ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.326.07 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МИРЭА – РОССИЙСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» (РТУ МИРЭА) МИНОБРНАУКИ РОССИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 21.12.2023 №\_24\_

О присуждении Звездину Константину Анатольевичу ученой степенидоктора физико-математических наук.

Диссертация «Микроволновая спинтроники и спиновые токи»в виде научного доклада по специальности 1.3.8 – «физика конденсированного состояния» выполнена в ФГБОУ ВО «МИРЭА - Российский технологический университет» (РТУ МИРЭА) и ФГБУН ФИЦ «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской Академии наук» (ИОФ РАН).

Принята к защите 15 сентября 2023 года, протокол № 18 диссертационным советом 24.2.326.07 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА - Российский технологический университет» (РТУ МИРЭА), Минобрнауки РФ, Москва, 119454, проспект Вернадского, 78. Состав диссертационного совета утвержден в количестве 22 человек 26.01.2023 (приказ №86/нк).

Соискатель Звездин Константин Анатольевич, 1975 года рождения, гражданин Российской Федерации. В 1998 году соискатель окончил физический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, присвоена квалификация физика. С 1999 по 2001 год обучался в очной аспирантуре ИОФ РАН. В 2002 году защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 - «Теоретическая физика» по теме «Моделирование физических процессов в магнитных наноструктурах». В настоящее время работает в должности ведущего научного сотрудника кафедры наноэлектроники РТУ МИРЭА.

Официальные оппоненты:

1. Никитов Сергей Аполлонович, гражданин РФ, доктор физико-математических наук, профессор, академик РАН, директор ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН

2. Самардак Александр Сергеевич, гражданин РФ, доктор физико-математических наук, доцент, профессор Департамента общей и экспериментальной физики Института наукоемких технологий и передовых материалов ВГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»

3. Пудонин Федор Алексеевич, гражданин РФ, доктор физико-математических наук, и.о. заведующего Отдела физики полупроводников и наноструктур ОФТТ Физического института им. П.Н. Лебедева РАН

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский университет науки и технологий»» в своем заключении, составленном Вахитовым Робертом Миннисламовичем, доктором физико-математических наук, профессором, заведующим кафедрой теоретической физики, и утвержденном Г.К. Агеевым, кандидатом технических наук, доцентом, проректором по инновационной деятельности ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологии», указала, что диссертационная работа была рассмотрена и получила положительную оценку на заседании кафедры теоретической физики ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологии» (протокол №4 от 20 ноября 2023), представленные результаты имеют научную новизну и практическую значимость, получены в перспективной области исследований; диссертация в форме научного доклада полностью отражает её содержание; тема диссертационной работы, ее содержание, цель, постановка задач и методы их решения, а также полученные автором результаты и их анализ соответствуют паспорту специальности 1.3.8 – «физика конденсированного состояния»; диссертационная работа удовлетворяет требованиям п.п. 9-14 Положения о порядке присуждения учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842, а её автор заслуживает присвоения учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8 – «физика конденсированного состояния».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован их высокой профессиональной квалификацией и наличием признанных достижений в областях, соответствующих тематике представляемой работы.

В обсуждении диссертационной работы приняли участие: д.ф-м.н. Грановский А.Б., д.х.н. Ищенко А.А., д.ф-м.н. Мишина Е.Д., д.ф-м.н. Петухов А.П., д.ф.-м.н. Фетисов Ю.К., д.ф-м.н. Шерстюк Н.Э., д.ф.-м.н. Сигов А.С.

С 2013 по 2023 гг по теме диссертации соискатель имеет 69 опубликованных работ в журналах, рекомендованных ВАК РФ. За последние 10 лет (2014-2023) соискатель имеет 56 опубликованных работ в журналах, рекомендованных ВАК РФ, включая 39 публикаций в научных изданиях первого (Q1) и второго (Q2) квартилей, согласно международной базе Scopus, и 17 публикаций в изданиях категории К1 Перечня рецензируемых научных изданий и в журналах, входящих в международные базы данных Web of Science, Scopus и др., приравненных к изданиям категории К1.

Список основных публикаций К.А. Звездниа, удовлетворяющих критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание ученой степени доктора наук, оформленной в виде научного доклада:

1. Plotnikova E. M., Trushkin I. I., Lenkevich D. A., Kotelnikov A. L., Cockburn A., **Zvezdin K. A**.; Influence of the structure defects on the magnetic properties of the FePt/Fe bilayer. //J. Appl. Phys.–2014.–115.–13.–134318. **(Q2)**

DOI: 10.1063/1.4870866

1. Skirdkov P. N., **Zvezdin K. A.,** Belanovsky A. D., Grollier J., Cros V., Ross C. A., Zvezdin A. K.; Domain wall displacement by remote spin-current injection. Appl. Phys. Lett– 2014.– 104.– 24.– 242401. **(Q1)**

DOI: 10.1063/1.4883740

1. Shikin A. M., Rybkina A. A., Rybkin A. G., Klimovskikh I. I., Skirdkov P. N., **Zvezdin K. A.**, Zvezdin A. K. Spin current formation at the graphene/Pt interface for magnetization manipulation in magnetic nanodots. //Appl. Phys. Lett..– 2014.– 105.– 4.– 042407. **(Q1)**

DOI: 10.1063/1.4891361

1. Abreu Araujo F., Belanovsky A. D., Skirdkov P. N., **Zvezdin K. A.**, Zvezdin A. K., Locatelli N., Lebrun R., Grollier J., Cros V., de Loubens G., and Klein O. Optimizing magnetodipolar interactions for synchronizing vortex based spin-torque nano-oscillators. //Phys. Rev. B.–2015.– 92.– 045419. **(Q1)**

DOI: 10.1103/PhysRevB.92.045419

1. Skirdkov P. N., **Zvezdin K. A.**, Belanovsky A. D., George J. M., Wu J. C., Cros V., Zvezdin A. K. Large amplitude vortex gyration in permalloy/Bi2Se3-like heterostructures. // Phys. Rev. B–2015.– 92.– 094432. **(Q1)**

