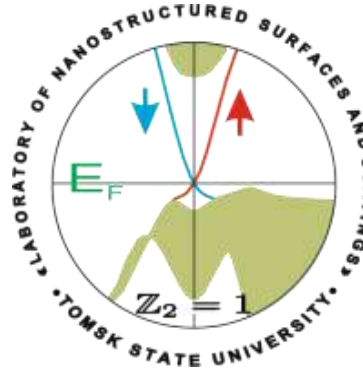




ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ОСНОВАН В 1878 ГОДУ

Лаборатория наноструктурных поверхностей и покрытий



Грант правительства Российской Федерации для государственной поддержки научных исследований проводимых под руководством ведущих ученых в российских образовательных учреждениях высшего профессионального образования по направлению «Физика и технология создания наноструктурных материалов и покрытий»
от 25 ноября 2010 г

Лаборатория



Ведущий ученый **д.ф.-м.н., проф. Евгений Владимирович Чулков-Савкин** (Международный центр по физике, г. Сан-Себастьян, Испания).

Зав. лабораторией, зам. директора ИФПМ СО РАН, **к.ф.-м.н., доцент, Владимир Михайлович Кузнецов**



На данный момент в состав лаборатории входят 44 человека, из них 6 докторов наук, 16 кандидатов, 5 аспирантов и 12 студентов.

За время существования лаборатории:

- ✓ защищены 2 магистерские диссертации
- ✓ защищены 3 кандидатские диссертации
- ✓ в аспирантуру ТГУ из сторонних организаций принято 2 человека
- ✓ 6 молодых ученых лаборатории прошли стажировки в ведущих научных центрах
- ✓ 15 сотрудников лаборатории проводили совместные исследования за рубежом
- ✓ в лаборатории прошли стажировку 15 молодых ученых из сторонних организаций
- ✓ Два студента лаборатории в 2011 году получили стипендию Президента РФ и Правительства РФ.

Лаборатория

- В **2011** году в рамках выполнения проекта была **разработана магистерская программа** «Квантовая теория конденсированного состояния объемных и наноразмерных систем» по направлению 011200 – «Физика» (руководитель программы профессор Е.В. Чулков-Савкин), реализация которой будет начата с 1 сентября 2012г.
- В **2012** году получено **положительное решение на патент** (полезная модель) «Устройство для создания однородно-распределенной газоразрядной плазмы в больших вакуумных объемах технологических установок»
- В **ТГУ** принят к учету объект коммерческой тайны «**НОУ-ХАУ**» (315 000 рублей). По закону №217-ФЗ создано малое предприятие ООО «ГРАДИЕНТ».

Основные цели проекта

- **Исследование фундаментальных свойств** нового перспективного класса материалов — **топологических изоляторов**, которые могут быть использованы для создания топологических **квантовых компьютеров** и в комбинации с ферромагнетиками, для развития **нового типа устройств магнитной памяти**, основанных на эффекте вращения спина, а также в сочетании со сверхпроводниками для создания **нового типа сверхпроводящих материалов**;
- **Исследование электронных и транспортных свойств** новых **дискретных сплавов**, основанных на двумерных ферромагнитных системах, внедрённых в полупроводники и предсказание нового класса данных сплавов с сильным ферромагнетизмом;
- **Исследование атомных, электронных и колебательных свойств**, а также механизмов затухания **электронных возбуждений** на идеальных и наноструктурированных поверхностях с ультратонкими покрытиями, на поверхностях с метал-молекулярными покрытиями и на **метал-керамических интерфейсах**;
- **Развитие новой технологии создания высокопрочных покрытий.**

Сотрудничество

- Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,
 - Институт физики полупроводников СО РАН

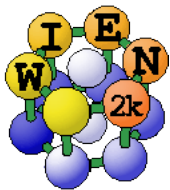
- Международный физический центр (г. Сан-Себастьян, **Испания**);
- Институт физики микроструктуры Макса Планка (Галле, **Германия**);
 - Институт Физики АН (Баку, **Азербайджан**);
 - Институт прикладной физики (Гамбург, **Германия**);
 - Институт Пауля Шерера (Филлиген, **Швейцария**)

За **2011** год сотрудниками лаборатории опубликовано **40** статей в ведущих научных журналах, в том числе **17** публикаций в соавторстве с профессором **Чулковым-Савкиным Е.В.**

Статья «Атомно-спиновая структура и глубокие подповерхностные состояния в гомологической серии топологических изоляторов» опубликована в высокорейтинговом журнале

«Nature Communication» (импакт фактор - 15)

Используемые программные пакеты



А также: *HUTSEPOT*

Использование данных программных пакетов позволяет проводить исследования:

кристаллической и электронной структур, магнитного порядка, магнитной анизотропии, критических температур, магнитооптических и транспортных свойств, а также эффектов беспорядка

Классы систем:

объемные материалы, поверхности, границы раздела, ультратонкие пленки, адатомы, атомные кластеры, тонкие проволоки и молекулы;

+ *Моделирование методами Монте-Карло, молекулярной динамики, методом погруженного атома и др.*

Кроме того, *в лаборатории развиваются модельные методы исследования поверхностей в рамках псевдопотенциального подхода.*

Вычислительный кластер CRYSTAL



Crystal – это вычислительный кластер ЛНПП.

