

**ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЛОИСТЫХ МОНОКРИСТАЛЛОВ  $TlGa_{0,99}Fe_{0,01}S_2$**

**Э.М. КЕРИМОВА, С.Н. МУСТАФАЕВА, С.Б. КЯЗИМОВ, Э.М. ГОДЖАЕВ**

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

Изучено влияние частичного замещения Ga→Fe в монокристаллах  $TlGaS_2$  на их фотоэлектрические свойства. Указанное замещение в количестве 1 ат. % Fe приводило к полной перестройке спектров фототока. Полученные экспериментальные результаты показали, что изменением температуры от 300 до ≈ 370 К можно управлять энергией максимума фототока монокристаллов  $TlGa_{0,99}Fe_{0,01}S_2$  от 1,98 до 1,70 эВ.

Физические свойства слоисто-цепочечных полупроводников типа  $TlB^{III}C_2^{VI}$  (B-In,Ga,C-S,Se,Te) под влиянием внешних воздействий (температура, электрическое поле, электромагнитное и ионизирующее излучение, давление, интеркаляция) довольно подробно исследованы [1-13]. Было показано, что воздействием перечисленных внешних факторов можно управлять электрическими, фотоэлектрическими и оптическими свойствами указанных полупроводников. С целью управления их параметрами посредством магнитного поля необходимо придать им магнитные свойства, а это возможно путем частичного замещения немагнитных трехвалентных катионов индия или галлия магнитными ионами (Fe, Co, Ni).

В [14] было исследовано влияние дефектов, созданных при частичном замещении In→Fe на диэлектрические свойства монокристаллов  $TlInS_2$  и параметры мягкой моды.

В [15] нами сообщалось о влиянии частичного замещения In→Fe в монокристаллах  $TlInS_2$  на их оптические свойства.

Целью настоящей работы явилось изучение влияния частичного замещения Ga→Fe в монокристаллах  $TlGaS_2$  на их фотоэлектрические свойства. Следует отметить, что значение ионных радиусов галлия и железа очень близки друг к другу ( $r_{Ga^{+3}}=0,62 \text{ \AA}$ ;  $r_{Fe^{+3}}=0,64 \text{ \AA}$ ).

Монокристаллы  $TlGa_{0,99}Fe_{0,01}S_2$  были выращены методом Бриджмена-Стокбаргера. Рентгенографическим анализом установлено, что данный состав кристаллизуется в моноклинной структуре со значением параметров решетки  $a=10,760 \text{ \AA}$ ;  $b=10,758 \text{ \AA}$ ;  $c=15,625 \text{ \AA}$ ;  $\beta=100,6^\circ$ . Выращенные кристаллы  $TlGa_{0,99}Fe_{0,01}S_2$  подвергались количественному микрорентгенспектральному анализу (на установке «СAMEСА MS-46»), который показал достаточно однородное распределение ионов железа вдоль и поперек ампулы (слитка).

Полученные таким образом монокристаллы  $TlGa_{0,99}Fe_{0,01}S_2$  оказались фоточувствительными. На рис. 1 приведены нормированные спектральные зависимости фототока для исходных монокристаллов  $TlGaS_2$  при температурах 300, 317, 354 и 383 К. Свет на монокристалл падал в направлении, перпендикулярном плоскости естественного скола, а внешнее электрическое поле (из омической области вольтамперной характеристики) было приложено вдоль слоев  $TlGaS_2$ .

Для температур 317 и 354 К (рис. 1, кривые 2 и 3) приведены лишь низкоэнергетические ветви спектра фототока; собственные максимумы этих кривых приходятся на

энергии 2,75 и 2,82 эВ, соответственно, т.е. расположены между собственными максимумами кривых 1 и 4 (2,70 и 2,84 эВ) и не приведены на рисунке в силу того, чтобы не перегружать его.

