

ОПТИЧЕСКИЕ ИМПУЛЬСЫ В ФОТОННОМ КРИСТАЛЛЕ НА ОСНОВЕ СВЕРХРЕШЕТКИ В УСЛОВИЯХ ОПТИЧЕСКОГО РЕЗОНАТОРА*

Ю.В. Двужилова, И.С. Двужилов, М.Б. Белоненко

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Россия

На основании уравнений Максвелла получено эффективное волновое уравнение на вектор-потенциал электрического поля импульса. Проведено компьютерное моделирование эволюции оптического импульса длительностью несколько фемтосекунд в среде с пространственно переменным показателем преломления на основе сверхрешетки. Система помещена в условия цилиндрического оптического резонатора. Установлено, что оптические импульсы при распространении в такой системе сохраняют свою энергию в ограниченной области пространства. Численное моделирование динамики оптических импульсов проводилось на больших временах (до 100 пс).

Ключевые слова: *предельно короткие оптические импульсы, фотонный кристалл, углеродные нанотрубки.*

Введение

Под сверхрешеткой понимается структура, в которой на электроны кроме потенциала решетки действует искусственно созданный потенциал (с периодом, существенно превышающим период решетки). Дополнительный периодический потенциал сверхрешетки изменяет зонную структуру исходных полупроводников. Поэтому сверхрешетку можно рассматривать как новый синтезированный полупроводник, не существующий в природе и обладающий необычными свойствами. Подбором материала и состава чередующихся слоев можно в широких пределах варьировать зонную структуру сверхрешетки [1–3].

Практический интерес к сверхрешеткам обусловлен выходом на качественно новый уровень создания оптических приборов, например, высокоэффективных полупроводниковых лазеров [4, 5]. Близость энергетического спектра уединенной квантовой точки к атомным уровням позволяет создавать на их основе одноэлектронные транзисторы и элементы памяти [6].

В качестве среды для образования сверхрешетки можно использовать фотонный кристалл, имеющий пространственно переменный показатель преломления. Выбор системы квантовых ям с туннелированием как материала для фотонного кристалла обусловлен непараболичностью закона дисперсии электронов. Поскольку фотонный кристалл является неоднородной средой, то в нем могут устойчиво распространяться различные солитоноподобные импульсы, в том числе световые пули или предельно короткие оптические импульсы. Следует заметить, что неоднородность фотонного кристалла обеспечивает идеальную среду для распространения предельно коротких оптических импульсов (ПКОИ), световых пуль и других солитоноподобных состояний [7, 8]. В работе будут рассмотрены трехмерные оптические импульсы, длительность которых составляет несколько фемтосекунд, содержащие 1–5 периодов колебания электрического поля, энергия которых локализована в ограниченной пространственной области. Такого рода импульсы принято называть предельно короткими оптическими импульсами [8].

В настоящей работе система квантовых точек образует неоднородную среду, которая помещена в оптический резонатор. В резонаторе наблюдается внутррезонаторная лазерная спектроскопия, и при многократном отражении импульса от его стенок происходят потери энергии импульса по причине дифракции [9]. Дополнительно следует отметить, что возникают эффекты, связанные с отражением от стенок цилиндрического резонатора. Пучок проходит через сверхрешетку много раз за счет многократного отражения от стенок цилиндрического резонатора. Важным достоинством таких импульсов (резонаторных солитонов) является то, что, имея оптическую обратную связь, они могут распространяться даже тогда, когда в отсутствие резонатора та же нелинейная среда не поддерживает каких-либо пространственных солитонов.

* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания (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>