

(Bi₂Te₃)_{1-x}(TlInTe₂)_x BƏRK MƏHLULLARININ BƏZİ İSTİLİKFİZİKİ XASSƏLƏRİ**M.M. SEYİDOV, Ç.İ. ƏBİLOV, Y.N. BABAYEV***Naxçıvan Dövlət Universiteti**Az7000 Azərbaycan Respublikası Naxçıvan şəh., Universitet şəhərciyi*

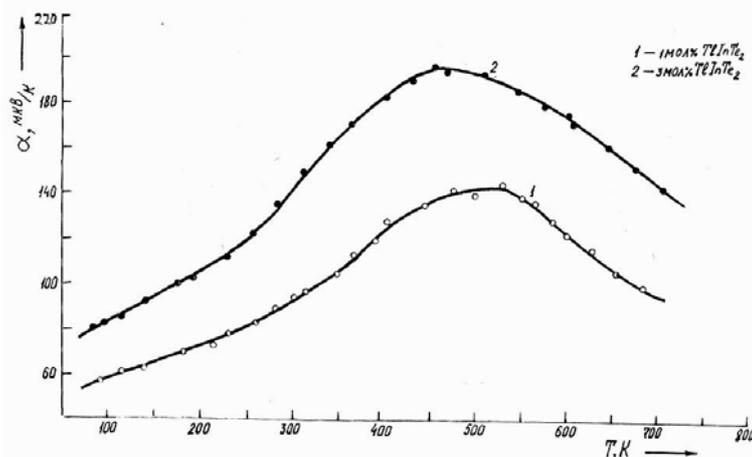
(Bi₂Te₃)_{1-x}(TlInTe₂)_x bərk məhlul ərintilərində termo-e.h.q. əmsalının ümumi istilikkeçirməsinin, və kristallik qəfəs istilik-müqavimətinin temperatur asılılıqları tədqiq edilmişdir. Onlarda elektron və fononların səpilmə mexanizminin mürəkkəb olduğu aşkar edilmişdir. Bu, bir tərəfdən kristallik qəfəsin əlavə istilik müqavimətinin yaranması, digər tərəfdən isə istilikkeçirmənin bipolyar hissəsinin güclü təsiri ilə əlaqədardır. Müəyyən edilmişdir ki, (Bi₂Te₃)_{0,99}(TlInTe₂)_{0,01} tərkibində səpilmənin təbiəti qeyri-mütəhərrikdir.

Bismut seskvitelluridi qiymətli termoelektrik materialı olduğundan, onun əsasında yeni tərkibli bərk məhlulların alınması və xassələrinin tədqiqi, onların elektron texnikası qurğularında tətbiq olunması mümkünlüyünü aşkar edə bilər. Ədəbiyyatda Bi₂Te₃ əsasında alınan və xassələri tədqiq edilən çoxlu sayda bərk məhlullar mövcuddur [1-3], lakin (Bi₂Te₃)_{1-x}(A^{III}B^{III}C₂)_x tipli bərk məhlullar (burada, A^{III} və B^{III} qallium yarımqrupu elementləri, C isə halkogenlərdir) tərəfimizdən ilk dəfə olaraq alınıb. Bu məqalədə (Bi₂Te₃)_{1-x}(TlInTe₂)_x bərk məhlullarının (burada $x=0,01$ -və $0,03$) kinetik əmsallarının temperatur asılılıqlarının öyrənilməsinin nəticələri açıqlanır. Göstərilən bərk məhlullar Bi₂Te₃ ilə TlInTe₂ birləşməsi arasındakı fiziki-kimyəvi qarşılıqlı təsirin təbiəti araşdırılarkən aşkar edilmişdir [4]. Tədqiq edilən bərk məhlulların istilikfiziki xassələri [5]-də verilən metodlara əsasən paralelopiped şəkilli polikristallik nümunələrdə ölçülmüşdür. Ərintilər ampulla üsulu ilə bir zonalı sobada ~1100K temperaturunda Bi₂Te₃ və TlInTe₂ komponentlərindən tədrici soyudulma texnologiyası ilə sintez edilmişdir. Tarazlıq halına nail olmaq üçün ərintilər ~773K temperaturunda 280 saat müddətində termiki emala məruz edilmişdir.