DOI: 10.1103/PhysRevB.92.094432

1. Пятаков А П, Сергеев А С, Николаева Е П, Косых Т Б, Николаев А В, **Звездин К А**, Звездин А К. Микромагнетизм и топологические дефекты в магнитоэлектрических средах //УФН –2015.– 185.– 1077–1088. (**К1)**

DOI: 10.3367/UFNr.0185.201510k.1077

Pyatakov A P, Sergeev A S, Nikolaeva E P, Kosykh T B, Nikolaev A V, Zvezdin K A, Zvezdin A K. Micromagnetism and topologic defects in magnetoelectric media // Phys. Usp. – 2015. – 58. – 981–992. DOI: 10.3367/UFNe.0185.201510k.1077 **(также входит в Q2)**

1. Locatelli N., Hamadeh A., Abreu Araujo F., **Zvezdin K.A.**, et al. Efficient Synchronization of Dipolarly Coupled Vortex-Based Spin Transfer Nano-Oscillators. //Sci Rep– 2015.– 5.– 17039. **(Q1)**

DOI: 10.1038/srep17039

1. Iskandarova I.M., Ivanov A.V., Knizhnik, A.A., **Zvezdin K.A.**  et al. Simulation of switching maps for thermally assisted MRAM nanodevices. //Nanotechnol Russia.–2016.– 11.– 208–214. (**К1)**

DOI: 10.1134/S1995078016020063

1. Popkov A. F., Davydova M. D., **Zvezdin K. A.**, Solov'yov S. V., Zvezdin A. K., Origin of the giant linear magnetoelectric effect in perovskitelike multiferroic BiFeO3 //Phys. Rev. B.–2016.– 93.– 094435 **(Q1)**

DOI: 10.1103/PhysRevB.93.094435

1. Popov A.I., **Zvezdin K.A.**, Gareeva Z.V. , Mazhitova F.A., Vakhitov R.M., Yumaguzin R, Zvezdin A.K. Ferroelectricity of domain walls in rare earth iron garnet films // J. Phys.: Condens. Matter.–2016.–28.–456004 **(Q2)**

DOI 10.1088/0953-8984/28/45/456004

1. Shikin A. M., Rybkina A. A., Klimovskikh I. I., Filianina M. V., Kokh K. A., Tereshchenko O. E., Skirdkov P. N., **Zvezdin K. A.**, Zvezdin A. K.; Out-of-plane polarization induced in magnetically-doped topological insulator Bi1.37V0.03Sb0.6Te2Se by circularly polarized synchrotron radiation above a Curie temperature. //Appl. Phys. Lett.– 2016.– 109.– 22.– 222404. **(Q1)**

DOI: 10.1063/1.4969070

1. Книжник А.А., Горячев И.А., Демин Г.Д., **Звездин К.А.,** Зипунова Е.В., Иванов А.В., Искандарова И.М., Левченко В.Д., Попков А.Ф., Соловьёв С.В., Потапкин Б.В. Программный комплекс для компьютерного дизайна спинтронных наноприборов // Российские нанотехнологии. 2017. Т. 12. № 3-4. С. 76-83. **(К1)**

Knizhnik A.A., Goryachev I.A., Demin G.D. , **Zvezdin K.A**., et al. A software package for computer-aided design of spintronic nanodevices. //Nanotechnol Russia. –2017.– 12.– 208–217

DOI: 10.1134/S1995078017020082

1. Shikin A.M., Rybkina A.A., Klimovskikh I.I., Tereshchenko O.E., Bogomyakov A.S., Kokh K.A., Kimura A., Skirdkov P.N., **Zvezdin K.A.**, Zvezdin A.K., Anomalously large gap and induced out-of-plane spin polarization in magnetically doped 2D Rashba system: V-doped BiTeI //2D Mater.–2017.– 4.– 025055. **(Q1)**

DOI: 10.1088/2053-1583/aa65bd

1. Екомасов А.Е., Степанов С.В., Звездин К.А., Екомасов Е.Г. Влияние перпендикулярного магнитного поля и поляризованного тока на динамику связанных магнитных вихрей в тонкой наностолбчатой проводящей трехслойной структуре // Физика металлов и металловедение. 2017. Т. 118. № 4. С. 345-351. **(К1)**

Ekomasov A.E., Stepanov S.V., Zvezdin K.A. et al. Influence of perpendicular magnetic field and polarized current on the dynamics of coupled magnetic vortices in a thin nanocolumnar trilayer conducting structure. //Phys. Metals Metallogr.–2017.– 118.– 328–333

DOI: 10.1134/S0031918X17020028

1. Sabdenov Ch.K., Davydova M.D., **Zvezdin K.A.**, Zvezdin A.K., Andreev A.V., Gorbunov D.I., Tereshina E.A., Skourski Y., Šebek J., Tereshina I.S. Magnetic properties of HoFe6Al6 with a compensation point near absolute zero: A theoretical and experimental study //Journal of Alloys and Compounds.– 2017.–708.– 1161-1167. **(Q1)**

DOI: 10.1016/j.jallcom.2017.02.213

1. Han H. C., Chen Y. S., Davydova M. D., **Zvezdin K. A.**, et al. Spin pumping and probe in permalloy dots-topological insulator bilayers. //Appl. Phys. Lett. – 2017.– 111.– 18.–182411. **(Q1)**

DOI: 10.1063/1.5004097

1. Попов А.И., Сабденов Ч.К., **Звездин К.А.** Ферроэлектрика неоднородно деформированных кристаллов редкоземельных гранатов, возбуждаемая при распространении упругих волн // Физика твердого тела. 2017. Т. 59. № 11. С. 2252-2256. **(К1)**

Popov A.I., Sabdenov C.K., **Zvezdin K.A**. Ferroelectrics of homogeneously deformed rare-earth garnet crystals, excited by elastic wave propagation. //Phys. Solid State.–2019.– 59.– 2274–2278

DOI: 10.1134/S1063783417110269

1. Khudorozhkov A. A., Skirdkov P. N., **Zvezdin K. A.**, Vetoshko P. M., Popkov A. F. Spin-torque diode frequency tuning via soft exchange pinning of both magnetic layers //Phys. Rev. B.–2017.– 96.– 214410. **(Q1)**

