

(AgSbSe₂)_{0.95}(PbTe)_{0.05}-in TERMOELEKTRİK XASSƏLƏRİ**S.S. RƏHİMOV, A.A. SƏDDİNOVA***AMEA Fizika İnstitutu, Bakı, Azərbaycan**sadiyar@mail.ru*

p-tip (AgSbSe₂)_{0.95}(PbTe)_{0.05} bərk məhlul tərkibinin 80-520K temperatur intervalında elektrikkeçirmə, termo e.h.q. və istilikkeçirmə əmsalları tədqiq olunmuşdur. Elektrikkeçirmə əmsalının temperatur asılılığında maksimum (450K), termo e.h.q.-nin temperatur asılılığında isə maksimum (350K) və minimum (450K) müşahidə edilmişdir. Termoelektrik effektivliyinin temperaturdan asılı olaraq artması və 500K-də maksimum $Z=0,2 \cdot 10^{-3} K^{-1}$ qiymətə malik olduğu göstərilmişdir.

Açar sözlər: termoelektrik effektivliyi, elektrikkeçirmə, termo e.h.q., istilikkeçirmə

PACs: 72.15.Jf, 72.20.Pa, 73.50.Lw, 85.80

GİRİŞ

AgSbSe₂ üçqat birləşməsi orta temperatur oblastında işləyən perspektiv p-tip termoelektrik materialdır. AgSbSe₂ birləşməsinin tədqiqində stexiometriyadan kənara çıxma və aşqarlanma geniş tətbiq edilir, çünki bu praktik istifadə üçün daha əlverişli tərkiblərin tapılmasına imkan yaradır [1.2]. Bu istiqamətdə əsas məsələ termo e.h.q., elektrikkeçirmə və istilikkeçirmədən asılı olan termoelektrik materialın enerji çevrilməsi effektivliyini yaxşılaşdırmaqdan ibarətdir [3].

AgSbSe₂ PbTe kimi kubik qəfəs quruluşda kristallaşır və bu da bir sıra bərk məhlulların alınmasına imkan yaradır. Termoelektrik xassələri yaxşılaşdırmaq məqsədilə (AgSbSe₂)_{0.95}(PbTe)_{0.05} tərkibli birləşmə təəfimizdən sintez olunmuşdur. Bundan başqa, kristal quruluşun dəyişməyəcəyi, amma tərkibin dəyişməsinin quruluşda defektlərin yaranmasına gətirib çıxaracağı və bunun gələcəkdə yükdaşıyıcıların səpilmə mərkəzlərinə xidmət edəcəyi nəzərdə tutulmuşdur. Bu isə termoelektrik materiallar üçün olduqca əhəmiyyətli olan istilikkeçirmənin qiymətinin azalmasına gətirib çıxarır.

TƏCRÜBİ NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN ANALİZİ

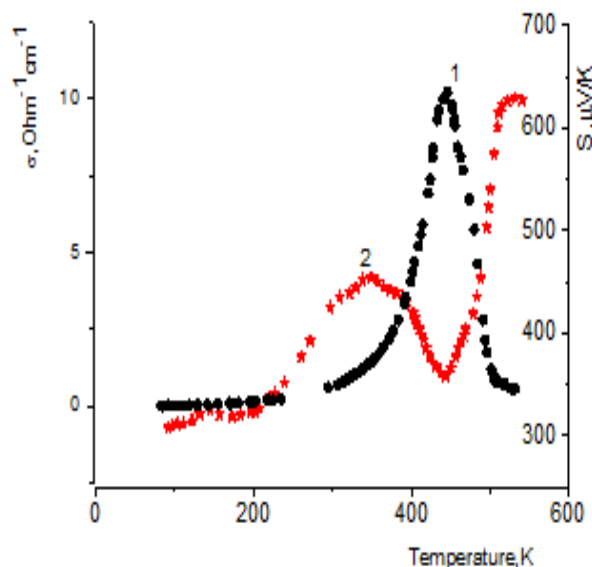
Tədqiq olunan nümunələr ilkin komponentləri lehimlənmiş kvarts ampulada əridib, ərimə temperaturundan 100K yuxarı temperaturda 10 saat saxlayıb, daha sonra otaq temperaturuna kimi 1K/dəq. sürətlə yavaş soyutmaq üsulu ilə alınmışdır.

Rentgen quruluş analizi BRUCKER-D2 PHASER difraktometri vasitəsilə aparılmışdır. Rentgen quruluş analizinin nəticəsinə görə, (AgSbSe₂)_{0.95}(PbTe)_{0.05} qəfəs sabiti $a=5.78600 \text{ \AA}$, fəza qrupu Fm-3m uyğun olan səthə mərkəzləşmiş kubik qəfəsə malikdir.

