

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКОЙ МОДУЛЯЦИИ СВЕТА С НЕСТАЦИОНАРНОЙ КОНСТАНТОЙ СВЯЗИ

Мемех Э. Е.¹, научный руководитель – к.ф.-м.н. Гайдаш А. А.²

¹ Санкт-Петербургский политехнический университет им. Петра Великого (СПбПУ), ФизМех, кафедра «Экспериментальная ядерная физика», ул. Политехническая, 29Б, Санкт-Петербург, 194064

² ООО «СМАРТС-Кванттелеком», центр прикладных квантовых технологий и инноваций, 6-я линия Васильевского острова, 59, Санкт-Петербург, 199178
memekh.evi@gmail.com

Введение

Квантовое описание фазовой модуляции света с конечным числом взаимодействующих мод, получаемой с помощью микрорезонатора в нелинейном кристалле, успешно реализуется с помощью представлений группы $SU(2)$ [1, 2]. Данная работа посвящена более углубленному рассмотрению электрооптической модуляции с переходом от статической задачи к динамической, включающей рассмотрение временной эволюции константы связи $\gamma(t)$. Рассмотрение подобной задачи выгодно, так как статическая модель не позволяет описать высокочастотные процессы, которые представляют огромный интерес для развития сверхбыстрых квантовых технологий.

Основная часть

В рассматриваемой теоретической задаче константа связи γ описывает взаимодействие между оптическими частотными модами, индуцированное внешним модулирующим микроволновым излучением. Данная константа задается геометрией нелинейного кристалла и амплитудой приложенного напряжения. В работе [1] рассматривается задача, где приложенное напряжение является гармоническим. Данная работа посвящена изучению модифицированной задачи, где у приложенного напряжения помимо гармонической составляющей появляется огибающая произвольного вида. Таким образом, в случае зависимости константы связи от времени $\gamma(t)$, оператор квазиэнергии Q также становится зависимым от времени, и задача становится нестационарной.

С помощью диагонализации (избавление от операторов квантового скачка) оператора Q находятся его мгновенные собственные числа $E_k(t)$ и функции $\phi_k(t)$. Неадиабатический метод для данной задачи заключается в поиске решения нестационарного уравнения Шредингера с гамильтонианом $Q(t)$. Состояние системы $|\varphi(t)\rangle$ раскладывается по мгновенным собственным векторам $\phi_k(t)$. В динамической задаче коэффициенты разложения $c_k(t)$ также имеют зависимость от времени, что говорит о возможности описания системы через скорость изменения мгновенных собственных векторов. В общем виде задача сводится к поиску вида функциональной зависимости коэффициентов разложения $c_k(t)$.

В итоге, вероятность перехода между квантовыми состояниями определяется скоростью изменения параметра $\gamma(t)$. Матричные элементы перехода пропорциональны производной оператора $Q(t)$ по времени, благодаря чему становится возможным детальное описание рассматриваемой системы. Однако в случаях слабого взаимодействия и малых возмущений для расчетов применяется нестационарная теория возмущений.

Выводы

Предложенное описание системы конечномерной квантовой модуляции света с зависимой от времени константой связи $\gamma(t)$ позволяет определить такие

характеристики, как динамический спектр заселенностей мод в каждый момент времени, вероятность сохранения стабильности системы при квантовых скачках, то есть при резких изменениях амплитуды внешнего поля. На практике это может способствовать созданию сверхбыстрых и энергоэффективных модуляторов, которые лежат в основе будущих квантовых сетей и фотонных вычислительных систем.

Литература

1. Miroshnichenko, G. P., Kiselev, A. D., Trifanov, A. I., & Gleim, A. V. (2017). Algebraic approach to electro-optic modulation of light: exactly solvable multimode quantum model. *Journal of the Optical Society of America B*, 34(6), 1177–1186.
2. Biedenharn, L. C., & Louck, J. D. (1981). *Angular Momentum in Quantum Physics: Theory and Application*. Addison–Wesley.