DOI: 10.1103/PhysRevB.96.214410

1. Shikin A.M., Rybkina A.A., Estyunin D.A., **Zvezdin A.A.**, et al. Dirac cone intensity asymmetry and surface magnetic field in V-doped and pristine topological insulators generated by synchrotron and laser radiation. //Sci Rep.–2018.–8.– 6544 **(Q1)**

DOI: 10.1038/s41598-018-24716-1

1. Степанов С.В., Екомасов А.Е., Звездин К.А., Екомасов Е.Г. Исследование связанной динамики магнитных вихрей в трехслойном проводящем наноцилиндре // Физика твердого тела. 2018. Т. 60. № 6. С. 1045-1050. **(К1)**

Stepanov S.V., Ekomasov A.E., Zvezdin K.A. et al. Dynamics of Coupled Magnetic Vortices in Trilayer Conducting Nanocylinder. //Phys. Solid State.–2018.–60.– 1055–1060

DOI: 10.1134/S1063783418060318

1. Shikin A. M., Rybkina A. A., Estyunin D. A., Sostina D. M., Voroshnin V. Yu., Klimovskikh I. I., Rybkin A. G., Surnin Yu. A., Kokh K. A., Tereshchenko O. E., Petaccia L., Di Santo G., Skirdkov P. N., **Zvezdin K. A.**, Zvezdin A. K., Kimura A., Chulkov E. V., and Krasovskii E. E. Signatures of in-plane and out-of-plane magnetization generated by synchrotron radiation in magnetically doped and pristine topological insulators // Phys. Rev. B.–2018.– 97.– 245407 **(Q1)**

DOI: 10.1103/PhysRevB.97.245407

1. Popkov A.F., Kulagin N.E., Demin G.D., **Zvezdin K.A.** et al. Field Characteristics of Spin-Torque Diode Sensitivity in the Presence of a Bias Current. //Semiconductors.–2018.– 52.–1909–1914

DOI: 10.1134/S1063782618150101 **K1**

1. Skirdkov P. N., Popkov A. F., **Zvezdin K. A.**; Vortex spin-torque diode: The impact of DC bias. //Appl. Phys. Lett.–2018.– 113.– 24.– 242403. **(Q1)**

DOI: 10.1063/1.5064440

1. Gareeva Z.V., **Zvezdin K.A.**, Pyatakov A.P., Zvezdin A.K. Novel type of spin cycloid in epitaxial bismuth ferrite films //Journal of Magnetism and Magnetic Materials.–2019.–469.–593-597 **(Q2)**

DOI: 10.1016/j.jmmm.2018.08.079.

1. Davies C. S., Prabhakara K. H., Davydova M. D., **Zvezdin K. A.**, Shapaeva T. B., Wang S., Zvezdin A. K., Kirilyuk A., Rasing Th., Kimel A. V. Anomalously Damped Heat-Assisted Route for Precessional Magnetization Reversal in an Iron Garnet //Phys. Rev. Lett.–2019.–122.– 027202 **(Q1)**

DOI: 10.1103/PhysRevLett.122.027202

1. Звездин А.К., Давыдова М.Д., Звездин К.А. Сверхбыстрая спиновая динамика и обратный спиновый эффект холла в наноструктурах с гигантским спин-орбитальным взаимодействием // Успехи физических наук. 2018. Т. 188. № 11. С. 1238-1248. **(К1)**

Zvezdin A.K., Davydova M. D., Zvezdin K. A. Ultrafast spin dynamics and inverse spin Hall effect in nanostructures with giant spin-orbit coupling // Phys.-Usp. –2019.–61.– 1127. **(также входит в Q1)**

DOI: 10.3367/UFNe.2017.12.038309

1. Stupakiewicz A., Szerenos K., Davydova,M.D., **Zvezdin K.A.** et al. Selection rules for all-optical magnetic recording in iron garnet. //Nat Commun.–2019.– 10.– 612 **(Q1)**

DOI:10.1038/s41467-019-08458-w

1. Davydova M. D., **Zvezdin K. A.**, Becker J., Kimel A. V., Zvezdin A. K. H−T phase diagram of rare-earth–transition-metal alloys in the vicinity of the compensation point. // Phys. Rev. B.–2019.– 100.– 064409. **(Q1)**

DOI: 10.1103/PhysRevB.100.064409

1. Davydova M D, **Zvezdin K.A.** et al. Ultrafast spin dynamics in ferrimagnets with compensation point. //J. Phys.: Condens. Matter.–2020.– 32.– 01LT01. **(Q2)**

DOI: 10.1088/1361-648X/ab42fa

1. Rybkina A.A., Rybkin A.G., Klimovskikh I.I., Skirdkov P.N., **Zvezdin K.A.**, Zvezdin A.K., Shikin A.M., Advanced graphene recording device for spin-orbit torque magnetoresistive random access memory //Nanotechnology.– 2020.- 31.- 165201 **(Q1)**

DOI 10.1088/1361-6528/ab6470

1. Davydova M.D., Skirdkov P.N., **Zvezdin K.A.**, Wu Jong-Ching, Ciou Sheng-Zhe, Chiou Yi-Ru, Ye Lin-Xiu, Wu Te-Ho, Bhatt Ramesh Chandra, Kimel A.V., Zvezdin A.K. Unusual Field Dependence of the Anomalous Hall Effect in Ta/Tb−Fe−Co. // Phys. Rev. Applied.–2020.– 13.– 034053. **(Q1)**

DOI: 10.1103/PhysRevApplied.13.034053

1. Skirdkov P. N., **Zvezdin K. A.**, Spin-Torque Diodes: From Fundamental Research to Applications. //ANNALEN DER PHYSIK.-2020.-532.-1900460. **(Q1)**

DOI: 10.1002/andp.201900460

1. Yurlov V. V., **Zvezdin K. A.**, Kichin G. A., Davydova M. D., Tseplina A. E., Hai Ngo Trong, Wu Jong-Ching, Ciou Sheng-Zhe, Chiou Yi-Ru, Ye Lin-Xiu, Wu Te-Ho, Bhatt Ramesh Chandra, Zvezdin A. K. Magnetization switching by nanosecond pulse of electric current in thin ferrimagnetic film near compensation temperature. //Appl. Phys. Lett. –2020.– 116.– 22.– 222401. **(Q1)**

