



УТВЕРЖДАЮ

Врио директора ИПФ РАН,
академик РАН Г.Г. Денисов

« 08 » июля 2026 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук» (ИПФ РАН)

по диссертации Марисовой Марии Павловны «Влияние термооптической нелинейности и дисперсии на распространение лазерного излучения в сферических микрорезонаторах из различных стекол» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности: 1.3.19. Лазерная физика.

Работа выполнена в отделе сверхбыстрых процессов (330) Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук».

Научный руководитель – Анашкина Елена Александровна, заведующий лабораторией экстремальной нелинейной оптики (332), доктор физико-математических наук, доцент, профессор РАН.

В 2022 г. соискатель учёной степени окончил магистратуру в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского" по направлению подготовки 03.04.02. Физика.

Сроки обучения в аспирантуре Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук»: с 1 сентября 2022 года по 31 августа 2026 года.

Свидетельство об окончании аспирантуры № 105200 00000044 от 08 июля 2026 года.

В период подготовки диссертации соискатель Марисова Мария Павловна работал младшим научным сотрудником в отделе сверхбыстрых процессов (330) Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук».

Личное участие аспиранта в получении результатов, изложенных в диссертации

Все теоретические результаты, представленные в диссертационной работе, получены лично автором или при его непосредственном участии. В частности, аспирантом выполнены все присутствующие в работе численные расчёты и реализованы алгоритмы

разработанных методов. Численные расчёты выполнялись на основе оригинальных программ, созданных диссертантом самостоятельно, а также с использованием программных пакетов.

Научная новизна и основные результаты диссертационного исследования

1. Впервые исследованы дисперсионные и нелинейные характеристики мод шепчущей галереи в сплошных микросферах на основе германосиликатного стекла и полых тонкостенных микросфер на основе халькогенидных (As_2S_3 и As_2Se_3) стёкол, а также в сплошных микросферах из кварцевого стекла с тонким покрытием из германосиликатного стекла; определены условия достижения околонулевой и аномальной ДГС для мод рассматриваемых микрорезонаторов на различных длинах волн накачки. Для кварцевых микросфер с германосиликатным покрытием впервые проведён анализ кривых синхронизма вырожденного четырёхволнового взаимодействия.

2. Впервые произведён расчет и выполнен сравнительный теоретический анализ температурной чувствительности длин волн мод шепчущей галереи в сплошных микросферах на основе германатного, теллуритного и халькогенидных (As_2S_3 и As_2Se_3) стёкол; проанализировано влияние несовершенств формы и размеров рассматриваемых микросфер, а также выбора рабочей моды на температурную чувствительность.

3. Предложен оригинальный способ, позволяющий с использованием вспомогательного лазерного диода включать/выключать непрерывную рамановскую генерацию в теллуритной микросфере, а также генерацию рамановских солитонов с контролируемой шириной спектра и рамановских “паттернов Тьюринга” в функционализированной кварцевой микросфере со специально нанесённым поглощающим покрытием.

4. Впервые детально исследованы стационарные и динамические эффекты в системе из двух связанных микрорезонаторов с термооптической нелинейностью при однонаправленной непрерывной накачке: определены области мультистабильности и бифуркационные диаграммы, проанализированы направления гистерезисных переключений между устойчивыми стационарными состояниями, вызываемые медленным сканированием частоты накачки, найдены области автоколебаний. Проанализировано влияние малой межмодовой отстройки между парциальными модами на структуру стационарных состояний и возможных гистерезисных переключений, предложена оригинальная концепция высокочувствительного детектора, работающего вблизи точки бифуркации.

Степень достоверности результатов проведенных исследований

Все представленные результаты диссертационного исследования являются достоверными и обоснованными. В работе применялись надежные и апробированные численные и аналитические методы и подходы. Разработанные алгоритмы и программы для численного моделирования тщательно тестировались на известных моделях. Для ряда теоретических результатов есть экспериментальная верификация. Положения и основные результаты диссертационной работы опубликованы в рецензируемых научных журналах и

подвергались оценке независимых экспертов. Результаты докладывались на всероссийских и международных конференциях.

Практическая и теоретическая значимость результатов исследования

Результаты диссертационной работы могут применяться в ряде российских научно-исследовательских и научно-образовательных организаций, таких как ИПФ РАН, РКЦ, Сколтех, НГУ, ИАиЭ СО РАН, ИТМО, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», и др.

Разработанные модели для исследования линейных и нелинейных характеристик одиночных и связанных микрорезонаторов и термооптических процессов в них, а также полученные с помощью них результаты, могут использоваться для моделирования подобных систем и фотонных устройств на их основе.

