

Sn_{1-x}Tb_xSe MONOKRİSTALLARININ TERMOELEKTİK HƏRƏKƏT QÜVVƏSİNƏ γ -ŞÜALARIN TƏSİRİ

T.A. CƏFƏROV, C.İ. HÜSEYNOV

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, Bakı, Azərbaycan
tapd75@mail.ru, cahangir.adpu@mail.ru, kafedra.uf@adpu.edu.az

İşdə Sn_{1-x}Tb_xSe sistemdə bərk məhlullar alınmış, onların tərkib-xassə xarakteristikaları öyrənilmiş, termo-e.h.q.-si əmsalının temperatur asılılığı və bu xassələrə kiçik dozalı ionlaşdırıcı şüalarının tədqiq olunmuşdur. Şüalanma zamanı yaranan akseptor tipli nöqtəvi radiasiya defektlərin konsentrasiyası $x=0,05$ tərkibli nümunədəkinə nisbətən daha azdır və radiasiyaya qarşı daha davamlıdır.

Aşar sözlər: Nadir torpaq elementləri, udulma dozası, elektrik keçiriciliyi, Holl əmsalı, yüklük, istilik keçiriciliyi, termo elektrik hərəkət qüvvəsi

A^{VI}B^{VI} tipli birləşmələrdən olan qurğuşun xalkogenidləri (PbX) və nadir torpaq metallarının iştirakı ilə onlar əsasında alınmış bərk məhlullar termoelektrik soyuducuların p budağındakı materiallar kimi [4], laylı quruluşa malik olan germanium sulfid (GeS) monokristallarından holoqrafiya yazılışlarında, elektrik yaddaş qurğularında, günəş batareyalarının hazırlanmasında istifadə olunur [3]. SnSe binar birləşməsi həm termoelektrik, həm də optik xassələrə meyillidir [7]. İon-kovaleant kimyəvi rəbitəyə malik olub, deformasiya olunmuş NaCl tipli quruluşda kristallaşan SnSe binar birləşməsinin əsas xüsusiyyətlərindən biri müəyyən dərəcədə defektlərə malik olamsıdır. Hər iki altqəfəsdə vakansiyaların mövcudluğu və onların qarşılıqlı təsirinə antiquruluş defektlərinin əmələ gətirdiyindən məlum olmuşdur. Nadir torpaq metal (NTM) elementlərinin daxil edilməsi qalay monoselenidində defektmələgəlmənin təbiəti və defektlərin qarşılıqlı təsiri ilə bağlı olan bir sıra fiziki xüsusiyyətlərin yaranmasına səbəb olur [6]. Sn_{1-x}Tb_xSe sistem ərintilərinin bəzi elektrofiziki xassələrinə ionlaşdırıcı şüaların təsiri qismən tədqiq olunsada, γ - şüalanmanın termo-e.h.q.-nə təsiri öyrənilməmişdir.

