

СТРУКТУРНЫЕ ОСЕБЕННОСТИ ТВЕРДОГО РАСТВОРА  
(GaAs)<sub>1-x-y</sub>(Ge<sub>2</sub>)<sub>x</sub>(ZnSe)<sub>y</sub> С КВАНТОВЫМИ ТОЧКАМИ  
(0 ≤ x ≤ 0,17; 0 ≤ y ≤ 0,14)

А.Й. Бобоев, Д.П. Абдурахимов, М. Мамиров, М. Исматуллаева,  
С. Мамадалиев

*Андижанской государственной университет имени  
З.М.Бабура.Андижан,170100*

Исследования показывают, что свойства легированных пленок сильно зависят от их толщины, размера блоков и зерен, а также от сегрегационной способности легирующих примесей. Кроме того, к настоящему времени нет единого мнения о роли подложки в формировании наращиваемых пленок [1]. В связи с этим, целью данной работы является изучение структурной особенности эпитаксиальных пленок твердых растворов (GaAs)<sub>0,69</sub>(Ge<sub>2</sub>)<sub>0,17</sub>(ZnSe)<sub>0,14</sub> атомно-силовой микроскопией и рентгеновской дифракцией.

Эпитаксиальные пленки (GaAs)<sub>0,69</sub>(Ge<sub>2</sub>)<sub>0,17</sub>(ZnSe)<sub>0,14</sub>, получены методом жидкофазной эпитаксией. Подложками служили пластины из арсенида галлия диаметром 20 мм и толщиной 350 мкм, вырезанные в кристаллографическом направлении (100), легированные оловом с концентрацией  $(3 \div 5) \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ . Температурный интервал кристаллизации составлял 640-740 °С, при скорости выращивания  $v=0,1$  мкм/мин. Выращенные пленки с проводимостью *p*-типа имели толщину  $d=10$  мкм. Поверхностное состояние выращенных эпитаксиальных слоев исследовано с помощью атомно-силового микроскопа. Структурные исследования

выращенных пленок, как со стороны подложки, так и пленки были выполнены при 300 К на усовершенствованном рентгеновском дифрактометре ДРОН-3М ( $\text{CuK}_\alpha$  – излучения,  $\lambda = 0.15418$  нм) по схеме  $\theta - 2\theta$  в режиме пошагового сканирования. Химический состав эпитаксиальных слоев был определен из данных рентгеноструктурного анализа.

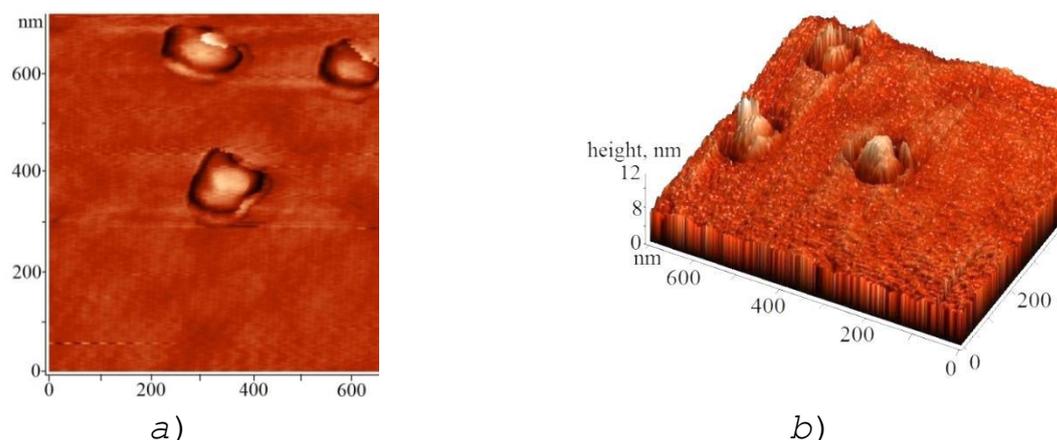


Рис. 1. Двумерное (a) и трехмерное (b) изображения поверхности эпитаксиальных пленок  $(\text{GaAs})_{1-x-y}(\text{ZnSe})_x(\text{Ge}_2)_y$  полученные с помощью атомного силового микроскопа. Размер изображения 700x700 нм, высота и ширина квантовых точек 12,6 и 128÷164 нм.

На рис. 1.a и b, представлены двух- и трехмерные изображения поверхности эпитаксиальных пленок  $(\text{GaAs})_{0,69}(\text{Ge}_2)_{0,17}(\text{ZnSe})_{0,14}$ . Видно, что формирование островков (наноструктур) из компонентов  $(\text{ZnSe})$  на поверхности эпитаксиального слоя в процессе роста, т.е. образуются квантовые точки почти одинакового размера и различной высоты (рис. 1.b.). Эти квантовые точки, создают локальное электростатическое поле на расстоянии 100÷150 нм, напряженность которого составляет  $E=10^7\div 10^9$  В/см. Согласно эффекту Франца-Келдыша, такое сильное локальное электрическое поле должно приводить к изменению запрещенной зоны твердого раствора вокруг квантовых точек.