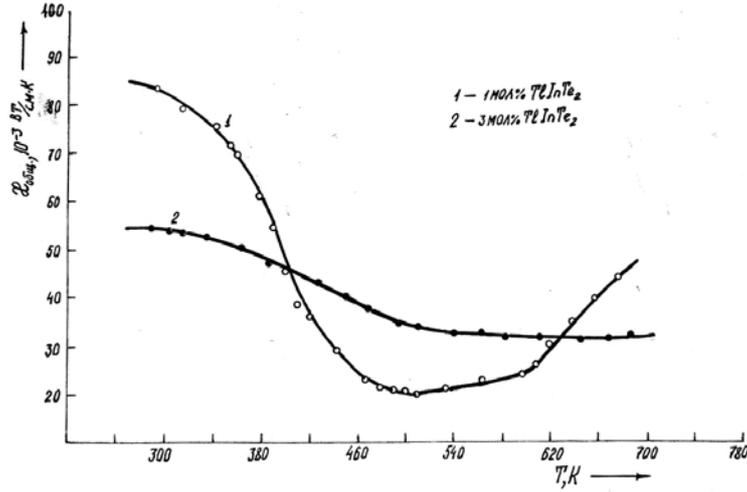
Şəkil 1-də (Bi₂Te₃)_{1-x}(TlInTe₂)_x bərk məhlul ərintilərinin termo-e.h.q. əmsalının temperatur asılılığı göstərilmişdir. Tədqiq edilən nümunələrdə termo-e.h.q. əmsalının dəyişməsi mürəkkəb zona qurulmasına malik olan yarımkəçiricilərdə olduğu kimidir. Nəzərə alınsa ki, Bi₂Te₃ birləşməsi belə yarımkəçiricilərdəndir [6], o zaman

$\alpha \sim f(T)$ asılılığını qanunauyğun saymaq olar. Bütün temperatur intervalında bərk məhlulun hər iki tərkibində p-tip keçiricilik müşahidə edilir.

(Bi₂Te₃)_{1-x}(TlInTe₂)_x bərk məhlul ərintilərinin ümumi istilikkeçiriciliyinin temperatur asılılıqları 2-ci şəkildə əks olunub. Nümunələrin tərkiblərinin yaxın olmasına baxmayaraq, onlarda $\alpha_{\text{üm-nin}}$ temperatur asılılıqları bənzər deyil. (Bi₂Te₃)_{0,97}(TlInTe₂)_{0,03} tərkibində bütövlükdə, (Bi₂Te₃)_{0,99}(TlInTe₂)_{0,01} tərkibində isə ~500K temperaturuna qədər ümumi istilikkeçirmə mənfəi üstlü qanuna əsasən dəyişir. Lakin ~500K-dən başlayaraq (Bi₂Te₃)_{0,99}(TlInTe₂)_{0,01} tərkibinin istilikkeçiriciliyi artmağa başlayır. Belə dəyişmənin aydınlaşdırmaq məqsədilə ərintilərdə elektron və fonon istilikkeçiriciliyinin qiymətləri hesablanmış, onların $\alpha_{\text{üm-nin}}$ -yə olan təsirinə dərəcəsi müəyyən edilmişdir. Bu məqsədlə fonon istilikkeçirməsindən qəfəs istilik müqavimətinə keçirilərkən istiliyin daşınma mexanizmi qismən aydınlaşdırılmışdır. Şəkil 3-də (Bi₂Te₃)_{1-x}(TlInTe₂)_x bərk məhlul nümunələrinin qəfəs istilik müqavimətinin (W_q) temperaturdan asılılığı göstərilmişdir. Göründüyü kimi, (Bi₂Te₃)_{0,99}(TlInTe₂)_{0,01} tərkibində ~400K-nə qədər, (Bi₂Te₃)_{0,97}(TlInTe₂)_{0,03} tərkibində isə bütün temperatur intervalında istiliyin daşınması üçfononlu mexanizm üzrə baş verir. Bu zaman istilik müqavimətinin dəyişməsi fonon istilik müqavimətinin nəzəri qiymətinin (W_q^0) temperaturda dəyişməsinə uyğun gəlir.



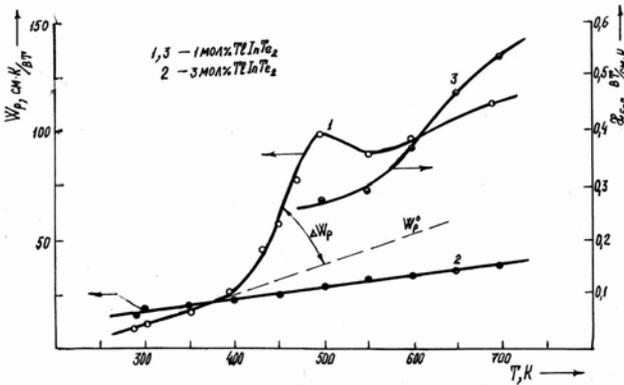
Şəkil 1. (Bi₂Te₃)_{1-x}(TlInTe₂)_x bərk məhlul ərintilərinin termo-e.h.q. əmsalının temperatur asılılığı.



