H^+ İONLARI (PROTONLAR) İLƏ ŞÜALANMANIN $TlInS_2$ <5%C> BİRLƏŞMƏSİNİN DİELEKTRİK NÜFUZLUĞUNA, İON VƏ ELEKTRON KEÇİRİCİLİYİNƏ, İMPEDANS SPEKTRLƏRİNƏ TƏSİRİ

O.Ə. SƏMƏDOV[1], X.B. ORUCOVA[1], N.M. MEHDİYEV[1,3], A.İ. NƏCƏFOV[2], R.N. MEHDİYEVA[1], S.F. SƏMƏDOV[1], M.N. MİRZƏYEV[1], T.İ. KƏRİMOVA[1]

[1]*Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi, Radiasiya Problemləri İnstitutu*

[2]*Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi, H.B. Abdullayev adına Fizika İnstitutu*

[3]*Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti*

oktaysamedov9@gmail.com

150 keV enerjili protonlarla şüalanmış $TlInS_2$<5%C> birləşməsinin sabit elektrik sahəsində elektrik keçiriciliyi tədqiq edilmiş, onun ion və elektron payları, relaksasiya müddəti τ və diffuziya əmsalı D təyin olunmuşdur. Göstərilmişdir ki, protonlarla şüalanmadan sonra, uyğun olaraq keçiriciliyin elektron payı, relaksasiya müddəti azalır və keçiriciliyin ion payı, diffuziya əmsalının qiymətləri isə artır. Kompleks impedans spektrlərinin analizi göstərir ki, qodoqrafın aşağı tezlikli hissəsinə, elektrodyanı oblastda həcmi yüklərin polyarizasiyasını xarakterizə edən meylli düz xətt uyğun gəlir, protonlarla şüalanmiş halda qodoqraflar yüksək tezliklər oblastına doğru sürüşürlər. Həmçinin göstərilmişdir ki, $TlInS_2$ (5% C) birləşməsində H^+ ionlarının təsiri ilə meydana gələn vakansiyaların və geri təpmə atomların yaratdığı vakansiyaların dərinlikdə paylanması 980nm dərinlikdə maksimuma çataraq dərinliyin artması ilə azalır və 1500 nm dərinlikdən sonra artıq 150 keV enerjili protonların təsiri yox olur.

Açar sözlər: protonlarla şüalanma, qodoqraf, kompleks impedans spektrləri, relaksasiya müddəti, diffuziya əmsalı, elektrik keçiriciliyinin ion payı, vakansiya.

DOI:10.70784/azip.2.2024214

GİRİŞ

Məlum olduğu kimi ionların maddələrlə qarşılıqlı təsiri ion implantasiyası şəklində baş verir. İon implantasiyası böyük enerjili yüklü zərrəciklərin bombardman yolu ilə maddənin səthinə və həcminə daxil edilməsidir. Aşqar qatışıqlarının həll olunma həddi səbəbindən adi aşqarlama metodu ilə impedans spektrlərinə H^+ ionlarının (protonların) təsiri yüksək qatılıqlı qarışıqların alınmasına imkan vermir. İon implantasiyası metodu bu ionların hədəfə yeridilməsi adi aşqarlama metodu ilə alınması mümkün olmayan qarışıqların alınmasına imkan verir.

[1, 2] işlərində 150keV enerjili protonlarla şüalandırılmış $TlInS_2$ monokristalının elektrik keçiriciliyinin, dielektrik nüfuzluğunun temperaturdan asılılıqları öyrənilmişdir. Göstərilmişir ki, şüalanma nəticəsində $TlInS_2$ monokristalının elektrik keçiriciliyinin və dielektrik nüfuzluğunun qiymətlərində artma, relaksasiya müddətində isə azalma müşahidə olunur.

