

В. В. САМАРЦЕВ

КОРРЕЛИРОВАННЫЕ ФОТОНЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ



УДК 535.32+539.186

ББК 22.34

С 17

Самарцев В. В. **Коррелированные фотоны и их применение.**
М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014. — 168 с. — ISBN 978-5-9221-1511-7.

Книга посвящена коррелированным фотонам в квантовой оптике, методам их получения и некоторым применениям в бифотонной спектроскопии и поляризационной томографии бифотонного поля.

Рассчитана на студентов старших курсов физических факультетов университетов, магистрантов и аспирантов, специализирующихся в области квантовой оптики.

Книга может быть полезна научным работникам, проводящим исследования в области современных информационных технологий, квантовых коммуникаций и квантовых вычислений.

Рецензенты:

доктор физ.-мат. наук *А. В. Анисимов*;

доктор физ.-мат. наук *Л. А. Нефедьев*.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	6
Глава 1. Некоторые теоретические аспекты квантовой оптики	8
Введение	8
1.1. Базис собственных состояний	11
1.2. Фоковские состояния	14
1.3. Перепутанность. Перепутанные состояния	16
1.4. Измерение Белла. Преобразование Адамара	19
1.5. Теорема о неклонируемости неизвестных квантовых состояний	21
1.6. Телепортация	22
Заключение к главе 1	24
Глава 2. Спонтанное параметрическое рассеяние света	25
Введение	25
2.1. Физика спонтанного параметрического рассеяния (СПР). Сигнальный и холостой фотоны	28
2.2. Нелинейные кристаллы, используемые в СПР-экспериментах	33
2.2.1. Йодат лития (33). 2.2.2. Бета-борат бария (β -BaB ₂ O ₄) (34).	
2.3. Особенности СПР-экспериментов	36
Заключение к главе 2	44
Глава 3. Бифотоны и их применение	45
3.1. Моды Шмидта и параметр Федорова в угловом спектре СПР	45
3.2. Бифотоны и их свойства	49
3.3. Физическое обоснование бифотонной спектроскопии поглощения света примесными кристаллами	50
3.4. Ранние спектроскопические исследования с использованием частотно-перепутанных пар фотонов	53
3.4.1. Использование СПР в спектроскопии кристаллов в области низкочастотных оптических фононов и поляритонов (53).	
3.4.2. Спектроскопия стекла, легированного ионами трехвалентного неодима (55). 3.4.3. Дистанционные спектральные измерения, использующие «перепутанные» фотоны (56).	
3.5. Исследования спектров поглощения кристаллов Er ³⁺ :YAG и Cr ³⁺ :Al ₂ O ₃ методом бифотонной спектроскопии	58

3.5.1. Бифотонная оптическая спектроскопия YAG, легированного эрбием (62).	
3.5.2. Бифотонная оптическая спектроскопия рубина (64).	
Заключение к главе 3	67
Глава 4. Поляризационная томография бифотонных полей	68
4.1. Обзор разработок, приблизивших решение задач поляризационной квантовой томографии	68
4.1.1. Поляризационная томография одномодовых бифотонов (72).	
4.1.2. Тройная логика и пути ее использования (75).	
4.2. Экспериментальный комплекс по регистрации однофотонных и двухфотонных оптических полей	77
4.2.1. Общие вопросы, связанные с поляризационной томографией бифотонных полей (77).	
4.3. Экспериментальная реализация поляризационной томографии узкополосного бифотонного поля	82
4.3.1. Введение (82).	
4.3.2. Метод квантовой поляризационной томографии (83).	
4.3.3. Схема эксперимента и результаты (86).	
4.4. Поляризационные квантовые операции в анизотропной среде с дисперсией	90
4.4.1. Введение (90).	
4.4.2. Томография квантового процесса (91).	
4.4.3. Расчет χ -матрицы для волновой пластинки с учетом дисперсии (94).	
4.4.4. Результаты численных экспериментов (96).	
4.4.5. Экспериментальная установка и протокол квантовых измерений (99).	
4.4.6. Восстановление смешанного состояния как суммы компонент квазичистых состояний (102).	
4.4.7. Учет аппаратных ошибок, возникающих вследствие искусственной оптической анизотропии в первоначально изотропных оптических элементах (107).	
4.4.8. Эксперимент по наблюдению эффекта «эха» в поляризационных преобразованиях кубитов по канонической схеме (110).	
Заключение к главе 4	114
Глава 5. Двухквантовый коррелятор фотонов в режиме свободноиндуцированного спада	115
Введение	115
5.1. Перепутанные состояния. ЭПР-пары. Физика коррелированной ССИ	117
5.2. Фемтосекундные сигналы КССИ в условиях двухфотонного возбуждения двумя скрещенными лазерными пучками	120
5.3. Фемтосекундные исследования сигналов фотонного эха и сигналов четырехволнового смешения в кристалле CdS при комнатной температуре.	121
5.3.1. Результаты эксперимента по фемтосекундному четырехволновому смешению в кристалле CdS при комнатной температуре (123).	
5.3.2. Двухфотонное четырехволновое смешение и длинноволновый сдвиг спектра фемтосекундного фотонного эха в кристалле CdS при комнатной температуре (124).	

5.4. Обнаружение фемтосекундных сигналов коррелированной свободной световой индукции в кристалле CdS при комнатной температуре в условиях ДФП	126
Заключение к главе 5	127
Глава 6. Однофотонные источники на основе спонтанного параметрического рассеяния света	128
Введение	128
6.1. Собственные разработки макетов источников однофотонных и двухфотонных состояний света на основе СПР в резонаторе . . .	131
6.1.1. Генерация пар ортогонально-поляризованных фотонов в СПР-процессе в резонаторе (131). 6.1.2. Однорезонаторный параметрический генератор света как однофотонный источник (133).	
6.2. Современное состояние разработок однофотонных источников на основе СПР	134
6.2.1. Введение (134). 6.2.2. Основные направления развития исследований и экспериментальные достижения в области создания однофотонных источников (137). 6.2.3. Методы получения одиночных фотонов (139). 6.2.4. Источники на основе спонтанного излучения одиночных квантовых объектов (141). 6.2.5. Источники на основе нелинейных оптических явлений (142). 6.2.6. Статистика фотонов (143). 6.2.7. Пространственное и временное мультиплексирование однофотонных источников на основе СПР (145). 6.2.8. О возможностях одновременного временного и пространственного мультиплексирования (148).	
Заклучение к главе 6	151
Заклучение	152
Список литературы	154