

UOT: 54. 546.683+546.681+546.24

TlInTe₂, TlInTe₂-Te BƏRK MƏHLULLARINDA γ -ŞÜALANMANIN KRİSTALDA YÜKÜN DAŞINMA MEXANİZMİNƏ TƏSİRİ

K.H.XƏLİLOVA

*Azərbaycan MEA Fizika İnstitutu
AZ 1143, Bakı şəh., H.Cavid pr., 131
xelilova_kemale79@mail.ru*

Daxil olub: 24.06.2022
Çapa verilib: 20.09.2022

REFERAT

Müxtəlif şüalanma dozalarında ($1\div 50$ Mrad) TlInTe₂ və TlInTe₂-Te kristallarının xüsusi elektrik keçiriciliyinin anizotropiyasının temperatur asılılığı tədqiq edilmişdir. p-TlInTe₂ kristalında γ -kvantlarla şüalanma zamanı ilkin dozalarında yaranan radiasiya defektləri donor təbiətlidir, V_{Tl} vakansiyasının düyünlər arası Tl atomları ilə tutulması nəticəsində yaranır və keçiriciliyin anizotropiyasını artırır. Alınmış nəticələrin təhlili göstərir ki, zəncirvari quruluşa malik kristallarda aşqar atomunun artıqlığı materialların anizotrop xassələrini məqsədyönlü idarə etməyə və kristalların radiasiya davamlılığını artırmağa imkan verir.

Açar sözlər: monokristal, elektrik keçiriciliyinin anizotropiyası, elektrikkeçiriciliyi, radiasiya defektləri, ion keçiriciliyi.

GİRİŞ

TlInTe₂ kristalları TlSe quruluş tipində ($I4/mcm$) kristallaşır və aşağıda göstərilən parametrlərə malikdir: $a=8,494\text{\AA}$; $c=7,181\text{\AA}$; $c/a=0,845$; $Z=4$; $d=7,36q/sm^3$. Bu kristallar $A^3B^3C_2^6$ tip birləşmələr (harada ki, A-Te, B-Ga, In, C-S, Se, Te) sinfinə məxsusdur. TlInTe₂ kristalında kimyəvi əlaqə ion-kovalent xarakterlidir [1]. Tl-un çox saylı birləşmələrində [2-3] ion keçiriciliyi aşqar edilmişdir. $A^3B^3C_2^6$ tip kristallarının elektrik keçiriciliyi strukturda olan aşqar atomlarının və vakansiyaların mövcudluğuna həssasdırlar. Fiziki-kimyəvi tədqiqatlar $A^3B^3C_2^6$ tip birləşmələrin və onların ikili analoqlarının (TlS, TlSe) özündə xalkogenin stexiometriyadan artıq miqdarını həll etdiyini göstərmişdir [4-5]. TlGaTe₂ və TlInTe₂ kristallarında 300K-dən yuxarı temperaturalarda ion keçiriciliyinin aşqar edilməsi bu kristalların elektrofiziki xassələrinə müxtəlif aşqarların təsirinin tədqiqini aktual edir [6-9].

NÜMUNƏNİN ALINMASI VƏ TƏCRÜBƏNİN APARILMA METODİKASI

TlInTe₂-Te sisteminin tədqiqi üçün $1,0\div 10,0$ at.% Te tərkibli xəlitələr sintez edilmişdir. Xəlitələr, təmizlik dərəcəsi 99,999% olan

