербург  
Издательство Политехнического университета  
2015

Министерство образования и науки Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО



**ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ  
И НАНОСТРУКТУР,  
ПОЛУПРОВОДНИКОВАЯ  
ОПТО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКА**

Тезисы докладов 17-й всероссийской  
молодежной конференции

23–27 ноября 2015 года  
Санкт-петербург

Санкт-Петербург  
Издательство Политехнического университета  
2015

Физика полупроводников и наноструктур, полупроводниковая опто- и наноэлектроника : тезисы докладов 17-й всерос. молод. конф. 23–27 ноября 2015 года. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 142 с.

#### **Организаторы конференции**

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
Санкт-Петербургский академический университет -  
научно-образовательный центр нанотехнологий РАН  
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН  
Санкт-Петербургский государственный университет

#### **Конференция проведена при финансовой поддержке**

Российского фонда фундаментальных исследований, проект 15-32-10297 мол\_г  
Закрытого акционерного общества «Полупроводниковые приборы»

#### **Председатель конференции**

Р.А. Сурис, акад. РАН, ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН

#### **Программный комитет**

Председатель – Р.А. Сурис, акад. РАН, ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН

#### **Члены комитета:**

В.Ф. Агсмян, СПбГУ, С.-Петербург	М.С. Каган, ИРЭ РАН, Москва
В.Я. Алешкин, ИФМ РАН, Н.Новгород	В.Л. Корнев, ФТИ РАН, С.-Петербург
С.Ю. Вербин, СПбГУ, С.-Петербург	В.П. Кочерешко, ФТИ РАН, С.-Петербург
Л.Е. Воробьёв, СПбПУ, С.-Петербург	Н.Н. Сибельдин, ФИАН РАН, Москва
Г.Ф. Глинский, СПбГЭТУ, С.-Петербург	О.М. Сресели, ФТИ РАН, С.-Петербург
А.В. Двуреченский, ИФП СО РАН, Новосибирск	Д.Р. Хохлов, МГУ, Москва
А.Е. Жуков, Академический университет, С.-Петербург	

#### **Организационный комитет**

Л.Е. Воробьёв, СПбПУ, С.-Петербург (председатель)  
Т.А. Гаврикова, СПбПУ, С.-Петербург (ученый секретарь)

#### **Члены оргкомитета:**

Р.М. Балагула, СПбПУ, С.-Петербург	В.П. Кочерешко, ФТИ РАН, С.-Петербург
Е.В. Владимирская, СПбПУ, С.-Петербург	В.Ю. Паневин, СПбПУ, С.-Петербург
А.Е. Жуков, Академический университет, С.-Петербург	Д.А. Фирсов, СПбПУ, С.-Петербург
В.А. Зыков, СПбПУ, С.-Петербург	В.А. Шальгин, СПбПУ, С.-Петербург
В.Э. Гасумянц, СПбПУ, С.-Петербург	

© Санкт-Петербургский политехнический  
университет Петра Великого, 2015

## **ОБЪЕМНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛУПРОВОДНИКОВ (ОСП)**

УДК 537.632.4

Л.Ю. Беляев (студ., 5 курс, СПбГУ, физ. фак., каф. фотоники),  
Г.Г. Козлов (к.ф.-м.н., с.н.с., СПбГУ), С.В. Полтавцев (к.ф.-м.н., с.н.с., СПбГУ),  
И.И. Рыжов (инж., СПбГУ), В.С. Запасский (д.ф.-м.н., в.н.с., СПбГУ СОЛИАБ)

### **СПЕКТРОСКОПИЯ СПИНОВЫХ ШУМОВ**

Использование спина в качестве носителя и передатчика информации имеет мощный прикладной потенциал, поэтому исследование свойств спиновых систем является одной из важнейших задач современной физики. Метод спектроскопии спиновых шумов (ССШ) является очень молодой и бурно развивающейся экспериментальной методикой, позволяющей наблюдать за поведением спиновых систем в состоянии термодинамического равновесия. Отличительной чертой ССШ является принципиально невозмущающий характер измерительной процедуры. Пробный свет действует в области прозрачности среды и не вызывает никаких реальных оптических переходов [1].

