

# TIInTe<sub>2</sub> və TIInTe<sub>2</sub>-Te KRİSTALLARININ MÜXTƏLİF ŞÜALANMA DOZALARINDA XÜSUSİ ELEKTRİK KEÇİRİCİLİYİNİN TEMPERATUR ASILILIĞININ TƏDQIQI

K.H. XƏLİLOVA

Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Fizika İnstitutu

AZ 1143, Bakı şəh., H.Cavid pr., 131

E-mail: [xelilova\\_kemale79@mail.ru](mailto:xelilova_kemale79@mail.ru)

Müxtəlif şüalanma dozalarında ( $1 \div 250$  Mrad) TIInTe<sub>2</sub> və TIInTe<sub>2</sub>-Te kristallarının xüsusi elektrik keçiriciliyinin anizotropiyasının temperatur asılılığı tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki,  $\gamma$ -kvantların təsiri nəticəsində TIInTe<sub>2</sub>-Te kristallarında anion və kation tipli defektlərin və onların miqyası nəticəsində aşqar və kation atomlarının iştirakı ilə komplekslərin yaranması keçiriciliyin anizotropiyasını artırır. Şüalanmanın yüksək dozalarında isə komplekslərin dissosiasiyası nəticəsində nöqtəvi defektlərin konsentrasiyası artır və keçiriciliyin anizotropiyasının azalması müşahidə olunur.

**Açar sözlər:** monokristal, elektrik keçiriciliyinin anizotropiyası, elektrik keçiriciliyi, ion keçiriciliyi

**UOT:** 54. 546.683+546.681+546.24

## 1. GİRİŞ

TIInTe<sub>2</sub> kristalları TlSe quruluş tipində ( $I4/mcm$ ) kristallaşır və aşağıda göstərilən parametrlərə malikdir:  $a=8,494\text{Å}$ ;  $c=7,181\text{Å}$ ;  $c/a=0,845$ ;  $Z=4$ ;  $d=7,36q/\text{sm}^3$ . TIInTe<sub>2</sub> kristalında kimyəvi əlaqə ion-kovalent xarakterlidir [1]. Tl-un çox saylı birləşmələrində [2-3] ion keçiriciliyi aşkar edilmişdir. Qeyd olunan xüsusiyyətləri özündə birləşdirən materiallardan biri də  $A^3B^3C_2^6$  (A-Tl; B-Ga,In; C-S,Se,Te) qrup birləşmələrinə daxil olan TIInTe<sub>2</sub> birləşməsidir. TlSe quruluş tipində kristallaşan  $A^3B^3C_2^6$  kristalları defektli kristallardır, onlarda defektlərin qatılığı  $\sim 10^{18}-10^{20} \text{ sm}^{-3}$  təşkil edir [4]. In-ionları  $c$ -kristallik oxuna nəzərən dartılan In-Te zənciri yarıdır. Bu zəncirlər birvalentli -Tl ilə əlaqələnir. Birvalentli Tl ionları isə Te atomlarının tetraedrik əhatəsində yerləşir. TIInTe<sub>2</sub> kristalının quruluşunda yaranan anizotropiyanın fiziki xassələrinin kristallik oxa nəzərən kəskin dəyişməsinə səbəb olur. [5] işində TIInTe<sub>2</sub> kristalında keçiriciliyin anizotropiyası araşdırılmış və müəyyən edilmişdir ki, keçiricilik sıçrayışlı xarakterə malikdir və lokal energetik səviyyələrin sıxlığı ilə müəyyən edilir. [6-7] işlərində göstərilənləri nəzərə almaqla demək olar ki, anizotrop xüsusiyyətə malik kristalların, o cümlədən TIInTe<sub>2</sub> kristalının keçiriciliyi qəfəsin quruluşundan, tərkib komponentləri arasında mövcud olan kimyəvi rəhbərliyin növündən və kristallik qəfəsin nizamsızlıq dərəcəsi (ionların dayanıqlığından) asılıdır.

Təqdim edilən məqalədə TIInTe<sub>2</sub> kristalında keçiriciliyin anizotropiyasına aşqar atomların və  $\gamma$ -kvantların təsirinə 100-300 K temperatur intervalında araşdırılmasından alınan nəticələr verilmişdir.

