

## SAMARIUMUN $\text{Sm}_x\text{Sn}_{1-x}\text{Se}$ BİRLƏŞMƏLƏRİNİN ELEKTROFİZİKİ XASSƏLƏRƏRİNƏ TƏSİRİ

V.Ə. ABDURAHMANOVA, N.M. ABDULLAYEV, H.M. ƏSGƏROV

*AMEA-nın H.M.Abdullayev adına Fizika İnstitutu, AZ-1143, Azərbaycan, Bakı, H.Cavid pr.131*

Ş.S. İSMAYİLOV

*AMEA - nın Radiasiya Problemləri İnstitutu, AZ-1143, B.Vahabzadə 9*

$(\text{SnSe})_{1-x}-(\text{SmSe})_x$  sistem ərintilərinin 77-700K temperatur intervalında: Holl əmsalı ( $R$ ), termo.e.h.q ( $S$ ), elektrik keçiriciliyi ( $\sigma$ ) ölçülmüş, tərkiblərin  $d$ -sıxlığı təyin olunmuş və analiz edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, samarium aşqar atomları tərkiblərdə donor tipli xassə göstərir və effektiv temperaturun artması ilə:  $p$ -tipli nümunələrdə  $T \leq 440$  K-ə qədər 40% -ə qədər artır;  $n$ -tip nümunələrdə isə bu artım daha yüksəkdir və tədqiqat apardığımız temperatur intervalını əhatə edir.  $(I)-x \geq 0,25$  mol% Sm olan tərkiblərdə tip keçiriciliyi  $p$ -dən  $n$ -ə dəyişir. Təcrübələrdən alınan nəticələr göstərir ki, Sm atomları SnSe kristallarında SmSe formasında donor tipli məxsusi defekt rolunu oynayır.

**Açar sözlər:** konsentrasiya, tərkib, sıxlığı, elektrik keçiriciliyi, donor tipli.

**PACS:** 61.50.Ks; 61.50.Nw

### GİRİŞ.

SnSe kristalı  $A^{IV}B^{VI}$  qrup birləşmələri içərisində aralıq bir yer tutur [1, 2]. Bu birləşmə termoelektrik material olmasına baxmayaraq, qadağan olunmuş zonanın eni  $\varepsilon_g = 0,9$  eV olduğundan optik xassələrə meyillidir [3]. Orta-rombik quruluşda kristallaşır [3]. Kristallaşma stexiometrik tərkibə nəzərən selin artıqlığı ilə yarandığından  $p$ -tip keçiricidir. Digər tərəfdən, kristallaşma prosesində qalayan (Sn) ikiqat ionlaşmış vakant mərkəzləri yaranır [1,4], defektli quruluşa malikdir və defektlərin konsentrasiyası  $\sim 10^{17} \text{sm}^{-3}$  tərtibindədir. Kristallaşma prosesində yaranan məxsusi quruluş və antiquruluş defektləri elektroaktiv mərkəzlər yaradır [6]. Bu mərkəzlər, öz növbəsində, daxil edilmiş aşqar atomlarının aktivliyini artırır. Üç valentli Ga, Tl və In elementlərinin iştirakı ilə  $\text{SnSe} < \text{Ga}, \text{Tl}, \text{In} >_x$  bərk məhlullarının geniş konsentrasiya və temperatur intervalında tədqiq etmişlər və müəyyən etmişlər ki, bu elementlərin iştirakı ilə olan tərkiblərdə məxsusi defektlərin (vakant mərkəzlərinin) bir qismi aşqar atomları ilə əvəz olunduğundan, kristalların elektrik və istilik keçiriciliyi yaxşılaşır, sıxlığı artır [4, 7]. Müəyyən olunmuşdur ki, ağır metal atomları, o cümlədən nadir torpaq metalları (NTM) SnSe kristalının elektrofiziki parametrlərini yaxşılaşdırır və yeni fiziki xassəli tərkiblərin alınmasına imkan yaradır [9, 10, 11]. NTM-dan olan Pr, Gd, Dy və Er-un iştirakı ilə SnSe əsasında bir çox tərkiblərin termoelektrik və termomaqnit xassələri tədqiq edilmiş və tərkiblərin istilik keçiriciliyinin yaxşılaşdığı göstərilmişdir.

Əbəbiyyatda göstərdiyimiz kimi, NTM-dan olan Ce və Sm elementi ilə aşqarlanmış  $p$ -tip SnSe kristalının termoelektrik xassələri qismən öyrənilmişdir [9]. Müəyyən olunmuşdur ki,  $\text{Ce}_x\text{Sn}_{1-x}\text{Se}$  və  $\text{Sm}_x\text{Sn}_{1-x}\text{Se}$  kristallarında ( $x \leq 0,05$  at%)  $x$ -in artması ilə tərkiblərdə istilikkeçirmə əmsalının azalması hesabına termoelektrik xassələri yaxşılaşır Bu azalmanın,  $x$ -in miqdarından asılı olaraq, tərkiblərdə əlavə səpilmə mexanizmlərinin yaranmasına hesabına baş verdiyi göstərilir.  $\text{Sm}_x\text{Sn}_{1-x}\text{Se}$  kristallarında istilikkeçirmə əmsalının temperatur asılılığı  $T = 77-420$  K temperaturunda öyrənilmiş və müəyyən olunmuşdur ki, tərkiblərdə Sm-elementinin miqdarı artdıqca, ümumi istilikke-

