

показывает пригодность алгоритма для использования в целях медицинской диагностики.

Литература

1. Яцков Н. Н., Шингарев И. П. Интеллектуальный анализ данных: методические указания к лабораторным работам. М., 2012. С.27–30.
2. Информационно-справочный ресурс «Глазамед», раздел «Глазные болезни»: <http://glazamed.ru/baza-znaniy/oftalmologiya/glaznye-bolezni/>
3. Обучающие материалы и справочники по продуктам MATLAB & Toolboxes: <http://matlab.exponenta.ru/index.php>
4. Middleton L., Sivaswamy J. Hexagonal Image Processing: A Practical Approach. London, 2006. P.151–195

СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫЕ ЭКРАНЫ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

В. Л. Зубарев

Экраны и зеркала оптического излучения широко используются в различных технических приложениях (элементы лазерных и оптоэлектронных систем; маскировка объектов в видимом и инфракрасном частотных диапазонах; предотвращение утечки тепловой энергии в зданиях и сооружениях; защита персонала и оборудования от перегрева за счет воздействия внешних источников мощного оптического излучения.

Для создания эффективных зеркал и экранов используются различные подходы: металлические экраны; брэгговские зеркала, двухмерные и трехмерные фотонные кристаллы; периодические решетки из диэлектрических элементов [1,2]. Металлические зеркала являются широкополосными, но не обеспечивают высокого, близкого к 1, коэффициента отражения. Зеркала на основе фотонных кристаллов имеют ограниченную ширину частотного диапазона с высоким коэффициентом отражения. Они эффективны при большой толщине зеркала.

Наиболее перспективными для создания широкополосных экранов инфракрасного диапазона являются периодические решетки из брусьев прямоугольного сечения, расположенные на поверхности двухслойной диэлектрической подложки [2]. Для таких структур характерна частотная зависимость коэффициента отражения, близкая к фотонным кристаллам при существенно меньшей волновой толщине. Экраны данного типа устойчивы к погрешностям, возникающим при их изготовлении и эксплуатации. Масштабирование геометрических параметров структуры позволяет смещать частотный диапазон с высоким уровнем поглощения, достигаемым без поглощения электромагнитной энергии. Комбинирование нескольких

экранов, расположенных параллельно друг другу, потенциально позволяет создавать экраны с расширенным частотным диапазоном.

Для исследования отражательных характеристик экранов с различной структурой разработаны вычислительные модели. Они базируются на методе конечных элементов и реализованы в среде пакета CST Studio Suite [3].

Рассмотрим периодическую решётку из диэлектрических брусьев на слоистой диэлектрической подложке из кремния и оксида кремния, фрагмент которой представлен на рисунке 1. Моделируемая структура имеет следующие параметры: $t_l = 0.5$ мкм, $t_g = 0.46$ мкм, $\Lambda = 0,7$ мкм, $D = 0.525$ мкм, $\epsilon_{Si} = 12.11$, $\epsilon_{SiO_2} = 2.16$.

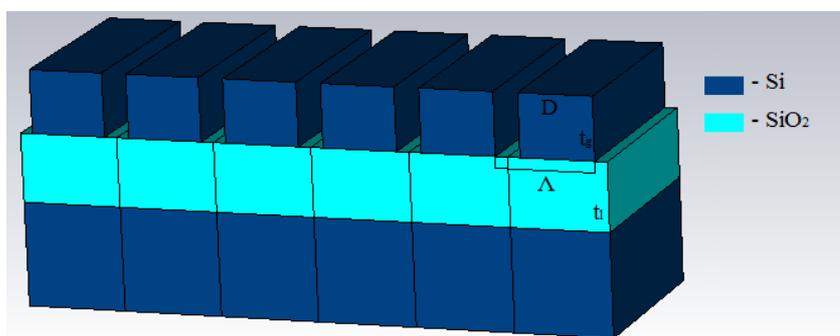


Рис.1. Модель диэлектрического зеркала

На решетку падает плоская линейно поляризованная волна перпендикулярно ее поверхности. Электрическая компонента поля перпендикулярна осям диэлектрических брусьев. На рисунке 2а представлена частотная зависимость коэффициента отражения.

