

S. F. OSMANOV, f. r. e. n.

Heydər Əliyev adına Azərbaycan Ali Hərbi Məktəbi
E-mail: sabir.osmanli.62@gmail.com**Tb_xSn_{1-x}Se BƏRK MƏHLULLARIN İSTİLİKKEÇİRİCİLİYİNƏ TERMİKİ İŞLƏMƏNİN TƏSİRİ**Məqalə Tb_xSn_{1-x}Se bərk məhlullarında aparılan termiki işləmələrin tərkiblərin istilikkeçiriciliyinə T = 77 - 400K temperatur intervalında təsirinə tədqiqinə həsr olunub.**Açar sözlər:** bərk məhlullar, termiki işləmə, istilikkeçiriciliyi, vakansiyalar, fononlar.

Məlumdur ki, müasir, daha həssas və davamlı enerji çevricilərinin hazırlanması üçün yeni və mürəkkəb yarımkeçirici materialların olmasına tələbat xeyli artmışdır. Bu materiallara eyni zamanda xarici təsirlərə: korroziyaya, rütubətə, təzyiqlərə, radiasiyaya və s. qarşı nisbətən davamlı olmaq tələbləri də qoyulur.

Başqa sözlə, bu materiallar arasında $A^{IV}B^{VI}$ qrup birləşmələri əsasında və nadir torpaq metallarının da (NTM) daxil olduğu birləşmələr və bərk məhlullar xüsusi yer tuturlar [1-4].

NTM-lər özünə məxsus spesifik xassələrin olması ilə fərqlənirlər [5,6].

NTM atomlarının daxil $4f$ səviyyəsində olan mütəhərrik elektronların olması və bu elektronların asanlıqla $f-d-s$ keçidində iştirak etməsi, xarici təbəqədə yerləşən valentlik elektronlarına təsir edir və valentliyin dəyişməsinə səbəb olur. Nəticədə NTM-in tətbiqlə tərkiblərin fiziki xassələri dəyişir. Ona görə də, NTM-in tətbiqi ilə alınan tərkiblər müxtəlif fiziki xassələr: optik, termoelektrik, lüminefor və maqnit xassə göstərirlər [7,8].

Elmi ədəbiyyatda $Ce_xSn_{1-x}Se$ və $Sn_xSm_{1-x}Se$ sistem bərk məhlullarının termoelektrik xassələrinin öyrənilməsinə həsr olunmuş işlər mövcuddur [9]. Müəyyən edilmişdir ki, bu sistem bərk məhlullarından yeni termoelektrik xassəli materiallar alınır.

Digər bir işdə $(SnSe)_{1-x} - (SmSe)_x$ sistem ərintilərinin istilikkeçiriciliyi öyrənilmişdir və müəyyən edilmişdir ki, bu bərk məhlulların istilikkeçiriciliyi nəzərə çarpacaq dərəcədə azalır [10].

Başqa sözlə, NTM atomları nümunələrin istilikkeçiriciliyini azaldır. Bu səbəblərdən NTM-in istifadəsi ilə alınan, mürəkkəb tərkiblərin fiziki xassələrinin öyrənilməsi xüsusi maraq kəsb edir.

$Tb_xSn_{1-x}Se$ kristallarının termo e.h.q-nin, elektrik keçiriciliyinin temperatur və konsentrasiyadan asılılığı tədqiq edilmişdir [11]. Müəyyən olunmuşdur ki, $Tb_xSn_{1-x}Se$ bərk məhlullarında Tb elementinin miqdarının artması ilə termo e.h.q-nin və elektrik keçiriciliyinin azalması müşahidə olunur. Bu, tərkiblərdə bilavasitə ionluq dərəcəsinin artması ilə bağlıdır. $p-SnSe$ kristalında müşahidə olunan anomallıq, bu sistemin $Tb_xSn_{1-x}Se$ kristallarında zəifləyir.

