

ТЕРМОЭЛЕМЕНТЫ НА ОСНОВЕ ЭКСТРУДИРОВАННЫХ ОБРАЗЦОВ $\text{Bi}_2\text{Te}_{2,7}\text{Se}_{0,3}$ и $\text{Bi}_{0,5}\text{Sb}_{1,5}\text{Te}_3$

ТАГИЕВ М.М.

*Институт Физики НАН Азербайджана
AZ-1143, Баку, пр.Г.Джавида, 33*

Bismut tellurid əsasında olan bərk məhlulların termoelektrik keyfiyyətinə ilkin toz dənələrinin ölçülərinin və termik işləmələrin təsirləri tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, n – və p – tip nümunələr üçün keyfiyyətin ən yüksək qiymət göstəriciləri dənələrin müvafiq olaraq ~315 və 1000mkm qiymətlərində müşahidə olunur.

Исследованы влияние размеров зерен исходного порошка и термической обработки на термоэлектрическую добротность экструдированных твердых растворов на основе теллуридов висмута. Выяснено, что наибольшие значения добротности получаются при размерах зерен ~315 и ~1000мкм для образцов n- и p-типов соответственно.

The effect of grain size of the initial powder, as well as thermal processing on thermoelectric quality factor of the extruded samples on the basis of bismut tellurides have been investigated. It is found out that greatest values of the thermoelectric quality factor are obtained at the grain sizes of ~ 315 and ~ 1000 μm for samples of n- and p-types respectively.

Поликристаллические образцы твердых растворов $\text{Bi}_2\text{Te}_{2,7}\text{Se}_{0,3}$ и $\text{Bi}_{0,5}\text{Sb}_{1,5}\text{Te}_3$, полученные методом экструзии, обладают достаточно высокими и близкими к монокристаллическим образцам термоэлектрическими свойствами и высокой механической прочностью [1].

Это объясняется тем, что при горячей экструзии кристаллиты поликристалла закономерно изменяют свою форму и ориентировку относительно внешних деформирующих усилий, в результате чего возникает преимущественная кристаллографическая ориентировка зерен, т.е. текстура деформации. Степень текстуры деформации в образце, во многом, определяется размерами зерен порошка синтезированного твердого раствора, из которого изготавливаются брикеты для экструзии. От размеров зерен зависит также концентрация структурных дефектов внутри зерен.

Учитывая это, в данной работе исследованы влияния размеров зерен исходного порошка и термической обработки на термоэлектрическую добротность экструдированных образцов твердых растворов $\text{Bi}_2\text{Te}_{2,7}\text{Se}_{0,3}$ и $\text{Bi}_{0,5}\text{Sb}_{1,5}\text{Te}_3$ и термоэлементов на их основе.

Технология получения экструдированных образцов твердых растворов $\text{Bi}_2\text{Te}_{2,7}\text{Se}_{0,3}$ и $\text{Bi}_{0,5}\text{Sb}_{1,5}\text{Te}_3$ описана в [1].

Термоэлектрические параметры измерялись в направлении экструзии в интервале температур 77-300К. Измерения проводились на образцах, не прошедших и прошедших отжиг при ~690К, в вакууме ~ 10^{-3} Па в течение 5 часов после экструзии.

Добротность (Z) вычислена из экспериментальных данных измерений температурных зависимостей электропроводности (σ), коэффициентов термо.э.д.с. (α) и теплопроводности (χ) по выражению [2]

$$Z = \frac{\alpha^2 \sigma}{\chi}$$

Также была рассчитана Z термоэлементов на основе указанных твердых растворов из измерений градиентов температуры $\Delta T_{\text{макс}}$, возникающих за счет эффекта Пельтье. Полученные данные представлены в табл/ 1 и 2.