$TlInS_2$ (5%C) birləşməsinin dielektrik nüfuzluğu, ion keçiriciliyi, kompleks impedans spektləri γ- kvantlarının 0÷0,8MGy udulma dozalarında tədqiq olunmuşdur [3]. Kompleks impedans spektrlərinin analizi göstərir ki, $TlInS_2$ (5%C) birləşməsində yüklərin daşınması prosesinə uyğun, diaqramda qodoqrafın yüksək tezlikli hissəsi yarım çevrə, qodoqrafın aşağı tezlikli hissəsində isə elektrodyanı oblastın həcmi yüklərin polyarizasiyasını xarakterizə edən meylli düz xətt alınır. Həmçinin, göstərilmişdir ki, udulma dozasından asılı olaraq müqavimətin həqiqi və xəyali hissələri azalır, dielektrik nüfuzluğu və ion keçiriciliyi artır, qodoqraflar yüksək tezliklər oblastına doğru sürüşürlər. Rentgen analizinə əsasən müəyyən edilmiş ki, $TlInS_2$ (5%C)-birləşməsinin strukturu $TlInS_2$ kristalının a=10,96 Å; b=10,97 Å; c =15,14 Å; β=100,0°; Z=64, fəza qrupu C 2/c. parametrlərlə monoklin strukturunu təkrar edir.

Hazırki işdə məqsəd 150keV enerjili protonların təsirinə məruz qalmış $TlInS_2$ (5%C) birləşməsinin otaq temperaturundan yuxarı temperaturlarda dielektrik, elektrik xassələri, impedans spektrləri, ion və elektron keçiriciliyi, H^+ ionlarının təsiri ilə meydana gələn vakansiyaların və geri təpmə atomların yaratdığı vakansiyaların dərinlikdə paylanmasını tədqiq etməkdir

EKSPERİMENTİN METODİKASI

TlInS2<5%C> birləşməsinin yetişdirilməsi prosesi Bricman-Stokbarger metodu ilə 1050±1.0K böyümə temperaturunda və 500±1.0K tavlama temperaturunda şaquli modernləşdirilmiş qurğuda aparılmışdır. Nümunələrin ion implantasiyası Polşanın Lublin şəhərində yerləşən Maria Curie-Sklodovska Universitetinin Fizika İnstitutunun "İon Fizikası və İmplantasiyası kafedra"sında aparılmışdır. İmplantasiya UNİMAS 79 sürətləndiricisində otaq temperaturunda və 10° dərəcə bucaq altında aparılmışdır. Elektrodlar kristalların laylarına perpendikulyar istiqamətdə qoyulmuşdur. Gümüş pasta kontakt kimi istifadə edilmişdir. Kompleks impedans spektrləri 0,1 K/dəq addımda mis-konstantan termocütdən istifadə etməklə 25÷106 Hz tezlik diapazonunda E7-12 dəyişən cərəyan körpüsü vasitəsi ölçülmüşdür.

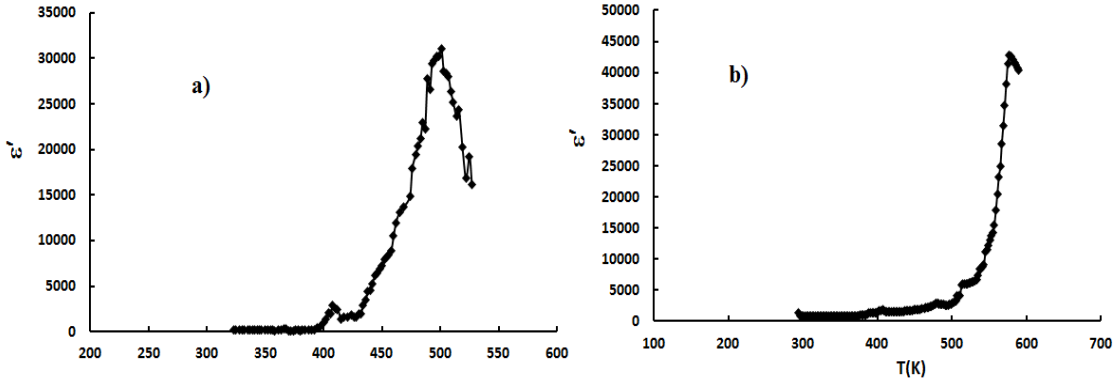
ESPERİMENTAL NƏTİCƏLƏRİN MÜZAKİRƏSİ

1. *H^+ ionlar ılə şüalanmış $TlInS_2$ <5% C > birləşməsinin dielektrik xassələri*

