

*Рустамов Умид Рахматович
Ташкентский экономический и педагогический институт*

*Усмонов Шохрух Фархатович
Ташкентский экономический и педагогический институт*

*Кадиоров Рустам Рахманович
Ташкентский экономический и педагогический институт*

**ПРИМЕНЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ
НЕКОТОРЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАГНИТНЫХ
НАНОМАТЕРИАЛОВ В ЭКОНОМИКЕ И СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЕ**

Аннотация: Данная статья посвящена изучению применения результатов исследования физических свойств магнитных наноразмерных материалов в экономике и социальной сфере.

Ключевые слова: ферромагнит-полупроводник, оптика, магнитооптика, феррит-гранат, наноразмерные пленки, диэлектрические подложки, спинтроника, оптоэлектроника.

**APPLICATION OF THE RESULTS OF RESEARCH ON SOME
PHYSICAL PROPERTIES OF MAGNETIC NANOMATERIALS IN THE
ECONOMY AND SOCIAL SPHERE**

*Rustamov Umid Raxmatovich
Tashkent Economic and Pedagogical Institute*

*Usmonov Shoxrux Farhodovich
Tashkent Economic and Pedagogical Institute*

*Qodirov Rustam Raxmonovich
Tashkent Economic and Pedagogical Institute*

Annotation: The article is devoted to studying the application of the research results of the physical properties of magnetic nano-sized materials in the economy and social sphere.

Keywords: ferromagnet - semiconductor, optics, magnetooptics, ferrite garnet, nano-sized films, dielectric substrates, spintronics, optoelectronics.

Хорошо известно, что передача, запись и хранение информации и элементной базы телекоммуникационных систем создается, в основном, на основе магнитных материалов. Перечисленные выше устройства работают на основе магнитооптических эффектов. Их качества определяются магнитооптической добротностью и величина магнитооптической добротности прямо пропорциональна удвоенному магнитооптическому эффекту Фарадея и обратно пропорциональна величине поглощения света[1]. Однако, в настоящее время величина магнитооптической

добротности достигла своего предельного значения, появилась необходимость разработки новых материалов. Благодаря развитию нанотехнологии, открылись новые возможности в создании совершенно новых материалов с наилучшими характеристиками.

Новые требования к быстродействию, емкости, энергоэффективности и надежности телекоммуникационных и вычислительных систем являются главным стимулом к разработке и созданию базы новых видов перспективных материалов, всестороннему исследованию их физических свойств. В последнее время актуальной является задача разработки материалов для новой области спиновой электроники-магноники [1]. Эксперименты по возбуждению и распространению спиновых волн в магнитных пленках ранее были ограничены только структурами на основе ферромагнитных металлов [2]. Между тем, использование высококачественных пленок железоиттриевого граната $Y_3Fe_5O_{12}$ (YIG, ЖИГ) для таких задач оказалось более перспективным. Во многом это связано с очень малыми значениями ширины линии ферромагнитного резонанса в бытовой полосе частот 2.18 ГГц (~ 0.1 Э) и параметра затухания Гильберта, который для монокристалла ЖИГ составляет 5×10^{-5} [3]. Это открывает широкие возможности использования таких структур при создании энергонезависимой памяти, спиновых транзисторов, спиновой логики, датчиков магнитных полей и управляемых СВЧ-устройств [4].

Другим направлением использование ферритов является их интеграция с сегнетоэлектриками для формирования элементной базы стрейнтроники [5] и создания приборов на её основе. Синтез ферритовой пленки на сегнетоэлектрических подложках позволяет в едином объёме сочетать спин-волновые и упругие свойства и предоставляет значительные преимущества в миниатюризации, скорости обработки информации и стоимости производства СВЧ интегральных схем.

Предлагаемые тонкопленочные гетероструктуры типа ферромагнетик-полупроводник и ферромагнетик-диэлектрик, где в качестве ферромагнетика могут выступать 3d-металлы (Cr, Fe, Co, Ni) или наноразмерные пленки феррит-гранатов ($Y_3Fe_5O_{12}$, $Bi_3Fe_5O_{12}$) на подложках диэлектриков ($Gd_3Ga_5O_{12}$, и $LiNbO_3$) и полупроводников (Si, SiO_2) открывают новые возможности создания нового оборудования для передачи, записи и хранения информации и элементной базы средств связи.

Данные материалы будут представлять собой метаматериалы с сильной локализацией спин-поляризованных носителей заряда в интерфейсных областях. В настоящее время будет решаться фундаментальная проблема взаимодействия света с системами с сильной локализацией носителей заряда со спиновой поляризацией в интерфейсных областях, поиск усиленных такой локализацией электрических и магнитных явлений. В многослойных системах с пониженной симметрией возможно появление новых электромагнитных явлений, усиление нелинейных оптических явлений, возникновение эффективного воздействия сверхкоротких световых импульсов на состояние намагниченности. В многослойных наноструктурах ферромагнетик-полупроводников можно ожидать как прямое, так и опосредованное через электронные, фононные и орбитальные возбуждения взаимодействие света с спиновой системой.

