

Таким образом, проведенный комплекс физико-химических исследований позволил выявить деструктивное влияние глубокого измельчения пиролитического графита на кристаллическую структуру формирующихся графитовых хлопьев и позитивное влияние этого фактора на величину, однородность распределения по размерам, степень гидрофильности хлопьев оксида графена, их наноразмерную толщину.

Список использованных источников:

1. Чернозатонский Л.А. Новые наноструктуры на основе графена: физико-химические свойства и приложения. / Чернозатонский Л.А., Сорокин П.Б., Артюх А.А. // Успехи химии. 2014. Т.83. №3. С.251- 279.
2. Наинг Мин Тун. Сорбция циркония и железа оксидами графена и получение графеновых оболочек для электросорбции. Диссертация. на соиск. уч. степени канд. хим.н. Москва. 2014.
3. Ткачев С.В., Буслаева Е.Ю., Наумкин А.В. Графен, полученный восстановлением оксида графена. / Ткачев С.В., Буслаева Е.Ю., Наумкин А.В. // Неорганич. матер. 2012. Т.48. №8. С.909-915.
4. Marcano D.C., Kosynkin D.V., Berlin J.M. Improved Syntesis of Graphene Oxide // Acs Nano. 2010. V.4. № 8. P.4806-4814.

СИНТЕЗ ТОПОЛОГИЧЕСКИ ИЗОЛИРОВАННЫХ НАНОПРОВОДОВ Bi_2Se_3 МЕТОДОМ ОСАЖДЕНИЯ ИЗ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ

Нигериш К.А.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Комиссаров И.В. – канд. физ.-мат. наук, в. н. с. НИЛ 4.6

Топологические изоляторы являются примером нового класса квантовых материалов, который находится на пороге поиска приложений в электронных устройствах. Особый интерес представляет Bi_2Se_3 , поскольку его можно выращивать в виде длинных (несколько десятков микрон) нанопроводов, которые удобно интегрировать в электронные устройства. Такие нанопровода являются трехмерными топологическими изоляторами с исчезающей объемной проводимостью, а также могут быть электрически соединены и дополнительно структурированы для локального создания запрещенной зоны. Bi_2Se_3 также имеет очень большую запрещенную зону, это означает, что топологическая фаза может быть видна при комнатной температуре.

Топологически изолированные нанопровода Bi_2Se_3 были получены методом осаждения из газовой фазы. Этот метод имеет несколько преимуществ: возможен рост без использования катализатора непосредственно на аморфных подложках: стекло, кварц, SiO_2 (термически выращенный SiO_2 на проводящем Si , для измерений с использованием заднего затвора); могут быть получены монокристаллические плоские наноструктуры различной формы с толщиной от 10 нм и до нескольких сотен нанометров; простота реализации [1].

Установка, в которой производился синтез, представлена на рисунке 1. Порошок Bi_2Se_3 помещают в центральное отделение трубчатой печи. Стеклоподложка, на которой будет происходить рост, помещается в третий отсек. Bi_2Se_3 нагревается при температуре $T_2 = 600$ °С, где он сублимируется. Bi и Se в виде газа диффундируют по трубе на подложку, которая находится при более низкой температуре $T_3 = 200$ °С, где происходит перекристаллизация. При этом первая зона нагрета до температуры $T_1 = 625$ °С, это позволяет материалу двигаться только в сторону подложки. В процессе остывания открывается поток Ar , под влиянием которого происходит рост нанопроводов между островками $BiSe$. Температура T_2 контролирует скорость испарения порошка Bi_2Se_3 и, следовательно, давление пара в трубе, тогда как T_3 определяет как плотность центров зародышеобразования, так и скорость роста. В зависимости от исходного давления и количества материала получают различные формы монокристаллических наноструктур. Полученные наноструктуры случайно распределены по пластине.



Рисунок 1 – Трехзонная трубчатая печь с кварцевой трубой, прямоугольниками обозначены зоны, кругами – термопары для измерения T_1 , T_2 и T_3

Полученные нанопровода были исследованы с помощью энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (*EDX*) для анализа их состава, а также с помощью атомно силовой микроскопии для определения ширины и толщины проводов. Полученные наноструктуры можно разделить на три группы в зависимости от их аспектного соотношения: большие *2D* чешуйки ($L \sim W \gg h$), узкие ленты ($L \gg W \gg h$) и нанопровода ($L \gg W \sim h$). Эти геометрии соответствуют разным кристаллическим осям роста (рисунок 2).