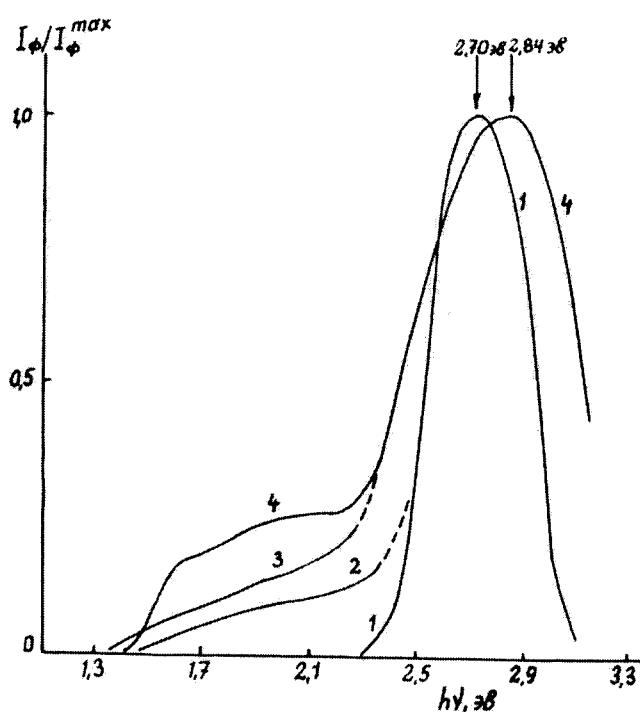


Рис. 1. Спектры фототока для монокристалла  $TlGaS_2$  при различных температурах  $T$ , К: 1-300; 2-317; 3-354; 4-383.

С увеличением температуры от 300 до 383 К в монокристаллах  $TlGaS_2$  наблюдалось уширение основной полосы собственной фотопроводимости и смещение ее в сторону больших энергий. Кроме того, рост температуры приводил к появлению на спектрах фототока монокристалла  $TlGaS_2$  широкой примесной полосы в интервале энергий 1,3-2,2 эВ.

Частичное замещение ионов галлия в решетке  $TlGaS_2$  на ионы железа в незначительном количестве (≈1 ат. % Fe) приводило к полной перестройке фотоэлектронных спектров. На рис. 2 представлены спектры фототока для монокристалла  $TlGa_{0,99}Fe_{0,01}S_2$  при температурах 300, 346 и 369 К. Сопоставление рис. 1 и 2 показывает, что при указанном замещении Ga→Fe основная полоса собственной фотопроводимости, наблюдаемая в области 2,6-2,9 эВ до введения железа, подавляется и проявляется лишь как

слабое коротковолновое плечо на фоне новой полосы максимальной фоточувствительности в низкоэнергетической области спектра 1,3-2,6 эВ), возникшей после введения железа. Аналогичная перестройка спектров фототока

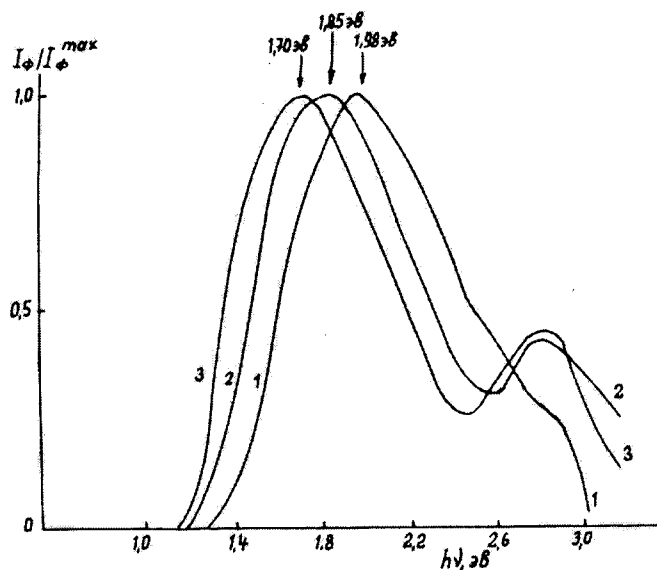


Рис. 2. Спектральные зависимости фототока для монокристалла  $TiGa_{0,99}Fe_{0,01}S_2$  при температурах  $T, K$ : 1-300; 2-346; 3-369.

