

УДК 620.183.255

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА УДАЛЕНИЯ МИКРОСФЕРНОЙ ПЛЕНКИ ПОЛИСТИРОЛА МЕТОДОМ ХИМИЧЕСКОГО ТРАВЛЕНИЯ**

Сергей Сергеевич Авдеев

*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»*

Инверсные опаловые структуры являются перспективным материалом современной микро и нанoeлектронной промышленности. Изготовление инверсных опалов рассматривается как метод структурирования, с помощью которого можно получить трехмерные структуры. Весь процесс состоит из трех этапов, которые представлены на рисунке 1.

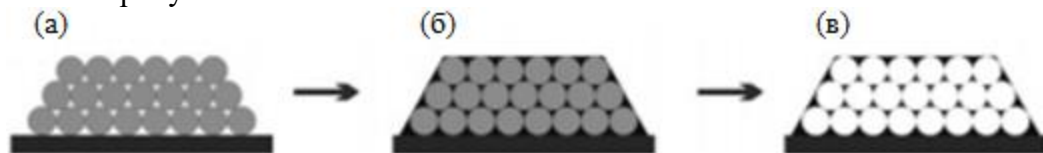


Рисунок 1 - Схема процесса изготовления инверсного опала. Первым шагом является самосборка коллоидных сфер с образованием опала (а), вторым шагом является инфильтрация опаловой матрицы желаемым материалом (б), на третьем этапе удаление опаловой матрицы (в)

Первым шагом является самосборка коллоидных наносфер для получения трехмерной матрицы, с которой будет структурирован требуемый материал. В качестве материала, используемого для создания фотоннокристаллического слоя был выбран раствор полистирола с концентрацией-1% и диаметром сфер 220 нм. В качестве синтеза фотонных кристаллов применялся метод естественной седиментации.

Когда получена опаловая матрица, вторым шагом является инфильтрация ее пустот желаемым материалом. Эта операция может быть реализована методом магнетронного осаждения в вакууме.

Последним этапом процесса изготовления является удаление опаловой матрицы для получения структурированного материала. Используемые методы инверсии различны в зависимости от материала, составляющего сферы. Если сферы выполнены из кремнезема, их устранение происходит путем химического растворения диоксида кремния фтористоводородной кислотой. Если сферы являются полимерными, обычно полистирольными или полиметилметакрилатными (ПММА), их можно удалить химическими или физическими способами. Что касается химических методов, полимерные сферы растворяются в толуоле или тетрагидрофуране (ТГФ). Физический метод предполагает прокалывание полимерных сфер при высоких температурах [1].

Процесс удаления микросферной плёнки полистирола методом химического травления начинается с наполнения ультразвуковой ванны водой, количество требуемой жидкости контролируется мерными рисками. Следующий этап-это установка лабораторного сита, внутрь него помещается чашка Петри, в которую закладывается заготовка. Далее чашка Петри наполняется раствором тетрагидрофурана в количестве 20 мл с помощью стеклянной мерной пипетки. После всех подготовительных операций включается ультразвуковая ванна. Выставляется значение температуры  $T=24\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а также рабочая частота  $f=40\text{ кГц}$ . В результате колебаний в

жидкости ультразвуковой ванны формируются миллионы мельчайших вакуумных пузырьков. Они взрываются во время фазы высокого давления и создают высокоэффективные волны давления, которые в свою очередь приводят в движение чашу Петри. В результате этого раствор тетрагидрофурана омывает поверхность заготовки. Схематично процесс изображен на рисунке 2.

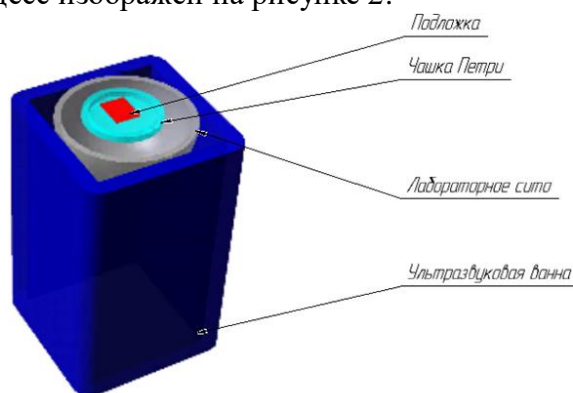


Рис. 2. Схема процесс удаления микросферной плёнки полистирола методом химического травления

Экспериментальным путем было доказано что происходит снижение коэффициента отражения  $R$ , которое обуславливается возможным ухудшением качества исследуемой поверхности. Данное ухудшение может быть вызвано непосредственно прямым воздействием раствора тетрагидрофурана на стеклянную подложку. Также на графике видно смещение фотонной запрещённой зоны, это явление объясняется явлением Брэгговской дифракции. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Зависимость расположения ФЗЗ и коэффициента отражения  $R$  от слоя

Слой	Без металла до травления	Без металла после травления	С металлом до травления	С металлом после травления
Показания спектрофотометра				
ПЗЗ	470 нм	510 нм	470 нм	510 нм
$R$	11,5	7,5	9,3	8,3

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

## Литература

1. Woo Jin Hyun, Hang Ken Lee, Sang Soon Oh, Ortwin Hess, Choon-Gi Choi, Sang Hyuk Im, and O Ok Park. Two-Dimensional TiO<sub>2</sub> Inverse Opal with a Closed Top Surface Structure for Enhanced Light Extraction from Polymer Light-Emitting Diodes. *Advanced Materials*. – 2011. – №23.
2. Рудаков О. Б. Растворитель как средство управления процессом в жидкостной хроматографии. Воронеж: ВГУ. 300 с.