Используя данный метод синтеза, мы получаем стехиометрические нанопровода Bi_2Se_3 (рисунок 3) без необходимости использовать последующий отжиг синтезированных наноструктур. Это упрощает процесс синтеза и исключает риск фазового превращения в нанопроводах / нанолентах [2]. Синтез, представленный в этой работе, является воспроизводимым и приводит к формированию монокристаллических стехиометрических Bi_2Se_3 наноструктур (подтвержденных *EDX*).

Полученные наноструктуры были исследованы с использованием *SEM*, *EDX* и *AFM* (рисунок 4).

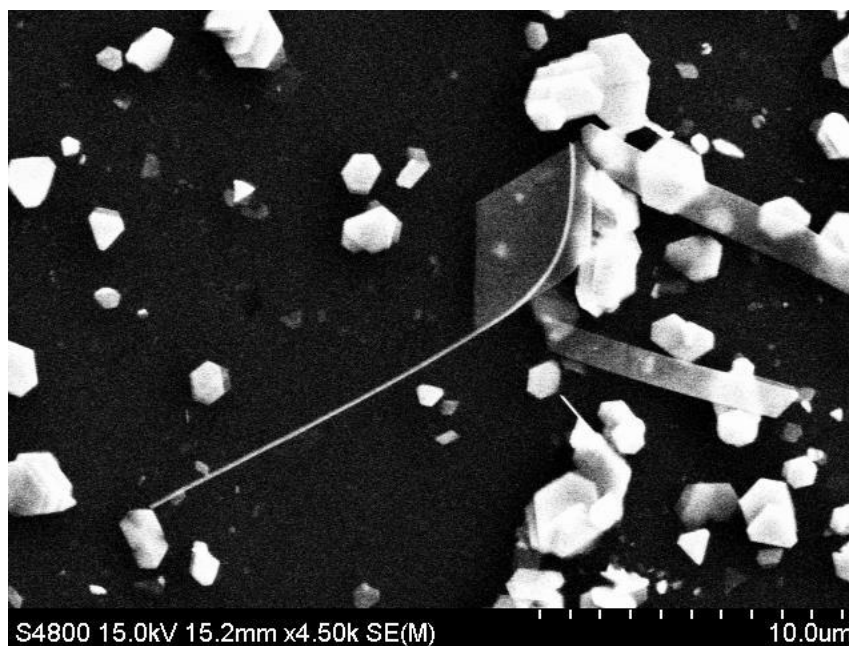


Рисунок 2 – *SEM*-изображение различных геометрий наноструктур: провод, лента, чешуйка

