

Нанохимия и функциональные наноматериалы (студенты, аспиранты, молодые ученые).

Задача 12* «Металлические фотонные кристаллы» (структурно - электрохимическая).

Коллоидные кристаллы, состоящие из сферических частиц, часто называют искусственными опалами, что связано с их структурным сходством. С практической точки зрения такие материалы привлекают большое внимание исследователей в связи с возможностью их использования в качестве фотонных кристаллов (ФК), позволяющих управлять световыми потоками.

Теоретически показано, что для достижения полной запрещенной зоны фотонный кристалл должен обладать гранецентрированной кубической структурой, состоять из элементов несферической формы и иметь высокий оптический контраст. Выполнение всех этих условий возможно при получении так называемых фотонных кристаллов со структурой инвертированного опала. При формировании инвертированной структуры пористую матрицу, состоящую из микросфер (см. рис. 1), заполняют требуемым материалом, а затем проводят удаление сферических частиц. Таким образом формируется структура, повторяющая систему полостей в исходной матрице.

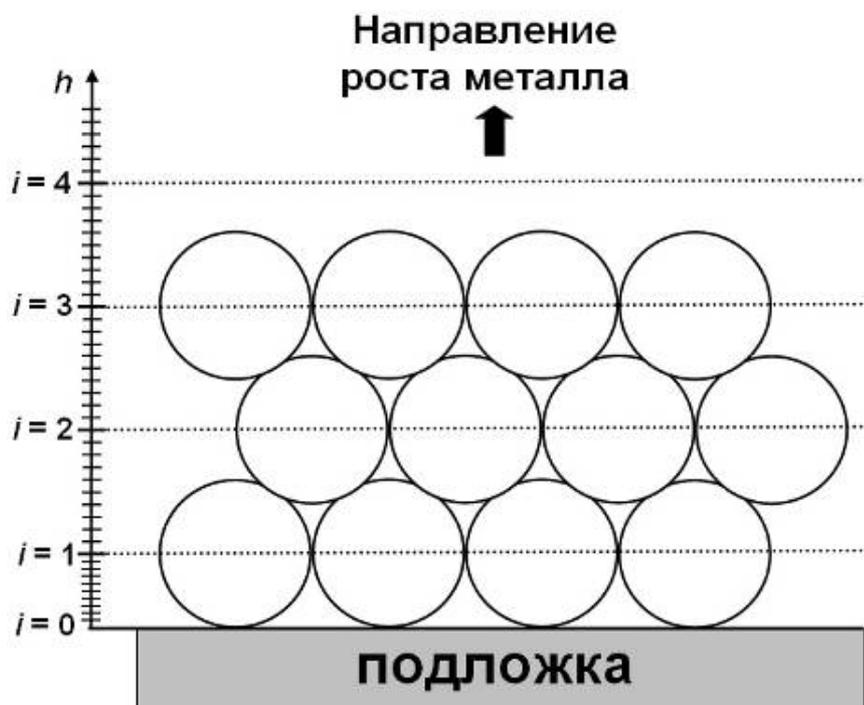


Рис. 1. Схематическое изображение 3-х слойного коллоидного кристалла на поверхности электрода.