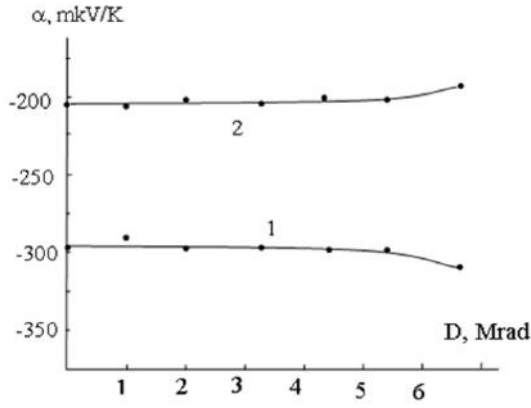
SnSe-TbSe sisteminin hal qiaqramı [1] işlərində ətraflı tədqiq edilmiş, SnSe – TbSe sisteminin faza tərzliyinin tədqiqi SnSe əsasında 3,2 mol %-ə qədər həll olma oblastının mövcud olduğu və komponentlərin 1:1 nisbətində inkonkuriyent əriyən yeni TbSnSe₂ üçlü birləşməsinin alındığı aşkar edilmişdir. SnSe-TbSe sisteminin bərk məhlul oblastından yuxarıda qeyd etdiyimiz üsulla alınmış kristallik nümunələrinin termo-e.h.q.-nin və Holl əmsalının tərkib asılılığı tədqiq olunmuşdur. Terbiumun konsentrasiyasının artımı ilə termo-e.h.q.-si (α) azalır və $x \geq 0,001$ % də işarəsini p-tipdən π -tipə dəyişərək maksimumdan keçməklə Tb_xSn_{1-x}Se bərk məhlullarında mütləq qiyməti stabilləşir. Holl əmsalının qiyməti də termo.e.h.q.-nin qiymətinə analogi dəyişir. TbSe-də kation atomları arasında metallik rəbitə yaranır ki, bunun hesabına terbium 3+ oksidləşmə dərəcəsinə malik olur [5]. Elektrofiziki xassələri terbium monoselenidinin (TbSe) metallik xarakterə malik olduğunu göstərir. Bu nöqtəyi nəzərdən (SnSe)_{1-x}(TbSe)_x sistem ərintilərinə TbSe-nin miqdarının artımı ilə n-tip keçiriciliyin yaranması qanunauyğun haldır.

Hər hansı sistemi öyrənərkən adətən ilk növbədə onun termoelektrik və qalvanomaqnit xassələrinin temperatur asılılığı tədqiq edilir. Bu məqsədlə $x=0,25; 0,50; 2; 3; 4$ mol % TbSe tərkibli monokristallik nümunələri ölçmə aparmaq üçün həndəsi ölçüləri 3x5x20mm olan xüsusi paralelopiped şəklinə salınmışdır. Sonra nümunələrin üzərində omik kontaktlar qoyulmuş və ölçmə aparmaq üçün qurğuya yerləşdirilmişdir. Ölçmə 77÷320K temperatur intervalında aparılmış və alınan nəticələr analiz edilmişdir.

Sn_{1-x}Tb_xSe sistem ərintilərinin şüalanmadan əvvəl və sonra bir sıra elektrofiziki parametrləri 300 K temperaturda ölçülməklə tərkib-xassə asılılıqları müəyyən edilmiş, geniş temperatur intervalında termo-e.h.q.-si tədqiq olunmuş və bu xassələrə γ - şüaların təsiri araşdırılmışdır. γ - şüaların mənbəyi kimi kvantının enerjisi 1,25 MeV olan ⁶⁰Co izotopundan istifadə olunmuşdur. Şüalanma $D = 0,6 \frac{Qr}{san}$ dozada, 30 saat ərzində aparılmışdır.

Sn_{1-x}Tb_xSe sistem ərintilərindən Sn_{0,99}Tb_{0,01}Se və Sn_{0,95}Tb_{0,05}Se tərkibli kütləsi 2 qram olan nümunələrin şüalanmadan əvvəl qalvanomaqnit, termoelektrik və istilik xassələri geniş temperatur intervalında tədqiq olunmuşdur. Sonra nümunələr qamma şüalarla şüalandırılmış və bu xassələr yenidən tədqiq olunmuşdur. Şüalanma dozasını müəyyən etmək üçün nümunələr $t=5, 10, 15, 20; 25$ və 30 saat müddətində (uyğun olaraq $D = 1,08; 2,16; 3,24; 4,32; 5,4; 6,48$ Mrad dozalarda) şüalandırılmış və $T=300K$ temperaturda kinetik parametrlər ölçülmüşdür. Müəyyən edilmişdir ki, kiçik dozalı şüalanmalar kristalın kinetik parametrlərinin qiymətini çox cüzi dəyişir. Hətta demək olar ki, bu dəyişməni ölçmə xətası daxilində nəzərə almamaq olar. Beləliklə nümunələr şüalanma gücü $0,6 Qr/san$, kvantının enerjisi 1,25 MeV olan γ - şüalarla 30 saat ərzində (6,5Mrad) şüalandırılmışdır. Şüalanma mənbəyi kimi ⁶⁰Co izotopundan istifadə olunmuşdur. Alınan nəticələrin müqayisəli şəkildə təhlili aparılmış və Sn_{0,99}Tb_{0,01}Se və Sn_{0,95}Tb_{0,05}Se bərk məhlulların elektrofiziki xassələrinə γ - şüaların təsiri araşdırılmışdır.