Метод ССШ был предложен еще в 1981 году Е.Б. Александровым и В.С. Запасским [2], однако широкое практическое распространение получил только в последнее десятилетие, в том числе и для исследования полупроводниковых систем [3].

Известно, что общая намагниченность реальной спиновой системы, находящейся в постоянном хаотическом движении, в каждый момент времени случайно отклоняется от своего среднего значения. Согласно флуктуационно-диссипационной теореме, шумы данной системы, находящейся в магнитном поле, должны обнаруживать пик на частоте магнитного резонанса. Намагниченность среды может быть определена оптически по повороту плоскости поляризации (эффект Фарадея) прошедшего через нее света. Следовательно, флуктуации намагниченности будут приводить к флуктуациям фарадеевского вращения.

Для измерений ССШ, свет от лазерного источника в геометрии Фохта фокусируется на образец. Прошедший через образец свет направляется на поляризатор. Согласно закону Малюса, интенсивность прошедшего через поляризатор света будет изменяться при изменении угла между осью поляризатора и плоскостью поляризации падающего света. Затем, используя балансный фотодетектор, подавляются избыточные шумы. После чего сигнал попадает на радиочастотный Фурье-спектроанализатор, позволяющий получить спектр шума в реальном времени. Полученный спектр позволяет определить динамические параметры спиновой системы, ее g-фактор и другие информативные данные.

1. V.S.Zapasskii, 2013, Adv. Opt. Photon., 5, 131
2. Е.Б.Александров и В.С.Запасский, 1981, ЖЭТФ, 54, 64
3. M.Oestreich, et al., 2005, Phys. Rev. Lett. 95, 2166032005

Д.С. Незнакин (асп., 4 год, Уральский ФУ, ИЕН, КММНМ), Ю.Э. Самошкина (к.ф.-м.н., н.с., Институт физики СО РАН), М.С. Молокеев (к.ф.-м.н., с.н.с., ИФ СО РАН), С.В. Семенов (к.ф.-м.н., м.н.с., ИФ СО РАН), Е.А. Степанова (к.ф.-м.н., доц., ИЕН УрФУ), И.С. Эдельман (д.ф.-м.н., г.н.с., ИФ СО РАН)

#### СТРУКТУРНЫЕ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК МАНГАНИТА $\text{Pr}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$

Тонкие пленки манганита синтезированы с помощью магнетронного распыления из мишеней  $\text{Pr}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$  на подложки  $\text{ZrO}$ , стабилизированного  $\text{Y}$ . Рентгеновская дифракция показала, что пленки являются однофазными, имеют структуру перовскита (пространственная группа  $\text{Pnma}$ ), параметры решетки близки к параметрам соответствующих массивных поликристаллических образцов, текстуры не обнаружено, линейные размеры 40-60 нм.

Температурные зависимости электросопротивления ( $R$ ) показали, что в исследуемых пленках имеет место переход Мотта (метал-изолятор) при некоторой температуре  $T_R$ , меньшей температуры магнитного упорядочения  $T_C$ . Выше  $T_R$  пленки являются полупроводниками, ниже – проявляют металлические свойства. При наложении магнитного поля  $R$  уменьшается, а  $T_R$  сдвигается в сторону более высоких температур. Влияние магнитного поля на величину сопротивления связано с тем, что оно приводит к локальному упорядочению спинов носителей заряда, которое, в свою очередь, затягивает ферромагнитное состояние в область более высоких температур.