наблюдалась и при введении ионов железа в монокристаллы  $TiInS_2$  [16]; здесь на спектрах фототока также наблюдалась полоса максимальной чувствительности с пиком при  $h\nu \approx 1,70$  эВ. Данное обстоятельство связано, по-видимому, с усилением межслоевых связей, вызванных присутствием в соседних слоях кристаллов магнитных ионов железа.

Коротковолновый пик в спектрах фототока кристаллов  $TiGa_{0,99}Fe_{0,01}S_2$  составлял 20-25 % от вновь возникшего максимума. Относительная спектральная фоточувствительность содержащих железо кристаллов в указанной выше низкоэнергетической области становится доминирующей, как при комнатной температуре, так и при температурах выше комнатной.

Основной максимум спектра фотопроводимости в результате замещения галлия на 1 ат.% Fe смешался от 2,70 эВ до 1,98 эВ при 300 К. Отмеченная новая полоса

максимальной спектральной фоточувствительности резко смещалась в сторону длинных волн с ростом температуры. На рис. 3 показана зависимость энергии максимума этой полосы от температуры, откуда видно, что по мере повышения температуры от 300 до 369 К,  $h\nu_{max}$  смещается от 1,98 до 1,70 эВ.

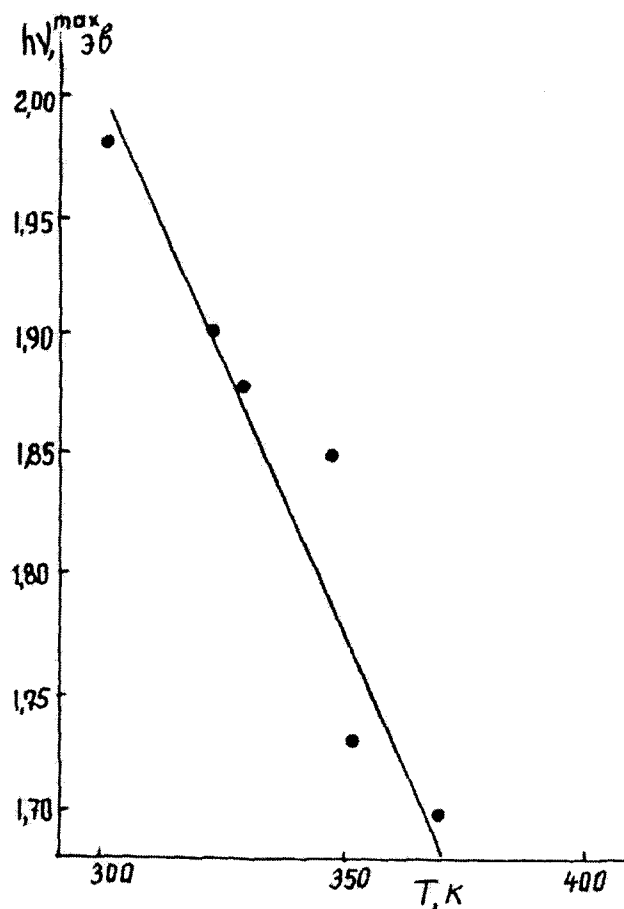


Рис.3. Зависимость энергии максимума фототока ( $h\nu_{max}$ ) в монокристалле  $TiGa_{0,99}Fe_{0,01}S_2$  от температуры.

Таким образом, полученные экспериментальные результаты показали, что за счет частичного замещения  $Ga \rightarrow Fe$  в решетке  $TiGaS_2$  можно существенно модифицировать спектры фототока полученных кристаллов, а также управлять энергией максимума фототока монокристаллов  $TiGa_{0,99}Fe_{0,01}S_2$  вариацией температуры.

[1] С.Н. Мустафаева. Неорган. материалы. 1994, т.30, № 8, с.1033-1036.  
 [2] С.Н. Мустафаева, С.Д. Мамедбейли, И.А. Мамедбейли. Неорган. материалы. 1994, т.30, №5, с.626-628.  
 [3] G.D. Guseinov, S.B. Kyazimov, E.M. Kerimova, I.S. Gorban, V.A. Gubanov, N.M. Belyi, A.V. Bobyr. Turkish Journal of Physics. 1994, v.18, №7, p.721-725.  
 [4] С.Н. Мустафаева, М.М. Асадов, В.А. Рамазанзаде. Неорган. Материалы. 1995, т.31, № 3, с.318-320.  
 [5] С.Н. Мустафаева, М.М. Асадов, В.А. Рамазанзаде. ФТТ, 1996, т.38, № 1, с. 14-18.

