

В области измерений линейных размеров корпусных изделий аэрокосмического назначения с характерной длиной  $\sim 1 \dots 10$  м и допустимыми погрешностями  $0,01 \dots 1$  мм (фюзеляж, космические аппараты, разгонные блоки, обтекатели и т.п.) оптимальным сочетанием рабочих дистанций, погрешностей измерений и их производительности в настоящее время обладают лазерные компьютеризированные системы типа FARO Laser Tracker, MV200 и т.п. Они имеют рабочую зону измерений в линейной мере до 100 м, а в угловой:  $270^\circ$  по азимуту и не менее  $\pm 50^\circ$  по углу места. Погрешности измерения расстояний на дистанциях  $\sim 1$  м составляют 10 мкм и приблизительно пропорционально увеличиваются до 100 мкм на дистанциях  $\sim 10$  м. Встроенная метеостанция позволяет частично нейтрализовать влияние параметров окружающей среды на результаты измерений.

В ЛИСГП типа FARO Laser Tracker, MV200 используются триангуляционные, фазово-импульсные или время-импульсные принципы измерения координат. Триангуляционные измерения предполагают прямолинейное распространение света, а фазово-импульсные и время-импульсные ещё и постоянство скорости распространения излучения. Однако в условиях производственных помещений значение вертикального градиента температуры воздушного тракта может достигать 10 К/м, что вызывает искривление траектории распространения излучения, а вместе с этим, и погрешности угловых и дальномерных измерений. Поэтому контроль геометрии объектов, рассредоточенных в пространстве и находящихся на удалении от устройства контроля и управления, а излучение оптической головки распространяется в приземном слое открытой атмосферы требует исследования температурных условий в помещениях, где производится контроль изделий, и устранения температурных градиентов.

Внедрение средств дистанционного лазерного контроля геометрических параметров предусматривает их периодическую государственную и ведомственную аттестации. Существование технических предпосылок для проведения аттестации в форме концевых и ступенчатых мер длины, калибровочных плит, трёхмерных эталонов и т.п. позволяет сделать оптимистичный прогноз на решение проблем калибровки путём разработки, апробации утверждения соответствующих методик. Таким образом, можно говорить о становлении нового класса измерительной техники, неотъемлемыми компонентами которой являются формователи цифровых изображений структурированных лазерных пучков, а измеряемые параметры получаются в результате их обработки.

УДК 535.4

## **ТРЕХМЕРНЫЕ МЕТАЛЛОДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ФОТОННЫЕ КРИСТАЛЛЫ ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНА**

Дьяченко П.Н., Карпеев С.В., Павельев В.С.

Институт систем обработки изображений РАН, Самара

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва  
(национальный исследовательский университет), г. Самара

e-mail:dyachenko@ssau.ru

Фотонными кристаллами принято называть структуры, у которых диэлектрическая проницаемость периодически меняется в пространстве с периодом, допускающим брэгговскую дифракцию света. Фотонные кристаллы могут быть использованы для создания устройств прикладной оптики, таких как оптические фильтры, демультимплексоры, волноводы, лазеры и т. д. К настоящему моменту предложено множество способов синтеза фотонных кристаллов. Однако получение макроскопически однородных, бездефектных кристаллов до сих пор представляется весьма сложной технической задачей. Одним из

наиболее перспективных методов синтеза в настоящее время представляется метод интерференционной литографии [1]. Данный метод состоит в получении трехмерной структуры из фотополимера за счет освещения трехмерной интерференционной картиной четырьмя (или более) когерентными пучками света. Полимерные матрицы фотонных кристаллов не могут иметь полные запрещенные зоны, в силу недостаточного значения показателя преломления полимера. Для того чтобы обойти данную проблему, в ряде работ предложено наносить нанослой металла на полимерную матрицу [2,3]. В работе [3] методом электроосаждения на полимерную матрицу был нанесен слой никеля толщиной 300 нм. Таким образом, актуальной является задача разработки способов синтеза трехмерных металлодиэлектрических фотонных кристаллов на основе комбинации методов интерференционной литографии и магнетронного напыления металлов.

В данной работе для формирования трехмерной решетки из фоторезиста методом интерференционной литографии использовалось трехкратное экспонирование пленки фоторезиста картиной интерференции двух волн, аналогично тому, как это было сделано в работе [4]. Методом магнетронного распыления (SPI-Module Sputter Coater (США)) на фотонные кристаллы был нанесен слой золота толщиной 50 нм. Толщина слоя определялась при помощи кварцевого датчика толщины (SPI Quartz Crystal Thickness Monitor Model 12161). Электронные фотографии полученных образцов представлены на рис. 1.

