

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

**Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе  
Российской академии наук**

Политехническая ул., 26, С.-Петербург, 194021  
Телефон: (812) 297-2245 Факс: (812) 297-1017  
post@mail.ioffe.ru http://www.ioffe.ru

28.04.2016 № 11217-34/01/780.3

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

В совет по защите диссертаций на соискание  
ученой степени кандидата наук, на соискание  
ученой степени доктора наук Д.501.001.31,  
созданного на базе Федерального государст-  
венного бюджетного образовательного  
учреждения высшего профессионального об-  
разования "Московский государственный  
университет имени М.В.Ломоносова"

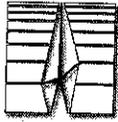
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический ин-  
ститут им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук выражает согласие быть ведущей органи-  
зацией по работе Крутянского Виктора Леонидовича «Магнитоиндуцированные эффекты в  
оптическом и нелинейно-оптическом отклике металлических наноструктур», представленной  
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности  
01.04.21 – лазерная физика.

Зам. директора по научной работе  
д.ф.-м.н



С.В. Лебедев

Исполнитель: А. М. Калашникова  
Тел. 812 292-7963, факс 812 297-1017  
Эл. почта: kalashnikova@mail.ioffe.ru



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

**Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе  
Российской академии наук**

Политехническая ул., 26, С.-Петербург, 194021  
Телефон: (812) 297-2245 Факс: (812) 297-1017  
post@mail.ioffe.ru http://www.ioffe.ru

Сведения о ведущей организации  
по диссертации Крутянского Виктора Леонидовича на тему:  
*«Магнитоиндуцированные эффекты в оптическом  
и нелинейно-оптическом отклике металлических наноструктур»*  
по специальности: 01.04.21 – «Лазерная физика»  
на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук

Полное наименование:

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

Контактные данные:

Адрес: 194021, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 26  
Электронная почта: post@mail.ioffe.ru  
Факс: (812) 297-1017  
Телефон: (812) 297-2245  
Сайт: http://www.ioffe.ru

Руководитель:

Директор, доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН Забродский Андрей Георгиевич.

Основные публикации организации по профилю защищаемой Крутянским В. Л. диссертации в рецензируемых научных журналах за последние 5 лет:

1. Enhanced magneto-optical effects in magnetoplasmonic crystals, Belotelov, V.I.; Akimov, I.A.; Pohl, M.; Kotov, V.A.; Kasture, S.; Vengurlekar, A.S.; Gopal, A.V.; Yakovlev, D.R.; Zvezdin, A.K.; Bayer, M., Nat. Nanotechnol., v.6, 6, 2011.
2. Hybrid Colloidal Plasmonic-Photonic Crystals, Romanov, S.G.; Korovin, A.V.; Regensburger, A.; Peschel, U., Adv. Mater., v.23, 22-23, 2011.
3. Spontaneous radiation of a finite-size dipole emitter in hyperbolic media, Poddubny, A.N.; Belov, P.A.; Kivshar, Y.S., Phys. Rev. A, v.84, 2, 2011.
4. Ultrafast heating as a sufficient stimulus for magnetization reversal in a ferrimagnet, Ostler, T.A.; Barker, J.; Evans, R.F.; Chantrell, R.W.; Atxitia, U.; Chubykalo-Fesenko, O.; El Moussaoui, S.; Le Guyader, L.; Mengotti, E.; Heyderman, L.J.; Nolting, F.; Tsukamoto, A.; Itoh, A.;

- Afanasiev, D.; Ivanov, B.A.; Kalashnikova, A.M.; Vahaplar, K.; Mentink, J.; Kirilyuk, A.; Rasing, T.; Kimel, A.V., Nat. Commun., v.3, 666, 2012.
5. Wire metamaterials: Physics and applications Simovski, C.R.; Belov, P.A.; Atrashchenko, A.V.; Kivshar, Y.S., Adv. Mater., v.24, 31, 2012.
  6. Hyperbolic metamaterials, Poddubny, A.; Iorsh, I.; Belov, P.; Kivshar, Y., Nat. Photon., v.7, 12, 2013.
  7. Thermal activation of non-radiative Auger recombination in charged colloidal nanocrystals Javaux, C.; Mahler, B.; Dubertret, B.; Shabaev, A.; Rodina, A.V.; Efros, A.L.; Yakovlev, D.R.; Liu, F.; Bayer, M.; Camps, G.; Biadala, L.; Buil, S.; Quelin, X.; Hermier, J.P., Nat. Nanotechnol., v.8, 3, 2013.
  8. Plasmon-mediated magneto-optical transparency, Belotelov, V.I.; Kreilkamp, L.E.; Akimov, I.A.; Kalish, A.N.; Bykov, D.A.; Kasture, S.; Yallapragada, V.J.; Gopal, A.V.; Grishin, A.M.; Khartsev, S.I.; Nur-E-Alam, M.; Vasiliev, M.; Doskolovich, L. L.; Yakovlev, D.R.; Alameh, K.; Zvezdin, A.K.; Bayer, M., Nat. Commun., v.4, 2128, 2013.
  9. Second harmonic generation spectroscopy in magnetic and multiferroic materials, Pisarev, R. V., J. Luminescence, v. 133, 169, 2013.
  10. Ultrafast photoinduced linear and circular optical anisotropy in the multiferroic hexagonal manganite  $YMnO_3$ , Pohl, M., Pavlov, V. V., Akimov, I. A., Gridnev, V. N., Pisarev, R. V., Yakovlev, D. R., Bayer, M., Phys. Rev. B. v. 88, 195112, 2013.

