



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА**

**Заключение диссертационного совета МГУ.013.6  
по диссертации на соискание учёной степени доктора наук**

Решение диссертационного совета от 28 декабря 2022 года № 19

О присуждении Колмычек Ирине Алексеевне, гражданке Российской Федерации, 1984 года рождения, учёной степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Линейные и нелинейные оптические эффекты в наноструктурах и тонких магнитных плёнках» по специальности 1.3.6. «Оптика» принята к защите 21 октября 2022 года, протокол № 14, диссертационным советом МГУ.013.6.

Соискатель Колмычек Ирина Алексеевна в 2007 году окончила физический факультет Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова с отличием по специальности «Фундаментальная радиофизика и физическая электроника». В 2010 году окончила очную аспирантуру физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. Диссертацию на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук на тему «Нелинейно-оптические эффекты в магнитных плазмонных наноструктурах» по специальности 01.04.21 — «Лазерная физика» защитила 17 июня 2010 года на заседании Диссертационного совета Д 501.001.31 при Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. С 2013 года соискатель работает на физическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова, в настоящее время занимает должность доцента.

Диссертация выполнена на кафедре общей физики физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Научный консультант — Мурзина Татьяна Владимировна, доктор физико-математических наук, доцент кафедры квантовой электроники физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

Павлов Виктор Владимирович, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией оптических явлений в сегнетоэлектрических и магнитных кристаллах Физико-технического института имени А.Ф. Иоффе Российской академии наук;

Юрасов Алексей Николаевич, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры наноэлектроники, заместитель директора Института перспективных технологий и промышленного программирования МИРЭА — Российского технологического университета;

Пятаков Александр Павлович, доктор физико-математических наук, профессор РАН, профессор кафедры физики колебаний физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, —

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 45 опубликованных работ по теме диссертации, из них 38 научных публикаций в рецензируемых научных изданиях, удовлетворяющих Положению о присуждении учёных степеней в МГУ имени М.В. Ломоносова и рекомендованных для защи-

ты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.3.6. «Оптика». Все представленные в работе результаты получены автором лично или при его определяющем участии:

