

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СПЕКТР НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В  $\beta$ - $\text{Ag}_2\text{S}$ 

Ф.Ф. АЛИЕВ, А.А. САДДИНОВА, А.А. КУЛИЕВ.

*Институт Физики НАН Азербайджана  
370143, г.Баку, пр. Г.Джавида 33,*

Məqalədə  $\text{Ag}_2\text{S}$  kristalında elektrikkeçirmə ( $\sigma$ ), Holl əmsalının ( $R$ ) və termoelektrik əmsalının ( $\alpha_0$ ) temperatur əmsalı tədqiq olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki,  $T \approx 435 \pm 5\text{K}$ -də bütün kinetik əmsallar, zona parametrlərinin dəyişməsi ilə əlaqədar olaraq sıçrayışla dəyişirlər. Göstərilmişdir ki,  $\beta$ - $\text{Ag}_2\text{S}$  kristalında faza keçidindən sonra keçirici zona qeyri-parabolik olur.

В работе представлены температурные зависимости электропроводности  $\sigma$ , коэффициента Холла  $R$  и термоэдс  $\alpha_0$  в  $\text{Ag}_2\text{S}$ . Установлено, что при  $T \approx 435 \pm 5\text{K}$  все кинетические параметры изменяются скачкообразно, что связано с изменением зонных параметров. Показано, что закон дисперсии в  $\beta$ - $\text{Ag}_2\text{S}$  соответствует модели Кейна.

The temperature dependences of electrical conductivity  $\sigma$ , Hall coefficient  $R$  and thermal power  $\alpha_0$  were investigated in the present work. It was established that, at  $T \approx 435 \pm 5\text{K}$  all kinetic parameters which are related by zone parameters, are jumpily increased. It was shown, that the dispersion law in  $\beta$ - $\text{Ag}_2\text{S}$  is correspond to the Kane model.

В данной работе комплексно исследованы температурные зависимости кинетических параметров в  $\text{Ag}_2\text{S}$ . Установлено, что они при  $T \approx 435 \pm 5\text{K}$  изменяются скачкообразно, которые связаны с изменением зонных параметров.

Известно, что кристаллы  $\text{Ag}_2\text{S}$  при температуре  $T \approx 435 \pm 5\text{K}$  переходит из низкотемпературной  $\alpha$ - фазы с моноклинной структурой в высокотемпературную с ОЦК  $\beta$ -фазу, где происходит существенные изменения параметров зонной структуры, что приводит к количественным изменениям его кинетических свойств [1]. Кристаллы  $\text{Ag}_2\text{S}$  обладает большим значением ширины запрещенной зоны и малой подвижностью носителей заряда в  $\alpha$ -фазе.

Данные параметры в  $\beta$ -фазе слабо изучены, что привлекает особый интерес для определения закона дисперсии в  $\beta$ - $\text{Ag}_2\text{S}$ .

Исследования показывают, что при фазовом переходе (ФП) электропроводность  $\sigma$  увеличивается на несколько порядков, а коэффициент Холла  $R$  и термоэдс  $\alpha_0$  уменьшаются в  $\sim 3 \div 4$  раза. После ФП для концентрации  $n > 7 \cdot 10^{18} \text{cm}^{-3}$   $\sigma$  с температурой уменьшается, а  $R$  и  $\alpha_0$  не зависят от  $T$ . А концентрации  $n > 7 \cdot 10^{18} \text{cm}^{-3}$  ход  $\sigma(T)$  увеличивается, а  $R(T)$  с  $T$  уменьшается. Это свидетельствует о том, что для концентрации  $n > 7 \cdot 10^{18} \text{cm}^{-3}$  сразу после ФП наступает собственная проводимость. Поэтому по данным  $\lg(RT^{3/2}) \sim (1000/T)$  определена ширина запрещенной зоны и она равна  $0.44 \pm 0.04 \text{eV}$ .

Приведенные расчеты показывают, что уменьшение  $\sigma(T)$  связано с тем что, подвижности электронов и дырок сильно уменьшаются за счет их рассеяния на тепловые колебания решетки на точечных дефектах, возникающих при ФП.

По данным четырех кинетических коэффициентов определена эффективная масса электронов на дне зоны проводимости  $m_0^*$  и на уровне Ферми  $m^*$ . Полученные данные показывают, что их значение равны  $\sim 0.21$  и  $0.4$  соответственно. Показано, что  $m^*$  и  $m_0^*$  с ростом температуры слегка увеличивается.

Определение  $m^*$  для набора концентрации показывает, что она с ростом концентрации увеличивается. Это свидетельствует о том, что зона проводимости отклоняется от параболичности.

Показано, что в интервале  $480 \div 600\text{K}$  с ростом температуры  $m^*$  и  $m_0^*$  уменьшаются слабо. Температурный

коэффициент  $m^* \left( \frac{\partial m^*}{\partial T} \approx -3,8 \cdot 10^{-5} \text{K}^{-1} \right)$  узком

интервале  $T$  не превышает допустимую погрешность, насколько такой ход  $m^*(T)$  в широком интервале  $T$  и обосновывает ее проводимость.

Подобные температурные зависимости  $m^*$  и  $m_0^*$  наблюдались в таких узкозонных полупроводниках, как  $\text{HgSe}$ ,  $\text{InSb}$ ,  $\text{HgTe}$ ,  $\text{Ag}_2\text{Te}$  и  $\text{Ag}_2\text{Se}$  [2]. В этих полупроводниках зависимость  $m^*(T)$  обусловлена идентичной зависимостью ширины запрещенной зоны  $\varepsilon_g$  от  $T$ , вытекающей из модели Кейна и Эренрайха [3].