Şəkil 1-də 150 keV enerjili protonlarla şüalandırılmış $TlInS_2$<5%C> birləşməsinin dielektrik nüfuzluğunun temperatur asılılığı verilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi protonlarla şüalandırılmış birləşmənin dielektrik nüfuzluğunun temperatur asılılığı şüalanmadan

131, H.Javid ave, AZ-1143, Baku
Institute of Physics
E-mail: jophphysics@gmail.com

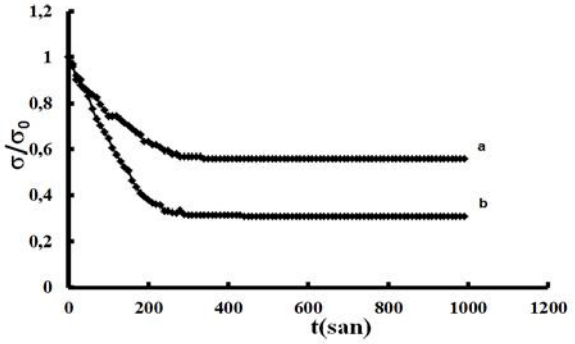
əvvəlki asılılığın formasını təkrar edir və anomaliyalar yüksək temperaturlar oblastı istiqamətinə doğru sürüşür. Eyni zamanda, protonlarla şüalanmadan sonra dielektrik nüfuzluğunun ədədi qiyməti artır və nisbətən yuxarı temperaturlarda artma daha kəskin olur (şəkil 1(b)). H^+ ionları ilə implantasiya olunmuş $TlInS_2$ kristalının İKS spektrlərinin tədqiqatları göstərmişdir ki, In və Tl ionlarının spektrində əhəmiyyətli dərəcədə genişlənmə və kristalın səth qatında Tl tərkibində azalma müşahidə edilmişdir. Spektrlərdəki dəyişikliklər implantasiyadan sonra kristalın strukturunda amorflaşma ilə əlaqələndirilir. Göstərilmişdir ki, $TlInS_2$ kristalında H^+ ionlarının paylanması 1000 nm dərinlikdə müəyyən edilmişdir [2].



Şəkil 1. $TlInS_2$(5%C) kristalının dielektrik nüfuzluğunun ε(T) temperatur asılılığı: a-şüalanmamış; b-150kev enerjili H^+ ionlarıla şüalanmış.

Protonlarla şüalanma nəticəsində $TlInS_2$ <5%C> birləşməsində mobil ionların konsentrasiyasının artması hesabına dielektrik nüfuzluğunun ədədi qiymətinin artması müşahidə olunur. İmplantasiya olunmuş materialda implantların qeyri-bərabər paylanması, mobil ionların konsentrasiyasının artmasına səbəb olur. Beləliklə, protonlarla implantasiya olunmuş $TlInS_2$ (5%C) birləşməsinin dielektrik nüfuzluğunun yüksək temperaturlarda kəskin artmasının səbəbi bu birləşmədə qeyri-bircinsliliyin yaranmasıdır.

2. *H^+ ionları ilə şüalanmış $TlInS_2$(5%C)* birləşməsinin tam keçiriciliyində elektron və ion payı.



Şəkil 2. *T*=550K-də, $TlInS_2$(5%C) kristalının sabit elektrik sahəsində elektrik keçiriciliyinin zamandan asılılığı: a-şüalanmamış; *b*-150kev enerjili H^+ ionlarıla şüalanmış.

