



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИПФ РАН,  
академик РАН Г.Г. Денисов

«10» июля 2024 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 Калинина Николая Андреевича «Генерация излучения с керровским квантовым сжатием и его применение для задач интерферометрии» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности: 1.3.19. Лазерная физика.

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

Научный руководитель – Андрианов Алексей Вячеславович, заведующий лабораторией квантовой и нелинейной оптики сильно локализованных полей (335) ИПФ РАН, доктор физико-математических наук.

В 2020 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 2020 года по 31 августа 2024 года.

Свидетельство об окончании аспирантуры № 105200 00000022 от 10 июля 2024 года.

В период подготовки диссертации соискатель Калинин Николай Андреевич работал младшим научным сотрудником в отделе сверхбыстрых процессов (отд. 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 приведенные в диссертации результаты получены либо лично аспирантом, либо при его непосредственном участии. Аспирантом выполнены все экспериментальные исследования, обработка данных и численное моделирование. Постановка задач,

обсуждение и интерпретация полученных результатов осуществлялись совместно с А. В. Андриановым и Г. Лойхсом.

### **Научная новизна и основные результаты диссертационного исследования**

1. Предложена и экспериментально реализована новая простая схема для генерации света со сжатыми флуктуациями состояния поляризации с помощью нелинейных оптических волокон, отличающаяся от известных схем высокой стабильностью благодаря полностью волоконной схеме компенсации групповых задержек, что позволяет отказаться от активных систем стабилизации.
2. Полученный с помощью оптимизации параметров разработанной схемы уровень квантового сжатия  $-7.3$  дБ является рекордным для систем квантового сжатия на основе керровской нелинейности.
3. Впервые предложен и экспериментально продемонстрирован метод, позволяющий использовать сжатый свет, полученный при распространении в среде с керровской нелинейностью, для повышения чувствительности интерферометрических измерений лучше предела дробового шума. В демонстрационном эксперименте получено повышение чувствительности интерферометрических измерений на 4 дБ по сравнению с пределом дробового шума.

### **Степень достоверности результатов проведенных исследований**

Все представленные результаты диссертационного исследования являются достоверными и обоснованными. В работе применялись надежные и обоснованные методики измерений. Эксперименты по генерации сжатого света были проведены на двух различных установках в различных институтах, при этом были получены согласующиеся результаты. Полученные экспериментальные результаты хорошо совпадают с результатами численных расчетов, проведенных автором и его коллегами. Положения и основные результаты диссертационной работы опубликованы в рецензируемых научных журналах и подвергались оценке независимых международных экспертов. Результаты докладывались на международных конференциях и школах и обсуждались на научных семинарах.

### **Практическая и теоретическая значимость результатов исследования**

Разработанный источник света в квантовом сжатом состоянии, которое также может быть преобразовано в перепутанное состояние, может быть востребован для многих практических приложений, включая квантовую информатику и передачу информации по квантовым каналам, прецизионную квантовую метрологию, в квантовых вычислениях с непрерывными переменными, квантовой криптографии. Метод повышения чувствительности интерферометрических измерений с помощью излучения с квантовым керровским сжатием может быть положен в основу высокочувствительных сенсоров. Также метод хорошо совместим технологиями и материалами интегральной фотоники, которые в перспективе, могут быть использованы для создания компактных интегральных

оптических схем для сверхчувствительного измерения малых перемещений и вибраций в микромеханических устройствах.

**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. Kalinin N. Observation of Robust Polarization Squeezing via the Kerr Nonlinearity in an Optical Fiber / N. Kalinin, T. Dirmeier, A. A. Sorokin, E. A. Anashkina, L. L. Sánchez-Soto, J. F. Corney, G. Leuchs, A. V. Andrianov // *Adv Quantum Technol.* – 2023 – Vol. 6 – Art. no. 2200143.
2. Andrianov, A.V. Optimizing the generation of polarization squeezed light in nonlinear optical fibers driven by femtosecond pulses / A.V. Andrianov, N.A. Kalinin, A.A. Sorokin, E.A. Anashkina, L.L. Sanchez-Soto, J.F. Corney, G. Leuchs // *Optics Express* – 2023 – Vol. 31, №1. – P. 765-773.
3. Kalinin N. Quantum-enhanced interferometer using Kerr squeezing / N. Kalinin, T. Dirmeier, A.A. Sorokin, E.A. Anashkina, L.L. Sánchez-Soto, J.F. Corney, G. Leuchs, A.V. Andrianov// *Nanophotonics* – 2023 – Vol. 12, № 14. – P. 2945.
4. Андрианов А. В. Волоконно-оптические источники квантового сжатого света / А.В. Андрианов, Н.А. Калинин, А.А. Сорокин, Е.А. Анашкина, Г. Лойхс // *Автометрия* – 2023 – Т. 59, №1. – С. 34-45.
5. Najafabadi M. S. Quantum squeezing via self-induced transparency in a photonic crystal fiber / M. S. Najafabadi, L. L. Sánchez-Soto, J. F. Corney, N. Kalinin, A. A. Sorokin, G. Leuchs // *Physical Review Research* – 2024 – Vol. 6, № 2 – P. 023142.

Ценность научных работ диссертанта отражается высоким уровнем публикаций в рецензируемых международных и российских журналах. Публикации достаточно хорошо цитируются, а изложенные в них результаты получили одобрение российских и зарубежных коллег, работающих в области квантовой оптики.

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:

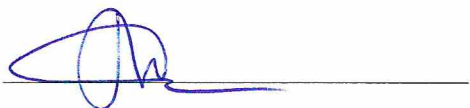
Диссертация соответствует критериям, установленным в соответствии с Федеральным законом Российской Федерации от 23 августа 1996 года № 127-ФЗ "О науке и государственной научно-технической политике".

Диссертация «Генерация излучения с керровским квантовым сжатием и его применение для задач интерферометрии» Калинина Николая Андреевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности: 1.3.19. Лазерная физика.

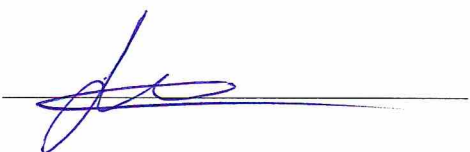
Настоящее заключение составлено на основании решения Ученого совета отделения нелинейной динамики и оптики ИПФ РАН по проведению итоговой аттестации по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности: 1.3.19. Лазерная физика.

Присутствовало на заседании 14 чел.

Результаты голосования: «за» — 14 чел., «против» — 0 чел., «воздержалось» — 0 чел.  
протокол № 11 от « 27 » июня 2024 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, зам. зав. отделом 340