

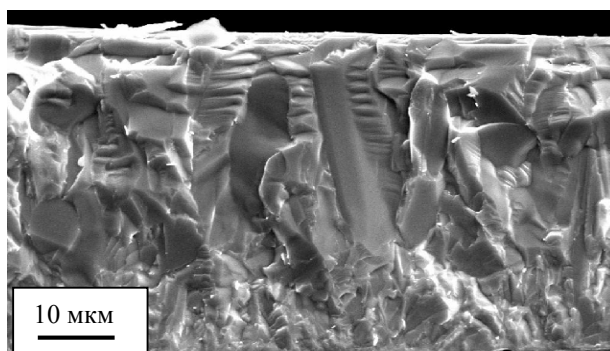
## ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ БЫСТРОЗАТВЕРДЕВШИХ ФОЛЬГ GaSb-InSb

В.Г. Шепелевич, С.В. Гусакова  
Белгосуниверситет, г Минск

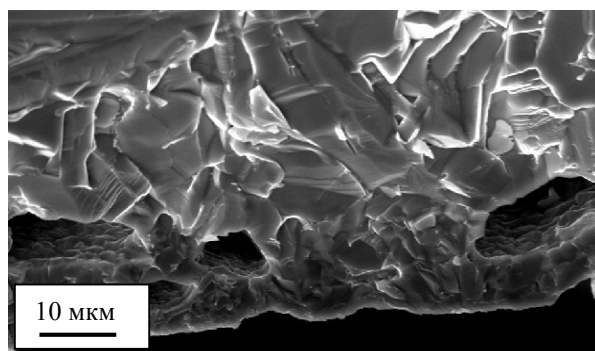
Получение материалов в сильно неравновесных условиях сверхбыстрой закалки из расплава позволяет сформировать структуры и обеспечить свойства недостижимые при равновесной кристаллизации. В связи с этим круг материалов, получаемых сверхбыстрой закалкой из расплава постоянно расширяется. Появляется все больше работ направленных на получение двойных, тройных и более многокомпонентных сплавов. В том числе осуществляются попытки синтеза тройных соединений. Получение тройного соединения на основе соединения  $A^3 B^5$  традиционными методами весьма затруднено не только из-за различия в размерах атомов, но и из-за существенной разницы в величине ионной составляющей в силах связи между атомами. В настоящей работе изучена структура фольг системы GaSb-InSb и осуществлена попытка получения тройного соединения GaInSb методом сверхбыстрой закалки из расплава.

Фольги получались при затвердевании капли расплава на вращающемся с линейной скоростью  $15 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  медном диске. Исходными материалами служили монокристаллический GaSb и InSb, а также их сплавы, содержащие от 5 до 95 мол.% GaSb. Сплавы получались предварительно из мелкодисперсных фракций. Для синтезированных фольг толщиной 60-80 мкм скорость охлаждения расплава имела величину порядка  $10^6 \text{ К}\cdot\text{с}^{-1}$ . Исследования морфологии поверхности, состава фольг и распределения компонентов проводились с использованием растрового электронного микроскопа с энергодисперсионной приставкой рентгеноспектрального микроанализа. Фазовый состав фольг определялся с помощью рентгеновского дифрактометра.

Результаты изучения морфологии сколов фольг, поверхности прилегающей к кристаллизатору и свободно затвердевающей стороны, представленные на рисунке 1 и рисунке 2, позволили установить, что фольги представляют собой поликристаллы. Для двухкомпонентных фольг (InSb, GaSb) а также их сплавов, содержащих до 5 ат.% третьего элемента, в начальный момент кристаллизации формируется мелкодисперсная структура с размером зерна порядка 0,5 мкм, толщина мелкозернистого слоя составляет 10...15 мкм. Затем растут столбчатые зерна, размер которых у верхнего края фольги достигает 20 мкм. На поперечных и продольных сколах фольг, синтезированных из исходных сплавов, содержащих от 10 до 95 мол.% GaSb, обнаружены длинные полости, разделяющие фольгу на слои. Причиной слоистого строения фольги является неоднородность ее по составу.