Şəkil 2-də 150kev enerjili H^+ ionları ilə şüalanmış $TlInS_2$(5%C) kristalının elektrik keçiriciliyinin zamandan asılılığı (sabit elektrik sahəsində və sabit temperaturlarda) verilmidir. Şəkil 2-dən görundüyü kimi $TlInS_2$ (5%C) birləşməsində 150kev enerji ilə şüalanmada ümumi keçiricilikdə elektron payı azalır və nəticədə ion payı artır. $TlInS_2$ (5%C) birləşməsində 550K temperaturda elektrik keçiriciliyinin ion payı şüalanmadan əvvəl 43,3%, 150keV enerjili protonlarla şüalanmadan sonra isə 75,5% təşkil edir.

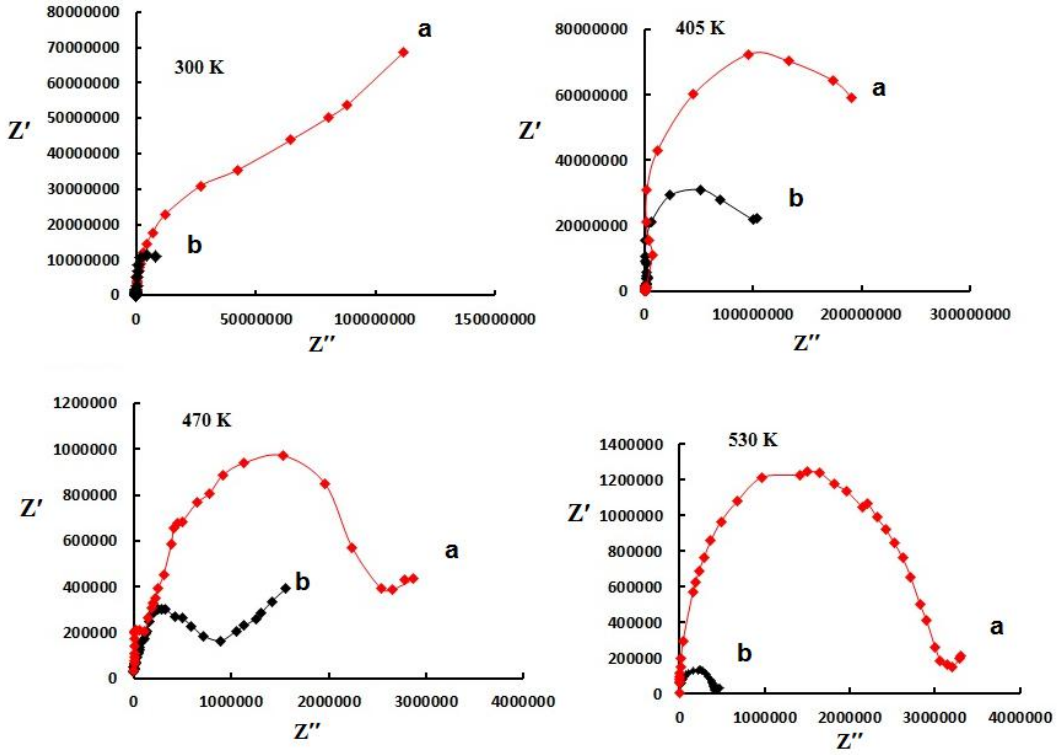
Sabit elektrik sahəsində cərəyanın zamandan asılı olaraq aşağı düşməsi tədricedici elektrodların yaxınlığında həcmi yüklərin qarşılıqlı kompensasiyası hesabına olur. Məlum olduğu kimi, nisbi yük sıxlığının zamandan asılılığı ikinci tərtib xətti differensial tənliklə təyin olunur. Bu tənlikləri xüsusi şərtlər daxilində sadələşdirməklə relaksasiya müddətini və diffuziya əmsalını hesablamaq üçün nisbi yük sıxlığının zamandan asılılığı $j=j_0exp\{-\pi^2Dt/d^2\}$ və relaksasiya müddəti $\tau_{SC}=d^2/(\pi^2D)$ şəklində olacaq [4, 5, 6].

