

ОПТИКА И СПЕКТРОСКОПИЯ

УДК 535.2

DOI: 10.17223/00213411/64/5/110

А.М. БЕЛОНЕНКО, Ю.В. ДВУЖИЛОВА, И.С. ДВУЖИЛОВ, М.Б. БЕЛОНЕНКО

ТРЕХМЕРНЫЕ БЕЗДИФРАКЦИОННЫЕ ИМПУЛЬСЫ ЭЙРИ В СРЕДЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК В УСЛОВИЯХ ОПТИЧЕСКОГО РЕЗОНАТОРА *

Теоретически исследовано распространение трехмерных предельно коротких оптических импульсов продольного сечения Эйри в среде полупроводниковых углеродных нанотрубок в условиях оптического резонатора. С помощью численного моделирования было установлено, что углеродные нанотрубки, помещенные в условия оптического резонатора, создают среду, в которой импульс распространяется устойчиво и сохраняет свою энергию, а также позволяет управлять некоторыми свойствами предельно короткого импульса (скорость и форма). Расчеты динамики импульса проводились на больших временах, порядка 100 пс.

Ключевые слова: углеродные нанотрубки, ультракороткие импульсы, нелинейная оптика, пучки Эйри, оптический резонатор.

Введение

Недавние исследования показали, что существует широкий класс оптических лучей, профиль интенсивности которых действительно поперечно ускоряется во время распространения. В то время как их центр тяжести всегда движется по прямой линии, фактические особенности структуры интенсивности этих ускоряющих волновых фронтов следуют изогнутой траектории. Концепция самоускоряющихся волновых пакетов возникла в 1979 г. с новаторской работы Берри и Балаза [1], которые нашли сохраняющее форму ускоряющее решение для беспотенциального уравнения Шредингера в виде идеальной функции Эйри. Первое наблюдение импульса, имеющего поперечное сечение Эйри, отмечено в 2007 г. авторами [2, 3], почти через 30 лет после пионерской работы Берри и Балаза. Такое внимание импульсы Эйри получили благодаря отсутствию дифракционного распыливания в направлении, перпендикулярном к оси распространения, на больших расстояниях. Одним из ключевых свойств данных импульсов является то, что они обладают свойством самовосстановления и сохраняют поперечное сечение [4], а также имеют повышенную устойчивость к амплитудно-фазовым искажениям. Благодаря всем вышеописанным уникальным свойствам импульсы Эйри заслуживают большого внимания.

Важно, чтобы среда, в которой распространяются импульсы, обладала нелинейными свойствами, в качестве такой среды подходят полупроводниковые углеродные нанотрубки (УНТ), часто используемые в различных приложениях [5–9]. Благодаря моделированию такой нелинейной среды становится возможным управление некоторыми параметрами предельно короткого оптического импульса Эйри, например, его скоростью и формой, что, в свою очередь, играет большую роль в создании современной элементной базы опто- и наноэлектроники.

Еще одним важным аспектом является то, что среда углеродных нанотрубок помещена в оптический резонатор, т.е. импульс проходит сквозь нее много раз за счет многократного отражения от стенок. Это может приводить к тому, что импульс будет испытывать значительные потери при взаимодействии со стенками резонатора, однако такие потери могут быть компенсированы как внешним полем накачки, так и за счет высокоотражающего покрытия резонатора. Такого рода пространственно локализованные структуры принято называть резонаторными солитонами [10].

Все вышеизложенные аргументы и послужили стимулом к данной работе.

Основные уравнения

Рассмотрим распространение трехмерных предельно коротких оптических импульсов Эйри продольного сечения в среде ориентированных углеродных нанотрубок, причем электрическое поле импульса и ток направлены вдоль оси нанотрубок.

С помощью преобразований Боголюбова можно диагонализировать гамильтониан системы электронов и получить электронный спектр, описывающий свойства электронной подсистемы

* Двужилова Ю.В., Двужиллов И.С., Белоненко М.Б. выражают благодарность Министерству науки и высшего образования РФ в рамках госзадания за поддержку численного моделирования (проект № 0633-2020-0003).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>