1. **Kolmychek I.A.**, Murzina T.V. *Magnetization-induced anisotropy of second harmonic generation in thin cobalt films* // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 2011. Vol. 323. Pp. 2973–2976. **IF=3.097 (WoS)**
2. Mamonov E.A., Murzina E.A., **Kolmychek I.A.**, Maydykovsky A.I., Valev V.K., Silhanek A.V., Ponizovskaya E., Bratkovsky A., Verbiest Th., Moshchalkov V.V., Aktsipetrov O.A. *Coherent and incoherent second harmonic generation in planar G-shaped nanostructures* // Optics Letters. 2011. Vol. 36, no. 18. Pp. 3681–3683. **IF=3.560 (WoS)**
3. Mamonov E.A., Murzina T.V., **Kolmychek I.A.**, Maydykovsky A.I., Valev V.K., Silhanek A.V., Verbiest T., Moshchalkov V.V., Aktsipetrov O.A. *Chirality in nonlinear-optical response of planar G-shaped nanostructures* // Optics Express. 2012. Vol. 20, no. 8. Pp. 8518–8523. **IF=3.833 (WoS)**
4. Мамонов Е.А., **Колмычек И.А.**, Майдыковский А.И., Мурзина Т.В. *Генерация второй оптической гармоники в планарных киральных наноструктурах* // Известия РАН. Серия физическая. 2013. Т. 77, № 1. Стр. 78–81. **IF = 0.665 (РИИЦ)**
5. Krutyanskiy V.L., **Kolmychek I.A.**, Gan'shina E.A., Murzina T.V., Evans P., Pollard R., Stashkevich A.A., Wurtz G.A., Zayats A.V. *Plasmonic enhancement of nonlinear magneto-optical response in nickel nanorod metamaterials* // Physical Review B. 2013. Vol. 87, no. 3. P. 035116. **IF=3.908 (WoS)**
6. Крутянский В.Л., **Колмычек И.А.**, Лобанов С.В., Мурзина Т.В. *Спектроскопия квадратичного отклика системы магнитных наностержней* // Известия РАН. Серия физическая. 2013. Т. 77, № 1. Стр. 72–75. **IF = 0.665 (РИИЦ)**
7. Krutyanskiy V.L., **Kolmychek I.A.**, Gribkov B.A., Karashtin E.A., Skorohodov E.V., Murzina T.V. *Second harmonic generation in magnetic nanoparticles with vortex magnetic state* // Physical Review B. 2013. Vol. 88, no. 9. P. 094424. **IF=3.908 (WoS)**
8. Mamonov E.A., **Kolmychek I.A.**, Vandendriessche S., Hojeij M., Ekinici Y., Valev V.K., Verbiest T., Murzina T.V. *Anisotropy versus circular dichroism in second harmonic generation from fourfold symmetric arrays of G-shaped nanostructures* // Physical Review B. 2014. Vol. 89, no. 12. P. 121113. **IF=3.908 (WoS)**
9. **Kolmychek I.A.**, Krutyanskiy V.L., Murzina T.V., Sapozhnikov M.V., Karashtin E.A., Rogov V.V., Fraerman A.A. *First and second order in magnetization effects in optical second-harmonic generation from a trilayer magnetic structure* // Journal of Optical Society of America B. 2015. Vol. 32, no. 2. Pp. 331–338. **IF=2.106 (WoS)**
10. **Kolmychek I.A.**, Krutyanskiy V.L., Murzina T.V., Karashtin E.A., Sapozhnikov M.V., Fraerman A.A. *Optical second harmonic generation in nanostructures with inhomogeneous magnetization* // Solid State Phenomena. 2015. Vol. 233-234. Pp. 595–598. **IF=0.493 (Scopus)**
11. **Колмычек И.А.**, Шайманов А.Н., Барышев А.В., Мурзина Т.В. *Исследование магнитооптического отклика двумерных магнитных плазмонных структур на основе золотых нанодисков в слое феррит-граната* // Письма в ЖЭТФ. 2015. Т. 102, №. 1. Стр. 50–55. **IF=1.412 (РИИЦ)**
12. **Kolmychek I.A.**, Bykov A.Y., Mamonov E.A., Murzina T.V. *Second harmonic generation interferometry in magnetic-dipole nanostructures* // Optics Letters. 2015. Vol. 40, no. 16. Pp. 3758–3761. **IF=3.560 (WoS)**
13. Kruk S., Weismann M., Bykov A.Y., Mamonov E.A., **Kolmychek I.A.**, Murzina T.V., Panoiu N.C., Neshev D.N., Kivshar Yu.S. *Enhanced magnetic second harmonic generation from resonant metasurfaces* // ACS Photonics. 2015. Vol. 2, no. 8. Pp. 1007–1012. **IF=7.077 (WoS)**
14. **Kolmychek I.A.**, Krutyanskiy V.L., Gusev K.S., Murzina T.V., Tahir N., Kurant Z., Maziewski A., Ding J., Adeyeye A.O. *Anisotropy of magnetic properties in 2D arrays of permalloy antidots* // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 2016. Vol. 420. Pp. 1–6. **IF=3.097**