komponentlərdən istifadə etməklə 10^2 Pa təzyiqə qədər havasızlaşdırılmış kvarts ampullarda birbaşa sintez üsulundan istifadə etməklə hazırlanmış polikristallik TlInTe₂ və təmizlik dərəcəsi 99,999% olan Te komponentindən elektrik sobasında əridilməklə alınmış və sonra üç həftə ərzində $200\pm 5^\circ\text{C}$ temperaturda dəmə qoyulmuşdur. Həm TlInTe₂ birləşməsinin, həm də 4,0at.% Te həll olmuş TlInTe₂-Te tərkibli birləşmə nümunələri kristalloqrafik oxlar üzrə uyğun olaraq aşağıdakı xüsusi müqavimətə malik olmuşlar: $\rho_{||}=795\text{Om}$; $\rho_{\perp}=77350\text{Om}$ və $\rho_{||}=1,6\text{Om}$; $\rho_{\perp}=16450\text{Om}$. Xəlitələrdə fazaların tarazlıq halının yaranması rentgenfaza və mikroquruluş analizləri vasitəsi ilə müəyyən edilmişdir. TlInTe₂-Te tərkibli xəlitələr, differensial termik (DTA), rentgenfaz (RFA) və mikroquruluş (MQA) analizləri vasitəsilə tədqiq edilmiş və sistemin hal diaqramı qurulmuşdur. TlInTe₂ birləşməsi əsasında tellurun 700°C temperaturunda $\sim 8,0$ at.%, otaq temperaturunda isə 5,0at.% miqdarında həllolma oblastı müəyyən edilmişdir. Cəmlənmiş nümunələr üzərində mikroquruluş analizi aparılmış və alınmış nəticələrə görə 1,0-5,0at.% Te tərkibli xəlitələr bircinsli olmaqla TlInTe₂ birləşməsi əsasında bərk məhlul oblastına aiddirlər.

TlInTe₂-Te sistemi xəlitələrinin rentgen difraktoqramlarının tədqiqi nəticəsində müəyyən

edilmişdir ki, bərk məhlul oblastından olan nümunələrin qəfəs parametrlərində TlInTe₂ kristalları ilə müqayisədə ($a=8,494\text{Å}$, $c=7,181\text{Å}$) cüzi dəyişmə müşahidə edilir. Tərkibində 4,0at.% Te olan bərk məhlul polikristallarından çəkilməmiş toz difraktogramma əsasən qəfəs parametrləri aşağıdakı kimidir

$$a=8,4850\text{ Å}, c=7,1924\text{ Å}.$$

Göründüyü kimi, elementar qəfəsin a -parametrinin kiçilməsi, və c -parametrinin isə cüzi böyüməsi müşahidə olunur.

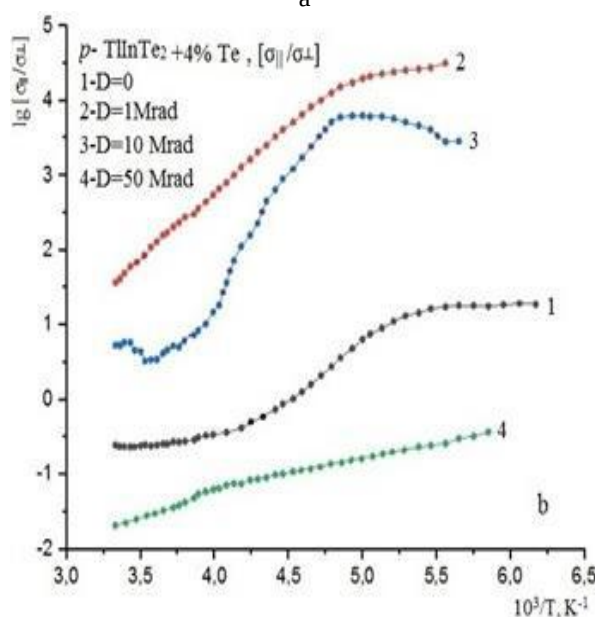
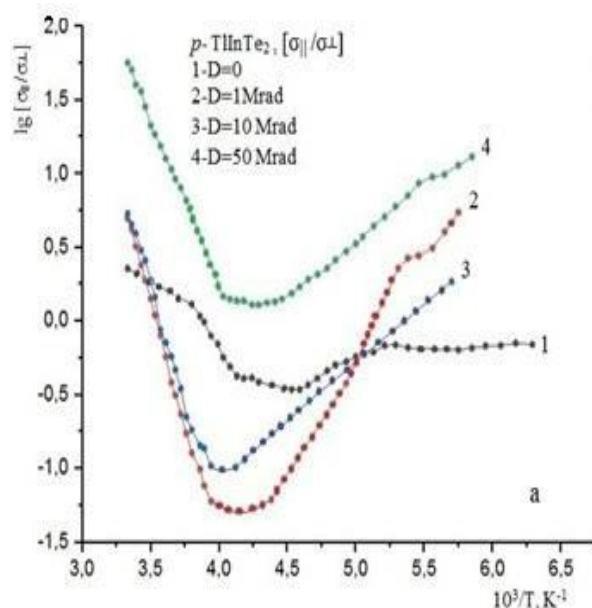
Nümunələrə kontaktlar gümüş pastası vasitəsilə qoyulmuşdur. Hazırlanmış nümunələr Co⁶⁰-qurğusunda 0-50Mrad dozalarında şüalandırılmışdır. Onların volt-ampere xarakteristikaları və elektrik keçiriciliyi 100-300K temperatur və 0-5V gərginlik intervalında [10] - işdə göstərilən metodika əsasında tədqiq edilmişdir.

