

ПЬЕЗОРЕЗИСТИВНЫЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ  $(\text{PInSe}_2)_x(\text{PInS}_2)_{1-x}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ).

Э.М. КЕРИМОВА, С.Д. МАМЕДБЕЙЛИ, А.З. АБАСОВА, П.Г. ИСМАЙЛОВА

Институт Физики АН Азербайджана

Баку-143, пр. Г. Джавида, 33

(Поступило 24.10.95)

Исследован пьезорезистивный эффект в полученных монокристаллах  $(\text{PInSe}_2)_x(\text{PInS}_2)_{1-x}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ). Изучено влияние относительного напряжения (сжатия и растяжения) на электропроводность указанных кристаллов. Установлено, что зависимость тензочувствительности монокристаллов от деформации имеет нелинейный характер. При изменении деформации от  $4 \cdot 10^{-4}$  до  $24 \cdot 10^{-4}$  тензочувствительность уменьшается от 1386 до 435.

Электрические, фотоэлектрические, оптические и тензометрические свойства исходных монокристаллов  $\text{PInSe}_2$  и  $\text{PInS}_2$  описаны в [1-4].

Твердые растворы  $(\text{PInSe}_2)_x(\text{PInS}_2)_{1-x}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ) синтезированы путем сплавления компонентов в вакуумированных при  $1,3 \cdot 10^{-2}$  Па кварцевых ампулах. В качестве исходных компонентов использованы особо чистые элементы: таллий Тl-000, индий In-000, селен Se-осч-17-4, сера S-000. Режим синтеза сплавов выработан, основываясь на температуре их плавления.

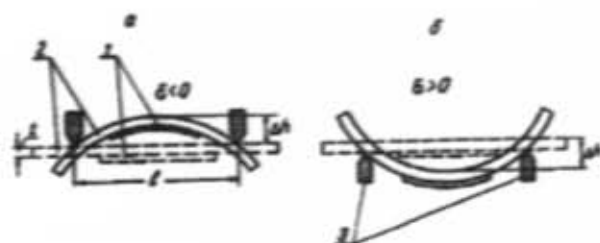


Рис. 1. Схематический вид устройства для измерения относительной деформации в статическом режиме:

- 1 - образец кристалла;
- 2 - стальная балка;
- 3 - боковые опоры.

Монокристаллы твердых растворов  $(\text{PInSe}_2)_x(\text{PInS}_2)_{1-x}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ) были выращены методом Бриджмена с применением электронных терморегуляторов для поддержания оптимального теплового режима в процессе кристаллизации. Скорость фронта кристаллизации при этом варьировалась от 0,5 до 3 мм/ч. Образцы для измерения влияния давления на фотоэлектрические свойства были получены скалыванием кристаллов по плоскости спайности. Поверхность скола - зеркальная, что исключает механическую обработку, и имеет форму прямоугольных параллелепипедов размерами  $0,2 \times 0,2 \times 2,3$  мм<sup>3</sup>. В качестве омических контактов к образцам использовался In-Ga эвтектический сплав. Монокристаллические образцы приклеивались к балочке специальным клеем. Тензочувствительность в нашем случае вычислялась по формуле [5]

$$K = \frac{\Delta R_{x,\sigma} I^2}{4 R_0 h t}$$

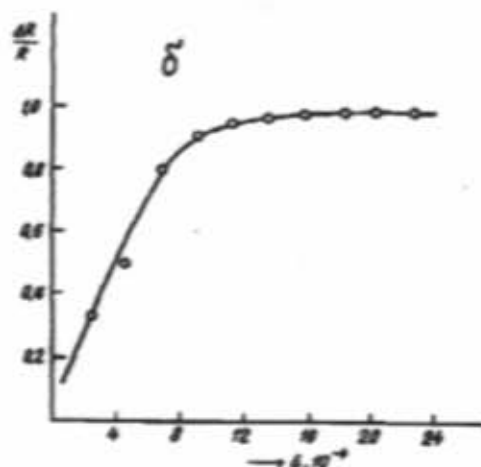
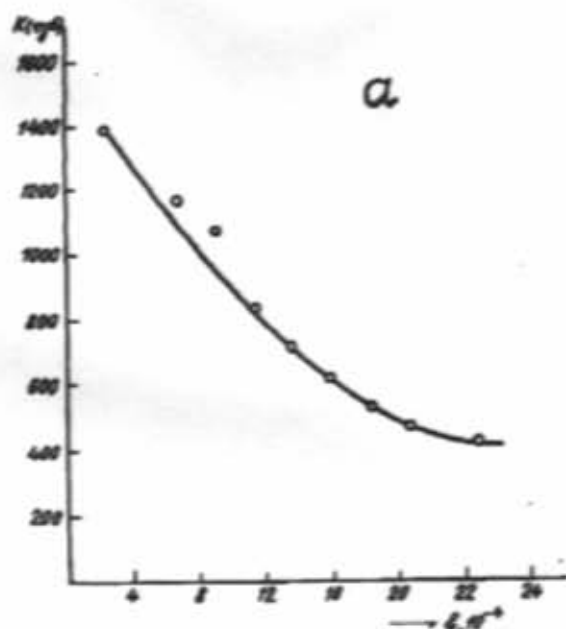


Рис. 2. а) Зависимость тензочувствительности от деформации монокристаллов  $(\text{PInSe}_2)_x(\text{PInS}_2)_{1-x}$  ( $x=0,8$ ). б) Зависимость относительного сопротивления от деформации монокристаллов  $(\text{PInSe}_2)_x(\text{PInS}_2)_{1-x}$  ( $x=0,8$ ).

