

РЕНТГЕНОПРОВОДИМОСТЬ МОНОКРИСТАЛЛОВ $TiGaSe_2$

Э.М. КЕРИМОВА, С.Н. МУСТАФАЕВА, С.Д. МАМЕДБЕЙЛИ, А.И. ГАСАНОВ,
С.М. БИДЗИНОВА

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

Изучены рентгенопроводимость и коэффициент рентгеночувствительности слоистых монокристаллов $TiGaSe_2$ в диапазоне эффективных значений жесткости 25-50кэВ. Величина коэффициента рентгеночувствительности существенно изменялась в зависимости от дозы облучения (E) и эффективной жесткости. Рентгеноамперные характеристики монокристаллов $TiGaSe_2$ имели степенной характер: $\Delta J_p \sim E^\alpha$, где значение α в среднем составляло 0,5.

Соединение $TiGaSe_2$ принадлежит к слоистой группе неполновалентных полупроводниковых соединений типа $A^{III}B^{III}C_2^{VI}$. Фотоэлектрические и оптические свойства монокристаллов $TiGaSe_2$ на сегодняшний день изучены достаточно обстоятельно [1-3]. Изучено также влияние гамма, электронного и нейтронного облучения на фотоувствительность монокристаллов $TiGaSe_2$ [4]. В настоящей работе сообщается об рентгенопроводимости, в частности, о коэффициенте их рентгенчувствительности в диапазоне эффективных значений жесткости 25-50кэВ.

Монокристаллы $TiGaSe_2$ для измерения рентгенопроводимости выращены видоизмененным методом Бриджмена. Плоскопараллельные монокристаллические пластинки размерами $a \times b \times c = 2,0 \times 0,2 \times 3,0$ мм³ были отколоты от массивного слитка вдоль естественной плоскости скола (001). Измерительные электроды из жидкой эвтектики были запаяны к торцам указанных пластинок, что обеспечивало протекание тока вдоль слоев. Источником рентгеновского излучения являлась установка УРС-55А с трубкой типа CuK_α .

Соответствующая доза рентгеновского излучения при этом измерена кристаллическим рентгенодозиметром ДРГЗ-02 для заданных значений ускоряющего потенциала в диапазоне 25-50 кэВ. Измеряемый образец располагался в рентгеновской светонепроницаемой камере.

В результате проведенных измерений выявлено, что монокристаллы $TiGaSe_2$ проявляют достаточно высокую рентгенчувствительность при фиксированных значениях ускоряющего потенциала в области 25-50 кэВ.

В качестве параметра, характеризующего рентгенчувствительность изученного кристалла, выбрано относительное изменение проводимости на единицу дозы рентгеновского излучения для случая измерения в режиме малого нагрузочного сопротивления, либо же относительное изменение сопротивления на единицу дозы излучения в случае измерения в режиме разбалансировки мостовой схемы. Следовательно, в случае регистрации изменения проводимости под действием рентгеновского облучения коэффициент рентгенчувствительности определялся как

$$K_\sigma = \frac{\Delta \sigma_{E,0}}{\sigma_0 \cdot E} \quad (1)$$

где $\Delta \sigma_{E,0} = \sigma_E - \sigma_0$; σ_E и σ_0 - величина проводимости в отсутствие облучения и при наличии облучения дозой E . А в случае измерения сопротивления под действием рент-

геновского облучения коэффициент рентгенчувствительности определялся как

$$K_R = \frac{\Delta R_{E,0}}{E \cdot R_0} \quad (2)$$

где $\Delta R_{E,0} = R_E - R_0$; R_E и R_0 - сопротивление в отсутствие и при наличии облучения дозой E .

Определенные отмеченным выше образом величины указанных параметров для кристалла $TiGaSe_2$ при соответствующих значениях ускоряющего потенциала и дозы рентгеновского излучения приведены в таблице и на рис.1.

Как следует из рассмотрения этих данных, величина коэффициента рентгенчувствительности, особенно при малых значениях ускоряющего потенциала (эффективной жесткости) и величин дозы облучения, существенно образом меняется с изменением указанных параметров (см. пунктирные кривые 1-6 и сплошную кривую 7).