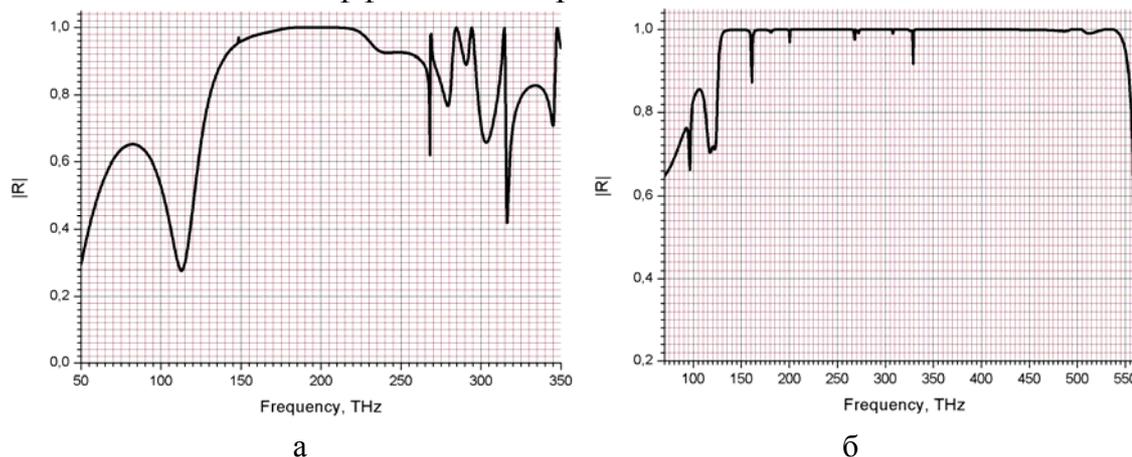


Рис.2. Частотная зависимость коэффициента отражения:
(а) однослойная решетка, (б) трехслойная решётка

Анализ полученных результатов подтверждает адекватность разработанной вычислительной модели и возможность экранирования оптичес-

ского излучения в широком частотном диапазоне диэлектрической структурой небольшой волновой толщины.

Для расширения частотного диапазона с высоким уровнем экранирования предлагается использовать систему из нескольких параллельных структур, конструктивные размеры которых настроены на смежные частотные диапазоны, суммарно обеспечивающие работу экрана в расширенной частотной полосе. Отражательные характеристики трёхслойной показаны на рисунке 2б.

Анализ результатов численного моделирования подтверждает возможность расширения частотной полосы отражения для комбинированного зеркала из трех решеток. Конструктивные элементы решеток в каждом слое имеют следующие коэффициенты линейного масштабирования по отношению к базовой структуре: 1; 1.5; 2. Параметры базовой решетки соответствуют экрану, представленному на рисунке 1. Взаимное влияние решеток приводит к появлению узких резонансных областей с низким коэффициентом отражения, что не оказывает влияние на интегральные характеристики комбинированного экрана в полосе частот.

Практическая реализация комбинированных экранов зависит от технологичности их изготовления. Использование фотолитографических технологий экономически оправдано только для изготовления малых по волновым размерам зеркал и экранов. Рассмотрим возможность использования в качестве элементов периодических решеток диэлектрических волокон круглого сечения. Для их изготовления и последующего нанесения можно использовать более дешевые и производительные технологии.

На рисунке 3 показан фрагмент комбинированного зеркала, содержащего диэлектрические волокна кругового сечения. Частотная зависимость коэффициента отражения для данной структуры представлена на рисунке 4.

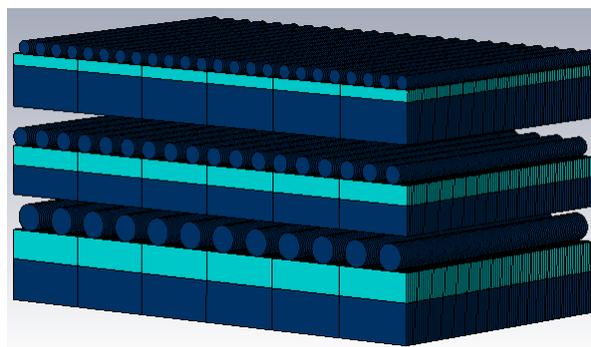


Рис.3. Модель комбинированного зеркала, содержащего волокна кругового сечения

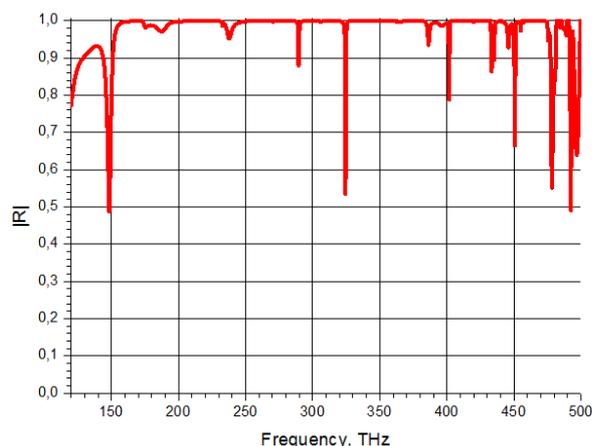


Рис. 4. Частотная зависимость коэффициента отражения трёхслойной структуры на основе цилиндрических диэлектрических волокон

Анализ результатов моделирования показывает, что изменение формы поперечного сечения элементов периодических решеток приводит к увеличению числа узкочастотных провалов в частотной зависимости коэффициентов отражения. Однако, это не существенно сказывается на интегральные отражательные характеристики комбинированного экрана, содержащего волокна с круговым поперечным сечением.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлена принципиальная возможность создания сверхширокополосных экранов небольшой волновой толщины.

Установлено, что для обеспечения поляризационной независимости экранов можно использовать комбинированные структуры, в которых диэлектрические брусья в разных слоях ортогональны.

Литература

1. С.В. Варжель. Волоконные брэгговские решетки / Учебное пособие. 2015. С. 65.
2. Connie Connie J. Chang-Hasnain, Palo Alto, CA (US). Ultra broadband mirror using subwavelength grating / 1/479,986, Jun. 29, 2006.
3. CST Studio Suite: Начало работы, инсталляция, построение структур, обработка результатов. 2015. С. 85.