çirmə əmsalının qiyməti mütənasib azalır [12]. Müəyyən olunmuşdur ki,  $\text{Ce}_x\text{Sn}_{1-x}\text{Se}$  kristalında  $x = 0,05$  at%-li nümunənin termoelektrik effektivliyi yüksəkdir ( $Z = 2, 26 \text{K}^{-1}$ ) və termoelektrik generatorların hazırlanmasında istifadə oluna bilər [9]. SnSe–SmSe sisteminin molyar şəkildə hal diaqramı və fiziki–kimyəvi analizi verilmişdir [9, 11]. Buradan məlum olur ki, SmSe komponenti SnSe-də  $T = 300$  K temperaturunda 5,0 mol%-ə qədər bərk məhlul əmələ gətirir və  $x = 1$  mol% SmSe olan nümunələrdə tip keçiriciliyi  $p$ -dən  $n$ -ə dəyişir. Burada, tərkiblərin, hətta SnSe-də yaranan defektlərin elektrik keçiriciliyi mexanizminin təbiəti, Sm elementinin kinetik parametrlərin dəyişməsidəki rolu geniş konsentrasiya və temperatur intervalında öyrənilməmişdir.

Bu baxımdan,  $(\text{SnSe})_{1-x}-(\text{SmSe})_x$  sistemi bərk məhlullarının geniş konsentrasiya və temperatur intervalında tədqiqinə ehtiyac var. Burada məqsəd, Sm tərkibli maddələrin məxsusi defektlərlə qarşılıqlı təsirini və kinetik parametrlərin dəyişməsidə rolunu öyrənməkdir.

### TƏCRÜBİ HİSSƏ.

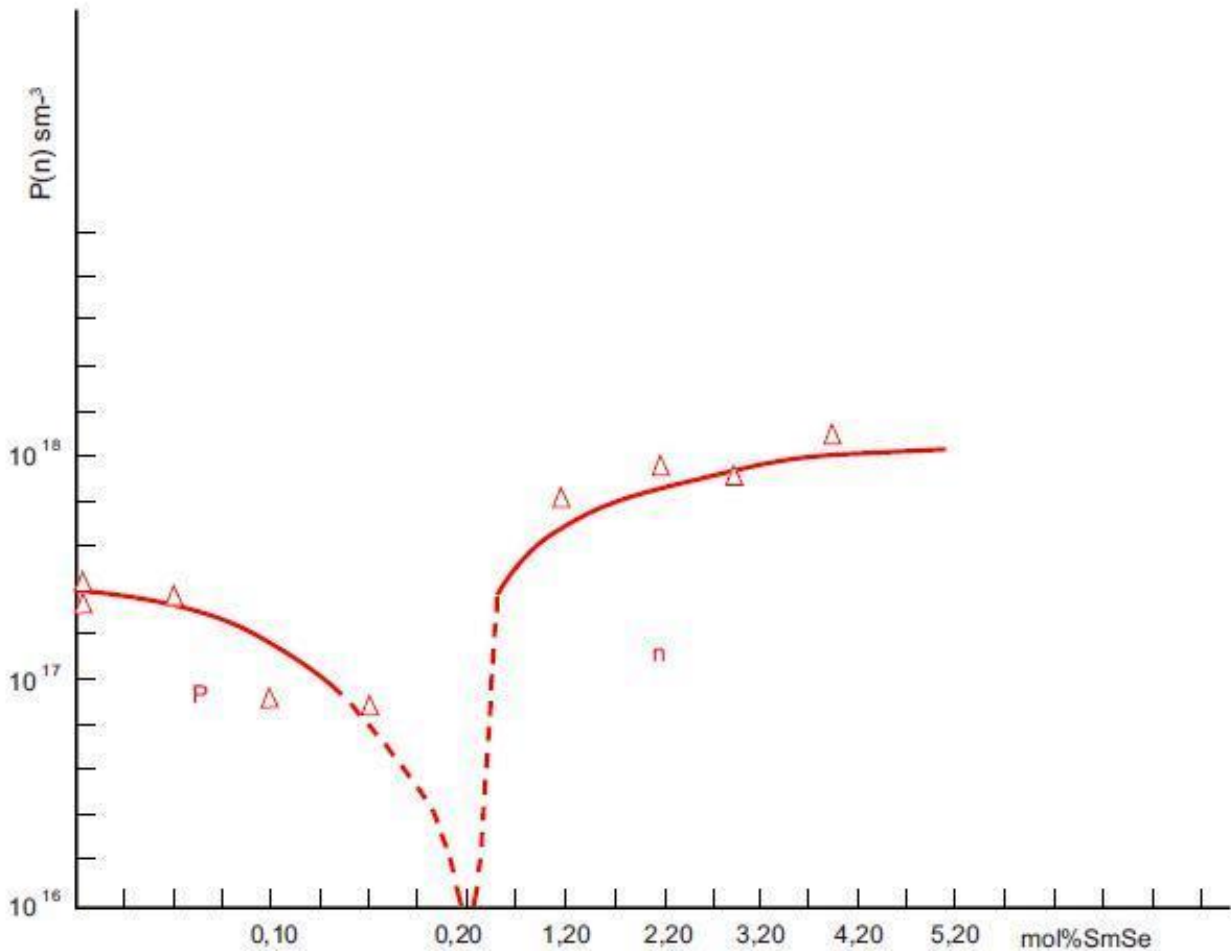
$(\text{SnSe})_{1-x}-(\text{SmSe})_x$  sistem ərintilərinin sintezində başlanğıc komponent qismində B4-000 markalı qalay, OC 417- 4 markalı selen və Sm-22 kimyəvi təmiz (99,996%) elementar samariumdan istifadə olunmuşdur. İlk növbədə SnSe və SmSe binar kristalları alınmış, onların stexiometrik tərkibləri rentgenfaza analizi ilə yoxlanmışdır. Bundan sonra [9, 10] işlərdə göstərilən metodla müxtəlif konsentrasiyalı tərkiblər alınmış və bu tərkiblərdən nömrələri aşağıda göstərilən nümunələrin analizi: fiziki-kimyəvi xassələri məqaləyə daxil edilmişdir: №1- $x=0,00$ ; №2- $x=0,05$ ; №4- $x=0,10$ ; №6- $x=1,00$  və №8- $x=3$  mol% SmSe. Bu tərkiblərin bəziləri (3, 4, 8, 6) və [8] müəlliflərinin verdikləri hal diaqramı ilə müqayisə edilmiş və stexiometrik tərkiblərə uyğun olduğu müəyyən olunmuşdur. Termik effektlərin differensial yazısı üçün etalon maddə kimi alüminium oksidindən istifadə edilmişdir. Nümunələrin qızma və soyuma sürəti 0,5 K/san təşkil etmişdir. Sintez havası 0,1333 Pa təzyiqlə qədər sovrulmuş kvarts ampullalarda aparılmışdır. Sintez iki mərhələdə aparılmışdır: ilkin

