

SnSe-Ce₂Se₃ SİSTEM BƏRK MƏHLULLARININ BƏZİ FİZİKİ XASSƏLƏRİNİN TƏDQIQI

VƏFA ƏLƏFSƏR QIZI ABDURAHMANOVA

ADPU, Fizika fakultəsi

Bakı şəhəri, Üzeyir Hacıbəyov 68.

abdurrahman.vafa@gmail.com

SnSe-Ce₂Se₃ sistem bərk məhlullarının elektrofiziki xassələrindən: elektrik keçiriciliyi (σ); termo e.h.q.-nin (S) və istilikkeçirmə əmsalının (χ) tərkib və temperaturasılılıqları öyrənilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, SnSe-dən onun bərk məhlullarına keçdikdə elektrik müqaviməti $5 \cdot 10^9$ omsm-ə qədər artır. Termik qadağan olunmuş zonanın qiyməti $\Delta E \approx (1,2 \div 2,0)$ eV intervalında dəyişir.

Açar sözləri: Elektrik keçiriciliyi, qəfəs istilikkeçiriciliyi, termo.e.h.q., bərk məhlul, tərkib, termik qadağan olunmuş zona, elektrik müqaviməti.

PACS: 538.91+538.93

GİRİŞ

A^{IV}B^{VI} qrup kristalların kvazi lokal səviyyələr yarada bilən aşqarlarla leqirə olunması onların praktiki tətbiq imkanlarını artırdığından, uyğun tədqiqatların aparılması həm fundamental, həm də praktik baxımdan böyük əhəmiyyət kəsb edir. Bu baxımdan, Nadir torpaq metallarından (NTM) olan Ce, Sm elementləri ilə aşqarlanmış p-SnSe birləşməsində kinetik parametrlərin öyrənilməsi, elektron-fonon qarşılıqlı təsirinin araşdırılması maraq kəsb edir.

Ortorombik quruluşlu malik olan SnSe yarımkəçirici, termoelektrik kristalı əsaslı çoxlu sayda işlər mövcuddur [6-9]. Bu qrup kristallar həm termoelektrik, həm də optik materiallar kimi tətbiq olunurlar. Aralıq mövqedə olan SnSe kristalında qadağan olunmuş zonanın eni 0,9 eV-dur. Ona görə də, hər iki tərəfə meyillidir [6-9]. Mürəkkəb ion-kovaleent kimyəvi rəbitəyə malik, deformasiya olunmuş NaCl tipli quruluşda kristallaşır. Yüksəkdərəcədən defektlərə və hər iki alt qəfəsin vakansiyalarına ($\sim 10^{17} \text{sm}^{-3}$) malikdir.

Ce₂Se₃ kristalı mərkəzə simmetriyalanmış kubik qəfəs quruluşuna malikdir, izomorfudur və qəfəs parametrləri $a=8,9586$ Å-dur [9]. Hər iki kristalın yaratdığı bərk məhlulların tədqiqi maraq kəsb edir.

TƏCRÜBİ HİSSƏ

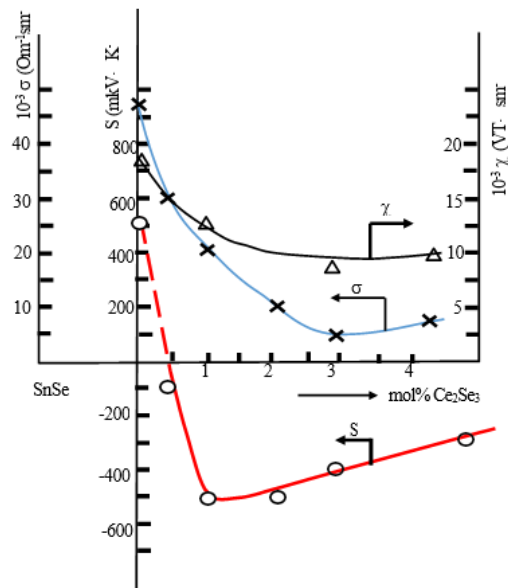
Rentgenfaza, mikroquruluş analiz üsulu ilə SnSe-Ce₂Se₃ sisteminin hal diaqramı qurulmuş [6] və bərk məhlul oblastı təyin olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, Ce₂Se₃ birləşməsi SnSe-də mol 8% -ə qədər bərk məhlul verir. Hər iki birləşmə yarımkəçirici material olduğundan onların yaratdıqları bərk məhlulun fiziki xassələrinin necə dəyişməsinə maraq kəsb etmişdir.

