

**Bi<sub>85</sub>Sb<sub>15</sub> BƏRK MƏHLULUN EKSTRUZIYA NÜMUNƏLƏRİ  
ƏSASINDA ANİZOTROP TERMOELEMENT**

**G.C.ABDİNOVA, S.Z.CƏFƏROVA, M.M.TAGIYEV**

*Azərbaycan MEA Fizika İnstitutu  
AZ 1143, Bakı, H.Cavid pr. 33*

Təmiz və Pb, Te, Gd aşqarlı Bi<sub>85</sub>Sb<sub>15</sub> bərk məhlulu ekstruziya nümunələrində termo-e.h.q. əmsalının anizotropluğu tədqiq olunmuş, alınmış nəticələr əsasında anizotrop termoelementlər(ATE) hazırlanmışdır. Göstərilmişdir ki, belə materiallar ATE-in yaradılmasında tətbiq oluna bilər.

Anizotrop materiallar əsasında nümunələrdə yaranan uzunununa və eninə termo-e.h.q.-nin qiyməti termo-e.h.q. əmsalının ( $\alpha$ ) anizotropluğu ( $\Delta\alpha$ ) ilə müəyyən olunur. Belə materiallardan anizotrop termoelementlərin (ATE) yaradılmasında istifadə olunur. Anizotrop termoelementlər yüksək işə düşmə sürəti ilə fərqlənir və kiçik temperatur gradientində belə kifayət qədər böyük elektrik hərəkət qüvvəsi almağa imkan verir.

Bismut və bismut - sürmə bərk məhlulu monokristalları yüksək  $\Delta\alpha$ -ya malikdirlər. Lakin Bi-Sb sistemi monokristalları laylı quruluşda olduqlarından onların mexaniki möhkəmliyi çox aşağıdır. Buna görə onlardan xüsusi formaya malik (pilləkanvarı [1]) anizotrop termoelementlərin hazırlanması və tətbiqi təcrübi olaraq mümkün deyil.

Müəyyən olunmuşdur ki, Bi - Sb bərk məhlulu ekstruziya olunmuş nümunələri yüksək mexaniki möhkəmliyə və anizotropluğa malikdirlər [2]. Həmin materialların ATE-in yaradılmasında tətbiq imkanlarını araşdırmaq məqsədilə onlarda termo-e.h.q. əmsalının anizotropiyası tədqiq edilmiş, onlar əsasında ATE hazırlanaraq sınaqdan keçirilmişdir. Tədqiqatlar təmiz, habelə Pb, Gd və Te aşqarları ilə aşqarlanmış nümunələrdə 77÷300K intervalında aparılmışdır. Termo-e.h.q. əmsalının anizotropluğuna xarici magnit sahəsinin təsirinə də baxılmışdır. Ölçmələr ekstruziya oxu və həmin oxa perpendikulyar istiqamətlərdə aparılmışdır.

Ölçmələr göstərmişdir ki, bərk məhlulda Sb-un miqdarı 12÷15at.%-dək artdıqca  $\alpha$ -nın qiyməti də artır. Stibiumun miqdarının sonrakı artımı  $\alpha$ -nın mütləq qiymətinin azalmasına səbəb olur. Lakin, Sb-un miqdarı artıqca termo-e.h.q.-nin anizotropiyası azalır və 5at.%-dən yuxarı konsentrasiyalarda tamamilə yox olur.

Bismut monokristallarının termo-e.h.q.-nin anizotropluğa malik olmasına səbəb elektrikkeçiriciliyinə T-deşiklərin güclü anizotrop payı ilə bağlıdır. Stibium atomlarının 5at.%-dən artıq miqdalarında  $\Delta\alpha=0$  olmağı T<sup>+</sup> ekstremumunun elektron daşınma prosesinə payının azalması hesabınadır.

Bi-Sb bərk məhlullarında termo-e.h.q. komponentlərinin yekun qiymətləri ancaq keçiriciliyə izotrop pay verən L<sup>-</sup> -yüngül elektronları və L<sup>+</sup> - deşikləri ilə təyin olunur. Bu bərk məhlullarda termoelektrik hərəkət qüvvəsinin anizotropluğuna təsiri akseptor aşqarları ilə Fermi səviyyəsini aşağı salmaq və ya T- ekstremuma nəzərən L<sup>-</sup> və L<sup>+</sup> yüngül elektron və deşiklərin keçiriciliyə payını azaltmaqla həyata keçirmək olar.

