

УТВЕРЖДАЮ

проректор по научной работе

НИУ МИЭТ

д.т.н., профессор

Гаврилов С. А.



«30» июня 20 17 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»

Диссертационная работа Белинского Л.В. «Разработка методов и алгоритмов высокоточной томографии квантовых состояний» выполнена на кафедре «квантовой физики и нанoeлектроники» НИУ МИЭТ.

В период подготовки диссертационной работы соискатель Белинский Леонид Владимирович работал в федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Физико-технологический институт Российской академии наук».

Научный руководитель Богданов Юрий Иванович, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник ФТИАН РАН, руководитель лаборатории физики квантовых компьютеров ФТИАН РАН, профессор кафедры «квантовой физики и нанoeлектроники» НИУ МИЭТ.

Оценка выполненной соискателем работы.

В диссертационном исследовании осуществлен анализ методик моделирования квантовых бит в рамках задачи экспериментального контроля их состояний. В работе автор ставит целью совершенствование методов квантовой томографии систем конечной размерности и квантовых состояний электромагнитного поля.

Актуальность и важность избранной темы определяется огромным интересом к проблемам создания квантовых приборов (в частности, квантовых

компьютеров), обладающих существенными преимуществами по сравнению с их классическими аналогами, а также к квантовой криптографии, квантовой телепортации и метрологии.

Диссертационная работа представляет собой законченный труд, в котором поставлены и решены актуальные проблемы, связанные с разработкой физических и математических моделей приборов на квантовых эффектах.

Материалы диссертации полностью изложены в работах, опубликованных соискателем ученой степени.

Заимствования в диссертации произведены корректно. Имеются ссылки на первоисточники.

Соискателем успешно сданы кандидатские экзамены при освоении программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре:

- История и философия науки с оценкой 4
- Иностранный язык с оценкой 5
- Специальная дисциплина отрасли науки и научной специальности с оценкой 5

Личный вклад автора.

Автор принимал активное участие в постановке и решении задач, а также в решении задач, поставленных научным руководителем. В частности, диссертантом самостоятельно предложено решение задачи получения высококачественных протоколов квантовой томографии на основе решения обобщенной оптимизационной задачи Томсона. Соискатель принимал активное участие в разработке, исследовании и проверке методов томографии квантовых состояний и процессов, в частности в получении аналитической формы квадратурного распределения плотности вероятности тепловых состояний и тепловых состояний с отщепленными фотонами.

Степень достоверности результатов проведенных исследований.

В основе работы лежат достоверные методы квантовой теории и прикладной математики, в частности математической статистики. Достоверность полученных результатов обеспечивается использованием численных экспериментов для подтверждения корректности разработанных методов, а также сравнением результатов с известными широко используемыми альтернативами. Методы

Монте-Карло были использованы для генерации выборок численных томографических экспериментов по восстановлению квантовых состояний и процессов. Сравнение результатов разработанных томографических процедур с заранее известными исходными состояниями, использованными для генерации выборок, напрямую подтверждает достоверность разработанных методов.

Апробация работы.

Основные результаты работы докладывались на:

- международной конференции «Микро- и наноэлектроника — 2014» (ICMNE-2014);
- 21-ой всероссийской межвузовской научно-технической конференции студентов и аспирантов «Микроэлектроника и информатика — 2014»;
- международной конференции «Theoretical Physics and its Applications, 2015»;
- второй российско-белорусской научно-технической конференции «Элементная база отечественной радиоэлектроники: импортозамещение и применение» им. О. В. Лосева;
- международной конференции «Микро- и наноэлектроника — 2016» (ICMNE-2016);

Научная новизна результатов проведенных исследований.

Новизна исследования заключается в том, что:

1. Предложен новый метод создания высокоточных протоколов квантовой томографии конечномерных систем.
2. Представлен новый подход к задаче статистического восстановления квантовых процессов.
3. Методы исследования квантовых операций с учетом квантовых шумов были впервые приложены к теоретическому и экспериментальному описанию эффекта поляризационного эха.
4. Разработан и исследован новый метод квантовой томографии вырожденных трёхфотонных поляризационных состояний, позволяющий производить проекционные измерения на запутанные состояния.
5. Разработан метод оптимальной аппроксимации бесконечномерного квадратурного квантового состояния посредством конечномерной модели, в основе которой лежит использование базиса из сдвинутых сжатых фоковских состояний.

6. Предложена новая математическая модель тепловых оптических состояний, основанная на многоуровневой иерархии компаунд-распределений Пуассона. Получена аналитическая форма квадратурного распределения плотности вероятности тепловых состояний и тепловых состояний с отщепленными фотонами.

7. Разработан новый метод оценки адекватности конечномерных моделей оптических квантовых состояний, основанный на преобразовании квадратурных экспериментальных данных посредством кумулятивных функций распределения.

8. Выполнено оригинальное исследование применимости критериев Пирсона и Колмогорова—Смирнова для оценки адекватности результатов квантовой томографии оптических квантовых состояний в условиях малого размера экспериментальной выборки.

