

УДК 621.315.592

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА СВОЙСТВА ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОХЛАДИТЕЛЕЙ

К. А. Аскеров, Р. Ю. Алиев, Д. И. Караев

Институт фотоэлектроники АН Азербайджана,
Баку, Азербайджанская Республика

Исследовано воздействие ионизирующих излучений на термоэлектрические параметры термоэлементов твердых растворов систем $Bi_2Te_3-Bi_2Se_3$ и $Bi_2Te_3-Sb_2Te_3$

Термоэлектрические охладители (ТЭО) широко применяются в ИК-технике и работают при различных условиях, в том числе и в условиях повышенной радиации.

В литературе имеются данные об исследованиях влияния ионизирующих излучений на электрические и тепловые свойства твердых растворов систем $Bi_2Te_3-Bi_2Se_3$ и $Bi_2Te_3-Sb_2Te_3$ [1–3].

В данной статье рассматривается влияние ионизирующих излучений различного вида на термоэлектрические параметры термоэлементов на основе указанных твердых растворов.

Для выяснения механизма действия облучения на термоэлектрические параметры ТЭО предварительно исследовали также влияние этих излучений на свойства исходных кристаллов.

Исследуемые образцы были получены направленной кристаллизацией — методом Бриджмена и подвергались воздействию гамма-излучения в интервале флюенсов 10^6-10^8 Р, электронного облучения с энергией 25 МэВ в интервале флюенсов $10^{13}-10^{14}$ см⁻² и импульсного гамма-нейтронного облучения в интервале флюенсов $10^{13}-10^{14}$ см⁻².

В качестве коммутационного сплава применялся сплав Bi + Sn с температурой плавления 413 К. До и после облучения измерялись значения электропроводности ветвей термоэлемента, контактное сопротивление границ раздела образцов, термоэлектрические параметры модулей и охладителей.

Полученные результаты представлены в табл. 1 и 2, где σ_0 , $r_{к0}$ — значения электропроводности ветвей термоэлемента и контактного сопротивления границ раздела образцов до, а σ и $r_{к}$ — после облучения.

Из табл. 1 следует, что при гамма-нейтронном облучении границы раздела системы $Bi_2Te_3-Sb_2Te_3$ со сплавами Bi + Sn их r существенно (в 2–4 раза) падает. В случае же облучения границы раздела системы $Bi_2Te_3-Sb_2Te_3$ с эвтектикой Bi + Sn электронами и системы $Bi_2Te_3-Bi_2Se_3$ с эвтектикой Bi + Sn гамма-квантами $r_{к}$ растет. Результаты измерений удельной электропроводности показали хорошую корреляцию между изменениями $r_{к}$ и σ , т.е. уменьшение контактного сопротивления при облучении сопровождается ростом электропроводности кристаллов и наоборот. По-видимому, при облучении гамма-нейтронами границы раздела кристалла $Bi_2Te_3-Sb_2Te_3$ с эвтектикой Bi + Sn в поверхностном слое возникают дефекты, создающие в запрещенной зоне полупроводника большое число локальных уровней акцепторного типа. Это приводит к увеличению концентрации дырок в поверхностном слое и уменьшению контактного сопротивления [4, 5]. При облучении границы раздела кристаллов систем

$\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{—Sb}_2\text{Te}_3$ с эвтектикой $\text{Bi} + \text{Sn}$ электронами с энергией 25 МэВ, а также систем $\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{—Bi}_2\text{Se}_3$ с эвтектикой $\text{Bi} + \text{Sn}$ гамма-квантами в поверхностном слое образуются локальные центры, создающие основные носители заряда. Вследствие этого концентрация основных носителей заряда и проводимость поверхностного слоя в обоих случаях падают, что приводит к увеличению контактного сопротивления границы раздела, что подтверждается характером изменения электропроводности кристаллов [4].

Т а б л и ц а 1

Образец	σ_0 , Ом ⁻¹ .см ²	$r_{ко}'$, Ом.см ²	Виды и флюенсы облучения	σ , Ом ⁻¹ .см ²	$r_{к'}$, Ом.см ²	$r_{ко} / r_{к}$	σ_0 / σ
$\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{—Sb}_2\text{Te}_3$ (ρ -тип)	1108	$8,5 \cdot 10^{-5}$	10^{13} н/см ²	1450	$3,1 \cdot 10^{-5}$	2,74	0,76
	1076	$9,2 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{13}$ н/см ²	1530	$2,1 \cdot 10^{-5}$	4,38	0,71
	1115	$8,3 \cdot 10^{-5}$	10^{14} н/см ²	1480	$3,2 \cdot 10^{-5}$	2,59	0,75
	975	$7,5 \cdot 10^{-5}$	10^{13} н/см ²	910	$9,2 \cdot 10^{-5}$	0,81	1,01
	926	$7,6 \cdot 10^{-5}$	10^{14} н/см ²	900	$9,0 \cdot 10^{-5}$	0,84	1,02
$\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{—Bi}_2\text{Se}_3$ (n -тип)	1114	$7,5 \cdot 10^{-5}$	10^6 Р	750	$1,3 \cdot 10^{-5}$	0,57	1,49
	1050	$9,0 \cdot 10^{-5}$	10^7 Р	730	$1,5 \cdot 10^{-5}$	0,60	1,43
	932	$7,6 \cdot 10^{-5}$	10^8 Р	708	$1,9 \cdot 10^{-5}$	0,40	1,31

Следует отметить, что облучение поверхности раздела может привести также к исчезновению локальных деформаций, образовавшихся при коммутации и взаимной диффузии атомов компонентов кристалла и контактного материала, что может влиять на сопротивление переходного контакта.