1-ci cədvəldə verilmiş məlumatlar göstərir ki, doğrudan da 0,005 və 0,05at.%Pb aşqarlarına malik Bi<sub>85</sub>Sb<sub>15</sub> ekstruziya materialları uyğun olaraq  $\Delta\alpha=59$  və  $\Delta\alpha=72$ mkV/K qədər termoelektrik hərəkət qüvvəsi anizotropluğuna malikdirlər. Bu qiymətlər Bi monokristalların  $\Delta\alpha$  qiymətlərindən böyükdür.

Aşqarlanmamış Bi<sub>85</sub>Sb<sub>15</sub> ekstruziya materiallarında  $74 \times 10^4$ A/m gərginlikli maqnit sahəsində  $\alpha$ -nın anizotropluğu 74÷79mkV/K-ə çatır ki, bu qiymət bismut

monokristallarında müşahidə olunan  $\Delta\alpha$  qədərdir. Həm də, Pb aşqarları daxil etməklə həm n-, həm də p-tip anizotrop material almaq mümkündür.

Tellur və qadoliniumla aşqarlanmış Bi<sub>85</sub>Sb<sub>15</sub> materrialları n- tip keçiriciliyə malikdir və onlarda  $\alpha$ -nın anizotropluğu təmiz nümunələr üçün anizotropluğun qiymətindən artıq olmur ( Cədvəl 2). Belə nümunələrdə  $\Delta\alpha$  maqnit sahəsindən də çox zəif asılıdır.

Tədqiq olunan nümunələrdə termo-e.h.q.-nin anizotropluğu 300K-dək davam edir. Lakin temperatur artdıqca  $\Delta\alpha$ -nın qiyməti kəskin azalir.

**Cədvəl 1.**

Qurğuşun atomları ilə aşqarlanmış Bi<sub>85</sub>Sb<sub>15</sub> bərk məhlulu eksruziya nümunələrində termo-e.h.q. əmsali

Ölçmə istiqaməti	Pb-un miqdarı at. %	Termik işlənmə keçməmiş eksruziya nümunələri		503 K-də 5 saat termik işlənmə keçmiş eksruziya nümunələri	
		$\alpha$ , mkV/K		$\alpha$ , mkV/K	
		80 K	300 K	80 K	300K
Eksruziya oxu boyunca	0	-172	-94	-181	-95
	0,001	-110	-103	-64	-98
	0,005	-94	-112	-22	-101
	0,01	-17	-110	-6	-112
	0,05	+7	-117	+24	-121
Eksruziya oxuna perpendikulyar	0	-177	-98	-169	-87
	0,001	-118	-101	-100	-91
	0,005	-88	-106	-78	-95
	0,01	-3	-118	-2	-104
	0,05	+79	-135	+83	-113
$H=74 \times 10^4$ A/m maqnit sahəsində					
Eksruziya oxu boyunca	0	-200	-120	-266	-132
	0,001	-16	-124	-98	-130
	0,005	+7	-136	+187	-134
	0,01	+58	-136	+141	-123
	0,05	+127	-135	+83	-113
Eksruziya oxuna perpendikulyar	0	-190	-122	-225	-131
	0,001	-42	-129	-19	-128
	0,005	+30	-130	+176	-125
	0,01	+69	-141	+162	-130
	0,05	+126	-158	+157	-136

Bismut və bismut- stibium bərk məhlulu monokristallarında elektrik parametrlərinin anizotropluğu keçiricilikdə iştirak edən Fermi ekstremumları səthlərinin anizotropluğu, habelə müxtəlif kristalloqrafik istiqamətlərdə yükdaşıyıcıların müxtəlif səpilmə mexanizmi ilə bağlıdır.

Eksruziya prosesində mexaniki deformasiya hesabına Bi<sub>85</sub>Sb<sub>15</sub> bərk məhlulu polikristal materialının dənəciklərinin (kristalcıqlarının) bir hissəsi elə dönür ki, onların triqonal oxy eksruziya oxuna paralel yerləşir. Eyni zamanda, plastiki deformasiya hesabına müxtəlif struktur defektləri yaranır. Bu defektlərin bir hissəsi deformasiya olunmuş oblastlardan ibarət olur.