Практическая значимость результатов проведенных исследований.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования результатов для более точного экспериментального исследования квантовых бит, логических элементов и их взаимодействия с окружением. Результаты позволяют усовершенствовать контроль качества элементной базы квантовых компьютеров.

Специальность, которой соответствует диссертация.

Диссертация Белинского Л.В. «Разработка методов и алгоритмов высокоточной томографии квантовых состояний» соответствует паспорту специальности 05.27.01 – Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах, в частности пункту 4 области исследования согласно паспорту специальности «разработка и исследование физических и математических моделей приборов твердотельной электроники, радиоэлектронных компонентов, изделий микро- и нанoeлектроники, приборов на квантовых эффектах, включая оптоэлектронные приборы и преобразователи физических величин (сенсоры), в том числе для систем автоматизированного проектирования».

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК России:

1. Статистическое восстановление оптических квантовых состояний на основе взаимно дополнительных квадратурных квантовых измерений / Ю. И. Богданов, Г. В. Авосопянц, Л. В. Белинский, К. Г. Катамадзе, С. П. Кулик, В. Ф. Лукичев // ЖЭТФ. — 2016. — Т. 150, № 2. — С. 246—253.

2. Разработка адекватных моделей оптических квантовых состояний на основе квадратурных измерений / Ю. И. Богданов, Н. А. Богданова, Л. В. Белинский, В. Ф. Лукичев // Микроэлектроника. — 2017. — Т. 46, № 6. — в печати.

Прочие публикации:

3. Analysis of quantum tomography protocol efficiency for triphoton polarization states / Yu. I. Bogdanov, Yu. A. Kuznetsov, G. V. Avosopyants, K. G. Katamadze, L. V. Belinsky, N. A. Borshchevskaya // Proceedings of SPIE: International Conference on Micro- and Nano-Electronics 2016. Vol. 10224. — 2016. — 102242R. — 11 p.

4. Bogdanov Yu. I., Belinsky L. V. Finite frames constructed by solving Fekete problem and accuracy of quantum tomography protocols based on them // Proceedings of SPIE: International Conference on Micro- and Nano-Electronics 2014. Vol. 9440. — 2014. — P. 94401L. — 8 p.

5. Mathematical modeling and experimental study of polarization echo in optically anisotropic media / Yu. I. Bogdanov, A. A. Kalinkin, S. P. Kulik, E. V. Moreva, V. A. Shershulin, L. V. Belinsky // Proceedings of SPIE: International Conference on Micro- and Nano-Electronics 2012. Vol. 8700. — 2013. — P. 87001C. — 10 p.

6. Study of higher order correlation functions and photon statistics using multiphoton-subtracted states and quadrature measurements / Yu. I. Bogdanov, K. G. Katamadze, G. V. Avosopyants, L. V. Belinsky, N. A. Bogdanova, S. P. Kulik, V. F. Lukichev // Proceedings of SPIE: International Conference on Micro- and Nano-Electronics 2016. Vol. 10224. — 2016. — 102242Q. — 8 p.

7. Анализ взаимно-дополнительных квадратурных квантовых измерений / Ю. И. Богданов, Г. В. Авосопянц, Л. В. Белинский, К. Г. Катамадзе, В. Ф. Лукичев // Труды второй российско-белорусской научно-технической конференции «Элементная база отечественной радиоэлектроники: импортозамещение и применение» им. О. В. Лосева. — 2015. — С. 209—213.

8. Богданов Ю. И., Белинский Л. В. Создание протоколов квантовой томографии путем решения проблемы Томсона // 21-я Всероссийская межвузовская научно-техническая конференция студентов и аспирантов «Микроэлектроника и информатика – 2014»: тезисы докладов. — 2014. — С. 105.

9. Богданов Ю. И., Белинский Л. В. Оптимизация протоколов томографии квантовых состояний на основе решения задачи Томсона // Труды ФТИАН. — 2015. — Т. 25. — С. 90—98.

10. Поляризационные квантовые операции в анизотропной среде с дисперсией / Ю. И. Богданов, А. А. Калинин, С. П. Кулик, Е. В. Морева, В. А. Шершулин, Л. В. Белинский // Труды ФТИАН. — 2012. — Т. 22. — С. 78—102.

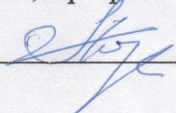
Диссертация Белинского Л.В. «Разработка методов и алгоритмов высокоточной томографии квантовых состояний» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.27.01 – Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах.

Заключение принято на заседании кафедры «Квантовой физики и нанoeлектроники» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники». Присутствовало на заседании 13 человек. Результаты голосования: «за» - 13 человек, «против» - 0 человек, «воздержалось» - 0 человек, протокол № 4 от 14 июня 20 17 года.

Заведующий кафедрой КФН,

член-корреспондент РАН,

д.ф.-м.н., профессор

 Горбачев А.А.