

06

Получение эпитаксиальных слоев твердого раствора $(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ из свинцового раствора-расплава

© А.С. Саидов, А.Ш. Раззаков, К.Г. Гаимназаров

Физико-технический институт НПО "Физика-Солнце" АН РУз, Ташкент

В окончательной редакции 2 июля 2001 г.

Эпитаксиальные слои твердых растворов $(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ были выращены из свинцового раствора-расплава, ограниченного горизонтально расположенными подложками GaAs. Изучены состав и однородность твердого раствора. Приведены некоторые электрофизические параметры.

Бурное развитие микроэлектроники, оптоэлектроники вызывает интерес к синтезу новых материалов в виде тонкопленочных твердых растворов, в том числе и на основе систем $\text{A}^3\text{B}^5 \text{A}^2\text{B}^6$, ширина запрещенной зоны и постоянная решетки которых могут меняться в определенных пределах. Такие условия важны для расширения диапазона электрических, фотоэлектрических свойств, также имеют особое значение при создании приборов на основе гетеропереходов, так как в этом случае максимальное согласование постоянных решеток пленка-подложка имеет первостепенное значение. Среди этих материалов перспективны твердые растворы GaAs-ZnSe, непрерывная растворимость которых в твердом и жидком состояниях установлена в [1]. Параметры решетки GaAs=5.65 Å, ZnSe=5.653 Å и термический коэффициент расширения мало различаются; с другой стороны, достаточно большое различие ширины запрещенной зоны этих соединений ($E_{g\text{GaAs}} = 1.45 \text{ eV}$, $E_{g\text{ZnSe}} = 2.67 \text{ eV}$) делает эти твердые растворы перспективными для оптоэлектроники.

В работе [2] исследовано выращивание твердых растворов $(\text{GaAs})_x(\text{ZnSe})_{1-x}$ на подложках ZnSe из галлиевого раствора-расплава (Ga-As-Zn-Se) при скорости охлаждения 5–7 grad/min в температурном интервале 950–850 °C. Толщины эпитаксиального слоя твердого раствора $(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ 20–25 μm, а запрещенная зона 1.41–2.0 eV. Это объясняется тем, что существует переходный слой от ZnSe к

GaAs, но еще не свидетельствует о существовании твердого раствора $(\text{Ga-As})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ ($0 < x < 1$).

Основным условием кристаллизации твердого раствора является высокое пресыщение по отношению к трем компонентам на фронте кристаллизации. Такому условию соответствуют температурный интервал роста от $(850-860^\circ\text{C})$ до $(750-760^\circ\text{C})$, выбранный из диаграммы состояния трехкомпонентной системы (Pb, GaAs, ZnSe). Соответствующий этому интервалу состав раствора-расплава обеспечивает необходимое пресыщение по трем компонентам. Если температура начала процесса 870°C , а температура окончания 770°C , то раствор-расплав будет пересыщенным относительно ZnSe и рост слоев будет начинаться при большом содержании ZnSe в наращиваемом эпитаксиальном слое. При этом будет ухудшаться структура слоя, так как не будет плавного изменения содержания ZnSe по толщине, соответственно не будет постепенного согласования параметров решеток GaAs и ZnSe и на гетерогранице образуется большое количество дислокаций несоответствия, часть которых прорастает в эпитаксиальный слой. Если температура начала кристаллизации 840°C , а температура окончания 740°C , то раствор-расплав будет ненасыщенным и перед выращиванием произойдет под/растворение подложки. Рост начинается неравномерно, островками. Для получения кристаллически совершенных эпитаксиальных слоев твердого раствора нами были проведены предварительные исследования.

В настоящей работе излагается возможность низкотемпературного выращивания твердого раствора $(\text{Ga-As})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ на подложках GaAs из ограниченного объема свинцового раствора-расплава (Zn-GaAs-Se) методом принудительного охлаждения при температуре $870-730^\circ$. Толщина эпитаксиальных слоев $15-20\ \mu\text{m}$, диаметр арсенида галлиевых подложек $20\ \text{mm}$, кристаллографическая ориентация (100) . Исследование растровых картин спектра характеристических рентгеновских излучений твердого раствора $(\text{Ga-As})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ показало однородность поверхности и наличие компонентов Ga, As, Zn, Se в твердом растворе. Изучая поверхность на установке "Самеса", установили состав эпитаксиального слоя твердого раствора $(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$: Ga = 47.5%; As = 45.5%; Se = 3.6%; Zn = 3.4%.

Исследовано кристаллическое совершенство выращенных эпитаксиальных слоев $(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ методом рентгеновской дифракции на установке ДРОН-УМ1. Для проведения эксперимента выращены

тонкие эпитаксиальные слои, имеющие толщину 4–5 μm . Полученные результаты показывают, что из-за близости величины постоянных решетки GaAs и ZnSe максимумы дифракционных спектров в дифрактограмме отличаются незначительно, а также отсутствуют другие пики, что свидетельствует о монокристалличности выращенных слоев. Исследование образцов показало, что кристаллическое совершенство полученных эпитаксиальных слоев зависит от расположения подложек в кассете во время роста. Выращенные эпитаксиальные слои на нижних подложках с увеличением зазора между подложками ($h > 0.7 \text{ mm}$) отличаются от верхних и являются более совершенными. Это, вероятно, связано с конвекционным потоком раствора-расплава, возникающим в гравитационном поле благодаря разности плотностей растворителя и твердого раствора.

Исследованы некоторые электрофизические свойства выращенных пленок. Определены удельное сопротивление, тип проводимости, холловская подвижность и концентрация носителей заряда при температуре 77 К: $n = 1.72 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$; $R_x = 3.63 \cdot 10^2 \text{ cm}^3/\text{K}$; $\rho = 2.04 \cdot 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$; $\mu_x = 1780 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$; при температуре 300 К: $n = 7.64 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$; $R_x = 8.18 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^3/\text{K}$; $\rho = 0.292 \cdot 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$, $\mu_x = 27.9 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$.

Тип проводимости пленок электронный; таким образом, можно получить более дешевые варизонные эпитаксиальные слои твердого раствора $(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ с изменяющейся шириной запрещенной зоны, которые до настоящего времени не выращивались из свинцового раствора-расплава. Они могут быть использованы для изготовления полупроводниковых приборов.

Список литературы

- [1] Горюнова Н.А., Федорова Н.Н. // ФТТ. 1959. В. 1. С. 344.
- [2] Шевченко Е.Г. и др. // Неорганические материалы. 1973. № 9. С. 35.