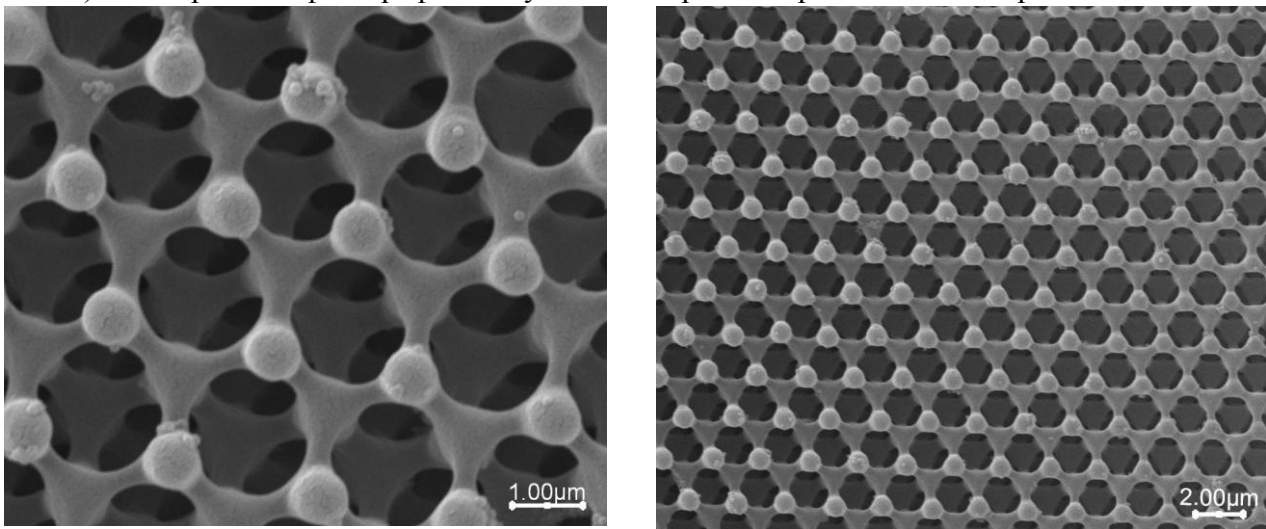


Рисунок 1. Электронные фотографии фотонного кристалла с нанесенным на него слоем золота 50 нм.

Для исследования оптических свойств фотонных кристаллов использовался инфракрасный микроскоп Hyperion 1000 (Bruker Optics (Германия)) с фурье-спектрометром Tensor 27 (Bruker Optics (Германия)), при помощи которого измерялись коэффициенты отражения структур. Коэффициенты отражения фотонных кристаллов получались путем нормирования полученных спектров структур к спектрам золотого зеркала. Полученные спектры отражения представлены на рис. 2 [5]. Кривой 1 обозначен спектр отражения фотонного кристалла, полученный при помощи объектива скользящего падения 15x. Кривой 2 обозначен спектр отражения фотонного кристалла, полученный при помощи ИК-объектива Schwarzschild 15x. Кривой 3 отмечен спектр отражения пленки золота на фотополимере SU-8. Кривой 4 отмечен спектр отражения фотонного кристалла без нанесенного слоя золота. В спектре отражения фотонного кристалла присутствует пик на длине волны 2,6-2,8 мкм, что соответствует периоду решетки фотонного кристалла. Данный пик в спектре отражения указывает на появление фотонной запрещенной зоны с центром на длине волны 2,6-2,8 мкм. Данное положение хорошо согласуется с результатами работы [3], в которой методом конечных разностей были рассчитаны коэффициенты отражения трехмерного фотонного кристалла, покрытого слоем металла. Относительно небольшая интенсивность пика может объясняться неоднородностью слоя золота или недостаточным числом периодов фотонного кристалла.

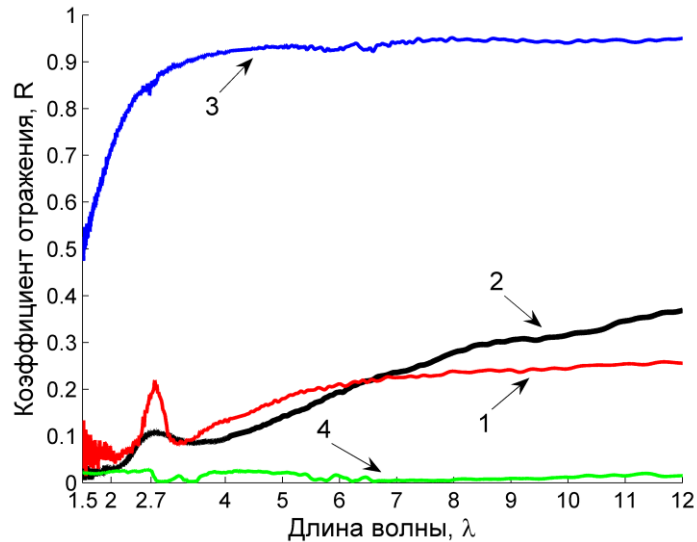


Рисунок 2. Спектры отражения фотонного кристалла.

#### Список литературы

1. Campbell M., Sharp D.N., Harrison M.T., Denning R.G., Turberfield A.J., Fabrication of photonic crystals for the visible spectrum by holographic lithography // Nature 2000 V. 404, p. 53-56.
2. Tal, A., Chen, Y.-S., Williams H. E., Rumpf R. C., and Kuebler S. M., Fabrication and characterization of three-dimensional copper metallodielectric photonic crystals // Opt. Express 2007, V. 15, p. 18283-18293.
3. Mizeikis V., Juodkazis S., Tarozaitė R., Juodkazyte J., Juodkazis K., and Misawa H., Fabrication and properties of metallo-dielectric photonic crystal structures for infrared spectral region // Opt. Express 2007, V. 15, p. 8454-8464.
4. Miklyaev Yu. V., Karpeev S. V., Dyachenko P. N., Pavelyev V. S. Fabrication of three-dimensional photonics crystals by interference lithography with low light absorption // Journal of Modern Optics 2009, V. 56, p. 1133–1136.
5. Дьяченко П. Н., Карпеев С. В., Павельев В. С., Формирование и исследование трехмерных металлодиэлектрических фотонных кристаллов инфракрасного диапазонов// Компьютерная оптика, 2010, Т. 34, №4, С. 501-505.