а)



б)

Рис.1 Вид поверхности скола фольги InSb-5 мол.%GaSb(а)  
и скола фольги InSb-75 мол.%GaSb (б)

Установлено, что для быстрозатвердевших фольг InSb а также сплава InSb - 5 мол.% GaSb распределение компонентов однородно (рис.2 а). Тогда как в быстрозатвердевших фольгах GaSb наблюдается неоднородность в распределении компонентов. Исследования показали, что у стороны фольги прилегающей к кристаллизатору распределение компонентов Ga и Sb однородно, а у свободно затвердевающей стороны фольги, наблюдается обогащение границы зерна Ga.(рис.2 в)

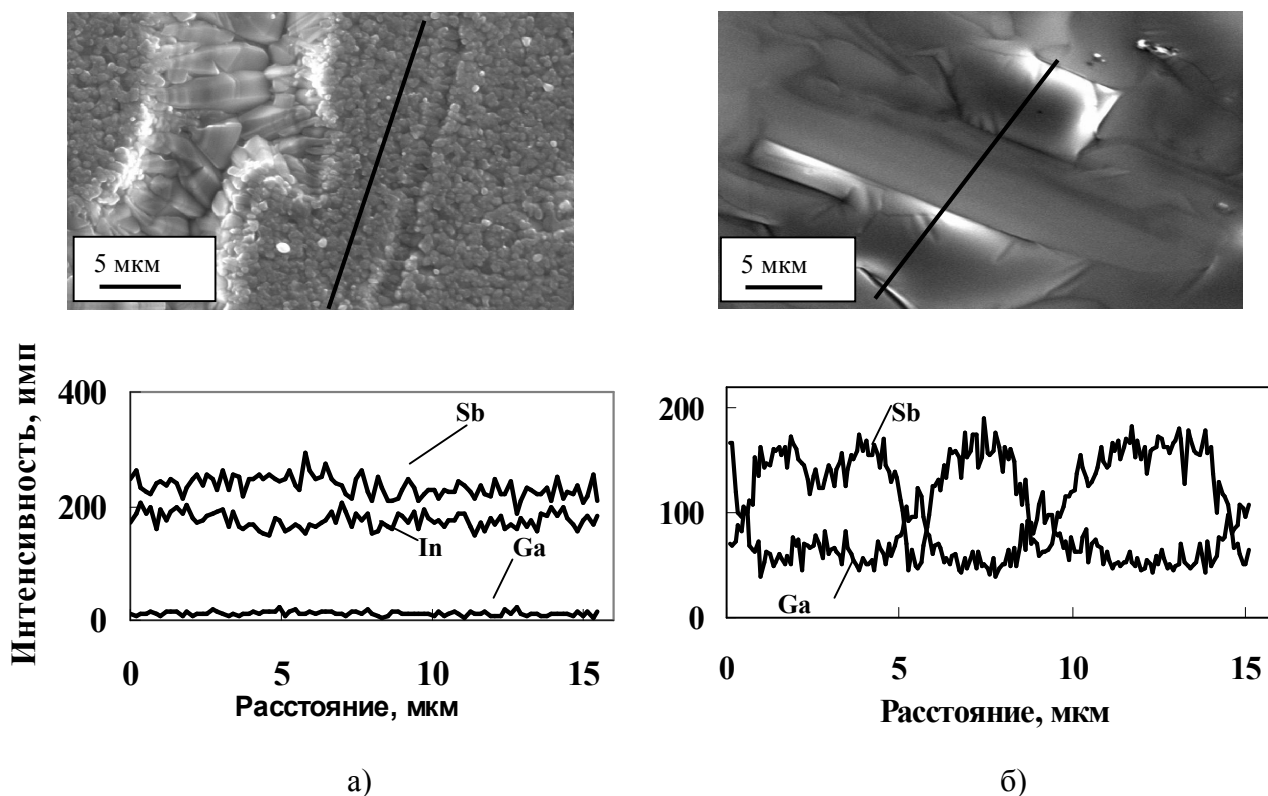


Рис.2 Вид поверхности и распределение элементов вдоль линии  
 (а)- сторона фольги, прилегающая к кристаллизатору, сплава InSb - 5 мол.% GaSb  
 (б)- свободнозатвердевающая сторона фольги GaSb

Фольги, содержащие в исходном сплаве свыше 5 ат.% Ga, неоднородны по составу не только в пределах одного зерна, но и состав зерен значительно отличается. Такая неравномерность может быть связана с двумя причинами: во-первых, с частичной сублимацией сурьмы при нагреве исходного сплава, во-вторых, с большим количеством вакансий Sb, которое обычно наблюдается при выращивании монокристаллов и пленок GaSb [1]. В быстрозатвердевших фольгах с исходным составом  $In_{25}Ga_{75}Sb$  образуется небольшое количество каплевидной фазы Ga, что приводит к дополнительной неоднородности структуры фольг.

