

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА СВОЙСТВА ТЕРМООХЛАДИТЕЛЕЙ

К.А. АСКЕРОВ, Р.Ю. АЛИЕВ, Д.И. КАРАЕВ
Институт фотоэлектроники АН Азербайджана,
370141, Баку, ул. Ф. Агаева, 555 квартал

Исследовано влияние гамма-квантов, электронного и импульсного гамма-нейтронного облучения на термоэлектрические свойства термоохладителей на основе твердых растворов систем $\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-Sb}_2\text{Te}_3$ и $\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-Bi}_2\text{Se}_3$.

Установлено, что изменение основных параметров охладителей при облучении обусловлено как изменением параметров ветвей, так и изменением сопротивлений переходных контактов.

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

В литературе имеются данные об исследованиях влияния ионизирующих излучений на электрические и тепловые свойства твердых растворов систем $\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-Bi}_2\text{Se}_3$ и $\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-Sb}_2\text{Te}_3$ [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-излучений в интервале флюенсов $10^5\text{-}10^8\text{P}$, электронного облучения с энергией 25 МэВ в интервале флюенсов $10^{13}\text{-}10^{14}\text{ см}^{-2}$ и импульсного гамма-нейтронного облучения в интервале флюенсов $10^{13}\text{-}10^{14}\text{ см}^{-2}$.

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

Результаты проведенных измерений представлены в таблицах 1 и 2. Здесь σ и r_k - значения электропроводности ветвей термоэлемента и контактного сопротивления границ раздела образцов до, а σ' и r'_k - после облучения.

Таблица 1.

Образцы	$\sigma, \text{ Ом}^{-1}\text{ см}^{-1}$	$r_k, \text{ Ом}\cdot\text{см}^2$	Виды и флюенсы облучения	$\sigma', \text{ Ом}^{-1}\text{ см}^{-1}$	$r'_k, \text{ Ом}\cdot\text{см}^2$	$\frac{r'_k}{r_k}$	$\frac{\sigma}{\sigma'}$
$\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-Sb}_2\text{Te}_3$ (p-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} э/см ²	910	$9,2 \cdot 10^{-5}$	0,81	1,01
	926	$7,6 \cdot 10^{-5}$	10^{14} э/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	$7,5 \cdot 10^{-5}$	10^8P	750	$1,3 \cdot 10^{-4}$	0,57	1,49
	1050	$9,0 \cdot 10^{-5}$	10^7P	730	$1,5 \cdot 10^{-4}$	0,60	1,43
	932	$7,6 \cdot 10^{-5}$	10^8P	708	$1,9 \cdot 10^{-4}$	0,40	1,31

Из таблицы 1 следует, что при гамма-нейтронном облучении границы раздела системы $\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-Sb}_2\text{Te}_3$ со сплавами Bi+Sn их r_k существенно ($\sim 2\text{-}4$ раза) падает. В случае же облучения границы раздела системы $\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-Sb}_2\text{Te}_3$ с эвтектикой Bi+Sn электронами и системы $\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-Bi}_2\text{Se}_3$ с эвтектикой Bi+Sn гамма-квантами r_k растет. Результаты измерений удельной электропроводности показали хорошую корреляцию между изменениями r_k и σ , т.е. уменьшение контактного сопротивления при облучении сопровождается ростом электропроводности кристаллов и наоборот. По-видимому, при облучении гамма-нейтронами границы раздела кристалла $\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-Sb}_2\text{Te}_3$ 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 по-

верхностном 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 Bi+Sn электронами с энергией 25 МэВ, а также систем $\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-Bi}_2\text{Se}_3$ с эвтектикой гамма-квантами в поверхностном слое образуются локальные центры, компенсирующие центры, создающие основные носители заряда. Вследствие этого концентрация основных носителей заряда и проводимость поверхностного слоя в обоих случаях падает, что приводит к увеличению контактного сопротивления границы раздела, что подтверждается характером изменения электропроводности кристаллов [4]. Кроме того следует отметить, что облучения поверхности раздела могут 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- или многокаскадные термобатарей из последовательно или параллельно-последовательно включенных термоэлементов. Они со-

стоят 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 представлены в таблице 2.