- ✓ 24 узла/48 шестиядерных процессоров IntelXeon 5670, 2,93ГГц (Westmere)/48Gb RAM (288 ядер, 4 Гб RAM на ядро)
- ✓ Внешняя дисковая система хранения данных 24 Тб с параллельной файловой системой GPFS
- ✓ Скорость передачи сообщений между узлами QDR Infiniband 40 Гб/сек
- ✓ Пиковая производительность 3.5 Тфлопс
- ✓ Эффективность взаимодействия вычислительных узлов 82%
- ✓ Операционная система RedHat Enterprise Linux
- ✓ Пакет программ Intel Cluster Studio 2011 for Linux

Кроме того, имеется квота на **Суперкомпьютере СКИФ CYBERIA (skif.tsu.ru)**



СКИФ CYBERIA – это межрегиональный супервычислительный центр ТГУ.

- ✓ 282 узла/564 двухядерных процессора Intel Xeon 5150, 2,66ГГц (Woodcrest)/8Gb RAM
- ✓ 358 узлов/716 шестиядерных процессоров IntelXeon 5670, 2,93ГГц (Westmere)/(24Gb, 48Gb (T-Blade 1.1)RAM и 24Gb RAM (T-Blade 2))
- ✓ Скорость передачи сообщений между узлами Mellanox Infiniband QDR 40 Гб/сек с задержкой не более 2,5 мкс
- ✓ Пиковая производительность 62,351 Тфлопс
- ✓ Внешняя дисковая система хранения данных 48 Тб
- ✓ Суммарный объем оперативной памяти 11,808 Тб

Топологические изоляторы

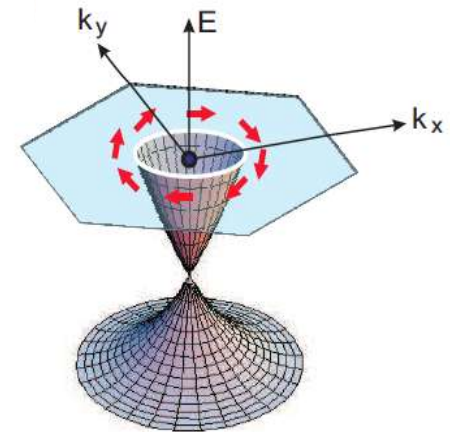


Зонная структура:

объем – полупроводник (изолятор),
поверхность (граница с вакуумом или
изолятором) имеет металлический характер.

Проводящие свойства поверхности ТИ обусловлены возникновением особых поверхностных состояний расщепленных по спину в результате сильного спин-орбитального взаимодействия.

Такие поверхностные состояния имеют линейную дисперсию и образуют конус Дирака. При этом за счет симметрии по отношению к обращению времени электроны защищены от обратного рассеяния на дефектах.

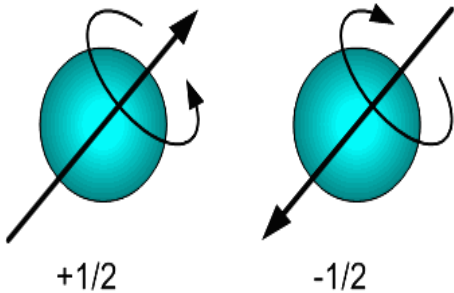


Результаты исследования

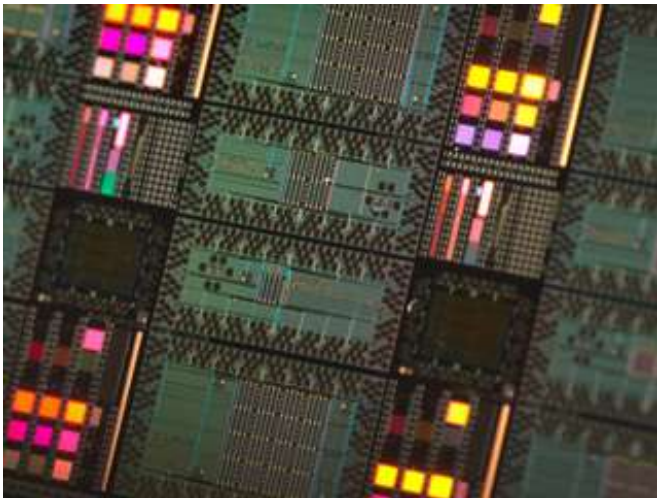
m	Bi_2Te_3	ν_0	Sb_2Te_3	ν_0	Bi_2Se_3	ν_0
1	GeBi_2Te_4	1	GeSb_2Te_4	1		
	SnBi_2Te_4	1	SnSb_2Te_4	1	SnBi_2Se_4	0
	PbBi_2Te_4	1	PbSb_2Te_4	1	PbBi_2Se_4	1
2	GeBi_4Te_7	1	GeSb_4Te_7	1		
	SnBi_4Te_7	1	SnSb_4Te_7	1		
	PbBi_4Te_7	1	PbSb_4Te_7	1	PbBi_4Se_7	1
3	$\text{GeBi}_6\text{Te}_{10}$	1	$\text{GeSb}_6\text{Te}_{10}$	0		
	$\text{SnBi}_6\text{Te}_{10}$	1				
	$\text{PbBi}_6\text{Te}_{10}$	1				