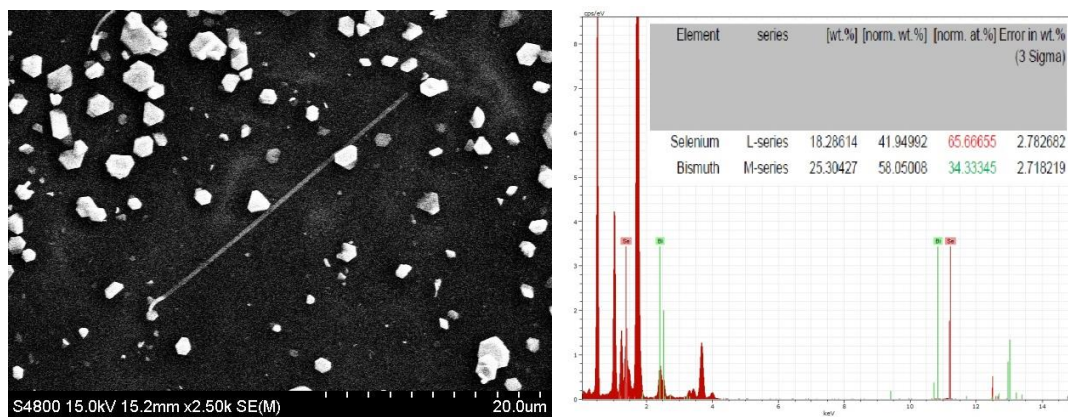


Рисунок 3 – SEM-изображение нанопровода и его EDX-спектр

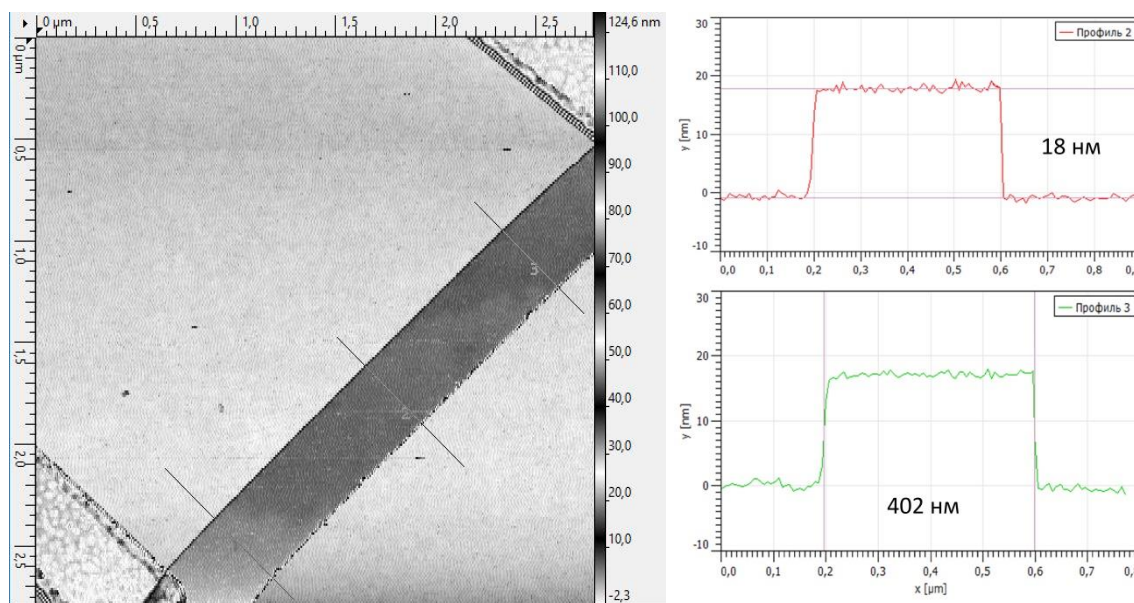


Рисунок 4 – AFM-изображение нанопровода и его профили

Список использованных источников:

1. Nowka, C. Catalyst-free growth of single crystalline Bi₂Se₃ nanostructures for quantum transport studies / C. Nowka et al. // Crystal Growth & Design. – 2015. – Т. 15. – №. 9. – P. 4272-4278.
2. Andzane, J. Catalyst-free vapour–solid technique for deposition of Bi₂Te₃ and Bi₂Se₃ nanowires/nanobelts with topological insulator properties / J. Andzane et al. // Nanoscale. – 2015. – Т. 7. – №. 38. – P. 15935-15944.

ВЛИЯНИЕ МОРФОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТИ НА СТАБИЛЬНОСТЬ НАНОШНУРОВ КРЕМНИЯ

Самусевич И.С. Сафронов И.В

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Мигас Д. Б. – д-р физ.-мат. наук, профессор

Проведено исследование стабильности наножурув кремния с ориентацией роста <111> и экспериментально наблюдаемой пилообразной морфологией в диапазоне диаметров 30 – 70 нм. Моделирование проводилось методом молекулярной динамики с использованием пакета LAMMPS. Установлено, что для рассмотренного диапазона диаметров, появление различных граней на поверхности не значительно влияет на стабильность наножурув.

Рассмотрены кремниевые наножурув с экспериментально наблюдаемой ориентацией роста <111> в диапазоне диаметров от 30 до 70 нм и различными морфологиями. Все структурные модели имеют кристаллическую структуру как у объёмного кремния, сечение усеченной пирамиды и характеризуются наличием {112} и {011} граней, которые параллельны оси наножурува [1]. Для граней {112}, чтобы избавиться от поверхностных атомов с двумя оборванными связями, проводили