**(WoS)**

15. **Kolmychek I.A.**, Shaymanov A.N., Baryshev A.V., Murzina T.V. *Magnetization-induced effects in second harmonic generation under the lattice plasmon resonance excitation* // Optics Letters. 2016. Vol. 41, no. 23. Pp. 5446–5449. **IF=3.560 (WoS)**
16. **Колмычек И.А.**, Крутянский В.Л., Maziewski A., Tahir N., Adeyeye A., Мурзина Т.В. *Анизотропия магнитооптического отклика наноперфорированных пленок пермаллоя* // Физика твердого тела. 2016. Т. 58, № 11. Стр. 2153. **IF=0.984 (РИНЦ)**
17. Mamonov E.A., Maundykovskiy A.I., **Kolmychek I.A.**, Magnitskiy S.A., Murzina T.V. *Polarization-resolved second harmonic generation microscopy of chiral G-shaped metamaterials* // Physical Review B. 2017. Vol. 96, no. 7. P. 075408. **IF=3.908 (WoS)**
18. **Колмычек И.А.**, Мамонов Е.А., Мурзина Т.В. *Поляризационные эффекты при генерации оптической второй гармоники в киральных наноструктурах* // ЖЭТФ. 2018. Т. 154, №. 2. Стр. 429–444. **IF=1.125 (РИНЦ)**
19. Помозов А.Р., **Колмычек И.А.**, Ганьшина Е.А., Волкова О.Ю., Леонтьев А.Л., Напольский К.С., Мурзина Т.В. *Оптические эффекты в магнитных гиперболических метаматериалах*//Физика твердого тела. 2018. Т. 60, №. 11. Стр. 2224–2228. **IF=0.984 (РИНЦ)**
20. **Kolmychek I.A.**, Pomozov A.R., Leontiev A.A., Napolskii K.S., Murzina T.V. *Magneto-optical effects in hyperbolic metamaterials* // Optics Letters. 2018. Vol. 43, no. 16. Pp. 3917–3920. **IF=3.560 (WoS)**
21. Leontiev A.P., Volkova O.Y., **Kolmychek I.A.**, Venets A.V., Pomozov A.P., Stolyarov V.S., Murzina T.V., Napolskii K.S. *Tuning the optical properties of hyperbolic metamaterials by controlling the volume fraction of metallic nanorods* // Nanomaterials. 2019. Vol. 9, no. 5. P. 739. **IF=5.719 (WoS)**
22. **Kolmychek I.A.**, Pomozov A.R., Leontiev A.P., Napolskii K.S., Murzina T.V. *Magneto-optical effects in Au/Ni based composite hyperbolic metamaterials* // Physics of Metals and Metallography. 2019. Vol. 120, no. 13. Pp. 1266–1269. **IF=1.319 (WoS)**
23. **Kolmychek I.A.**, Pomozov A.R., Novikov V.B., Leontiev A.P., Napolskii K.S., Murzina T.V. *Anomalous birefringence and enhanced magneto-optical effects in epsilon-near-zero metamaterials based on nanorods' arrays* // Optics Express. 2019. Vol. 27, no. 22. Pp. 32069–32074. **IF=3.833 (WoS)**
24. **Kolmychek I.A.**, Dolgikh I.A., Zhou X., Adeyeye A.O., Murzina T.V. *Magnetization-induced chirality in second harmonic generation response of U-shaped permalloy nanostructures* // Physical Review B. 2019. Vol. 99, no. 4. P. 045435. **IF=3.908 (WoS)**
25. **Kolmychek I.A.**, Mamonov E.A., Bochenkov V.E., Murzina T.V. *Second-harmonic generation in gold crescent- and comma-like nanostructures*// Optics Letters. 2019. Vol. 44, no. 22. Pp. 5473–5476. **IF=3.560 (WoS)**
26. Мурзина Т.В., **Колмычек И.А.**, Гусев Н.С., Майдыковский А.И. *Гигантские магнитоиндуцированные эффекты при генерации второй гармоники в планарной анизотропной структуре Ta/Co/Pt* // Письма в ЖЭТФ. 2020. Т. 111, № 6. Стр. 333–337. **IF=1.412 (РИНЦ)**
27. **Колмычек И.А.**, Мамонов Е.А., Ежов А.А., Рогов О.Ю., Артемов В.В., Горкунов М.В., Мурзина Т.В. *Генерация второй гармоники в массивах киральных нанодоверстий в серебряной пленке* // ЖЭТФ. 2020. Т. 158, №. 4. Стр. 646–644. **IF=1.125 (РИНЦ)**
28. **Колмычек И.А.**, Радовская В.В., Лазарева К.А., Шалыгина Е.Е., Гусев Н.С., Майдыковский А.И., Мурзина Т.В. *Исследование границ раздела Co/Pt и Co/Ta методом генерации магнитоиндуцированной второй оптической гармоники* // ЖЭТФ. 2020. Т. 157, №. 4. Стр. 661–668. **IF=1.125 (РИНЦ)**
29. **Kolmychek I.A.**, Novikov V.B., Malysheva I.V., Leontiev A.P., Napolskii K.S., Murzina T.V. *Second-harmonic generation spectroscopy in gold nanorod-based epsilon-near-zero metamaterials* // Optics Letters. 2020. Vol. 45, no. 7. Pp. 1866–1869. **IF=3.560 (WoS)**
30. **Kolmychek I.A.**, Malysheva I.V., Novikov V.B., Leontiev A.P., Napolskii K.S., Murzina