NƏTİCƏLƏRİN MÜZAKİRƏSİ

Monokristal halında yetişdirilmiş TlInTe₂ kristalından ölçüləri 4,1x1x0,6mm (c oxuna paralel istiqamətdə aparılacaq ölçmələr üçün) və 3,5x1,7x0,8mm (c oxuna perpendikulyar istiqamətdə aparılacaq ölçmələr üçün) olan paralelepiped formalı nümunələr kəsilərək hazırlanmışdır. 4,0at.% Te həll olmuş TlInTe₂ kristallarından isə ölçüləri 2,9x0,8x0,6mm (c oxuna paralel istiqamətdə aparılacaq ölçmələr üçün) və 3,7x1,5x1,1mm (c oxuna perpendikulyar istiqamətdə aparılacaq ölçmələr üçün) olan paralelepiped formalı nümunələr hazırlanmışdır. Həm TlInTe₂ birləşməsinin, həm də 4,0at.% Te həll olmuş TlInTe₂-Te tərkibli birləşmə nümunələri kristalloqrafik oxlar üzrə uyğun olaraq aşağıdakı xüsusi müqavimətə malik olmuşlar: $\rho_{\parallel}=7950\text{Om}$; $\rho_{\perp}=77350\text{Om}$ və $\rho_{\parallel}=1,60\text{Om}$; $\rho_{\perp}=16450\text{Om}$. TlInTe₂ və TlInTe₂-Te kristallarının xüsusi elektrik keçiriciliyinin anizotropiyasının temperatur asılılığı tədqiq edilmişdir.

Şəkil 1-də göstərilən $\lg[\sigma_{\parallel}/\sigma_{\perp}] \sim f(1/T)$ asılılığın müqayisəsindən görünür ki, Şəkil 1(a)-da p-TlInTe₂ kristalında 160-300K temperatur intervalında keçiriciliyin anizotropiyasının $\lg[\sigma_{\parallel}/\sigma_{\perp}] \sim -0,5+0,5$ arasında dəyişməsi yükdaşıyıcıların effektiv kütləsinin zəif anizotropiyası ilə bağlıdır (1-əy.). Ancaq 200-250K temperatur intervalında $\sigma_{\perp}$ -

komponentinin qismən artması müşahidə olunur ki, bu da kristal qəfəsdə elektroaktiv defektlərin nizamsız paylanması ilə bağlıdır.



Şəkil 1

Müxtəlif şüalanma dozalarında (1÷50Mrad) TlInTe₂ (a) və TlInTe₂-Te (b) kristallarının xüsusi elektrik keçiriciliyinin anizotropiyasının temperatur asılılığı göstərilmişdir

1Mrad doza ilə γ -kvantlarla şüalandırıdığında 160-300K temperatur intervalında keçiriciliyin $\sigma_{\perp}$ -komponentinin $\sigma_{\parallel}$ -ə nəzərən kəskin artması müşahidə olunur (2-əy.). Şüalanmanın sonrakı dozalarında (3 və 4-əy.) isə keçiriciliyin $\sigma_{\perp}$ -

komponentinin $\sigma_{||}$ -nə nəzərən azalması müşahidə olunur və 50Mrad dozada isə $\lg[\sigma_{||}/\sigma_{\perp}] \sim 0,5 \div 1,7$ qədər artır. Müşahidə olunan faktlar göstərir ki, p-TlInTe₂ kristalında γ -kvantlarla şüalanma zamanı ilkin dozalarda yaranan radiasiya defektləri donor təbiətlidir-V_{TI} vakansiyasının düyünlər arası TI-atomları ilə tutulması nəticəsində yaranır və keçiriciliyin anizotropiyasını artırır. Şüalanmanın yüksək dozalarında isə yaranan komplekslərin [V_{TI}-TI_i] dissosiasiyası nəticəsində akseptor şəviyyəsinin konsentrasiyasının artması hesabına $\sigma_{||}$ -komponentin qiyməti əks tərəfə doğru artır.

