

## МАТЕРІАЛИ ДЛЯ СЕНСОРІВ SENSORS MATERIALS

---

---

УДК 544.344.2

### АНАЛИЗ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ В ДВОЙНОЙ СИСТЕМЕ $A^2 - B^6 ZnTe$

С. В. Ленков<sup>1</sup>, О. В. Банзак<sup>2</sup>, А. В. Карпенко<sup>1</sup>

1 — Военный институт Киевского национального университета  
имени Тараса Шевченко

03680, Киев, пр. Глушкова 2, корп. 8

2 — Одесская национальная академия связи имени А. С. Попова

65102, Одесса, ул. Кузнечная 1

E-mail: banzak@mail.ru

### АНАЛИЗ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ В ДВОЙНОЙ СИСТЕМЕ $A^2 - B^6 ZnTe$

С. В. Ленков, О. В. Банзак, А. В. Карпенко

**Аннотация.** В данной статье проведен анализ построенной  $P - T - X$  диаграммы  $Zn-Te$  системы методом оптической плотности паров. Были измерены парциальные давления цинка и теллура над твердым  $Zn-Te$  для составов от 40 до 55 ат.%  $Te$  до температуры  $917^\circ C$ .

**Ключевые слова:** диаграмма состояния, фазовые равновесия, оптическая плотность паров, теллур, цинк

### АНАЛІЗ ФАЗОВИХ РІВНОВАГ У ДВІЙКОВІЙ СИСТЕМІ $A^2 - B^6 ZnTe$

С. В. Ленков, О. В. Банзак, О. В. Карпенко

**Анотація.** У даній статті проведено аналіз побудованої  $P - T - X$  діаграми системи  $Zn-Te$  методом оптичної густини пару. Були виміряні парціальні тиски цинку та телуру над твердим  $Zn-Te$  для складу від 40 до 55 ат.%  $Te$  до температури  $917^\circ C$ .

**Ключові слова:** діаграма стану, фазові рівноваги, оптична густина парів, телур, цинк

### ANALYSIS PHASE BALANCES IN DOUBLE SYSTEM $A^2 - B^6 ZnTe$

S. V. Lenkov, O. V. Banzak, A. V. Karpenko

**Abstract.** In given clause the analysis of the constructed  $P - T - X$  diagram of system  $Zn-Te$  by a method of optical density pairs is lead. Have been measured парциальные pressure of zinc and tellurium above firm  $Zn-Te$  for structures from 40 up to 55 at. %  $Te$  up to temperature  $917^\circ C$ .

**Keywords:** the diagram of a condition, phase balance, optical density паров, tellurium, zinc.

## Вступление

В системах типа  $A^2 - B^6$  образуется одно конгруэнтно плавящееся соединение эквивалентного состава. Температура плавления соединения, как правило, значительно превышает температуру плавления исходных компонентов. Вследствие высоких температур плавления соединений и больших давлений пара исходных компонентов изучение диаграмм состояния систем  $A^2 - B^6$  связано с большими трудностями. К настоящему времени  $T - X$  проекции диаграмм состояния  $P - T - X$  построены для всех систем типа  $A^2 - B^6$ , за исключением  $Zn - S$  и  $Cd - S$  [1,2].

$T - X$  проекция диаграммы состояния  $P - T - X$  системы  $Zn - Te$  была исследована рядом авторов, данные которых находятся в хорошем согласии.

В системах  $Zn - Te$  и  $Cd - Te$  исследованы также  $P - T$  проекции диаграмм состояния.

## Основная часть

В системе  $Zn - Te$  имеется одно соединение  $ZnTe$ , которое плавится при температуре  $1290^\circ\text{C}$  и образует вырожденные эвтектики со своими компонентами (рис. 1). Наличие острого максимума, отвечающего составу соединения, указывает на взаимодействие между атомами цинка и теллура в расплаве. Вблизи  $1210^\circ\text{C}$  на кривой ликвидус со стороны цинка от стехиометрического состава наблюдается горизонтальный участок, который связывается с возможным расслаиванием в жидкой фазе. Растворимость теллура в жидком цинке изменяется от  $3 \cdot 10^{-3}$  ат.% при  $512^\circ\text{C}$  до  $(8 \div 9) \cdot 10^{-2}$  ат.% при  $910^\circ\text{C}$ .