## 2. NÜMUNƏNİN ALINMASI VƏ TƏCRÜBƏNİN APARILMA METODİKASI

TIInTe<sub>2</sub>-Te sisteminin tədqiqi üçün 1,0-10,0 at.% Te tərkibli xəlitələr sintez edilmişdir. Xəlitələr, təmizlik dərəcəsi 99,999 % olan komponentlərdən istifadə etməklə  $10^2$  Pa təzyiqlə qədər havasızlaşdırılmış kvarts ampulalarda birbaşa sintez üsulundan istifadə etməklə hazırlanmış polikristallik TIInTe<sub>2</sub> 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 TIInTe<sub>2</sub> birləşməsinin, həm də 4,0 at.% Te həll olmuş TIInTe<sub>2</sub>-Te tərkibli birləşmə nümunələri kristalloqrafik oxlar üzrə uyğun olaraq aşağıdakı xüsusi müqavimətə malik olmuşlar:  $\rho_{\parallel}=795 \text{ Omsm}$ ;  $\rho_{\perp}=77350 \text{ Omsm}$  və  $\rho_{\parallel}=1,6 \text{ Omsm}$ ;  $\rho_{\perp}=1645 \text{ Omsm}$ . Xəlitələrdə fazaların tarazlıq halının yaranması rentgenfaza və mikroquruluş analizləri vasitəsi ilə müəyyən edilmişdir. TIInTe<sub>2</sub>-Te tərkibli xəlitələr, differensial termik (DTA), rentgenfaza (RFA) və mikroquruluş (MQA) analizləri vasitəsilə tədqiq edilmiş və sistemin hal diaqramı qurulmuşdur. TIInTe<sub>2</sub> birləşməsi əsasında tellurun  $700^\circ\text{C}$  temperaturunda  $\sim 8,0 \text{ at.}\%$ , otaq temperaturunda isə 5,0 at.% miqdarında həllolma əlaqəsi müəyyən edilmişdir. Cilalanmış nümunələr üzərində mikroquruluş analizi aparılmış və alınmış nəticələrə görə 1,0-5,0 at.% Te tərkibli xəlitələr birincisi olmaqla TIInTe<sub>2</sub> birləşməsi əsasında bərk məhlul əlaqəsinə aiddirlər.

TIInTe<sub>2</sub>-Te sistemi xəlitələrinin rentgen difraktoqramlarının tədqiqi nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, bərk məhlul əlaqəsinə aiddir. Nümunələrin qəfəs parametrlərində TIInTe<sub>2</sub> kristalları ilə müqayisədə ( $a=8,494\text{Å}$ ,  $c=7,181\text{Å}$ ) cüzi dəyişmə müşahidə edilir. Tərkibində 4,0 at.% Te olan bərk məhlul polikristallarından çəkilmiş toz difraktoqrama əsasən qəfəs parametrləri aşağıdakı kimidir:  $a=8,4850\text{Å}$ ,  $c=7,1924\text{Å}$ .

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

Nümunələrə kontaktlar gümüş pastası vasitəsilə qoyulmuşdur. Hazırlanmış nümunələr  $\text{Co}^{60}$ -qurğusunda 0-250 Mrad dozalarında şüalandırılmışdır. Onların elektrik keçiriciliyi 100-300 K temperatur və 0-5 V gərginlik intervalında [8] işində göstərilən metodika əsasında tədqiq edilmişdir.