Yuxarıda qeyd olunanları əsas götürməklə, həmin $Tb_xSn_{1-x}Se$ sistem tərkiblərinin istilikkeçiriciliyi və termiki işləmənin istilikkeçirməyə təsiri tədqiq edilmişdir.

Qeyd olunan işin davamı kimi $Tb_xSn_{1-x}Se$ sistemli bərk məhlullarından $N\#1 - x_1 = 0.00$; $N\#2 - x_2 = 0.005$; $N\#3 - x_3 = 0.010$; $N\#4 - x_4 = 0.015at\%Tb$ olan tərkiblər götürülmüş və onların tədqiqi yuxarıda göstərilən metodikalara əsasən aparılmışdır. Alınmış nümunələrin fiziki-kimyəvi

analizi aparılmış; rentgen faza analizi (RFA), diferensial – termik analizi (DTA) edilmiş və alınan nümunələrin tam stexiometrik tərkiblərə uyğun olduğu təsdiq edilmişdir.

Tərkiblərdən $(3 \times 6 \times 20) \text{mm}^3$ həndəsi ölçüdə nümunələr hazırlanmış və kinetik parametrləri [11], o cümlədən istilik keçiriciliyi $T = (77 - 420) \text{K}$ temperatur intervalında ölçülərək hesablanmışdır. Ölçmələr mütləq stasionar rejimdə kompensasiya üsulu ilə aparılmışdır. Ölçmələr zamanı B7-21; B7-21A markalı voltmetrdən, P4833 markalı potensiometrədən, US4312 və TEC41 markalı ölçü cihazlarından istifadə olunmuşdur. Ölçmələr içərisində - 0,1 Pa tərtibində vakuüm yaradılmış kriostatda aparılmışdır. Ölçmələr zamanı buraxılan xətalər 6,5 % olmuşdur.

İstilikkeçirmə əmsalının qiyməti aşağıdakı düstur ilə hesablanmışdır:

$$\chi = \frac{\omega - \Sigma}{\Delta T} \cdot \frac{L}{S}$$

Burada $\omega = J \cdot U$ - qızdırıcının gücü; $\Sigma = Q_{naq} + Q_{şüa}$, Q_{naq} - naqilin qızması nəticəsində yaranan istilik itkisi; $Q_{şüa}$ - şüalanma hesabına yaranan istilik itkisidir; L - nümunənin uzunluğu; S - oturacağıının sahəsidir.

Ölçmələr zamanı nümunə uzunluğu boyu temperatur qradienti $-\Delta T = 6 - 8$ dərəcə olmuşdur.

Termiki işləmədən əvvəl		
Tərkiblər at % Tb	$\chi \cdot 10^{-1} \frac{w}{m \cdot K} T = 90 \text{K}$	$\chi \cdot 10^{-1} (w/m \cdot K) T = 305 \text{K}$
0,0	65	17,8
0,005	45	13
0,010	38	9,1
0,015	29	7,2

Termiki işləmədən sonra $T = 573 \text{K}$, $t = 120$ saat				
Tərkiblər at % Tb	$\chi \cdot 10^{-1} \frac{w}{m \cdot K} T = 90 \text{K}$	Artım, %	$\chi \cdot 10^{-1} (w/m \cdot K) T = 305 \text{K}$	Artım, %
0,0	71,7	10,31	19,05	12,06
0,005	49,6	10,22	14,4	10,77
0,010	42,8	12,63	9,96	9,50
0,015	32,9	13,45	7,68	6,67
Termiki işləmədən sonra $T = 673$, $t = 120$ saat				
Tərkiblər at % Tb	$\chi \cdot 10^{-1} \frac{w}{m \cdot K} T = 90 \text{K}$	Artım, %	$\chi \cdot 10^{-1} (w/m \cdot K) T = 305 \text{K}$	Artım, %
0,0	76,7	18	19,8	11,24
0,005	55,6	23,66	14,6	12,31
0,010	46,8	23,2	10,19	11,98
0,015	33,68	16,14	7,83	8,75

