

Е. К. БАРАНОВА, К. Д. ДЕМАКОВ, К. В. СТАРИНИН,
Л. Н. СТРЕЛЬЦОВ, И. Б. ХАЙБУЛЛИН

ИССЛЕДОВАНИЕ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК SiC, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ БОМБАРДИРОВКЕ ИОНАМИ C⁺ МОНОКРИСТАЛЛОВ Si

(Представлено академиком М. А. Леонтовичем 25 II 1971)

Обычные методы создания гетероструктур путем эпитаксиального наращивания дают удовлетворительные результаты лишь в том случае, когда постоянные решетки материала подложки и пленки отличаются не более чем на 5—10%. При большем несовпадении постоянных решеток крайне трудно получить монокристаллические слои, не говоря уже о создании качественных гетеропереходов. Подобная ситуация наблюдается при попытках создания гетеропереходов SiC—Si, поскольку постоянные реше-

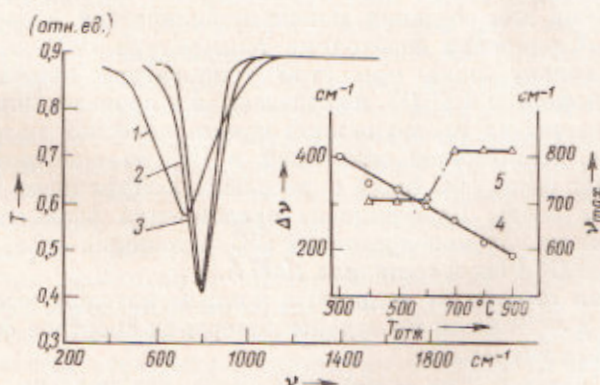


Рис. 1. Влияние температурного режима получения ионнооблученной пленки SiC на ее спектры пропускания. 1 — т. обл. 20° С, т. отж. 600°; 2 — т. обл. 20°, т. отж. 700°; 3 — т. обл. 700°; 4, 5 — изменение полуширины $\Delta\nu$ и положения максимума $\nu_{\max}$ полосы поглощения пленки SiC (соответственно)

ток этих материалов отличаются на 20,9% ⁽¹⁾. Ясно, что здесь необходимо использовать принципиально новые методы создания гетероструктур.

Ранее было отмечено появление в ионнооблученных слоях новых фаз и соединений ⁽²⁾ при дозах облучения, обеспечивающих стехиометрический состав нового вещества. Нами получены пленки SiC путем бомбардировки монокристаллов Si атомарными ионами углерода с энергией 40 кэВ и дозой более 10^{17} ион/см² ⁽³⁾. Идентификация ионнооблученных пленок с соединением SiC производилась по и.-к. спектрам поглощения. Широкая полоса поглощения полученного соединения расположена в области спектра от (400—1100) см⁻¹ и максимум ее смещен в длинноволновую сторону относительно максимума полосы поглощения монокристаллического SiC.

В процессе последовательного отжига от температуры 300° до 900° наблюдается сужение полосы поглощения (рис. 1, 4), что свидетельствует об упорядочении структуры исследуемого слоя. При этом в интервале температур от 600 до 700° происходит скачкообразное изменение положения максимума полосы поглощения с 715 до 815 см⁻¹ (рис. 1, 5). Последнее значение соответствует положению максимума полосы поглощения монокристаллического SiC ⁽⁴⁾. Аналогичная картина наблюдается для ионно-



Рис. 2. Электронограмма ионновнедренного слоя SiC, полученного при т. обл. 700°

внедренных слоев SiC, полученных при температурах облучения 600 и 700°.

На ионновнедренных слоях SiC были проведены методом отражения электронографические исследования, которые показали, что в слоях, полученных при температурах меньших 700°, кристаллической структуры не наблюдается. Пленки, полученные при 700°, имели электронограммы с явно выраженными рефлексами (см. рис. 2) кристалла SiC. На этом же рисунке имеются рефлексы кристалла Si (узкие полоски), поскольку часть электронного пучка специально была

выведена на необлученную поверхность кристалла Si. Электронограммы монокристаллических пленок SiC позволили определить постоянную решетки, оказавшуюся близкой к постоянной решетки монокристалла SiC.

Таким образом, для создания монокристаллической пленки SiC методом ионной бомбардировки необходима температура 700°. Это вполне закономерно, поскольку лишь при этой температуре происходит отжиг радиационных дефектов в Si⁽⁴⁾, и создаваемая в процессе ионного легирования пленка растет на ненарушенной кристаллической матрице.

По методике, аналогичной описанной в (4), из спектров отражения ионновнедренных слоев SiC были определены коэффициент преломления и толщина этих слоев. Коэффициент преломления оказался близким к значению величины для монокристалла SiC, а толщина слоя, полученного при энергии иона C⁺ 40 кэВ, составила 1000 Å.

Для изучения структуры созданных ионным методом гетеропереходов $n = \text{SiC} - n\text{-Si}$ и $p = \text{SiC} - p\text{-Si}$ были проведены измерения спектров ф.э.д.с. и $\sigma - a$ характеристик этих переходов.

Из анализа данных этих измерений было установлено соответствие реальной энергетической структуры гетероперехода теоретически ожидаемым. Для гетероперехода $n\text{-SiC} - n\text{-Si}$, где в качестве подложки использовался материал КЭФ 7,5, для слоя Si, примыкающего к границе гетероперехода, было получено обогащение. Последнее особенно важно, поскольку при всех попытках создания гетероструктур на основе Si, в нем всегда наблюдается обеднение^(1, 6), т. е. в значительной степени сказываются поверхностные состояния.

Таким образом, метод создания гетероструктур при помощи ионного облучения позволяет создавать монокристаллические слои соединений внедряемого иона с атомами элементов, из которых состоит подложка, даже в случае большого различия постоянных решеток соединения и подложки. При этом значительно снижается возможность искажения энергетической структуры полученных подобным образом гетеропереходов за счет поверхностных состояний.

Авторы выражают искреннюю признательность В. М. Гусеву за постоянный интерес и внимание к работе.

Поступило
30 XII 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Э. Мачевский, И. П. Неймане и др., Изв. АН ЛатвССР, сер. физ.-матем., № 6, 62 (1969).
- ² М. И. Гусева, Б. В. Александрия, ЖТФ, 31, 867 (1961).
- ³ Е. К. Баранова, К. Д. Демаков и др., Тез. докл. XIV Всесоюз. конф. по эмиссионной электронике, Ташкент, 1970.
- ⁴ I. W. Mayer, L. Eriksson et al., Canad. J. Phys., 46, 663 (1968).
- ⁵ В. М. Гусев, Л. Н. Стрельцов, И. Б. Хайбуллин, Физика и техн. полупроводников, 5, в. 3 (1971).
- ⁶ Я. А. Федотов, Г. А. Груздева и др., там же, 4, 825 (1970).