

## Получен Грант РФФИ

### Динамика переключения поляризации и намагниченности в тонких сегнетоэлектрических и мультиферроидных пленках и планарных структурах

12-02-33158 мол\_а\_вед

Руководитель проекта: Юрасов Алексей Николаевич

Проект нацелен на исследование особенностей динамики переключения поляризации и намагниченности при приложении импульсного и высокочастотного электрического поля в пленках и планарных структурах сегнетоэлектриков ( $\text{BaSrTiO}_3$ ) и мультиферроиков ( $\text{BaSrTiO}_3/\text{BiFeO}_3$ , аморфный магнитный сплав/лангтат).

Актуальность работы связана, в первую очередь с тем, что современная компонентная база электроники и телекоммуникации исчерпала возможности, основанные на использовании кремния, и начался поиск новой платформы, способной заменить кремний. В качестве замены кремния рассматриваются сложные оксиды, в том числе сегнетоэлектрические, что подтверждается большим количеством публикаций и проектов, направленных на развитие оксидных технологий.

Гетероэпитаксиальные пленки перовскитных сегнетоэлектриков и мультиферроиков с планарной геометрией электродов на диэлектрических подложках ( $\text{MgO}$ ,  $\text{SrTiO}_3$ ) позволяют изготавливать электрооптические модуляторы и фазовращатели, работающие на частотах свыше 40 ГГц и с малыми потерями. Совершенно новой областью физики функциональных материалов является создание геометрически конфигурированных (например, перфорированных) наноразмерных структур для оптических приложений – переключаемых и спектрально перестраиваемых фотонных кристаллов. Оптика фотонных кристаллов к настоящему времени уже достаточно хорошо исследована как экспериментально, так и теоретически, однако влияние геометрической конфигурации на сегнетоэлектрические и магнитные свойства, а значит и на особенности их перестройки практически не изучено.

Визуализация доменной структуры и состояния поляризации на суб-микроуровне может дать информацию о локальных параметрах сегнетоэлектрического переключения, механизмах переключения, их связи с кристаллической структурой и структурным совершенством, а также построить модели, связывающие локальные параметры с интегральными функциональными характеристиками материала, такими, как диэлектрические потери, рабочая (предельная) частота.

Таким образом, процессы и закономерности, исследуемые в работе актуальны с точки зрения фундаментальных вопросов физики сегнетоэлектричества и магнетизма, поскольку к настоящему времени многие из них либо не исследованы вообще, либо

исследованы на эмпирическом уровне и требуют фундаментальной теоретической разработки, подтвержденной систематическими экспериментами.

За отчетный этап (2013 г.) получены следующие основные результаты.

1. Изготовлены методом высокочастотного распыления керамических мишеней экспериментальных образцов: сегнетоэлектрических  $\text{BaSrTiO}_3$  (BST) и мультиферроидных (BST/ $\text{BiFeO}_3$ ) эпитаксиальных планарных структур с электродными системами для подачи коротких импульсов и высокочастотного электрического поля. Методом химического осаждения из паров металлоорганических соединений (MOCVD) получены тонкие наноразмерные пленки  $\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$  различной толщины.

2. Проведена характеристика полученных образцов методами структурного анализа, показано, что пленки обладают высоким структурным совершенством и не содержат дополнительных примесей. Проведены тестовые электрофизические и магнитные измерения.

3. Проведены интегральные электро-оптические и магнито-оптические линейные и нелинейные исследования. Показано, что для пленки титаната бария стронция толщиной 1 мкм с планарной системой электродов наблюдается сильная неоднородность распределения угла поворота плоскости поляризации падающего излучения в межэлектродном пространстве. Видно, что в центре зазора величина угла значительно выше, чем в приэлектродной области, что связано с неоднородностью распределения электрического поля. Также было рассчитано, что электрооптический коэффициент Керра для исследуемой структуры титаната бария стронция равен  $3,8 \times 10^{-16} \text{ (м/В)}^2$ .

4. Произведен расчет спектров магниторефрактивного эффекта (МРЭ) на отражении и прохождении с использованием теории эффективной среды и обобщенных формул Френеля, как в видимом, так и в ИК диапазоне для перспективных соединений-манганитов. Изучено влияние толщины пленок на величину МРЭ и его спектральную зависимость в видимом и ИК диапазоне. Проведено исследование температурной зависимости магниторефрактивного эффекта на отражении и прохождении для тонких пленок манганитов в рамках построенной в манганитах двухфазной модели проводимости.

5. Предложена теоретическая модель для проведения оптического детектирования переключения поляризации в пленке сегнетоэлектрика и мультиферроика при наложении электрического поля различной конфигурации.

**ПЕРЕЧЕНЬ ПУБЛИКАЦИЙ, ПОДГОТОВЛЕННЫХ В ХОДЕ ВЫПОЛНЕНИЯ  
ПРОЕКТА в 2013 г.**

**1. Ю.П. Сухоруков, А.В. Телегин, В.Д. Бессонов, Е.А. Ганьшина, А.Б. Грановский, А.Р. Кауль, А.Н. Юрасов. Магнитоотражение и магнитопропускание света в манганитах с КМС // Изв. РАН. Сер. физическая. - 2013. - т.77. - №10. - С.1499-1502.**

Изучено влияние магнитного поля на спектры отражения и пропускания естественного света в видимом и инфракрасном диапазонах спектра в пленках и монокристаллах манганита  $\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$ , обладающего колоссальным магнитосопротивлением. Проведен анализ эффектов магнитоотражения и магнитопропускания неполяризованного излучения в рамках теории магниторефрактивного эффекта, развитой для манганитов.

**2. К.А. Брехов, С.Д.Лавров, М.С.Афанасьев, Н.Э. Шерстюк, Е.Д. Мишина, А.В. Кимель. Линейный электрооптический эффект в пленках BST: расчет коэффициента Керра // Нано- и микросистемная техника. - 2014. - в печати**

Проведены экспериментальные исследования методом конфокальной микроскопии пространственного распределения угла поворота плоскости поляризации падающего излучения в межэлектродном пространстве в пленке титаната бария стронция толщиной 1 мкм. Образец изготовлен методом высокочастотного осаждения при распылении керамических мишеней. Электрическое поле прикладывалось в плоскости пленки при помощи планарных хромовых электродов с зазором 35 мкм. Показано, что в исследуемой структуре присутствует значительное изменение угла поворота плоскости поляризации падающего излучения в зависимости от локальной области пленки.

**3. Yu.P. Sukhorukov, A.V. Telegin, V.D. Bessonov, E.A.Gan'shina, A.R. Kaul', I.E. Korsakov, N.S. Perov, L.Yu. Fetisov, A.N. Yurasov. Magnetorefractive effect in the  $\text{La}_{1-x}\text{K}_x\text{MnO}_3$  thin films grown by MOCVD // JMMM. - 2014. - в печати**

Тонкие эпитаксиальные пленки  $\text{La}_{1-x}\text{K}_x\text{MnO}_3$  были изготовлены при помощи двухстадийной методики. Исследовано влияние замещения ионов La ионами K на оптические и электрические свойства пленок в зависимости от концентрации x калия (x = 0.05, 0.10, 0.15 и 0.18). Получен заметный магниторефрактивный эффект в пленках в инфракрасном диапазоне. Полученные экспериментальные данные для состава пленок, близкого к оптимальному, хорошо согласуются с данными теоретических расчетов.