

©1994 г.

## О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ SiC ИЗ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ НА ПОДЛОЖКУ МЕТОДОМ СУБЛИМАЦИИ

*А.С.Бакин, С.И.Дорожкин, Ю.М.Тауров*

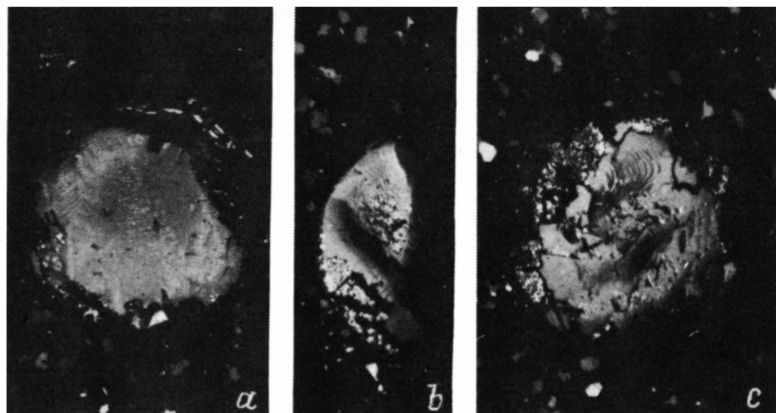
Санкт-Петербургский государственный электротехнический институт,  
197376, Санкт-Петербург, Россия  
(Получена 8 апреля 1994 г. Принята к печати 14 апреля 1994 г.)

Рассмотрено влияние степени отклонения от равновесия в системе фаза-подложка на процессы кристаллизации SiC при выращивании методом сублимации.

Метод сублимации из газовой фазы широко применяют для выращивания монокристаллов SiC. В настоящее время достаточно надежно определен состав газовой фазы над твердым SiC, изучены лимитирующие стадии роста [1-5].

Отклонение состава кристаллов SiC от стехиометрического обусловлено образованием точечных дефектов структуры. Концентрация точечных дефектов, связанных с отклонением состава от стехиометрического, в выращенных кристаллах однозначно зависит от соотношения между давлениями паров компонентов в газовой фазе. Зависимости равновесных значений концентраций дефектов от давления пара свободных компонентов в литературе отсутствуют. Отсутствуют также данные по границам области гомогенности SiC. В работе [6] отмечалось влияние состава газовой фазы на формирование определенного политипа.

При выращивании эпитаксиальных слоев или кристаллов из газовой фазы на подложках указанные закономерности остаются в силе, однако взаимосвязь между кристаллической и газовой фазами усложняется вследствие влияния подложки. Исходная концентрация точечных дефектов в подложке определяется составом газовой фазы в процессе синтеза подложечного материала и может отличаться от концентрации дефектов, равновесной для газовой фазы в системе при начале кристаллизации. Для выращивания объемных кристаллов на подложках эти аспекты имеют также чрезвычайно большое значение, так как именно первые стадии роста в значительной степени определяют концентрацию сквозных пор в получаемых кристаллах.



Кристаллизация SiC из газовой фазы на подложку. *a* — подложка из начальной части слитка, *b* — подложка из средней части слитка, *c* — подложка из конечной части слитка.

В настоящей работе рассмотрено влияние различной степени отклонения от равновесия в системе газовая фаза-подложка на процессы кристаллизации SiC.

Рост монокристаллов SiC осуществлялся по методу ЛЭТИ [1-3]. В процессе экспериментов управляли температурой в зоне сублимации и зоне кристаллизации. Перепад температур между зонами сублимации и кристаллизации во всех экспериментах был постоянным. В качестве подложек использовали монокристаллические пластины SiC, ориентированные по (0001)Si-грани и имеющие различное отклонение от стехиометрического состава. Пластины вырезали из разных частей слитка — от начальных до конечных по времени кристаллизации и с возможным изменением стехиометрии. Плотность дислокаций в подложках не превышала  $10^4 \text{ см}^{-2}$ .

Характер процессов зарождения кристаллической фазы зависел от соотношения свободных компонентов в газовой фазе и от концентрации точечных дефектов в подложке. На рисунке показаны результаты кристаллизации в одних и тех же условиях, одновременно на подложки с различным отклонением состава от стехиометрического. Видно различие результатов кристаллизации, полученных за одно и то же время в одних и тех же условиях конденсации. При выращивании объемных монокристаллов эти закономерности проявляются в неявной форме, так как во всех случаях при больших толщинах слоев удается получить схожие по морфологии результаты, но остается различие в структурном совершенстве выращиваемых кристаллов.

Можно выдвинуть следующее объяснение полученных результатов. Состав первых адсорбированных слоев зависит от состава газовой фазы и состава подложки и может отличаться от состава подложки. После достижения определенной толщины состав кристаллитов определяется только составом газовой фазы и дальнейшее их разрастание происходит в условиях, близких к равновесию концентрации собственных точечных дефектов и давлений паров в газовой фазе в зоне кристаллизации. На этой стадии процесс образования новой кристаллической фазы на поверхности неравновесной подложки энергетически

менее выгоден, чем рост уже образовавшихся зародышей. Поэтому число кристаллитов до их срастания достаточно стабильно во времени. Вследствие этого размер кристаллитов при их срастании, а следовательно, и ширина переходной области подложка-новая кристаллическая фаза, а также возникающие протяженные дефекты и морфология ростовой поверхности (в особенности, тонких слоев) зависит от числа зародышей, возникших на начальной стадии конденсации вещества на подложку. Аналогичный эффект влияния соотношения давлений паров свободных компонентов в газовой фазе и отклонения состава подложки от стехиометрического был отмечен в работе [5] для соединений  $A^{IV}B^{VI}$ . В случае SiC эти эффекты проявляются в меньшей степени. Это может объясняться различием свойств материалов, значительно более неравновесными условиями роста, а также высокими температурами выращивания и сложностью спонтанной кристаллизации до достижения рабочих температур сублимации и кристаллизации.

#### Список литературы

- [1] Y.M. Tairov, V.F. Tsvetkov. *X-ray and Neutron Structure Analysis in Materials Science* (N.Y.-London, Plenum Press, 1987) p. 331.
- [2] Y.M. Tairov, V.F. Tsvetkov. *Progr. in Crystal Growth and Characterization. Crystal Growth and Characterization of Polytype Structures* (Pergamon Press, 1983) v. 7, p. 111.
- [3] Y.M. Tairov, V.F. Tsvetkov. *Crystals. Growth, Properties and Applications* (Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, N.Y.-Tokyo, 1984) p. 3.
- [4] D.L. Barrett, J.P. Mc. Hugh, H.M. Hobgood, R.H. Hopkins, P.G. McMullin, R.C. Clarke, W.J. Choyke. *J. Cryst. Growth*, **128**, 358 (1993).
- [5] A.S. Bakin, D.B. Chesnokova, D.A. Jaskov. *J. Cryst. Growth*, **94**, 651 (1989).
- [6] Ю.А. Водаков, Г.А. Ломакина, Е.Н. Мохов. *ФТТ*, **24**, 1377 (1982).

Редактор Т.А.Полянская