Результаты диссертационной работы могут найти практическое применение при проектировании и разработке прототипов генераторов оптических частотных гребёнок для интеграции в системы прецизионных измерений, в навигационные системы, в метрологическое оборудование для контроля качества в высокотехнологичных производствах (микроэлектронике) и в другие интеллектуальные производственные технологии и роботизированные системы.

Результаты исследований термооптических процессов могут использоваться для разработки высокочувствительных миниатюрных датчиков температурных изменений окружающей среды, что может представлять особенный интерес для измерения локальных градиентных температурных полей на небольших пространственных масштабах. Эти результаты также могут быть востребованы для разработки термооптических систем управления нелинейно-оптическими преобразователями частот.

Список работ, опубликованных в журналах из Перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук

1. Spolitis, S. IM/DD WDM-PON Communication System Based on Optical Frequency Comb Generated in Silica Whispering Gallery Mode Resonator / S. Spolitis, R. Murnieks, L. Skladova, T. Salgals, A.V. Andrianov, **M.P. Marisova**, G. Leuchs, E.A. Anashkina, V. Bobrovs // IEEE Access. – 2021. – Vol. 9. – P. 66335–66345.
2. Anashkina, E.A. Microsphere-Based Optical Frequency Comb Generator for 200 GHz Spaced WDM Data Transmission System / E.A. Anashkina, **M.P. Marisova**, A.V. Andrianov, R.A. Akhmedzhanov, R. Murnieks, M.D. Tokman, L. Skladova, I.V. Oladyshkin, T. Salgals, I. Lyashuk, A. Sorokin, S. Spolitis, G. Leuchs, V. Bobrovs // Photonics. – 2020. – Vol. 7, № 3. – P. 72.
3. Anashkina, E.A. Development and numerical simulation of spherical microresonators based on SiO₂-GeO₂ germanosilicate glasses for generation of optical frequency combs / E.A. Anashkina, A.A. Sorokin, **M.P. Marisova**, A.V. Andrianov // Quantum Electronics. – 2019. – Vol. 49, № 4. – P. 371–376.
4. Anashkina, E.A. Optical frequency combs generated in silica microspheres in the telecommunication C-, U-, and E-bands / E.A. Anashkina, **M.P. Marisova**, T. Salgals, J. Alnis,

I. Lyashuk, G. Leuchs, S. Spolitis, V. Bobrovs, A.V. Andrianov // *Photonics*. – 2021. – Vol. 8, № 9. – P. 345.

5. Anashkina, E.A. Cascade Brillouin Lasing in a Tellurite-Glass Microsphere Resonator with Whispering Gallery Modes / E.A. Anashkina, **M.P. Marisova**, V.V. Dorofeev, A.V. Andrianov // *Sensors*. – 2022. – Vol. 22, № 8. – P. 2866.

6. Anashkina, E.A. Raman Turing Patterns in an Optical Microresonator / E.A. Anashkina, **M.P. Marisova**, A.N. Osipov, A.V. Yulin, A.V. Andrianov // *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*. – 2024. – Vol. 30, № 5. – P. 1–8.

7. Anashkina, E.A. Development and numerical simulation of tellurite glass microresonators for optical frequency comb generation / E.A. Anashkina, A.A. Sorokin, **M.P. Marisova**, A.V. Andrianov // *Journal of Non-Crystalline Solids*. – 2019. – Vol. 522. – P. 119567.

8. Anashkina, E.A. Numerical Simulation of Mid-Infrared Optical Frequency Comb Generation in Chalcogenide As₂S₃ Microbubble Resonators / E.A. Anashkina, **M.P. Marisova**, A.A. Sorokin, A.V. Andrianov // *Photonics*. – 2019. – Vol. 6, № 2. – P. 55.

9. **Marisova, M.P.** Dispersion Tailoring and Four-Wave Mixing in Silica Microspheres with Germanosilicate Coating / **M.P. Marisova**, A.V. Andrianov, G. Leuchs, E.A. Anashkina // *Photonics*. – 2021. – Vol. 8, № 11. – P. 473.

10. Andrianov, A.V. Thermal shift of whispering gallery modes in tellurite glass microspheres / A.V. Andrianov, **M.P. Marisova**, V.V. Dorofeev, E.A. Anashkina // *Results in Physics*. – 2020. – Vol. 17. – P. 103128.

