

**ВЫРАЩИВАНИЕ ЭПИТАКСИАЛЬНОГО СЛОЯ ТВЕРДОГО РАСТВОРА  
(GaAs)<sub>1-x</sub>(ZnSe)<sub>x</sub> ИЗ ОЛОВЯННОГО РАСТВОРА-РАСПЛАВА**<sup>1</sup>Гаимназаров К.Г. <sup>2</sup>Усманов Ш. Н.<sup>1</sup>Гулистанский Государственный Университет<sup>2</sup>Физико-технический институт им.С.В.Стародубцева АН РУз

**Аннотация:** методом жидкофазной эпитаксии из оловянного раствора-расплава выращены слои твердых растворов (GaAs)<sub>1-x</sub>(ZnSe)<sub>x</sub> молекулярного замещения на GaAs (100) подложках. Показано, что бинарные соединения арсенид галлия и селенид цинка в оловянном растворителе при температурах 600–750°C - ниже температуры плавления соответствующих материалов находятся в основном в виде молекул GaAs и ZnSe.

**Ключевые слова:** раствор-расплав, подложка, облучения, структура, эпитакция, контакт, выращивания.

Большие возможности полупроводниковой микроэлектроники реализуются только по мере разработки и освоения выпуска многофункциональных полупроводниковых материалов с разнообразными физическими свойствами. В этом аспекте большие возможности имеют полупроводниковые твердые растворы бинарных соединений III-V и II-VI [1-4]. Кристаллическое совершенство твердых растворов в основном определяется кристаллическими структурами раствор образующих компонентов, а также геометрическими размерами и зарядовыми состояниями молекул этих компонентов. Бинарные соединения GaAs и ZnSe имеют одинаковую кристаллическую структуру (типа цинковой обманки), а постоянная решетки составляют  $a_{\text{GaAs}} = 5.6532 \text{ \AA}$  и  $a_{\text{ZnSe}} = 5.6676 \text{ \AA}$ , соответственно. Сумма валентности (z) атомов молекул этих соединений равны  $-z_{\text{Ga}} + z_{\text{As}} = z_{\text{Zn}} + z_{\text{Se}} = 8$ . Все эти факты свидетельствует о том, что GaAs и ZnSe являются перспективными материалами для получения интерфейса ZnSe/GaAs и твердых растворов молекулярного замещения типа (ZnSe)<sub>1-x</sub>(GaAs)<sub>x</sub> высокого качества.

В данной работе приведены результаты исследования технологических особенностей жидкофазной эпитаксии монокристаллического твердого раствора молекулярного замещения (ZnSe)<sub>1-x</sub>(GaAs)<sub>x</sub> из Sn раствора-расплава.

Твердые растворы (GaAs)<sub>1-x</sub>(ZnSe)<sub>x</sub> выращивались методом жидкофазной эпитаксии по технологии, описанной в работе [5] на монокристаллических GaAs подложках с ориентацией (100), толщиной ~ 400 мкм.

Для приготовления раствора-расплава были изучены растворимости GaAs и ZnSe в Sn в интервале температур 650–750 °C, методом потери веса образцов арсенида галлия и селенида цинка, помещенных в жидкое олова и выдержанных в нем до насыщения раствора.

На рис. 1 приведены данные по растворимости GaAs и ZnSe в олове в зависимости от температуры. Данные для ZnSe взяты из работы Vikram Kumar [6].

Мы предполагаем, что растворенные соединения GaAs и ZnSe в жидком олове, при температуре жидкофазной эпитаксии (750–650°C) находятся, в основном, в виде молекул GaAs и ZnSe. Такое предположение основано на анализе растворимости ZnSe и GaAs в Sn. Распад молекул ZnSe, при растворении в Sn, на отдельные атомы Zn и Se, согласно диаграмме состояний сплавов, равнозначно тому, как одновременное растворение Zn и Se в Sn. Как известно, все эти три вещества Zn, Se и Sn при температурах 750–650°C находятся в

расплавленном виде (так, как температуры плавления Zn составляет 419.6°C, Se - 220°C, Sn - 231°C соответственно) и имеют неограниченную растворимость между собой.

