

Федеральная целевая программа

«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014—2020 годы»

Индустрия наносистем

Тема: Гибридные магнитные наноструктуры для устройств сверхбыстрой спинтроники и оптоэлектроники

Соглашение 14.613.21.0048
на период 2015 - 2016 гг.

Руководитель проекта: заведующий лабораторией,
Павлов Виктор Владимирович

Ответственный исполнитель проекта: старший научный сотрудник,
Усачёв Павел Анатольевич

Получатель субсидии: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук

Цели и задачи проекта

Цель проекта: Установление физических механизмов сверхбыстрой спиновой и электронной динамики в новых гибридных магнитных наноструктурах ферромагнетик-полупроводник с сильной локализацией спин-поляризованных носителей заряда в интерфейсных областях, приводящей к существенному усилению линейных и нелинейных оптических и магнитооптических явлений. Полученные в ходе реализации проекта экспериментальные и теоретические результаты послужат основой для дальнейшего выбора материалов и структур для создания новых устройств сверхбыстрой спинтроники и оптоэлектроники для информационно-телекоммуникационных технологий.

Задачи проекта: 1. Рост и характеристика новых гибридных магнитных наноструктур сочетающих в различных комбинациях магнитные полупроводники и диэлектрики, ферромагнитные металлы и диамагнитные полупроводники. 2. Изучение новых нелинейных оптических явлений, связанных с проявлением магнетизма в условиях взаимодействия гетероструктур со сверхкороткими лазерными импульсами; выявление новых оптических и магнитооптических нелинейностей высоких порядков в магнитных наноструктурах, обусловленных явлениями на интерфейсах магнитный материал/полупроводник.

Ожидаемые результаты проекта

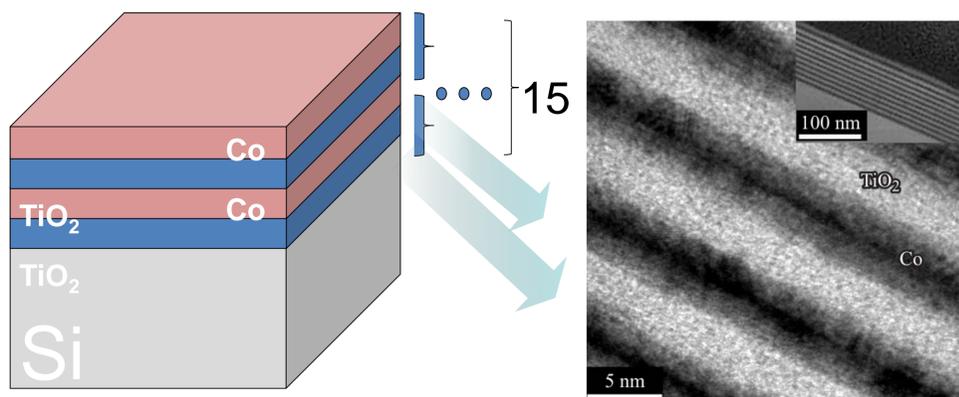
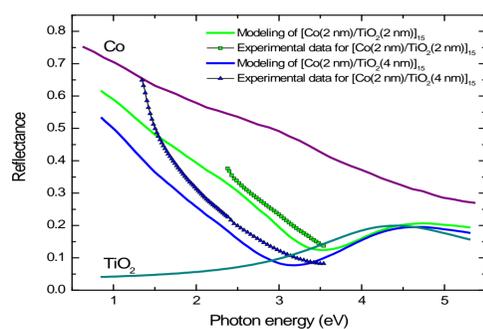
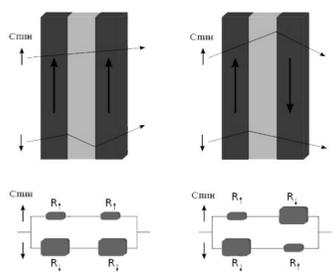
1. Будут проведены совместные экспериментальные исследования обратного эффекта Фарадея и эффекта оптической ориентации в магнитных наноструктурах на основе халькогенидов европия EuX ($X = \text{O}, \text{Se}, \text{Te}$) вблизи и выше края фундаментального поглощения в диапазоне энергий фотонов 2.0-3.8 эВ в широком диапазоне магнитных полей и температур. Будут проведены феноменологическое и микроскопическое рассмотрение и модельные расчеты для наблюдаемых эффектов. 2. Будет проведено оптическое и магнитооптическое исследование сверхтонких структур ферромагнитный металл-диэлектрик $[\text{Co}/\text{TiO}_2]_n$ на поверхности полупроводника Si с толщинами слоев 2-4 нм. Структуры будут приготовлены методом ионно-лучевого распыления. Будут проведены расчеты комплексной диэлектрической проницаемости структур металл-диэлектрик. Будет исследована магнитная анизотропия структур использованием магнитооптического эффекта Керра. Будут проведены расчеты магнитооптического эффекта Керра методом матриц переноса. 3. В рамках проекта будут исследованы гибридные наноструктуры на основе тонких пленок ферритов-гранатов с нанометровой толщиной на поверхности субмикронных слоев широкозонных полупроводников GaAs и GaN. Будут экспериментально исследованы оптические свойства, связанные с сильной локализацией носителей заряда со спиновой поляризацией в интерфейсных областях, что открывает перспективы для создания новых устройств оптоэлектроники и спинтроники, использующих дополнительную степень свободы – внешнее магнитное поле для управления поляризационными характеристиками световых потоков.

