

S. F. OSMANOV, f. r. e. n.; G. P. PAŞAYEV, f. r. e. n.; Ş. S. İSMAYILOV, f. r. e. n.;  
S. T. SƏFƏROVA, M. Ə. HƏSƏNOVA, Ü. T. DADAŞOVA

Heydər Əliyev adına AAHM, AMEA-nın Radiasiya Problemləri institutu,  
Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, C. Naxçıvanski adına Litsey

## Tb, Sn<sub>1-x</sub>Se KRİSTALLARINDA TERMO E.H.Q. VƏ ELEKTRİK KEÇİRİCİLİYİNİN TƏRKİB VƏ TEMPERATUR ASILILIĞI

Məqalədə Tb<sub>x</sub>Sn<sub>1-x</sub>Se sistemindən bəzi  
tərkiblərin ( $x = 0,000; 0,005; 0,010; 0,015$ ) termo  
e.h.q ( $S$ ) və elektrik keçiriciliyin temperatur  
asilılıqları araşdırılmışdır.

Məlumdur ki, nadir toqpaq metalları (NTM) öz spesifik xassələri ilə digər elementlərdən fərqlənirlər. NTM atomlarının daxili elektron quruluşunda  $4f$  səviyyəsinin dolması gədir. Bu səbəbdən asanlıqla  $f-d-s$  keçidi baş verir [1,2]. NTM-dan olan Tb elementi əsasən üç valentlidir [3] və buna baxmayaraq  $f-d-s$  keçidi hesabına elementin valentliyi müxtəlif komponentlərlə əmələ gətirdikləri birləşmə və ya bərk məhlullarda müxtəlif valentlik yarada bilir. Bu isə öz növbəsində NTM-nin iştirakı ilə olan tərkiblərin fiziki xassələrinin dəyişməsinə səbəb olur.

Beləliklə, son zamanlar  $A^{IV}B^{IV}$  birləşmələri əsasında NTM-nin iştirakı ilə olan mürəkkəb birləşmə və onların bərk məhlullarının alınmasına, tədqiqinə maraq xeyli artmışdır. Buna səbəb, qeyd etdiyimiz kimi NTM-nin özünə məxsus spesifik quruluşa malik olması ucbatından müxtəlif fiziki xassələrə malik: yarımkəçirici, dielektrik, lüminefor, yarımaqnit və s. xassəli materialların alınmasıdır.

$SnSe-CeSe$  sisteminin elektrofiziki xassələri tədqiq edilmişdir [4]. Müəlliflər müəyyən etmişlər ki, göstərilən sistemin bərk məhlulları kompensasiya olunmuş yarımkəçiricidirlər. Tərkiblərdə  $Ce$  elementinin miqdarından asılı olaraq, həm  $p$  və həm də  $n$ -tip material almaq mümkündür.

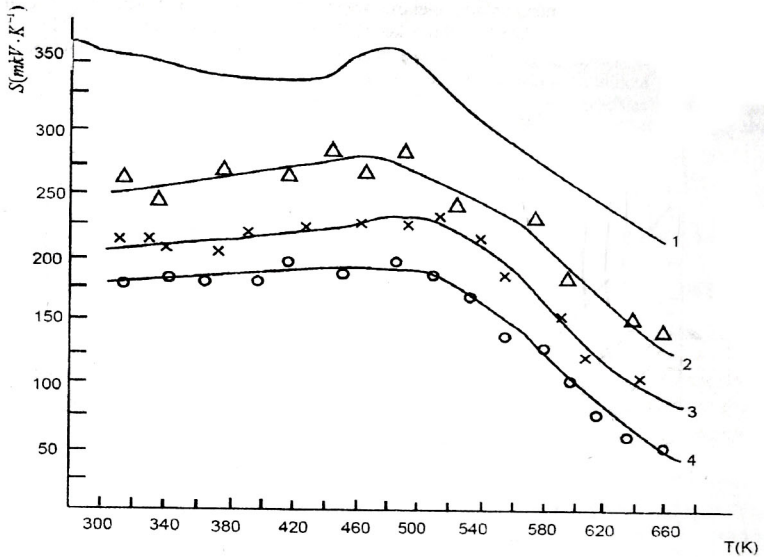
$Pb_{1-x}Tb_xSe$  kristallarında aşqar kimi daxil edilmiş  $Tb$  elementi tərkiblərin istilikkeçiriciliyini təxminən 25% azaldır. Buna səbəb tərkiblərdə əlavə səpilmə mərkəzlərinin yaranmasıdır [5].

