

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Казанского физико-технического института им. Е.К. Завойского
Казанского научного центра РАН, академик РАН

Салихов

Салихов К.М.

« 17 » *сентября* 2013 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию

Катамадзе Константина Григорьевича

«Управление частотно-угловым спектром бифотонного поля»,
представленную на соискание учёной степени кандидата физико-
математических наук по специальности 01.04.21 – лазерная физика.

Диссертационная работа Катамадзе К.Г. посвящена исследованию методов управления спектром бифотонного поля, генерируемого в процессе спонтанного параметрического рассеяния света. Она решает **фундаментальную проблему** управления квантовым состоянием систем высокой размерности. **Целью работы** является разработка новых способов управления частотно-угловым спектром бифотонного поля, экспериментальное и теоретическое исследование возможностей этих методов, а также оценка их применимости для управления степенью перепутанности и временем корреляции бифотонного поля. **Актуальность** темы диссертации обусловлена, с одной стороны, фундаментальным интересом к проблеме управления квантовым состоянием бифотонного поля, на основе которого возможно конструирование и манипуляция многомерными перепутанными состояниями пар фотонов, с другой – применением источников бифотонного поля с широким спектром для решения

практических задач, требующих использования высоко коррелированных по времени пар фотонов. **Научная новизна** диссертационной работы Катамадзе К.Г. заключается в следующем:

1. Впервые экспериментально продемонстрирован источник бифотонного поля высокой интенсивности с широким спектром, созданный на основе процесса спонтанного параметрического рассеяния света в тонком нелинейном кристалле, помещённом внутрь резонатора лазера.
2. Впервые экспериментально и теоретически исследован способ управления частотно-угловым спектром бифотонного поля за счёт приложения к нелинейному кристаллу неоднородного электростатического поля.
3. Впервые экспериментально и теоретически исследован способ управления частотно-угловым спектром бифотонного поля за счёт неоднородного нагрева нелинейного кристалла.

Научная ценность и практическая значимость диссертационной работы состоит в возможном использовании полученных результатов для решения задач квантовой информатики и квантовой связи (оптические квантовые вычисления, квантовая криптография), а также целого ряда задач квантовой метрологии (квантовая оптическая когерентная томография, квантовая интерферометрическая литография, нелинейная микроскопия, синхронизация удаленных часов). **Обоснованность и достоверность** экспериментальных результатов определяется использованием современного оборудования и многократным повторением экспериментов. Экспериментальные данные подтверждены теоретическими расчётами, основанными на адекватно выбранных физических моделях анализируемых процессов, а также не противоречат результатам других групп исследователей. Результаты экспериментальных и теоретических исследований неоднократно обсуждались на семинарах и докладывались на специализированных конференциях по проблемам, связанным с тематикой диссертационной работы. Большая часть результатов опубликована в международных и

русских журналов. Большинство представленных результатов являются новыми и получены впервые.

Диссертация состоит из введения, литературного обзора, трёх оригинальных глав и заключения. Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи исследования, приведены основные защищаемые положения, отмечена новизна работы, научная и практическая ценность полученных результатов.

В обзоре литературы дается определение спектральной амплитуды бифотонного поля и описывается её связь со спектрами единичных фотоотсчётов и совпадений, со степенью перепутанности и с корреляционными функциями первого и второго порядков. Описываются задачи, требующие управления спектром бифотонного поля, и известные методы, которыми можно осуществить это управление.

В первой главе рассматривается *внутрирезонаторная генерация бифотонного поля с широким спектром в тонком кристалле*. Суть метода состоит в том, что, поскольку ширина спектра спонтанного параметрического рассеяния увеличивается с уменьшением толщины нелинейного кристалла, для получения бифотонного поля с широким спектром достаточно использовать тонкий кристалл. Однако это приводит к потерям в интенсивности сигнала. В работе показано, что эти потери можно компенсировать за счёт помещения кристалла внутрь резонатора лазера.

В второй главе исследуется *неоднородное уширение спектра бифотонного поля за счёт неоднородного нагрева нелинейного кристалла*. Идея метода состоит в пространственной модуляции условий фазового синхронизма за счёт термооптического эффекта. Неоднородный нагрев кристалла приводит к тому, что в разных его частях условия синхронизма выполняются для разных пар частот. В результате состояние бифотонного поля на выходе из кристалла представляет собой суперпозицию вкладов от всех его частей и имеет широкое частотное и угловое распределение.

В третьей главе исследуется управление спектром бифотонного поля за счёт приложения к нелинейному кристаллу неоднородного электростатического поля. Идея метода аналогична методу, изложенному во второй главе, с той лишь разницей, что пространственная модуляция условий синхронизма осуществляется за счёт электрооптического эффекта.

В целом, диссертационная работа Катамадзе К.Г. вносит серьёзный вклад в развитие методов управления частотно-угловым спектром бифотонного поля. Результаты диссертации могут быть использованы в университетах Москвы, Санкт-Петербурга, Новосибирска и Казани, в ФИАН, ОИЯИ, ИСАН, ИОФАН, институтах КазНЦ РАН.

В то же время, диссертация не свободна от недостатков:

1. Обзор литературы занимает почти половину текста диссертации.
2. В выводах ко второй и третьей главам приводятся значения параметра Федорова, характеризующие степень перепутанности по частоте, которая достигается при неоднородном уширении спектра бифотонного поля. Остаётся неясным, являются ли эти значения теоретическими оценками или результатами измерений. Если это теоретические оценки, то получены ли они с учётом изменения условного спектрального распределения, которое возможно при неоднородном распределении показателей преломления.
3. На рис. 3.3б приведён максимально широкий спектр бифотонного поля, который получается при воздействии на кристалл неоднородным электрическим полем. При этом считается, что спектр соответствует вырожденному режиму СПР. Однако, поскольку в присутствии поля перекрываются только внутренние пики, данный режим нельзя отнести к вырожденному, так как центральные частоты сигнального и холостого полей остаются неравными друг другу.

Однако эти недостатки не носят принципиального характера и не снижают общий уровень работы. В целом, диссертация Катамадзе К.Г.

является законченной научно-исследовательской работой, выполнена на высоком научном уровне и содержит интересные и важные результаты по фундаментальным и прикладным проблемам лазерной физики, квантовой оптики, а также квантовой информатики.

Диссертация Катамадзе Константина Григорьевича «Управление частотно-угловым спектром бифотонного поля» удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, безусловно, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – лазерная физика. Автореферат диссертации правильно и полно отражает её содержание.

Диссертационная работа Катамадзе К.Г. обсуждена и одобрена на семинаре лаборатории нелинейной оптики КФТИ КазНЦ РАН 15 марта 2013 года.

с.н.с. лаборатории нелинейной оптики
КФТИ КазНЦ РАН, д.ф.-м.н.

А. А. Калачев

Отзыв на диссертационную работу рассмотрен и утверждён на заседании Учёного Совета КФТИ КазНЦ РАН 24 апреля 2013 года, протокол № 14.

Учёный секретарь Учёного Совета
КФТИ КазНЦ РАН, д.ф.-м.н.

В. К. Воронкова