mərhələdə ampula maddə ilə birlikdə  $\nu=4-5$ dər/dəqiqə sürətlə selenium (Se) ərimə temperaturuna qədər qaldırılmış və 4 saat bu temperaturda saxlanmışdır, sonra temperaturu tərkiblərdən asılı olaraq  $1000-1100^\circ\text{C}$ -yə qədər tədricən qaldırılıb və 7-8 saat saxlanılmışdır. Alınmış nümunələrdə homogenlik yaratmaq üçün  $T=580^\circ\text{C}$  temperaturunda  $t=172$  saat saxlanılmışdır. Sintez olunmuş nümunələrin differensial termik analizi (DTA) xromel-alümel differensial termocütlü, alçaq tezlikli HTP -73 termoreqistrində aparılmışdır. Qızma sürəri 8 dər/dəq olmuşdur. Rentgen faza analizi (RFA), DRON-3 markalı rentgen difraktometrində,  $U=35$  kV gərginlik və  $I=10$  mA cərəyan şiddəti rejimində, Ni (nikel) süzgəcindən istifadə etməklə  $\text{CuK}_\alpha$  şüalarında ( $\lambda=1,5418\text{Å}$ ) aparılmışdır. Nümunələrin mikrobərkliyi PIMT-3 metalloqrafik mikroskopda hər bir faza mikrobərkliyin öyrənilməsində seçilmiş yükə əsasən müəyyən edilmişdir. Nümunələrin sıxlıqları isə piknometrik və rentgenoqrafik metodlarla təyin edilmişdir. Termo e.h.q-si (S) mütləq stasionar rejimdə, xüsusi elektrik keçiriciliyi ( $\sigma$ ), Holl əmsalı (R) sabit elektromaqnit (marka ФЛ-1) sahəsində və sabit elektrik cərəyanı rejimində,  $T=77-700\text{K}$  temperatur intervalında ölçülmüşdür [11].

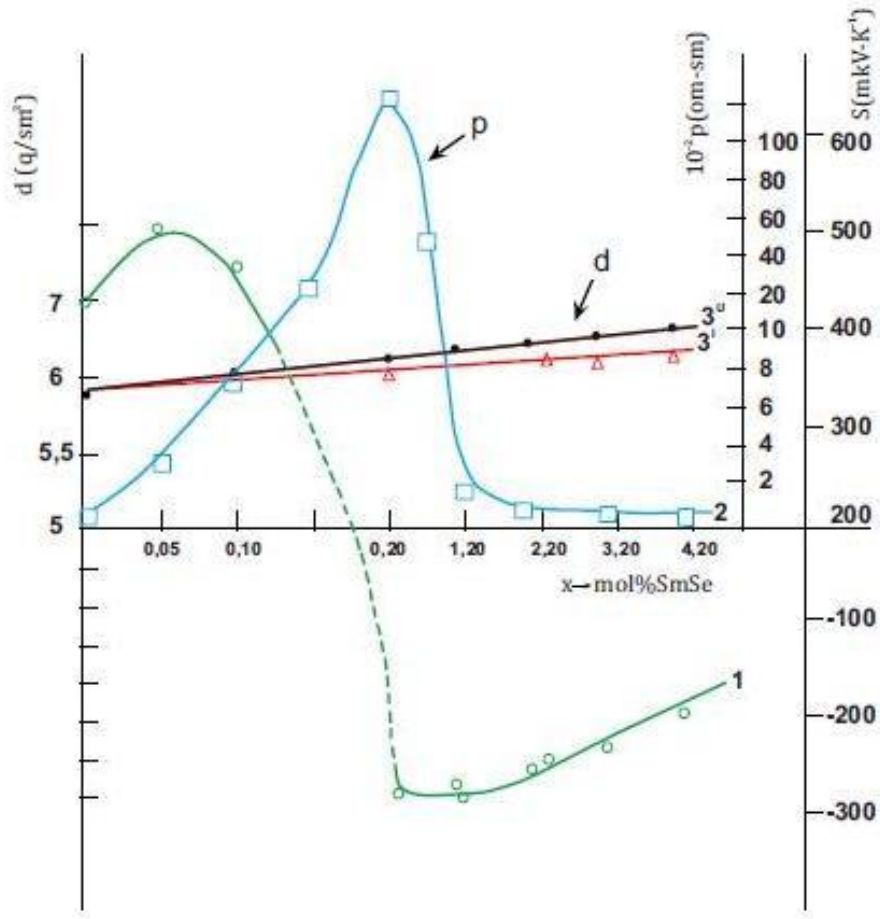
Ölçmələr zamanı sabit gərginlikli TEC-41 və Б 5-49 markalı cərəyan mənbəyindən, П 4833 markalı potensiometr-dən, universal В 7-21 voltmetrdən istifadə edilmişdir.