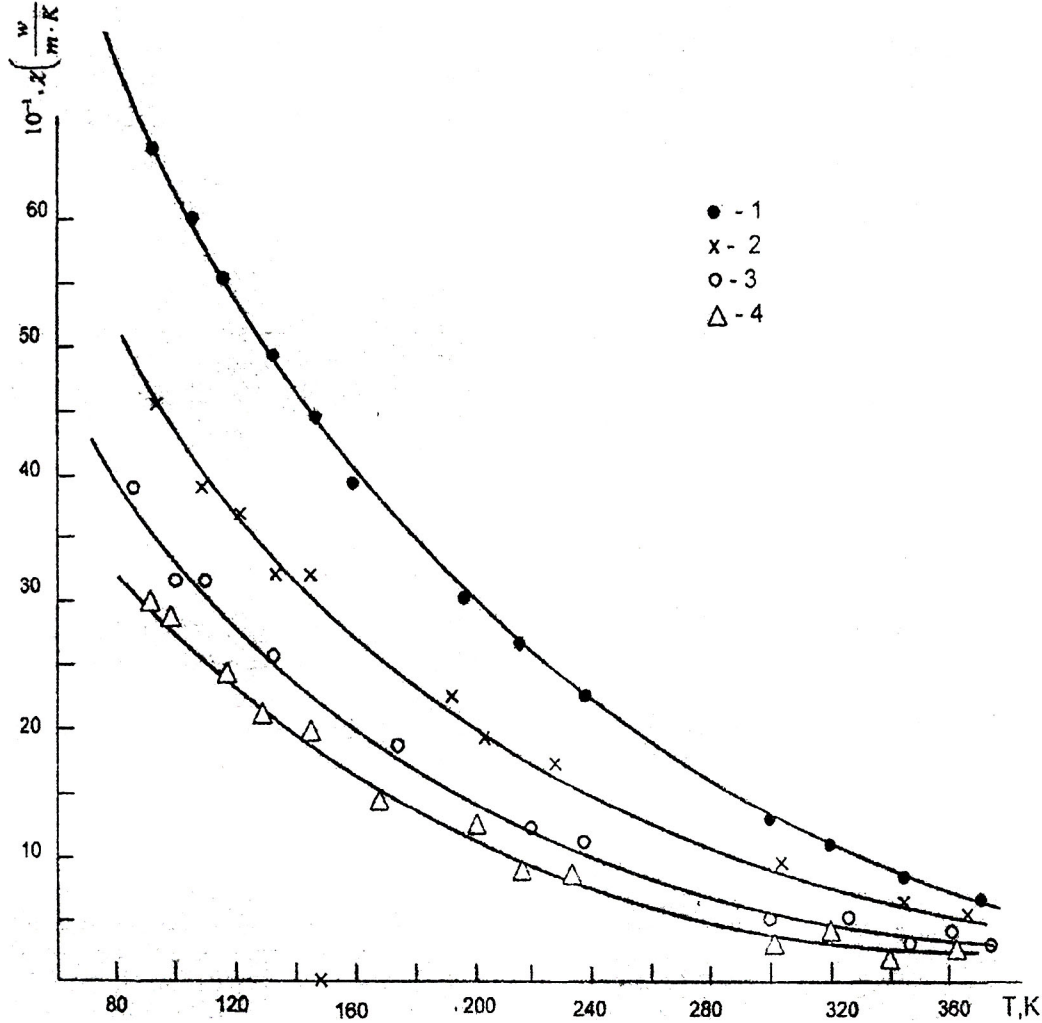
Alınmış $Tb_x Sn_{1-x} Se$ sisteminin bərk məhlulları kompensasiya olunmuş p - tip yarımkəçiricidirlər. Otaq temperaturunda termo e.h.q -nin qiyməti tərkiblərdə Tb metalının miqdarının artması ilə mütənəsb olaraq azalır. $x_4 = 0,015$ at% Tb olan nümunədə

$$x_4 - \frac{S_{0(SnSe)}}{S_4} = \frac{400}{175} = 2,29 \text{ dəfə}; \text{ elektrik keçiriciliyi } (\sigma) \text{ isə } 4,0 \text{ dəfə azalmışdır [11].}$$