Здесь  $R$  - сопротивление до деформации,  $\Delta R_{x,0}$  - приращение сопротивления в результате деформации,  $h$  - стрела прогиба,  $t$  - толщина балочки,  $l$  - расстояние между опорами (рис. 1). Необходимое для этого перемещение  $\Delta h$  (как в сторону положительной, так и отрицательной деформации) в обоих случаях статического режима измерялось с высокой точностью при помощи индикатора с часовым механизмом. Коэффициент тензочувствительности рассчитывался по формуле  $K = \frac{R_x - R_0}{R_0 \epsilon}$ , где деформация  $\epsilon = \frac{4t}{l^2} \Delta h$ .

На рис. 2а, показана зависимость тензочувствительности ( $K$ ) от деформации ( $\epsilon$ ) монокристаллов (TlInSe<sub>2</sub>)<sub>1-x</sub>(TlInS<sub>2</sub>)<sub>x</sub>. При увеличении деформации эта зависимость имеет нелинейный характер; тензочувствительность при температуре 300 К изменяется от 435 до 1386.

Зависимость относительного изменения сопротивления ( $\Delta R_{x,0}/R_0$ ) от деформации показана на рис. 2б.

На рис. 3 дана зависимость фотопроводимости монокристаллов (TlInSe<sub>2</sub>)<sub>1-x</sub>(TlInS<sub>2</sub>)<sub>x</sub> при одноосном сжатии и растяжении.

На рис. 3 видно, что при одноосном сжатии монокристаллов (TlInSe<sub>2</sub>)<sub>1-x</sub>(TlInS<sub>2</sub>)<sub>x</sub> фотопроводимость увеличивается в 4,5 раза, а при растяжении уменьшается. Согласно модели, данной в [6], при одноосном сжатии (растяжении), энергетический зазор, соответствующий прямому переходу, остается без изменения в отличие от зазора непрямого перехода. Об этом свидетельствуют экспериментальные положения максимумов длинноволновых границ спектров собственной фотопроводимости при различных значениях деформации (рис. 3 штриховая линия).

Пьезорезистивные параметры исследуемых твердых растворов системы TlInSe<sub>2</sub>-TlInS<sub>2</sub> приведены в таблице.

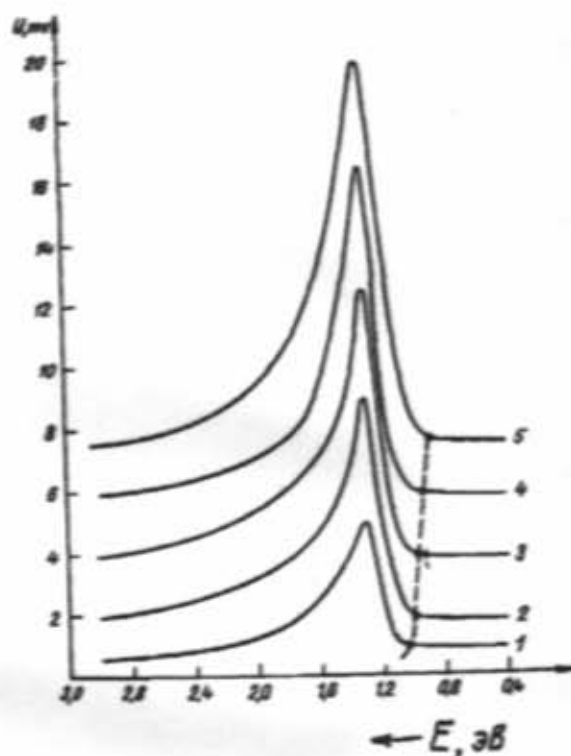


Рис. 3. Спектральная зависимость фотопроводимости монокристаллов (TlInSe<sub>2</sub>)<sub>1-x</sub>(TlInS<sub>2</sub>)<sub>x</sub> (x=0,8) при одноосном сжатии и растяжении в том же направлении  $\epsilon \cdot 10^{-4}$ : 1) 11,4; 2) 22,8; 3) 0; 4) -11,4; 5) -22,8.