Таблица 1

Термоэлектрические параметры экструдированных образцов твердого раствора $\text{Bi}_2\text{Te}_{2,7}\text{Se}_{0,3}$

Размер частиц, мкм	До термообработки							
	77К				300К			
	σ , См/см	$\alpha \times 10^6$, В/К	$\chi \times 10^2$, Вт/см·К	$Z \times 10^3$, К ⁻¹	σ , См/см	$\alpha \times 10^6$, В/К	$\chi \times 10^2$, Вт/см·К	$Z \times 10^3$, К ⁻¹
50	3217	-77	3,20	0,60	1308	-165	2,53	1,40
100	3052	-85	3,70	0,60	1197	-175	2,12	1,73
160	2991	-94	2,91	0,90	1975	-196	2,34	1,80
200	2379	-112	3,02	0,99	846	-214	1,91	2,03
315	2558	-100	2,55	1,00	940	-202	1,83	2,10
630	2565	-100	2,55	1,00	978	-207	1,69	2,50
1000	2101	-125	2,01	1,63	741	-222	1,57	2,33
После термообработки								
50	5016	-67	3,97	0,57	1720	-154	2,56	1,59
100	6364	-62	3,74	0,65	1919	-154	2,55	1,78
160	5531	-64	3,54	0,64	1714	-162	2,53	1,78
200	5506	-67	3,30	0,75	1496	-179	2,52	1,90
315	5268	-70	2,96	0,86	1582	-171	2,40	1,93
630	4504	-83	3,34	0,93	1363	-191	2,16	2,30
1000	5040	-90	2,74	1,49	1423	-181	1,82	2,56

Термоэлектрические параметры экструдированных образцов твердого раствора $\text{Bi}_{0,5}\text{Sb}_{1,5}\text{Te}_3$

Размер частиц, мкм	До термообработки							
	77К				300К			
	σ , См/см	$\alpha \times 10^6$, В/К	$\chi \times 10^2$, Вт/см·К	$Z \times 10^3$, К ⁻¹	σ , См/см	$\alpha \times 10^6$, В/К	$\chi \times 10^2$, Вт/см·К	$Z \times 10^3$, К ⁻¹
50	389	105	2,58	0,17	185	165	2,32	0,22
100	330	107	2,20	0,17	172	167	2,25	0,21
160	295	92	2,21	0,11	181	159	2,28	0,20
200	389	92	2,31	0,14	209	173	1,94	0,32
315	721	118	2,38	0,42	247	206	2,07	0,51
630	654	113	2,35	0,36	216	203	2,08	0,43
1000	2817	83	2,80	0,69	828	213	2,09	1,80
	После термообработки							
50	2787	105	2,81	1,10	703	257	1,95	2,40
100	2067	104	2,76	0,81	658	271	1,96	2,47
160	2842	109	2,84	1,20	594	286	1,91	2,54
200	2982	103	2,76	1,15	641	267	1,81	2,52
315	3297	109	2,80	1,67	780	269	1,77	3,20
630	3608	102	2,95	1,27	682	267	1,72	2,83
1000	2950	83	3,47	0,59	952	226	2,16	2,25

Таблица 3.

Средняя температура теплопоглощающей поверхности однокаскадных модулей на основе экструдированных (T_x) и монокристаллических (T_x') слитков

№	Тип модуля	T_x, K	T_x', K	$T_x' - T_x, K$	T_r, K	Потреб. мощность
1	M-1	237	242	5	303	0,32
2	M-2	240	243	3	393	1,0
3	M-3	242	245	3	303	2,9

Видно, что в случае твердого раствора $\text{Bi}_{0,5}\text{Sb}_{1,5}\text{Te}_3$ максимальная Z наблюдается в образцах с размерами зерен ~ 315 мкм, прошедших термообработку. В случае же твердого раствора $\text{Bi}_2\text{Te}_{2,7}\text{Se}_{0,3}$ максимальная Z наблюдается в образцах, не прошедших термообработку, с размерами зерен ~ 630 мкм и прошедших термообработку с размерами зерен ~ 1000 мкм. Подобные значения для Z были получены и из измерений $\Delta T_{\text{макс}}$.

