

Оптимизация кодирования информации при помощи сжатых состояний

Короткова Мария Александровна

студентка

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: mariya_korotkova@mail.ru

Оптическая передача информации широко применяется в настоящее время. Квантовые состояния света, которые используются при этом, близки к когерентным [1,2]. С точки зрения квантовой теории передачи информации, существенным минусом когерентных состояний является их неортогональность. Альтернативный подход к проблеме – использование ортогональных состояний, например, двоичное кодирование при помощи однофотонных состояний. Однако статистика распределения вылетающих из лазера фотонов является пуассоновской, то есть для получения строго однофотонного состояния приходится работать в режиме малой мощности, когда среднее число фотонов в импульсе гораздо меньше единицы, а это означает значительное уменьшение полосы пропускания канала связи. В то же время возможен промежуточный подход, при котором используются сжатые состояния. В них дисперсия одной из квантовых компонент меньше, чем в когерентном состоянии (за счёт увеличения дисперсии другой компоненты). Таким образом, удаётся сочетать сильные стороны предыдущих подходов: с одной стороны снимается проблема малой мощности. С другой стороны, сжатые состояния могут быть “более ортогональными”, чем когерентные.

В процессе кодировки с помощью сжатого состояния информацию можно записывать в значение угла, соответствующего этому состоянию. Договоримся, что в системе возможно $N=2\pi/\delta\Phi$ состояний, где $\delta\Phi$ – угол между соседними состояниями. При помощи такой системы можно кодировать информацию по основанию N . Конечно, чем больше N , тем лучше, однако, при уменьшении $\delta\Phi$ увеличивается вероятность ошибки при декодировке, которая возникает из-за ненулевой вероятности перепутать состояния, то есть решить, что дано состояние, соответствующее углу Φ , когда на самом деле угол равен $\Phi' \neq \Phi$. Общая ошибка получается из возможности перепутать истинное состояние с любым из $N-1$ остальных. Однако, в силу экспоненциального убывания волновых функций, основную роль играют два соседних с данным состоянием. Исключением является случай, когда их центры близки к нулю координат, но этот режим является заведомо неоптимальным.

В настоящей работе вычислено перекрытие двух соседних сжатых состояний и произведена оптимизация по степени сжатия при заданной средней энергии состояния. В общем случае получено численное решение, а для частного случая малых углов $\delta\Phi \ll 1$ и больших значений числа квантов $n \gg 1$ задача решена аналитически. Оказалось, что в данных условиях пересечение зависит только от произведения $\xi = n \times \delta\Phi$, а условие удалённости центра распределений от нуля координат, о котором говорилось выше, выполняется тем лучше, чем больше ξ . В этом случае получается зависимость вида $\delta\Phi = (-\ln(|\langle \psi | \psi_1 \rangle|^2))^{1/2}/n$, определяющая минимально возможный угол между кодирующими состояниями (а значит и разрядность системы) при заданных перекрытии соседних состояний $|\langle \psi | \psi_1 \rangle|$ и числе квантов. Этот результат можно сравнить с полученным в [3], где была решена аналогичная задача на определение минимальной дисперсии фазы при заданном числе квантов.

Литература

- [1] Мандель Л., Вольф Э. (2000) Оптическая когерентность и квантовая оптика. Москва, изд-во ФИЗМАЛИТ
- [2] М.О.Скалли, М.С.Зубайри (2003) Квантовая оптика. Москва, Изд-во ФИЗМАТЛИТ
- [3] M.J.Collett, Physica Scripta (1993) Vol. T48, 124-127