

06;07

## Получение эпитаксиальных слоев твердого раствора $(\text{Sn}_2)_{1-x}(\text{InSb})_x$ из жидкой фазы

© А.С. Саидов, А.Ш. Раззаков, Д.В. Сапаров

Физико-технический институт НПО „Физика–Солнце“ АН РУз, Ташкент,  
Узбекистан

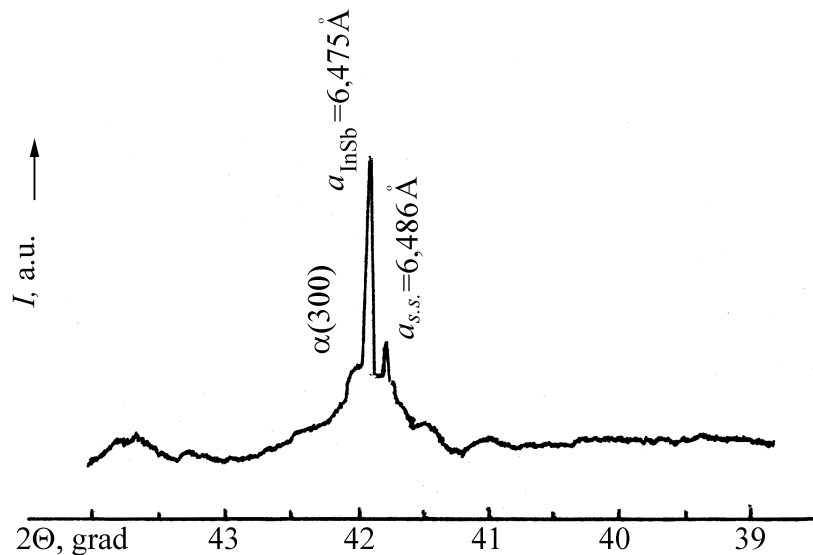
Поступило в Редакцию 14 марта 2002 г.

Эпитаксиальные слои твердых растворов  $(\text{Sn}_2)_{1-x}(\text{InSb})_x$  были выращены из индиевого раствора-расплава, ограниченного горизонтально расположенными подложками GaAs при температурном интервале 325–200°C. Изучением растровых картин и дифракционных спектров гетероструктур GaAs– $(\text{Sn}_2)_{1-x}(\text{InSb})_x$  показано, что кристаллическое совершенство указанных структур зависит от подбора условий жидкофазной эпитаксии.

В последнее время возрос интерес к получению и исследованию узкозонных полупроводниковых материалов и приборных структур на их основе в связи с возрастанием потребности ИК-приемников, используемых в приборах ночного видения. С этой точки зрения синтез и исследование новых полупроводниковых материалов на основе  $(\text{C}_2^4)_{1-x}(\text{A}^3\text{B}^5)_x$  узкозонных твердых растворов является одной из актуальных проблем современной микроэлектроники.

Принципиальная возможность получения эпитаксиальных слоев твердых растворов, относящихся к классам  $(\text{C}_2^4)_{1-x}(\text{A}^3\text{B}^5)_x$  и  $(\text{C}_2^4)_{1-x}(\text{A}^2\text{B}^6)_x$ , показана в работах [1,2].

Нами изучена возможность эпитаксиального выращивания слоев твердого раствора  $(\text{Sn}_2)_{1-x}(\text{InSb})_x$  методом жидкостной эпитаксии из ограниченного объема раствора-расплава In–Sn–Sb в температурном интервале 325–200°C. В качестве подложек использовались полированные пластины арсенида галлия, ориентированные в плоскости (100) *n*-типа с концентрацией носителей  $n = (4 \div 7) \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  и полуизолирующие с удельным сопротивлением  $\rho \geq 10^7 \Omega \cdot \text{cm}$ . Состав раствора-расплава In–Sn–Sb определялся в соответствии с [3] и рассчитывался с учетом данных по растворимости бинарных компонент. Температура

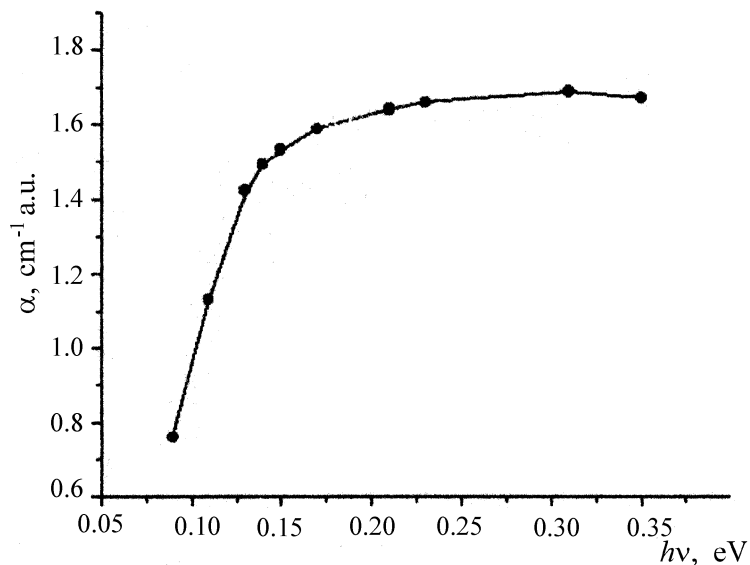


**Рис. 1.** Дифрактограмма гетероструктур  $\text{GaAs}-(\text{Sn}_2)_{1-x}(\text{InSb})_x$ ,  $x = 0.95$

начала эпитаксии составляла  $325 \div 260^\circ\text{C}$ . Толщины эпитаксиальных слоев изменялись в интервале  $4\text{--}15\ \mu\text{m}$  в зависимости от расстояния между подложками и режима роста. Скорость охлаждения расплава составляла  $0.5 \div 2\ \text{grad/min}$ .