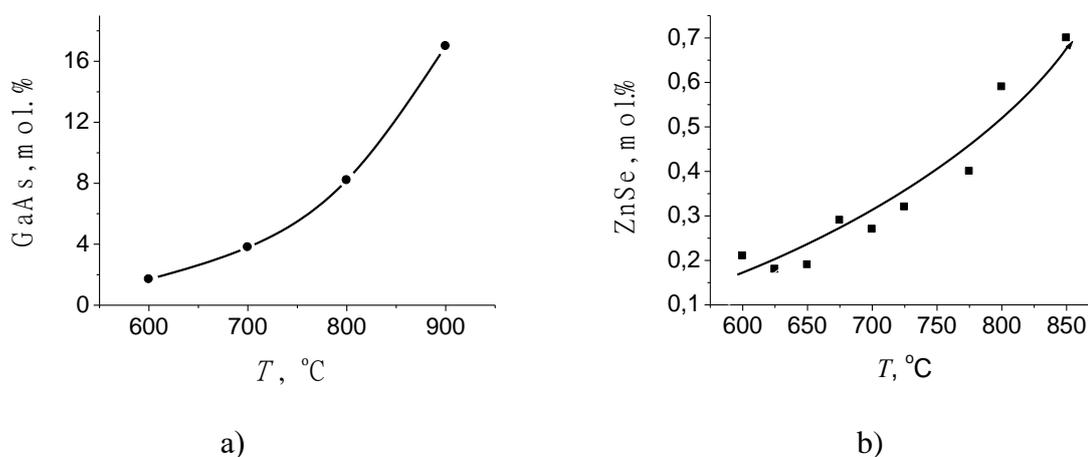


Рис.1. Зависимость растворимости GaAs (a) и ZnSe (b) в Sn от температуры.

Следовательно, если молекулы ZnSe разлагаются на отдельные атомы Zn и Se при растворении ZnSe в Sn, то растворимость ZnSe в Sn должен быть неограниченной при 750–650°C. Известно, что растворимость ZnSe в Sn очень ограничена и меняется от 0.2 до 0.4 мол.% при изменении температуры от 650 до 750°C (рис. 2b), это свидетельствует о том, что растворенный ZnSe в оловянном растворе-расплаве находится, в основном, в виде молекул ZnSe.

Кроме того, одним из основных условий жидкофазной эпитаксии является то, что раствор-расплав должен быть пересыщенным. Если молекулы ZnSe в Sn распадаются на отдельные атомы Zn и Se, то при содержании 0,3 мол.% ZnSe в Sn при 720°C, раствор-расплав, согласно диаграмме состояний сплавов, не будет пересыщенным ни цинком и ни селеном, и эпитаксиальный рост ZnSe не должен происходить. То, что в этих условиях эпитаксиальный рост ZnSe наблюдается, свидетельствует о том, что оловянный раствор-расплав пресыщен молекулами ZnSe, и что молекулы ZnSe не распадаются на отдельные атомы Zn и Se.

Такие же выводы можно сделать и для GaAs, растворенного в Sn.

Поэтому мы приходим к заключению что GaAs и ZnSe в жидком олове, в основном, находятся в виде молекул GaAs и ZnSe (рис. 1). Поскольку суммы ковалентных радиусов атомов молекул GaAs ( $r_{\text{Ga}} + r_{\text{As}} = 2.43 \text{ \AA}$ ) и ZnSe ( $r_{\text{Zn}} + r_{\text{Se}} = 2.45 \text{ \AA}$ ) близки, а также сумма валентности их атомов равна ( $z_{\text{Ga}} + z_{\text{As}} = z_{\text{Zn}} + z_{\text{Se}}$ ), то, следовательно, замещение двухатомных молекул в узлах кристаллической решетке твердого раствора энергетически более выгодно, чем атомарного замещения узла кристаллической решетки атомами Ga, As, Zn или Se в отдельности.