### TƏCRÜBƏNİN ANALİZİ VƏ NƏTİCƏLƏR.

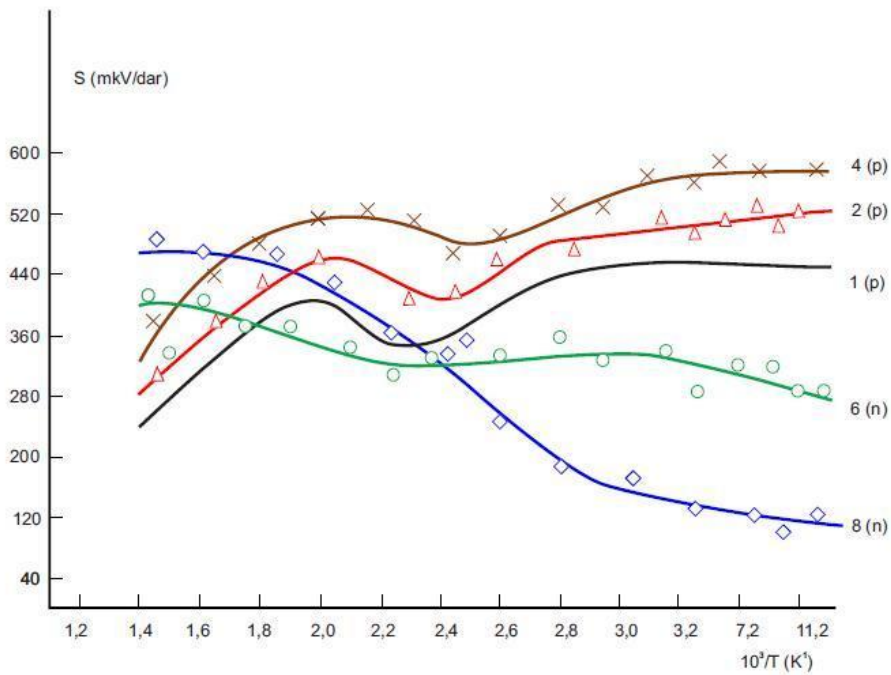
Təcrübədən alınmış nəticələrin qrafikləri 1-6-cı şəkillərdə verilmişdir. 1-ci şəkildə  $(\text{SnSe})_{1-x}-(\text{SmSe})_x$  sistem ərintilərinin bəzi tərkiblərində yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının SmSe komponentinin miqdarından asılılığı verilmişdir. Qrafikdən görüldüyü kimi, tərkiblərdə SmSe komponentinin miqdarı artdıqca və  $x \rightarrow 0,25$  mol%SnSe-ə qədər konsentrasiya azalır. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, SnSe kristalı p-tip yarımkəçiricidir. SnSe kristalına Sm metalını SmSe formada əvəzetmə yolu ilə daxil etdikdə, Sm miqdarından asılı olaraq dəşik konsentrasiyası azalır. Bu proses göstərir ki, Sm-un miqdarından asılı olaraq tərkiblərdə kompensasiya gedir.  $x \geq 0,25$  mol%SmSe olan tərkiblər n tip keçirici olmaqla bərabər, Sm miqdarının artmasına uyğun yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının da artması müşahidə olunur.



Şəkil 1.  $(\text{SnSe})_{1-x}-(\text{SmSe})_x$  sistem kristallarında yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının tərkib asılılığı.  $T=300\text{K}$ ,  
 $1 \cdot x = 0,00$  mol% SmSe;  $2 \cdot x = 0,05$  mol% SmSe;  $4 \cdot x = 0,10$  mol% SmSe;  $5 \cdot x = 0,25$  mol% SmSe;  
 $6 \cdot x = 0,10$  mol% SmSe;  $8 \cdot x = 0,30$  mol% SmSe;  $9 \cdot x = 0,40$  mol% SmSe.



Şəkil 2.  $(\text{SnSe})_{1-x}-(\text{SmSe})_x$  sistem kristallarında: 1-thermo.e.h.q.-nin ( $S$ ), 2- müqavimətin ( $\rho$ ) və 3- sıxlığın ( $d$ ) ( $\Delta$ -7/) tərkib asılılığı.  $T=300\text{K}$ .



Şəkil 3.  $(\text{SnSe})_{1-x}-(\text{SmSe})_x$  sistem kristallarında thermo.e.h.q.-nin temperatur asılılığı: 1· $x = 0,00(\rho)$ ; 2· $x = 0,05(\rho)$ ; 4· $x = 0,10(\rho)$ ; 6· $x = 1,00(n)$ ; 8· $x = 3,00(n)$