Şəkil 1-də Sn_{0,99}Tb_{0,01}Se və Sn_{0,95}Tb_{0,05}Se sistem ərintilərinin $T=300K$ temperaturda termo. e.h.q.-nin şüalanma dozasından asılılıq qrafikləri verilmişdir.



Şəkil 1. $\text{Sn}_{1-x}\text{Tb}_x\text{Se}$ sistem ərintilərdə termo.e.h.q şüalanma dozəsindən asılılığı. 1- $x=0,01$; 2- $x=0,05$, $T=300\text{K}$.

Göründüyü kimi termo e.h.q hər iki nümunədə kiçik dozalarda demək olar ki dəyişmiş. 6,5Mrad dozada isə $\text{Sn}_{0,99}\text{Tb}_{0,01}\text{Se}$ nümunəsində 7% artır, $\text{Sn}_{0,95}\text{Tb}_{0,05}\text{Se}$ nümunədə şüalanmadan sonra 10% azalır. Ana maddədən (p-SnSe) onun terbiumlu bərk məhlullarına keçdikdə α -nın həm qiymətinin, həm də işarə-

sinin dəyişməsi müşahidə olunur. Dəyişmə xarakteri tərkibdə TbSe-nin miqdarından asılı olaraq fərqli xarakter daşıyır. $x_2=0.005$ tərkibli nümunənin $\alpha(T)$ asılılığı $T=80-250\text{K}$ temperatur intervalında $500 \frac{\text{mkV}}{\text{K}}$ -dən $1000 \frac{\text{mkV}}{\text{K}}$ -ə qədər artır və temperaturun sonrakı artımında işarəsi müsbət qalmaqla monoton azalma müşahidə olunur. Qeyd edək ki, aşağı temperaturlarda aşqar keçiriciliyi oblastında temperaturun artımı ilə termo.e.h.q.-si (α) artması, məxsusi keçiricilik oblastıda isə azalması mü-rəkkəb zona qurluşlu birləşmələr və bərk məhlullar üçün xarakterikdir [8].

$\text{Tb}_{0,01}\text{Sn}_{0,99}\text{Se}$ və $\text{Tb}_{0,05}\text{Sn}_{0,95}\text{Se}$ monokristalları istiqamətlənmiş ərimə zonası üsulu ilə alınmışdır və şüalanmadan əvvəl və sonra bir sıra elektrofiziki xassələri 77-320 K intervalında tədqiq olunmuş və bu xassələrə γ - şüaların təsiri araşdırılmışdır. $\text{Sn}_{1-x}\text{Tb}_x\text{Se}$ ($x = 0; 0,01; 0,05$) sistem ərintilərinin 300K temperaturda bəzi kinetik parametrlərinin: xüsusi elektrikkeçiriciliyi (σ), termo.e.h.q (α), yükdaşıyıcıların konsentrasiyası (n) və Holl yürüklüyünün (μ) şüalanmadan əvvəl və şüalanmadan sonra təyin edilmiş qiymətləri cədvəldə verilmişdir.