## 3. NƏTİCƏLƏRİN MÜZAKİRƏSİ

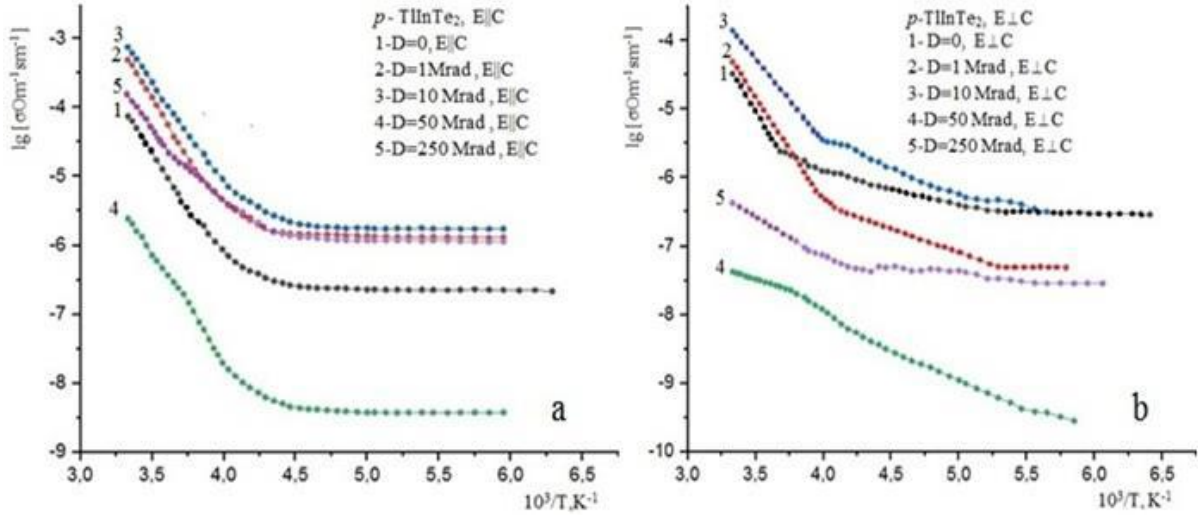
Şəkil 1-də TIInTe<sub>2</sub> kristalının müxtəlif şüalanma dozalarında ( $1 \div 250$  Mrad) müxtəlif kristalloqrafik istiqamətlərdə xüsusi elektrik keçiriciliyinin temperatur

asıllığı göstərilmişdir. Şəkil 1a-dan görünür ki, kristala tətbiq edilən elektrik sahə intensivliyi  $c$ -oxuna paralel olduqda (E||C) şüalanmadan əvvəl (1-əy.)  $lg\sigma \sim f(1/T)$  asıllığı 160-220 K intervalında dəyişmir, yüksək temperatur oblastında isə artma müşahidə olunur.

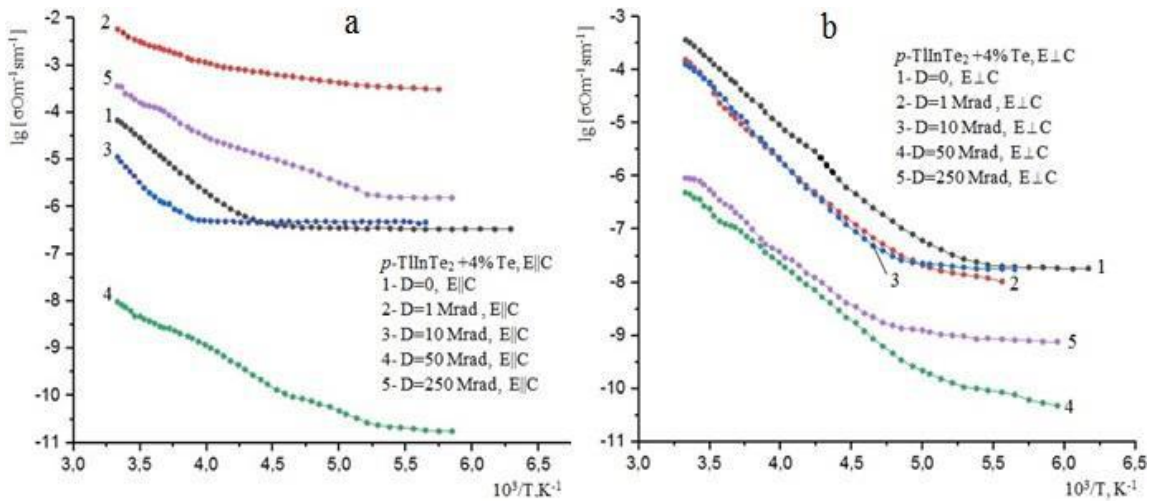
TlInTe<sub>2</sub> kristalını  $D=1$ Mrad  $\gamma$ -kvantlarla şüalandırıldıqda keçiricilik artır (2-əy.). Aşağı və yüksək temperatur oblastında əyrinin meyli dəyişir. Şüalanmanın 10 və 50 Mrad dozalarında da (2 və 3 əy.) demək olar ki, 1-əyrisinin xarakteri saxlanılır.  $D=50$  Mrad şüalanma dozasında isə keçiricilik kəskin azalır (4 əy.). Sonrakı şüalanma dozasında (5-əy., 250 Mrad) keçiriciliyin yenidən kəskin artması müşahidə olunur. Alınan nəticələr göstərir ki,  $\gamma$ -kvantlarla şüalanma zamanı kristalda kation və anion tipli defektlər yaranır. Şüalanmanın ilkin dozalarında yaranan Frenkel tipli defektlərin konsentrasiyası struktur defektlərin konsentrasiyasından az olduğundan, akseptor tipli defektlər üstünlük təşkil edir. Bu səbəbdən şüalanmanın 1-10 Mrad dozalarında TlInTe<sub>2</sub> kristalında keçiricilik artır. Şüalanmanın 50Mrad dozasında isə donor tipli defektlərin konsentrasiyası, yəni donor tipli defektlər üstünlük təşkil etdiyin-