Результаты проведенных исследований внесут новый вклад в фундаментальную информацию по свойствам тонкопленочных гибридных структур типа ферромагнетик-полупроводник, это определяет научную новизну исследований. Использование этой важной информации позволит создавать современные устройства интегральной спинтроники и оптоэлектроники, способные удовлетворять возрастающие требования к быстродействию телекоммуникационных и вычислительных систем, что указывает на актуальность запланированных исследований в науке.

Важнейшими задачами настоящего времени являются проводящиеся комплексные исследования магнитных материалов, имеющих фундаментальное и прикладное значение в области телекоммуникаций, а также, создание и оптимизация архитектуры хранения, передачи информации. В этом направлении имеют важное значение большие магнитооптические эффекты в видимой и ближней инфракрасной областях спектра, а также создание новых ферродиелектриков с большим электросопротивлением. В частности, в Германии, Франции, России, Японии и других развитых странах особое внимание уделяется записи–хранению–считыванию информации на магнитных N- слойных структурах, излучение от которых испытывает многократное преломление и отражение.

Мировые разработки устройств для объемной записи информации, при условии принятия в качестве основы бита информации, дают возможность многократного увеличения плотности записи информации в

точке пересечения блоховских линий. Ведение целенаправленного исследования по разработке методов записи информации на несколько сот слоёв на основе двухфотонной технологии на двустороннем диске дает возможность легкого изменения информации в толще материал в точке бита. В этом смысле, разработка новых принципов памяти на основе полупроводниковых интегральных схем, цилиндрических магнитных доменов, зарядных устройств связи, изучение спинтроники, оптических явлений (термооптика, электрооптика, другие типы записи, в том числе голография), а также усовершенствование устройств на основе наноструктур, находятся в фокусе внимания современных фундаментальных и прикладных исследований.

Многослойные наноразмерные структуры, состоящие из чередующихся слоёв магнитных и немагнитных материалов, представляют большой интерес, как для фундаментальной физики, так и для различных технологических применений. Например, многослойные наноструктуры, состоящие из чередующихся слоев магнитного и немагнитного вещества, находят применение в качестве сред для записи информации со сверхвысокой плотностью, сенсоров магнитных полей с высокой чувствительностью, магниторезистивной памяти с произвольной выборкой. В силу слоистости структуры ожидается сильная анизотропия оптических, магнитных и магнитооптических свойств, в том числе для фотоиндуцированных эффектов.

Фактически сейчас сформировалось целое новое научное направление в физике - нано размерный магнетизм, изучающее электрофизические, структурные, магнитные и оптические свойства тонкопленочных материалов, различных композитов на основе наночастиц, плазмонных структур. Также, большой прогресс достигнут в области фемтомагнетизма наноразмерных структур. В будущем будут созданы новые магнитные и полупроводниковые наноструктуры. Будет проведено комплексное исследование магнитных, оптических и электрофизических свойств, полученных наноструктур. Можно ожидать, что именно в таких структурах, благодаря особым электронным и спиновым состояниям на интерфейсах, а также размерным эффектам, электрофизические, магнитные и оптические свойства, будут существенно отличаться от известных для объемных материалов. Ожидается, что в созданных метаматериалах на основе магнитных и полупроводниковых наноструктур будет получено необходимое усиление оптических и магнитооптических

свойств, а также модификация электрофизических свойств, поэтому такие структуры в перспективе могут быть использованы в качестве материалов для интегральных устройств спинтроники (логические элементы, ячейки памяти) и фотоники (фарадеевские затворы, фазовращатели, модуляторы). Это является важным для практического использования запланированных результатов науки в экономической и социальной сферах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Balinskiy M., Ojha Sh., Chiang H., Ranjbar M., Ross C.A., Khitun A. // *J. Appl. Phys.* 2017. V. 122. 123904.
2. O. Pelenovich, U.V. Valiev, L. Zhou, I.A. Ivanov, U.R. Rustamov. Magneto-optical spectrometer based on photoelastic modulator with optical feedback and its application in study of f-electron materials // "Optical Materials", №55, p. 115-120.
3. Valiev U.V., Rustamov U.R., Sokolov B.Yu. Magnetic-field-controlled polarized luminescence of $Y_3Al_5O_{12}$ -Tb and $Y_3Al_5O_{12}$ -Ho garnets. // *Physics of the Solid State*, 2002, 44(2), pp. 278–281.
4. Balinskiy M., Chavez A.C., Barra A. // *Sci. Reports*. 2018. V. 8. P. 10867.
5. Бухараев А.А., Звездин А.К., Пятаков А.П., Фетисов Ю.К. // *УФН*. 2018. Т. 188. № 12. С. 1288.