Пьезорезистивные параметры твердых растворов (TlInSe<sub>2</sub>)<sub>1-x</sub>(TlInS<sub>2</sub>)<sub>x</sub> (x=0,8)

Таблица

№№	h	$\epsilon \cdot 10^{-4}$	$U_n \cdot 10^{-3}$ (В)	$U_p \cdot 10^{-3}$ (В)	$R_n \cdot 10^{-9}$ (Ом)	$R_p \cdot 10^{-9}$ (Ом)	$\Delta R_{x,0}^{\sigma} \cdot 10^{-9}$ (Ом)	$\Delta R_{x,0}^{\epsilon} \cdot 10^{-9}$ (Ом)	K (чувств)	$\frac{\Delta R_{x,0}}{R}$
1	0	-	0,2	1,2	5,00	0,83	5,00	0,83	-	-
2	0,2	2,28	0,3	1,8	3,33	0,55	1,67	0,27	1386	0,33
3	0,4	4,56	0,4	2	2,50	0,50	2,50	0,33	1096	0,54
4	0,6	6,84	1	3,8	1,00	0,26	4,00	0,56	1173	0,83
5	0,8	9,12	2,5	8,7	0,40	0,11	4,60	0,71	1083	0,92
6	1	11,4	4	16	0,25	0,06	4,75	0,76	833	0,95
7	1,2	13,68	7	23	0,14	0,04	4,85	0,78	710	0,97
8	1,4	15,96	10	45	0,10	0,02	4,90	0,80	614	0,98
9	1,6	18,24	20	66	0,05	0,01	4,95	0,81	543	0,99
10	1,8	20,52	23	78	0,04	0,01	4,95	0,81	483	0,99
11	2,0	22,8	27	90	0,03	0,01	4,96	0,81	435	0,99

Примечание:  $R_n = 2 \cdot 10^5$  Ом,  $l = 29$  мм,  $t = 0,24$  мм,  $U_n = 5$  В,  $R_0 = \frac{R_n}{R_{sp}} (U_n - U_{sp})$ ;  $K = \frac{\Delta R_{x,0} \cdot l^2}{4kht}$ ;  $\epsilon = \frac{4ht}{l^2} = \frac{0,96 \cdot 0,2}{856} = 2 \cdot 10^{-4}$

- [1] G.D. Guseinov, A.M. Ramazanzade, E.M. Kerimova, M.Z. Ismailov. Phys. Stat. Sol., 1967, v. 22, № 2, p. 117-122.
- [2] G.D. Guseinov, E. Mooser, E.M. Kerimova, R.S. Gamidov, M.Z. Ismailov. Phys. Stat. Sol., 1969, v. 34, p. 33-44.
- [3] G.D. Guseinov, A.G. Abdullaev, M.Z. Ismailov, V.D. Rustamov. Mat. Rev. Bull., 1977, v. 12, № 5, p. 115-118.
- [4] Г.Д. Гусейнов, А.У. Мальсагов, А.Х. Матиев, С.Х. Умаров, Э.Г. Абдуллаев, М.Л. Шубникоф ФТП, 1985, т. 19, в. 5, с. 885-887.

- [5] Л.С. Ильинская, А.Н.Подмарков. Полупроводниковые тензодатчики. М.: Энергия, 1966, с. 118. [6] F.M. Gashimazade, G.S. Orudzhev. Phys. Stat. Sol. (b), 1981, v. 106, № 1, K67.

E.M. Kerimova, S.D. Mamedbeyli, A.Z. Abasova, P.G. Ismailova

**$(\text{TlInSe}_2)_x(\text{TlInS}_2)_{1-x}$  (0 ≤ x ≤ 1) BƏRK MƏHLULLARININ PYEZOREZİSTİV XASSƏLƏRİ**

$(\text{TlInSe}_2)_x(\text{TlInS}_2)_{1-x}$  (0 ≤ x ≤ 1) bərk məhlullarının monokristalları Bricman üsulu ilə yetişdirilmişdir. Alınmış monokristallarda pyezorezistiv effekt tədqiq olunmuşdur. Göstərilən kristalların elektrik keçiriciliyinə bir oxlu gərginliyin (sıxılma və dartılma) təsiri öyrənilmişdir. Müəyyənləşdirilmişdir ki, tenzohəssaslığın deformasiyadan asılılığı xətti deyil. Deformasiyanın  $4 \cdot 10^{-4}$ - $24 \cdot 10^{-4}$  qiymətlərində tenzohəssaslıq 1386-dan 435-ə qədər azalır.

E.M. Kerimova, S.D. Mamedbeyli, A.Z. Abasova, P.G. Ismailova

**PIEZORESISTIVE PROPERTIES OF SOLID SOLUTIONS  $(\text{TlInSe}_2)_x(\text{TlInS}_2)_{1-x}$  (0 ≤ x ≤ 1).**

Single crystals of solid solutions  $(\text{TlInSe}_2)_x(\text{TlInS}_2)_{1-x}$  (0 ≤ x ≤ 1) are grown by Bridgman method.

Piezoresistive effect of obtained single crystals have been investigated. There have been treated the influence of uniaxial stress (compression and tension) on the electroconductivity of mentioned crystals. It is established that dependence of tensosensitivity of single crystals on the strain is of non-linear character. At the strain change from  $4 \cdot 10^{-4}$  up to  $24 \cdot 10^{-4}$  the tensosensitivity decreases from 1386 to 435.

*Redaktor: M.H. Ataev*