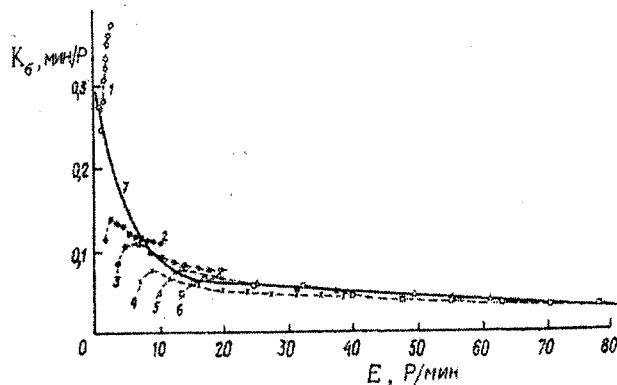


Рис.1. Зависимость коэффициента рентгенопроводимости монокристаллов вдоль плоскости (001) от "эффективной" жесткости и дозы облучения

- 1- 25 кэВ
- 2- 30 кэВ
- 3- 35 кэВ
- 4- 40кэВ
- 5- 45кэВ
- 6- 50 кэВ
- 7- усредненная кривая, отражающая общую тенденцию изменения коэффициента рентгенопроводимости.

Возрастание эффективной жесткости, в частности, приводит к заметному уменьшению величины коэффициента рентгенчувствительности. При фиксированных

значениях ускоряющего потенциала величина коэффициента рентгенчувствительности с повышением дозы облучения, главным образом, уменьшается. Исключение составляет случай "эффективной" жесткости $V_y=25$ кэВ и начальная доза при каждой величине ускоряющего потенциала, при которых наблюдается возрастание K_σ с повышением дозы. Общая тенденция уменьшения величины коэффициента рентгенчувствительности как с увеличением "эффективной" жесткости ($V_y=25+50$ кэВ), так и с возрастанием дозы облучения на рис.1 представлена усредненной условной кривой 7. Физической причиной уменьшения величины коэффициента рентгенчувствительности с возрастанием "эффективной" жесткости излучения может являться уменьшение доли излучения, принимающего участие в генерации свободных носителей, обуславливающих рентгенопроводимость. А что касается наблюдаемой зависимости коэффициента рентгенчувствительности от дозы облучения при фиксированных значениях "эффективной" жесткости (V_y), то она является прямым следствием отклонения рентгенамперных (рентгендозиметрических) характеристик от линейности (см.рис.2). Указанная зависимость для "эффективной" жесткости $V_y=25$ кэВ, является сверхлинейной, а для больших значений "эффективной" жесткости ($V_y=30+50$ кэВ) является сублинейной. В действительности, как это следует из анализа соответствующих рентгенамперных характеристик, представленных в логарифмическом масштабе на рис. 2, показатели степеней " α " зависимости $\Delta\sigma_{E,0} \sim \Delta J_{E,0} \sim E^\alpha$ для значений "эффективной" жесткости 25,30, 35, 40, 45, 50кэВ оказываются соответственно 1,33; 0,77; 0,8; 0,7; 0,7; 0,66. Указанные величины показателей степеней " α ", согласно (1), должны привести к зависимости коэффициента рентгенчувствительности от дозы

$$K_\sigma \sim E^{0,33}; \quad K_\sigma \sim E^{-0,23}; \quad K_\sigma \sim E^{-0,2}$$

$$K_\sigma \sim E^{-0,3}; \quad K_\sigma \sim E^{-0,3}; \quad K_\sigma \sim E^{-0,34}$$

что экспериментально наблюдается (см. рис. 1, кривые 1-6).