Перспективы практического использования

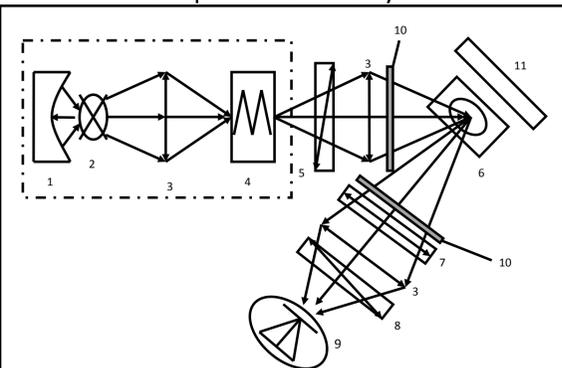
Стремительное развитие средств обработки, передачи и хранения информации, а именно создание новых типов памяти, миниатюризация и увеличение скорости ставит новые задачи для телекоммуникационных технологий. Эти задачи имеют как минимум две составляющие: (i) поиск новых материалов и разработка новых структур, (ii) совершенствование существующих и поиск новых методов управления их состоянием. Среди наиболее перспективных направлений практического использования результатов проекта, можно отметить такие области как спинтроника (спиновый транзистор), создание сверхбыстрой магнитной памяти, гибридные управляющие элементы, интегрирование магнитных материалов в полупроводниковую элементную базу, сенсоры магнитных полей с высокой чувствительностью, магнито-резистивная память с произвольной выборкой (MRAM), среды для записи информации со сверхвысокой плотностью.

Результаты исследовательской работы, полученные в 2015 г.

Мультиязычные структуры типа ферромагнитный металл/немагнитный материал $[\text{Co}/\text{TiO}_2]_n$



Экспериментальная установка



Оптическая схема установки для измерения магнитооптического эффекта Керра.

- 1 - вогнутое зеркало,
- 2 - источник света,
- 3 - собирающие линзы,
- 4 - монохроматор,
- 5 - поляризатор,
- 6 - образец,
- 7 - фотоупругий модулятор,
- 8 - анализатор,
- 9 - детектор,
- 10 - пластинка $\lambda/4$,
- 11 - магнит.

$$\epsilon = \frac{\epsilon_1 + \eta \epsilon_2}{1 + \eta}$$

$$\eta = \frac{d_1}{d_2}$$

$$\langle \epsilon \rangle = \sin^2 \theta \left[1 + \tan^2 \theta \left(\frac{1 - \rho}{1 + \rho} \right)^2 \right], \quad \rho = \tan \psi e^{i\Delta}$$

Имеющееся в распоряжении коллектива оборудования и созданные на его основе установки в сочетании с приобретенным на средства гранта оборудованием позволят проводить исследования в необходимом спектральном диапазоне, интервале температур и получить высокую чувствительность в измерениях сигналов. Полученные данные по многим параметрам будут на уровне лучших мировых аналогов.

Партнеры проекта

Полное наименование организации Instituto de Física da Universidade de São Paulo, Brazil

Институт физики Университета Сан Паоло, Бразилия.

Наименование организации на английском языке Institute of Physics of the University of Sao Paulo.

Юридический адрес Instituto de Física - Universidade de São Paulo Rua do Matão Travessa R Nr.187 CEP 05508-090 Cidade Universitária São Paulo – Brasil.

Почтовый адрес Instituto de Física - Universidade de São Paulo. Caixa Postal 66318 CEP 05314-970. São Paulo – Brasil.

Сведения о руководителе совместного проекта со стороны иностранного партнера: Henriques Andre Bohomoletz

Должность - профессор (Professor Titular, Instituto de Física da Universidade de Sao Paulo), Телефон 551130917049, Факс 551130916984

Ученая степень - доктор