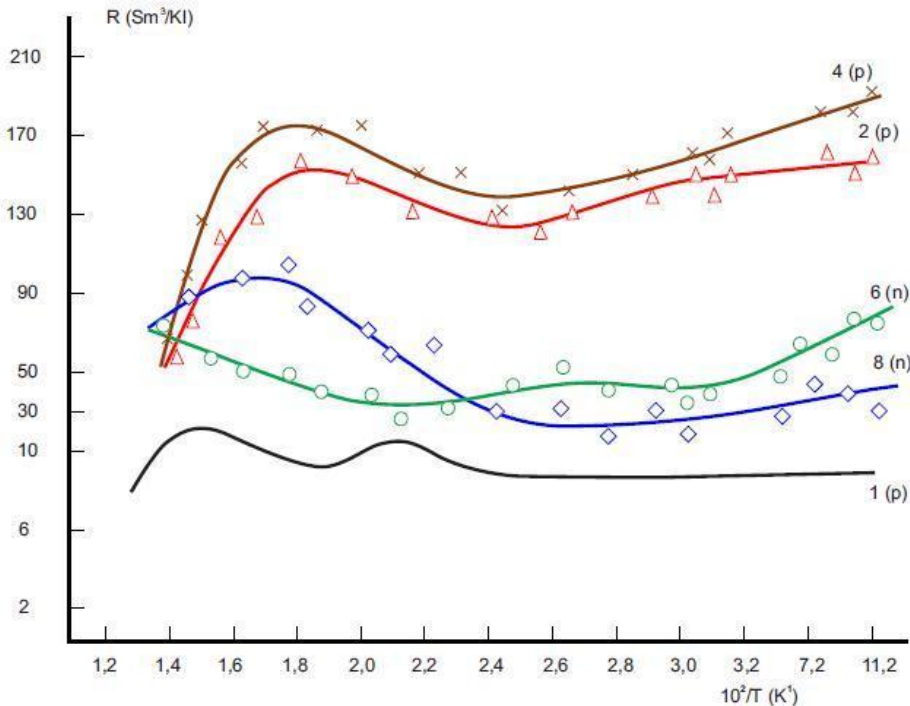
Qrafikdən görüldüyü kimi  $n$ -tip tərkiblərin konsentrasiyası  $p$ -tip konsentrasiyaya nisbətən 60% yüksəkdir. 2-ci şəkildə termo.e.h.q. ( $S$ )-in tərkib asılılığı verilmişdir (şəkil 2, 1-ci əyri). Qrafikdən görüldüyü kimi  $x \geq 0,25 \text{ mol\% SmSe}$  tərkibli nümunələrdə tip keçiriciliyi  $p$ -dən  $n$ -ə dəyişir. 2-ci əyridə xüsusi müqavimətin tərkib asılılığı verilmişdir. Qrafikdən görüldüyü kimi (şəkil 2, 2-ci əyri) tərkiblərdə  $\text{Sm}$ -un miqdarı artdıqca, xüsusi müqavimət artır və  $x \approx 0,25 \text{ mol\% SmSe}$  olan tərkibdə özünün maksimal qiymətini alır.  $\text{Sm}$  elementinin sonrakı artımında kəskin azalma müşahidə olunur. Bu azalma  $x \geq 1 \text{ mol\% SmSe}$ -li nümunələrdə  $\text{Sm}$ -un miqdarından asılı olaraq monoton azalma yolu ilə zəifləyir. 3-cü qrafikdə (şəkil 2, 3-cü əyri) maddənin sıxlığının tərkibdən asılılığı verilmişdir.

Qeyd edək ki, tərkiblərin sıxlığının  $\text{Sm}$ -un miqdarından asılılığı [8] müəlliflər tərəfindən də öyrənilmişdir (şəkildə 3'-cü qrafik). Həm [8] müəlliflərinin, həm də bizim təcrübədən aldığımız nəticələr göstərir ki, tərkiblərdə samariumun miqdarından asılı olaraq maddələrin sıxlığı nəzərə çarpacaq dərəcədə artır. Sıxlığın artması  $\text{SnSe}$ -nin elementar qəfəsinin böyüməsi ilə xarakterizə olunur. Bu zaman elementar özəyin həcmi və molekulların sayı dəyişir. Başqa sözlə,  $\text{Sm}$  element atomları tərəfindən qəfəsdə qalaya məxsus vakant mərkəzlərinin və qismən də düyünlərəarası boşluqların tutulması hesabına sıxlığı artır.

Şəkil 3-də seçilmiş nümunələrdə termo e.h.q.-nin ( $S(T)$ ) temperatur asılılığı verilmişdir. Qrafiklərdən görüldüyü kimi  $S(T)$  asılılığı  $p$ -tip (1, 2 və 4-cü əyri) maddələrdə,  $n$ -tip (6, 8-ci əyri) maddələrə nəzərən keyfiyyətcə fərqli dəyişir. Belə ki,  $p$ -tip nümunələrin  $S(T)$  asılılığı  $T=77-400\text{K}$  temperatur arasında zəif azalır, minimumdan keçərək  $T=420-530\text{K}$ -də zəif ekstremum müşahidə olunur və  $T$ -un sonrakı artımında yenidən azalır. Müşahidə olunan minimum,  $\text{Sm}$ -un miqdarından asılı olaraq, aşağı tem-

