



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

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

Решение диссертационного совета от 20 июня 2024 года № 11

О присуждении Балыбину Степану Николаевичу, гражданину Российской Федерации 1995 года рождения, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Динамика взаимодействия и перепутывание атомных систем с квантовыми электромагнитными полями» по специальности 1.3.6. Оптика принята к защите 13 мая 2024 года, протокол № 4, диссертационным советом МГУ.013.6.

Соискатель Балыбин Степан Николаевич в 2019 году окончил физический факультет Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по специальности «Физика» со специализацией «Физика фундаментальных взаимодействий». С 2019 года по 2023 год обучался в очной аспирантуре Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (приказ № 3893-ас от 30.09.2019). В период подготовки диссертации соискатель Балыбин Степан Николаевич с 2022 года работал и по настоящее время работает младшим научным сотрудником кафедры атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Диссертация выполнена на кафедре атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

Научный руководитель — Тихонова Ольга Владимировна, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

Вятчанин Сергей Петрович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой физики колебаний физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова,

Погосов Вальтер Валентинович, доктор физико-математических наук, начальник лаборатории физики микро- и наноструктур Всероссийского научно-исследовательского института автоматики имени Н.Л. Духова (ВНИИА),

Страупе Станислав Сергеевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник центра квантовых технологий физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

— дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 25 опубликованных работ, все по теме диссертации, из них 8 научных публикаций в рецензируемых научных изданиях, удовлетворяющих Положению о присуждении ученых степеней в МГУ имени М.В. Ломоносова и рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.3.6. «Оптика». Все представленные в работе результаты получены автором лично или при его определяющем участии:

1. **S.N. Balybin**, P.R. Sharapova, O.V. Tikhonova. *Coherent control of atomic qubits by non-classical light* // The European Physical Journal D. — 2017. — Vol.71, no.5. — P.109. — **JIF = 1.8 (WoS)**. Общий объем статьи = 0,75 п.л.; личный вклад = 0,40 п.л.
2. **S.N. Balybin**, R.V. Zakharov, O.V. Tikhonova. *Phase sensitive atomic dynamics in quantum light* // Laser Physics Letters. — 2018. — Vol.15, no.5. — P.055301. — **JIF = 1.7 (WoS)**. Общий объем статьи = 0,9 п.л.; личный вклад = 0,5 п.л.
3. **С.Н. Балыбин**, О.В. Тихонова. *Фотоионизация атомных систем в сжатых неклассических полях* // Письма в ЖЭТФ. — 2019. — Т.109, №11. — С. 729-733.
Переводная версия: **S.N. Balybin**, O.V. Tikhonova. *Photoionization of atomic systems in squeezed states of light* // Journal of Experimental and Theoretical Physics Letters.—2019. — Vol. 109, no.11. — P.695–699. — **JIF = 1.3 (WoS)**. Общий объем статьи = 0,89 п.л.; личный вклад = 0,50 п.л.
4. **S.N. Balybin**, F.Ya. Khalili, D.V. Strekalov, A.B. Matsko, I.A. Bilenko. *On perspectives of generating quasi-Fock state via resonant self-phase-modulation* // Proceedings of SPIE. — 2020. — Vol.11558. — 115580A. — **SJR = 0.15 (Scopus)**. Общий объем статьи = 2,0 п.л.; личный вклад = 1,0 п.л.
5. **S.N. Balybin**, R.V. Zakharov, O.V. Tikhonova. *Peculiarities of interaction of a quantum dot with non-classical light in the self-phase modulation regime* // Laser Physics Letters. — 2021. — Vol.19, no.2. — P.025301. — **JIF = 1.7 (WoS)**. Общий объем статьи = 1,0 п.л.; личный вклад = 0,6 п.л.
6. **S.N. Balybin**, A.B. Matsko, F.Ya. Khalili, D.V. Strekalov, V.S. Ilchenko, A.A. Savchenkov, N.M. Lebedev, I.A. Bilenko. *Quantum nondemolition measurements of photon number in monolithic microcavities* // Physical Review A. — 2022. — Vol.106, no.1. — P.013720. — **JIF = 2.9 (WoS)**. Общий объем статьи = 1,6 п.л.; личный вклад = 0,8 п.л.
7. **S.N. Balybin**, O.V. Tikhonova. *Quantum dots interacting with anon-classical field under Kerr-phase modulation as a resource for repeatable quantum algorithms* // Laser Physics Letters. — 2023. — Vol.20, no.12. — P.125301. — **JIF = 1.7 (WoS)**. Общий объем статьи = 1,6 п.л.; личный вклад = 1,0 п.л.
8. **S.N. Balybin**, D.I. Salykina, F.Ya. Khalili. *Improving the sensitivity of Kerr quantum nondemolition measurement via squeezed light* // Physical Review A. — 2023. — Vol.108, no.5. — P.053708. — **JIF = 2.9 (WoS)**. Общий объем статьи = 1,0 п.л.; личный вклад = 0,5 п.л.