Из экструдированных слитков твердых растворов $p\text{-Bi}_{0,5}\text{Sb}_{1,5}\text{Te}_3$ с размерами зерен ~ 315 мкм и $p\text{-Bi}_2\text{Te}_{2,7}\text{Se}_{0,3}$ с размерами зерен ~ 1000 мкм, прошедших соответствующие термообработки были изготовлены ветви термоэлементов методом электроискровой резки. Выяснено, что выход годных ветвей при резке как p - так и n -типов проводимости в ~ 6 раз превышает данный показатель для кристаллических образцов, полученных направленной кристаллизацией.

На основе отобранных ветвей термоэлементов были изготовлены однокаскадные термоэлектрические модули. На полученных модулях измерялась температура теплопоглощающей поверхности, значения которой представлены в таб. 3. Для сравнения на этой же таблице приведены данные, полученные на подобных модулях, изготовленных на основе монокристаллических образцов твердых растворов $p\text{-Bi}_2\text{Te}_{2,7}\text{Se}_{0,3}$ и $p\text{-Bi}_{0,5}\text{Sb}_{1,5}\text{Te}_3$. Сила питающего тока термоэлектрических модулей составляла 2,0-2,2 А, потребляемая мощность соответствовала данным табл.3.

Данные табл. 3 показывают, что применение результатов данной работы по зависимости

термоэлектрической добротности экструдированных образцов твердых растворов $p\text{-Bi}_2\text{Te}_{2,7}\text{Se}_{0,3}$ и $p\text{-Bi}_{0,5}\text{Sb}_{1,5}\text{Te}_3$ от размеров зерен и термообработки удастся существенно улучшить параметры однокаскадных термоэлектрических модулей на их основе.

При этом процент выхода годных модулей растет в несколько раз и механические свойства модулей улучшаются.

Термоэлементы из экструдированных слитков твердых растворов $p\text{-Bi}_2\text{Te}_{2,7}\text{Se}_{0,3}$ с размерами зерен ~ 315 мкм и $p\text{-Bi}_{0,5}\text{Sb}_{1,5}\text{Te}_3$ с размерами зерен ~ 1000 мкм, прошедших соответствующие термообработки были испытаны и в двухкаскадных модулях.

Двухкаскадный модуль имел следующие параметры:

Размеры термоэлементов, мм	0,8x0,8x1,4
Размер модуля, мм	4,0x4,0x6,0
Масса модуля, г	0,35
Температура теплопоглощающей поверхности, К	218
Температура окружающей среды, К	295
Сила питающего тока, А	1,8
Потребляемая мощность, Вт	1,5
Время выхода на рабочий режим, с	30
Размеры теплопоглощающей поверхности, мм	3,0x3,0

Разработанные одно- и двухкаскадные модули работоспособны до 380К. При этом $\Delta T_{\text{макс}}$ модулей с ростом температуры растет и, например, в случае двухкаскадного модуля при ~ 375 К достигает ~ 90 градусов.

ТЕРМОЭЛЕМЕНТЫ НА ОСНОВЕ ЭКСТРУДИРОВАННЫХ ОБРАЗЦОВ $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$ и $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$

Разработанные одно- и двухкаскадные модули для оценки их надежности подвергали испытаниям, предусматриваемым для приборов соответствующего класса. При проведении всех видов испытаний

разработанные термоэлектрические модули сохраняли свои термоэлектрические параметры, целостность и габаритные размеры.

-
- [1]. **М.Г. Дик З.Ф., Агаев., А.Н Дубровина, Д.Ш. Абдинов.** Электрические свойства экструдированных образцов твердых растворов системы $\text{Bi}_2\text{Te}_3 - \text{Sb}_2\text{Te}_3$. Изв.АН СССР. Неорг. материалы. 1987.т.23.№8. С.1393-1395.
- [2]. **А.Ф Иоффе.** Полупроводниковые термоэлементы. М.-Л. Изд.АН СССР.1960.180с.
- [3]. **А.Л Вайнер.** Каскадные термоэлектрические источники холода. М.Советское радио. 1976. 135с.

Daxil olunub: 01.07.2007