Построена  $P - T - X$  диаграмма системы  $Zn - Te$  методом оптической плотности паров. Были измерены парциальные давления цинка и теллура над твердым  $ZnTe$  для составов от 40 до 55 ат.%  $Te$  до температуры  $917^\circ\text{C}$ . Показано, что в области температур  $500 - 910^\circ\text{C}$  парциальное давление цинка  $p_{Zn}$  над насыщенным цинком  $ZnTe$  (в пределах ошибки опыта оценивается  $\pm 2\%$ ) такое же, что и над чистым цинком; оно составляет 0,114 атм при  $727^\circ\text{C}$  и 1,17 атм при  $917^\circ\text{C}$ . Парциальное давление

теллура над насыщенным теллуrom  $ZnTe$  ( $p_{Te}$ ) определялось в температурной области между  $398$  и  $913^\circ\text{C}$ ; его величина несколько меньше давления паров чистого теллура, сильно зависит от температуры и составляет  $0,03 \cdot 10^{-4}$  атм при  $398^\circ\text{C}$  и 0,346 атм при  $903^\circ\text{C}$ . В пределах предполагаемой области гомогенности  $ZnTe$  (49,15-50,5 ат.%  $Te$ ) давление паров цинка намного превышает давление паров теллура.

Отношение  $p_{Zn} / p_{Te_2}$  составляет 4,58 при  $710^\circ\text{C}$  и 1,84 при  $900^\circ\text{C}$ .

$P - T$  проекция диаграммы состояния  $P - T - X$  системы  $Zn - Te$ , по данным [3], показана на рисунке 1 (б). Приводятся парциальные давления теллура (в зависимости от обратной температуры) над  $ZnTe$ , насыщенным теллуrom, для составов 50,5 и 55 ат.%  $Te$ . Как видно на рисунке 27б, линия трехфазного равновесия со стороны теллура почти совпадает с линией давления паров чистого теллура  $p_{Te_2}^0$ . Линия  $p_{min}$  характеризует изменение парциальных давлений компонентов над твердым  $ZnTe$ ; особенность ее состоит в том, что линия  $p_{min}$  дает сумму парциальных давлений  $p_{Zn}$  и  $p_{Te_2}$  при минимальном общем давлении в системе. Давление на линии  $p_{min}$  соответствует равновесию твердое тело  $\leftrightarrow$  пар при условии, что состав пара и твердой фазы одинаков ( $p_{Zn} = 2p_{Te_2}$ ). Поскольку при этих условиях соотношение цинка и теллура в газовой фазе равно их соотношению в твердом  $ZnTe$ , линию  $p_{min}$  иначе называют сублимационной линией (или линией конгруэнтной сублимации).

Комбинируя данные, относящиеся к линиям ликвидуса и кривым давления пара и используя  $T - X$  проекцию, расчетным путем описали фазовые равновесия  $P - T - X$  в системе  $Zn - Te$ . Парциальные давления цинка на ликвидусом со стороны цинка и давления теллура на ликвидусом со стороны теллура вычислялись из закона Рауля. Парциальные давления паров цинка со стороны теллура и паров теллура над ликвидусом со стороны цинка вычислялись из константы равновесия  $K_p$  для реакции  $ZnTe_{(ТВ)} \rightleftharpoons Zn_{(Г)} + \frac{1}{2} Te_{2(Г)}$ , экспериментально найденной по методу Кнудсена, а давления

паров основного компонента, составляющего жидкую фазу, находили по уравнению  $K_p = \rho_{Zn} \cdot \rho_{Te}^{1/2} \text{ атм}^{3/2}$ . При этом предполагалось, что область однородности на основе  $ZnTe$  так узка, что константа равновесия  $K_p$  не зависит от изменений состава в пределах области гомогенности.