Зам. директора ФТИ им. А. Ф. Иоффе РАН



С. В. Лебедев

Ученый секретарь ФТИ им. А. Ф. Иоффе РАН



А. П. Шергин






ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

**Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе  
Российской академии наук**

Политехническая ул., 26, С.-Петербург, 194021  
Телефон: (812) 297-2245 Факс: (812) 297-1017  
post@mail.ioffe.ru http://www.ioffe.ru

"УТВЕРЖДАЮ"

Зам. директора Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук  
Сергей Владимирович



04 2016 г.

**ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

на диссертационную работу

**Крутянского Виктора Леонидовича**

**«Магнитоиндуцированные эффекты в оптическом и нелинейно-оптическом отклике  
металлических наноструктур»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук  
по специальности 01.04.21 (лазерная физика)

Диссертационная работа Крутянского В. Л. посвящена исследованию магнитооптических и магнитоиндуцированных нелинейно-оптических эффектов в металлических магнитных наноструктурах. Актуальность приведённых в данной диссертационной работе исследований обусловлена тем, что, с одной стороны магнитооптические методы являются уникальным чувствительным и неразрушающим методом диагностики магнитных наноструктур, которые имеют широкие перспективы применения в устройствах хранения информации или спинтроники. С другой стороны, магнитные наноструктуры могут использоваться как среды с особыми и управляемыми оптическими свойствами. В то же время, механизмы формирования магнитоиндуцированного оптического, и в особенности нелинейно-оптического, отклика в ряде интересных классов структур до нынешнего момента оставались слабо изученными.

В представленной диссертационной работе получен ряд оригинальных результатов, среди которых можно отметить: обнаружение усиления магнитоиндуцированного нелинейно-оптического отклика при возбуждении локальных поверхностных плазмонов; выявление чувствительности второй оптической гармоники к неоднородности распределения намагниченности в среде, в том числе и при отсутствии средней намагниченности; изучение процес-

сов, ответственных за динамику наведенной анизотропии в системе металлических наноструктур.

Диссертационная работа изложена на 147 страницах и состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка цитированной литературы. Во введении приведена информация о цели диссертационной работы, актуальности, научной и практической значимости работы, личном вкладе автора, апробации и достоверности полученных результатов. Первая глава представляет обзор литературы, три последующие главы являются оригинальными.

Во второй главе изложены результаты работы по изучению магнитоиндуцированного нелинейно-оптического отклика в магнитной структуре, где возможно возбуждение локальных поверхностных плазмонов – массиве никелевых наностержней. Третья глава посвящена исследованию генерации магнитоиндуцированной второй оптической гармоники в структурах с неоднородной намагниченностью. Исследовались два типа структур – слоистая система ферромагнетик/немагнитная прослойка/ферромагнетик и массив наноструктур, в которых формируется контролируемое вихревое состояние намагниченности. В четвертой главе представлены результаты исследований методом накачки-зондирования временных характеристик оптического и магнитооптического отклика в массиве магнитных металлических наночастиц. В конце диссертационной работы приведено заключение, в котором перечислены основные результаты работы, а также список литературы, включающий 158 наименования, в том числе публикации автора по теме диссертационной работы.

Наиболее значимыми результатами, достигнутыми в данной работе, на наш взгляд являются:

1. В рамках выполнения диссертационной работы показана возможность усиления магнитоиндуцированного нелинейно-оптического отклика в металлических наночастицах за счёт возбуждения локальных поверхностных плазмонов. Данный эффект позволяет исследовать слабовыраженные плазмонные резонансы в средах со значительным поглощением на оптических частотах, а также повышает эффективность управления нелинейно-оптическими свойствами среды внешним магнитным полем.
2. Показана необходимость учёта слагаемых нелинейной поляризации второй степени по намагниченности в структуре, состоящей из двух ферромагнитных слоев с разной коэрцитивностью, разделенных немагнитной прослойкой. Отдельно показано присутствие слагаемого, связанного с взаимодействием магнитных слоев.
3. Продемонстрирована чувствительность второй оптической гармоники к неоднородности распределения намагниченности на субволновом масштабе в отсутствие сред-

ней по структуре намагниченности на примере структур с контролируемым вихревым состоянием намагниченности, предложено феноменологическое описание эффекта путем введения магнитного тороидного момента.

4. Изучена динамика оптического отклика в решетке магнитных наночастиц на широком временном интервале (от 1 пс до 1,5 нс). С помощью анализа наведенной в структуре анизотропии выявлено четыре основных механизма, определяющих временные характеристики оптического отклика.