[6] С.Н. Мустафаева, С.Д. Мамедбейли, М.М. Асадов, И.А. Мамедбейли, К.М. Ахмедли. ФТП, 1996, т.30, №12, с.2154-2158.  
 [7] С.Н. Мустафаева, М.М. Асадов. Неорган. материалы. 1997, т.33, № 7, с.790-792.  
 [8] Э.М. Керимова, С.Н. Мустафаева, А.Б. Магерамов. Неорган. материалы. 1997, т.33, №11, с.1325-1326.  
 [9] С.Н. Мустафаева, В.А. Алиев, М.М. Асадов. ФТТ, 1998, т.40, № 1, с.48-51.  
 [10] С.Н. Мустафаева, В.А. Алиев, М.М. Асадов. ФТТ, 1998, т.40, № 4, с.612-615.  
 [11] С.Н. Мустафаева, Э.М. Керимова, Н.З. Гасанов. ФТП, 1998, т.32, № 2, с.145-147.

- [12] *N.Mamedov, Matsumoto Tamao, H.Uchiki, Yo.Tanaka.* Proceed. of the 11th Int. Conf. on Ternary and Multinary Compounds, ICTMC-11, Salford, 8-12 September 1997, p.899-902.
- [13] *A.Z. Abasova, E.M. Kerimova, G.A. Muradova, A.M. Pashaev.* Proceed. Of the 11th Int. Conf. on Ternary and Multinary Compounds, ICTMC-11, Salford, 8-12 September 1997, p.983-988.
- [14] *Ю. Банис, Й. Григас, Г.Гусейнов.* Литовский физ. сборник. 1989, т.29, № 3, с.348-356.
- [15] *Э.М. Керимова, С.Н. Мустафаева, Л.А. Исмаилова, А.Ю. Наджафов.* Fizika. 1998, т.4, №1, с.28-29.
- [16] *Э.М. Керимова, Г.Г. Гусейнов, Л.А. Исмаилова, А.К. Заманова.* Неорган. материалы. 1997, т.33, № 9, с.1060-1062.

**Э.М. Керимова, С.Н. Мустафаева, С.Б. Казимов, Э.М. Қосаяев**

### **TlGa<sub>0,99</sub>Fe<sub>0,01</sub>S<sub>2</sub> LAYVARI MONOKRISTALLARININ FOTOELEKTRİK XASSƏLƏRİ**

TlGaS<sub>2</sub> monokristallarda Ga→Fe qismən əvəz olunmasının fotoelektrik xassələrinə təsiri öyrənilmişdir. 1 at % Fe-la əvəz olunma fotocərəyanın spektrinin tamamilə dəyişməsinə gətirir. Alınmış təcrübə nəticələri göstərir ki, temperaturun 300-370 K intervalında TlGa<sub>0,99</sub>Fe<sub>0,01</sub>S<sub>2</sub> monokristalının fotocərəyanın maksimumunu enerjisini 1,98 eV-1,70 eV qədər idarə etmək mümkündür.

**E.M. Kerimova, S.N. Mustafayeva, S.B. Kazymov, E.M. Godjayev**

### **PHOTOELECTRICAL PROPERTIES OF LAYER TlGa<sub>0,99</sub>Fe<sub>0,01</sub>S<sub>2</sub> SINGLE CRYSTALS**

The influence of Ga→Fe partial substitution on photoelectric properties of TlGaS<sub>2</sub> single crystals was studied. Substitution by 1 atom % Fe leads to the complete reconstruction of photocurrent spectra. Obtained experimental results showed that by change of temperature from 300 to 370 K one can control energy of photocurrent maximum of TlGa<sub>0,99</sub>Fe<sub>0,01</sub>S<sub>2</sub> single crystals from 1.98 to 1.70 eV.