

Электронно-микроскопические исследования структур композитных материалов на основе $B_4C-Si-Ge$

М.Р. Анненков^{1,2}, В.Д. Бланк^{1,2}, Б.А. Кульницкий^{1,2}, Д.А. Овсянников¹, И.А. Пережогин^{1,2},
М.Ю. Попов^{1,2}

¹ФГБНУ «Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов»

²Московский физико-технический институт (государственный университет)

В настоящей работе методами просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) исследовали образцы на основе $B_4C-Si-Ge$, обработанные в планетарной мельнице. Целью работы было изучение механизмов влияния структуры нанокompозита на основе $B_4C-Si-Ge$ на его транспортные свойства. В работе [1] экспериментально обнаружен эффект модификации транспортных свойств наноструктурированных материалов на основе Ge и Si-Ge. Нами были получены изображения высокого разрешения и дифрактограммы на просвечивающем электронном микроскопе (ПЭМ) JEOL JEM-2010 (ускоряющее напряжение 160 кВ) с приставками EDS и GIF Quantum для EELS.

Были получены изображения высокого разрешения различных дефектов в кремнии и карбиде бора. На рис.1 представлены изображение высокого разрешения кремния и соответствующий Фурье образ этого изображения.

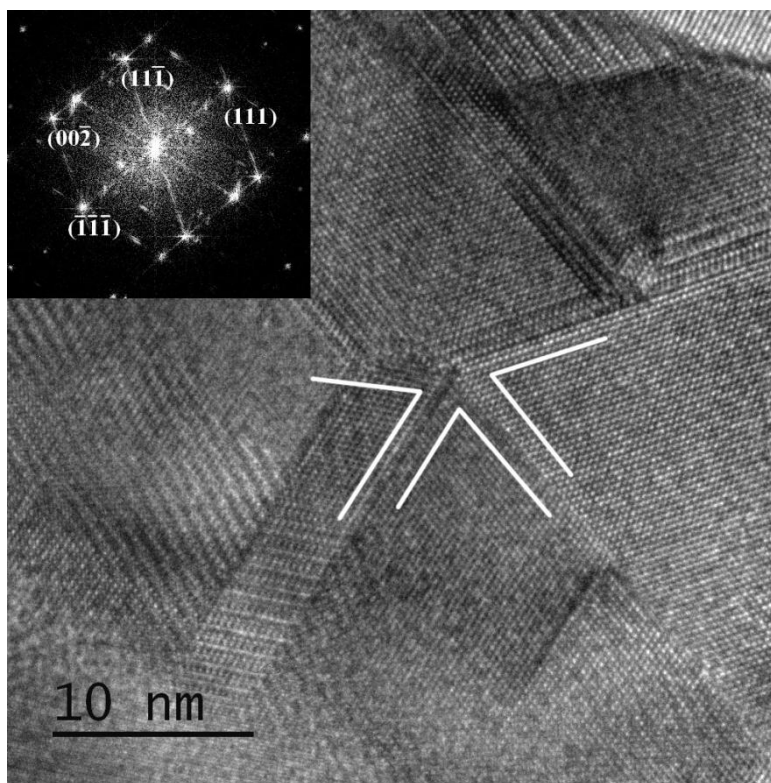


Рис.1. Изображение высокого разрешения фрагмента кремния и его Фурье-образ.

Ось зоны кристаллической решетки кремния [110].

Данное электронно-микроскопическое изображение было получено при исследовании композита Si-Ge с 50% содержанием карбида бора. На изображении можно наблюдать дефекты упаковки, двойники с плоскостью двойникования (111) и муаровый узор. На рисунке представлен фрагмент частицы, который содержит одновременно несколько плоскостей двойникования. В данном случае их 3, и все они имеют разную ориентацию. Эти плоскости обозначены белым цветом.

На рис.2 представлены деформированные участки В₄С. Данное изображение высокого разрешения было получено при исследовании композита Si-Ge с 5% содержанием карбида бора. На электронно-микроскопическом изображении видны дефекты упаковки. Направление [221] является осью зоны кристаллической решетки на рис. 2.