Temperaturun artması ilə daha dərinədə yerləşmiş enerji səviyyələrinin həyacanlanması hesabına tədqiq etdiyimiz nümunələrin elektrik keçiriciliyi artır ($T > 500K$) [11].

Təqdim olunan işdə həmin nümunələrin istilikkeçiriciliyi və termiki işləmənin maddələrin istilikkeçiriciliyinə təsiri öyrənilmişdir.

Təcrübələrdən alınan nəticələr cədvəldə verilmişdir və şəkildə göstərilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi tərkiblərdə Tb-elementlərinin miqdarı artdıqca istilikkeçirmə əmsalının qiyməti mütənəsib olaraq azalır. Digər tərəfdən temperaturun artması ilə ümumi istilikkeçirmə əmsalının qiyməti $\chi_u(T)$ azalır. Bu azalma sürəti $SnSe$ kristalının müxtəlif tərkiblərində fərqlidir.



$Tb_x Sn_{1-x} Se$ kristallarında istilikkeçiriciliyin temperatur asılılığı:

1-x = 0,00; 2 - x = 0,005; 3 - x = 0,010; 4 - x = 0,015

Qeyd etmək lazımdır ki, elektron istilikkeçiriciliyi çox azdır ($T = 77 - 300K$ -də $\chi_{el} \approx 0,006 - 0,008\%$ təşkil edir). Bu baxımdan, ümumi istilikkeçiriciliyini ($\chi_u \approx \chi_{qef}$) qəfəs istilikkeçiriciliyi kimi qəbul edilir. Qrafiklərdən görüldüyü kimi (bax şəkilə) tərkiblərin ümumi istilikkeçiriciliyinin qiyməti nisbətən kiçikdir və $\chi_u(T)$ asılılığı çox zəif dəyişir.

Bu tərkiblərin ($N\#1 - x_1 = 0,00$; $N\#2 - x_2 = 0,005$; $N\#3 - x_3 = 0,010$; $N\#4 - x_4 = 0,015at\%Tb$) istilikkeçiriciliyi termiki işləmədən əvvəl və sonra ölçülmüş və analiz edilmişdir, alınmış nəticələr cədvəldə verilmişdir, həmçinin asılılıqlar şəkildə göstərilmişdir.

Təcrübələrdən alınmış nəticələrə görə termiki işləmələr tərkiblərin istilikkeçiriciliyini yaxşılaşdırır. Müəyyən olunmuşdur ki, termiki işləmədən sonra ($T = 573K$ və $673K$) istilikkeçirmə

əmsalının qiyməti, tərkiblərdə: $T=90K$ temperaturunda (18-23)% artır. $T=305K$ temperaturunda isə bu artım (12-9)% arasında dəyişir. Başqa sözlə termiki işləmə kristallarda olan (Se element atomlarının artıqlığı ilə yaranmış) vakant mərkəzlərinin bir qismini kompensasiya edir və istilik selinin (fonon prosesində yaranan anharmonizmini zəiflədir) daşınmasını yaxşılaşdırır.

NƏTİCƏ

$Tb_xSn_{1-x}Se$ sistem tərkibləri p-tip yarımkəçirici olmaqla bərabər $T=77-400K$ temperatur intervalında aşağı istilikkeçiriciliyə malikdir. Termiki işləmə vakant mərkəzlərinin bir qismini təmizləməklə bərabər Tb-metal atomlarının kristallarda nizamlılığını artırır. Bu isə istilik selinin stasionar axınını yaxşılaşdırır.