11. Anashkina, E.A. Theoretical Study of Multicascade Raman Microlasers Based on TeO₂–WO₃–Bi₂O₃ Glass / E.A. Anashkina, **M.P. Marisova**, A.V. Andrianov // *Photonics*. – 2023. – Vol. 10, № 10. – P. 1137.

12. Andrianov, A.V. Thermo-Optical Sensitivity of Whispering Gallery Modes in As₂S₃ Chalcogenide Glass Microresonators / A.V. Andrianov, **M.P. Marisova**, E.A. Anashkina // *Sensors*. – 2022. – Vol. 22, № 12. – P. 4636.

13. Andrianov, A.V. Multiple Time Scale Thermo-Optical Nonlinear Response in Silica Spherical Microresonators / A.V. Andrianov, **M.P. Marisova**, E.A. Anashkina // *IEEE Photonics Technology Letters*. – 2025. – Vol. 37, № 15. – P. 809–812.

14. **Marisova, M.P.** Comprehensive Numerical Analysis of Temperature Sensitivity of Spherical Microresonators Based on Silica and Soft Glasses / **M.P. Marisova**, A.V. Andrianov, E.A. Anashkina // *Sensors*. – 2023. – Vol. 23, № 2. – P. 717.

15. Anashkina, E.A. Raman Lasing in a Tellurite Microsphere with Thermo-Optical on/off Switching by an Auxiliary Laser Diode / E.A. Anashkina, **M.P. Marisova**, V.V. Dorofeev, A.V. Andrianov // *Micromachines*. – 2023. – Vol. 14, № 9. – P. 1796.

16. Anashkina, E.A. Thermo-Optical Control of Raman Solitons in a Functionalized Silica Microsphere / E.A. Anashkina, **M.P. Marisova**, A.V. Andrianov // *Micromachines*. – 2022. – Vol. 13, № 10. – P. 1616.

17. **Marisova, M.P.** Multistable states of light in two coupled silica microresonators with dominating thermo-optical nonlinearity / **M.P. Marisova**, A.V. Andrianov, A.V. Yulin, E.A. Anashkina // *Physical Review E*. – 2025. – Vol. 111. – P. 014203.

Ценность научных работ диссертанта отражается высоким уровнем публикаций в рецензируемых международных журналах. Результаты работы обсуждались на семинарах в ИПФ РАН, а также вошли в число лучших результатов ИПФ РАН 2024 года. Работа удостоена диплома II степени XXV Конкурса работ молодых учёных ИПФ РАН (2023). Работа поддержана стипендией Президента Российской Федерации для аспирантов и адъюнктов, проводящих научные исследования в рамках реализации приоритетов научно-технологического развития Российской Федерации, определённых в стратегии научно-технического развития Российской Федерации.

Результаты, представленные в диссертационной работе, в полной мере изложены в работах, опубликованных соискателем ученой степени. Формулировки результатов изложены в соответствии с личным вкладом автора в каждую из опубликованных статей. Ссылки на источники заимствования материалов оформлены корректно.

Научная специальность, которой соответствует диссертация: 1.3.19. Лазерная физика.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

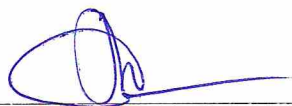
Диссертация соответствует критериям, установленным в соответствии с Федеральным законом Российской Федерации от 23 августа 1996 года № 127-ФЗ "О науке и государственной научно-технической политике".

Диссертация «Влияние термооптической нелинейности и дисперсии на распространение лазерного излучения в сферических микрорезонаторах из различных стекол» Марисовой Марии Павловны рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности: 1.3.19. Лазерная физика.

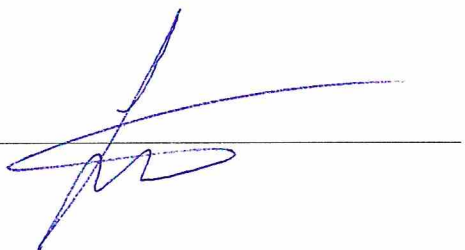
Настоящее заключение составлено на основании решения Ученого совета отделения нелинейной динамики и оптики ИПФ РАН по проведению итоговой аттестации по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности: 1.3.19. Лазерная физика.

Присутствовало на заседании 15 чел.

Результаты голосования: «за» — 15 чел., «против» — 0 чел., «воздержалось» — 0 чел.
протокол № 5 от « 30 » июня 2026 г.



Стародубцев Михаил Викторович,
доктор физико-математических наук,
Председатель Ученого совета отделения
нелинейной динамики и оптики



Шилягин Павел Андреевич,
кандидат физико-математических наук,
Учёный секретарь отделения нелинейной динамики
и оптики