DOI: 10.1063/5.0010687

1. Звездин А.К., Кимель А.В., Плохов Д.И., Звездин К.А. Сверхбыстрая спиновая динамика в легкоплоскостном слабом ферромагнетике борате железа // ЖЭТФ, 2020. Том 158, Вып. 1, стр. 128 **(К1)**

DOI:10.31857/S0044451020070123

Zvezdin A.K., Kimel A.V., Plokhov D.I., Zvezdin K.A.. Ultrafast Spin Dynamics in the Iron Borate Easy-Plane Weak Ferromagnet. //J. Exp. Theor. Phys.–2020.– 131.– 130–138

DOI: 10.1134/S1063776120070195

1. Zvezdin A.K., Gareeva Z.V., **Zvezdin K.A.**, Anomalies in the dynamics of ferrimagnets near the angular momentum compensation point. //Journal of Magnetism and Magnetic Materials.–2020.–509.–166876. **(Q2)**

DOI: 10.1016/j.jmmm.2020.166876.

1. Hai Ngo Trong, Kindiak Ivan, Yurlov Vladislav, Bhatt Ramesh Chandra, Chun-Ming Liao, Lin-Xiu Ye, Wu Te-ho, **Zvezdin K. A.**, Wu Jong-Ching. Unusual behavior of coercivity in Hf/GdFeCo bilayer with MgO cap layer by electric current. //AIP Advances–2020.– 10.– 10.– 105202. **(Q2)**

DOI: 10.1063/5.0023636

1. Prabhakara K.H., Shapaeva T.B., Davydova M.D., **Zvezdin K.A.**, Zvezdin A.K., Davies C.S., Kirilyuk A., Rasing Th., Kimel A.V. Controlling magnetic domain wall velocity by femtosecond laser pulses. // Journal of Physics: Condensed Matter.–2020.–33.–7.–075802. **(Q2)**

DOI 10.1088/1361-648X/abc941

1. Popov A. I., **Zvezdin K. A.**, Gareeva Z. V., A Kimel. V., Zvezdin A. K. Quantum theory of femtosecond optomagnetic effects for rare-earth ions in DyFeO3. //Phys. Rev. B –2021.– 103.– 014423. **(Q1)**

DOI: 10.1103/PhysRevB.103.014423

1. Kindiak I. L., Skirdkov P. N., Tikhomirova K. A., **Zvezdin K. A.**, Ekomasov E. G., Zvezdin A. K., Domain-wall dynamics in a nanostrip with perpendicular magnetic anisotropy induced by perpendicular current injection //Phys. Rev. B. -2021.- 103.- 024442. **(Q1)**

DOI: 10.1103/PhysRevB.103.024442

1. Екомасов Е.Г., Степанов С.В., Звездин К.А., Пугач Н.Г., Антонов Г.И. Влияние спин-поляризованного тока на динамику и изменение структуры магнитных вихрей в трехслойном проводящем наноцилиндре большого диаметра // Физика металлов и металловедение. 2021. Т. 122. № 3. С. 212-220. **(K1)**

Ekomasov E.G., Stepanov S.V., **Zvezdin, K.A.** et al. The Effect of the Spin-Polarized Current on the Dynamics and Structural Changes of Magnetic Vortices in a Large-Diameter Three-Layer Conducting Nanocylinder. //Phys. Metals Metallogr.– 2021.–122.– 197–204.

DOI:10.1134/S0031918X21030054

1. Yurlov V. V., Zvezdin K. A., Skirdkov P. N**., Zvezdin A. K.** Domain wall dynamics of ferrimagnets influenced by spin current near the angular momentum compensation temperature. // Phys. Rev. B.–2021.– 103.– 134442. **(Q1)**

DOI: 10.1103/PhysRevB.103.134442

1. Buzdakov A.G., Skirdkov P.N., **Zvezdin K.A.** Magnetostatically Induced Easy-Cone Magnetic State Tuning by Perpendicular Magnetic Anisotropy in an Unbiased Spin-Torque Diode. //Phys. Rev. Applied.– 2021.– 15.– 054047. **(Q1)**

DOI: 10.1103/PhysRevApplied.15.054047

1. Shikin A. M., Estyunin D. A., Zaitsev N. L., Glazkova D., Klimovskikh I. I., Filnov S. O., Rybkin A. G., Schwier E. F., Kumar S., Kimura A., Mamedov N., Aliev Z., Babanly M. B., Kokh K., Tereshchenko O. E., Otrokov M. M., Chulkov E. V., **Zvezdin K. A.,** Zvezdin A. K. Sample-dependent Dirac-point gap in MnBi2Te4 and its response to applied surface charge: A combined photoemission and ab initio study. Phys. Rev. B.–2021.–104.– 115168. **(Q1)**

DOI: 10.1103/PhysRevB.104.115168

1. Прабхакара К.Х., Шапаева Т.Б., Давыдова M.D., Звездин К.А., Звездин А.К., Девис К., Кирилюк А.И., Райзинг Т., Кимель А.В. Торможение доменной границы в пленке феррита-граната с помощью фемтосекундных лазерных импульсов // Вестник Московского университета. Серия 3: Физика. Астрономия. 2021. № 6. С. 33-40. **(K1)**

Prabhakara K.H., Shapaeva T.B., Davydova M.D., **Zvezdin K.A.**, et al. Domain Wall Deceleration in a Ferrite–Garnet Film by Femtosecond Laser Pulses. //Moscow Univ. Phys.–2021.– 76.– 447–454.

DOI: 10.3103/S0027134921060084

1. Екомасов Е.Г., Степанов С.В., Назаров В.Н., **Звездин К.А**., Пугач Н.Г., Антонов Г.И. Совместное влияние магнитного поля и спин-поляризованного тока на связанную динамику магнитных вихрей в спин-трансферном наноосцилляторе // Письма в ЖТФ. 2021. Т. 47. № 17. С. 26-28. **(К1)**

Ekomasov E.G., Stepanov S.V., Nazarov V.N., **Zvezdin K.A.,** et al. Joint Effect of a Magnetic Field and a Spin-Polarized Current on the Coupled Dynamics of Magnetic Vortices in a Spin-Transfer Nano-Oscillator. //Tech. Phys. Lett.–2021.– 47.– 843–845.