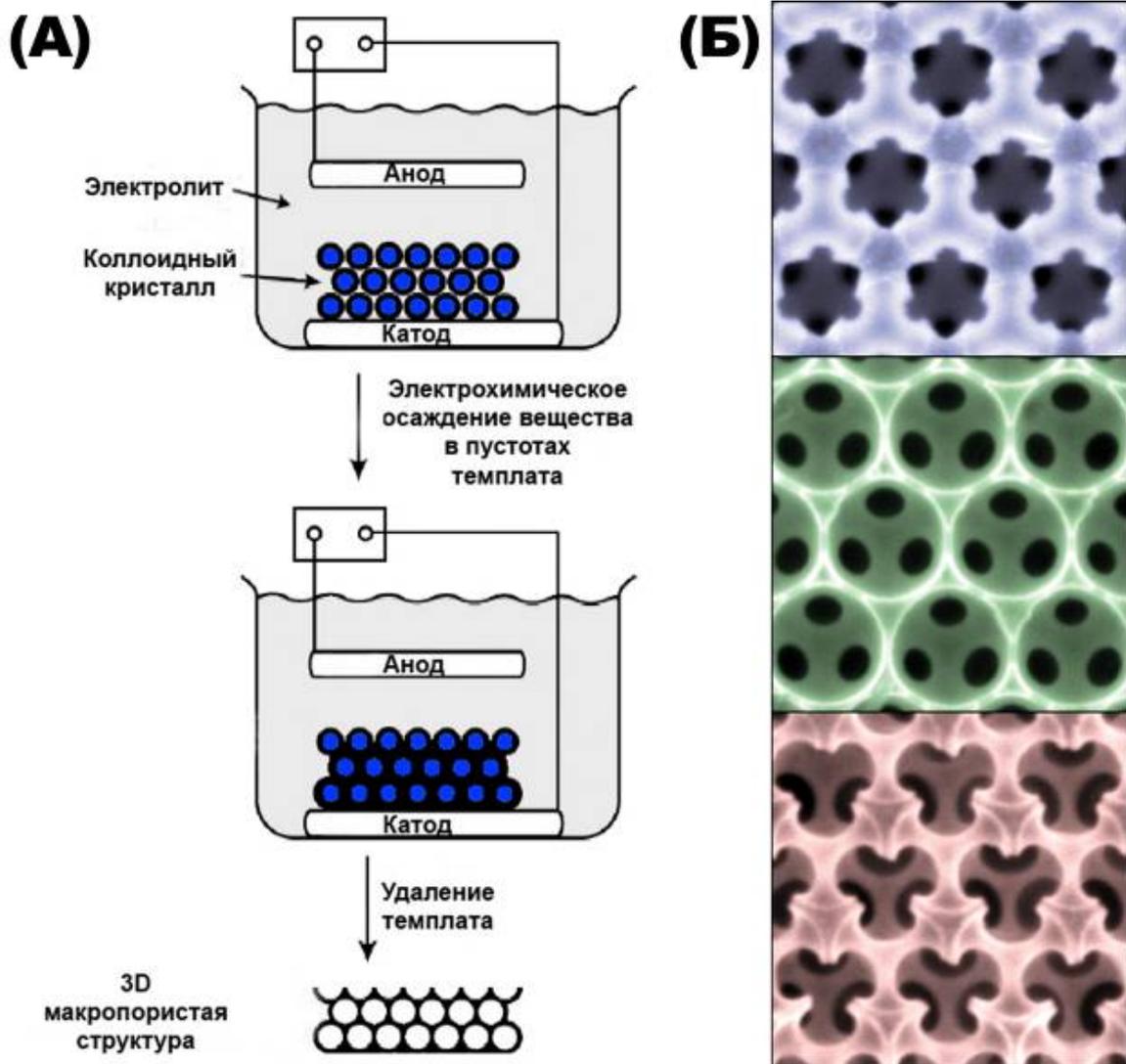


Рис. 2. (А) Схема получения инвертированных фотонных кристаллов электрохимическим методом. (Б) Морфология внешней поверхности фотонных кристаллов со структурой инвертированного опала, отвечающая различным уровням среза i .

На рис. 2 приведена схема получения фотонных кристаллов со структурой инвертированного опала методом электрохимического осаждения. В данном случае оказывается возможным осуществить кулонометрический контроль степени заполнения пористой структуры, и, создавать, таким образом, фотонные кристаллы с контролируемой толщиной h . В предположении 100% выхода по току и полного заполнения пустот матрицы коллоидного кристалла, состоящего из плотноупакованных сферических частиц диаметром 500 нм, определите:

- 1) Каким значениям i (см. рис. 1) отвечают микрофотографии, приведенные на рис. 2Б? Ответ обоснуйте (2 балла)
- 2) Рассчитайте заряд, необходимый для заполнения коллоидного кристалла до середины первого, второго и третьего слоев микросфер золотом. Укажите все допущения, сделанные в ходе расчета. (3 балла)

- 3) Как будет выглядеть зависимость плотности тока от времени при потенциостатическом осаждении металла на электрод с нанесенной на его поверхность пленкой коллоидного кристалла с идеальной гранцентрированной кубической структурой (см. рис. 1), состоящего из 1, 5, 10 слоев при равномерном заполнении матрицы металлом по всей поверхности? Ответ аргументируйте. (3 балла)
- 4) Как соотносятся плотности тока в начальный момент осаждения металла ($i = 0$ на рис. 1), при электрокристаллизации в пустотах матрицы ($i = 1 \div 3$ на рис. 1) и при формировании сплошной металлической пленки на внешней поверхности образца ($i = 4$ на рис. 1)? (2 балла)
- 5) Влияет ли уровень среза h (см. рис. 1) на точность контроля толщины инвертированной структуры при кулонометрическом контроле? Ответ пояснить расчетами. (2 балла)
- 6) Где могут быть специфически использованы полученные металлические фотонные кристаллы, в чем их преимущества и недостатки по сравнению с исходными опалоподобными фотонными кристаллами (2 балла)? Есть ли смысл использовать где – либо гетерометаллические («сэндвичевые») фотонные кристаллы? (2 балла)

Методические замечания:

1. Задача решается в рамках базовых знаний и здравого смысла
2. Вопросы можно задать в специальном разделе форума <http://www.nanometer.ru/forum/viewforum.php?f=19> или найти ответ самостоятельно (в том числе изучив доступные Вам Лекции на сайте Олимпиады <http://www.nanometer.ru/lectures.html?UP=156195>)
3. Решение оформляется и отсылается только в электронном виде, как описано в инструкциях к работе с задачами и решениями заочного теоретического тура, приведенных в разделе «Олимпиада» http://www.nanometer.ru/olymp2_o4.html
4. Подписывать решения не надо, Ваша фамилия, имя и отчество будут зашифрованы при проверке, идентификация для системы проверки производится по логину и паролю, который Вы вводите при входе на сайт Олимпиады www.nanometer.ru в качестве участника (этот пароль Вы задавали при регистрации и заполнении анкеты участника).