

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГРАФЕНОПОДОБНЫХ НАНОЧАСТИЦ 2H-MoS₂

Копань В.С., Куликов Л.М.⁽¹⁾, Кёниг Н.Б.⁽¹⁾, Копань А.Р.⁽¹⁾

Физическое отделение Киевского национального университета им. Тараса Шевченко, просп. Глушкова, 2, Киев, 03680, Украина

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

Полупроводниковые графеноподобные наночастицы 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-MoS₂ / графен) перспективны для создания многофункциональных полупроводниковых 2D наноматериалов, в частности для:

- полупроводниковые наномембраны (термоэлектрические и механические устройства, наноэлектроника, оптоэлектроника);
- наноэлектроника;
- спинтроника;
- 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 однородные 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 нанослоев 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).

Исследованы термоэлектрические свойства 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).

Выполнены измерения зависимостей дифференциальной термоэдс от напряженности электрического поля при фиксированных температурах холодных и горячих концов термопары (на насыпных порошках). Термопара состояла из рабочей и эталонных ветвей (температуры горячих и холодных концов составляли 337 К и $(293 \pm 0,001)$ К соответственно; входное сопротивление потенциометра – 20 Ом; цена деления шкалы – $1 \cdot 10^{-8}$ В).

Установлено, что графеноподобные наночастицы и микронные порошки 2H-MoS₂ обладают n-типом проводимости (абсолютная термоэдс: $E < 0$). Показано, что термоэлектрические свойства графеноподобных наночастиц 2H-MoS₂ являются структурно-чувствительными. Зависимости дифференциальной термоэдс (αE) графеноподобных и микронных частиц 2H-MoS₂ монотонно возрастают с увеличением напряженности электрического поля (0–140 В/см). Значения дифференциальной термоэдс зависят от размеров частиц 2H-MoS₂. Максимальные значения абсолютной термоэдс (-88 мВ/К) зафиксированы для микронных частиц. Значения абсолютной термоэдс графеноподобных наночастиц 2H-MoS₂ увеличиваются (от -77,6 до -62,4 мВ/К) при возрастании средних размеров наночастиц в кристаллографическом направлении [110] (с 17(1) нм до 53(3) нм) и практическом постоянстве размеров в направлении [013] (3,9(2)–4,7(2) нм).

Обсуждены возможные варианты улучшения структурно-чувствительных термоэлектрических характеристик графеноподобных наночастиц 2H-MoS₂ (усиление туннелирования электронов и уменьшение диффузии фононов).