

I. Отрасль науки: Физика (01.04.00)

II. Приоритетное направление «физика конденсированных сред»

III. Код ПН 02, код ТП 05 (см. Приложение 2,3)IV код ПНР 02 (см. приложение 3)

КРАТКИЙ АННОТАЦИОННЫЙ ОТЧЕТ О НАУЧНОИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ ПО ТЕМЕ:

1. Магнитные, магнитотранспортные и магнитооптические свойства микро и макронеоднородных металлов, полупроводников и диэлектриков.

1.1. Характер выполняемой работы: фундаментальная

1.2. Шифры: УДК 537.621; 537.622; 633.2; ГАСНТИ: 29.19

1.3. Номер госрегистрации 01201154429

1.4. Факультет: физический

1.5. Кафедра: магнетизма

2. РУКОВОДИТЕЛЬ(И) РАБОТЫ

2.1. Ведяев Анатолий Владимирович

2.2. Ученая степень и ученое звание: д.ф.-м.н., профессор

2.3. Телефон для контактов 939-47-87

2.1. Грановский Александр Борисович

2.2. Ученая степень и ученое звание: д.ф.-м.н., профессор

2.3. Телефон для контактов 939-47-87

3. ИСТОЧНИКИ И ОБЪЕМЫ ФИНАНСИРОВАНИЯ, ПОЛУЧЕННЫЕ И ОСВОЕННЫЕ

ИСТОЧНИКИ	ОБЪЕМЫ (тыс. руб.)	
	Получено	Освоено собственными силами
Денежные средства в виде субсидий по разделу 01 10 на выполнение фундаментальных научных исследований в соответствии с госзаданием МГУ, ч. 2 (бывший 01 10)		
Гранты		
РФФТ 15-02-02077	450	450
РФФИ 15-02-01976	450	450

4. РЕЗУЛЬТАТЫ

4.1. Теоретически исследован новый механизм возникновения шума за счет флуктуаций вектора неравновесной намагниченности в латеральных спин-вентильных структурах. Показано, что отношение сигнал/шум убывает при уменьшении длины рассеяния электронов с переворотом спина. Таким образом, применение подобных структур в устройствах спинтроники наиболее эффективно при использовании сверхчистых материалов с большой длиной рассеяния электронов с переворотом спина. По результатам

исследования сделан доклад на Ломоносовских чтениях (2016г.) и подготовлена статья в печать.

4.2. Теоретически исследован обратный спин-Холл эффект в латеральных спин-вентильных структурах. Показано, что данный эффект зависит от направления намагниченности ферромагнитного электрода анализатора, и, таким образом, подобные структуры могут использоваться как новый тип сенсоров магнитного поля. По результатам исследования сделан доклад на Международном симпозиуме «Нанофизика и Нанoeлектроника», Нижний Новгород, 14-18 марта 2016г. (Материалы симпозиума, том 1, стр. 151). Также подготовлена статья в печать.

4.3. Выполнены экспериментальные исследования магнитных, магнитокалорических, транспортных, магнитооптических свойств ряда тройных и четверных сплавов Гейслера на основе Ni-Mn-In в виде поликристаллических объемных образцов. В поле 14 Т методом экстракции проведены прямые измерения адиабатического изменения температуры трех образцов с различными температурами мартенситного перехода и установлено, что магнитокалорический эффект возрастает когда температура перехода приближается к температуре Кюри аустенитной фазы. В сильном поле эффект насыщается. Обнаружен эффект сильного влияния на величину адиабатического изменения температуры скорости нагрева образцов до приложения поля. Для образцов допированных бором и хромом получены полевые зависимости сопротивления Холла и определены коэффициенты нормального и аномального эффекта Холла. Обнаружено два пика изменения адиабатической температуры при легировании алюминием. Методом ЭПР подтверждено двойникование в мартенситной фазе. Проведено теоретическое исследование магнитокалорического эффекта в ферро- антиферромагнетиках с выходом за приближение среднего поля. Получены дополнительные вклады в теплоемкость за счет спин-спиновой корреляции.

4.4. Исследованы магнитооптические (МО) и оптические свойства разбавленных магнитных полупроводников (РПМ) Ga(In)MnAs с концентрацией Mn до 10%, полученных методом ионной имплантации и импульсным лазерным отжигом. Для всех образцов был обнаружен сильный магнитооптический отклик в области низких температур, температура появления ЭЭК (эффективная температура Кюри) зависела от концентрации Mn. Вид спектров ЭЭК имплантированных образцов существенно отличался от вида спектров ЭЭК, для систем Ga(In)MnAs, приготовленных методом лазерной абляции с температурами Кюри вблизи комнатной, магнетизм которых связан с присутствием кластеров MnAs. По данным магнитооптической и оптической спектроскопии вычислены спектры действительной, $\epsilon'_1(E)$, и мнимой, $\epsilon''_2(E)$, частей недиагональных компонент тензора диэлектрической проницаемости. Положение особенностей в спектрах ЭЭК и $\epsilon''_2(E)$ изучаемых образцов сопоставляется с энергией переходов в критических точках зонной структуры полупроводниковых матриц GaAs и InAs. Наблюдаемые особенности в МО спектрах отнесены к переходам между обменно-расщепленными валентной зоной и зоной проводимости. Сделан вывод о собственной природе ферромагнетизма в РПМ Ga(In)MnAs, полученных методом ионной имплантации и импульсным лазерным отжигом.

Для серии GaMnAs слоев, выращенных лазерным напылением изучены магнитооптические и оптические свойства, также как и сопротивление, эффект Холла и намагниченность. Для некоторых образцов обнаружено появление ферромагнетизма в области температур ниже 80К. Установлено, что распределение Mn в них сильно неоднородно и что МО сигнал наблюдается от ферромагнитных включений (Ga,Mn)As с повышенной концентрацией марганца. Наблюдаемые особенности МО спектров связываются со значительным сдвигом уровня Ферми вглубь валентной зоны.

Измерены магнитооптические спектры наноконпозитов: $(\text{CoFeB})_x\text{C}_{1-x}$ в широкой области концентраций x .

4.5. Проведена разработка и сборка двумерного координатного стола и экспериментально получено распределение токов в метаатомах 2D магнитного метаматериала из 25 элементов с резонансной частотой 50.9 МГц. Методом обратной матрицы импедансов проведен расчет возбуждения магнитоиндуктивных волн в 2D магнитном метаматериале и получено хорошее согласие с результатами эксперимента.

Впервые получены распределения поверхностных зарядов, распределение электрического и магнитного полей для одного и двух элементов вблизи резонансных частот, а также для линейной структуры, состоящей из большого числа элементов, представляющих собой дважды расщепленные кольцевые резонаторы с щелями, направленными друг к другу. Экспериментально и методами численного моделирования подтвержден преобладающий электрический характер взаимодействия элементов данного типа, а также с помощью аналитических расчетов были получены коэффициенты магнитного и электрического взаимодействия.

5. КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Латеральные спин-вентильные структуры, спиновый эффект Холла, обратный спиновый эффект Холла, сплавы Гейслера, магнитокалорический эффект, магнитооптический эффект Керра, магнитотранспортные свойства, разбавленные магнитные полупроводники, метаматериалы.

Подпись руководителя работы,
профессор

Зав.кафедрой магнетизма
профессор



А.В. Ведяев

Н.С.Перов