- T.V. *Phase-matched optical second harmonic generation in a hyperbolic metamaterial based on silver nanorods* // Physical Review B. 2020. Vol. 102, no. 24. P. 241405. **IF=3.908 (WoS)**
31. Malysheva I.V., **Kolmychek I.A.**, Romashkina A.M., Leontiev A.P., Napolskii K.S., Murzina T.V. *Magneto-optical effects in hyperbolic metamaterials based on ordered arrays of bisegmented gold/nickel nanorods* // Nanotechnology. 2021. Vol.32, no. 30. P. 305710. **IF=3.353 (WoS)**
  32. **Колмычек И.А.**, Малышева И.В., Новиков В.Б., Майдыковский А.И., Леонтьев А.П., Напольский К.С., Мурзина Т.В. *Оптические свойства гиперболических метаматериалов (Миниобзор)* // Письма в ЖЭТФ. 2021. Т. 114, №. 11. Стр. 727–739. **IF=1.412 (РИНЦ)**
  33. Mamonov E., **Kolmychek I.**, Radovskaya V., Pashen'kin I., Gusev N., Maydykovskiy A., Temiryazeva M., Temiryazev A., Murzina T. *Interface driven effects in magnetization-induced optical second harmonic generation in layered films composed of ferromagnetic and heavy metals* // Materials. 2021. Vol. 14, no. 13. P. 3573. **IF=3.748 (WoS)**
  34. **Kolmychek I.A.**, Radovskaya V.V., Mamonov E.A., Maydykovskiy A.I., Sadovnikov A.V., Sheshukova S.E., Nikitov S.A., Temiryazeva M.P., Gusev N.S., Fraerman A.A., Murzina T.V. *Interface-induced optical effects in magnetic two- and three-layer films* // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 2021. Vol. 528. P. 167780. **IF=3.097 (WoS)**
  35. Радовская В.В., Мамонов Е.А., Новиков В.Б., Копылов Д.А., **Колмычек И.А.**, Гусев Н.С., Пашенькин И.Ю., Мурзина Т.В. *Магнитоиндуцированный нелинейно-оптический отклик пленок на основе нанослоев тяжелых и ферромагнитного металлов* // Физика твердого тела. 2021. Т. 69, №. 9. Стр. 1268–1272. **IF=0.984 (РИНЦ)**
  36. **Kolmychek I.A.**, Lazareva K.A., Mamonov E.A., Skorokhodov E.V., Sapozhnikov M.V., Golubev V.G., Murzina T.V. *Size effects in optical and magneto-optical response of opal-cobalt heterostructures* // Materials. 2021. Vol. 14, no. 13. Pp. 3481–3491. **IF=3.748 (WoS)**
  37. **Kolmychek I.A.**, Mamonov E.A., Gusev N.S., Sapozhnikov M.V., Golubev V.G., Murzina T.V. *Resonant optical effects in composite Co/opal-based magnetoplasmonic structures* // Optics Letters. 2021. Vol. 46, no. 13. Pp. 3087–3090. **IF=3.560 (WoS)**
  38. **Колмычек И.А.**, Ромашкина А.М., Майдыковский А.И., Гусев С.А., Гусев Н.С., Сапожников М.В., Голубев В.Г., Мурзина Т.В. *Резонансное усиление поперечного магнитооптического эффекта в плазмонных гетероструктурах опал/кобальт/серебро* // Письма в ЖЭТФ. 2021. Т. 114, №. 8. Стр. 526–532. **IF=1.412 (РИНЦ)**

