

УДК 53.084.823

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ФОТОННОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЕ

Нгуен Тхи Хонг Хань

*Магистр 1 года,
кафедра “Электронные технологии в машиностроении”
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: Е.В. Панфилова,
доцент кафедры “Электронные технологии в машиностроении”*

Актуальность темы исследования обусловлена интересом к применению фотонных кристаллов в нанотехнологии, в частности, при создании волноводов, и фотонно-кристаллических волокон. Целью данной работы является моделирование волноводных фотонно-кристаллических структур и анализ распространения в нем электромагнитного излучения. В процессе ее выполнения были решены задачи исследования формируемой на основе синтетического опала структуры и моделирования волновода с помощью пакета COMSOL.

В настоящее время прогресс оптических технологий в вычислительной технике и связи невозможен без одновременного развития их элементной базы – средств мультиплексирования, коммутации, передачи сигналов. Новое слово в этой области – фотонные кристаллы, способные не только заменить традиционные элементы оптических систем, но и стать основой для фотонных интегральных схем [2]. Значение таких схем поистине революционно. Фотонные кристаллы – это искусственные периодические диэлектрические структуры с запрещенной зоной, препятствующей распространению электромагнитных волн в определенном частотном диапазоне. Это значит, что если на фотонный кристалл падает фотон, обладающий энергией (длиной волны, частотой), которая соответствует запрещенной зоне данного фотонного кристалла, то он не может распространяться в фотонном кристалле и отражается обратно. Создавая точечные дефекты в таком кристалле, можно захватить фотоны в “ловушки” запрещенной зоны, а затем определенным образом использовать.

Фотонные кристаллы по характеру изменения показателя преломления можно разделить на три основных класса: одно-, двух- и трехмерная, в которых коэффициент преломления периодически изменяется по очереди в одном, двух, трех пространственных направлениях. Опалы представляют собой самоорганизующиеся трехмерные структуры, построенные из монодисперсных частиц α -SiO₂ сферической формы с размером, составляющим несколько сотен нанометров. Это перспективный фотонный кристалл, в котором можно создать пространственный дефект, способствующий прохождению света определенной частоты в заданном направлении в пространстве.

Распространение излучения в фотонных кристаллах определяется условием максимума интерференции волн (при рассмотрении отражения света от кристаллографических плоскостей сверхрешетки его можно приближенно заменить условием Вульфа-Брэгга), рассеянных на разных узлах решетки, и зависит от угла между направлением волнового вектора и осями фотонного кристалла [1].

Волновод представляет собой фотонный проводник, окруженный фотонным изолятором. С помощью пакета COMSOL создана модель волновода, которая

описывает распространение световой волны в фотонном кристалле, состоящем из SiO₂ сфер, касательных друг с другом. Удаляя несколько SiO₂-сфер в структуре кристалла, можно создать волновод для частот внутри фотонной запрещенной зоны.

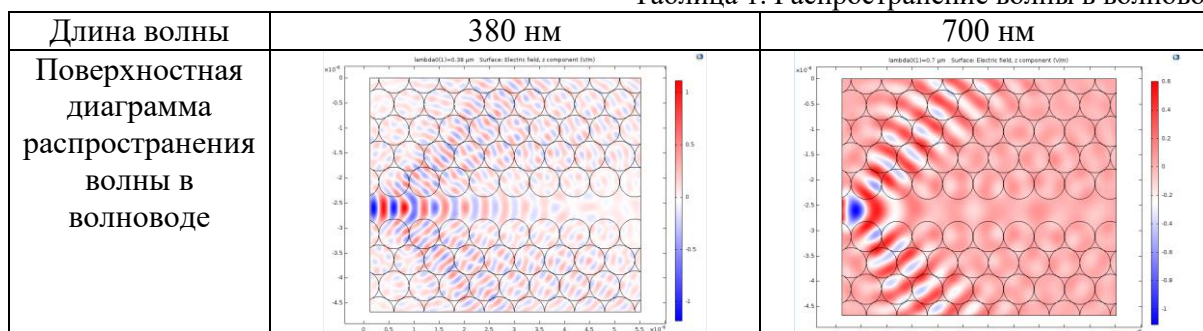
В основе модели используется скалярное уравнение для поперечной компоненты электрического поля E_z:

$$-\nabla \cdot \nabla E_z - n^2 \cdot k_0^2 \cdot E_z = 0 \quad (1)$$

, где n – показатель преломления; k₀ – волновое число свободного пространства. Поскольку физические границы отсутствуют, то можно использовать граничное условие рассеяния на всех границах. На границе ввода волны установлена амплитуду E_z, равная 1 [1].

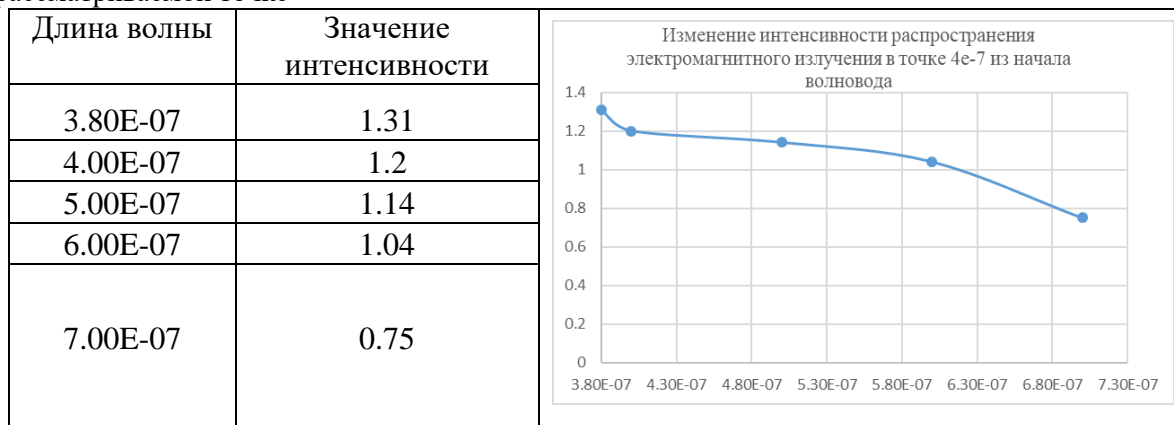
В таблице 1 показаны модель волновода и в нем поверхностные диаграммы распространения волны в диапазоне 380 - 700 нм, диаметр сферы 600 нм .

Таблица 1. Распространение волны в волноводе



Результат исследования зависимости интенсивности электромагнитного излучения в заданной точке от длины волны представлен в таблице 2.

Таблица 2. Исследование изменения интенсивности электромагнитного излучения в рассматриваемой точке



Изменение соотношения длины волны излучения и диаметра сфер фотоннокристаллической структуры влияет на характер распространения излучения в волноводе. Полученные зависимости могут быть использованы для проектирования фотоннокристаллических волноводов.

Литература

1. Галева Л.Х. Компьютерное моделирование мультифизических задач микроэлектроники. – Казань – 2017г. – 99с.
2. ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. Фотонные кристаллы - Будущее вычислительной техники и связи / Н. Слепов. М.: Новые технологии, 2/2000. 32с.