DOI: 10.1134/S1063785021090030

1. Shikin A.M., Rybkina A.A., Estyunin D.A., **Zvezdin K.A.** et al. Non-monotonic variation of the Kramers point band gap with increasing magnetic doping in BiTeI. //Sci Rep.–2021.–11.– 23332. **(Q1)**

DOI: 10.1038/s41598-021-02493-8

1. Buzdakov A.G., Skirdkov P.N., **Zvezdin K.A.** Easy-cone state in spin-torque diode under combined action of magnetostatics and perpendicular anisotropy. //J. Phys. D: Appl. Phys.– 2022.– 55.– 115001 **(Q2)**

DOI: 10.1088/1361-6463/ac3e93

1. Шикин А.М., Естюнин Д.А., Зайцев Н.Л., Глазкова Д.А., Климовских И.И., Фильнов С.О., Рыбкин А.Г., Кох К.А., Терещенко О.Е., Звездин К.А., Звездин А.К. Модуляция энергетической запрещенной зоны в точке дирака в антиферромагнитном топологическом изоляторе MnBi2Te4 как результат изменений поверхностного градиента потенциала // ЖЭТФ. 2022. Т. 161. № 1. С. 126-136. (К1)

Shikin A.M., Estyunin D.A., Zaitsev N.L., **Zvezdin K.A.**, et al. Modulation of the Dirac Point Band Gap in the Antiferromagnetic Topological Insulator MnBi2Te4 due to the Surface Potential Gradient Change. //J. Exp. Theor. Phys. –2022.–134.– 103–111.

DOI: 10.1134/S1063776121120141

1. Gareeva Z, Zvezdin A, **Zvezdin K**, Chen X. Symmetry Analysis of Magnetoelectric Effects in Perovskite-Based Multiferroics. //Materials.– 2022.– 15.– 2.– 574 **(Q2)**

DOI: 10.3390/ma15020574

1. Звездин К.А., Екомасов Е.Г. Спиновые токи и нелинейная динамика вихревых спин-трансферных наноосцилляторов // Физика металлов и металловедение. 2022. Т. 123. № 3. С. 219-239. **(К1)**

Zvezdin K.A., Ekomasov E.G. Spin Currents and Nonlinear Dynamics of Vortex Spin Torque Nano-Oscillators. //Phys. Metals Metallogr.–2022.– 123.– 201–219

DOI: 10.1134/S0031918X22030140

1. Hai Ngo Trong, Chen Zi-Ting, Kindiak Ivan, Bhatt Ramesh Chandra, Ye Lin-Xiu, Wu Te-ho, **Zvezdin K.A.**, Horng Lance, Wu Jong-Ching, Electrical characterization of magnetic domain wall via distinctive hysteresis and magnetoresistance, //Journal of Magnetism and Magnetic Materials.–2022.–546.–168776. **(Q2)**

DOI: 10.1016/j.jmmm.2021.168776

1. Zhang, X.-D., Varenik, M., **Zvezdin, K.**, Ehre, D., Wachtel, E., Zhu, Z., Leitus, G., Popov, A., Zvezdin, A., Peng, T., Lubomirsky, I., Guo, X., Single-Ion Magnetostriction in Gd2O3–CeO2 Solid Solutions. // Adv. Funct. Mater.– 2022.– 32.– 2110509. **(Q1)**

DOI: 10.1002/adfm.202110509

1. Звездин А.К., Гареева З.В., Трочина А.М., Звездин К.А. Динамика доменных границ в области компенсации углового момента в пленках ферримагнетиков при наличии плоскостной анизотропии // Физика металлов и металловедение, 2022. – Т.123. – В.7. – С.698-703. **(К1)**

Zvezdin, A.K., Gareeva, Z.V., Trochina, A.M., **Zvezdin K.A.**, et al. Dynamics of Domain Walls in the Region of Compensated Angular Momentum in Ferrimagnetic Films with Plane Anisotropy. //Phys. Metals Metallogr.–2022.– 123.– 656–661

DOI: 10.1134/S0031918X22070225

1. Шканакина М.Д., Кичин Г.А., Скирдков П.Н., Путря М.Г., Звездин К.А. Эволюция мод магнитного туннельного перехода при изменении направления внешнего магнитного поля // Известия РАН. Сер. Физическая. – 2023. – Т.87. - №1. – С.109-114. **(К1)**

Shkanakina M.D., Kichin G.A., Skirdkov P.N., Zvezdin K.A. et al. Evolution of the Modes of a Magnetic Tunnel Junction upon a Change in the Direction of the External Magnetic Field. //Bull. Russ. Acad. Sci. Phys.–2023.– 87.– 92–96.

DOI: 10.3103/S1062873822700216

1. Трушин А.С., Кичин Г.А., Звездин К.А. Исследование магнитной гетероструктуры MgO/CoFeB/Ta гармоническим методом // Известия РАН. Сер. Физическая. – 2023. – Т.87. - №1. – С.105-108. **(К1)**

Trushin A.S., Kichin G.A., Zvezdin K.A. Study of Magnetic Heterostructure MgO/CoFeB/Ta Using the Harmonic Method. //Bull. Russ. Acad. Sci. Phys.– 2023. - 87.– 88–91.

DOI: 10.3103/S1062873822700204

1. Blank T. G. H., Grishunin K. A., Zvezdin K. A., Hai N. T., Wu J. C., Su S.-H., Huang J.-C. A., Zvezdin A. K., Kimel A. V. Two-Dimensional Terahertz Spectroscopy of Nonlinear Phononics in the Topological Insulator MnBi2Te4. // Phys. Rev. Lett. –2023.–131.– 026902 **(Q1)**

DOI: 10.1103/PhysRevLett.131.026902

Прочие публикации

1. Khvalkovskiy A. V., Cros V., Apalkov D., Nikitin V., Krounbi M., **Zvezdin K. A.**, Anane A., Grollier J., Fert A. Matching domain-wall configuration and spin-orbit torques for efficient domain-wall motion // Phys. Rev. B.–2013.–87.– 020402(R) **(Q1)**