peratura doğru sürüşür. Digər tərəfdən, qrafiklərdən görüldüyü kimi,  $p$ -tip nümunələrdə №2, ( $x=0,05\% \text{ mol\% SmSe}$ ) ilə  $T=300\text{K}$ -də dəşiklərin konsentrasiyası 48%; №4-li nümunədə isə təxminən bir tərtib azalmışdır. Dəşik konsentrasiyasının azalması №5 nümunəyə ( $x=0,25 \text{ mol\% SmSe}$ ) qədər davam edir. (şəkil 1)  $n$ -tip nümunələrdə (6 və 8-ci əyri) isə əksinə,  $T$ -un artması ilə  $S(T)$  asılılığında №6-cı nümunədə 77-400K intervalında çox zəif artım müşahidə olunur və minimumdan ( $T=400-455\text{K}$ ) keçərək artım sürəti qismən böyüyür. №8-ci nümunədə (3,0 mol%  $\text{SmSe}$ ) tədqiqat apardığımız temperatur intervalında:  $T=77-500\text{K}$ -də  $S(T)$  artım sürəti qismən zəif ( $\nu_s \sim T^{0,1}$ ), sonrakı temperatur intervalında isə daha yüksək olub  $\nu_s \sim T^{0,92}$  qanunu ilə dəyişir. Bu qeyri-adi dəyişmə (№8-ci nümunədə) tərkibdə  $\text{Sm}$ -metali hesabına rezonans halının intensivləşməsi ilə bağlı olduğu ehtimal olunur. Termo e.h.q.-nin  $S(T)$  qiyməti yükdaşıyıcıların  $r$ -səpilmə mexanizmi və  $m$  effektiv kütlənin qiymətindən asılı olaraq dəyişir.  $T=77-400\text{K}$  temperatur intervalında zəif dəyişməsi nümunələrdə elektron konsentrasiyasının artması ilə əlaqədardır.  $T \geq 420\text{K}$  temperaturunda  $S(T)$ -nin qiymətinin böyüməsi isə rezonans səpilməsinin artması ilə xarakterizə olunur [12,13].

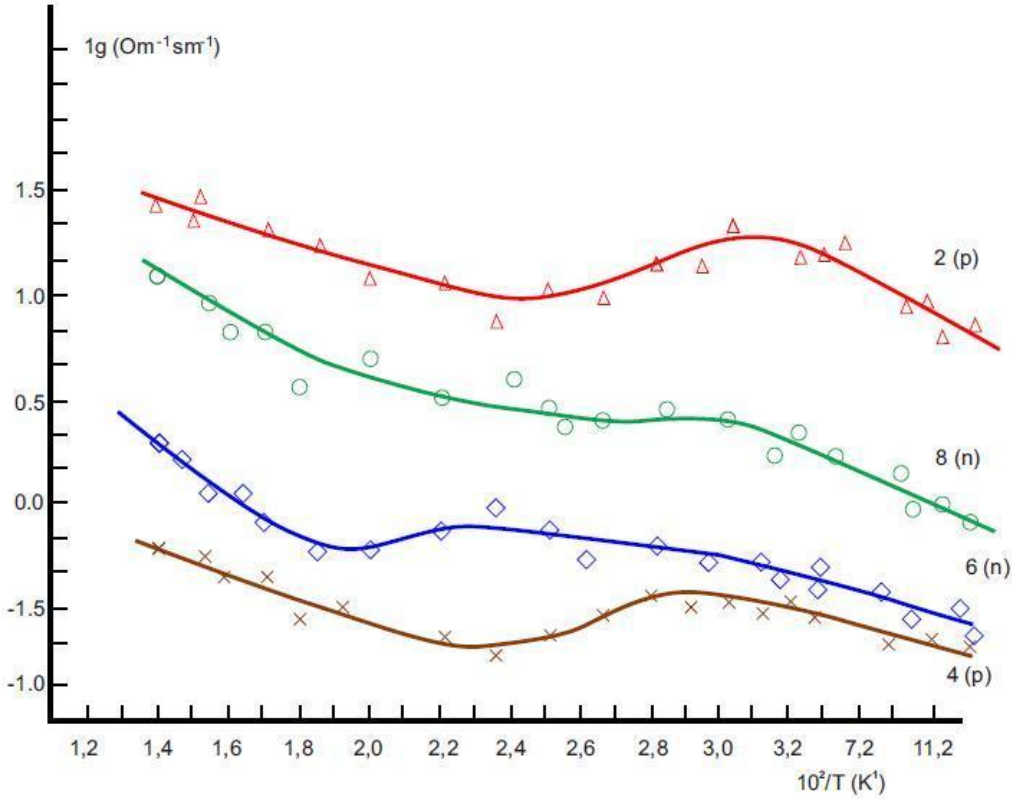
Şəkil 4-də Holl əmsalının temperatur asılılığı verilmişdir.  $S(T)$  asılılığında olduğu kimi tərkiblərdə də  $\text{Sm}$ -un miqdarından asılı olaraq  $R(T)$  asılılığı müxtəlif formada dəyişir; №2-nümunəsində  $T=77-440\text{K}$ -də  $R(S) \approx \text{const}$ , dəşik konsentrasiyasının sabitliyini göstərir. Temperaturun sonrakı artımında  $T \approx 420 \text{ K}$ -də minimumdan keçərək zəif artım müşahidə olunur və  $T \geq 500\text{K}$  temperaturda azalır. Yuxarı temperaturda ( $T \geq 500\text{K}$ ) nümunədə (№4) oxşar dəyişmə baş verir, lakin  $R$ -in qiyməti qismən artır.  $T=77-400\text{K}$ -də isə zəif azalma (şəkil 4, 4-cü əyri) müşahidə olunur ki, bu da dəşik konsentrasiyasının qismən sabitliyinə uyğun gəlir.



Şəkil 4.  $(\text{SnSe})_{1-x}-(\text{SmSe})_x$  sistem kristallarında Holl əmsalının temperatur asılılığı: 1· $x = 0,00(p)$ ; 2· $x = 0,05(p)$ ; 4· $x = 0,10(p)$ ; 6· $x = 1,00(n)$ ; 8· $x = 3,00(n)$ .