Автор [1] определил ширину запрещенной зоны  $\varepsilon_{g\alpha} = 1,3 \text{eV}$  и ее температурный коэффициент

$\frac{\partial \varepsilon_g}{\partial T} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{eV/K}$  в  $\alpha$ - $\text{Ag}_2\text{S}$ . Видно, что в отличие

от  $\alpha$ - $\text{Ag}_2\text{S}$ , в высокотемпературной фазе  $\beta$ - $\text{Ag}_2\text{S}$   $\varepsilon_g$  с температурой уменьшается также слабо, т.е. ее уменьшение с  $T$  соответствует температурной зависимости  $m^*(T)$  и  $m_0^*(T)$ . Полученные нами данные по  $\varepsilon_g$  и ее

температурной зависимости  $\frac{\partial \varepsilon_g}{\partial T} \approx 4 \cdot 10^{-5} \text{eV/K}$  не

соответствуют результатам [6,10]. Полученные нами данные о  $\varepsilon_g(T)$ ,  $m^*(T)$  и  $m_0^*(T)$  в  $\beta$ - $\text{Ag}_2\text{S}$  в литературе не встречаются. Авторы [4] без достаточного обоснования показали, что зона проводимости  $\beta$ - $\text{Ag}_2\text{S}$

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СПЕКТР НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В $\beta$ - $Ag_2S$

является непараболической, а  $m_0^*$  с ростом температуры слегка увеличивается.

Как видно, значения  $m^*$  и  $m_0^*$  в  $\beta$ - $Ag_2S$  относительно выше, чем в других соединениях семейства  $Ag_2B^{VI}$  (см. таб. и рис.5). Из таблицы также видно, что в них в основном существует корреляция между шириной

запрещенной зоны, эффективной массой  $m_0^*$  и матричным элементом взаимодействия. Из этого ряда выпадает лишь  $\beta$ - $Ag_2S$ , что может быть связано либо с кристаллической структурой  $\beta$ - $Ag_2S$ , либо с матричным элементом взаимодействия. Поскольку кристаллические структуры высокотемпературной

Зонные параметры в  $Ag_2B^{VI}$

Таблица

образцы параметры	T=100 К			T=500 К		
	$\alpha$ - $Ag_2Te$	$\alpha$ - $Ag_2Se$	$\alpha$ - $Ag_2S$	$\beta$ - $Ag_2Te$	$\beta$ - $Ag_2Se$	$\beta$ - $Ag_2S$
$\varepsilon_g$ (eV)	0,024	0,17	1,30	0,12	0,08	0,44
$m_0^*$	0,020	0,080	0,450	0,030	0,008	0,21
$P \cdot 10^8$ (eV · cm)	0,50	1,74	12,0	5,04	5,90	6,30
$U : 10^{-3} \frac{cm^2}{V \cdot s}$	20	1,8	0,02	4,0	0,7	2

фазы  $\beta$ - $Ag_2Te$  (ГЦК) и  $\beta$ - $Ag_2Se$  (ОЦК) близки, а  $\beta$ - $Ag_2S$  (ОЦК) [5] также хорошо вписывается в приведенный ряд, то можно полагать, что в последнем большая эффективная масса на дне зоны проводимости и соответственно на уровне Ферми, обусловлены высокими значениям матричного элемента взаимодействия:

$$P = \left[ \frac{3h^2}{4m_0^*} \varepsilon_g (1 - m_0^*) \right]^{1/2}$$

Как видно из таблицы, P в  $\beta$ - $Ag_2S$  примерно в ~2 раза меньше по сравнению с  $\alpha$ - $Ag_2S$ . Отсюда следует, что большое значение  $m_0^*$  является причиной относительно малой подвижности электронов U.

Особый интерес представляют результаты об изменении кинетических коэффициентов при ФП.

Как видно, при ФП  $\varepsilon_g$ ,  $m^*$  и  $m_0^*$  уменьшаются скачком. Безусловно, скачкообразное уменьшение зонных параметров обусловлено реконструкцией кристаллической структуры при ФП, сопровождающимся скачкообразным изменением постоянной решетки. Слабые температурные зависимости ширины запрещенной зоны обусловлены, в основном, тепловым расширением кристалла и с некоторой долей взаимодействия носителей заряда с тепловыми колебаниями решетки.

Таким образом, установлено, что в  $\beta$ - $Ag_2S$  эффективная масса на дне зоны проводимости намного меньше эффективной массы на уровне Ферми; также  $m_0^*$  и  $\varepsilon_g$  при ФП корреляционно уменьшаются. Для зоны проводимости ФП в  $Ag_2S$  сопровождается переходом от параболического закона дисперсии носителей к непараболическому.

- |  |  |
|--|--|
| <p>[1]. F.F.Aliev, G.P.Pashaev, A.H.Raqimov The amplification of force of the current on basis in <math>Ag_2S</math>. TPE- 06 3 rd International Conference on Technical and Physical Problems in Power Engineering. May 29-31, 2006, Ankara, Turkey. pp. 770-771.</p> <p>[2]. С.А. Алиев, Ф.Ф. Алиев. Изв. АН. ССР. Неорган. материалы, 1985, 21, 11, 1869, 1985.</p> | <p>[3]. О.Маделунг. Физика полупроводниковых соединений элементов III и IV групп. Изв. «Мир» Москва, 1967, 477с.</p> <p>[4]. А.В. Дитман, И.Н. Куликова. ФТП, 1977, 19.8. 1397.</p> <p>[5]. В.М. Глазов, Н.М. Махмудова. Изв. АН СССР. Неорган. материалы, 1979, VI. 3, 1409</p> |
|--|--|

Daxil olunub: 01.07.2007