Cədvəl

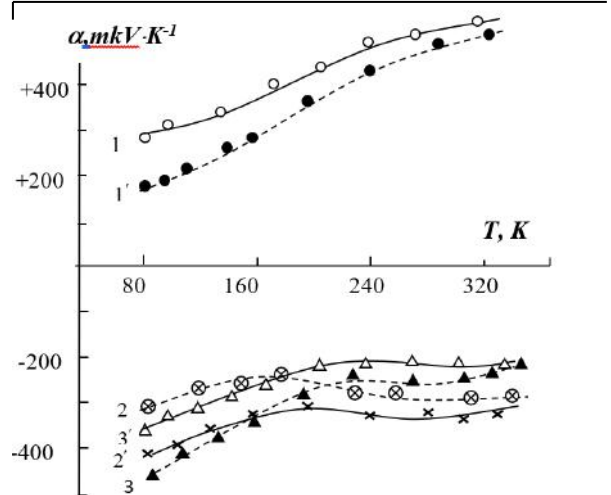
$T=300\text{K}$ -də $\text{Sn}_{1-x}\text{Tb}_x\text{Se}$ ərintilərinin kinetik parametrləri

Tərkiblər	Şüalanmadan əvvəl					Şüalanmadan sonra				
	tip keç	n, $p(n) \text{ sm}^{-3}$	$\sigma, \text{Om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$	$\mu, \frac{\text{sm}^2}{\text{V} \cdot \text{san}}$	$\alpha \frac{\text{mkV}}{\text{K}}$	tip keç	n, sm^{-3}	$\sigma, \text{Om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$	$\mu, \frac{\text{sm}^2}{\text{V} \cdot \text{san}}$	$\alpha \frac{\text{mkV}}{\text{K}}$
SnSe	p	$7,2 \cdot 10^{17}$	18	156	420	p	$6,8 \cdot 10^{17}$	16,7	153	+465
$\text{Tb}_{0,01}\text{Sn}_{0,99}\text{Se}$	n	$6 \cdot 10^{15}$	$6,3 \cdot 10^{-3}$	6,5	-297	n	$6,9 \cdot 10^{14}$	$8,1 \cdot 10^{-3}$	30	-315
$\text{Tb}_{0,05}\text{Sn}_{0,95}\text{Se}$	n	$9,8 \cdot 10^{16}$	$4,5 \cdot 10^{-2}$	3	-210	n	$4,0 \cdot 10^{17}$	$3,2 \cdot 10^{-1}$	20	-191

Cədvəldən göründüyü kimi şüalanmadan sonra kinetik parametrlərin qiymətlərində xeyli dəyişmələr baş vermişdir. 2-ci nümunədə yükdaşıyıcıların konsentrasiyası bir tərtib azalmış, 3-cü nümunədə isə əksinə yükdaşıyıcıların konsentrasiyası bir tərtib, yürüklüyü isə 6 dəfə artmışdır. $T=300\text{K}$ -də termo e.h.q. (α) şüalanmadan sonra 2-ci nümunədə, $\Delta\alpha=18\text{mkV/dər}$ artdığı halda, 3-cü nümunədə $\Delta\alpha=19\text{mkV/dər}$ qədər azalmışdır.

Məlum olduğu kimi yarımkeçirici materiallarda termo e.h.q. (α) yükdaşıyıcıların konsentrasiyasına və defektlərə qarşı çox həssasdır. Ona görə alınmış nümunələrin termo e.h.q-ə γ -şüaların təsirini öyrənmək məqsədi ilə yuxarıda göstərilidiyi kimi $T=77-320\text{K}$ temperatur intervalında $\alpha(T)$ asılılığı şüalanmadan əvvəl və sonra ölçülmüş və analiz edilmişdir.

Şəkil 2-də SnSe, $\text{Tb}_{0,01}\text{Sn}_{0,99}\text{Se}$ və $\text{Tb}_{0,05}\text{Sn}_{0,95}\text{Se}$ nümunələrinin termo e.h.q-nin şüalanmadan əvvəl və sonra temperatur asılılığı verilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, $T=85\text{K}$ temperaturunda α -nın qiyməti SnSe və $x=0,01$ tərkibli nümunədən fərqli olaraq $x=0,05$ tərkibli nümunədə şüalanmadan sonra 16% azalmışdır. Əksinə olaraq $x=0,01$ tərkibli nümunədə -22%, SnSe birləşməsində isə -18% artma müşahidə olunmuşdur [2].