SnSe-nin elektrik keçiriciliyi 300K-də ($\sim 2 \div 14$) $\text{Om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$ tərtibindədir. Qadağan olunmuş zonanın eni $\Delta E \approx 0,9$ eV tərtibindədir [7]. İşdə SnSe əsasında olan bərk məhlul oblastından $x=0,5$; 1,00; 2,00; 3,00 və 4,0 mol% Ce₂Se₃ olan nümunələri alınmış, onların elektrik keçiriciliyi (σ); termo e.h.q. (S) və istilikkeçirmə əmsalının (χ) geniş temperaturoblastında ($T=300-700$)K ölçülərək analiz edilmişdir. Elektrik keçiriciliyi potensiometr üsulla, termo e.h.q və istilik keçirmə əmsalı isə mütləq stasionar metod-

la ölçülmüşdür. Nümunələrin həndəsi ölçüləri (4x6)x20mm-dir. Ölçmələr zamanı maddə boyunca $\Delta T=(8-10)^{\circ}\text{C}$ - temperatur qradienti olmuşdur.

TƏCRÜBƏ NƏTİCƏLƏRİNİN ANALİZİ

Elektrik keçiriciliyin (σ); termo e.h.q. (S) və istilikkeçirmə əmsalının (χ) qiymətlərinin tərkib asılı olaraq dəyişməsi 1-ci şəkildə verilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi, tərkiblərdə Ce₂Se₃ elementinin miqdarı artdıqca termo e.h.q.-nin mütləq qiyməti azalır (1.0 mol% Ce₂Se₃-də), Ce₂Se₃-ün konsentrasiyasının (1÷3) mol% -li qiymətlərində nisbətən artma müşahidə olunur və termo e.h.q.-nin dəyişməsindən göründüyü kimi Ce₂Se₃ – komponentinin 1 mol% qiymətində inversiya nöqtəsindən keçərək keçiricilik mexanizmi dəyişir. Çox ehtimal ki, buna səbəb leqirə olunmuş aşqar atomlarının kompensasiya olunması hesabına baş verir.

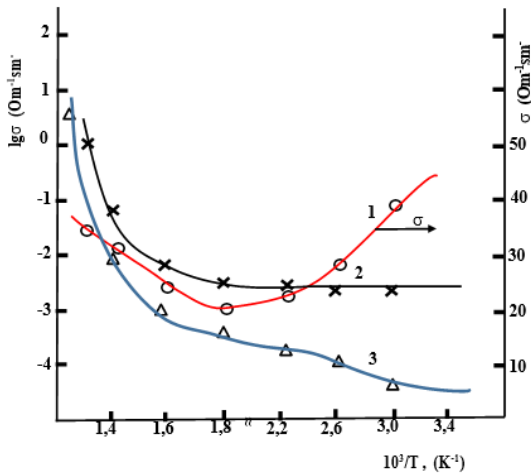


Şəkil 1. SnSe - Ce₂Se₃ sisteminə elektrik keçiriciliyinin – (σ), termo e.h.q.-nin - (S) və istilikkeçirmə əmsalının - (χ) tərkib asılılığı.