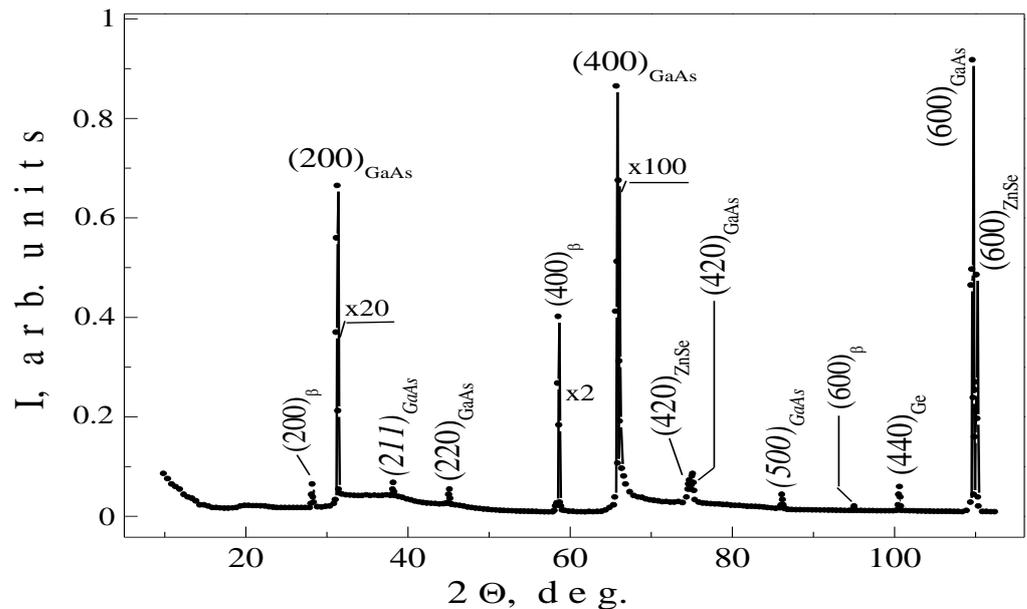


Рис.2. Рентгенограмма эпитаксиальной пленки –  
 $(\text{GaAs})_{0,69}(\text{Ge}_2)_{0,17}(\text{ZnSe})_{0,14}$

На рентгенограмме эпитаксиальных слоев  $(\text{GaAs})_{0,69}(\text{Ge}_2)_{0,17}(\text{ZnSe})_{0,14}$  присутствуют несколько селективных структурных рефлексов с различной интенсивностью (рис.2). Анализ показал, что выращенная пленка имеет сфалеритную структуру (ZnS) и является монокристаллической с ориентацией (100). Размер нанокристаллитов пленки, оцененный по ширине основного пика (400), составляет около 52 нм. Параметр решетки пленки, определенное по трем рефлексам – (200), (400) и (600) с помощью экстраполяционной функции Нельсона–Рейли  $\xi = (1/2) \cdot [(\text{Cos}^2\theta/\theta + (\text{Cos}^2\theta/\text{Sin}\theta)]$  составляет  $a = 5,6568 \text{ \AA}$ . Структурный максимум (440) с  $d/n = 0.1001 \text{ нм}$  принадлежит кристаллической решетке нанокристаллов Ge с размером  $\sim 44 \text{ нм}$ . Значение параметра решетки нанокристаллов Ge определенное из рентгенограммы составило  $a_{\text{Ge}} = 5.6625 \text{ \AA}$ . Экспериментально определенное значение параметра решетки селенида цинка и арсенида галлия составляло  $a_{\text{ZnSe}} = 5.6697 \text{ \AA}$  и  $a_{\text{GaAs}} = 5.6697 \text{ \AA}$ , соответственно. Размер нанокристаллов примусную фазу ZnSe, оцененный по ширине пика (600), составляет

около 59 нм. Показано, что по толщине пленки содержание молекул  $\text{Ge}_2$  и  $\text{ZnSe}$  меняется в пределах  $0 \leq x \leq 0.17$  и  $0 \leq y \leq 0.14$ , что снижает упругие напряжения из-за несоответствия параметров решетки между подложки и пленки.

Таким образом, выращенные жидкофазной эпитаксией пленки  $(\text{GaAs})_{0.69}(\text{Ge}_2)_{0.17}(\text{ZnSe})_{0.14}$  имеют сфалеритную структуру, молекулы  $\text{ZnSe}$  и  $\text{Ge}$  частично заменяют молекулы  $\text{GaAs}$  в дефектоспособных областях матричной решетки на границах и приграничных областях раздела с последующей сегрегацией ионов германия и молекул селенида цинка с образованием нанокристаллов (квантовых точек) в этих местах.

#### **Литература**

1. Ю. Б. Болховитянов, О. П. Пчеляков, С. И. Чичиков, УФН, 7, 689 (2001)