[6] -işinin müəllifləri  $SnSe-YbSe$  sistemin bərk məhlullarında termoelektrik xassələri tədqiq etmişlər və müəlliflər müəyyən etmişlər ki, tərkiblərin alınma texnologiyasını təkmilləşdirməklə geniş temperatur intervalında işləyən termoelektrik materiallar almaq mümkündür. Yuxarıda göstərilənlərdən görüldüyü kimi NTM-nin iştirakı ilə olan xalkogenidləri hər tərəfli öyrənməklə, yeni xassələrə malik materiallar almaq mümkündür. Bu baxımdan NTM-nin və o cümlədən terbiyumun ( $Tb$ ) iştirakı ilə yeni tərkiblərin xassələrinin öyrənilməsi böyük maraq kəsb etmişdir.

Tədqiqat obyektini üçün  $TB_xSn_{1-x}Se$  sistem ərintilərindən  $x = 0,000; 0,005; 0,010$  və  $0,015$  at %-li tərkibləri seçilmiş və onların nümunələri alınmışdır. Tərkiblərin sintezi üçün başlanğıc komponentlər 99,999 % təmizlik dərəcəsinə malik - maddələrdən istifadə olunmuşdur.

Nümunələrin alınmasında bilavasitə komponentlərdən tərkiblərin hazırlanması və sintezi üsulundan istifadə olunmuşdur. Komponentlərdən alınacaq tərkiblər qabaqcadan təmizlənmiş ampulalara doldurulmuş, vakuum yaradılaraq bağlandıqdan sonra  $T = 1050^{\circ}C$  - temperaturunda  $t = 2s$  saxlanılmışdır. Sintez müddətində mexaniki vibrasiya üsulundan istifadə olunmuşdur. Bundan sonra nümunələr yenidən, diametri  $\varnothing = 8mm$  olan ampulalara doldurulmuş və sürəti  $0,5 sm/s$  olan, istiqamətlənmiş ərimə zona üsülü ilə alınmışdır. Nümunələrdə homogenliyi təmin

etmək məqsədi ilə, onlar yenidən tıfqi vəziyyətdə və temperaturu  $T = 580^{\circ}\text{C}$  olan qızdırıcı çərisində  $t = 72\text{s}$  saxlanılmışdır. Nümunələrin fiziki-kimyəvi analizi aparılmışdır. Analiz nümunələrin stexiometrik tərkiblərə uyğun olduğunu göstərmişdir.



Şəkil 1.  $\text{Tb}_x\text{Sn}_{1-x}\text{Se}$  kristallarında termo e.h.q.-nin ( $S$ ) temperatur asılılığı: 1- $x=0,000$ ; 2- $x=0,005$ , 3- $x=0,010$ ; 4- $x=0,015$

Nümunələrin kinetik parametrlərini təyin etmək üçün ölçüləri  $(3 \times 6) \cdot 20\text{mm}^3$  olan, paralelepiped formasına salınmışdır. Ölçmələr zamanı B5-49 markalı qida mənbəyindən; B7-21 və B7-35, US4312 markalı ölçü cihazlarından istifadə olunmuşdur. Ölçmələr mütləq stasionar üsulla aparılmışdır və ölçmələr zamanı buraxılan xətlər 3,0%-dən çox olmamışdır. Təcrübələr  $T = 300 - 650\text{K}$  temperatur intervalında aparılmışdır.