Таблица 2.

№№ модулей	ΔT , град при $I=2A$											
	Импульсные гамма-нейтроны, n/cm^2				Электронное облучение с энергией 25 МэВ, z/cm^2				Гамма-кванты, Р			
	До облуч.	10^{13}	$5 \cdot 10^{13}$	10^{14}	До облуч.	10^{13}	$5 \cdot 10^{13}$	10^{14}	До облуч.	10^6	10^7	10^8
1	39	42,0			39,5	37,0	36,5	36,0	40,0	39,0	38,0	37,0
2	40		44,5		39,0	37,0	36,0	36,5	39,0	38,0	37,0	37,5
3	38			40,0	38,5	37,5	37,0	36,0	39,5	38,3	37,0	37,5

Как видно из таблицы 2, облучение гамма-нейтронами до флюенса 10^{14} см^{-2} приводит к росту ΔT_{max} модулей. Сопоставление вышеуказанных данных по влиянию облучений на эффективность п и р-ветвей дает основание предполагать, что такое изменение ΔT_{max} 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) следовало, что

после облучения охладителя гамма-нейтронами флюенсом $5 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2}$, ΔT значительно растет. 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 сопротивлений переходных контактов.

- [1] И.А. Зейналов, К.А. Аскеров, Э.М. Алиев, М.Г. Дик, Д.Ш. Абдинов. Изв. АН СССР, Сер. Неорг. Мат., 1990, т.26, № 8, с.1770-1772.
 [2] И.А. Зейналов, К.А. Аскеров, Э.М. Алиев, Д.Ш. Абдинов. Изв. АН СССР, Неорг. мат., 1991, т.27, № 9, с.1974-1976.
 [3] И.А. Зейналов, К.А. Аскеров, Э.М. Алиев, М.Г. Дик,

Д.Ш. Абдинов. Изв. АН СССР, Сер. Неорг. Мат., 1991, т.27, № 3, с.623-625.

- [4] Э.Х. Родерик. М., Радио и связь, 1982, с. 200.
 [5] Н.А. Джамалов, Б.Ш. Бархалов, Я.С. Фейзинов, Н.Р. Султанова, Э.Ю. Салаев, Д.Ш. Абдинов. Изв. АН СССР, Неорг. Мат., 1986, т.22, № 11, с.1812-1814.

К.Ə. Əsgərov, R.Y. Əliyev, C.İ. Qarayev

TERMOSUYUDUCULARIN XASSƏLƏRİNƏ İONLAŞDIRICI ŞÜALARIN TƏSİRİNİN TƏDQIQI

Məqalədə $Bi_2Te_3-Sb_2Te_3$ və $Bi_2Te_3-Bi_2Se_3$ bərk məhlulları əsasında hazırlanmış termosuyuducuların termoelektik xassələrinə qamma kvantlarının, elektron və impulsu neytron şüalanmasının təsiri tədqiq edilmişdir. Soyuducuların əsas parametrlərinin dəyişməsi, keçid kontakt müqavimətinin və termoelektrik budaqların parametrlərinin dəyişməsi ilə əlaqədardır.

K.A. Askerov, R.Y. Aliev, D.I. Karaev

THE INFLUENCE OF IONIZING IRRADIATION ON THE PROPERTIES OF THERMOELECTRIC COOLERS

The influence of gamma-quanta, electron and pulse gamma-neutron irradiation on the thermoelectrical properties of thermoelectric coolers on the base of $Bi_2Te_3-Sb_2Te_3$ and $Bi_2Te_3-Bi_2Se_3$ systems solid solutions have been investigated. It is established that the variations of main parameters of coolers under the effect of ionizing irradiation are mainly due to as variations of thermoelements branches parameters and also variations of junction contacts resistance values.

Дата поступления: 10.09.97

Редактор: Д.Ш. Абдинов