DOI: 10.1103/PhysRevB.87.020402

1. Locatelli N., Ekomasov A. E., Khvalkovskiy A. V., Azamatov Sh. A.,. **Zvezdin K. A**, Grollier J., Ekomasov E. G., Cros V.; Reversal process of a magnetic vortex core under the combined action of a perpendicular field and spin transfer torque. //Appl. Phys. Lett.– 2013.–102.–6.–062401. **(Q1)**

DOI: 10.1063/1.4790841

1. Metaxas P., Sampaio J., Chanthbouala A., **Zvezdin K.A.,** et al. High domain wall velocities via spin transfer torque using vertical current injection. //Sci Rep.–2013.– 3.– 1829. **(Q1)**

DOI: 10.1038/srep01829

1. Belanovsky A. D., Locatelli N., Skirdkov P. N., Abreu Araujo F., **Zvezdin K. A.**, Grollier J., Cros V., Zvezdin A. K. Numerical and analytical investigation of the synchronization of dipolarly coupled vortex spin-torque nano-oscillators. //Appl. Phys. Lett.– 2013.–103.– 12.–122405. **(Q1)**

DOI: 10.1063/1.4821073

1. Leshchiner D., **Zvezdin K.**, Chepkov G., Perlo P. , Popkov A., Resolution Limits in Near-Distance Microwave Holographic Imaging for Safer and More Autonomous Vehicles, Journal of Traffic and Transportation Engineering.– 2017.–5.– 316-327

DOI: 10.17265/2328-2142/2017.06.005

1. Sabdenov Ch. K., Davydova M. D., **Zvezdin K. A.**, Gorbunov D. I., Tereshina I. S., Andreev A. V., Zvezdin A. K. Magnetic-field induced phase transitions in intermetallic rare-earth ferrimagnets with a compensation point. //Low Temp. Phys.– 2017.– 43.– 5–551–558

DOI: 10.1063/1.4985214

1. Kulagin N. E., Skirdkov P. N., Popkov A. F., **Zvezdin K. A.**, Lobachev A. V.; Nonlinear current resonance in a spin-torque diode with planar magnetization. //Low Temp. Phys.–2017.– 43.– 6.– 708–714

DOI: 10.1063/1.4985978

1. Leshchiner D., **Zvezdin K**., Popkov A., Chepkov G, Perlo P. Image reconstruction algorithms for the microwave holographic vision system with reliable gap detection at theoretical limits //EPJ Web Conf.–2018.– 185.– 01004.

DOI: 10.1051/epjconf/201818501004

1. Petrov P.N., Davydova M.D., Skirdkov P.N**., Zvezdin K.A.**, Lin J.G., Huang J.C.A. Inverse spin Hall effect in heterostructures “nanostructured ferromagnet/topological insulator” // EPJ Web of Conferences.–2018.–185.–01005

DOI: 10.1051/epjconf/201818501005

1. Demin G. D., **Zvezdin K. A.**, Popkov A. F. Bolometric Properties of a Spin-Torque Diode Based on a Magnetic Tunnel Junction //Advances in Condensed Matter Physics.–2019.– 2019.– 5109765.

DOI: 10.1155/2019/5109765

1. Davydova M.D., Pakhomov A.S., Kuz’michev A.N., **Zvezdin K.A.**, et al. Spin Pumping and Temperature-Resolved Ferromagnetic Resonance in Permalloy-Topological Insulator Nanostructured Bilayers. //J. Electron. Mater.– 2019.– 48.– 1375–1379

DOI: 10.1007/s11664-018-6765-9

1. Gareeva Z.V., **Zvezdin K.A.**, Kayumov I.R. et al. Space-Modulated Structures in BiFeO3 Films. //J Supercond Nov Magn.–2019.– 32.– 1811–1815.

DOI: 10.1007/s10948-018-4887-1

1. Звездин К.А., Лещинер Д.Р., Попков А.Ф., Скирдков П.Н., Буздаков А.Г. , Чепков Г.Н. СВЧ регистрация и голографическая визуализация рассеяния волнового фронта на основе спиновых диодов для системы автономного вождения // Научная визуализация.– 2020.– 12– 3.–38-50

DOI: 10.26583/sv.12.3.04

В тексте диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах. Результаты диссертационной работы прошли апробацию на 20 всероссийских и международных конференциях.

На диссертацию в форме научного доклада поступило 4 отзыва:

1. Чернова Александра Игоревича, доктора физ-мат. наук, заведующего лабораторией физики магнитных гетероструктур и спинтроники МФТИ— отзыв положительный. В отзыве присутствуют вопросы:

а) При исследовании влияния наноструктурирования на эффективность генерации беззарядовых спиновых токов в гетероструктуре «топологический изолятор –ферромагнетик» анализировалось ли влияния разброса размеров индивидуальных устройств?

б) При рассмотрении вихревого наноосциллятора, основанного на топологическом изоляторе, рассматривалась ли возможность генерации других частотных мод, помимо гиротропной?

Отмечено, что замечания не снижают высокой оценки представленных результатов и общей положительной оценки диссертационной работы.

2. От Сапожникова Максима Викторовича, доктора физико-математических наук, заведующего отдела физики магнитных наноструктур Института физики микроструктур Российской академии наук — отзыв положительный. В отзыве присутствуют следующие замечания:

а) Как в поставленных задачах, так и в полученных результатах говорится о выполненных экспериментальных работах. При этом в разделе "личный вклад" говорится лишь о теоретических результатах, а вклад автора в экспериментальные работы, в которых он является соавтором, не раскрыт.

б) Используемый в диссертации термин "гигантское спин-орбитальное взаимодействие" не является устоявшимся.

в) Магнитные частицы диаметром 200-400 нанометров и толщиной 4 нм скорее следует называть "дисками", чем "столбиками".

г) В восьмом положении, выносимом на защиту, величина наблюдаемого тока ошибочно указана в микровольтах.

и вопросы:

а) Автор сообщает (стр.25), что «спинполяризованный ток, текущий перпендикулярно плоскости структуры, может вызывать стационарное движение доменной стенки со скоростью, до двух порядков более высокой, чем для CIP-конфигурации, находящейся под действием спинового тока аналогичной плотности.» В чем физическая причина такой разницы скоростей доменной стенки для CIP и CPP геометрий?

