

КОЭФФИЦИЕНТЫ САМОДИФФУЗИИ СЕРЫ В МОНОКРИСТАЛЛАХ In_2S_3 , CdIn_2S_4 И AgIn_5S_8

В. Э. Тэзлэван, С. И. Радауцан, С. А. Рацеев

В данной работе приводятся результаты определения коэффициентов самодиффузии серы в монокристаллах In_2S_3 , CdIn_2S_4 и AgIn_5S_8 , выращенных методом ХГР из стехиометрических загрузок (а для CdIn_2S_4 — и из загрузок с избытком серы) и предварительно отожженных в атмосфере серы. Исследования проводились на образцах, имеющих форму трехгранных призм с размером граней оснований не менее 1.5 см и высотой не менее 0.8 см. Диффузию изучали при помощи радиоизотопа S^{35} , излучающего мягкое β -излучение. Для этого кристаллы отжигались в серосодержащей среде, создаваемой в запаянной ампуле при помещении ее в двухтемпературную печь. Температура края ампулы, где размещалась сера, поддерживалась при 600 °С, что обеспечивало давление паров серы не менее 4 атм. Температура другого края ампулы (температура отжига), где находился образец, изменялась от 873 до 1273 К. Длительность отжига составляла 15 ч. После отжига с образцов срезались пластинки, параллельные боковым граням, толщиной 2—3 мм для устранения участков, в которых возможна двухсторонняя диффузия.

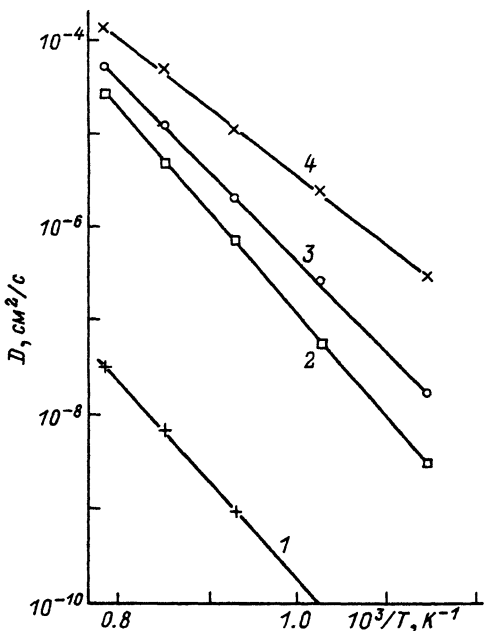
В результате проведения диффузионного отжига по глубине образца вдоль направления [111] устанавливалось некоторое распределение радиоизотопа серы S^{35} , для изучения которого применяли метод определения скорости счета с поверхности образца после послышного сошлифования граней оснований, параллельных кристаллографической плоскости {111}.

Были получены значения скорости счета, которые пропорциональны концентрации проникшего в каждый слой диффундирующего вещества. Используя формулу распределения концентрации, которая устанавливается в полубесконечном твердом теле при диффузии в него из паровой фазы [1]

$$C = C_0 \operatorname{erfc} x / \sqrt{4Dt}, \quad (1)$$

где C_0 — концентрация радиоактивного вещества на поверхности образца, C — концентрация радиоактивного вещества на глубине сошлифовки x после времени отжига t , определили коэффициенты диффузии D , температурные зависимости которых представлены на рисунке.

Эти величины больше соответствующих коэффициентов самодиффузии в кристаллах CdS [2], что, вероятно, связано с большей дефектностью кристаллической структуры рассматриваемых соединений в сравнении с сульфидом кадмия. Су-



Зависимости коэффициентов диффузии серы в CdS [1] (1), AgIn_5S_8 (2), CdIn_2S_4 (3) и In_2S_3 (4) от температуры.

T, K	D, cm^2/c		
	In_2S_3	CdIn_2S_4	AgIn_5S_8
873	$3.2 \cdot 10^{-7}$	$1.7 \cdot 10^{-8}$	$3.1 \cdot 10^{-9}$
973	$2.5 \cdot 10^{-6}$	$2.6 \cdot 10^{-7}$	$5.8 \cdot 10^{-8}$
1073	$1.1 \cdot 10^{-5}$	$1.9 \cdot 10^{-6}$	$7.2 \cdot 10^{-7}$
1173	$4.8 \cdot 10^{-5}$	$1.2 \cdot 10^{-5}$	$4.8 \cdot 10^{-6}$
1273	$1.4 \cdot 10^{-4}$	$5.0 \cdot 10^{-5}$	$2.6 \cdot 10^{-5}$

существенно различаются коэффициенты диффузии исследуемых соединений между собой, что также, возможно, связано со степенью дефектности данных соединений: она больше для In_2S_3 , в которых по сравнению с CdIn_2S_4 и AgIn_5S_8 одна треть тетраэдрических узлов пуста (см. таблицу). Кроме того, на величину коэффициента самодиффузии оказывают влияние и режимы выращивания исследуемых соединений: например, для монокристаллов CdIn_2S_4 , выращенных из загрузок со сверхстехиометрической добавкой серы, этот параметр существенно меньше такового для кристаллов, выращенных из стехиометрической загрузки. Для сравнения: $3.7 \cdot 10^{-10}$ и $2.6 \cdot 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{c}$ (973 K), $8.7 \cdot 10^{-10}$ и $1.2 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{c}$ (1173 K) соответственно. По аналогии с CdS [2] такая ситуация свидетельствует об относительно высокой концентрации вакансий серы в кристаллах, выращенных из стехиометрических загрузок. Отметим, что значения коэффициентов диффузии серы в кристаллах, выращенных из составов со сверхстехиометрической добавкой, не отличаются от коэффициентов диффузии серы для образцов, полученных из стехиометрических загрузок, но подвергшихся последующему отжигу в парах серы, что указывает на относительно одинаковый состав этих кристаллов.

Зависимости $\lg D = f(1000/T)$ для кристаллов In_2S_3 , CdIn_2S_4 , AgIn_5S_8 представляют собой прямые линии с различным наклоном (см. рисунок). Это означает, что в рассматриваемом интервале температур изменение коэффициента диффузии с температурой описывается экспоненциальной функцией, аналогичной функции, описывающей диффузию примесей в германии [3]

$$D = D_0 \exp(-Q/kT), \quad (2)$$

где Q — энергия активации. Записывая уравнения полученных нами температурных зависимостей в координатах $(\lg D, 1000/T)$ и сопоставляя их с формулой (2), получаем следующие значения для энергии активации диффузии (эВ) в кристаллах In_2S_3 , CdIn_2S_4 , AgIn_5S_8 : 1.51, 1.98, 2.24 соответственно. Эти величины находятся в удовлетворительном согласии с энергией активации диффузии в CdS [2].

Список литературы

- [1] Болтакс Б. И. Диффузия в полупроводниках. М., 1961. 462 с.
- [2] Сысоев Л. А., Гельфман А. Я., Ковалева А. Д., Кравченко И. Г. // Изв. АН СССР. Неорг. матер. 1969. Т. 5. № 12. С. 2208—2209.
- [3] Болтакс Б. И. Диффузия и точечные дефекты в полупроводниках. Л.: Наука, 1972. 384 с.

Институт прикладной физики
АН Молдовы
Кишинев

Поступило в Редакцию
12 мая 1991 г.
В окончательной
редакции
4 февраля 1992 г.