На автореферат диссертации поступило 5 отзывов, все положительные.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что они являются специалистами в области оптики и нелинейной оптики, магнитооптики и плазмоники и имеют публикации по тематике диссертации. Указанные оппоненты не имеют совместных проектов и публикаций с соискателем.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований продемонстрирована возможность управления параметрами света (поляризацией, интенсивностью, спектральным составом и пр.) при взаимодействии с наноструктурами различной формы и состава. Исследуемые оптические и нелинейно-оптические эффекты в плазмонных и хиральных структурах, а также, метаматериалах с гиперболической дисперсией, могут найти применение для создания функциональных элементов устройств нанофотоники и оптических сенсоров. Кроме того, в диссертационной работе разработаны экспериментальные методики диагностики магнитных, резонансных, структурных и морфологических свойств поверхностей и скрытых интерфейсов с помощью анализа их квадратичного нелинейно-оптического отклика. Фундаментальный интерес представляют приведенные автором результаты изучения механизмов взаимодействия лазерного излучения со структурами суб-

волнового размера. Проведенные исследования вносят существенный вклад в развитие оптики и нелинейной оптики наноструктурированных сред.

Результаты диссертации могут быть использованы в МГУ имени М.В. Ломоносова и других высших учебных заведениях в основных образовательных программах при создании новых и обновлении имеющихся материалов учебных курсов, а также в научно-исследовательских институтах для ознакомления с результатами и методами исследований по соответствующей тематике.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. При генерации второй гармоники в ферромагнитных наноструктурах наблюдаются вклады, обусловленные вихревым распределением и макроскопическим тороидным моментом намагниченности, а также градиентами намагниченности на интерфейсах.
2. Возбуждение локальных поверхностных плазмонов, решеточных плазмонных резонансов и бегущих плазмон-поляритонов в металлических наноструктурах приводит к усилению эффективности генерации второй гармоники, магнитооптического и магнитного нелинейно-оптического отклика.
3. В композитных гиперболических метаматериалах реализуется усиление магнитооптических эффектов в спектральной окрестности области, где действительная часть эффективной компоненты диэлектрической проницаемости близка к нулю.
4. В гиперболических метаматериалах наблюдается гигантское двулучепреломление, а также усиление эффективности генерации и скачок фазы второй гармоники при переходе от эллиптического к гиперболическому закону дисперсии.
5. Намагниченность пленки изотропного ферромагнитного металла приводит к возникновению анизотропии его квадратичного нелинейно-оптического отклика.
6. Метаповерхности на основе немагнитных хиральных наноструктур демонстрируют эффект циркулярного дихроизма в отклике второй гармоники, обусловленный локализацией электромагнитного поля в наноэлементах. Величина и знак эффекта определяются как формой элементов и их расположением в массиве, так и азимутальной ориентацией структуры относительно плоскости поляризации регистрируемого сигнала второй гармоники.

На заседании 28 декабря 2022 года диссертационный совет принял решение присудить Колмычек Ирине Алексеевне учёную степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **17** человек, из них **6** докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из **22** человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» — **17**, «против» — **нет**, недействительных голосов — **нет**.

Председатель  
диссертационного совета МГУ 013.6  
доктор физико-математических наук,  
профессор

Салецкий Александр Михайлович

Учёный секретарь  
диссертационного совета МГУ 013.6  
доктор физико-математических наук,  
доцент

Косарева Ольга Григорьевна

Дата оформления заключения: 28 декабря 2022 года.