

## ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ ДИЗАЙН ОПАЛОПОДОБНЫХ СТРУКТУР

**Н.А. Саполетова, К.С. Напольский, Д.Ф. Горожанкин,  
А.А. Елисеев, Ю.Д. Третьяков**

*Факультет Наук о Материалах МГУ им. М.В.Ломоносова,  
e-mail: nina@inorg.chem.msu.ru*

Известно, что среди фотонных кристаллов (ФК), получаемых методами самоорганизации, наилучшими оптическими свойствами обладают инвертированные опалы с идеальной гранецентрированной кубической (ГЦК) структурой.

Ранее нами был разработан уникальный метод получения коллоидных кристаллов на проводящих подложках (ITO, Au/слюда, Au/стекло, Au/Si), представляющий собой осаждение микросфер в мениске суспензии при наложении внешнего электрического поля. Отметим, что пленки формировались как на катоде, так и на аноде, несмотря на отрицательный заряд микросфер.

Для количественного изучения структуры, а также выявления закономерностей в чередовании плотноупакованных слоев в зависимости от прикладываемого напряжения были выполнены эксперименты по малоугловой дифракции рентгеновского излучения. В настоящей работе впервые была проведена трехмерная реконструкция обратного пространства для набора малоугловых дифракционных картин. При расчетах был введен параметр  $\alpha$ , характеризующий вероятность нахождения  $n$ -го и  $(n+2)$ -го слоев плотноупакованных микросфер в различных позициях. Было установлено, что при уменьшении напряжения  $\alpha$  увеличивается, достигая максимума в 0,9 при  $U = -1,5$  В, что свидетельствует о приближении структуры ФК к ГЦК упаковке. Совершенство структуры образцов, полученных на катоде, отражается и на их оптических свойствах: эффективность отражения оказывается более чем на 65% выше.

Следующая часть работы посвящена электрокристаллизации металлов (Ni, Co, Pd) в пустотах коллоидных кристаллов. Независимо от природы внедряемого металла удается достичь высоких степеней заполнения матрицы. При этом металлический каркас точно копирует пустоты исходного коллоидного кристалла. Регистрируемые зависимости плотности тока при потенциостатическом осаждении металлов характеризуются осциллирующим поведением с постепенно уменьшающейся амплитудой. Осцилляции связаны с периодической модуляцией площади пор матрицы. Их наблюдение возможно лишь при одновременном выполнении двух условий: (1) высокое качество коллоидного кристалла, (2) ровный фронт роста вдоль всей поверхности образца. Количество минимумов на хроноамперограмме в точности соответствует количеству слоев инвертированной структуры, которая однородна по толщине на большой площади. Затраченный на электрокристаллизацию металла заряд, соответствующий минимумам на экспериментально наблюдаемых хроноамперограммах, сопоставим с ожидаемыми значениями для послойного роста.

Установлено, что оптические свойства металлических ФК чрезвычайно чувствительны к однородности пленок по толщине и морфологии поверхности, а свет проникает лишь в два верхних слоя структуры. При этом лишь оптимальное сочетание материала подложки, метода получения коллоидного кристалла и условий электрокристаллизации позволяет синтезировать образцы постоянной толщины с воспроизводимыми оптическими характеристиками.