При выращивании эпитаксиальных слоев твердого раствора  $(\text{Sn}_2)_{1-x}(\text{InSb})_x$  нам при определенном режиме роста удалось получить кристаллические совершенные зеркально-гладкие пленки.

Исследования состава поверхности эпитаксиальных слоев, проводимые на рентгеновском микроанализаторе типа „Jeol“, показали, что полученные эпитаксиальные слои представляют собой твердый раствор  $(\text{Sn}_2)_{0.05}(\text{InSb})_{0.95}$ . Растровые картины поверхности слоев, снятые на характеристических рентгеновских излучениях  $K_\alpha$  (Sn),  $K_\alpha$  (In),  $K_\alpha$  (Sb) показали, что макроскопические дефекты и металлические включения отсутствуют, а распределение компонентов твердого раствора Sn, In, Sb по поверхности эпитаксиального слоя однородное.



**Рис. 2.** Спектральная зависимость коэффициента поглощения гетероструктур  $\text{GaAs}-(\text{Sn}_2)_{1-x}(\text{InSb})_x$ .

Исследование структурного совершенства выращенных слоев производилось также методом рентгеновской дифракции на установке ДРОН-УМ1. Для этого были выбраны специально выращенные образцы, имеющие тонкие слои ( $d = 4-5 \mu\text{m}$ ). Дифракционные спектры получались путем непрерывной записи на излучениях медного анода ( $\lambda_\alpha = 1.5418 \text{ \AA}$ ,  $\lambda_\beta = 1.3922 \text{ \AA}$ ). Напряжение и ток анода составляли 30 kV и 10 mA соответственно. Время экспозиции варьировалось в интервале 1-3 h.

Кроме максимума подложек ( $a_{\text{GaAs}} = 5.654 \text{ \AA}$ ), из дифрактограммы видны два ярко выраженных максимума, незначительно отличающихся друг от друга: связанного с пленкой, имеющей параметр решетки InSb ( $a_{\text{InSb}} = 6.475 \text{ \AA}$ ), и твердого раствора  $(\text{Sn}_2)_{1-x}(\text{InSb})_x$  ( $a_{s.s} = 6.486 \text{ \AA}$ ). Отсутствие других пиков в дифрактограмме дополнительно свидетельствует о монокристалличности полученных эпитаксиальных слоев [4] (рис. 1). Обнаружено также, что форма и расположение дифракционных пиков на спектре зависят от условий роста твердых растворов.

Изучение поверхностного распределения компонентов на рентгеновской флюоресценции, на спектрометре типа SPS-300 фирмы Сименса, показало, что концентрация атомов олова в твердом растворе составляет около 5.1 at. %.

Были исследованы  $\text{GaAs}-(\text{Sn}_2)_{1-x}(\text{InSb})_x$ -структуры методом оптического поглощения в глубокой инфракрасной области спектра на двухканальном компенсационном спектрофотометре SPECORD-71 IR. Результаты исследования показаны на рис. 2, где приведена спектральная зависимость коэффициента поглощения исследуемой пленки, из которой видно, что край поглощения пленки сдвигается в сторону увеличения длин волн (по полуспаду экспериментальной зависимости можно оценить, что для исследуемой пленки  $E_g = 0.11-0.12 \text{ eV}$ ), что означает уменьшение ширины запрещенной зоны пленки по отношению InSb.

Таким образом, результаты наших исследований показывают существование новых твердых растворов  $(\text{Sn}_2)_{1-x}(\text{InSb})_x$  с содержанием олова — 5.1 at. % и узкой шириной запрещенной зоны  $E_g = 0.11 \div 0.12 \text{ eV}$ .

Специально нелегированные эпитаксиальные слои твердых растворов  $(\text{Sn}_2)_{1-x}(\text{InSb})_x$  имели проводимость донорного типа.

Таким образом, показана возможность выращивания кристаллически совершенных эпитаксиальных слоев твердых растворов  $(\text{Sn}_2)_{1-x}(\text{InSb})_x$  на подложках арсенида галлия из жидкой фазы.

## Список литературы

- [1] Алфёров Ж.И., Жингарев М.З., Конников С.Г. и др. // ФТП. 1982. Т. 16. № 5. С. 831.
- [2] Саидов М.С., Саидов А.С., Кошчанов Э.А., Раззаков А.Ш. // Докл. РАН. 1998. Т. 359. № 2. С. 188–189.
- [3] Хансен М., Андерко К. Структуры двойных сплавов. Т. II. М.: Металлургиздат, 1962. С. 910–915.
- [4] Саидов А.С., Кошчанов Э.А., Раззаков А.Ш. // Письма в ЖТФ. 1998. Т. 24. В. 2. С. 12–16.