Yaranmış defektlər, əsasən kristalların müstəviləri arasına toplanaraq yükdaşıyıcıların müstəvilərə perpendikulyar istiqamətdə daha güclü səpilməsinə səbəb olur.

**Cədvəl 2.**

Tellur və qadolinium aşqarları  $\text{Bi}_{85}\text{Sb}_{15}$  bərk məhlulu ekstruziya nümunələrin termoe.h.q. əmsali.

## a) Tellur aşqarlı nümunələr

Ölçmə istiqaməti	Aşqarın miqdarı at. %	Termik işlənmə keçməmiş nümunələr		503 K-də 5 saat termik işlənmə keçmiş nümunələr	
		$\alpha$ , mkV/K		$\alpha$ , mkV/K	
		80 K	300 K	80 K	300 K
Eksruziya oxu boyunca	0	-172	-94	-181	-95
	0,0005	-133	-98	-132	-101
	0,001	-98	-59	-86	-112
	0,01	-42	-40	-38	-117
	0,1	-11	-30	-19	-121
Eksruziya oxuna perpendikulyar	0	-177	-98	-169	-87
	0,0005	-127	-91	-114	-89
	0,001	-82	-78	-67	-41
	0,01	-33	-47	-31	-27
	0,1	-12	-33	-17	-19

## b) qadolinium aşqarlı nümunələr

Eksruziya oxu boyunca	0	-172	-94	-181	-95
	0,01	-111	-92	-82	-89
	0,1	-161	-91	-167	-85
Eksruziya oxuna perpendikulyar	0	-177	-98	-169	-87
	0,01	-118	-94	-75	-90
	0,1	-169	-95	-159	-84

Sadalanan faktlar ekstruziya olunmuş  $\text{Bi}_{85}\text{Sb}_{15}$  materialında elektrik anizotropluğu gətirir. Yükdaşıyıcıların defektlərdən səpilməsi aşağı temperaturlarda daha güclü olduğundan elektrik parametrlərinin anizotropluğu da daha aydın görünür. Temperaturun artması ilə kimyəvi potensialın səviyyəsi tədricən qalxır və yükdaşıyıcıların akustik fononlardan səpilməsi daha böyük rol oynayır. Buna görə də, temperatur artdıqca  $\text{Bi}_{85}\text{Sb}_{15}$  ekstruziya materialının elektrik parametrlərinin anizotropluğu zəifləyir.

Anizotrop termoelementin budağı adətən şəkildə göstərilən düzbucaqlı lövhə formasında hazırlanır və işçi rejimdə onun iki qarşılıqlı üzünü müxtəlif  $T_1$  və  $T_2$  temperaturlarında saxlanılır. Nümunələr (budaqlar) elə yönəldir ki, istilik selinin istiqaməti baş kristalloqrafik oxlar istiqamətində yönəlməsin. Termoelementlərdə yaranan elektrik hərəkət qüvvəsi 1 və 2 üzvlərindən götürülür. Bu halda yaranan termoe.h.q.

$$E_L = (\alpha_{11} - \alpha_{22}) \frac{a}{b} (T_1 - T_2) \sin \varphi \cos \varphi \quad (1)$$

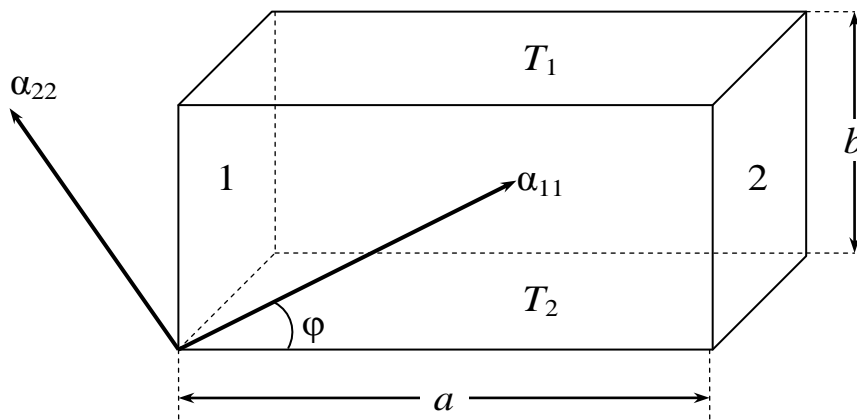
ifadəsi ilə hesablanır.

