

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ СВОЙСТВА ГРАФЕНОПОДОБНЫХ НАНОЧАСТИЦ 2H-MoS₂

Мацуй Л.Ю., Лен Т.А., Куликов Л.М.⁽¹⁾, Кёниг Н.Б.⁽¹⁾

Физическое отделение Киевского национального университета им. Тараса Шевченко, просп. Глушкова, 2, Киев, 03680, Украина, e-mail: matzui@univ.kiev.ua

⁽¹⁾Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН Украины, ул. Кржижановского, 3, Киев-142, 03680, Украина, e-mail: sem_kob@ipms.kiev.ua

Полупроводниковые графеноподобные наночастицы 2H-MCh₂ (M = Mo, W; Ch = S, Se; структурный тип – 2H-MoS₂), («неорганические графеноподобные наночастицы», «2D наноструктуры», «ультратонкие нанослои», «монослои», «слоистые, двумерные (2D), квази-2D наноструктуры», «послойная самосборка ультратонких нанослоев»), их интеркалаты и наноккомпозиты (графеноподобные 2H-MCh₂ / графен) перспективны для создания многофункциональных полупроводниковых 2D наноматериалов, в частности для:

- наноэлектроника (полевые транзисторы и фототранзисторы, чипы и гибкие электронные устройства, основанные на монослоях MoS₂);
- спинтроника;
- полупроводниковые наномембраны (механические и термоэлектрические устройства, наноэлектроника, оптоэлектроника);
- нанокатализ, фотокатализ на полупроводниковых наночастицах в видимой области спектра (водородная энергетика, экология: очистка сточных вод).

Графеноподобные наночастицы 2H-MoS₂ были получены лабораторной нанотехнологией с использованием химического осаждения из газовой фазы (CVD). Эта нанотехнология позволяет получать гомогенные графеноподобные 2H-MoS₂ в достаточном количестве с экстремально малыми средними размерами анизотропных наночастиц (~ 1 нм для кристаллографического направления [013]). Средние размеры анизотропных наночастиц 2H-MoS₂ эффективно регулируются в широких пределах (для направлений [013] и [110]; данные рентгеновских и электронномикроскопических исследований): $d_{[013]}=2,7(2)-4,7(2)$ нм, $d_{[110]}=8,5(4)-53(3)$ нм. По оценочным данным минимальное число нано-

слоев S-Mo-S (коаксиально оси Z, то есть параметру с элементарной ячейки 2H-MoS₂) составляет 4–8 (наносинтез по схеме «снизу–вверх», послойная самосборка нанослоев S-Mo-S).

Образцы для измерения электрического сопротивления были приготовлены холодным прессованием микронных и графеноподобных 2H-MoS₂ порошков (усилие прессования – $(1-1,5) \cdot 10^4$ Н, пористость – 20–32 %, размеры образцов – $3 \times 15 \times 2$ мм³). Изучены зависимости электропроводности от температуры для графеноподобных наночастиц 2H-MoS₂ (со средними размерами $d_{[013]}=3,9(2)-4,7(2)$ нм, $d_{[110]}=17(1)-53(3)$ нм) и микронного порошка природного 2H-MoS₂ (для сравнения) по стандартной методике четырёхзондовым методом (77–300 К; постоянный ток; автоматизированная, компьютеризированная установка).

Установлено, что графеноподобные наночастицы 2H-MoS₂ имеют полупроводниковый тип проводимости, как и микронные частицы (n-тип). Отношения удельных сопротивлений (ρ) при 77 К и 300 К составляли в среднем $\sim 1 \cdot 10^4$. Зависимости удельных сопротивлений от температуры для графеноподобных и микронного 2H-MoS₂ коррелируют со значениями пористости и средними размерами анизотропных частиц 2H-MoS₂. Экспериментальные данные $\rho=\varphi(T)$ были обработаны в виде $\ln \rho=\varphi(T, T^{-1/2}, T^{-1}, T^{-3})$. Проанализированы различия зависимостей электропроводности от температуры для графеноподобных и микронного 2H-MoS₂. Обсуждены особенности процессов и механизмов переноса носителей тока в графеноподобных наночастицах 2H-MoS₂ относительно таковых для микронных частиц.