Таким образом, в данной работе показана возможность выращивания эпитаксиального слоя твердого раствора  $(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$  молекулярного замещения. Необходимым условием для получения такого твердого раствора является существование компонентов твердого раствора в жидком растворе в виде молекул, а не в виде отдельных атомов, а также пересыщенность раствора-расплава молекулами компонентов твердого раствора.

## Литературы:

1. С. П. Супрун, В. Н. Шерстякова, Е. В. Федосенко. *Эпитаксия ZnSe на GaAs при использовании в качестве источника соединения ZnSe*. Физика и техника полупроводников, 2009, том 43, вып. 11, С.1570-1575.
2. Ю. Н. Бобренко, С. Ю. Павелец, А. М. Павелец, Н. В. Ярошенко. *Фотоэлектрические преобразователи с варизонными слоями на основе ZnSe*. Физика и техника полупроводников, 2013, том 47, вып. 10, С.1381-1384.
3. H. H. Farrella and Randall A. LaViolette. *Cation variations at semiconductor interfaces: ZnSe(001)/GaAs(001) superlattices*. Journal of Vacuum Science & Technology B, 2004, Vol. 22. No. 4, pp. 2250-2256.
4. Wang L.G. and Alex Zunger Dilute. Nonisovalent (II-VI)-(III-V) Semiconductor Alloys: *Monodoping, Codoping, and Cluster Doping in ZnSe-GaAs*. Physical Review B. 2003. Vol. 68, pp. 125211.1-125211.8.
5. A. S. Saidov, A. Sh. Razzakov, V. A. Risaeva, and E. A. Koschanov, *Liquid-phase epitaxy of solid solutions (Ge<sub>2</sub>)<sub>1-x</sub>(ZnSe)<sub>x</sub>*. Mater. Chem. Phys. 68, 3 (2001).
6. Vikram Kumar; International Workshop on the Physics of Semiconductor Devices (December 14-18, 1999, Delhi) 2. pp. 1425. Mumbai: Allied Publ., (2000) Proceedings of SPIE, 3795,

**РАДИАЦИОННО-СТИМУЛИРОВАННЫЕ ПРОЦЕССЫ ДИФФУЗИИ  
КИСЛОРОДА В СЛОЯХ ХАЛЬКОГЕНИДОВ СВИНЦА.**

**М.Х.Рахмонкулов, С.Ж.Абдуллаев, Н. Алимов  
Ферганский государственный университет**

**Аннотация:** В данной работе рассмотрены действия  $\gamma$ -излучения на электрофизические свойства пленок РЬТе и PbSe и обсуждена природа радиационных эффектов. Определено что степень изменения термоэлектрических свойств пленок n-РЬТе при  $\gamma$  - облучении зависит не только от температуры конденсации, но и от ее скорости.

**Ключевые слова:** халькогенид свинца, радиационный эффект, термическая диффузия  
Действие излучений на полупроводники, в том числе и полупроводниковые пленки, приводит к образованию радиационных дефектов, переводящих их в состояния со свойствами отличными от первоначальных. Эти состояния могут быть как равновесными, так и неравновесными.

Для регистрации теплового (инфракрасного) излучения слабой или очень слабой интенсивности наиболее часто используются пленки халькогенидов свинца PbS, PbSe, РЬТе. В регистрирующих устройствах на основе пленок обычно используются 1) эффект прямого преобразования ИК излучения в электрический сигнал (фоторезистивный эффект), 2) эффект возникновения термоэдс в термопреобразователях [1,2]. Проблема создания пленок халькогенидов свинца и устройств на их основе с высокими регистрирующими параметрами состоит не только в задании пленкам определенных свойств в процессе их получения, она включает обеспечение их стабильности во времени при действии различных внешних факторов. Наиболее существенно на свойства халькогенидов свинца влияет радиационная и кислородосодержащая среда, то есть та среда, в которых они эксплуатируются в реальных условиях. Кислород, являясь для халькогенидов свинца акцепторной примесью, дает состояния для электронов и на поверхности и в объеме.