Температурные зависимости намагниченности получены в двух режимах охлаждения образцов: в магнитном поле определенной величины (FC) и в отсутствии поля (ZFC). Измерения намагниченности проводились в процессе нагревания от 5 К в магнитном поле, в котором проводилось охлаждение FC. ZFC кривые демонстрируют максимум при некоторой температуре  $T_m$ , что характерно для магнитно-неоднородных сред таких, как ансамбли супер-парамагнитных частиц, спиновых стекол, поликристаллов со случайным распределением осей кристаллитов. Величина  $T_m$  в рассматриваемом случае зависит от величины поля, приложенного при измерении, и его ориентации по отношению к плоскости пленки. Чем больше поле, тем ниже  $T_m$ . Для объяснения полученных результатов привлекаются два различных механизма, связанные с разбросом осей легкого намагничивания нанокристаллитов в пленках и с реализацией спин-стеклового состояния при охлаждении пленок в режиме ZFC. Характер полевых зависимостей намагниченности пленок существенно изменяется при изменении температуры. При низких температурах наблюдаются практически прямоугольные петли гистерезиса с коэрцитивной силой ( $H_c$ ) несколько сотен Эрстед. При возрастании температуры  $H_c$  резко уменьшается, а магнитное насыщение не достигается вплоть до максимальной использованной величины поля 20 кЭ.

А.Н. Анисимов (асп., 2 год, ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН), И.Д. Бреев (студ., 4 курс, СПбПУ, каф. "Экспериментальная физика), С.А. Данилов (студ., 4 курс, СПбПУ, каф. "Экспериментальная физика), В.А. Солтамов (к.ф.-м.н., н.с., ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН), П.Г. Баранов (д.ф.-м.н., проф., ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН)

#### СПЕКТРЫ АНТИПЕРЕСЕЧЕНИЯ УРОВНЕЙ ВАКАНСИОННОГО КРЕМНИЕГО ЦЕНТРА, НАХОДЯЩЕГОСЯ В ПОЛИТИПЕ 4Н КАРБИДА КРЕМНИЯ

В этой работе приведен экспериментальный анализ спектров антипересечения Зейммановского расщепления парамагнитного центра карбида кремния. Он представляет собой отрицательно заряженную кремниевую вакансию в регулярном окружении с основным состоянием  $S = 3/2$ . В настоящее время принята модель  $V_{\text{Si}}$ -центров, в которой отрицательно заряженная вакансия кремния возмущена вакансией углерода. Расположены вакансии по направлению вдоль оси  $c$  кристалла, и основная спиновая плотность локализована на вакансии кремния. В политипе 4Н наблюдалась только вакансий кремния в гексагональной позиции. В других полиטיפах встречаются еще вакансии в квазикубической позиции. Эти позиции вакансий отличаются параметром расщепления  $D$  в спиновом гамильтониане:  $H = g\mu_B B S + D[S_z^2 - (1/3)S(S+1)]$ .

Отличительной особенностью данного центра является его стабильная люминесценция и возможность регистрировать спектры ОДМР при комнатной температуре. Похожим дефектом по уникальности является NV-дефект. Мы впервые наблюдали антипересечение энергетических уровней  $V_{\text{Si}}$ -центра с проекцией спина 1/2 и 3/2 при температурах выше комнатной почти на 300 К. Наблюдалась зависимость спада сигнала и антипересечения, пропорциональная спаду люминесценции. Было установлено, что изучаемый нами объект является стабильным и применимым в широком спектре температур. Результаты этой работы были поданы на публикацию.

Регистрация спектров антипересечения уровней с проекцией спина 1/2 и 3/2 происходит на специально изготовленном макете установки в рамках ФЦП 14.604.21.0083 от 30.06.2014 г «Разработка квантовых сенсоров на основе карбида кремния и создание диагностического приборного комплекса для сканирующей магнитометрии и термометрии» RFMEFI60414X0083. Макет позволяет производить регистрацию изменения фотолюминесценции при развертке магнитного поля. Развертка и модуляция магнитного поля подается на образец при помощи электромагнитов. Накачка образца осуществляется лазером 808 нм. Оптическая регистрация происходит с помощью фотодиода. Модуляцию магнитного поля осуществляет низкочастотный генератор.