

# НАНОСИНТЕЗ ГРАФЕНОПОДОБНЫХ НАНОЧАСТИЦ АВТОИНТЕРКАЛЯТОВ ДИСЕЛЕНИДА НИОБИЯ

**Чепига Л.Н., Куликов Л.М., Талаш В.Н., Аксельруд Л.Г.<sup>(1)</sup>**

Институт проблем материаловедения им. И. Н. Францевича НАН Украины,  
ул. Кржижановского, 3, Киев-142, 03680, Украина, e-mail: [sem\\_kob@ipms.kiev.ua](mailto:sem_kob@ipms.kiev.ua),

<sup>(1)</sup>Львовский национальный университет им. И. Франко,  
ул. Кирилла и Мефодия, 6, Львов, 79005, Украина.

Одним из актуальных направлений в нанохимии являются исследования неорганических двумерных наноструктур - графеноподобных наночастиц (“inorganic graphene-like nanostructures”; “2D nanostructures”; “ultrathin nanolayers”; „слоистые, двумерные (2D), квазидвумерные наноструктуры”) дихалькогенидов d-переходных металлов, в частности 2H-MCh<sub>2</sub> (M=Nb, Ta; Ch=S, Se; структурный тип – 2H-TaS<sub>2</sub>, металлический тип проводимости) и их интеркаляционных нанофаз. Ожидается, что они будут иметь особые физические характеристики, по аналогии с графеном или графеновыми слоями, для которых прогнозируются и уже установлен ряд уникальных физических свойств в сравнении с таковыми для углеродных нанотрубок или фуллеренов. Дихалькогениды d-переходных металлов в виде графеноподобных наночастиц и их интеркаляционные нанофазы имеют значительные перспективы для создания новых многофункциональных наноматериалов разнообразного назначения на их основе: наноматериалы для преобразователей энергии (литиевые химические источники тока, фотоинтеркаляционные преобразователи солнечной энергии); водородсодержащие наноматериалы, водородные наносенсоры; твердые, радиационно-стойкие наносмазки для космических и наземных условий эксплуатации при высоких и низких температурах; твердые наносмазочные добавки к промышленным маслам и смазкам для улучшения их триботехнических параметров; наноматериалы с экстремально высокими амортизирующими характеристиками при воздействии очень больших давлений („наноброня”).

Наносинтез выполнен по схеме «сверху – вниз» с применением активированных процессов электрохимической интеркаляции (Li<sup>+</sup>/H<sub>2</sub>O) микронных порошков автоинтеркалятов 2H-Nb<sub>1,02(1)±1,29(1)</sub>Se<sub>2</sub>. Временные характеристики гальваностатических процессов интеркаляции изучены с использованием потенциостата (ПИ-50-1,

электрод сравнения – AgCl). Структурные свойства диспергированных порошков изучены на основе рентгеновских исследований, сканирующей, просвечивающей электронной микроскопии, а также спектров комбинационного рассеяния света.

Установлено, что активированные процессы интеркаляции (Li<sup>+</sup>/H<sub>2</sub>O) приводят к значительному диспергированию микронных частиц 2H-Nb<sub>1,02(1)</sub>Se<sub>2</sub> вдоль плоскостей спайности, где действуют слабые ван-дер-ваальсовы силы. Показано, что уровень автоинтеркаляции микронных частиц 2H-Nb<sub>1,02(1)±1,29(1)</sub>Se<sub>2</sub> и величина тока существенно влияют на временные характеристики катодных потенциалов.

Получены гомогенные, анизотропные графеноподобные наночастицы 2H-Nb<sub>1,02(1)</sub>Se<sub>2</sub> (структурный тип – 2H-TaS<sub>2</sub>) со средними размерами 22,7(7) – 46,4(1,4) нм в кристаллографическом направлении [013], 61,9(1,7) – 144(7) нм – для [110]. Размеры наночастиц эффективно регулируются кинетическими параметрами процесса интеркаляции. Уровень автоинтеркаляции при диспергировании микронных частиц 2H-Nb<sub>1,02(1)</sub>Se<sub>2</sub> практически не изменяется и составляет 0,02(1). Значения параметра элементарной ячейки с наночастиц 2H-Nb<sub>1,02(1)</sub>Se<sub>2</sub> коррелируют с их средними размерами.

По результатам сканирующей электронной микроскопии плоские (2D) наночастицы 2H-Nb<sub>1,02(1)</sub>Se<sub>2</sub> достаточно близки к правильной шестиугольной форме с значительной анизотропией размеров длины и толщины, образуют множественные конгломераты и не содержат других типов частиц.

Графеноподобные автоинтеркаляты 2H-Nb<sub>1,02(1)±1,29(1)</sub>Se<sub>2</sub> с широким набором структурно-чувствительных химических, физических и физико-химических свойств перспективны для создания вышеуказанных двумерных наноматериалов.