

УТВЕРЖДАЮ:

Директор

доктор экономических наук

С. Ю. Лопарев



«18» августа 2022 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного унитарного предприятия

"Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н. Л. Духова"

на диссертационную работу Кравцова Константина Сергеевича «Управление оптическими полями для задач связи и защиты информации», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.21 - лазерная физика.

Актуальность

Диссертационная работа К. С. Кравцова посвящена различным аспектам общей проблемы управления оптическими полями в интересах задач передачи и защиты информации. Актуальность представленного исследования не вызывает сомнений в связи с бурным развитием методов квантовой обработки и передачи информации, а также имеющимся ограничением оптических технологий, которое приводит к необходимости производить модуляцию оптических сигналов для передачи большего количества бит информации в заданном частотном диапазоне. Также представляет большой интерес вопрос о возможности передачи квантовых состояний по открытому каналу с учетом реальных характеристик среды, в том числе турбулентных. Без сомнения, все результаты, полученные автором, находятся на переднем крае современной науки.

Новизна и достоверность

Основные научные результаты, представленные в диссертационной работе, являются новыми и достоверными. В диссертации впервые предложено полностью

оптическое устройство, с помощью которого можно производить прямое и обратное преобразование Фурье. Реализовано оптическое нейроморфное устройство на базе полупроводникового оптического усилителя, которое должно позволить создавать сверхбыстрые нейронные сети. Было впервые изучено влияние турбулентности в открытом пространственном канале связи, что позволяет предсказать статистику затухания для разных пространственных мод. Разработан и продемонстрирован на эксперименте новый способ проведения томографии квантовых состояний света с помощью деформируемого микро-электромеханического зеркала. Одним из наиболее значимых результатов можно считать первую экспериментальную реализацию релятивистского протокола квантовой криптографии. Проведено доказательство и анализ секретности для протокола квантового распределения ключей на базе геометрически-однородных квантовых состояний света. Таким образом, был разработан целый ряд новых научных подходов.

Достоверность основных результатов и выводов, представленных в диссертации, обеспечивается адекватным выбором комбинации методов исследований и сделанных приближений, согласием с известными ранее достоверными результатами. Работа была апробирована на российских и международных конференциях и доложена на научных семинарах. Материалы диссертации опубликованы в 20 статьях в солидных зарубежных и отечественных научных журналах. Также они легли в основу 5 патентов.

Научная и практическая значимость

Научная и прикладная значимость полученных результатов не вызывает сомнений. В первую очередь, это относится к области оптических коммуникаций и систем безопасной передачи информации. Особо можно выделить реализацию релятивистского протокола квантовых коммуникаций. Перспективной следует считать направление планарной голографии, которую, в частности, можно применять для создания оптических устройств на чипе, включая решение задачи связи между вычислительными ядрами. Был предложен целый ряд подходов для использования в практических задачах квантовой криптографии. Это относится, например, к предложенному квантовому генератору случайных чисел, которые в немного усовершенствованной конфигурации уже используются в коммерческих устройствах. Протокол квантовой криптографии на геометрически однородных квантовых состояниях находит применения в устройствах квантовой криптографии. Исследование турбулентных свойств атмосферных линий связи

также является практически значимой задачей для обеспечения защищенной передачи данных.

Замечания

Тем не менее, диссертация не лишена недостатков, среди которых можно выделить следующие:

1. В главе 1 при обсуждении масштабируемости предложенного подхода к осуществлению преобразования Фурье полностью оптическими методами больше внимания можно было бы уделить вопросу устойчивости результатов по отношению к искажениям структуры. В частности, из формулы (1.10) следует экспоненциальная чувствительность к управляющим параметрам.

2. В главе 3 говорится о невозможности измерения оптической разности фаз между двумя широкополосными некогерентными оптическими сигналами. Следовало бы более четко формализовать понятие "невозможности" в контексте полной защиты, которая гарантируется фундаментальными законами квантовой механики. Можно было бы глубже проанализировать, каковы должны быть требования к физическим приборам и другим экспериментальным условиям, которые позволили бы преодолеть это ограничение. Возможно, данные замечания относятся больше к автореферату диссертации.

3. В главе 4 рассматривается передача пространственных квантовых состояний через турбулентную среду. Из текста возникает ощущение, что даже для сложных квантовых состояний эффективность передачи можно характеризовать лишь одним параметром - коэффициентом пропускания для фундаментальной моды. Не вполне понятно, почему это справедливо.

4. В главе 5 при томографии квантовых состояний с помощью деформируемого зеркала в эксперименте получена относительно невысокая точность. Заслуживает более подробного обсуждения вопрос о том, как эту точность можно повысить, а также каковы перспективы практического применения подхода и его масштабирования.

5. Из главы 6 не до конца ясно, какова научная новизна предложенной схемы квантового генератора случайных чисел.

Данные замечания не влияют на общую высокую оценку результатов диссертационного исследования.

Общая характеристика работы и автореферата

Поставленные в диссертации цели были автором, несомненно, достигнуты. Они полностью соответствуют положениям, выносимым на защиту. Работа выполнена на высоком научном уровне, безусловно, достаточном для доктора наук. Разработаны новые подходы, имеющие большую научную и практическую ценность. Поставлен ряд пионерских экспериментов. Диссертация написана понятным и хорошим языком. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Итак, диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая удовлетворяет требованиям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней» № 842 от 24.09.2013 г. и предъявляемым к докторским диссертациям. К. С. Кравцов, безусловно, заслуживает присвоения учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.21 – «Лазерная физика».

Материалы диссертации были представлены автором, заслушаны и обсуждены на заседании объединенного научного семинара лаборатории физики микро- и наноструктур (подразделение 0176) и лаборатории сверхпроводящих и квантовых технологий (подразделение 0118) Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийского научно-исследовательского института автоматики им. Н.Л. Духова» Государственной корпорации «Росатом» 22 апреля 2022 года (протокол № 2022-03).

Отзыв подготовлен доктором физико-математических наук (специальность 01.04.02 - теоретическая физика), начальником лаборатории физики микро- и наноструктур ФГУП «ВНИИА им. Н. Л. Духова» Погосовым Вальтером Валентиновичем (Россия, 127055, Москва, ул. Сущевская, д. 22, тел. +7-9263596034, e-mail: walter.pogosov@gmail.com).

Доктор физико-математических наук,
начальник лаборатории



(В. В. Погосов)

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н. Л. Духова» Государственной корпорации «Росатом». 127055, г. Москва, ул. Сущевская, д. 22, <http://vniia.ru/>, e-mail: vniia@vniia.ru, тел.: (499) 978-7803.