

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию Сафроненкова Даниила Алексеевича

“Безэталонная калибровка отклика аналоговых детекторов в поле
параметрического рассеяния света”, представленную на соискание учёной
степени кандидата физико-математических наук
по специальности 1.3.19. Лазерная физика.

Диссертационная работа Даниила Алексеевича Сафроненкова выполнена в лаборатории квантовой оптико-терагерцовой фотоники кафедры квантовой электроники физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова в период 2020-2025 гг., с начала поступления в аспирантуру физического факультета МГУ. За время обучения в магистратуре и аспирантуре на кафедре квантовой электроники Д.А. Сафроненковым были успешно проведены научные работы по широкому кругу тем, посвященных развитию методов абсолютной квантовой калибровки эффективности оптических детекторов, изучению особенностей детектирования корреляционных параметров параметрического рассеяния света, а также применению фотопроводящих и нелинейных материалов для генерации и преобразования частоты излучения терагерцового диапазона. Даниил Алексеевич накопил большой опыт исследований в области классической и квантовой нелинейной оптики, проявил себя как целеустремленный исследователь, способный успешно решать разноплановые задачи и владеющий широким арсеналом средств современной экспериментальной лазерной физики.

В ходе работы над первой оригинальной частью диссертации, изложенной в Главе 2, Даниил Алексеевич разработал основы построения экспериментальных схем для измерения статистических параметров бифотонного излучения частотно-вырожденного параметрического рассеяния света при регистрации токовых показаний детекторов сигнального и холостого излучения в аналоговой форме. Различные варианты этих схем, в которых использовался двухканальный стробируемый интегратор тока для анализа корреляций и статистических распределений показаний каждого из детекторов, применялись в дальнейшем и помогли получить интересные новые результаты. В итоге был разработан новый метод измерения кросс-корреляционной функции бифотонных полей, который не требует традиционного использования детекторов-счетчиков фотонов и схем

совпадения их отсчетов. Это открытие существенно расширяет границы применимости современных квантовых технологий, основанных на явлении параметрического рассеяния света – как по спектральным, так и по динамическим характеристикам бифотонного излучения, а в дальнейшем может позволить значительно упростить построение изображений в схемах «квантового видения». В работе Даниила Алексеевича было продемонстрировано одно из существенных преимуществ нового подхода - возможность измерения корреляционной функции бифотонов при значительно более высоких потоках падающего излучения, чем это возможно с использованием счетчиков фотонов. Было также показано, что на основе полученных данных можно определять абсолютное значение числа фотонов, падающих за время детектирования на фотоприемник в одном из каналов схемы параметрического рассеяния. Это открывает путь к безэталонному измерению спектральной ампер-ваттной и вольт-ваттной чувствительности детекторов.

Данный результат также был использован при работе над последней, 4-ой главой диссертации, где Даниил Алексеевич впервые исследовал способы безэталонного измерения эффективности аналоговых фотоприемников на примере детекторов на фотоэлектронных умножителях (ФЭУ). Были успешно продемонстрированы варианты новых модификаций метода квантовой калибровки Клышко, адаптированные для измерения эффективности аналоговых детекторов. Впервые за долгую историю мировых исследований и применений метода Клышко были предложены подходы, позволяющие без привлечения эталонов калибровать детекторы с сильно флуктуирующей амплитудой однофотонного отклика. Важным этапом для осуществления этих подходов стали исследования второй оригинальной части работы, изложенной в Главе 3 диссертации, где анализировались способы аппроксимации гистограмм статистических распределений токовых показаний фотоприемников, позволяющие определять числа элементарных импульсов фототока, формирующих полный аналоговый отклик ФЭУ за время детектирования. Была проделана большая работа по поиску путей учета и аппроксимации шумовых показаний аналоговых детекторов, выбору способа моделирования статистики элементарных фото-откликов. При этом Даниил Алексеевич проявил себя как квалифицированный и внимательный к деталям схем

экспериментатор, детально исследующий точность и условия применения каждого из выработанных подходов.

Результаты исследований, представленные в диссертационной работе Д.А. Сафроненкова, получены им лично или при определяющем участии автора. Они нашли отражение в докладах на международных и российских научных конференциях, опубликованы в статьях в высокорейтинговых журналах Optics Express, Optics Letters, Письма в ЖЭТФ, а также в статьях в изданиях трудов конференций, индексируемых в базах данных Web of Science, Scopus и RSCI. Результаты диссертационной работы также легли в основу Патента РФ.

В целом, я считаю, что Даниил Алексеевич Сафроненков является высококвалифицированным специалистом в области лазерной физики, нелинейной и квантовой оптики. Я рекомендую диссертацию Д.А. Сафроненкова к защите по специальности 1.3.19. Лазерная физика.

Профессор кафедры квантовой электроники физического факультета МГУ,
доктор физико-математических наук, доцент

Г.Х. Китаева

17.04.2025

Подпись Г.Х. Китаевой заверяю.

Ученый секретарь Ученого совета физического факультета МГУ,
доктор физико-математических наук, доцент

С.Ю. Стремоухов