Göründüyü kimi, termocütlərdən fərqli olaraq anizotrop termoelementlərdə yaranan elektrik hərəkət qüvvəsi onun həndəsi ölçüləri  $a$  və  $b$ -dən də asılıdır. Bu kommytasiya aparmadan termoelementdə  $\frac{a}{b}$  nisbətini dəyişməklə lazımı elektrik hərəkət qüvvəsini almağa imkan verir.

Termoe.h.q.-nin anizotropluğunun ən bariz tətbiq üsulu Yusti termoelementlərində həyata keçirilmişdir. Həmin termoelement termoe.h.q.-nə malik materialdan mürəkkəb quruluşda (pilləkənvari formalı) kəsilir.

$\text{Bi}_{85}\text{Sb}_{15}$  bərk məhlulunun aşqarlanmamış və aşqarlanmış ekstruziya nümunələri yüksək mexaniki möhkəmlikli olduqlarından onlardan müxtəlif quruluşlu anizotrop termoelementlər hazırlamaqla istifadə etmək olar.

İşdə şəkildə göstərilən formalı anizotrop termoelement hazırlanaraq tədqiq edilmişdir. Material kimi diametri ~6 mm olan 0,005 və 0,05at.%-liPb aşqarlı Bi<sub>85</sub>Sb<sub>15</sub> eksruziya nümunələrindən istifadə edilmişdir. Nümunələrin ölçüləri a=6mm, b=3mm, φ=30° olmuşdur. Ölçmələr göstərilmişdir ki, ~90K –də belə nümunələrin 1 və 2 üzləri arasında ~ (20÷25)mkV termo-e.h.q. yaranır.



Şəkil 1.  
Anizotrop termoelement budacı.

1-ci ifadədən hesablanmış 1 və 2 üzləri arasındakı termoelektrik hərəkət qüvvəsi 0,005 at.% Pb aşqarlarına malik n-tip nümunələr üçün ~ 48 mkV, 0,05at.%Pb malik p-tip nümunələr üçün isə ~ 62mkV alınır.

Qiymətlərdə alınmış fərqlər nümunələrin ölçülərinin kiçikliyi hesabına yaranan xəta ilə izah olunur.

Beləliklə, müəyyən olunmuşdur ki, Bi<sub>85</sub>Sb<sub>15</sub> bərk məhlulu eksruziya nümunələri anizotrop termoelementlərin yaradılmasında istifadə oluna bilər.

1. Л.И.Анатычук, *Термоэлементы и термоэлектрические устройства*. Киев. Наукова думка. (1979) 768.
2. З.Ф.Агаев, Г.Д.Абдинова, М.М.Тагиев, *Transactions of Azerbaijan Academy of Sciences, Series of Physical-mathematical and Technical sciences, Physics and Astronomy*, XXIII № 2 (2003) 111.

#### ANISOTROPIC THERMOELEMENTS ON THE BASIS OF EXTRUDED SAMPLES OF Bi<sub>85</sub>Sb<sub>15</sub> SOLID SOLUTION

G.D. ABDINOVA, S.Z. DZHAFAROVA, M.M. TAGIYEV

The anisotropy of thermo-e.m.f. factor of pure and alloyed with Pb, Gd, Te samples of Bi<sub>85</sub>Sb<sub>15</sub> solid solution have been investigated and anisotropic thermoelements (ATE) have been fabricated. It has been shown that these materials can be applied for ATE creation.

#### АНИЗОТРОПНЫЙ ТЕРМОЭЛЕМЕНТ НА ОСНОВЕ ЭКСТРУДИРОВАННЫХ ОБРАЗЦОВ ТВЕРДОГО РАСТВОРА Bi<sub>85</sub>Sb<sub>15</sub>

Г.Д.АБДИНОВА, С.З.ДЖАФАРОВА, М.М.ТАГИЕВ

Исследована анизотропия коэффициентов термо-э.д.с. чистых и легированных Pb, Gd, Te образцов Bi<sub>85</sub>Sb<sub>15</sub> и изготовлены на их основе анизотропные термоэлементы (АТЕ). Показано, что эти материалы могут применяться при создании АТЕ.

Редактор:Дж.Абдинов