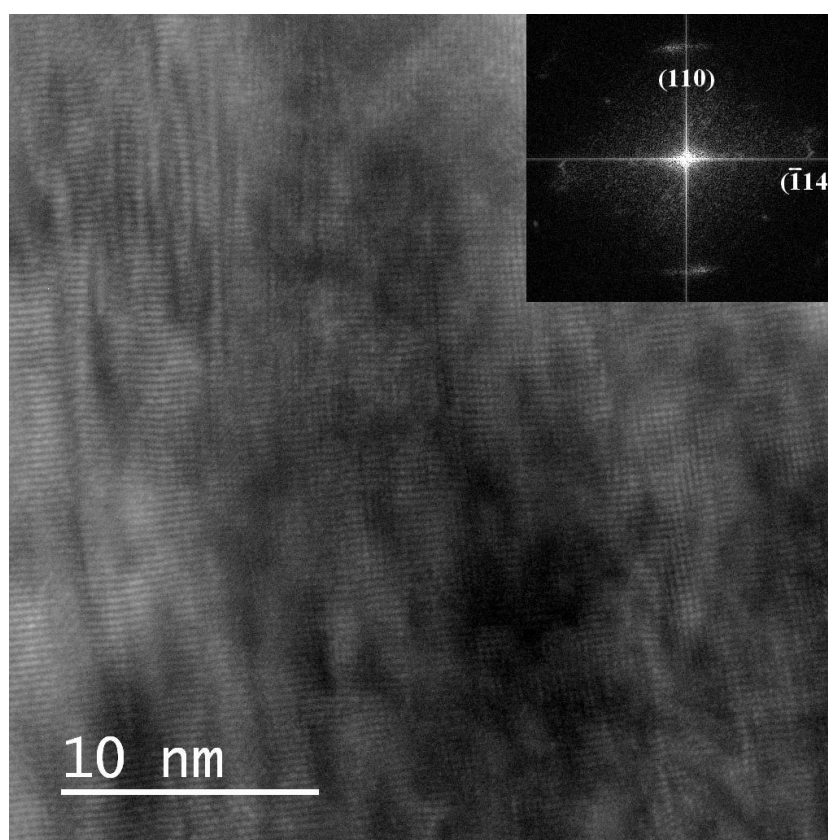


Рис.2. Изображение высокого разрешения фрагмента карбида бора и его Фурье-образ. Ось зоны кристаллической решетки кремния [221].

На рис.3 представлены изображение высокого разрешения карбида бора. На данном изображении наблюдаются двойники с плоскостью двойникования (101). Черными линиями обозначены плоскости двойникования, белыми – по-разному ориентированные слои, что свидетельствует о наличии дефектов упаковки и двойников.

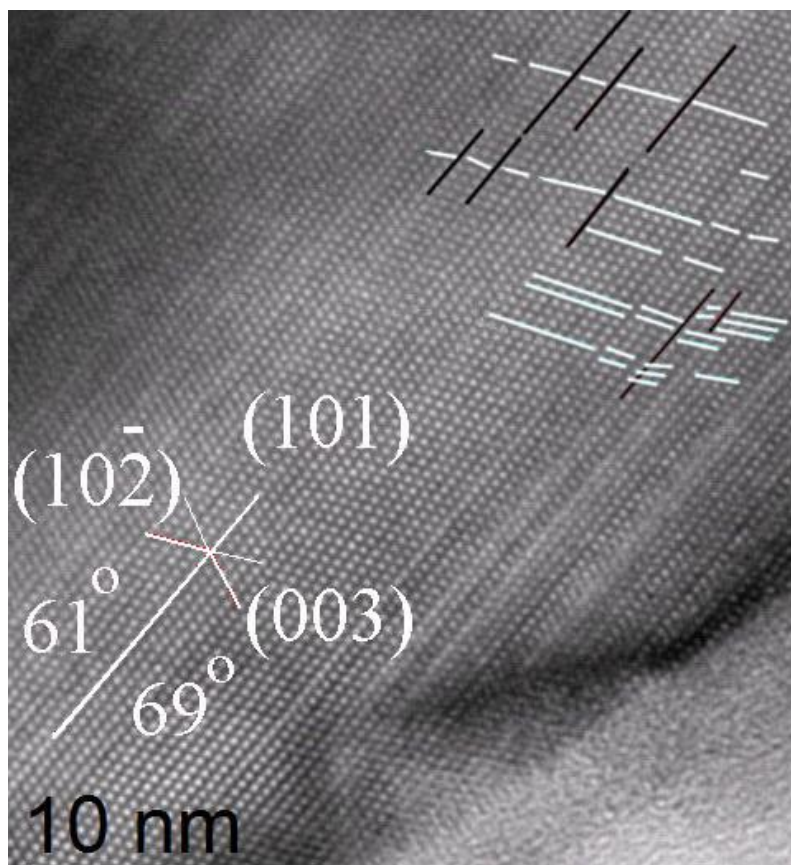


Рис.3. Изображение высокого разрешения фрагмента карбида бора и его Фурье-образ. Ось зоны кристаллической решетки кремния [010].

Таким образом, в результате обработки образца $B_4C-Si-Ge$ в планетарной мельнице, образовались различные дефекты в его структуре. Установлено, что в кремнии образуются политипы и двойники с плоскостью двойникования (111), в карбиде бора образуются политипы и двойники с плоскостью двойникования (101) в присутствии кремния (германия). Полученные данные позволяют объяснить изменение транспортных свойств исследованного материала образованием дефектов в нем в результате проведенной обработки.

Литература

- [1] Овсянников Д.А., Аксененков В.В., Попов М.Ю., Татьянан Е.В., Буга С.Г., Бланк В.Д., Кириченко А.Н., Тарелкин С.А. Транспортные свойства нанокompозитных термоэлектрических материалов на основе Si и Ge. – Физика твердого тела. – 2015. – Т. 57. – с. 590-597.