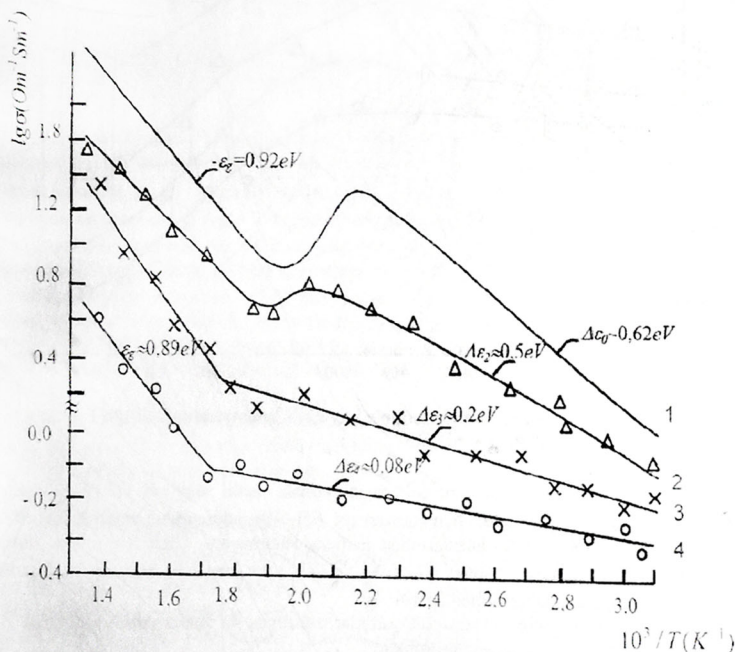
Təcrübədən alınan nəticələr əsasən qrafiklər qurulmuş və analiz edilmişdir, şəkil 1 - də termo e.h.q.-nin temperatur asılılığı göstərilmişdir.

Analiz etmək məqsədi ilə şəkildə ana maddənin ədəbiyyatdan məlum olan termo e.h.q.-nin  $S(T)$  asılılığı da göstərilmişdir (şəkill 1-də 1-ci əyri). Qrafiklərdən göründüyü kimi  $\text{SnSe}$ -ə məxsus qrafikdən onun bərk məhlullarına keçdikdə termo e.h.q.-nin qiyməti mütənəsb azalır. Temperaturun istənilən nöqtəsində müqayisə etdikdə müəyyən olunur ki, tərkiblərdə terbium elementinin miqdarı artıqca mütənəsb olaraq  $S$ -in qiyməti azalır: 300 K temperaturunda  $S$ -in qiyməti  $x_2 = 0,005$  təkkibli nümunədə  $\frac{S(x_1)}{S(x_2)} = 1,5$  dəfə azalır. Bu azalma  $x_3$  - nümunəsində 1,79;  $x_4$  - nümunəsində isə

2,03 dəfə azalmışdır. Digər tərəfdən bərk məhlullarda  $S(T)$  asılılığı  $\text{SnSe}$ -maddəsinin  $S(T)$  - asılılığında kəskin fərqlənir.  $\text{SnSe}$ -ə məxsus  $S(T)$  asılılığında müşahidə olunan anomal dəyişmə (460-490 K) onun terbiumlu bərk məhlullarına keçdikdə  $\text{Tb}$ -un miqdarından asılı olaraq ( $x_3$  - nümunəsindən fərqli olaraq) silinir. Ana maddədə müşahidə olunan bu anomal dəyişməni [7] ədəbiyyatının müəllifləri faza keçidi ilə izah edirlər. Bu çevrilmə qismən  $x = 0,010$  təkkibli

nümunədə nisbətən yuxarı temperaturda baş verir ( $T = 490 - 520\text{K}$ ). Temperaturun sonrakı artımında, tədqiq etdiyimiz nümunələrdə  $S(T)$  - azalır və bu azalma hər üç nümunədə təxminən eynidir.

Şəkil 2-də həmin nümunələrin elektrik keçiriciliyinin temperatur asılılığı göstərimişdir. Tədqiq etdiyimiz bərk məhlullarda elektrik keçiriciliyin qiyməti Tb elementinin miqdarı artdıqca azalma müşahidə olunur. Digər tərəfdən ana maddədə müşahidə olunan anomal dəyişmə oblastı terbiumlu bərk məhlullarda nisbətən yuxarı temperaturlara doğru sürüşür və həm də Tb-un miqdarı artdıqca kəskin zəifləyir.