Исследуемые термоэлектрические модули представляют собой унифицированные одно- и многокаскадные термобатареи из последовательно или параллельно-последовательно включенных термоэлементов. Они состоят из различных узлов: термоэлементов, теплопереходов, коммутирующих контактов.

Влияние ионизирующих излучений на температурный перепад на модулях, возникающий при прохождении через него постоянного тока, равного 2 А до и после облучения, представлено в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Номер модулей	ΔT , град при $I = 2A$											
	Импульсные гамма-нейтроны, н/см ²				Электронное облучение с энергией 25 МэВ, э/см ²				Гамма-кванты, Р			
	До облу- чения	10^{13}	$5 \cdot 10^{13}$	10^{14}	До облу- чения	10^{13}	$5 \cdot 10^{13}$	10^{14}	До облу- чения	10^6	10^7	10^8
1	39	42			39,5	36,5	36,0	40,0	39,0	38,0	38,0	37,0
2	40		44,5		39,0	36,0	36,5	39,0	38,0	37,0	37,0	37,5
3	38			40,0	38,5	37,0	36,0	39,5	38,3	37,0	37,0	37,5

Как видно из табл. 2, облучение гамма-нейтронами до флюенса 10^{14} см⁻² приводит к росту в $\Delta T_{\text{макс}}$ модулей. Сопоставление вышеуказанных данных по влиянию облучений на эффективность n - и p -ветвей дает основание предполагать, что такое изменение ΔT обусловлено как уменьшением сопротивления переходных контактов, так и ростом термоэлектрической добротности ветвей термоэлементов.

Исследование влияния ионизирующих излучений различного вида на температурный перепад ΔT термоэлектрического охладителя (ТЭО) показало, что

после облучения охладителя гамма-нейтронами флюенсом $5 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2}$, ΔT значительно растёт. При облучении же охладителя электронами и гамма-квантами ΔT падает. Оптимальный ток питания, время выхода на режим и другие параметры ТЭО после облучения не претерпевали заметного изменения.

Результаты проведенных исследований показывают, что изменение ΔT охладителей при облучении обусловлено как изменением параметров ветвей, так и изменением сопротивления переходных контактов.

Литература

1. Зейналов И. А., Аскеров К. А., Алиев Е. М., Дик М. Г., Абдинов М. Г. // Изв. АН СССР. Неорган. матер., 1990. Т. 26. №. 8. С. 1770—1772.
2. Зейналов И. А., Аскеров К. А., Алиев Е. М., Дик М. Г., Абдинов Д. Ш. // Там же, 1991. Т. 27. №. 9. С. 1974—1976.
3. Зейналов И. А., Аскеров К. А., Алиев Е. М., Дик М. Г., Абдинов Д. Ш. // Там же, №.3. С. 623—625.
4. Родерик Е. Х. Физика контактов.— М.: Радио и связь. С. 200.
5. Джамалов Н. А., Бархалов Б. Ш., Фейзиев Я. С., Султанова Н. Р., Салаев Э. Ю., Абдинов Д. Ш. // Изв. АН СССР. Неорган. матер. 1986. Т. 22. №. 11. С. 1812—1814.

INFLUENCE OF IONIZING IRRADIATION ON THE PROPERTIES OF THERMOELECTRIC COOLERS

K. A. Askerov, R. Yu. Aliyev, J. I. Karayev

Institute of Photoelectronics of the Azerbaijan Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan

Influence of ionizing irradiation of different kinds on the thermoelectrical parameters of the thermoelements on the base of $\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{—Bi}_2\text{Se}_3$ and $\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{—Sb}_2\text{Te}_3$ systems solid solutions have been investigated. To ascertain the mechanism of the action of irradiation on thermoelectrical parameters of TEC, previously the influence of these irradiation on the properties of crystals also was studied. The samples investigated were obtained by the oriented crystallization method — Bridgman technique and subjected to action of gamma-irradiation in the range of fluences $10^6\text{—}10^8 \text{ R}$, electron irradiation of 25 MeV energy in fluence range $10^{13}\text{—}10^{14} \text{ cm}^{-2}$ and pulse gamma-neutron irradiation in fluence range $10^{13}\text{—}10^{14} \text{ cm}^{-2}$. It is shown that irradiation by gamma-neutrons up to fluences 10^{14} cm^{-2} leads to increasing of ΔT_{max} of TEM, as well as efficiency of n- and p-branches of thermoelements. This fact permits to suppose, that such a variations of ΔT_{max} are due both to decreasing of resistance of transitional contacts and increasing of thermoelectric figure of merit of the thermoelectric material itself. Thus results obtained are indicated that variations of ΔT_{max} for TEM under irradiation are due both to variations of thermoelement branches parameters and the resistance of transitional contacts.