

Электрохимический дизайн функциональных наноматериалов в темплатируемых системах

К.С. Напольский

аспирант

Факультет наук о материалах, МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: napolsky@inorg.chem.msu.ru

В настоящей работе рассмотрена возможность создания функциональных наноматериалов путем электрокристаллизации металлов в пористых матрицах. В качестве объектов исследования были выбраны магнитные (Fe, Co, Ni, сплавы Ni-Cu, Ni-Cr, слоистые наночастицы Ni/Cu, Co/Pt) и каталитически активные (Pt, Pd, PtRu) нанокomпозиты на основе пористых пленок анодированного оксида алюминия. Выбор объектов исследования обусловлен возможностью изучения на их примере как фундаментальных задач (процессы самоорганизации и магнетизм в пространственно-упорядоченных наносистемах), так и решения широкого круга прикладных вопросов, связанных с созданием мембранных материалов, производством высокоэффективных гетерогенных катализаторов, а также получением магнитных нанокomпозитов для устройств хранения информации со сверхвысокой плотностью записи.

Пленки пористого Al_2O_3 в настоящей работе выступали в качестве одномерных твердофазных нанореакторов. Структура таких пленок может быть представлена как система упорядоченных пор с плотнейшей гексагональной упаковкой. При этом поры располагаются перпендикулярно поверхности подложки, а их диаметр (от 3 до 200 нм), равно как и расстояние между соседними порами (от 5 до 500 нм), можно контролируемым образом варьировать в широких пределах.

На первой стадии работы была проведена оптимизация синтеза пористых матриц Al_2O_3 с целью достижения наилучшей упорядоченности пористой структуры на макро масштабе. Проведенные исследования свидетельствуют, что тщательная подготовка поверхности исходного Al в совокупности с соблюдением технологических тонкостей процесса анодирования позволяют получить пленки оксида алюминия с высокоупорядоченной структурой пор на площади $\sim 1\text{ см}^2$.

Изучение кинетики электрокристаллизации металлов и их сплавов в матрице пористого Al_2O_3 показывает высокую управляемость процесса формирования наноструктур, в ходе которого можно варьировать не только диаметр и длину создаваемых наноструктур, но и их морфологию на наноуровне.

В случае магнитных нанокomпозитов, применение пленок пористого Al_2O_3 , обладающих системой упорядоченных одномерных (нитевидных) структурных пустот индуцировало магнитную анизотропию материала. Это дало возможность преодолеть т.н. “суперпарамагнитный” предел и получить ферромагнитные наноструктуры при комнатной температуре. Преимуществами полученной системы являются изолированность магнитных наночастиц друг от друга и их упорядоченность, что позволяет точно позиционировать головку при считывании и записи информации.

При электрокристаллизации каталитически активных металлов в каналах Al_2O_3 удалось совместить гибкость электрохимического метода получения металлических катализаторов, позволяющего управлять свойствами электролитических осадков с идеей стабилизации (закрепления) наночастиц в инертной матрице. Показано, что пористая матрица не только обеспечивает механическую прочность получаемому материалу и ограничивает рост осадка в определенных направлениях, но и, создавая дополнительные диффузионные ограничения, влияет на микроструктуру наночастиц на атомарном уровне.

Комплексное исследование полученных материалов методами РФА, СЭМ и ПЭМ, сканирующей зондовой микроскопии, капиллярной конденсации азота при 77К, малоуглового рассеяния нейтронного излучения, SQUID-магнетометрии и циклической вольтамперометрии позволяет говорить о достоверной характеристике образцов.