

(AgSbSe₂)_{0,95}(PbTe)_{0,05} BƏRK MƏHLULUNDA YÜKDAŞIYICILARIN AKTİVLƏŞMƏ ENERJİSİ

A.A. SƏDDİNOVA

Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası, H.M. Abdullayev adına Fizika İnstitutu,
Bakı, Az 1143, H. Cavid, 131
saddinova.aynur@mail.ru

AgSbSe₂ birləşməsinin və (AgSbSe₂)_{0,95}(PbTe)_{0,05} bərk məhlul nümunəsinin elektrikkeçirməsi 80-350K temperatur intervalında tədqiq olunmuş və yükdaşıyıcıların aktivləşmə enerjisi hesablanmışdır.

Açar sözlər: termoelektrik material, elektrikkeçirmə, yükdaşıyıcıların aktivləşmə enerjisi
PACS: 72.20.Pa

GİRİŞ.

Termoelektrik materiallar istiliyin birbaşa elektrik enerjisinə çevrilməsində mühüm rol oynayırlar. Bu sahədə əsas məsələ yüksək effektivliyə malik yeni materialların alınması və onların tədqiq edilməsidir. Məlum olduğu kimi, yüksək termoelektrik effektivliyə malik olan materiallarda elektrikkeçirmə və termoe.h.q böyük, istilikkeçirmə isə kiçik qiymətə malik olmalıdır.

A^IB^VC^{VI} qrupuna aid olan AgSbSe₂ üçqat yarımkeçirici birləşməsi Ag₂Se və Sb₂Se₃ tipli iki binar birləşmə əsasında əmələ gəlir və NaCl tipli səthə mərkəzləşmiş kubik quruluşa malikdir [1]. AgSbSe₂ və ona yaxın olan digər üçqat yarımkeçirici materiallar yuxarıda qeyd olunan xüsusiyyətlərə və üstün termoelektrik xassələrə malik olduqlarından böyük maraq kəsb edirlər.

AgSbSe₂ üçün termoelektrik effektivliyinin böyük qiyməti 500K ətrafında alındığından bu birləşmə əsasən otaq temperturunda və yuxarı temperaturlarda tədqiq edilmişdir. AgSbSe₂ birləşməsinin otaq temperaturundan aşağı temperaturlarda tədqiqinə ədəbiyyatda [5, 6] işləri istisna olmaqla, demək olar ki, rast gəlinmir.

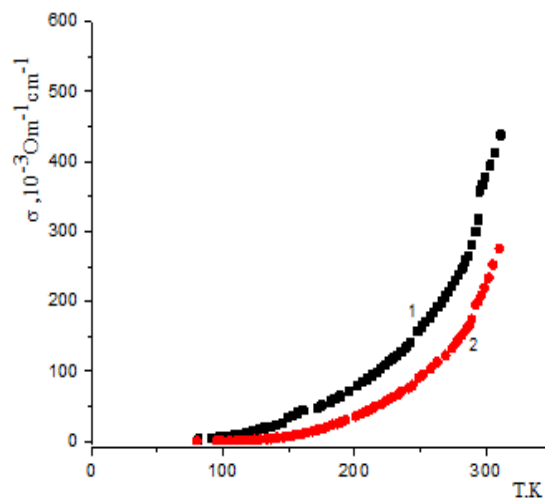
Son illərdə AgSbSe₂ üçqat birləşməsinin termoelektrik xassələrini yaxşılaşdırmaq məqsədilə Pb, Te, S, Bi, Sn və s. aşqarılamaqla intensiv tədqiqat işləri aparılır [2, 3, 4]. Eyni zamanda, AgSbSe₂ birləşməsi əsasında yaradılan bərk məhlulların termoelektrik xassələrinin tədqiqinə də böyük maraq var. Məlum olduğu kimi, üçqat AgSbSe₂ birləşməsi və PbTe orta temperaturlarda (400K-800K) işlətmək üçün yaxşı termoelektrik materiallardır [7]. AgSbSe₂ birləşməsi PbTe kimi kubik quruluşda kristallaşdığından, bir sıra müxtəlif konsentrasiyalı bərk məhlulların alınmasına imkan verir və nəticədə elektrik xassələrinə də öz təsirini göstərir.

PbTe əlavəsinin AgSbSe₂ birləşməsinin elektrik xassələrinə təsirini araşdırmaq, aşağı temperaturlarda elektrikkeçirmənin mexanizmini və yükdaşıyıcıların aktivləşmə enerjisini təyin etmək məqsədilə, (AgSbSe₂)_{0,95}(PbTe)_{0,05} bərk məhlul nümunəsi sintez olunmuş və 80-350K intervalında tədqiq edilmişdir.

TƏCRÜBİ NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN ANALİZİ.