dən keçiricilik azalır (4-əy.). 250 Mrad şüalanma dozasında keçiricilik ilkin nümunəyə nəzərən (1-əy.) yenidən artır. Alınan nəticələrin xarakterik cəhəti ondan ibarətdir ki, şüalanma zamanı yaranan radiasiya defektlərinin təbiəti struktur defekt təbiətli olduğundan onların ancaq konsentrasiyası dəyişir, energetik səviyyələrin aktivləşmə enerjisi isə dəyişmir.

Şəkil 1b-dən görünür ki,  $c$ -kristal oxuna perpendikulyar istiqamətdə  $lg\sigma \sim f(1/T)$  asıllığında əyrilərin xarakteri nisbətən dəyişir. Belə ki, 1 Mrad dozada keçiricilik qismən azalır və aşağı temperatur oblastında iki dayaz donor tipli (0,09 və 0,17eV) səviyyə yaranır.  $D=10$  Mrad şüalanma dozasında keçiricilik 1-əyriyə nəzərən artır. Şüalanmanın 50 Mrad dozasında (4-əy.) keçiriciliyin kəskin azalması müşahidə olunur və  $lg\sigma \sim f(1/T)$  asıllığının xarakteri 1-əyriyə nəzərən kəskin dəyişir. Aşağı və yüksək temperatur oblastından təyin olunan aktivləşmə enerjisi uyğun olaraq, 0, 30 və 0, 10 eV olmuşdur.  $D=250$  Mrad dozada isə, keçiricilik artsa da, 1-əyriyə nisbətən kiçik olur və  $lg\sigma \sim f(1/T)$  asıllığının xarakteri 1-əyrisinə tam uyğun olur.



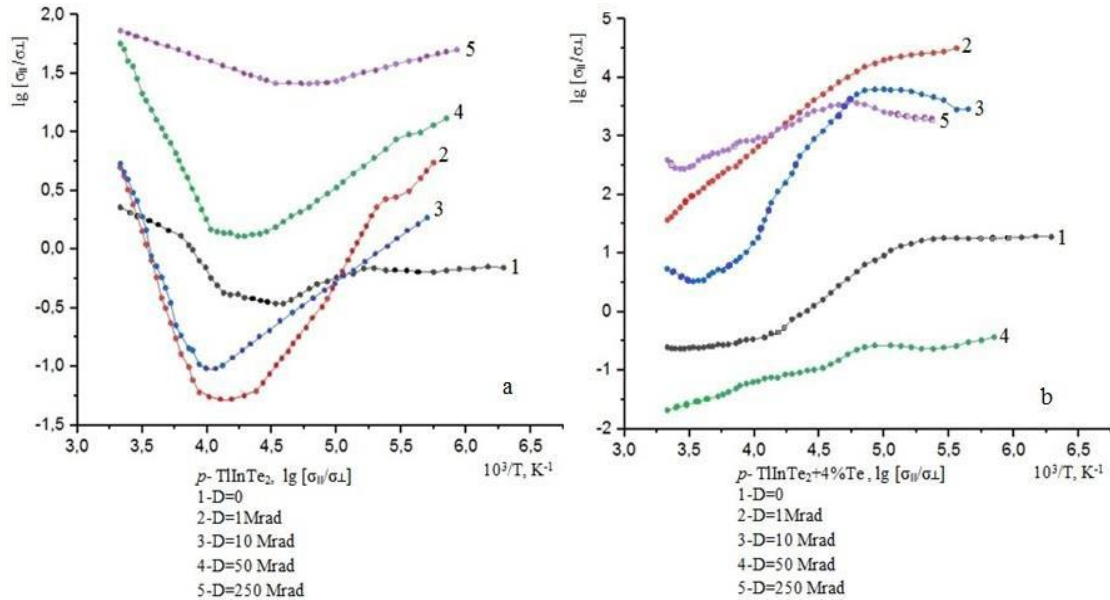
Şəkil 1. TlInTe<sub>2</sub> (a, b) kristallarında müxtəlif kristalloqrafik istiqamətlərdə çəkilmiş xüsusi elektrik keçiriciliyinin temperatur asıllıqları: a-zəncir müstəvisinə paralel; b-zəncir müstəvisinə perpendikulyar.



