

06.2: 06.3

© 1993

ВЛИЯНИЕ ИСХОДНОГО СОСТАВА НА КОНЦЕНТРАЦИЮ ДЫРОК ПРИ ОТЖИГЕ  $ZnSe$  В РАСПЛАВЕ СЕЛЕНАА.Н. Краснов, Т.Ф. Форбанг,  
Ю.Ф. Ваксман

Проблема практического применения широкозонного полупроводникового соединения  $ZnSe$  продолжает привлекать к себе внимание исследователей. Связано это с возможностью создания на его основе оптоэлектронных приборов, работающих в „синей” ( $\sim 460$  нм) области длин волн, что соответствует краю фундаментального поглощения указанного полупроводника. Затруднения в использовании селенида цинка вызваны, в основном, сложностью достижения высокой дырочной проводимости. Последнее в значительной степени объясняется недостатком информации о природе собственных и примесных дефектов. Открытым также остается вопрос о влиянии истории образцов на оптические и электрические параметры изготавливаемых приборов.

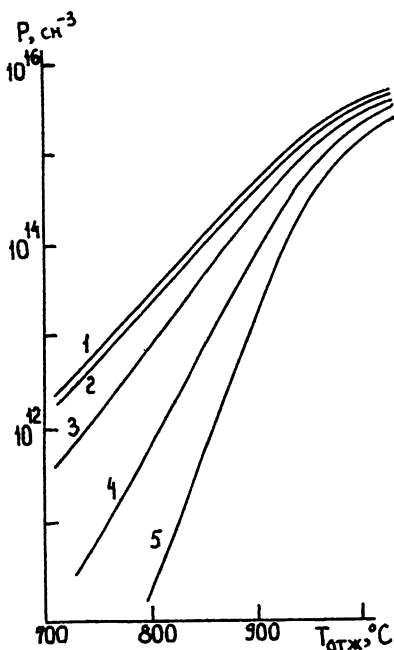
Ранее мы сообщали о возможности управления типом проводимости в селениде цинка путем отжига кристаллов в жидкой фазе селена [1, 2]. Указанная обработка способствовала достижению существенной концентрации собственных акцепторов-вакансий цинка в процессе квазиэпитаксиального роста кристалла. Теоретические аспекты процесса диффузии селена в кристалл из расплава рассмотрены нами в [3].

Целью настоящей работы явилось выяснение влияния исходного состава дефектов нелегированного селенида цинка на его электрические свойства при обработке в расплаве селена. Полученные результаты обсуждаются в рамках теоретической модели „твердое тело-жидкость”.

В работе использовались кристаллы, выращенные из газовой фазы и обладающие различным удельным сопротивлением ( $\sim 0,1-10$  Ом·см) после отжига в расплаве цинка в течение 100 ч. Детальный анализ причин подобного различия в литературе не проводится. Мы считаем, что указанный факт связан с различным исходным содержанием вакансий селена ( $V_{Se}$ ). Более подробно этот вопрос будет рассмотрен в последующих работах.

Анализ, проведенный при помощи масс-спектрометра МС-7201М с порогом чувствительности по  $Li$ ,  $Na$  и  $Cu$   $1 \cdot 10^{-6}$  г/г, указывал на отсутствие этих примесей в кристалле.

Для описания процесса дефектообразования применялась модель, предложенная нами в [2]. В качестве варьируемых параметров выбирались  $[V_{Se}]$  и температура отжига кристаллов  $T_{отж}$ . Для пересчета высокотемпературных результатов к температурам эксперимен-



Расчетные концентрации дырок в монокристаллах  $ZnSe$ , обработанных в расплаве селена при концентрации вакансий селена: 0 (1),  $5 \cdot 10^{14}$  (2),  $1 \cdot 10^{15}$  (3),  $1 \cdot 10^{16}$  (4) и  $1 \cdot 10^{17}$   $cm^{-3}$  (5) в зависимости от  $T_{отж}$ .

та принималось приближение закалки, когда массообмен кристалла с окружением прекращается и изменение состава дефектов определяется лишь процессами их перезарядки. Это условие может быть выражено равенством полных концентраций одноподобных дефектов при высокой и низкой температуре.

На рисунке представлена расчетная зависимость концентрации дырок в  $ZnSe$  при различном содержании вакансий селена. При значениях  $[V_{Se}] \approx 5 \cdot 10^{14}$   $cm^{-3}$  концентрация дырок в кристалле практически не отличается от соответствующего значения в случае пренебрежения  $[V_{Se}]$ . Увеличение последней до  $10^{17}$   $cm^{-3}$  приводит к существенным изменениям величины  $\rho$  в области меньших значений  $T_{отж}$ . При увеличении температуры отжига влияние исходного содержания анионных вакансий на концентрацию свободных носителей уменьшается.

Для экспериментальной проверки полученных теоретических результатов исследовались образцы  $n-ZnSe$ , имеющие после отжига в цинке удельное сопротивление  $\approx 0.1, 1$  и  $10$  Ом·см. Их последующая обработка в расплаве селена осуществлялась при  $900$  и  $1000$  °C в течение 80 часов и, согласно данным измерения знака

термо-э. д. с., приводила к инверсии типа проводимости. Концентрация дырок, определяемая из измерений эффекта Холла, составила соответственно  $1 \cdot 10^{13}$ ,  $5.8 \cdot 10^{13}$  и  $9.7 \cdot 10^{13}$  см<sup>-3</sup> для кристаллов, обработанных при 900°C и  $9.5 \cdot 10^{14}$ ,  $9.7 \cdot 10^{14}$  и  $1 \cdot 10^{15}$  см<sup>-3</sup> для образцов, отожженных при 1000°C. Полученные данные попадают в расчетный интервал значений  $\rho$  для данной  $T_{отж}$ . Увеличение последней приводит к уменьшению различия в концентрациях носителей тока исследуемых образцов.

Таким образом, влияние исходного содержания анионных вакансий в монокристаллах селенида цинка на концентрацию свободных дырок при отжиге в расплаве селена уменьшается при увеличении  $T_{отж}$  и в области  $\sim 1000^\circ\text{C}$  становится несущественным. Представленные результаты могут быть полезны при решении задач управления свойствами соединений группы  $A_2B_6$ .

### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Краснов А.Н., Ваксман Ю.Ф., Пуртов Ю.Н., Сердюк В.В. // ФТП. 1992. Т. 26. № 6. С. 1151-1152.
- [2] Краснов А.Н., Ваксман Ю.Ф., Пуртов Ю.Н. // Письма в ЖТФ. 1992. В. 12. С. 1-6.
- [3] Краснов А.Н., Ваксман Ю.Ф., Пуртов Ю.Н., Сердюк В.В. Распределение селена в  $ZnSe$  при растворении из расплава. Деп. в УкрИНТЭИ, 01.04.92, № 421Ук-92. 11 с.

Одесский государственный университет

Поступило в Редакцию  
2 ноября 1992 г.