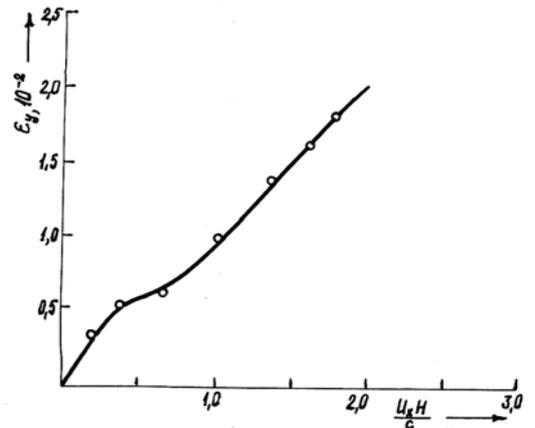
Şəkil 2. $(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{1-x}(\text{TlInTe}_2)_x$ bərk məhlul ərintilərinin ümumi istilik-keçirməsinin temperatur asılılığı.

Lakin $\sim 400\text{K}$ -dən başlayaraq $\sim 700\text{K}$ temperaturuna qədər $(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{0,99}(\text{TlInTe}_2)_{0,01}$ tərkibində ($\sim 500\text{K}$ -də bir qədər zəifləməklə) əlavə istilik müqaviməti (ΔW_q) yaranır. Görünür, 400K -dən yüksək temperaturlarda üçfononlu istilik daşınmasına səpilmənin optiki-akustik mexanizmi əlavə olunur. Miqdarca bu mexanizmin dəyərini $\Delta W = W_{\text{təcrübə}} - W_{\text{ücfonon}}$ kimi qiymətləndirmək olar. $\sim 500\text{--}550\text{K}$ temperatur intervalında kristallik qəfəs müqavimətinin zəifləməsi müşahidə olunur. Hesablamalar göstərmişdir ki, $\sim 400\text{--}500\text{K}$ temperatur intervalında $(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{0,99}(\text{TlInTe}_2)_{0,01}$ tərkibinin istilikkeçirməsi $T^{0,75}$ qanunu üzrə dəyişir. Bu amil elektron-fonon qarşılıqlı təsirinə bir işarədir, yəni burada qəfəs istilikkeçirməsi fononların elektronlardan səpilməsi ilə məhdudlaşır. Məlumdur ki, yüksək temperaturlarda fononların istilik müqavimətinin artması bipolyar istilikkeçirməsinin meydana gəlməsi hesabına ola bilər [7].

Bu məsələyə aydınlıq gətirmək üçün məlum sadə düsturdan $\alpha_{b-p} = 2L_0\sigma T \left(\frac{\Delta E}{kT} + 1 \right)^2$ istifadə edərək $(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{0,99}(\text{TlInTe}_2)_{0,01}$ tərkibi üçün bu kəmiyyətin qiymətləri hesablanmışdır.



Şəkil 3. $(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{1-x}(\text{TlInTe}_2)_x$ bərk məhlul ərintilərinin kristallik qəfəs istilikmüqavimətinin temperatur asılılığı və $(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{0,99}(\text{TlInTe}_2)_{0,01}$ tərkibli ərintidə bipolyar istilikkeçirmənin temperaturla dəyişməsi.



Şəkil 4. $(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{0,99}(\text{TlInTe}_2)_{0,01}$ tərkibli ərintidə Nernst-Ettingqsauzen əmsalının $U_H H/c$ kəmiyyətindən asılılığı.

Formulaya daxil olan qadağan zonasının eninin qiyməti göstərilən tərkibin xüsusi elektrikkeçiriciliyinin temperatur asılılığından təyin edilmişdir və o $\sim 0,3$ eV dəyərindədir. Şəkil 3-dəki 3 saylı əyri $(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{0,99}(\text{TlInTe}_2)_{0,01}$ tərkibində bipolyar istilikkeçiriciliyinin temperaturdan asılılığını göstərir. Göründüyü kimi, $\sim 480\text{--}500\text{K}$ temperaturundan başlayaraq α_{b-p} -nin artması müşahidə olunur. Bu səbəbdən belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, yüksək temperaturlarda kristallik qəfəs müqavimətinin və bütövlükdə istilikkeçirmənin artması bipolyar istilikkeçiriciliyinin hesabına olur.