(AgSbSe₂)_{0.95}(PbTe)_{0.05} nümunəsinin 80-520K temperatur intervalında elektrikkeçirmə, termo e.h.q. və istilikkeçirmə kimi termoelektrik xassələri tədqiq olunmuş və alınmış nəticələr verilmiş işdə təqdim olunur.

Təcrübələr dördzondlu potensiomtrik metodla aparılmışdır. Termo e.h.q.-nin işarəsinin müsbət olması və Holl əmsalının işarəsi ilə üst-üstə düşməsi tədqiq olunan bütün temperatur intervalında keçiriciliyin dəşik mexanizmi olduğunu göstərir.

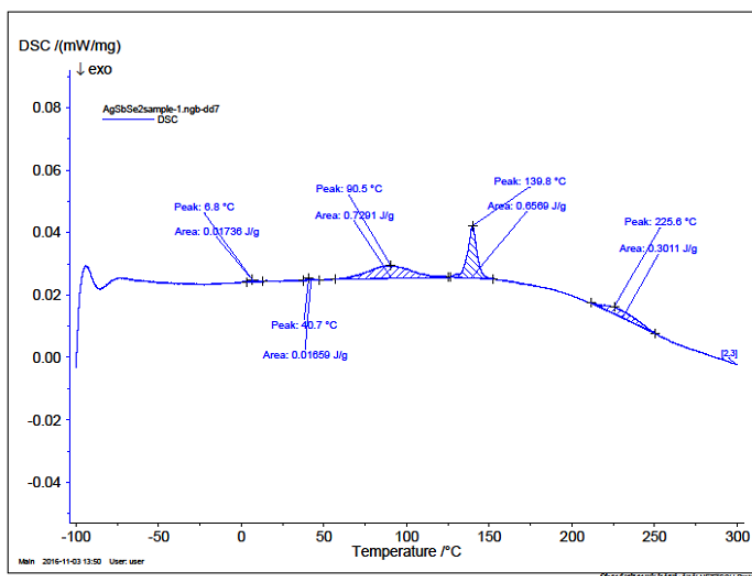
Şəkil 1-də (AgSbSe₂)_{0.95}(PbTe)_{0.05}-nin elektrik keçiriciliyinin (1) və termoehq-nin (2) temperatur asılılıqları verilmişdir.



Şəkil 1 (AgSbSe₂)_{0.95}(PbTe)_{0.05}-nin elektrik keçiriciliyinin (1) və termoehq-nin (2) temperatur asılılıqları

Aparılmış təcrübələr göstərir ki, otaq temperaturundan aşağı temperaturalarda nümunənin elektrikkeçirməsi nisbətən kiçikdir və demək olar ki, çox dəyişmir. Temperatur artdıqca elektrikkeçirmənin qiyməti artmağa başlayır. Lakin elektrikkeçirmənin kifayət qədər kəskin artması otaq temperaturundan yuxarı temperaturalarda müşahidə olunur.

Elektrik keçiriciliyinin qiymətinin artması təqribən 450K -ə qədər davam edir və $10 \text{ Ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ qiymət alır. Daha sonra temperatur artdıqca elektrik keçiriciliyinin qiyməti azalır və 500 K -dən yuxarıda bu kəskinlik azalır. Həmin şəkildə göstərilən termoehq-nin temperatur asılılığında əsasən üç interval diqqəti cəlb edir. Bunlar 100-350K, 350-450K və daha yuxarı 450-550K temperatur intervallarıdır. Birinci temperatur intervalında 160K temperaturda, ikinci temperatur intervalında isə 350K-də termoehq-nin temperatur asılılığı maksimumdan keçir. Birinci maksimum az nəzərə çarpır, lakin müşahidə olunur. İkinci maksimum daha kəskin müşahidə edilir və həmçinin elektrik keçiriciliyinin temperatur asılılığı ilə də korrelyasiya edir. Lakin 100-350K intervalında həm elektrik keçiriciliyinin, həm də termoehq-nin qiymətləri (160-200K temperatur intervalını nəzərə almasaq) temperaturdan asılı olaraq artır.