Şəkildən göründüyü kimi SnSe- Ce₂Se₃ bərk məhlul-

larında Ce₂Se₃-ün miqdarı artdıqca elektrik keçiriciliyinin qiyməti kəskin azalır. Qeyd edək ki, termo e.h.q-nin və elektrik keçiriciliyinin minimum qiyməti 1-3 mol% Ce₂Se₃ olan intervala düşür. Termoe.h.q-nin və elektrik keçiriciliyinin belə dəyişməsinə səbəb leqirə olunan kiçik qiymətlərdə (Ce konsentrasiyasında) seriumun qalayla əvəz olunması fonunda elektron-deşik kompensasiyasının baş verməsidir. Sonra isə adi bərk məhlullarda olduğu kimi proses davam edir. (SnSe)_{1-x}-(Ce₂Se₃)_x sisteminin istilik keçiriciliyi 0 ≤ x ≤ 0,03 konsentrasiya intervalında Ce₂Se₃-ün miqdarının artması ilə azalır. Bu fononların vakant mərkəzlərdən müxtəlif formada səpilməsi ilə bağlıdır. Sistemdə elektron istilik keçiriciliyi çox kiçikdir və onu nəzərə almaq da olar. Ümumi istilik keçiriciliyin qəfəsisilik keçiriciliyindən ibarət olduğunu göstərmək olar. Ce₂Se₃ komponentinin kiçik faizlərində χ_{qəfəs} - çox zəif dəyişir.

Bu isə Ce₂Se₃ - komponentinin miqdarından asılı olmayaraq yükdaşıyıcıların çox zəif dəyişməsi ilə əlaqədardır.



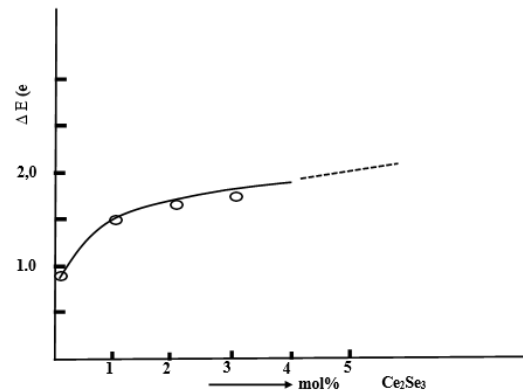
Şəkil 2. SnSe – Ce₂Se₃ sistem ərintilərində elektrik keçiriciliyin temperatur asılılığı. 1- SnSe, 2 - 1 mol% Ce₂Se₃+ 99mol% SnSe, 3- 3mol% Ce₂Se₃ + 97 mol% SnSe

Şəkil 2- də nümunələrin elektrik keçiriciliyinin temperatur asılılığı lgσ = f(10³/T) verilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi alınan nümunələr verilmiş temperatur intervalında yarımkeçiricilik xassə göstərir. Məxsusi keçiricilik

oblastı (650-800)K temperaturunda müşahidə olunur. Bu oblastda nümunələr üçün optik qadağan olunmuş zonanın

$$\Delta E = -0,43KT_0 \frac{d[\lg(n_0 T^{-3/4})]}{d(T_0/T)}$$

hesablanmış və 3-cü şəkildə verilmişdir. Burada T₀=650K, n₀=4,6·10¹⁷sm⁻³ həmin nöqtədə yükdaşıyıcıların konsentrasiyası, T-isə sonuncu temperaturdur və 800K-nə bərabərdir. Şəkildən görüldüyü kimi, SnSe-dən onun Ce₂Se₃-lə olan bərk məhlullarına keçdikdə Ce₂Se₃-nin miqdarından asılı olaraq qadağan olunmuş zonanın eninin qiyməti artır. SnSe kristalının Ce₂Se₃ komponenti ilə müxtəlif dozalarda leqirə olunmuş nümunələri əsasən leqirə olunan dozanın miqdarından kəskin asılıdır. Burada əsas rolu serium atomlarının qalay vakansiya mərkəzlərini tutması mühüm rol oynayır. Məhz ona görə də, SnSe - Ce₂Se₃ sisteminin bərk məhlulları Ce element atomlarının bir elektron artıqlığı [6] hesabına n-tip yarımkeçiricidirlər.



Şəkil 3. SnSe – Ce₂Se₃ sistem ərintilərində ΔE-qadağan olunmuş zonanın tərkib asılılığı.