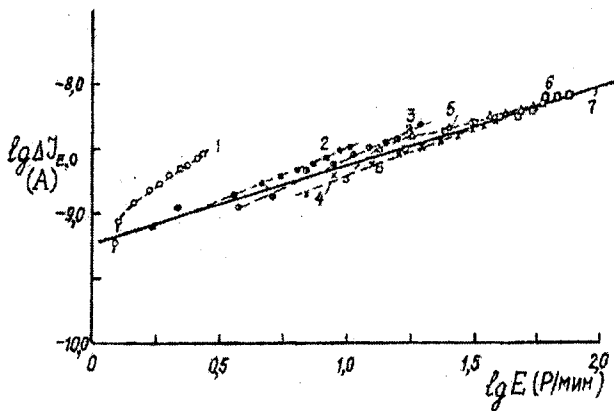


Рис.2. Зависимость тока рентгенопроводимости $\Delta J_{E,0} \sim \Delta \sigma_{E,0}$ от дозы рентгеновского излучения в логарифмическом масштабе для соответствующих величин "эффективной" жесткости

- 1- $V_y=25$ кэВ; $\alpha=1,33$
- 2- $V_y=30$ кэВ; $\alpha=0,77$
- 3- $V_y=35$ кэВ; $\alpha=0,8$
- 4- $V_y=40$ кэВ; $\alpha=0,7$
- 5- $V_y=45$ кэВ; $\alpha=0,7$
- 6- $V_y=50$ кэВ; $\alpha=0,7$
- 7- кривая, отражающая зависимость $\Delta J_{E,0} \sim \Delta \sigma_{E,0} \sim E^{1/2}$.

Для всех эффективных величин жесткости и дозы излучения указанная зависимость усредненно подчиняется закономерности $\Delta \sigma_{E,0} \sim \Delta J_{E,0} \sim E^{1/2}$ (сплошная линия 7, рис.2), свидетельствующей о преобладающей роли квадратичной рекомбинации.

Приведенные выше параметры и выявленные закономерности их изменения могут быть использованы при разработке соответствующих полупроводниковых рентгендетекторов на основе монокристаллов $TlGaSe_2$.

Таблица

Рентгендозиметрические параметры монокристаллов $TlGaSe_2$.

$E, P/мин$	$J_{E,0} \cdot 10^{-10} A$	$K_\sigma = \frac{\Delta \sigma_{E,0}}{\sigma_0 \cdot E}$	$K_R = \frac{\Delta R_{E,0}}{E \cdot R_0}$	Примечания
1	2	3	4	5
0,75	6	0,276	-0,228	$J_{темн.} = 29 \cdot 10^{-10} A$ $U_{пит} = 4 B$ $V_y = 25$ кэВ
1,26	9	0,246	-0,188	
1,47	12	0,281	-0,199	
1,68	15	0,308	-0,203	
1,82	17	0,322	-0,203	
2,03	20	0,339	-0,201	
2,24	23	0,354	-0,197	
2,38	25	0,362	-0,194	
2,59	27	0,359	-0,186	
2,73	30	0,378	-0,186	
1,75	8	0,114	-0,09	$V_y = 30$ кэВ
2,73	11	0,138	-0,1007	
3,54	14	0,132	-0,0894	
4,62	17	0,127	-0,0799	
5,53	19	0,118	-0,0715	
6,44	22	0,117	-0,0689	
7,42	25	0,116	-0,0623	
8,33	27	0,111	-0,0578	