Şəkil 2. TlInTe<sub>2</sub>+4%Te (a, b) kristallarında müxtəlif kristalloqrafik istiqamətlərdə çəkilmiş xüsusi elektrik keçiriciliyinin temperatur asıllıqları: a-zəncir müstəvisinə paralel; b-zəncir müstəvisinə perpendikulyar.

Şəkil 2-də TlInTe<sub>2</sub>+4%Te kristalının müxtəlif şüalanma dozalarında (1÷250 Mrad) xüsusi elektrik keçiriciliyinin temperatur asılılığı verilmişdir. TlInTe<sub>2</sub> kristalında Te atomunun artıqlığı  $lg\sigma \sim f(1/T)$  asılılığında müşahidə olunan iki hissə ayrının xarakterini dəyişdirmir, ancaq keçiriciliyin qiyməti qismən artır.  $lg\sigma_{\parallel} \sim f(1/T)$  istiqamətdə 1 Mrad şüalanma dozəsindən sonra keçiricilik kəskin artır (2-əyri) və aktivləşmə

enerjisi 0,14 eV olan akseptor tipli energetik səviyyə müşahidə olunur. Dozanın  $D=10$  Mrad qiymətində isə  $lg\sigma_{\perp} \sim f(1/T)$  asılılığı 1-əyrisinə uyğun olur. Şüalanma dozəsının  $D=50$  Mrad qiymətində keçiriciliyin kəskin azalması aktivləşmə enerjisi 0,30 eV olan donör tipli səviyyənin yaranması nəticəsində baş verir. Şüalanmanın sonrakı artımı zamanı, şəkil 1a-da (5-əy.) olduğu kimi, keçiriciliyin kəskin artması müşahidə olunur.



Şəkil 3. Müxtəlif şüalanma dozalarında (1÷250 Mrad) TlInTe<sub>2</sub> (a) və TlInTe<sub>2</sub>-Te (b) kristallarının xüsusi elektrik keçiriciliyinin anizotropiyasının temperatur asılılığı göstərilmişdir.

Şəkil 3-də müxtəlif dozalarda şüalandırılmış TlInTe<sub>2</sub> və TlInTe<sub>2</sub>-Te kristallarında xüsusi elektrik keçiriciliyinin anizotropiyasının temperatur asılılığı göstərilmişdir.

Şəkil 3a-dan görünür ki,  $lg\sigma_{\parallel}/lg\sigma_{\perp} \sim f(1/T)$  asılılığı eksponensial xarakter daşıyır (1-əy.).  $D=1$  Mrad dozada şüalanma zamanı (2-əy.) dəyişir. Belə ki, 160-220K intervalında temperaturun azalması ilə  $lg\sigma_{\parallel}/lg\sigma_{\perp}$ -nin kəskin artması, 200-300 K intervalında temperaturun artması ilə artma müşahidə olunur, 160-200 K intervalında isə dəyişmir. Şüalanma dozəsının sonrakı artımı zamanı keçiriciliyin anizotropiyasının artması müşahidə olunur (3 və 4 əy.).  $D = 250$  Mrad şüalanma dozəsında  $lg\sigma_{\parallel}/lg\sigma_{\perp}$  nisbəti vahidə yaxınlaşır, yəni sistemin anizotropiyası kəskin azalır (5-əy.). Şəkil 3 b-dən görünür ki, Te atomunun artıqlığı sistemin keçiriciliyinin anizotropiyasının azalmasına səbəb olur və

$lg\sigma_{\parallel}/lg\sigma_{\perp} \sim f(1/T)$  asılılığının xarakteri kəskin dəyişir. Şüalanma dozəsının 1-10 Mrad qiymətlərində sistemin anizotropiyası artır,  $D=50$  Mrad qiymətində kəskin azalır. Şüalanma dozəsının  $D=250$  Mrad qiymətində isə, keçiriciliyin anizotropiyasının yenidən azalması müşahidə olunur.