Şəkil 1(b)-də TlInTe₂-Te kristalında $\lg[\sigma_{||}/\sigma_{\perp}] \sim f(1/T)$ verilən (1-əy.) asılılığından görünür ki, Te-aşqar atomunun daxil edilməsi anizotropiyanın $\lg[\sigma_{||}/\sigma_{\perp}]$ (1-əy.) $T < 250K$ temperaturalarda qismən artmasına səbəb olur. Qrafikdən görünür ki, Te-atomunun artıqlığı kristal qəfəsdə oktaedrik boşluğu qismən doldurur və c-kristallik oxa nəzərən TI⁺ ionlarının sərbəst hərəkəti üçün əlavə potensial çəpər yaradır. γ -kvantlarla şüalanmanın 1Mrad dozasında (1-əy.) $\lg[\sigma_{||}/\sigma_{\perp}]$ -da $\sigma_{||}$ -komponentin $\sigma_{\perp}$ -nə nəzərən kəskin artması, 10Mrad dozada (3-əy.) qismən artması və 50Mrad (4-əy.) isə 1-əyrisinə nisbətən kəskin azalması müşahidə olunur. Şüalanma zamanı yaranan radiasiya defektləri Te-atomunun artıqlığının yenidən paylanmasına stimullaşdırıcı təsir göstərir və nəticədə defektlərin nizamlanması baş verir. Bu səbəbdən zəncir müstəvisinə paralel istiqamətdə keçiricilik artır (2-əy.). Yüksək şüalanma dozalarında isə [V_{TI}-Te_i] kompleksinin yaranması nəticəsində keçiriciliyin $\sigma_{||}$ -komponenti kəskin azalır (3 və 4 əy.).

NƏTİCƏ

Te atomunun əlavə edilməsi TlInTe₂-Te kristalında hər iki istiqamətdə defektlərin paylanması nizamlanır və nəticədə kristalın keçiriciliyi artır. Bu fakt göstərir ki, TlInTe₂ birləşməsinə əlavə edilən Te-atomunun miqdarını dəyişməklə xüsusi elektrik keçiriciliyinin qiymət və istiqamətini tetraqonal oxa nəzərən paralel, həm də perpendikulyar istiqamətdə idarə etmək mümkündür.

Müəyyən edilmişdir ki, TlInTe₂-Te sisteminə stexiometriyadan artıq Te-atomunun tallium atomları arasındakı oktaedrik boşluqda oturması kation qəfəsaltında ion-kovalent rabitəni gücləndirir və c kristallik oxu istiqamətində isə, keçiriciliyi azaldır.

Müəyyən edilmişdir ki, γ -kvantların təsiri ilə defektlərin kristallik oxa nəzərən paylanmasını idarə etmək mümkündür. Belə ki, yüksək şüalanma dozalarında (Şəkil 1(b)) Te atomunun artıqlığı zamanı radiasiya defektlərinin aşqar atomları ilə qarşılıqlı təsiri nəticəsində ilkin defektlərin kompensasiyası baş verir və nəticədə kristalın keçiriciliyi azalır. Aşağı şüalanma dozalarında isə radiasiya defektlərinin konsentrasiyası struktur defektlərinə nəzərən az olduğundan keçiricilik yüksək olur. Alınmış nəticələrin təhlili göstərir ki, zəncirvari quruluşa malik kristallarda aşqar atomunun artıqlığı materialların anizotrop xassələrini məqsədyönlü idarə etməyə və kristalların radiasiya davamlılığını artırmağa imkan verir.

