

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕНЕЗИСА КАРБОНАДОПОДОБНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Самойлович М.И.⁽¹⁾, Петровский В.А.⁽²⁾, Белянин А.Ф.⁽¹⁾,
Сухарев А.Е.*⁽²⁾, Хитюнин В.П.⁽²⁾

⁽¹⁾ОАО ЦНИТИ «ТЕХНОМАШ», ул. Ивана Франко, 4, Москва, 121108 Россия

⁽²⁾Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, ул. Первомайская, 54,
Сыктывкар, 167982, Россия

* Факс: 7 (8212) 245346; E-mail: petrovsky@geo.komisc.ru

Рассмотрение твердотельных превращений в рамках классической кристаллографии, приводит к переоценке роли дислокации, поскольку для сохранения когерентности между кристаллическими фазами имеются существенные ограничения по симметрии указанных фаз, тогда как для наноструктур таких ограничений существенно меньше [1]. Для наноструктурированных пленок, во первых, значительно расширяются симметричные возможности между наноструктурами как фазами, а во вторых – использование стержневых подструктур существенно меняет картину когерентного взаимодействия между различными формами. Превращения в твердотельных системах невозможно рассматривать без использования представлений о последовательности фазовых переходов [2]. Состояния фаз в точке фазового перехода (ФП) второго рода совпадают, но поскольку при этом появляется качественно новое состояние, фазы отличаются друг от друга каким-либо свойством симметрии, не обязательно связанным только с изменением в симметрии расположения атомов решетки. Одна из проблем классического подхода рассмотрения ФП, связана с применением теоретико-группового аппарата и с невозможностью использования локального подхода без алгебраических конструкций. Последнее, является, в частности, неизбежным при рассмотрении ФП для конечных решеток (нанокластеров) или систем с фиксированным числом атомов. В частности, при изучении, так называемых, сверхструктур [2] рассматриваются изменения функций плотности, инвариантные относительно поворотных преобразований без одновременных трансляций. Аппарат расслоенных пространств, некоторые особенности которого изложены в работе [3], используется нами в рамках алгебраической геометрии и позволяет не

только "задавать" законы сборки наноструктур из порождающих кластеров, но правил их взаимных превращений. Построение инвариантов из представлений точечных групп вносит значительные ограничения в возможности использования классического подхода при рассмотрении ФП для наноструктур (конечных решеток), зачастую характеризующихся некристаллографическими группами. В настоящей работе указанные процессы изучались на модельной алмазоподобной системе, представленной Si-мишенью, а именно исследовались особенности воздействия ионно-плазменных процессов (в условиях магнетронного распыления) на поведение приповерхностных слоев указанной мишени.

Для лучшего понимания механизмов образования поликристаллических агрегатов авторами осуществлено экспериментальное получение алмазных фаз плазменными методами. Пленки алмаза толщиной до 200 мкм формировали на Si и W подложках из $\text{CH}_4 + \text{H}_2$ газовой смеси, активированной дуговым разрядом. Выявлена последовательность стадий роста слоев: I – глобулярная (температурный интервал до ~ 1130 K); II – образование граней {100} на глобулах (1130-1180 K); III – геометрический отбор, первичной аксиальной текстуры $\langle 100 \rangle$ (~ 1200 -1300 K); IV – образование вторичных конических текстур $\langle 110 \rangle$ и $\langle 111 \rangle$ (1300-1470 K); V – образование коробчатых форм роста (> 1470 K). Последовательность стадий оказалась одинаковой при разных температурах и методах активации газовой фазы. Однако, в зависимости от температуры кристаллизации эти стадии получали неодинаковое развитие. Размер областей когерентного рассеяния (ОКР) рентгеновского излучения алмаза соответствует толщине пластин, образующих зерна. Размер ОКР увеличивается от 20 до ~ 200 нм с повышением температуры подложки от 1100 до

1500 К. Подобное строение имеют, в частности, сколы природных карбонадо [4]. Размер ОКР уменьшается с увеличением толщины слоя до некоторого предела, после чего становится постоянным. Варьируя размер, форму и порядок расположения пустот на рабочей поверхности подложки можно получить упорядоченные структуры нитевидных кристаллов алмаза.

Выводы

Можно предполагать, что объяснение твердотельных превращений и фазовых переходов в наноструктурированных системах невозможно без рассмотрения стержневых подструктур [5], приводящих к появлению столбчатых форм роста, а само их “появление” в экспериментальных данных (главным образом, по результатам высокоразрешающей электронной микроскопии) свидетельствует о необходимости использования аппарата расслоенных пространств и о невозможности ограничиться кристаллографическими группами для описания конечных решеток (наноструктур). При рассмотрении фазовых переходов второго рода, естественно считать [6], что они невозможны между кристаллическим материалом и расплавом, если не учитывать наличие упорядоченных областей и состояний, характеризующихся бесконечной точечной группой. Указанные данные представлены в связи с тем, что можно предполагать для ряда состояний, к которым, в частности, относятся сверхупругие и обладающие свойством памяти материалы, а также фазовые превращения типа мартенситных (морфология которых характеризуется наличием стержневых подструктур) связаны с наличием в них, в качестве промежуточных фаз детерминированных состояний, описываемых,

в частности, некристаллографическими группами с бесконечной точечной группой.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 05-05-64615).

Литература

1. Самойлович М.И., Петровский В.А., Талис А.Л. Алмазоподобные структуры нового поколения // Микро- и нанодисперсные структуры минерального вещества. – Сыктывкар: Геопринт, 1999. С.155-167.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. М.: Наука. 1964. 567 с.
3. Белянин А.Ф., Самойлович М.И., Семенов А.П. Пленки алмаза и алмазоподобных материалов: формирование, строение и применение в электронике // Материалы, оборудование и технологии нанoeлектроники и микрофотоники. 2003. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН. С.77–180.
4. Экспериментальное моделирование морфологии ростовой поверхности алмаза (к проблеме образования поликристаллических агрегатов) / Петровский В. А., Самойлович М. И., Белянин А. Ф. и др. // Материалы Междунар. конф. «Углерод: минералогия, геохимия и космохимия». Сыктывкар: Гепринт, 2003. С.59-62.
5. Самойлович М.И., Талис А.Л. Особенности структурной реализации аппарата расслоенных пространств для нанокластеров как конструкций алгебраической геометрии // Нанотехнологии и фотонные кристаллы. Калуга: ЦНИТИ "Техномаш". 2004. С.213-229
6. Самойлович М.И., Белянин А.Ф., Житковский В.Д., Багдасарян А.С. Наноструктурные углеродные материалы в тонкопленочной технологии // Инженерная физика. 2004. № 1.