

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ОДНОМЕРНЫХ ФОТОННЫХ КРИСТАЛЛОВ В МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКЕ

Ларин Т.Д.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь

Научные руководители: Позняк А.А. – канд. физ.-мат. наук, доцент,
Плиговка А.Н. – канд. техн. наук

Аннотация. Фотонные кристаллы – новый класс оптических материалов, характеризуется следующими свойствами: периодическая модуляция диэлектрической, и наличие связанной с периодичностью кристалла полной запрещенной зоны в спектре собственных электромагнитных состояний кристалла. В работе представлена краткая характеристика и перспективы применения подобных структур, в микро- и нанoeлектронике.

Ключевые слова. Оптика, фотонная запрещенная зона, фотонные кристаллы, микроэлектроника, нанoeлектроника.

Фотонный кристалл – это материал, структура которого характеризуется периодическим изменением показателя преломления в одном, двух или трёх пространственных направлениях [1].

В одномерных фотонных кристаллах, коэффициент преломления периодически изменяется в одном пространственном направлении. Такие фотонные кристаллы состоят из параллельных друг другу слоев различных материалов с разными коэффициентами преломления и могут проявлять свои свойства в одном пространственном направлении, перпендикулярном слоям.

Существует множество различных способов формирования одномерных фотонных кристаллов, например: электрохимическое травление, основанное на избирательном удалении четко определенных областей металлической пластины путем сочетания окисления и последующего растворения в среде с экстремальным значением рН [2], осаждение под скользящим углом, сочетающее в себе традиционное вакуумное напыление тонких пленок с определенной геометрией, в которой подложка наклонена относительно линии, соединяющей мишень и подложку, под углом 30 градусов [3].

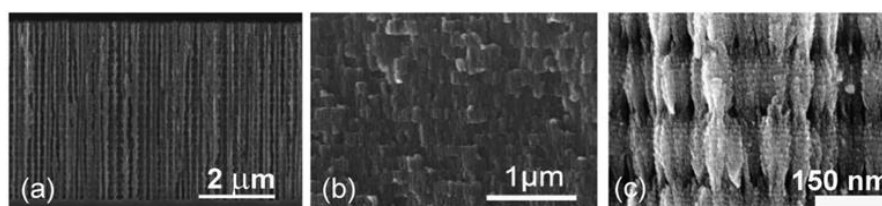


Рисунок 1 – Изображения поперечного сечения пористых одномерных фотонных кристаллов из (а) кремния, (b) анодного оксида алюминия, (с) диоксида титана[2].

На рисунке 1 изображены поперечные сечения пористых одномерных фотонных кристаллов, полученных различными способами. На рисунке 1 (а) показан вид поперечного сечения одномерного фотонного кристалла с модулированными порами, полученного из пористого кремния, где можно легко наблюдать периодическую модуляцию пористости. Предпочтительным направлением роста пор является направление, перпендикулярное подложке, что определяет их трубчатую форму. На рисунке 1 (b) показано поперечное сечение одномерного фотонного кристалла, полученного из пористого оксида алюминия, на котором можно увидеть соединенную пористую структуру трубчатой формы. Приложенное напряжение и природа кислоты определяют размер пор. Как и в случае кремния, одномерные фотонные кристаллы, изготовленные таким образом, имеют однородный состав, а одномерная мо-

дуляция показателя преломления достигается за счет контролируемого изменения анодного тока (потенциала).

На рисунке 3 (с) показано поперечное сечение фотонного кристалла TiO_2 , выращенного с помощью применения осаждения под скользящим углом. Области с различным показателем преломления могут быть легко идентифицированы как более яркие и более темные пластины, соответствующие слоям с более высоким и более низким показателем преломления, соответственно. Последовательное осаждение SiO_2 и TiO_2 приводит к модуляции показателя преломления в структуре, в которой форма и размер пор остаётся неизменной по всему слою. Этот метод позволяет очень точно контролировать размер и плотность промежуточных участков для каждого слоя в отдельности. Ещё одно преимущество метода – благодаря ему можно получать однородные пористые слои с однородными оптическими свойствами на больших площадях, что делает его совместимым с промышленными процессами.

Одномерные фотонные кристаллы могут иметь большое значение в развитии микро- и нанoeлектроники. Внедрение зеркал, построенных на основе одномерных фотонных кристаллов в различные устройства, предоставляет новые возможности для датчиков, защиты от излучения и фотоэлектрических элементов. Такие многослойные слои чрезвычайно разнообразны с точки зрения материалов, из которых они могут быть сделаны, и типа пористости, которую они могут иметь [2].

На данный момент, как периодические, так и неупорядоченные фотонные структуры были успешно интегрированы в солнечные элементы для повышения их эффективности улавливания света. Посредством изменения их свойств, подобные материалы применялись для создания чувствительных устройств с более высокими характеристиками в обнаружении и распознавании целевых видов оптического сигнала. Новый класс дисплеев, в которых манипуляция цветом пикселей осуществляется при помощи фотонных кристаллов, частично или полностью заменит существующие дисплеи. Благодаря упорядоченному характеру явления удержания фотонов в фотонном кристалле, на основе этих сред возможно построение устройств оптической памяти и логических устройств.

Таким образом, можно сделать вывод, что одномерные фотонные кристаллы являются крайне перспективными материалами, которые в скором будущем будут интегрированы в новые устройства микро- и нанoeлектроники.

Список литературы

1. *Photonic Crystals: Towards Nanoscale Photonic Devices* / J.-M. Lourtioz [et. al.]. – 2nd ed. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008. – XVIII, 514 p.
2. *Porous one dimensional photonic crystals: novel multifunctional materials for environmental and energy applications* / Calvo M.E. [et al.] // *Energy & Environmental Science*. – 2011. – Vol. 4, Iss. 12. – P. 4800–4812.
3. *Floch. H. Optical coatings prepared from colloidal media* / H. Floch, J.-J. Priotton, I.M. Thomas // *Thin Solid Films*. – 1989. – Vol. 175. – P. 173–178.

UDC 535.326

PERSPECTIVES OF APPLICATION OF ONE-DIMENSIONAL PHOTONIC CRYSTALS IN MICRO- AND NANOELECTRONICS

Laryn T.D.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Poznyak A.A. – Ph.D. in Physics and Mathematics, Associate Professor

Pligovka A.N. – Ph.D. in Technical Science

Annotation. Photonic crystals are a new class of optical materials, characterized by the following properties: periodic modulation of the dielectric, and the presence of a total band gap associated with the periodicity of the crystal in the spectrum of the electromagnetic eigenstates of the crystal. The paper presents a brief description and prospects for the use of such structures in micro- and nanoelectronics.

Keywords. optics, photonic band gap, photonic crystals, microelectronics, nanoelectronics.