

Планарные микроинтерферометры Маха – Цандера на основе двумерных фотонных кристаллов

Четвертухин Артём Вячеславович

студент

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

E-mail: chetvertuhin@nanolab.phys.msu.ru

Фотонные технологии являются новым направлением в развитии оптоэлектроники и телекоммуникации и открывают новые возможности для перехода к высокоскоростным оптическим соединениям. В последние годы использование явления запрещенной фотонной зоны фотонных кристаллов открыли новые перспективы и возможности управления светом [1]. В настоящее время наиболее интенсивные исследования в этой области направлены на создание структур и устройств на основе двумерных фотонных кристаллов фотонно-кристаллических световодов, модуляторов, транзисторов, мультиплексоров, интегральных схем [2]. Использование двумерных фотонных кристаллов - упорядоченных структур, состоящих из нанопор или наностержней, особенно на основе кремния, особенно перспективны, поскольку такие структуры могут быть легко встроены в существующие технологии микроэлектронной промышленности. Для создания таких структур используются методы химического или электрохимического травления материала с предварительно текстурированной поверхностью. Недавно с использованием двумерных кремниевых световодов в геометрии интерферометра Маха-Цандера был создан электрооптический модулятор, функционирующий на длине волны 1.56 мкм с частотой больше 1 ГГц [3].

Данная работа направлена на разработку и создание элементной базы оптических интегральных схем на основе полупроводниковых двумерных фотонных кристаллов. Основным разрабатываемым элементом является оптический модулятор на двумерном фотонном кристалле, работающий в схеме интерферометра Маха-Цандера.

В основе эксперимента лежит исследование возможностей скоростного, полностью оптического переключения. Приходу идеи этой работы способствовали несколько причин. Во-первых, фундаментальный предел оптических частот на несколько порядков превосходит фундаментальный предел для электрических импульсов, к которому уже начинают приближаться современные производители электроники. Во-вторых, современные лазерные системы позволяют получать импульсы длительностью порядка десятков фемтосекунд, что делает возможным исследование динамических характеристик материала по технологии “проба-накачка” с временным разрешением в десятые пикосекунд (что соответствует частотам порядка нескольких терагерц), причем, фундаментальный предел для этого временного разрешения ещё не достигнут. В-третьих, до недавнего времени в фотонике существовала проблема управления распространением света на малых расстояниях (пределы изгиба и размеров оптоволокна), которая на данном этапе успешно разрешается путем использования фотонных кристаллов – пространственных периодических структур с характерными размерами периодов, сравнимыми с длиной волны излучения, для которого эти структуры изготавливаются. Это позволяет реализовывать оптоэлектронные устройства микроскопических размеров.

В настоящей работе экспериментально исследуются возможности создания микроскопической оптоэлектронной системы и её характеристики: возможность полностью оптического переключения и динамические возможности такого переключателя, изготовленного из твердотельных образцов, которые возможно использовать в качестве материала для производства фотонных систем. На данном этапе исследуются кремниевые образцы. Экспериментальная часть работы заключается в исследовании возможности создания оптоэлектронного устройства – микроинтерферометра Маха-Цандера, с возможностью полностью оптического управления светом и исследовании динамических характеристик этого устройства. Это дает необходимую информацию о возможностях реализации и характеристиках таких устройств.

В настоящей работе исследуются следующие проблемы: (1) проблема заведения излучения в исследуемую систему, (2) проблема создания разводящего узла на разные плечи интерферометра, (3) проблема изготовления плеча интерферометра с изменяемой длиной оптического пути, (4) проблема изготовления интерферометра, (5) проблема быстрого управления прохождением света с помощью лазерного облучения одного из плеч интерферометра, и (6) проблема вывода и детектирования прошедшего управляемого светового пучка. Соответственно, основные этапы работы включают в себя исследование возможности заведения света в волновод путём использования дифракционной решетки (направляя один из дифракционных максимумов параллельно поверхности), исследование характеристики коннектора Т и Y типов, сделанных как волноводы на фотонном кристалле, их передаточные характеристики, изучение возможности изготовления волновода способного менять свой коэффициент преломления под действием внешнего лазерного излучения, исследование возможности реализации устройства, удовлетворяющего поставленным требованиям, изучение проблемы изменения коэффициента преломления в фотонно-кристаллическом волноводе под действием падающего на него лазерного излучения, необходимые мощности управляющего излучения, динамика эффектов появления оптоэлектронов и их влияния на проходящий свет в схеме возбуждения “проба-накачка”, а также исследование возможности вывода прошедшего через интерферометр света.

Литература

1. E. Yablonovich. Photonic crystals: semiconductors of light. Scientific American December 2001, p.35.
2. K. Sakoda, Optical Properties of Photonic Crystals (Springer Series in Optical Sciences, 80), Springer Verlag, 2001.
3. Y. Jiang, W. Jiang, L. Gu, X. Chen, R. T. Chen, Appl. Phys. Lett. 87, 221105 (2005).