ƏDƏBİYYAT

1. Жузе, В.П. Физические свойства халькогенидов редкоземельных элементов / В.П. Жузе. // - Ленинград: Наука, - 1973. - 303 с.
2. Ismailov, Sh.S. Effect of doping level and compensation thermal conductivity in $Ce_xSn_{1-x}Se$ solid solutions Low Temperature Physics / Sh.S.Ismailov, I.I.Huseynov, M.A.Musaev [et al.] // - Москва: Fizika Nizkikh Temperatur, - 2020, vol 46. №11, - p. 1310-1317.
3. Wang, S., / S.Wang, S.Hui, K.Peng [et al.] // - 2018. Appl. Phys. Lett 112, 142102.
4. Burton, M.R. / M.R.Burton S.Mehraban, D.Beynon [et al.] // - 2019. Adv.Energy Mater. 9.1900201.
5. Huseynov, I.I., Murquzov, M.I., Mamedova, R.F., Ismailov, Sh.S. Thermal Conductivity and Termal EMF of materials for Thermal Energy Converters // In TPE-06.3rd Intern. Conf.on Tehnical and Physical Problems in Power Engineering, - Ankara: - 2006, - p. 804.
6. S.R.Papuri, / S.R.Papuri, M.Pollet, R.Decourt [et al.] // - 2017. Appl. Phys.Lett 110(25) 253903.
7. Li, S., Tong, Z., Bao, H. I. // - 2019. Appl. Phys. 126 (2) 025111.
8. Abdurəhmanova, V.Ə. $(SnSe)_{1-x} - (SmSe)_x$ sistem ərintilərinin istilikkeçiriciliyi // - Bakı: BDU konfransı, - 2017.
9. Штерн, Ю.И. Методика исседования тепло и электрофизических свойств материалов // Ж.Заводская лаборатория, - 2008. Том 74, №6. -с. 32-36.
10. Попов, П.А., Федоров, П.П., Осико В.В. Теплопроводность монокристаллов со структурой флюорита // Москва: Физика твердого тела, - 2010. Том 52. В 3. - с.469-472.
11. Osmanov, S.F. $Tb_xSn_{1-x}Se$ kristallarında termo e.h.q. və elektrik keçiriciliyinin tərkib və temperatur asılılığı / S.F.Osmanov, G.P. Paşayev, Ş.S.İsmayılov [və b.] // - Bakı: Heydər Əliyev adına Azərbaycan Ali Hərbi Məktəbinin Elmi Əsərlər Məcmuəsi, - 2019. №2(33), - s. 56-59.

SUMMARY

S. F. OSMANOV, candidate of physical and mathematical sciences

Azerbaijan Higher Military School named after Heydar Aliyev,

E-mail: sabir.osmanli.62@gmail.com

$Tb_xSn_{1-x}Se$ TERMIC FOR HEAT CONDUCTIVITY OF SOLID SOLUTIONS EFFECTS OF PROCESSING

The article is devoted to the study of the effect of thermal treatment in solid solutions $Tb_xSn_{1-x}Se$ on the thermal conductivity of the components in the temperature range $T = 77-400K$.

Key words: Solid solutions, heat treatment, thermal conductivity, vacancies, phonons.

РЕЗЮМЕ

ОСМАНОВ С. Ф., кандидат физико-математических наук

Азербайджанское высшее военное училище имени Гейдара Алиева,

Электронная почта: sabir.osmanli.62@gmail.com

**Tb_x Sn_{1-x} Se ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ
ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ**

Статья посвящена исследованию влияния термической обработки в твердых растворах Tb_xSn_{1-x}Se на теплопроводность компонентов в интервале температур T = 77-400К.

Ключевые слова: твердые растворы, термообработка, теплопроводность, вакансии, фононы.

Məqalə redaksiyaya daxil olmuşdur: 17.09.21