1. D.Muller, G.Eulenberger, H.Hahn. *Über ternäre Thalliumchalkogenide mit Thallium selenidstruktur*, Z. Anorg. Allg. Chem., **398** (1973) 207-220.
2. В.Алыев, Ш.Г.Гасымов, Т.Г.Мамедов, Т.С.Мамедов, А.И.Наджафов, М.Ю.Сеидов. *Получение, кристаллическая структура и электрофизические свойства моносulfидов таллия в окрестности высокотемпературных фазовых переходов*, ФТТ, **48** (2006) 2194-2199.
3. А.И.Наджафов, О.З.Алекперов, Г.Г.Гусейнов, А.П.Абдуллаев. *Получение и свойства твердого раствора (TlInSe₂)_{0.96}Se_{0.04}*, Неорган. Материалы, **48** (2012) 1309-1313.
4. А.И.Наджафов, Г.Г.Гусейнов, О.З.Алекперов, Р.М.Сардарлы, А.П.Абдуллаев, Н.А.Эюбова. *Полиморфное превращение в TlSe и электрофизические свойства фаз*, Кристаллография, **53** (2008) 864-868.
5. Р.М.Сардарлы, О.А.Самедов, А.П.Абдуллаев, Э.К.Гусейнов, Ф.Т.Салманов, Н.А.Алиева, Р.Ш.Агаева. *Ионная проводимость и диэлектрическая релаксация в кристаллах TlGaTe₂, облученных гамма-квантами*, ФТП, **47** (2013) 696-701.

6. Р.М.Сардарлы, О.А.Самедов, А.П.Абдуллаев, Ф.Т.Салманов. *Гигантская диэлектрическая релаксация в кристаллах TlGaTe₂, ФТП, 53 (2013) 1488-1492.*
7. Р.М.Сардарлы, О.А.Самедов, А.П.Абдуллаев, Э.К.Гусейнов, Э.М.Годжаев, Ф.Т.Салманов. *Суперионная проводимость в кристаллах TlGaTe₂, ФТП, 45 (2011) 1009-1013.*
8. Р.М.Сардарлы, О.А.Самедов, А.П.Абдуллаев, Ф.Т.Салманов, О.З.Алекперов, Э.К.Гусейнов, Н.А.Алиева. *Суперионная проводимость, эффекты переключения и памяти в кристаллах TlInSe₂ и TlInTe₂, ФТП, 45 (2011) 1441-1447.*
9. Е.А.Ермоленко. *Классификация методов измерения вольт-амперных характеристик полупроводниковых приборов, Технология и конструирование в электронной аппаратуре, 2-3 (2014) 3-11.*

EFFECT OF γ -RADIATION ON LOAD TRANSPORT MECHANISM IN CRYSTAL IN THE TlInTe₂, TlInTe₂-Te SOLID SOLUTIONS

K.H.KHALILOVA

The temperature dependence of the anisotropy of the specific electrical conductivity of TlInTe₂ and TlInTe₂-Te crystals at different radiation doses (1÷50Mrad) has been studied. Radiation defects which create in the p-TlInTe₂ crystal during irradiation with γ -quanta at initial doses are of a donor nature, they occur as a result of the capture of V_{Tl} vacancy by Tl atoms between nodes and increase the anisotropy of conductivity. Analysis of the obtained results shows that the excess of the additive atom Te in the crystals with a chain structure allows to purposefully control the anisotropic properties of the materials and increase the radiation resistance of the crystals.

ВЛИЯНИЕ γ - ОБЛУЧЕНИЯ КРИСТАЛЛА НА МЕХАНИЗМ ПЕРЕНОСА НАГРУЗОК В ТВЕРДЫХ РАСТВОРАХ TlInTe₂, TlInTe₂-Te

К.Г.ХАЛИЛОВА

Исследована температурная зависимость анизотропии удельной электропроводности кристаллов TlInTe₂ и TlInTe₂-Te при различных дозах облучения (1÷50Мрад). Радиационные дефекты в кристалле p-TlInTe₂ при облучении γ -квантами при начальных дозах носят донорный характер, которые возникают в результате захвата вакансий V_{Tl} атомами Tl между узлами и увеличивают анизотропию проводимости. Анализ полученных результатов показывает, что избыток атомов Te в кристаллах с цепочечной структурой позволяет целенаправленно управлять анизотропными свойствами материалов и повышать радиационную стойкость кристаллов.