Şəkil 2.  $Tb_x Sn_{1-x} Se$  kristallarının elektrik keçiriciliyinin temperatur asılılığı:  
 $1-x = 0,000; 2-x = 0,005; 3-x = 0,010; 4-x = 0,015$

Aşqar keçiricilik temperatur oblastında yükdaşıyıcıların aktivləşmə enerjisi hesablanmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, aktivləşmə enerjisi  $x_2 = 0,005$  tərkibli nümunədə  $\Delta\varepsilon_2 \approx 0,5eV$  ( $SnSe$  - də  $\Delta\varepsilon_2 \approx 0,62eV$ ),  $x_3 = 0,010$  tərkibli nümunədə  $\Delta\varepsilon_3 \approx 0,20eV$  və  $x_4 = 0,015$  - də isə  $\Delta\varepsilon_4 \approx 0,08eV$  təşkil edir. Buradan görüldüyü kimi tərkiblərdə Tb-un miqdarı artdıqca  $SnSe$ -nə məxsus qadağan olunmuş zonada yaranan donor enerji səviyyələrinin sayı da artır. Belə olduğu halda Tb-un miqdarından asılı olaraq elektrik keçiriciliyi də artmalı idi. Lakin biz əksini müşahidə edirik. Tərkiblərdə Tb-un miqdarı artdıqca çox ehtimal ki, tərkiblərin ionluq dərəcəsi və eyni zamanda əlavə səpilmə mərkəzləri də çoxalır. Bu səbəbdən elektrik keçiriciliyi azalır. Digər tərəfdən  $T > 570\text{K}$  temperaturunda termik qadağan olunmuş zonanın eni  $x_4 = 0,015$  kristalında qismən dəyişir (2-ci

şəkil, 4-cü əyri). Bu isə o deməkdir ki,  $x_4 = 0,015$  tərkibli nümunədə Tb element atomları artıq tərkib kimi xarakterizə olunur.

## NƏTİCƏLƏR

1.  $Tb_xSn_{1-x}Se$  sistem bərk məhlullarında Tb elementinin miqdarının artması ilə termo e.h. q. və elektrik keçiriciliyi azalır. Bu bilavasitə tərkiblərdə ionluq dərəcəsinin artması ilə bağlıdır;

2.  $SnSe$  də müşahidə olunan anomal dəyişmə halı qismən yuxarı temperaturalara doğru sürüşür və Tb elementinin miqdarı artdıqca zəifləyir.

## ƏDƏBİYYAT

1. Абрикосов Н.Х., Шелимова Л.Е. Полупроводниковые материалы на основе соединений  $A^{IV} B^{VI}$ . М.: "Наука", 1975. 185 с.

2. Гуршумов А.П. Физическая и химическая природа сложных полупроводниковых материалов на основе моноселенида олова. Баку: 1991. 181 с.

3. Физические свойства Халькогенидов редкоземельных элементов / Под.ред. Жиге В.П. М.: изд. "Наука.ЛР", 1973. 303 с.

4. S.F.Osmanov, G.P.Paşayev, Ş.S.İsmayılov  $(SnSe)_{1-x} - (CeSe)_x$  sistem ərintilərinin bəzi elektrofiziki xassələri // H. Əliyev adına ААНМ Elmi əsərlər məcmuəsi. 2017. № 1(28). S. 47-50.

5. Донорные действие редкоземельных металлов в PbTe / Алексеева Г.Т., Ведерников М.В., Гуриева Е.А. и др. ФТП. 1998. Том 32. №7. С. 806-810.

6. S.F.Osmanov, G.P.Paşayev, Ş.S.İsmayılov  $(SnSe)_{1-x} - (YbSe)_x$  sistemi bərk məhlulların termoelektrik xassələri // H. Əliyev adına ААНМ Elmi əsərlər məcmuəsi. 2018. № 2(31). S. 49-53.

7. Алиджанов М.А, Гуршумов А.П, Ализаде М.З. Полупроводниковые материалы на основе селенида олова. Баку: ИНФХ. 1985. Деп. 59с.