

## ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ В СИСТЕМЕ HO-SB-SE

Ф.М.Садыгов, Л.Э.Насибова, Т.М.Ильяслы, С.Г.Мамедова

*Бакинский Государственный Университет*

Тройная система Ho-Sb-Se ранее была изучена по разрезам  $Sb_2Se_3$ - $Ho_2Se_3$   $Sb_2Se_3$ - $HoSb$  и  $Sb_2Se_3$ - $HoSe$  [4, 5]. Разрез  $Sb_2Se_3$ - $Ho_2Se_3$  квазибинарный. При температуре 1050K по перитектической ре-акции образуется одно соединение состава  $HoSbSe_3$ . Координаты эвтектической точки со-ставляють 25 мол%  $Ho_2Se_3$  и 750K. Растворимость на основе  $Sb_2Se_3$  при 300K достигает 8 мол%.

Разрез  $Sb_2Se_3$ - $HoSe$  также квазибинарный. Координаты эвтектики 30 мол%  $HoSe$  и 800K. Растворимость на основе  $Sb_2Se_3$  доходит до 10мол% при 300K.

Разрез  $Sb_2Se_3$ - $HoSb$  неквазибинарный и пересекает два подчиненных треугольника  $Sb_2Se_3$ - $Sb$ - $HoSe$  и  $HoSb$ - $Sb$ - $HoSe$ . Растворимость на основе  $Sb_2Se_3$  достигает 5 мол% при комнатной температуре.

Целью настоящей работы является установление характера химического взаимодей-ствия в тройной системе Ho-Sb-Se во всем концентрационном интервале и построение ее фа-зовой диаграммы. Данные о двойных системах, составляющих тройную, взяты из работ [1, 3, 9, 10,].

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для исследования использовали элементы гольмий металлический марки «гольмий-0», сурьму и селен «В-4». Сплавы получали непосредственным сплавлением компонентов в вакуумированных кварцевых ампулах при 800-1300K (в зависимости от состава) с после-дующим медленным охлаждением в режиме выключенной печи. По результатам предвари-тельного ДТА выборочных образцов определяли температуры гомогенизирующего отжига, при которых сплавы выдерживали в течение 300ч.

Исследования проводили методами ДТА (пирометр НТР-73, Pt-Pt/Rh термопары) ВДТА (высокотемпературный термоанализатор (ДТА-987, W-W/Re термопары), РФА (ди-фрактومتر ДРОН-2, Cu K -излучение), МСА (прибор МИМ-7) и измерением микротвердо-сти (прибор ПМТ-3, нагрузка 20г).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что политермические разрезы  $Sb_2Se_3$ - $Ho_3Se_4$ ,  $HoSb$ - $HoSe$  и  $Sb$ - $HoSe$  яв-ляются квазибинарными и относятся к простому эвтектическому типу. Имеются узкие облас-ти растворимости на основе  $Sb_2Se_3$ .

Характер химического взаимодействия в указанных разрезах приведен в табл.1 (рис 1-3).

Разрез  $Sb_2Se_3$ - $Ho$  (рис.4) является сложным политермическим неквазибинарным се-чением системы Ho-Sb-Se и пересекает 3 тройные системы:  $Sb_2Se_3$ - $HoSe$ - $Sb$  (I),  $HoSe$ - $Sb$ - $HoSb$  (II) и  $HoSb$ - $Ho$ - $HoSe$  (III). Ликвидус системы состоит из трех ветвей первичной кри-сталлизации:  $Ж+(Sb_2Se_3)$ ,  $Ж+Ho_3Se_4$  и  $Ж+Ho$ . Часть разреза, пересекающая подчиненную систему I, претерпевает неинвариантное эвтектическое равновесие  $Ж\#61611; (Sb_2Se_3)+HoSe+Sb$

В подчиненной системе II поверхность ликвидуса содержит область первичного вы-деления  $HoSe$ .

При 750 и 680K в солидусе происходят следующие неинвариантные процессы, соот-ветственно:

$Ж+HoSe\#61611;HoSb_2+HoSe$

$Ж\#61611;Sb+HoSb_2+HoSe$

Часть разреза, проходящая через подчиненную систему III, имеет сложный характер. Ликвидус этой части состоит из двух ветвей первичной кристаллизации  $HoSe$  и  $Ho$  фаз. Ниже ликвидуса наблюдаются линии совместной кристаллизации фаз  $Ж+HoSe$  и  $Ж+Ho$  в результате которой система переходит к трехфазное состояние. Термические эффекты при 1350 и 1250K отражают образование двойных фаз  $Ho_4Sb_3$  и  $Ho_5Sb_3$  по соответствующим пе-ритектическим реакциям (табл.1). В этой области разреза окончательная кристаллизация происходит по неинвариантной эвтектической реакции

$Ж\#61611;-Ho+HoSe+Ho_5Sb_3 (T=1025K)$

Растворимость гольмия в  $Sb_2Se_3$  составляет 3 мол% при 300K.

Проекция поверхности ликвидуса тройной системы Ho-Sb-Se (рис.5) построена на ос-новании литературных данных по двойным системам и результатам исследования отдельных разрезов тройной системы. Система по триангулирующим разрезам делится на шесть трой-ных подчиненных треугольников:  $HoSb$ - $Ho$ - $HoSe$ ;  $HoSb$ - $HoSe$ - $Sb$ ;  $Sb$ - $HoSe$ - $Sb_2Se_3$ ;  $HoSe$ - $Sb_2Se_3$ - $Ho_3Se_4$ ;  $Ho_3Se_4$ - $Sb_2Se_3$ - $Ho_2Se_3$ ;  $Sb_2Se_3$ - $Ho_2Se_3$ - $Se$ ; Ликвидус системы состоит из 12 об-ластей первичной кристаллизации фаз:  $Ho$ ,  $Ho_5Sb_3$ ,  $Ho_4Sb_3$ ,  $HoSb$ ,  $HoSb_2$ ,  $Sb$ ,  $Sb_2Se_3$ ,  $HoSe$ ,  $HoSe_2$ ,  $HoSbSe_3$ ,  $Se$ ,  $-(Ho_3Se_4+Ho_2Se_3)$  и раслаивание. Эти области достаточно четко раз-граничены и на их основе можно разработать условия синтеза и выращивания монокристал-лов твердых растворов с заданными свойствами. Самую обширную область на диаграмме состояния занимает фаза  $HoSe (>50 ат\%)$ , наименьшую – поле кристаллизации  $Se$ .

В разрезе  $HoSe$ - $Sb$  при 1165K имеет место раслаивание в области составов 20-60 мол%  $HoSe$ .

В тройной системе Ho-Sb-Se наблюдается 11 неинвариантных равновесий, из которых E1-E5 – точки тройных эвтектик, P1-P6 – точки перитектики. В таблице 2 представлены реак-ции, происходящие в этих равновес