Şüalanmamış və 150keV enerjili H^+ ionlarıla şüalanmış $TlInS_2$(5%C) kristalının relaksasiya müddətinin və diffuziya əmsalının hesablanmış qiymətləri aşağıdakı kimidir. Şüalanmamış halda relaksasiya müddəti τ_{SC}=1728,939san, diffuziya əmsalı $D=3{,}3\cdot10^{-10}$-dur, H^+ ionlarıla şüalanmış halda isə τ_{SC}=853,367, diffuziya əmsalı $D=6{,}7\cdot10^{-10}$-dur. Relaksasiya müddəti τ_{SC}, diffuziya əmsalı *D* üçün hesablanmış qiymətlərindən məlum olur ki, protonlarla şüalanmadan sonra diffuziya əmsalı artır və nəticədə relaksasiya müddəti azalır.

3. *H^+ ionlarıla şüalanmış $TlInS_2$(5%C* birləşməsinin kompleks impedans spektrləri

Hal-hazırda impedans spektroskopiya metodu bərk cisimlər fizikasında, polimerlərdə və materialşünaslıqda (həmçinin radiasiya materialşünaslığında) geniş tətbiq olunur. İmpedans spektroskopiya metodunun köməyi ilə nümunədə onun mikrostrukturunu nəzərə almaqla yük daşıyıcıların nəqli haqqında məlumat almaq olar. İmpedans spektroskopiya metodunun mahiyyəti nümunəyə kiçik sinusoidal siqnal verməklə, çıxışda alınan siqnalın öyrənilməsidir. Ona görə dəyişən elektrik sahəsinin təsiri altında gedən prosesləri aydınlaşdırmaq üçün kompleks impedansın nəticələrinin ($Z^*= Z'+jZ''$) analiz olunması vacibdir.

Əvvəlki tədqiqatlarımızdan məlum olduğu kimi, $TlInS_2$ <5%C> ion keçiriciliyinə malik olan birləşmələrdəndir [7-8]. İon keçiriciliyi olan birləşmələri dəyişən elektrik sahəsində öyrənəndə sərhəd effektlərinin təsirini nəzərə almaq lazımdır (elektrod-nümunə). Şəkil 3-dən göründüyü kimi, 150kev H^+ ionları ilə şüalanmış $TlInS_2$ və $TlInS_2$<5% C> birləşmələrinin qodoqraflarını iki hissəyə ayırmaq olar.

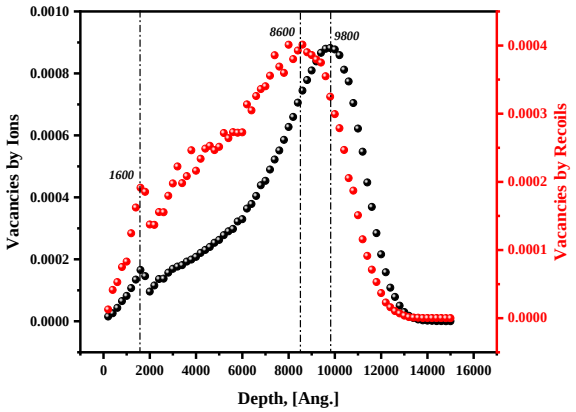


Şəkil 3. 150keV enerjili H^+ ionları ilə şüalanmış $TlInS_2$ və $TlInS_2$<5% C> birləşmələrinin impedanslarının xəyali hissələrinin həqiqi hissələrindən (Z "= f (Z')) asılılıqları: a- $TlInS_2$ [1]; b- $TlInS_2$<5% C>

Birinci hissə nümunəni xarakterizə edir və yarımçevrə şəklindədir (yüksək tezlikli hissə), ikinci hissə nümunə-elektrod sərhəddini xarakterizə edir və meylli düzxətt şəklindədir (aşağıtezlikli oblast). Həmçinin göstərilmiş ki, H^+ ionları ilə şüalanmış $TlInS_2$ <5%C> birləşməsinin müqavimətinin həm Z'-həqiqi, həm də Z"-xəyali hissələrinin ədədi qiymətləri, həmin enerji ilə şüalanmış $TlInS_2$ birləşməsinə nisbətən daha kəskin azalır.