Nisbətən analogi hal 6 №-li  $n$ -tip nümunədə də müşahidə olunur (şəkil 4, 6-cı əyri). Lakin burada  $R(T)$  asılılığının azalması elektron konsentrasiyasının artması hesabına baş verir.  $T=300-500\text{K}$ -də konsentrasiyanın sabitliyi müşahidə olunur.  $T \geq 400\text{K}$  temperaturda  $R(T)$  zəif və monoton artır. Bu artma SmSe komponentinin aktivləşməsi hesabına  $r$ -səpilmə mexanizminin böyüməsi və rezonans hadisəsinin aktivləşməsi hesabına baş verir. Yuxarı temperatur intervalında ( $T \geq 420\text{K}$ ) 8 №-li nümunədə (şəkil 4, 8-ci əyri) göstərdiyimiz xassə daha qabarıq şəkildə özünü biruzə verir. Şəkil 5-də nümunələrin elektrik keçiriciliyinin temperatur asılılığı verilmişdir.  $T=300-450\text{K}$ -də konsentrasiyanın, 2 №-li nümunə istisna olmaqla, sabitliyi

müşahidə olunur. 2 №-li nümunədə bu interval  $T=300-400\text{K}$  temperaturu əhatə edir. Temperaturun sonrakı artımında yükdaşıyıcıların aktivləşməsi hesabına nümunələrin elektrik keçiriciliyi artır. Aşağı temperatur intervalında  $T \leq 400\text{K}$  yükdaşıyıcıların aktivləşmə enerjisi  $T=77-320\text{K}$ -də 2 və 4 №-li nümunələrdə  $\Delta E_g \approx 0,37\text{eV}$ ; 6 və 8 №-li nümunələrdə isə  $\Delta E_g \approx 0,39\text{eV}$  tərtibindədir. 2 və 4 №-li nümunələrdə  $T=300-400\text{K}$ -də  $\sigma(T) \approx \text{const}$ ;  $T=400-500\text{K}$ -də minimumdan keçərək artır.  $\sigma(T)$  asılılığında yaranan minimum temperatur intervalı yükdaşıyıcıların holl yürüklüyünün azalması ilə bağlıdır.



Şəkil 5.  $(\text{SnSe})_{1-x}(\text{SmSe})_x$  sistem kristallarında elektrik keçiriliyinin temperatur asılılığı: 1·x = 0,00( $\rho$ ) mol%; 2·x = 0,05( $\rho$ ) mol%; 4·x = 0,10( $\rho$ ) mol%; 6·x = 1,00( $n$ ) mol%; 8·x = 3,00( $n$ ) mol%.

Qrafiklərdən görüldüyü kimi, 6 №-li nümunənin  $\sigma(T)$  asılılığında minimumdan keçid çox zəif və həm də nisbətən yuxarı temperaturda ( $T=530-600\text{K}$ ) baş verir.  $T \geq 530\text{K}$ -də (şəkil 5, 6-cı əyri)  $\sigma(T)$  asılılığı intensivləşir və məxsusi keçiricilik oblastına keçir. Bu temperatur oblastında termik qadağan olunmuş zonanın eni  $E_g \approx 0,8\text{eV}$  tərtibindədir. 8 №-li nümunənin  $\sigma(T)$  asılılığında keçiriciliyin doyma halı müşahidə olunmur və cırılmış yarı keçirici xassə göstərir. Qrafikdən görüldüyü kimi,  $n$ -tip nümunələr xassəcə  $p$ -tip nümunələrdən fərqlidir.  $n$ -tip nümunələrdə Sm metalının miqdarı çox olduğundan, tərkiblərdə əlavə Sm-Sm atomları arasında qarşılıqlı təsir yaranır.

Nəticədə, Sm atomları bir tərəfdən deformasiya potensialını artırır, digər tərəfdən müxtəlif növ defektlər yaradır, vakant mərkəzlərin tutulmasına və maddənin sıxlığının artmasına səbəb olur. Eyni zamanda, Sm atomla-

rının elektron konfigurasiyasının  $4f^6 5d^0 6s^2$  olması dəyişkən valentlik, iki və üç ( $\text{Sm}^{2+}$ ,  $\text{Sm}^{3+}$ ) valentlik yaradır. Samarium  $\text{Sm}^{3+}$  halı metallik xassə,  $\text{Sm}^{2+}$  halı isə yarı keçirici xassə göstərir [2]. Bu dəyişkən valentliyi kristalda olan defektlərin növündən və komponentlərin təbiətindən asılı olaraq dəyişir.  $S(T)$ ,  $R(T)$  ayrılırlarından görüldüyü kimi hər iki halda samarium metal atomları SmSe formasında donor tipli xassə göstərir. Digər tərəfdən, samariumun  $4f^6$  örtüyündə olan vakant mərkəzləri elektronlar üçün akseptor rolunu oynayır və tərkiblərdə Sm-un miqdarı artdıqca ion potensialının yaratdığı sahədə güclənin və elektron sıxlığının yenidən paylanmasına səbəb olur. Digər tərəfdən Sm konsentrasiyasının artması Sm-Sm və Sm-Se əlaqələri güclənin və rezonans hadisəsinin yaranmasına səbəb olur. Temperaturun artması ilə rezonans tezliyi artır ki, bu da maddələrin keçiriciliyini məhdudlaşdırır.



