

для исходных образцов с большой N_d . Отсюда следует дополнительный вывод: дислокации не играют самостоятельной роли в образовании центра, а действуют лишь как стоки для вакансий.

Наконец, мы приходим к заключению, что при высоких температурах $1/4$ полного количества фосфора в кремнии находится в междуузлиях; в ряде случаев фосфор внедрения сохраняется при охлаждении образцов до комнатной температуры. С этой точки зрения большой коэффициент диффузии Р в Si ⁽²⁾ обусловлен тем, что фосфор диффундирует по междуузлиям, в отличие от других примесей замещения, диффундирующих по вакансиям. Если увеличить концентрацию вакансий в образце путем пластической деформации, то диффузия фосфора должна замедлиться, так как доля внедренного фосфора, согласно (1), уменьшается. При вакансионном механизме диффузия должна была бы ускориться. Именно такой эффект был обнаружен в работе ⁽³⁾: при динамической деформации кремния диффузия Ga, В, Sb ускорялась, а диффузия Р замедлялась. Другое следствие из существования фосфора внедрения состоит в том, что при легировании кремния только фосфором концентрация электронов n должна отличаться от полного содержания фосфора c . Если уровень $E_v + 0,13$ эв акцепторный, то $n = (c - N) - N \approx 1/2c$, а если донорный, то $n = c - N \approx 3/4c$. По многим литературным источникам (например ^(10, 12)) n близка к c . Особняком стоят данные работы ⁽⁴⁾. Всего вероятнее, уровень $E_v + 0,13$ эв является донорным, что согласуется и с данными ^(6, 7) по рекомбинации на этом уровне.

Государственный научно-исследовательский
и проектный институт редкометаллической
промышленности

Поступило
3 V 1968

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. И. Фистуль, Сильно легированные полупроводники, «Наука», 1967.
² Б. И. Болтакс, Диффузия в полупроводниках, М., 1961. ³ J. E. Lawrence, Brit. J. Appl. Phys., 18, № 4, 405 (1967). ⁴ Г. И. Воронкова, А. Г. Дудин, М. И. Иглицын, Научн. тр. Гиредмета, 25, 241 (1968). ⁵ G. Ziegler, Zs. Metallkunde, 49, № 9, 491 (1968); в сборн. Зонная плавка, 1966, стр. 64. ⁶ R. H. Glaenger, C. J. Wolf, J. Appl. Phys., 36, № 7, 2197 (1965). ⁷ Г. Н. Галкин, ФТТ, 2, № 1, 8 (1960). ⁸ G. G. Watkins, J. W. Corbett, Phys. Rev., 134, № 5A, 1359 (1964). ⁹ T. R. Waite, Phys. Rev., 107, № 2, 463 (1957). ¹⁰ B. J. Masters, J. M. Fairfield, J. Appl. Phys., 38, № 8, 3148 (1967). ¹¹ Дж. Дамаск, Дж. Динс, Точечные дефекты в металлах, М., 1966. ¹² R. N. Hall, J. Phys. Chem., 57, № 8, 836 (1953).

УДК 539.89

ХИМИЯ

N. A. Goryunova S.V. Popova L. G. Khvostantsev
Н. А. ГОРЮНОВА, С. В. ПОПОВА, Л. Г. ХВОСТАНЦЕВ

ПОВЕДЕНИЕ $CdSiP_2$, $CdGeP_2$, $CdSnP_2$, $ZnSnP_2$, $ZnGeP_2$
И $ZnSiP_2$ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЙ И ТЕМПЕРАТУР

(Представлено академиком Л. Ф. Верещагиным 30 XII 1968)

Поведение ряда соединений состава ABC_2 при высоких давлениях и температурах исследовалось различными авторами. Для одной группы этих веществ ($A^IVB^III C_2^{VI}$) были обнаружены новые метастабильные фазы со структурой типа $\alpha-NaFeO_2$ (1). Вещества другой группы ($A^{IV}B^{IV}C_2^V$, где $C = As$) разлагаются на $A_3^{IV}C_2^V + B^{IV}C^V + C_2^V$ (2).

В настоящей работе исследованы при высоком давлении соединения $CdSiP_2$, $CdGeP_2$, $CdSnP_2$, $ZnSnP_2$, $ZnGeP_2$ и $ZnSiP_2$, кристаллизующиеся в структуре халькопирита.

Работа выполнена на камере высокого давления, сконструированной в Институте физики высоких давлений АН СССР Верещагиным, Новиковым, Хвостанцевым, позволяющей генерировать давление до 165 кбар. В качестве реперных точек при измерении давления служили полиморфные переходы в Bi (25,4; 26,9; 89,3 кбар), в Ba (59; 144 кбар), в Sn (115 кбар) и Pb (161 кбар). Исходные продукты в виде порошков соответствующих соединений синтезированы в Физико-техническом институте им. А. Ф. Иоффе АН СССР.

Исследуемые вещества помещались в контейнер из BN , находящийся, в свою очередь, в цилиндрическом нагревателе из графита. Конечные продукты изучались рентгенографически, путем съемки дебаеграмм (камера РКД-57, фильтрованное медное излучение).

Установлено, что при давлении 60 кбар и температуре выше 700° $CdSiP_2$ разлагается на Cd и SiP_2 . При этом SiP_2 кристаллизуется в структуре типа пирита, что соответствует известным из литературы данным (3-5) для этого соединения, синтезированного из элементов как при нормальном давлении, так и в условиях высоких давлений и температур. Расчетное изменение удельного объема при реакции разложения (без учета поправки на сжимаемость и тепловое расширение) равно $\Delta V / V_0 = 20\%$, из пикнометрического измерения плотности полученной при разложении смеси ($Cd + SiP_2$) $\rho_{эф} = 4,96 \pm 0,02$ г/см³ относительное изменение удельного объема также должно быть равно 20%. Нагревание смеси ($Cd + SiP_2$) в вакууме при температуре 600° в течение 1 часа приводит к синтезу исходного продукта $CdSiP_2$.

Для $CdGeP_2$ при давлении 50 кбар и температуре 900° обнаружена стеклообразная фаза, возникающая и при нормальном давлении при быстром охлаждении из расплава (6). При более высоких давлениях, и температуре выше 700° наблюдается разложение $CdGeP_2$. На дебаеграммах продукта, полученного при давлении 50—70 кбар и температурах выше 700° , наблюдаются линии Cd_3P_2 и черного фосфора, что дает основание предположить, что разложение идет в соответствии с реакцией $3CdGeP_2 \rightarrow Cd_3P_2 + 3GeP + P$ (черный) ранее найденной (2) для арсенидов. Плотность полученной смеси, измеренная пикнометрическим методом, $\rho_{эф} = 5,2 \pm 0,02$ г/см³, что соответствует изменению удельного объема при разложении на величину $\Delta V = -25,38$ см³/моль, относительное изменение объема составляет 15%.