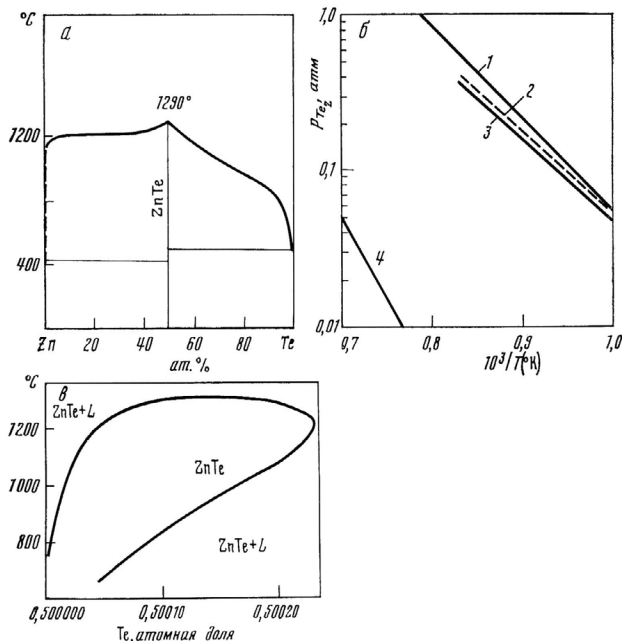


Рис. 1.  $P - T - X$  диаграмма состояния системы  $Zn - Te$ : а) проекция  $T - X$ ; проекция  $P - T$ : 1 – давление пара чистого теллура; 2 – парциальное давление пара теллура для сплава с 50,5 ат.%  $Te$  при температуре оптической ячейки  $1000^\circ C$ ; 3 – то же, для сплава с 55 ат.%  $Te$  при  $1100^\circ C$ ; 4 – линия  $\rho_{min}$ , в)  $T - X$  проекция вблизи соединения  $ZnTe$  по расчетным данным

Прецизионные измерения параметра решетки в сплавах  $ZnTe$ , насыщенных  $Zn$  и  $Te$  соответственно, показали, что постоянная решетки сплавов, равная  $6,1026 \pm 0,0001 \text{ \AA}$ , практически не меняется. Область гомогенности, по экспериментальным данным по давлению паров, не должна превышать 0,2 ат.%.

На основании данных по температурной зависимости давления паров цинка, исходя из предположения о наличии двукратно ионизованных вакансий цинка, была рассчитана кривая солидус для соединения  $ZnTe$  пред-

ставлена на рисунке 1. Максимум на кривой ликвидус смещен в сторону теллура от стехиометрического состава  $ZnTe$ . При температуре  $1200^\circ C$  растворимость твердого теллура в  $ZnTe$  составляет  $4,6 \cdot 10^{-3}$  ат.%. Кривая солидус имеет ретроградный характер и смещена в сторону избытка теллура. Ниже  $600^\circ C$  область однородности значительно ближе к стехиометрическому составу, чем при более высоких температурах. Эти данные хорошо согласуются с результатами электрических измерений.

$ZnTe$  имеет  $p$ -тип проводимости, что обусловлено наличием собственных акцепторов, которыми являются двукратно ионизованные вакансии цинка.

### Выводы

1. Показано, что в области температур  $500-910^\circ C$  парциальное давление цинка  $\rho_{Zn}$  над насыщенным цинком  $ZnTe$  (в пределах ошибки опыта оценивается  $\pm 2\%$ ) такое же, что и над чистым цинком; оно составляет 0,114 атм при  $727^\circ C$  и 1,17 атм при  $917^\circ C$ .

2. Прецизионные измерения параметра решетки в сплавах  $ZnTe$ , насыщенных  $Zn$  и  $Te$  соответственно, показали, что постоянная решетки сплавов, равная  $6,1026 \pm 0,0001 \text{ \AA}$ , практически не меняется. Область гомогенности, по экспериментальным данным по давлению паров, не должна превышать 0,2 ат.%.

### Список использованной литературы

1. Маслов О. В., Ленков С. В., Банзак О. В., Карпенко О. В. Погрешность измерения характеристик полей гамма-излучения детектором на основе  $CdZnTe$  // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. — К., 2012. — № 36. — С.173 — 182.
2. Ленков С. В., Банзак О. В., Карпенко О. В. Порівняльний аналіз методів отримання та управління властивостями телуридів цинку і кадмію// Нові технології. — Кременчук, — 2011. — № 4(34). — С. 3–10.
3. Большакова Г. В. Исследование влияния различных примесей на структурные

параметры кристаллов CdTe// Большакова Г. В., Леднева Ф. И., Кутовой И. С., Устинов В. М.- Электронная техника. Серия 6: Материалы. — Вып. 2 (256), 1991. — С. 2326.