б) Автор рассматривает задачу о манипулировании доменной стенкой при помощи тока, инжектируемого через туннельный промежуток. Очевидно, что в этих условиях туннельный промежуток должен обладать достаточно низким сопротивлением и высокой прозрачностью. Учитывались ли эффекты обменного взаимодействия между магнитным инжектором и магнитным полоском, содержащим доменную стенку? И если нет, то как они должны сказаться?

в) При решении задачи о перемещении доменной стенки "в случае перпендикулярно намагниченной нанополоски, расположенной поверх нанополоски из тяжелого металла, и направленной параллельно" (стр. 35) под действием тока протекающего в тяжелом металле, учитывалось ли влияние тока текущего параллельно в самой ферромагнитной полоске?

г) Было ли принято в расчет влияние магнитного поля, которое создает ток, протекающий через СНТО, при решении задачи о синхронизации гиротропных мод в двух СНТО? И если нет, то что можно сказать о влиянии этих полей?

д) В третьей главе утверждается "необходимая для возбуждения гиротропной динамики минимальная плотность тока в этом случае 10 раз ниже, использовании спин-поляризованных токов в магнитном туннельном контакте аналогичной геометрии". При этом при расчетах СНТО автор использует значение плотности тока равной 7 × 106 A/cм2. Способен ли топологический изолятор Bi2Se3 выдерживать токи 7 × 105 A/cм2 чтоб составить конкуренцию СНТО?

Указано, что сделанные замечания не снижают высокой научной оценки диссертационной работы и представленных в ней результатов.

3. От Фридмана Юрия Анатольевича, доктора физико-математических наук, профессора кафедры теоретической физики Физико-технического института Крымского федерального университета им. М.В. Вернадского — отзыв положительный.

В отзыве присутствуют следующие замечания:

a) В работе не исследована температурная зависимость энергии синхронизации вихревых спин-трансферных наноосцилляторов.

б) При исследовании динамики доменной стенки, возбуждаемой спиновыми токами, не учитывались явления, связанные с шероховатостью интерфейсов

Отмечается, что замечания не снижают высокой оценки диссертационной работы, выполненной на высоком научном уровне.

4. От Демина Глеба Дмитриевича, кандидата физико-математических наук, начальника научно-исследовательской лаборатории «Исследование изделий нано- и микросистемной техники» ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» — отзыв положительный. Сделаны следующие вопросы и замечания:

а) Следовало бы дать более подробное описание используемых численных методов микромагнетизма – какая разностная схема используется для решения уравнения Ландау-Лифшица, как автор рассчитывает вклад диполь-дипольного взаимодействия в эффективное поле. На мой взгляд эта информация была бы очень полезной для исследователей, работающих в этой области.

б) При расчете динамики синхронизации вихревых наноосцилляторов как учитывалось взаимодействие выходящих из плоскости «ядер» вихрей? На мой взгляд этот вопрос было бы полезно рассмотреть подробно.

Отмечается, что сделанные замечания не снижают высокой оценки представленных результатов и общего положительного впечатления от работы.

Диссертационный совет отмечает, что соискателем решены важные научные задачи физики конденсированного состояния: предложены и исследованы теоретически и экспериментально двумерные наноструктуры определенной формы (нанодиски), содержащие слои магнитной и немагнитной компонент (а также в некоторых случаях слой топологического изолятора), демонстрирующие эффекты управления параметром порядка в магнитном слое при протекании тока или воздействия переменных полей; разработаны на основе фундаментальных уравнений физики конденсированного состояния (уравнении Ландау-Лифшица) теоретические и экспериментальные методы изучения свойств таких материалов с учетом и подгонкой материальных параметров, зависящих от химического состава, на основе которых разработаны коды для микромагнитного моделирования; разработанные теоретические модели применены для прогнозирования поведения наноструктур, наноосцилляторов, многослойных систем при изменении их параметров, геометрии пропускания тока, частоты переменного поля, что далее экспериментально подтверждено при помощи разработанных экспериментальных методик. В частности, разработана теоретическая модель дипольной синхронизации вихревых спин-трансферных наноосцилляторов; продемонстрированы и исследованы условия возбуждения спин-поляризованным током большой плотности (105 -106А/см2) поступательного равномерного движения доменных стенок различного типа, определены скорости движения; обнаружена и исследована генерация электрического сигнала в системе, состоящей из наноразмерных ферромагнитных элементов, помещенных на слой топологического изолятора, обладающего высоким (гигантским) значением спин-орбитального взаимодействия в условиях возбуждения микроволновым магнитным полем; обнаружена и исследована динамика магнитного вихря в наноразмерном ферромагнитном диске, помещенном также на слой топологического изолятора, возбуждаемого микроволновым электрическим током.

Совокупность этих результатов можно квалифицировать как крупное научное достижение в области физики конденсированного состояния. Полученные соискателем результаты полностью соответствуют направлениям исследований, указанных в Паспорте научной специальности 1.3.8. – Физика конденсированного состояния (п.1 в части физической природы и свойств материалов в зависимости от их химического состава; п. 2 в части исследования свойств систем с пониженной размерностью; п. 5 в части прогнозирования изменения физических свойств; п. 6).

Представленные материалы позволяют утверждать, что разработанные оригинальные теоретические методики на основе комбинации микромагнитного моделирования с использованием полученных в эксперименте параметров и аналитических расчетов, позволяют количественно исследовать динамику намагниченности и связанных с ней эффектов в спинтронных устройствах, а также предсказывать новые явления и эффекты, индуцированные спиновыми токами.

Впервые описаны и систематизированы динамические явления в магнитных туннельных переходах, содержащих доменные стенки, при возбуждении системы спиновыми токами различной природы. Несмотря на то, что динамика доменных границ является хорошо исследованной областью классического магнетизма, при переходе к наноразмерам и использованию спиновых токов для возбуждения динамики возникает целый ряд новых и нетривиальных эффектов, обнаруженных и исследованных соискателем. Им было впервые показано, теоретически и экспериментально, что для управления доменной стенкой в магнитном туннельном контакте наиболее эффективным способом является пропускание спинового тока перпендикулярно плоскости структуры, что позволяет достичь на порядки более высоких скоростей движения доменный стенок, чем в случае пропускания тока вдоль плоскости, как делалось ранее.