- [1] *H.X. Абрикосов, Л.Е. Шелимова.* Полупроводниковые материалы на основе соединения  $\text{A}^{\text{IV}}\text{B}^{\text{VI}}$ . М. Наука. 1975. 194 ст.
- [2] *А.П. Гуришумов.* Физико-химическая и физическая природы сложных полупроводниковых материалов на основе моноселенида олова. Баку 1991.182 ст.
- [3] *А.П. Гуришумов, М.И. Мургузов, Ш.С. Исмаилов.* Исследование зонной структуры и механизме рассеяние носителей тока в селениде олова” в.кн. Новые неорганические материалы. Баки -1992. 16-38 ст.
- [4] *Н.А. Алиджанов, А.П. Гуришумов, М.З. Алызаде.* ”Полупроводниковых материалы на основе селенида оловасelenida olova. Dep. 9022. B85. В аки, 59 с.
- [5] *А.П. Гуришумов, Б.Б. Гулуев, А.М. Ахмедов и др.* Неорга. Матриалы. 1984, том 20, №7, ст.1090-1094.
- [6] *Е. Патли.* «Сульфид, седенид и теллурид свинца» В св. Материалы использование в полупроводниковых приборах». Под. Ред. Хогарта. М.Мир 1968 ст. 99-143.
- [7] *А.П. Гуришумов и др.* Неогранические материалы. 1984, том 20.
- [8] *L.V.Prokofeva, D.A.Pşenay-Severin, P.P.Konstantinov, A.A.Şabalain* FTP. 43.1195.
- [9] *V.Ə. Abdurahmanova, B.A. Tahirov, Ş.S. İsmayilov.* “Serium və samarium elementi ilə aşqarlanmış p-SnSe birləşməsinin termoelektrik xassələri”. Fizikanın müasir problemləri VIII Respublika Konfransı Bakı 2014. səh. 119-122.
- [10] *B.A. Tahirov, M.İ. Murquzov, V.Ə. Abdurahmanova və b.* Fizika, cild XVIII, 2012, №2, səh.41.
- [11] *C.İ. Hüseyinov.* “Ln-Sn-S(Se) (Ln =Pr, Gd, Er, Dy) system ərinti və birləşmələrində elektron, fonon prosesləri”. Avtoreferat. Bakı 2017.
- [12] *V.Ə. Abdurahmanova.* «Thermal conductivity of the  $(\text{SnSe})_{1-x}(\text{SmSe})_x$  sistem alloys” Modern trends in Physics. The event is sponsored by the Baku State University and State Agency of Alternative and Renewable Energy Sources of the Republic of Azerbaijan. Baku, 2017, 23-25.
- [13] *A.V. Дмитриев, И.П. Звягин.* В журнале УФН, 2010, том 180, №8, ст. 821-837.
- [14] *Л.В. Прокофьева, Ю.И. Рафиг, Д.А. Пшенай-Северин и др.* ФТП, 2010, 6, том 44, ст.742-748.
- [15] *В.И. Кайданов, Ю.И. Рафиг* “ Глубокие и резонансные состояния в полупроводниках типа  $\text{A}^{\text{IV}}\text{B}^{\text{IV}}$ . УФН, 1985, т. 168, ст. 817-841.
- [16] *А.В. Голубков, Е. В. Гонгарова, В.П. Жузе и Г.Маноилова.* В кн. Халькогениды. Киев. Наукова дутка» 1967, ст.141.
- [17] *А.С. Охотин, А.С. Пушкарский, Р.П. Боровиков. В.С. Симагов.* «Методы измерения характеристик термоэлектрических материалов и преобразователей» М. Наука 1974, 168 ст.

**V.A. Abdurahmanova, N.M. Abdullaev, H.M. Askerov, S.S. Ismailov**

**INFLUENCE OF SAMARIUM ON ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF  $\text{Sm}_x\text{Sn}_{1-x}\text{Se}$**

Holl coefficient ( $R$ ), termo- e.m.f ( $S$ ), electric conductivity ( $\sigma$ ), density ( $d$ ) of components in the  $(\text{SnSe})_{1-x}(\text{SmSe})_x$  system alloys the temperature range of 77-770K are measured and analyzed. It has been established that samarium additive atoms reveal donor- type properties and the effectiveness increases up to 40% in  $p$ -type samples with the temperature increasing up to  $T \leq 440\text{K}$ , whereas in  $n$ -type samples effectiveness increases in whole temperature interval. The type of conductivity varies from  $p$  to  $n$  in  $x \geq 0,25$  мол.% Sm composition. The results obtained from the experiments show that Sm atoms play role of donor- type intrinsic defect in the SmSe form in SnSe crystals.

**В.А. Абдурахманова, Н.М. Абдуллаев, Г.М. Аскеров, Ш.С. Исмаилов**

**ВЛИЯНИЕ САМАРИЯ НА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЙ  $\text{Sm}_x\text{Sn}_{1-x}\text{Se}$**

В сплавах системы  $(\text{SnSe})_{1-x}(\text{SmSe})_x$  при 77-700K определены и проанализированы коэффициент Холла ( $R$ ), термо.э.д.с ( $S$ ), электропроводность ( $\sigma$ ) и плотность состава ( $d$ ). Установлено, что примесные атомы самария в составе соединения проявляют свойство донорного типа и с увеличением температуры до  $T \leq 440\text{K}$  эффективность в образцах  $p$ -типа, увеличивается до 40%, в образцах  $n$ -типа это увеличение охватывает весь температурный интервал. В составах  $x \geq 0,25$  мол.% Sm тип проводимости изменяется от  $p$  до  $n$ . Результаты, полученные из экспериментов показывают, что атомы Sm в кристаллах SnSe играют роль собственного дефекта донорного типа в форме SmSe.

*Qəbul olunma tarixi: 09.04.2018*