4.$TlInS_2$(5%C) birləşməsi üçün H^+ ionları ilə şüalanmanın modelləşdirilməsi

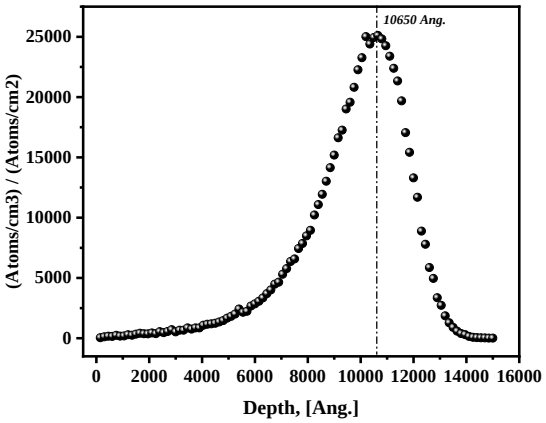
SRIM proqramı (The Stopping and Range of Ions in Solids-Bərk cisimlərdə ionların tormozlanması-durması və aralığı), ion-atom toqquşmalarının kvant mexaniki bir prosesini və implant ionlarının yaratdığı vakansiya tipli defektlərin dərinlikdə paylanmasını və ion aralığını hesablayan bir proqram qrupudur [9]. Bu işdə 150 keV enerjili H^+ ionları ilə implantasiya edilmiş $TlInS_2$ (5% C) birləşməsində vakansiyaların və H^+ ionlarının dərinliyə görə təkamülü simulyasiya edilmişdir. $TlInS_2$ (5% C) birləşməsində H^+ ionlarının təsiri ilə meydana gələn vakansiyaların və geri təpmə atomlarının yaratdığı vakansiyaların dərinlikdə paylanması şəkil 4-də verilmişdir. Şəkil 4-dən göründüyü kimi proton ionlarının yaratdığı vakansiya tipli defektlərin paylanması 980 nm dərinlikdə maksimuma çatır. Daha sonra dərinliyin artması ilə azalır və 1200-1500 nm dərinlikdə homogen olaraq paylanır. 1500 nm dərinlikdən sonra artıq 150 keV enerjili protonların təsiri yox olur. Təqribən 160 nm dərinlikdə hər iki spektrdə pik müşahidə olunur.



Şəkil 4. H^+ ionları ilə implantasiya olunmuş $TlInS_2$(5%C) birləşməsində vakansiyaların dərinlikdə paylanması

Qeyd etmək lazımdır ki, bu birləşmələr laylı birləşmələr olduğundan aşağı enerjili proton ionlarının təsiri nəticəsində interstisial tipli defektlərin yaranma ehtimalını artırır. Şəkil 5-də proton ionlarının dərinlikdə paylanması simulyasiya edilmişdir. Müəyyən dərinlik-

lərdə enerji itkisi materialın atomları ilə əhəmiyyətli qarşılıqlı təsirlərə səbəb ola bilir ki, bu da boş yerlərin yaranmasına səbəb olur [10].



Şəkil 5. 150 keV enerjili H^+ ionlarının dərinlikdə paylanması.

160 və 980 nm dərinlikdə müşahidə edilən maksimumlar, implantasiya edilmiş protonların enerjisinin əhəmiyyətli bir hissəsini itirməsi ehtimalı olan bölgəni göstərə bilər ki, bu da boşluqların yaranmasına səbəb olur. Digər tərəfdən geri təpən proton ionlarının yaratdığı vakansiyaların dərinlikdə paylanma profilinin genişlənməsinin səbəbi çox güman implant ionlarının material daxilində yavaşıdıqca, onların trayektoriyaları qəfəsdəki atomlarla qarşılıqlı təsir səbəbindən daha qeyrisabit olmasıdır [2]. 980 nm dərinlikdə qüsurların konsentrasiyası maksiumuma çatır.

Nəticələr göstərir ki, 150 keV enerjili protonlar nümunə daxilində təqribən 400-1400 nm dərinlik aralığında paylanır. 1mkm dərinlikdə maksimuma çatır.

