

**Аннотация к циклу работ, выдвигаемых на конкурс на соискание премии
СПбГУ за научные труды в категории «За вклад в науку молодых
исследователей»**

**«Спиновая поляризация конуса Дирака в системах на основе графена и
топологических изоляторов»**

**Климовских Илья Игоревич, к.ф.-м.н., младший научный сотрудник кафедры
ЭТТ**

В данном цикле работ представлены результаты экспериментального исследования электронной и спиновой структуры систем на основе графена, контактирующего с тяжелыми металлами (Pb, Ir, Pt) и двух- и трехмерных топологических изоляторов. Анализ проводился с точки зрения возможности управления уникальной структурой Дираковского конуса в этих системах и с целью эффективного применения в устройствах спинтроники и квантовых компьютеров.

В последние годы основным направлением развития физики конденсированного состояния является поиск и изучение новых типов материалов, характеризующихся уникальными электронными, оптическими, магнитными или механическими свойствами, которые описываются фундаментально новыми принципами. Так недавно был открыт ряд твердотельных систем в которых динамика электронов описывается релятивистским уравнением Дирака вместо классического уравнения Шредингера. При этом масса релятивистских фермионов может обращаться в ноль, приводя к формированию линейной дисперсии электронных состояний, так называемого конуса Дирака. К таким материалам относятся системы на основе графена и топологические изоляторы, которые могут быть применены в самых различных прикладных областях вследствие целого ряда эффектов, не присущих классической твердотельной электронике.

Изучению нового класса Дираковских материалов графена (Нобелевская премия 2008 года по физике) и топологических изоляторов (Нобелевская премия 2016 года по физике) уделяют все большее внимание множество отечественных и зарубежных научных коллективов. Помимо несомненного прикладного интереса эти материалы позволяют реализовать неожиданные феномены из области физики элементарных частиц, такие как магнитный монополь или фермионы Майорана – частицы, тождественные своим античастицам. Для их наблюдения и для применения в устройствах спинтроники и квантовых компьютеров необходима возможность надежного управления электронной и спиновой структурой топологических изоляторов и графена.

С целью изучения контакта графена с различными подложками Климовских И.И. был предложен и отработан новый метод синтеза графена на Pt(111) [1] а также интеркаляции атомов Pt и Pb под графен на Pt(111) и Ir(111).[4,5] Более того, методом фотоэлектронной спектроскопии была исследована электронная и спиновая структура систем, демонстрирующая спиновую поляризацию конуса Дирака в графене. На основе полученных

данных было разработано устройство генерации спиновых токов на основе графена с целью перемагничивания нанообъектов (элементов памяти).[2] Наконец, в системе графен/Pb/Pt(111) Климовских И.И. была обнаружена запрещенная зона, и исходя из спин-разрешенных данных сделан вывод о ее спин-орбитальном характере.[5] Данный эффект свидетельствует о создании в графене фазы топологического изолятора, и открывает перспективы применения графена в устройствах квантовых компьютеров.

Для изучения трехмерных топологических изоляторов Климовских И.И. были получены фотоэмиссионные данные для ряда соединений с различной стехиометрией, включая дробную.[3,7,8] Показано, что вариация состава топологических изоляторов приводит к изменению величины объемной запрещенной зоны и положению точки Дирака. Это позволяет управлять поверхностными транспортными свойствами топологических изоляторов для применения в спинтронике. В работе [6] было продемонстрировано что спиновые токи и намагниченность в топологических изоляторах, необходимые для работы устройств спинтроники, могут быть созданы при помощи циркулярно-поляризованного синхротронного излучения, причем при температурах, выше критической.

Измерения проводились на самом современном оборудовании в центрах синхротронного излучения BESSY II (г. Берлин, Германия), Elettra (г. Триест, Италия), SLS, (г. Филлиген, Швейцария), HiSOR (г. Хиросима, Япония) и в ресурсном центре СПбГУ “Физические методы исследования поверхности”. Результаты были представлены на 15 международных конференциях, в том числе приглашенный доклад на Science and Progress’ 2016, и устные доклады на New Trends in Topological Insulators (NTTI 2016) (г. Вюрцбург, 2016), 3 European Workshop on Graphene and 2D Materials (EWEG-2D 2016) (г. Кельн, 2016).

Результаты опубликованы в 8 статьях в высокорейтинговых журналах, в том числе ACS Nano (IF=13.334) и Physical Review B. По результатам данного цикла работ Климовских И.И. 15.06.2017 защищена кандидатская диссертация на тему «Электронная и спиновая структура систем на основе графена и топологических изоляторов» .