

УДК 539.23**ПОЛУЧЕНИЕ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ МИКРОСФЕР ПОЛИСТИРОЛА И ДИОКСИДА КРЕМНИЯ**

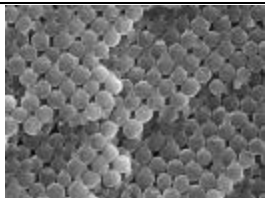
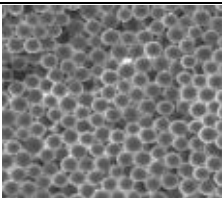
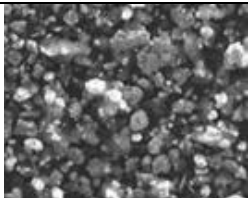
Артем Рустамович Ибрагимов

*Студент 4 курса,**кафедра «Электронные технологии в машиностроении»**Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана**Научный руководитель: Е. В. Панфилова,**кандидат наук, доцент кафедры «Электронные технологии в машиностроении»*

Фотонные кристаллы (ФК) представляют большой интерес для изучения, так как являются материалами, способными управлять световыми потоками. Данная способность объясняется наличием фотонной запрещенной зоны (ФЗЗ), запрещающей распространение света определенной частоты или длины волны в одном или во всех направлениях. В связи с тем, что структура данных кристаллов сходна со структурой природных опалов, их называют синтетическими опалами. Одним из наиболее распространенных примеров фотонных кристаллов являются коллоидные кристаллы, состоящие из плотноупакованных частиц субмикронного размера [1]. Так как от расположения ФЗЗ зависит область применения изделий, основным элементом которых является ФК, возникает необходимость контроля процесса формирования тонкопленочной периодической структуры. На расположение ФЗЗ влияют различные факторы, некоторыми из которых являются диаметр используемых частиц, их форма, а также упорядоченность и расположение в опаловой матрице. Все эти факторы зависят от метода формирования ФК и используемого материала. Основными методами получения опаловых структур являются: седиментация, метод вертикального вытягивания и метод электрофореза.

Для получения тонких пленок, обладающих необходимыми фотонными свойствами, в основном применяются монодисперсные коллоидные сферы, диаметр которых варьируется от 10 нм до 1 мкм. Так как контроль размера сфер в таких масштабах является сложной задачей, получают его из ограниченного круга веществ. Органическими материалами являются полистирольный монодисперсный латекс (PS) и полиметилметакрилат (PMMA). Неорганическим – диоксид кремния (SiO_2). Для корректной работы изделий в основе которых лежат ФК, необходимо чтобы диапазон отклонения ФЗЗ не превышал 1%. В таблице 1 представлены сравнительные характеристики приведенных материалов.

Таблица 1. Анализ материалов ФК

Материал	Кремнезём (SiO_2)	Полистирол (PS)	Полиметилметакрилат (PMMA)
Структура			
Неоднородность диаметра частиц	30%	1%	1%
Неоднородность формы частиц	+	+	-

Наиболее распространенным и изученным методом получения ФК является метод вертикального вытягивания из коллоидного раствора. Принцип метода заключается в следующем: частицы перемещаются сквозь раствор к области мениска, затем формируются гексагональные слои частиц. Частицы в растворе, которые формируют матрицы, принесены туда потоком суспензии. При испарении раствора возникает поток частиц в сторону мениска, формирование начинается с одной частицы, осевшей на поверхность подложки, при этом на неё действуют сила тяжести, в то же время частица скользит по поверхности, останавливаемая силой трения и капиллярной силой с учетом взаимного притяжения и отталкивания с другими частицами, приближающимися к подложке [2]. Далее микросферы оседают в слои на подложке. Схематично метод изображён на рисунке 1.

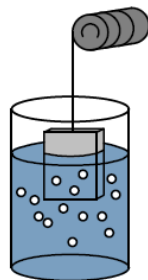


Рис. 1. Схема нанесения методом вертикального вытягивания

Экспериментальным путём была доказана зависимость расположения ФЗЗ и высоты рельефа, получаемой тонкопленочной структуры, от скорости вытягивания. В качестве материала использовался диоксид кремния. При увеличении скорости вытягивания микросферы вытягиваются, при этом ФЗЗ сдвигается в сторону ИК-области спектра, а интенсивность отражения уменьшается. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2. Зависимость расположения ФЗЗ от скорости вытягивания

Скорость вытягивания	0,1 мм/мин	0,4 мм/мин	0,8 мм/мин
Показания спектрофотометра			
Расположение ФЗЗ	420 нм	430 нм	505 нм

Полученные результаты могут быть использованы в фотонике, сенсорике и оптоэлектронике.

Литература

1. Xia Y., Gates B., Yin Y., Lu Y. *Monodispersed Colloidal Spheres: Old Materials with New Applications*. Advanced Materials. – 2000. - №10. – p. 693-713
2. Беседина К.Н. Разработка методов управляемого формирования и исследование тонкопленочных опаловых наноструктур: дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук. М., 2014. 63 с.