Tədqiq olunan nümunələrin sintezi təmizliyi 99,99 % olan və stexiometrik nisbətdə götürülmüş ilkin komponentlərin (Ag, Sb, Se, Te, Pb) birbaşa əridilməsi metodu ilə aparılmışdır. İçərisində maddələrin olduğu ampula 1K/dəq sürətlə ərimə temperaturundan (970K) yuxarı temperatura kimi yavaş-yavaş qızdırılır və sonra 1000K temperaturda təxminən 10saat tablanır. Tablanmadan sonra ampula eyni sürətlə otaq temperaturuna qədər yavaş-yavaş soyudulur. Sintez olunmuş külçələr gümüşü parıltılı və səthi məsaməli alınmışdır. Bu məsamələri aradan qaldırmaq üçün külçələr narın şəkildə üyüdülməklə mexaniki presdə 500 MPa təzyiq altında preslənmişdir.

Alınmış nümunələrin rentgen quruluş analizi XRD BRUCKER_D8 ADVANCE qurğusunda aparılmış və tədqiqatlar nəticəsində alınmış nümunələrin monofazlı olduğu və əlavə fazaların müşahidə olunmadığı məlum olmuşdur. Nümunələr fəza qrupu Fm3m olan NaCl tip səthə mərkəzləşmiş kubik (SMK) quruluşa malikdirlər və ədəbiyyatla [1, 2] yaxşı uzlaşırlar. (AgSbSe₂)_{0,95}(PbTe)_{0,05} bərk məhlul nümunəsinin qəfəs sabiti $a=5.8125\text{Å}$ qiymətə malikdir.



Şəkil 1. AgSbSe₂-də (1) və (AgSbSe₂)_{0,95}(PbTe)_{0,05} (2) bərk məhlul nümunəsində elektrikkeçirmənin temperatur asılılığı.

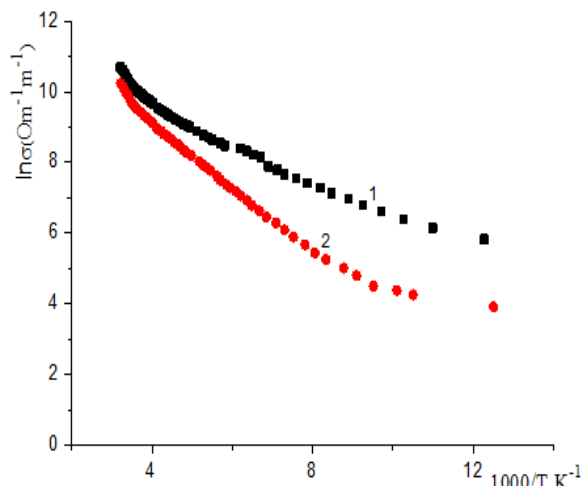
$A^I B^V C_2^{VI}$ sisteminə aid olan birləşmələrdə B^V və C^{VI} atomları arasında kovalent əlaqə yaranır və bu da əsasən, kristal qəfəsin möhkəmliyini təmin edir [1]. Pb atomlarının kristal qəfəsə daxil olması kristal qəfəsin deformasiyaya uğramasına səbəb olur və qəfəsin stabilliyini azaldır. Aparılmış analizin nəticələrinə görə, $AgSbSe_2$ -nin 5% PbTe ilə bərk məhlulunda kubik quruluş saxlanılır, lakin qəfəs sabitləri bir az artır.

$AgSbSe_2$ birləşməsinin və $(AgSbSe_2)_{0,95}(PbTe)_{0,05}$ bərk məhlul nümunəsinin elektrik xassələri 80-350K temperatur intervalında, sabit cərəyanda, dördzondlu potensiometrlik metodla tədqiq edilmişdir.

Şəkil 1-də $AgSbSe_2$ birləşməsində və $(AgSbSe_2)_{0,95}(PbTe)_{0,05}$ bərk məhlul nümunəsində 80-350K temperatur intervalında xüsusi elektrikkeçirmənin temperatur asılılığı göstərilmişdir.

Şəkildən görüldüyü kimi, otaq temperaturundan aşağı temperaturalarda nümunələrin elektrikkeçirməsi nisbətən kiçikdir və demək olar ki, çox dəyişmir. Temperatur artdıqca elektrikkeçirmənin qiyməti $T \approx 160K$ temperatúra kimi yavaş-yavaş, 160K-dən sonra isə temperaturdan asılı olaraq kəskin artmağa başlayır. Bu, verilmiş temperatur intervalında $AgSbSe_2$ birləşməsində yükdaşınma prosesinin yükdaşıyıcıların Fermi səviyyəsi yaxınlığında, dar bir enerji zolağında yerləşən lokallaşmış hallardan hoppanma keçiriciliyi vasitəsilə baş verdiyini deməyə imkan verir. $T \approx 160K$ -dən yuxarı temperaturalarda zonada dəyişlərin üstünlük təşkil etməsi səbəbindən, zona keçiriciliyinin qiyməti artdığından elektrikkeçirmə temperaturdan asılı olaraq artır. Daha yuxarı temperaturalarda yalnız zona keçiriciliyi üstünlük təşkil edir. $AgSbSe_2$ birləşməsində keçiriciliyin bu mexanizmi [8] ədəbiyyatında daha ətraflı analiz edilmişdir.