Соискателем впервые был предложен и исследован способ управления доменной стенкой, используя перпендикулярную инжекцию тока через наноконтакт, что позволило на четыре порядка снизить амплитуду управляющего спин-поляризованного тока. Показано, что этот способ позволяет запускать динамику доменной стенки, даже в случае начальной ее локалиации на расстоянии в сотни нанометров от наноконтакта.

Впервые исследованы и классифицированы динамические режимы доменных стенок в магнитных туннельных переходах с перпендикулярной магнитной анизотропией, в условиях их возбуждения спин-поляризованным током. Используя общий теоретический подход, разработанный соискателем, проведена классификация типов доменных стенок, которые реализуются в наноразмерных магнитных туннельных переходах, и затем сделан анализ эффективности используемых конфигураций спиновых токов и создаваемых ими вращающих моментов для управления доменными стенками в таких системах.

Впервые было исследованы и классифицированы динамические режимы доменных границ, возбуждаемых беззарядовыми спиновыми токами. Проведено теоретическое моделирование, которое позволило выделить эффективные сочетания геометрии устройств и используемых спин-орбитальных вращающих моментов, позволяющих эффективно управлять доменной стенкой в спин-орбитронных устройствах.

Соискатель впервые показал возможность эффективной синхронизации вихревых спин-трансферных нано-осцилляторов с помощью дипольного механизма, используя сочетание редуцированных уравнений Тиля и микромагнитного моделирования. Обнаружено, что магнитостатический механизм становится достаточно эффективным в динамическом режиме, чтобы позволить синхронизовать вихревые спин-трансферные нано-осцилляторы на существенных расстояниях (порядка микрона), и с большим разбросом рабочих частот. Предсказанная в моделировании динамика синхронизации была затем подтверждена экспериментально, как в работах соискателя, так и позднее в работах других коллективов.

Соискателем, экспериментально и теоретически, впервые исследовано влияние наноструктурирования на эффективность генерации спиновых токов в гетороструктуре NiFe – топологический изолятор Bi2Se3. Показано, что измерение электрических токов, возникающих из-за обратного эффекта Холла в экспериментах со спиновой накачкой, может быть эффективным способом детектирования микроволновой динамики намагниченности в спин-орбитронных устройствах. Теоретически, с помощью микромагнитного моделирования и редуцированных уравнений Тиля, исследована возможность возбуждения микроволновой гиротропной динамики вихря в гетероструктуре NiFe – топологический изолятор Bi2Se3.

Обнаружено, что в такой системе возможно возбуждения гиротропной динамики вихря путем воздействия микроволновым электрическим током плотностью порядка 105 А/см2, что на порядок меньше, чем в традиционных устройствах, основанных на использовании спин-поляризованных токов, текущих перпендикулярно плоскости.

Научная ценность полученных результатов обусловлена получением новых научных знаний, представляющих существенный интерес для современной физики конденсированного состояния, физики магнетизма и физики низкоразмерных структур. Кроме того, полученные результаты представляют интерес для фундаментальных и прикладных исследований, направленных на поиск новых эффективных способов управления намагниченностью в спинтронных системах и устройствах. Поскольку спинтроника является перспективным направлением развития наноэлектроники, на базе которого формируется элементная база приборов и устройств нового поколения, получение новых данных и обнаружение новых эффектов в исследованных магнитных системах крайне актуально и имеет научную и практическую значимость.

Практическая ценность работы состоит также в возможности применения полученных результатов для создания физических основ технологии получения материалов с заданными свойствами, разработки функциональных элементов для твердотельных спинтронных систем хранения, обработки и передачи информации, в том числе: логических и нейроморфных устройств, основанных на управляемом спиновым током движении доменных стенок, спинтронных генераторов и детекторов микроволнового излучения, перспективных запоминающих устройств, управляемых беззарядовыми спиновыми токами.

Разработанная в диссертационном исследовании теоретическая методика исследования спинтронных устройств, включающая в себя аналитическое описание с помощью редуцированных уравнений динамики намагниченности, основанных на классическом уравнении Ландау-Лифшица, с параметрами, определяемыми с помощью полномасштабного микромагнитного моделирования, или из эксперимента, была успешно использована для исследования нескольких типов спинтронных структур, и может быть использована для разработки и исследования новых перспективных твердотельных спинтронных приборов и устройств.

Научные исследования соискателя были поддержаны грантами Российского научного фонда и грантом Правительства РФ (постановление №220, МЕГА-грант).

Полученные результаты признаются достоверными, они не противоречат современным теоретическим представлениям, демонстрируют высокую корреляцию полученных экспериментальных и теоретических данных и соответствуют мировому уровню исследований в данной области.

Личный вклад соискателя заключается в разработке и формулировании принципиальных концепций исследования, постановке экспериментальных задач, разработке и обосновании всех защищаемых положений, в проведении представленных в работе расчетов и обработке их результатов, систематизации, сопоставлении и обобщении полученных экспериментальных и теоретических результатов, в выявлении механизмов обнаруженных эффектов, а также в разработке теоретических методов и расчетных моделей для описания процессов управления динамикой намагниченности в магнитных наноструктурах и спинтронных устройствах с помощью спиновых токов.

Личный вклад автора в подготовку публикаций, на основании которых составлен научный доклад, заключается в получении, обосновании и описании теоретических результатов, в том числе результатов теоретических расчетов и моделирования. Все эти результаты получены соискателем лично, либо под его непосредственным руководством, и имеют принципиальное значение для указанных публикаций. Ряд важных экспериментальных исследований, представленных в диссертационной работе (исследования влияния наноструктурирования на эффективность генерации спиновых токов, динамических явлений в магнитных туннельных переходах, исследований в области синхронизации вихревых спин-трансферных нано-осцилляторов) выполнены при непосредственном участии соискателя либо под его руководством.

На заседании 21.12.2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Звездину Константину Анатольевичу ученую степеньдоктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 5 докторов наук по специальности диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени - 17, против присуждения учёной степени - 0, недействительных бюллетеней нет.

Зам. председателя

диссертационного совета А.Н. Юрасов

Ученый секретарь

диссертационного совета Л.Ю. Фетисов

21.12.2023