Анализ результатов рентгеноструктурных исследований показал, что фазовый состав фольг зависит от концентрации компонентов в исходном сплаве, а также изменяется по толщине фольги. Фольги сплавов InSb-5 мол.%GaSb и InSb-95 мол.%GaSb однофазны, со структурой цинковой обманки и параметрами решетки  $a = 6,452 \text{ \AA}$  и  $a = 6,112 \text{ \AA}$ , соответственно. Данные фазы представляют собой твердый раствор замещения Ga и In в InSb и GaSb, соответственно. При увеличении содержания GaSb в исходном сплаве на дифрактограммах фольг наблюдаются дифракционные максимумы, принадлежащие двум

фазам с решеткой цинковой обманки, различающиеся параметром решетки. Первая, идентифицируется как фаза GaSb с несколько увеличенной постоянной решетки за счет замещения атомов Ga атомами In. Параметр решетки этой фазы практически не зависит от состава исходного сплава. Как показали результаты рентгеноспектрального микроанализа, концентрация In в GaSb находится в пределах 5...8 ат.%. Это свидетельствует об ограниченной растворимости In в GaSb, при кристаллизации в условиях сверхбыстрой закалки из расплава. Вторая фаза представляет собой твердый раствор  $In_xGa_{1-x}Sb$ . С увеличением содержания GaSb в исходном сплаве растворимость Ga в InSb увеличивается. Обращает на себя внимание тот факт, что у стороны фольги прилегающей к кристаллизатору, где скорость кристаллизации выше растворимость Ga в InSb выше, чем на стадиях завершения кристаллизации у свободно затвердевающей стороны фольги.

Исследования текстуры быстрозатвердевших фольг показали, что в однофазных фольгах, содержащих небольшое количество примесей, текстура зарождения практически не наблюдается. Образующиеся при росте фольги столбчатые зерна имеют преимущественную ориентировку, выражающуюся в формировании текстуры (110), а также (331) и (531). Результаты исследования текстуры представлены в таблице.

Таблица

Полюсные плотности дифракционных максимумов фольг системы GaSb-InSb  
(фаза  $In_xGa_{1-x}Sb$ )

HKL	Состав исходного сплава			
	25 мол.% GaSb - 75 мол.% InSb	50 мол.% GaSb - 50 мол.% InSb	75 мол.% GaSb - 25 мол.% InSb	GaSb
111	0,1	0,6	0,2	0,1
200	0,0	0,7	0,9	0,0
220	2,5	2,1	1,8	2,5
311	0,2	0,5	0,3	0,2
331	2,2	1,7	1,6	3,4
421	0,8	0,0	0,0	0,8
422	0,4	0,5	0,5	0,4
511	0,1	0,6	0,0	0,4
531	0,2	1,3	1,5	1,6

Известно[2], что формирование в быстрозатвердевших фольгах InSb, имеющих кристаллическую решетку типа цинковой обманки, текстуры роста типа (110) обусловлено направленным действием ковалентных связей на границе раздела жидкость-кристалл. Из анализируемых плоскостей, плоскости (331) и (531) составляют наименьший угол с плоскостью (110) ГЦК решетки. Поэтому, повышенные значения полюсных плотностей плоскостей (331) и (531) могут быть обусловлены небольшой разориентировкой зерен, имеющих преимущественное направление роста  $\langle 110 \rangle$ .

Исследованы электрофизические свойства быстрозатвердевших фольг сплавов системы GaSb-InSb. Установлена сложная зависимость проводимости фольг от их состава и температуры.

#### Список литературы

- [1]. О. Маделунг. Физика полупроводниковых соединений элементов 3 и 5 групп. Мир, М. (1967) С.477.
- [2]. Л.А.Васильева, С.В.Гусакова, В.Г.Шепелевич. Вестник Белор. Гос.ун-та. Сер.1 физика, математика, механика. №1, 14 (2000).