Keçiriciliyin mexanizminin izahında əsas məsələlərdən biri də yükdaşıyıcıların aktivləşmə enerjisinin hesablanması olmuşdur. Bu məqsədlə, həmin temperatur oblastlarında yükdaşıyıcıların aktivləşmə enerjisi qiymətləndirilmişdir. Bunun üçün, $AgSbSe_2$ birləşməsinin və $(AgSbSe_2)_{0,95}(PbTe)_{0,05}$ bərk məhlul nümunəsinin xüsusi elektrikkeçirmələrinin $T \approx 160K$ -dən yuxarı temperaturalarda T -dən eksponensial asılı olduğu fərz edilmişdir. Şəkil 2-də verilmiş $\ln\sigma \sim \frac{1}{T}$ koordinatlarında 100-150K temperatur intervalında xətti oblasta düşən qiymətlərə əsasən, yükdaşıyıcıların aktivləşmə enerjiləri E_a hesablanmışdır.



Şəkil 2. $AgSbSe_2$ -də (1) və $(AgSbSe_2)_{0,95}(PbTe)_{0,05}$ bərk məhlul nümunəsində xüsusi elektrikkeçirmənin loqarifminin temperaturun tərs qiymətindən asılılığı.

Hesablama nəticəsində, $AgSbSe_2$ birləşməsində yükdaşıyıcıların aktivləşmə enerjisi üçün müxtəlif temperatur intervallarında uyğun olaraq, 1,2 meV (100-122K), 1,22 meV (100-137K) və 1,25 meV (100-150K), $(AgSbSe_2)_{0,95}(PbTe)_{0,05}$ bərk məhlul nümunəsi üçün isə 1,24 meV (100-122K), 1,31 meV (100-137K) və 1,37 meV (100-150K) qiymətləri alınmışdır. Görüldüyü kimi, $AgSbSe_2$ birləşməsi PbTe ilə aşqarlandıqda, yükdaşıyıcıların aktivləşmə enerjisinin qiyməti $AgSbSe_2$ üçün alınmış qiymətlə müqayisədə artır. Buna, $AgSbSe_2$ birləşməsinə PbTe əlavə edildikdə aşqar halların yaranması səbəb olur.

NƏTİCƏ.

$AgSbSe_2$ birləşməsində yükdaşıyıcıların aktivləşmə enerjisi temperaturdan asılı olaraq artır. $(AgSbSe_2)_{0,95}(PbTe)_{0,05}$ bərk məhlul nümunəsində, aşqar halların yaranması nəticəsində, aktivləşmə enerjisinin qiymətinin $AgSbSe_2$ üçün alınmış qiymətlə müqayisədə artması baş verir.

[1] Л.Д. Дудкин, А.Н. Острица. Тройные полупроводниковые соединения $A^I B^V C_2^{VI}$, Доклады АН СССР, 1959, 124, №1, 94-97.
 [2] K. Wojciechowski, J. Tobola, M. Schmidt, R. Zybala. Journal of Physics and Chemistry of Solids, 2008, 69, p.2748-2755.
 [3] S.N. Guin, C. Arindom, S.N. Devendra, D. Ranjan and K. Biswas. Energy Environ. Sci., 2013, 6, 2603-2608.
 [4] D. Li, X.Y. Qin, T.H. Zou, J. Zhang et al. Journal of Alloys and Compounds, 2015, 635, p. 87-91.

[5] T.N. Asokan et al. J. of Semiconductors, 2014, 35, No 5, 052001-1- 052001-6.
 [6] С.С. Рагимов, А.А. Саддинова, Р.И. Селимзаде, А.Э. Бабаева. Transactions of Azerbaijan National Academy of Sciences, series of Physical-technical and Mathematical sciences, Physics and Astronomy. XXXV, 2017, №2, 111-113.
 [7] А.В. Дмитриев, И.П. Завягин. УФН, 2010, т.180, №8, с. 821-837.
 [8] С.С. Рагимов, А.А. Саддинова., А.И. Алиева. Изв.Вуз. Физика., 2019, т.62, №6 (738), p. 139-143.

A.A. Saddinova

**ACTIVATION ENERGY OF CHARGE CARRIERS
IN SOLID SOLUTION (AgSbSe₂)_{0.95}(PbTe)_{0.05}**

The electrical conductivity of AgSbSe₂ and solid solution (AgSbSe₂)_{0.95}(PbTe)_{0.05} were investigated at temperature range 80-350K and the activation energy of charge carriers was calculated.

A.A. Садино́ва

**ЭНЕРГИЯ АКТИВАЦИИ НОСИТЕЛЕЙ
ЗАРЯДА В ТВЕРДОМ РАСТВОРЕ (AgSbSe₂)_{0.95}(PbTe)_{0.05}**

Проведено исследование электропроводности AgSbSe₂ и твердого раствора (AgSbSe₂)_{0.95}(PbTe)_{0.05} в интервале температур 80-350K и рассчитана энергия активации носителей заряда.

Qəbul olunma tarixi: 05.07.2019