Bu işdə təxminən 1 μm-də baş verən proton ionlarının dərinlik paylanmasında maksimum, implantasiya edilmiş ionların $TlInS_2$(5%C) yarımkeçirici birləşməsində ən yüksək konsentrasiyasına çatdığı dərinliyi göstərir. Bu dərinlikdən kənarda, implantasiya edilmiş ionların konsentrasiyası materialın dərinliyinə keçdikcə azalır, atomlarla qarşılıqlı təsir nəticəsində dayanana kimi enerji itirir.

Beləliklə, şüalanmamış və 150 keV enerjili protonlarla şüalanmış $TlInS_2$ <5%C> birləşməsinin sabit elektrik sahəsində elektrik keçiriciliyi tədqiq edilmiş, onun ion və elektron payları, relaksasiya müddəti - τ və diffuziya əmsalı - D təyin olunmuşdur. Göstərilmişdir ki, protonlarla şüalanmadan sonra, uyğun olaraq keçiriciliyin elektron payı, relaksasiya müddəti azalır və diffuziya əmsalının qiymətləri isə artır. Ekvivalent sxem metodundan istifadə etməklə kompleks impedans spektrlərinin analizi göstərir ki, bu kristalda yüklərin daşınması prosesinə uyğun, diaqramda yarımçevrə alınır (qodoqrafın yüksək tezlikli hissəsi). Qodoqrafın aşağı tezlikli hissəsində isə, elektrodyanı oblastın həcmi yüklərin polyarizasiyasını xarakterizə edən meylli düz xətt uyğun gəlir. Göstərilmişdir ki, protonlarla şüalanmiş halda qodoqraflar yüksək tezliklər oblastına doğru sürüşürlər. Qodoqrafa uyğun olaraq ekvivalent sxem təklif edilmişdir. Həmçinin göstərilmişdir ki, $TlInS_2$ (5%C) birləşməsində H^+ ionlarının təsiri ilə meydana gələn vakansiyaların və geri təpmə atomların yaratdığı vakansiyaların dərinlikdə paylanması 980 nm dərinlikdə maxsimuma çataraq dərinliyin artması ilə azalır və 1500 nm dərinlikdən sonra, artıq 150 keV enerjili protonların təsiri yox olur.

[1] *S.F. Samadov, O.A. Samedov, O.Z. Alekperov, M. Kulik, A.L. Najafov, N.M. Mehdiyev, E.M.Huseynov.* Dielectric and electrical propertiesofnear-surface layers of $TlInS_2$ crystals under the proton irradiation. International Journal of Modern Physics B, 2019, Vol. 33, № 27, 1950320.

[2] *М. Кулик, С.Ф. Самедов, О.А.Самедов, О.З.Алекперов, Д. Колодынска, А.Олеинчак, Н.М. Мехтиев.* Исследование оптических и электрических свойств кристалла $TlInS_2$ после имплантации ионами водорода и гелия. Journal of Radiation Researches, Baku, 2018, vol.5, № 2, c. 62-66

[3] *O.Ə. Səmədov, X.B. Orucova, A.İ. Nəcəfov, N.M. Mehdiyev, V.Ə.Qasımov, R.N.Mehdiyeva, S.F. Səmədov, M.N. Mirzəyev, T.İ. Kərimova.* Qamma şüalarının təsirinə məruz qalmış $TlInS_2$ (5 at%C) kristalının dielektrik, elektrik xassələri və ion keçiriciliyi. Xəbərlər. 2024. (çapda)

[4] *В.Н.Чеботин.* Химическая диффузия в твердых телах. НАУКА. М., 1989, 200 с.

[5] *А. Лидьярд.* Ионная проводимость кристаллов, ИИЛ, М., 1992, 222с.

[6] Ионная проводимость и процессы объемно-зарядовой поляризации в кристаллах $Li_2Ge_70_{15}$. ФТТ, 2012, том 54, вып. 3, 470-475.