- Меньщикова Т.В. Электронная структура трехмерных топологических изоляторов // Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Томск, 2011.

Возможные практические приложения



- Спин-поляризованные токи практически без потерь энергии – **спинтроника**



- На границе раздела ТИ и сверхпроводников ожидается образование фермионов Майораны – **квантовые компьютеры.**
- Комбинация ТИ с ферромагнетиками - **новый тип устройств магнитной памяти,** основанных на эффекте вращения спина

Актуальные проблемы в исследовании ТИ

- ❑ Отсутствие полной информации о спиновой текстуре Дираковского состояния для известных ТИ
- ❑ Отсутствие ТИ, обладающих необходимыми электронными свойствами для практического приложения
- ❑ Мало изучены способы улучшения и управления проводящими свойствами ТИ

Дальнейшие исследования

1. Исследование электронной структуры топологических изоляторов, в том числе в комбинации с различными сверхпроводниками.
2. Поиск путей управления спиновым транспортом в гибридных структурах топологический изолятор/ферромагнетик.
3. Учет эффектов беспорядка при поверхностном и объемном легировании топологических изоляторов атомами переходных 3d-металлов. Поиск путей управления спиновым транспортом в данных системах.
4. Учет эффектов беспорядка в дискретных магнитных сплавах.

Создание многоэлементных нанокompозитных градиентных покрытий

✓ Повышение функциональных свойств материалов и изделий различного назначения .

(антифрикционные износостойкие покрытия деталей автомобилей и аэрокосмической отрасли, антикоррозионные и химические стойкие покрытия изделий, термостойкие покрытия, обработка медицинской техники и инструмента)

✓ Для этого создаются новые виды вакуумного ионно-плазменного оборудования.

Комплекс «ЛЕГЕНДА» имеет возможность реализации многих видов технологических процессов легирования и создания покрытий с применением низкотемпературной газоразрядной плазмы.



Вакуумный технологический комплекс

«СПРУТ»

Комплексные высокопроизводительные технологии формирования градиентно-композитных структур поверхностных слоев изделий и многокомпонентных многофункциональных покрытий методами ионно-плазменного легирования, в том числе, азотирования, поверхностного ионного миксинга, плазменно-иммерсионной ионной имплантации и осаждения тонких пленок, осуществляемыми в едином технологическом вакуумном цикле:

- *износостойкие покрытия инструмента*
- *антифрикционные износостойкие покрытия деталей машин*
- *антикоррозионные и химически стойкие покрытия изделий*
- *термостойкие покрытия изделий*
- *модификация дорогостоящих изделий*
- *покрытия диэлектрических изделий и материалов*
- *зубопротезные покрытия*
- *обработка медицинской техники и инструмента*
- *декоративные покрытия изделий*
- *отработка переходных технологий смежных отраслей: машиностроение, приборостроение, полупроводниковая промышленность*



Проблемы !!!

•С 1 сентября 2012г. начинается подготовка магистров по программе «Квантовая теория конденсированного состояния объемных и наноразмерных систем» по направлению 011200 – «Физика» (руководитель программы профессор Чулков-Савкин Е.В.) **Нужны магистратны!**

•**Нужны аспиранты** по специальности 010407 – **Физика конденсированного состояния** в лабораторию наноструктурных поверхностей и покрытий.

Специализации:

- Электронная структура и свойства топологических изоляторов (теоретики).

- Разработка технологии формирования многоэлементных нанокompозитных градиентных покрытий (экспериментаторы).



Контактная информация

Зав. лабораторией наноструктурных поверхностей и покрытий
Владимир Михайлович Кузнецов

Тел. раб. (83822) 52-98-44

Тел .моб. 8-913-850-32-51

email: kuznetsov@rec.tsu.ru

634050 Россия, г. Томск, пр. Ленина 36 Томский
государственный университет учебный корпус №2 к.135.

Сайт лаборатории <http://lnc.tsu.ru>

Спасибо за внимание!