#### **Оценка новизны и достоверности**

Научная новизна представленных в диссертации исследований заключается в том, что соискателем впервые обнаружен ряд оптических эффектов в нелинейной магнитооптике металлических наноструктур. Научные положения и выводы, сформулированные в работе, их достоверность и научная новизна хорошо аргументированы и обоснованы как результатами собственных экспериментальных исследований диссертанта, так и согласием полученных результатов с результатами работ по близкой тематике, проведенных в ведущих исследовательских организациях в России и за рубежом. По материалам, изложенным в диссертации, опубликовано 6 статей в ведущих реферируемых научных журналах, рекомендованных ВАК, в том числе 3 работы в журнале *Physical Review B*, по одной статье в журналах *Известия Российской академии наук. Серия физическая*, *Journal of Optical Society of America B* и *Solid State Phenomena*. Сделаны доклады на многочисленных российских и международных конференциях.

#### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Результаты диссертационной работы можно рекомендовать к использованию в исследовательской работе научных и учебных учреждений, занимающихся исследованиями в областях оптики конденсированного состояния и лазерной физики: ФИАН им. П.Н. Лебедева, ИОФРАН им. А.М. Прохорова, ФТИ им. А.Ф. Иоффе, на физическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова.

#### **Замечания**

Необходимо отметить следующие недостатки диссертационной работы:

1. Во второй главе при анализе магнитоиндуцированной второй оптической гармоники автор ограничивается немагнитными и линейными по намагниченности компонентами нелинейных восприимчивостей. В третьей главе диссертации предполагается, что в ряде случаев учет членов восприимчивости второй степени по намагниченности необходим. Однако, возникает вопрос о необходимости введения членов восприимчивости второй степени в случае

полного анализа результатов по второй оптической гармонике с учетом четырех магнитных интерфейсов в трехслойной магнитной структуре с двумя магнитными слоями с различной коэрцитивностью. Полный анализ результатов по второй оптической гармонике также означает учет комплексного характера нелинейных восприимчивостей, что удваивает число независимых подгоночных параметров. Остается вопрос – был ли сделан учет комплексного характера нелинейных восприимчивостей?

2. В четвертой главе исследуются временные характеристики оптического отклика структур, при этом представлены только результаты изучения наведенного импульсами накачки поворота плоскости поляризации зондирующего излучения. В то же время, из приведенного описания экспериментальной установки следует, что также имелась возможность изучать динамику и других оптических свойств структуры, например, изменение импульсом накачки коэффициента отражения. Измерение индуцированных импульсами накачки изменений коэффициента отражения послужило бы ярким доказательством того, что осцилляции в измеряемом сигнале, действительно связаны с акустическими колебаниями в структуре.

3. В свете результатов, представленных во второй и третьей главах, возникает вопрос о временных характеристиках нелинейно-оптического отклика исследуемых в работе систем, изучение которого было бы логично в рамках тематики работы.

4. В четвертой главе результаты представлены в единицах вращения плоскости поляризации, и не приведено сравнение индуцированного импульсами накачки вращения плоскости поляризации со статическим значением эффекта Керра. Это, в частности, не позволяет оценить относительную величину лазерно-индуцированного размагничивания, наблюдаемого в эксперименте.

### **Заключение**

Диссертационная работа является законченным научным исследованием, обладает четкой структурой, свидетельствует о личном вкладе автора в развитие науки. Перечисленные выше недостатки не снижают ценности данной диссертационной работы. Результаты, представленные в диссертационной работе, основаны на значительном объеме экспериментальных данных, полученных автором на современном оборудовании в Московском Государственном Университете, а также с привлечением экспериментальных возможностей Университета Радбауд (г. Неймеген, Нидерланды). Полученные результаты и предложенная интерпретация не противоречат приведённым в работе результатам аналитических расчётов и численного моделирования. Также они хорошо согласуются с основными концепциями, принятыми в настоящее время в данной области науки.

В автореферате четко сформулированы цель и актуальность работы, описаны методы исследования, приведена информация о достоверности полученных результатов, изложены научная новизна и практическая значимость работы, приведена информация о личном вкладе автора, указаны научные положения, выносимые на защиту, приведена информация об апробации работы, описаны структура и объем диссертации, а также краткое содержание работы по главам и основные результаты и выводы диссертационной работы. Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы.

Результаты диссертационной работы имеют важное фундаментальное и практическое значение. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы.

Диссертационная работа В.Л. Крутянского на тему «Магнитоиндуцированные эффекты в оптическом и нелинейно-оптическом отклике металлических наноструктур» отвечает критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 (лазерная физика).

Диссертация и автореферат обсуждены на объединенном заседании Лаборатории физики ферроиков и Лаборатории оптических явлений в сегнетоэлектрических и магнитных кристаллах 25 апреля 2016 г., протокол № 1.

Зам. зав. лабораторией физики ферроиков



PhD Калашникова А. М.

Зав. лабораторией оптических явлений  
в сегнетоэлектрических  
и магнитных кристаллах



д.ф.м.н. Павлов В. В.