Şəkil 2. Termo.e.h.q - α , temperatur asılılığı 1-SnSe; 2- $\text{Sn}_{0,99}\text{Tb}_{0,01}\text{Se}$, 3- $\text{Sn}_{0,95}\text{Tb}_{0,05}\text{Se}$. 1', 2' və 3' -şüalanmadan sonra

Şüalanma kristallarda bir-birləri ilə və kimyəvi aşqarlarla qarşılıqlı təsirdə olan vakansiyalar, düyünlər-arası atomlar, müxtəlif tip kompleks defektlərin yaranmasına səbəb olur. Radiasiya defektləri öz-özünü kompensasiyaya gətirir və yarımkeçiricinin keçiriciliyi məxsusi keçiriciliyə yaxınlaşır. γ -şüalarının təsiri ilə n-

tip keçiriciliyə malik Sn_{1-x}Tb_xSe (x=0,01; 0,05) kristallarında, donor aşqar mərkəzlərini kompensasiya edən, akseptor tipli radiasiya defektləri yaradır və radiasiya defektləri hesabına yükdaşıyıcıların yüürlüüyü və elektrik keçiriciliyi artır.

Tədqiqat nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, Sn_{1-x}Tb_xSe sistem ərintilərində şüalanma zamanı yaranan akseptor tipli nöqtəvi radiasiya defektlərin konsentrasiyası x=0,05 tərkibli nümunədə nisbətən daha azdır və radiasiyaya qarşı daha davamlıdır.

-
- [1] *J.I. Huseynov, K.A. Hasanov, T.A. Jafarov & I.I. Abbasov.* Compensating Effect of Terbium Impurity on the Conductivity of Tb_xSn_{1-x}Se Solid Solutions. Ukrainian Journal of Physics, 2020. 65(3), 225.
- [2] *T.A. Jafarov.* The occurrence of defects in hard alloys Tb_xSn_{1-x}Se within the γ -irradiation, Journal of Radiation Researches, vol.6, №2, 2019, Baku, p.p. 126-131.
- [3] *Z. Li, Y. Yang, X. Wang, W. Shi, D.J. Xue, J.S. Hu.* Three-Dimensional Optical Anisotropy of Low-Symmetry Layered GeS. ACS Appl Mater Interfaces. 2019 Jul 10; 11 (27): 24247-24253.
- [4] *Y. Shi, C. Sturm, H. Kleinke.* Chalcogenides as thermoelectric materials. J. Solid State Chem. 2019, 270, 273–279.
- [5] *J.I. Huseynov, T.A. Jafarov.* The influence of γ -irradiation on thermoemf and heat conduction of Ln_{0,01}Sn_{0,99}Se (Ln-Pr, Tb, Er) monocrystals// World Journal of Condensed Matter Physics, 2014, 4, № 1., p. 1-5.
- [6] *J. Chen, J. Zhan, Sh.K. Kolawole, L. Tan et al.* Article Effects of Different Rare Earth Elements on the Degradation and Mechanical Properties of the ECAP Extruded Mg Alloys // Materials. 2022, 15, 627.
- [7] *C. Zhou, Y.K. Lee, Y. Yu, S. Byun, Z.Z. Luo, H. Lee, B. Ge, Y.L. Lee, X. Chen, J.Y. Lee et al.* Polycrystalline SnSe with a thermoelectric figure of merit greater than the single crystal // Nat. Mater. 2021, 20, 1378–1384.
- [8] *Дж.И. Гусейнов, М.И. Мургузов, Ш. С. Исмаилов, О.М. Гасанов, Т.А. Джафаров.* Термоэлектрическая добротность твердых растворов (SnSe)_{1-x}(Er₂Se₃)_x. Прикладная физика, 2016, № 4, с. 87-93.