NƏTİCƏLƏR

SnSe - Ce₂Se₃ sisteminin bərk məhlulları ana maddədən (p-tip SnSe) fərqli olaraq n-tip n-tip yarımkeçirici materiallardır.

Bərk məhlullarda termik qadağan olunmuş zonanın eni ΔE≈(1,2+2,0) eV arasında qiymətlər alır və tərkiblərdə Ce₂Se₃-komponentinin miqdarından asılı olaraq artım müşahidə olunur.

- [1] Н.Х. Абрикосов и Л.Е. Шелимова. Полупроводниковые материалы на основе соединений A^{IV}B^{VI} Изд. Наука 1975, ст. 236-242.
- [2] Л.В. Прокофьева, Ю.И. Равич, Д.А. Пшенин-Северин, П.П. Константинов, А.А. Шабалдин. Легирование полупроводников A^{IV}B^{VI} и энергетический спектр дырок с учетом резонансных состояний. Физика и техника полупроводников, 2010, 44 (6), ст.742-747
- [3] Ю.И. Равич, С.А. Немов. Прывжковая проводимость по локализованным примесным состояниям индия в РbТе и твердых растворах на его основе. ФТП. 2002. Т.36, №1, ст.3-23.
- [4] А.В. Дмитриев, И.П. Звягин. Современные тенденции развития физики термоэлектрических материалов. УФН 180, № 8, ст. 821-837 (2010).
- [5] В.Ю. Ирхин, Ю.П. Ирхин. Электронная структура, корреляционные эффекты и физические свойства d- и f- переходных металлов и их соединений. М. Наука. 2011,
- [6] А.П. Гуришумов. Физико-химическая и физическая природы сложных полупроводниковых материалов на основе моноселенида олова. Баку 1991. РП.СНИО СССР, ст. 182
- [7] Katherina R. Stevens, Simon Johnsen, Steven N, Girard. Investigation of the Thermoelectric Properties of Metal Chalcogenides with SnSe. Nanoscape, vol.7, Issue 1, Summer 2010.
- [8] Sh.S. Ismailov, J.I. Huseynov, M.A. Musaev, I.I. Abbasov, V.A. Abdurakhmanova. "Effect of doping level and compensation on thermal conductivity in Ce_xSn_{1-x}Se solid solutions" Low

Temperature Physics, 2019, т.45, № 12, с.
[9] *V.A. Abdurakhmanova*. «Thermal conductivity of the (SnSe)_{1-x}-(SmSe)_x system alloys» Modern trends in Physics. The event is sponsored by the Baku State

University and State Agency of Alternative and Renewable Energy Source of the Republic of the Azerbaijan. Baku, 2017, 23-25.

Vafa Alafsar gizi Abdurahmanova

STUDY OF SOME PHYSICAL PROPERTIES OF SOLID SOLUTIONS OF THE SnSe-Ce₂Se₃ SYSTEM

From the electrical properties of solid solutions of the SnSe-Ce₂Se₃ system: electrical conductivity (σ); The composition and temperature dependences of thermoelectric etc. have been studied. (S) and heat transfer coefficient (χ). It has been established that upon transition from SnSe to its solid solutions, the electrical resistance increases to $5 \cdot 10^9$ Ohm. The thermal band gap varies within $\approx E\Delta(1.2 \div 2.0)$ eV.

Вафа Алафсар кызы Абдурахманова

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ СИСТЕМЫ SnSe-Ce₂Se₃

Из электрофизических свойств твердых растворов системы SnSe-Ce₂Se₃: электропроводность (σ); Изучены состав и температурные зависимости термоэ.т.д. (S) и коэффициента теплоотдачи (χ). Установлено, что при переходе от SnSe к его твердым растворам электрическое сопротивление увеличивается до $5 \cdot 10^9$ Ом. Величина тепловой запрещенной зоны варьируется в пределах $\Delta E \approx (1,2 \div 2,0)$ эВ.