[7] *O.A. Samedov, O.Z. Alekperov, Kh.B. Orudjova, N.M. Mehtiyev, A.I. Nadjafov, I.A. Gabulov, E.M. Huseynov.* Electrical impedance investigation of gamma-irradiated $TlInS_2$ (5%C) crystals. International Journal of Modern Physics B 2021, v.35, № 1, p. 2150009.

[8] *O.A .Samedov, O.Z Alekperov, Kh. B. Orujova, A.İ . Nadjafov, E.M. Huseynov, S.F Samedov, İ.A. Gabulov, N.M. Mekhtiyev.* Dielectric permittivity and relaxation process investigation of C-doped $TlInS_2$ crystals. Modern Physics Letters, B 2021, v.35, № 20, p. 2150325.

[9] *J.F. Ziegler and J.P. Biersack.* (Pergaman Press, New York, 1985), p. 375

[10] *Sh.B. Utamuradova, Sh.Kh. Daliev, D.A.Rakhmanov, S.F. Samadov, A.S. Doroshkevich.* Investigation of radiation defect formation of irradiated n-Si<Pt>. Advanced Physical Research. Vol.5, № 3, 2023, pp.183-191

O.A. Samadov, Kh.B. Orujova, N.M. Mehdiyev, A.I. Najafov,
R.N. Mehdiyeva, S.F. Samadov, M.N. Mirzeyev, T.I. Kerimova

EFFECT OF H^+ IONS (PROTONS) ON DIELECTRIC PERMITTIVITY, IONIC AND ELECTRONIC CONDUCTIVITY AND IMPEDANCE SPECTRA OF $TlInS_2$ <5% C> COMPOUND

The electrical conductivity of the $TlInS_2$ <5% C> compound exposed to 150 keV protons was studied in a constant electric field; its ion and electron shares, relaxation time τ, and diffusion coefficient D were determined. After being exposed to protons, it was demonstrated that the electron share and relaxation time decreased while the diffusion coefficient values and the ion share of the conductivity increased. The analysis of complex impedance spectra reveals that the low-frequency region of the hodograph corresponds to the inclined straight line characterizing the polarization of volume charges in the near-electrode region, and when exposed to protons, the hodographs shift to the high-frequency region. It was also shown that the depth distribution of vacancies formed by the effect of H^+ ions and vacancies created by recoil atoms in the $TlInS_2$ (5% C) compound reaches a maximum at a depth of 980 nm and diminishes with increasing depth, and after a depth of 1500 nm, the effect of protons with an energy of 150 keV disappears.

О.А. Самедов, Х.Б. Оруджова, Н.М. Мехтиев, А.И. Наджафов,
Р.Н. Мехтиева, С.Ф. Самедов, М.Н. Мирзоев, Т.И. Керимова

ВЛИЯНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ИОНОВ (ПРОТОНОВ) H^+ НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ПРОНИЦАЕМОСТЬ, ИОННУЮ И ЭЛЕКТРОННУЮ ПРОВОДИМОСТЬ И ИМПЕДАНСНЫЕ СПЕКТРЫ СОЕДИНЕНИЯ $TlInS_2$ <5%> C

В постоянном электрическом поле исследована электрическая проводимость соединения $TlInS_2$ <5%> C, облученного протонами с энергией 150 кэВ, определены его ионные и электронные доли, время релаксации τ и коэффициент диффузии *D*. Показано, что после облучения протонами, соответственно, уменьшается электронная доля проводимости, время релаксации, а ионная доля проводимости, значения коэффициента диффузии увеличиваются. Анализ спектров комплексного импеданса показывает, что на низкочастотную часть годографа соответствует наклонной прямой, характеризующей поляризацию объемных зарядов вблизи электрода в области, а при облучении протонами годографы скользят к высокочастотной области. Показано также, что в соединении $TlInS_2$ (5% C) распределение по глубине вакансий, возникшие под влиянием ионами H + и вакансий, созданных атомами обратной отдачи, достигая до максимума на глубине 980 нм, уменьшается с увеличением глубины, а после глубины 1500 нм влияние протонов с энергией 150 кэВ уже исчезает.

Qəbul olunma tarixi: 30.04.2024