Продолжение таблицы

$E, \text{P/мин}$	$J_{E,0} \cdot 10^{-10} \text{A}$	$K_{\sigma} = \frac{\Delta\sigma_{E,0}}{\sigma_0 \cdot E}$	$K_R = \frac{\Delta R_{E,0}}{E \cdot R_0}$	Примечания	
1	2	3	4	5	
9,31	30	0,111	-0,0546	$V_y=35 \text{ кэВ}$	
10,22	32	0,108	-0,0513		
3,75	11	0,0842	-0,0611		
5,18	16	0,106	-0,686		
7,0	22	0,108	-0,0616		
8,82	25	0,0977	-0,0524		
10,64	29	0,0934	-0,0469		
12,46	31	0,0857	-0,0414		
14,28	34	0,0821	-0,0377		
16,1	37	0,0792	-0,0348		
17,92	41	0,0788	-0,0326		
19,74	44	0,0768	-0,0305		
7,0	14	0,0635	-0,428		$V_y=40 \text{ кэВ}$
8,89	10	0,0775	-0,0459		
12,6	24	0,0656	-0,0359		
16,38	28	0,0589	-0,0290		
20,09	32	0,0527	-0,0260		
23,8	36	0,0521	-0,0232		
27,58	39	0,0488	-0,0207		
31,29	43	0,0473	-0,0190		
1	2	3	4		
35,07	47	0,0462	-0,0170		
38,78	51	0,0450	-0,0164		
10,00	18	0,05	-0,0308	$V_y=50 \text{ кэВ}$	
13,37	31	0,0799	-0,386		
19,32	39	0,0696	-0,0296		
25,34	44	0,0598	-0,0237		
31,29	49	0,0539	-0,0201		
37,24	53	0,0490	-0,0173		
43,26	57	0,0454	-0,0153		
49,21	61	0,0434	-0,0138		
55,23	65	0,0405	-0,0125		
61,18	70	0,0395	-0,0115		
13,5	22	0,0492	-0,0280		
17,01	32	0,0649	-0,0308		
24,54	41	0,0573	-0,0237		
32,27	45	0,0480	-0,0188		
39,9	51	0,0439	-0,0159		
47,53	55	0,0399	-0,0137		
55,16	60	0,0375	-0,0122		
62,79	64	0,0350	-0,0109		
70,42	68	0,0330	-0,0099		
78,05	74	0,0326	-0,0092		

[1] С.Н. Мустафаева, С.Д. Мамедбейли. Электрическая и фотоэлектрическая память в слоистых монокристаллах TlGaSe_2 . Тезисы докладов VIII-ой Научно-технической конференции "Химия, физика и технология халькогенидов и халькогалогенидов. Ужгород. Украина, 1994, 12-14 окт., с. 45.

[2] E.M. Kerimova, S.N. Mustafaeva, D.A. Guseinova, K.R. Allahverdiev. Exciton in TlGaSe_2 and TlGaS_2

Materials of 12-th International Conference ICTMC-12. Taiwan. 1999, p. 1-10.

[3] С.Н. Мустафаева, Э.М. Керимова, Н.З. Гасанов. ФТП, 1998, т.32. № 2, 145.

[4] A. Z. Abasova, E. M. Kerimova, G. A. Muradova, A. M. Pashaev. Inst. Phys. Conf. Ser. №152: Section H: single crystal and thin film devices. 1998. 10P, published LTD. p. 983.

E.M. Kerimova, S.N. Mustafaeva, S.D. Məmmədbəyli, A.İ. Həsənov, S.M. Bidzinova

TlGaSe_2 MONOKRISTALININ RENTGENKEÇİRİCİLİYİ

Effektiv sərtliyin qiymətləri 25-50 keV diapazonunda laylı TlGaSe_2 monokristalının rentgenkeçiriciliyi və rentgenhəssaslıq əmsali tədqiq edilmişdir. Şüalanma dozasından (E) və effektiv sərtlikdən asılı olaraq rentgenhəssaslıq əmsalinin qiyməti nəzərə çarpaq dərəcədə dəyişir.

РЕНТГЕНОПРОВОДИМОСТЬ МОНОКРИСТАЛЛОВ $TlGaSe_2$

$TlGaSe_2$ monokristalının rentgenamper xarakteristikaları üstlü xarakter daşıyır: $\Delta J_r \sim E^\alpha$ burada α -nin qiymeti orta hesabla 0,5-ə bərabərdir.

E.M. Kerimova, S.N. Mustafayeva, S.D. Mamedbeili, A.I. Gasanov, S.M. Bidzinova

ROENTGENOCONDUCTIVITY OF $TlGaSe_2$ SINGLE CRYSTALS

Roentgenoconductivity and roentgenosensitivity coefficient of layer $TlGaSe_2$ single crystals have been investigated at various values of radiation hardness from 25 up to 50 keV. It was shown that roentgenosensitivity coefficient significantly depends on dose (E) of x-ray and effective hardness of radiation. Dependence of roentgeno-current (ΔJ_r) on dose of x-ray is as follows: $\Delta J_r \sim E^\alpha$, where average value of α is 0.5.

Дата поступления: 24.04.01

Редактор: Ю.Г. Асадов