

Синтез нанокристаллов во внутренних каналах одностенных углеродных нанотрубок

Чернышева Марина Владимировна

аспирантка

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Факультет наук о материалах, Москва, Россия

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

Одностенные углеродные нанотрубки (ОУНТ) вызывают огромный интерес исследователей во всем мире благодаря уникальным электрическим свойствам нанотрубок, зависящим от их диаметра и хиральности, а также необычному механическому поведению (например, высокая прочность на разрыв и модуль упругого изгиба). Синтез композитов на основе ОУНТ путем их заполнения проводящими, оптическими или магнитными материалами позволяет создавать новый класс наноразмерных материалов и наноструктур, которые могут служить активными элементами электронных устройств и цепей.

Настоящая работа посвящена контролируемому росту проводящих (CuI, AgI) и полупроводниковых нанокристаллов (CdS, Se, Te) в каналах углеродных нанотрубок диаметром 1-1,4 нм и исследованию их влияния на электронные свойства полученных нанокompозитов. ОУНТ были получены методом каталитического электродугового синтеза с последующей очисткой и окислением в токе сухого воздуха при 500°C в течение 30 минут. Внедрение различных химических соединений во внутренний канал углеродных нанотрубок осуществляли капиллярным методом – пропиткой открытых ОУНТ расплавами солей в вакууме (0,01 мбар) при температурах, на 100°C превышающих точку плавления соответствующей соли (CuI, AgCl, Se, Te), с последующей медленной кристаллизацией наночастиц (до 0,02°C/мин). Для заполнения ОУНТ наночастицами CdS использовали двухстадийный метод пропитки из расплава, состоящий в последовательной обработке открытых ОУНТ расплавом CdI₂ в вакууме (0,01 мбар, 488°C), а затем серы (при 288°C), в ходе которой происходила химическая реакция с образованием частиц CdS.

Полученные образцы были исследованы методами просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения (ПЭМВР), рентгеноспектрального микроанализа, импедансной и рамановской спектроскопии. Данные ПЭМВР показали формирование одномерных нанокристаллов CuI, AgI, S, Se, Te, CdS в каналах ОУНТ с хорошо упорядоченной структурой. Данные рамановской спектроскопии полученных нанокompозитов показали, что внедряемые во внутренний канал ОУНТ вещества оказывает непосредственное влияние на электронную структуру углеродных нанотрубок, что проявляется в сдвиге характеристических RBM- и G-полос.

В работе разработана модель направленного синтеза интеркалированных нанотрубок с заданными физико-химическими свойствами. Впервые исследованы одномерные кристаллы CuI и AgI и проведено моделирование процесса формирования одномерного кристалла во внутреннем канале ОУНТ. Выяснено, что электронные свойства нанокompозитов определяются проводимостью обобщенной электронной плотностью ОУНТ и связанной с ней электронной плотностью на одномерном кристалле. На основе полученных данных разработан метод контролируемого изменения электронных свойств ОУНТ методом внедрения электрон-донорных и электрон-акцепторных соединений во внутренний канал нанотрубки.

В работе на примере синтеза нанокompозитов CdS/ОУНТ в первые показана возможность проведения химической реакции во внутреннем канале одностенных нанотрубок.