Beləliklə,  $\gamma$ -kvantların, o cümlədən Te atomunun artıqlığı TlInTe<sub>2</sub>-Te kristallarında keçiriciliyin anizotropiyasını məqsədyönlü idarə etməyə imkan verir. Şüalanmanın təsiri nəticəsində anion və kation tipli defektlərin və onların miqrasiyası nəticəsində aşqar və kation atomlarının iştirakı ilə komplekslərin yaranması müşahidə olunur. Şüalanmanın yüksək dozələrində isə, komplekslərin dissosiasiyası nəticəsində nöqtəvi defektlərin konsentrasiyası artır və keçiriciliyin anizotropiyasının azalması müşahidə olunur.

[1] D. Muller, G.Eulenberger, H Hahn. Z. anorg. Allg. Chem., 1973, p. 207-220.  
 [2] В. Алыев, Ш.Г. Гасымов, Т.Г. Мамедов, Т.С. Мамедов, А.И. Наджафов, М.Ю. Сеидов. ФТТ, 2006, 48, 12, с. 2194-2199.  
 [3] W. Granier, P. Bernier, M. Dohri, J. Alizon, H. Robert. J. Phys. Lett., 1981, 42, 13, p. 301.  
 [4] Р.М. Сардарлы, О.А. Самедов, А.И.Наджафов, А.П. Абдуллаев, Э.А. Зейналов, Д.Г.Джаббаров. Изв. НАН Азербайджана. Сер. физ-мат. и техн. Наук, 2005, 5, с.45-50.

[5] Ф.Н. Абдуллаев, Т.Г. Керимова, Н.А. Абдуллаев. ФТТ, 2005, 47, с 1180-1185.  
 [6] А.И. Наджафов, Г.Г. Гусейнов, О.З. Алекперов, Р.М. Сардарлы, А.П. Абдуллаев, Н.А.Эюбова. Кристаллография, 2008, 53, с.864-868.  
 [7] М.П. Трубицын, М.Д. Волнянский, А.Х.Обайдат.. ФТТ, 2008, 50, с. 1184-1187.  
 [8] Е.А. Ермоленко. Технология и конструирование в электронной аппаратуре, 2014, с. 3-11.

К.Н. ХƏЛІЛОВА

**К.Н.Khalilova**

**STUDY OF THE TEMPERATURE DEPENDENCE OF THE SPECIFIC ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF TlInTe<sub>2</sub> AND TlInTe<sub>2</sub>-Te CRYSTALS UNDER DIFFERENT IRRADIATION DOSES**

The temperature dependence of the anisotropy of the specific electrical conductivity of TlInTe<sub>2</sub> and TlInTe<sub>2</sub>-Te crystals was studied at various irradiation doses (1 ÷ 250 Mrad). It has been determined that the formation of anionic and cationic defects in TlInTe<sub>2</sub>-Te crystals as a result of the action of  $\gamma$ -rays and the formation of complexes involving additive atoms and cations as a result of their migration increases the anisotropy of conductivity. . At high irradiation doses, as a result of the dissociation of complexes, the concentration of point defects increases and the conductivity anisotropy decreases.

**К.Г. Халилова**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ КРИСТАЛЛОВ TlInTe<sub>2</sub> и TlInTe<sub>2</sub>-Te ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗАХ ОБЛУЧЕНИЯ**

Исследована температурная зависимость анизотропии удельной электропроводности кристаллов TlInTe<sub>2</sub> и TlInTe<sub>2</sub>-Te при различных дозах облучения (1 ÷ 250 Мрад). Определено, что образование дефектов анионного и катионного типа в кристаллах TlInTe<sub>2</sub>-Te в результате воздействия  $\gamma$ -квантов и образование комплексов с участием атомов добавок и катионов в результате их миграции увеличивает анизотропию проводимости. . При больших дозах облучения в результате диссоциации комплексов увеличивается концентрация точечных дефектов и уменьшается анизотропия проводимости.

*Qəbul olunma tarixi: 18.07.2022*