Şəkil 2

AgSbSe₂-nin DSC vasitəsi ilə aparılmış tədqiqi göstərir ki (ikinci şəkil), maksimumu 363.5K olmaqla 328-393K, maksimumu 413K olmaqla 398-423K və maksimumu 498.6K olmaqla 483-523K temperatur intervallarında üç endoeffekt müşahidə edilir. Bu effektlərdən ən kəskin ikinci endoeffekt olduğu halda (S=0.66J/q), ən çox enerji birinci effekt zamanı (S=0.73J/q) ayrılır. Bütün bunlar özünü həm elektrik keçiriciliyinin, həm də termoehtq-nin temperatur asılılıqlarında aydın göstərir.

[4] işində göstərilir ki, A^IB^VC₂^{VI} sisteminə aid olan birləşmələrdə B^V və C^{VI} atomları arasında kovalent əlaqə yaranır və bu da əsasən kristallik qəfəsin möhkəmliyini təmin edir. Pb atomlarının kristallik qəfəsə daxil olması əlbəttə ki kristallik qəfəsin deformasiyaya uğramasına səbəb olur. AgSbSe₂-nin 5% PbTe ilə bərk məhlulu kristallik qəfəsin stabilliyini azaldır, lakin ümumi halda kubik struktura saxlanılmaqla qəfəsin parametrləri artır. Digər tərəfdən isə gümüş xalkogenidləri ion keçiriciliyinə malik maddələr kimi tanınır. Temperatur artdıqca gümüş ionları öz yerlərindən çıxır, və kristallik qəfəsin yenidən qurulmasına təsir edir. əqdim olunan asılılıqlara gəldikdə isə bunu ilkin olaraq gümüş ionlarının yerlərinin dəyişməsi, daha sonra energetik olaraq Ag₂Se fazalarının əmələ gəlməsi mümkünlüyünün artması ilə izah etmək olar. Lakin bir tərəfdən Pb atomlarının olması, digər tərəfdən isə energetik olaraq bütün həcmdə Ag₂Se

fazalarının əmələ gəlməsinin mümkünsüzlüyü bu prosesi ləngidir. Bütün bunlar özünü daşınma əmsallarının temperatur asılılığında göstərir.

Elektrik keçiriciliyinin qiymətinin artmasını PbTe hesabına defekliliyin artması və dərin olmayan akseptor səviyyələrin əmələ gəlməsi ilə izah oluna bilər. Belə vəziyyət istilikkeçirmənin qiymətinin azalması və elektrik keçiriciliyinin temperaturdan asılı olaraq artmasına səbəb olur ki bu da 450K-qədər müşahidə olunur. Sonrakı azalma isə binar Ag₂Se birləşməsinin faza keçidi oblastına düşür və lokal yerlərdə bu fazaların əmələ gəlməsi ilə əlaqəli ola bilər.

AgSbSe₂)_{0.95}(PbTe)_{0.05}-in istilikkeçirmə əmsalının temperatur asılılığı da tədqiq edilmişdir. İstilikkeçirmə əmsalının qiyməti temperaturdan asılı olaraq 100-250K intervalında praktik olaraq sabit qalır, daha sonra isə azacıq artım müşahidə edilir. Qeyd edildiyi kimi (AgSbSe₂)_{0.95}(PbTe)_{0.05} NaCl strukturunda kristallaşır ki, burada Na yerlərini statistik olaraq Ag, Sb və Pb tutur. Kristal qəfəsin düyünlərində statistik olaraq müxtəlif atomlar yerləşdikdə kristal özünü amorf cisim kimi aparır və istilikkeçirmə temperaturdan asılı olaraq dəyişmir.

Tədqiq olunmuş nümunədə, həmçinin termoelektrik effektivliyi də qiymətləndirilmişdir. Verilmiş tərkibdə termoelektrik effektivliyinin qiymətinin temperaturun artması ilə artdığı və 500K temperaturda maksimum Z=0,2.10⁻³K⁻¹ qiymətinə malik olduğu göstərilmişdir.

[1] K.T. Wojciechowski, M. Schmidt, Structural and thermoelectric properties of AgSbTe₂-AgSbSe₂ pseudobinary system, Phys. Rev. B79, 2009, 184202-1-7.

[2] S.N. Guin, A. Chatterjee, K. Biswas, Enhanced thermoelectric performance in p-type AgSbSe₂ by Cd-doping, The Royal Society of Chemistry Adv.,2014, 4, 11811-11815

[3] S.S. Ragimov, A.A. Saddinova, Transport properties of (AgSbSe₂)_{0.9}(PbTe)_{0.1}, AJP FIZIKA 2016 vol. XXII №4, section: En, p.13-15

[4] Л.Д. Дудкин, А.Н. Острица. Тройные полупроводниковые соединения A^IB^VC₂^{VI}, Доклады АН СССР, (1959), 124, №1, 94-97