На автореферат диссертации поступил 1 положительный отзыв.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что они являются специалистами в области оптики, квантовой оптики, физики наноструктур 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 кандидата физико-математических наук является научно-

квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований продемонстрирована возможность применения неклассических оптических полей для управления свойствами гибридных атомно-полевых систем и разработки новых квантовых алгоритмов.

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. Полученные в работе результаты по ионизации атомных систем квантовым электромагнитным полем представляют фундаментальную значимость и вносят важный вклад в физику взаимодействия электромагнитных полей с веществом. Исследованные в работе режимы динамики перепутанных электронно-фотонных состояний являются основой для дальнейшего развития алгоритмов передачи квантовой информации и разработки управляемого атомно-полевого интерфейса. Предложенные в работе методы квантовых невозмущающих измерений с использованием сжатых полевых состояний могут быть использованы для прецизионных квантовых измерений с критически низким уровнем шумов.

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. Интерференция переходов в континуум из двух близких атомных уровней, индуцированных неклассическим электромагнитным полем, приводит к формированию перепутанного атомно-полевого состояния, устойчивого к ионизации, свойства которого существенно зависят от фазы поля.
2. Наблюдаемый в процессе ионизации эффект захвата населенности в стабильное собственное состояние перепутанной атомно-полевой системы, позволяет осуществлять обмен фазовой информацией между квантовым полем и атомом.
3. Разработанный в диссертации аналитический метод описания ионизации атома квантованным электромагнитным полем позволяет получить значение скорости ионизации за рамками теории возмущений как в однофотонном, так и в многофотонном режиме для любых начальных состояний поля, включая состояние сжатого вакуума.
4. Исчезновение эффекта «закрытия каналов» в случае ионизации атома квантовым полем в состоянии сжатого вакуума обусловлено широким распределением и большой квантовой неопределенностью по числу фотонов рассматриваемого полевого квантового состояния.
5. Существенное уширение и перекрытие пиков в спектре фотоэлектронов, наблюдаемое при ионизации атома квантовым полем в состоянии сжатого вакуума, обусловлено возникающей интерференцией переходов различного порядка многофотонности.
6. Взаимодействие и перепутывания квантовой точки с квантовым электромагнитным полем в условиях керровской фазовой самомодуляции приводит к формированию новых типов негауссовских полевых состояний.
7. Оптимальная отстройка квантового поля от резонанса при взаимодействии с атомным кубитом в условиях керровской фазовой самомодуляции приводит к новому режиму строго периодических коллапсов и возрождений атомных возбуждений и перепутанности в системе, который наблюдается даже в случае воздействия сжатого вакуума и позволяет контролируемо управлять атомно-полевыми состояниями.

8. Найденная аналитическая формула для оптимальной отстройки является универсальной и не зависит от начального состояния поля и среднего числа фотонов в нем.
9. Использование квантового поля в состоянии сжатого вакуума в схеме с кроссфазовым взаимодействием, разработанной для квантового невозмущающего измерения числа фотонов, позволяет улучшить точность измерения более чем в 7 раз по абсолютной величине при использовании сжатия 10 дБ.

На заседании 20 июня 2024 года диссертационный совет принял решение присудить Балыбину Степану Николаевичу учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **15** человек, из них **6** докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из **22** человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» — **14**, «против» — **нет**, недействительных бюллетеней — **1**.

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: 20 июня 2024 года.