

[9] Андреев В.Н., Мешковский И.К., Теруков Е.И., Чудновский Ф.А. // ПТЭ, 1975, № 6. С. 252.

Институт радиотехники
и электроники АН СССР,
Фрязино

Поступило в Редакцию
15 января 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 12
05.3; 06.2

26 июня 1989 г.

КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СЛОЕВ КАРБИДА КРЕМНИЯ НА КРЕМНИИ ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ 1050–1250 °С

И.М. Баранов, Н.А. Белов,
В.А. Дмитриев, Н.Г. Иванова,
Т.С. Кондратьева, И.П. Никитина,
В.Е. Челноков, В.Ф. Шаталов,
Р.Н. Эрлих

Выращивание монокристаллического карбида кремния на подложках кремния, во-первых, решит проблему подложечного материала для SiC -электроники [1] и, во-вторых, даст возможность сформировать приборы на основе гетероперехода $Si-SiC$ [2].

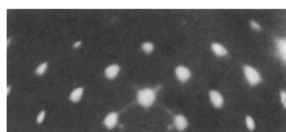
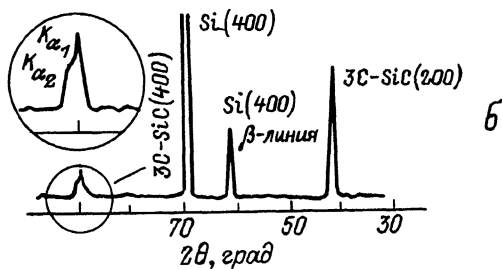
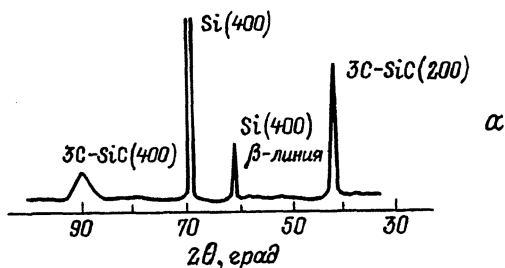
Технологические трудности выращивания SiC на Si -подложке определяются тем, что рассогласование параметров решеток этих материалов составляет 20%. Это значение много больше, чем, например, для пар $GaAs-Si$ (4%) и $GaP-Si$ (0.4%).

Обычно для выращивания на Si -подложке эпитаксиальных слоев карбида кремния толщиной 1 мкм и более используют процессы кристаллизации при температурах 1300–1360 °С [1, 3–5].

В настоящем письме сообщается, что монокристаллические слои кубического карбида кремния толщиной 1–1.5 мкм могут быть выращены на подложках кремния при более низких температурах: 1050–1250 °С.

Выращивание слоев карбида кремния проводили из газовой фазы на промышленной установке УНЭС-2ПК-А, предназначенной для газотранспортной эпитаксии кремния. В качестве подложек использовали стандартные пластины марки КДБ-10 с ориентацией (100) диаметром 76 мм [6].

Перед эпитаксией Si -подложки кипятили в травителе $H_2O_2-NH_4OH-H_2O$ (1:1:5), промывали в деионизованной воде, сушили в центрифуге. После этого подложки помещали в реактор, нагревали до 1200 °С и выдерживали 10 минут в потоке водорода. Затем подложки травили в течение 3 минут, вводя в реактор поток хлористого водорода.



Рентгеновские дифрактограммы эпитаксиальных структур, выращенных при температурах 1050 °С (а) и 1250 °С (б); электронограмма от поверхности эпитаксиального слоя SiC (в).

Процесс кристаллизации карбида кремния проводили при температуре подложки 1050–1250 °С, вводя в реактор кремний- и углеродсодержащие газообразные соединения. В качестве газа-носителя использовали водород.

Выращенные слои карбида кремния имели зеркальную поверхность. Толщина слоев, измеренная методом шарового шлифа, для разных образцов лежала в пределах 1–1,5 мкм. Разброс толщины слоя по пластине не превышал ±5 %.

Слои имели проводимость п-типа.

Для изучения структуры слоев использовали рентгеновскую дифракцию и дифракцию быстрых электронов на отражение.

Рентгеновские дифрактограммы образцов снимали на дифрактометре ДРОН-УМ-1 при использовании в качестве источника первичного излучения – медной трубки ($\text{SiK}\alpha = 1.540563 \text{ \AA}$). Измерения проводили в диапазоне углов 2θ от 30° до 100° , где могли бы проявиться все наиболее сильные рефлексы поликристаллического кубического карбида кремния.

На дифрактограммах выявлены только отражения 2-го и 4-го порядка от плоскостей $\{100\}$ кубического карбида кремния, а также

рефлексы от Si -подложки (см. рисунок). Это свидетельствует о монокристаллической структуре выращенных слоев и о совпадении ориентации слоя и подложки. Для слоев, выращенных при температуре 1250 °С, рефлекс (400) имеет тенденцию к разрешению на рефлексы $K\alpha_1$ и $K\alpha_2$ (см. рисунок, б). Измеренная полуширина кривой качания рефлекса (200) для таких образцов составляет 0.73°. Это значение хорошо согласуется с данными работы [5] для наиболее совершенных монокристаллических эпитаксиальных слоев 3С- SiC , выращенных на кремнии.

Изучение выращенных слоев методом дифракции быстрых электронов на отражение проводили на электронном микроскопе УЭМВ-100К. Ускоряющее напряжение пучка электронов 100 кВ; угол падения пучка 2–3 градуса.

Электроннограммы от всех образцов подтверждают, что структура слоев – монокристаллическая (см. рисунок, в).

Таким образом, монокристаллические слои карбида кремния толщиной 1–1.5 мкм выращены на кремнии при температуре 1050–1250 °С. Диаметр подложек 76 мм. Выращивание проведено методом газотранспортной эпитаксии на промышленной установке для газотранспортной эпитаксии кремния.

Авторы глубоко признательны за помощь в работе А.Г. Астафурову, И.Д. Коваленко, А.Е. Чмелю, В.Б. Шуман и выражают благодарность Б.В. Царенкову за полезное обсуждение работы.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] N i s h i n o S., H a z u k i Y., M a t s u n a m i H., T a n a k a T. // J. Electrochem. Soc. 1980. V. 127. N 12. P. 2674–2680.
- [2] F u r u m u r a Y., D o n i M., M i e n o F., M a e d a M. // J. Electrochem. Soc. 1987. V. 134. N 10. P. 2545–2549.
- [3] N i s h i n o S., P o w e l l J.A., W e l l H.A. // Appl. Phys. Lett. 1983. V. 42. N 5. P. 460–462.
- [4] P o w e l l J.A., M a t u s L.G., K u c z m a r s k i M.A. // J. Electrochem. Soc. 1987. V. 134. N 6. P. 1558–1565.
- [5] N i s h i n o S., S u h a r a H., O n o H., M a t s u n a m i H. // J. Appl. Phys. 1987. V. 61. N 10. P. 4889–4893.
- [6] С к в о р ц о в И., Л а п и д у с И.И., О р и о н Б.В., К о ж и т о в Л.В., А н и к и н В.К. Технология и аппаратура газовой эпитаксии кремния и германия. М.: Энергия, 1978.