$(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{0,99}(\text{TlInTe}_2)_{0,01}$ tərkibində termo- və qalvanomaqnit xassələrinin ölçülməsi nəticəsində, elektron və fononların səpilmə mexanizminin təbii aydınlaşdırılmışdır. [8] ədəbiyyatında göstərilir ki, səpilmənin təbiətinin mütəhərrik və ya qeyri-mütəhərrik olması dərəcəsini ölçüsüz Nernst-Ettingqsauzen (ϵ_y) və Riqa-Ledyuk (SH) əmsallarının maqnit sahəsinin gərginliyi və yaxud $U_H H/c$ kəmiyyətinin (burada U_H – yükdaşıyıcılarının Holl yürüklüyü, H -maqnit sahəsi gərginliyi, c -isə işıq sürətidir) asılılıqlarından müəyyənləşdirmək olar. [9] işinə əsasən səpilmə mütəhərrik təbiətlidirsə onda $\epsilon_y \sim U_H H/c$ asılılığı əyrisi $U_H H/c=1$ dəyərində maksimum qiymətə malik olur. Əgər

səpilmə qeyri-mütəhərrikdirsə o zaman $U_H H/c \approx 1$ vəziyyəti alınır. Şəkil 4-də $(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{0,99}(\text{TlInTe}_2)_{0,01}$ tərkibi üçün Nernst-Ettingşqauzen əmsalının $U_H H/c$ kəmiyyətindən asılılığı göstərilmişdir. Göründüyü kimi, asılılıqda ε_y ,

əmsalı $U_H H/c$ oxu boyunca vahiddən böyük qiymətlərə malik olur. Bu amil səpilmənin qeyri-mütəhərrik olduğunu göstərir.

- [1] *B.M. Qolsman, V.A. Kudinov, İ.A. Smirnov.* Poluprovodnikoviyə termoelektricheskiye materialı na osnove Bi_2Te_3 . M., Nauka, 1972, 320s.
- [2] *N.X. Abrikosov, V.F. Bankina, L.V. Poreskaya, E.V. Skudnova, S.N. Chiyevskaya.* Poluprovodnikoviyə xalkoqenidi i splavı na ix osnove. M., Nauka, 1975, 220s.
- [3] *V.V. Leonov, E.N. Chunaryev.* İssledovaniye svoystv splavov sistemi $\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-Sb}_2\text{Te}_3\text{-GeTe-PbTe}$. İzv. RAN Neorqan. materialı, 1980, t.16, №12, s.2133-2135.
- [4] *M.M. Seyidov.* $\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-TlInTe}_2$ sisteminin hal diaqramı. 19-cu «Kimya-2005» Beynəlxalq kimya konfransının materialları. Türkiyə, İzmir şəh. 2005, Egey Universitetinin tipograf. s.736.
- [5] *A.S. Oxotin, N.S. Puşkarskiy, R.P. Borovikova, V.A. Simonov.* Metodi izmereniya xarakteristik termoelektricheskix materialov i preobrazovateley. M., Nauka, 1974, 167s.
- [6] *C. Champness, L. Kipling.* Conad J. Phys. 1966, v.44, N10, p.769.
- [7] *V.S. Oskotskiy, İ.A. Smirnov.* Defekti v kristallax i teploprovodnost. M., Nauka, 1972, 160s.
- [8] *S.A. Aliyev, Dj.A. Baqirov, E.R. İskenderov, E.İ. Zulfıqarov, S.İ. Safarova.* O neupruqom xaraktere rasseyaniya elektronov v $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}$. Izv.RAN Neorqan. Materialı, 1933, t.29, №4, s.499-502.
- [9] *S.A. Aliyev, U.X. Suyunov, D.Q. Arash, M.İ. Aliyev.* Neupruqost rasseyaniya elektronov v Ag_2Te . Fizika i texnika poluprovodnikov. 1973, t.7, №6, s.1086-1091.

M.M. Seidov, Ch.I. Abilov, Y.N. Babaev

THE SOME THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF SOLID SOLUTIONS $(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{1-x}(\text{TlInTe}_2)_x$

Temperature dependences of coefficients of termo-e.m.f, general heat conductivity and phonon heat resistance of alloys of solid solutions $(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{1-x}(\text{TlInTe}_2)_x$ are investigated. It is revealed complexity of the mechanism of electron and phonon scattering in them, caused as with the advent of additional thermal resistance of a crystalline lattice as the influence of the appreciable contribution of bipolar heat conductivity component. The inelastic character of scattering in compound $(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{0,99}(\text{TlInTe}_2)_{0,01}$.

M.M. Сеидов, Ч.И. Абилов, Я.Н. Бабаев

НЕКОТОРЫЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{1-x}(\text{TlInTe}_2)_x$

Исследованы температурные зависимости коэффициентов термо-э.д.с., общей теплопроводности и решеточного теплосопrotivления сплавов твердых растворов $(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{1-x}(\text{TlInTe}_2)_x$. Выявлена сложность механизма рассеяния электронов и фононов в них, обусловленного как появлением добавочного теплового сопротивления кристаллической решетки, так и влиянием ощутимого вклада биполярной составляющей теплопроводности. Установлен неупругий характер рассеяния в составе $(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{0,99}(\text{TlInTe}_2)_{0,01}$.

Received: 04.01.06