

QAMMA KVANTLARLA ŞÜALANMANIN $\text{Cu}_3\text{In}_5\text{S}_9$ MONOKRİSTALININ ELEKTRİK XASSƏLƏRİNƏ TƏSİRİ

L.H. HƏSƏNOVA, A.Z. ABASOVA

Bakı Dövlət Universiteti, AZ 1148, Bakı, Z. Xəlilov küç., 23

e-mail: ludmilahasanova@mail.ru

Yeni mürəkkəb $\text{Cu}_3\text{In}_5\text{S}_9$ monokristal öz quruluşuna və fotoelektrik xassələrinə görə diqqəti cəlb edir. Layvari quruluşa malik olduğundan elektrik və fotoelektrik xassələri anizotropiyaya malikdir. Qadağan olunmuş zolağının eninə və yüksək fotohəssaslığına görə tətbiqi cəhətdən əlverişlidir. Baxılan işdə şüalanmamış və γ -kvantlarla şüalandırılmış $\text{Cu}_3\text{In}_5\text{S}_9$ kristalında VAX-ları və elektrikkeçiriciliyin temperatur asılılığı öyrənilmiş, lokal səviyyələrin dərinliyi hesablanmış və bu səviyyələrə γ -kvantların təsirinə baxılmışdır.

Açar sözlər: γ -kvantlar, şüalanma, injeksiya cərəyanı, volt-ampere xarakteristikası.

PACS:71.20.Nr; 72.20.Fr

Mürəkkəb yarımkeçirici birləşmələrdə nöqtəvi defektlərin yaranma ehtimalının nəzəri analizi bircins yarımkeçiricilərə nəzərən, xeyli mürəkkəbdir.

Təcrübələr göstərmişdir ki, ionlaşdırıcı şüaların təsiri ilə bütün hallarda həm donör, həm də akseptor mərkəzləri yaranır. Radiasiya defektlərinin sayının ilkin kimyəvi aşqarların konsentrasiyasını xeyli üstələdikdə, yükdaşıyıcıların tarazlıqlı konsentrasiyası və onunla əlaqədar Fermi səviyyəsi limit qiymətinə yaxınlaşır. Bu limit qiymətlər radiasiya defektləri ilə yaranan sistemlə müəyyən olunur. Şüalanma nəticəsində atom defektlərinin artımının yaranması, maddənin bir çox fiziki xassələrinin, elektrik, optik və digər xassələrinin dəyişməsinə səbəb olur. Ona görə, şüalanma ilə maddənin xassələrinin və qəfəsin pozulması tipinin və xarakterinin idarə olunması əlverişli hesab olunur.

Radiasiya defektlərinin enerji səviyyəsinin vəziyyətini öyrənmək üçün müxtəlif üsullardan, o cümlədən elektrik xassələrinin və Holl effektinin tədqiqindən istifadə olunur.

γ -kvant kristaldan keçdikdə əsasən elektron sistemi ilə qarşılıqlı təsirdə olur, belə ki γ -kvantların qəfəsin atomlarının nüvəsi ilə tutma en kəsiyi elektronlarla tutma en kəsiyinə nəzərən çox kiçikdir.

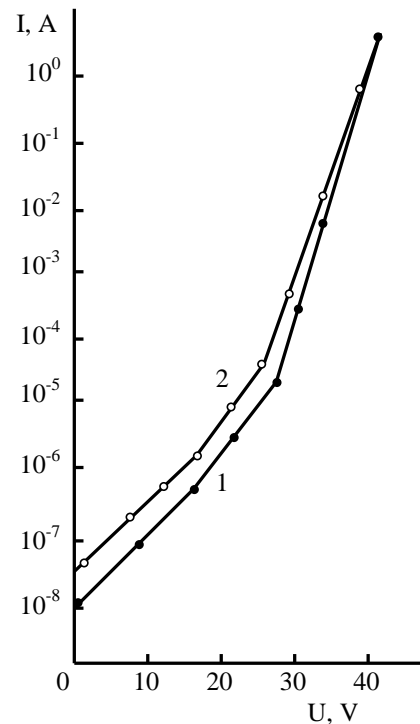
Son zamanlar diqqəti cəlb edən mürəkkəb yarımkeçirici birləşmələrdən biri də CuInS_2 – In_2S_3 sisteminin araşdırılması nəticəsində alınmış $\text{Cu}_3\text{In}_5\text{S}_9$ birləşməsidir [1]. Monoklin quruluşa malik olan $\text{Cu}_3\text{In}_5\text{S}_9$ defektli yarımkeçiricilər qrupuna daxildir və bu kristalda kation qəfəsindəki vakansiyalar 25 % təşkil edir.

Tədqiq olunan kristal ona görə maraqlı kəsb edir ki, n -tip keçiriciliyə malikdir, defekt quruluşlu olduğundan kənar atomların təsirinə məruz qalmır, yəni aşqarlar elektrik cəhətdən qeri-aktiv olur, qadağan olunmuş zolağının eni 1,5 eV, optik udma əmsalı $\alpha \geq 10^4 \text{ sm}^{-1}$ olduğundan, günəş elementləri yaratmaq üçün uyğun maddə hesab olunur. Bundan başqa, defektlərin konsentrasiyasının böyük olması, radiasiyaya davamlılığı da yüksəldir.

Baxılan işdə $\text{Cu}_3\text{In}_5\text{S}_9$ monokristalının elektrik xassələrinə γ -kvantlarla şüalanmanın təsirinə baxılmışdır. Aydındır ki, bütün geniş zolaqlı birləşmələr kimi $\text{Cu}_3\text{In}_5\text{S}_9$ kristalının da qadağan olunmuş zolağında müxtəlif xarakterli lokal səviyyələr var və onlar kristalın

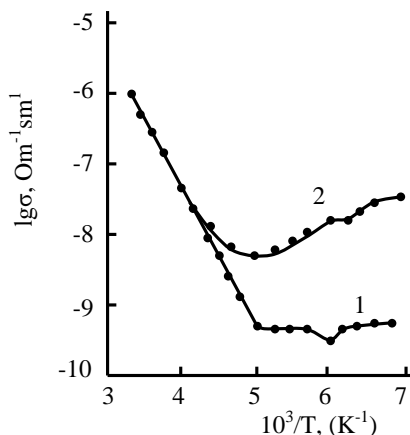
lın əksər fiziki xassələrinə ciddi təsir edir.

$\text{Cu}_3\text{In}_5\text{S}_9$ monokristal layvari quruluşa malik olduğundan, ölçmə üçün nümunələr laylardan ülqüclə qoparılarq, lazım olan ölçüdə kəsilir. Kontakt materialı olaraq gümüş pastasından istifadə olunur. Şüalandırılmamış və 50 krad γ -kvantlarla şüalandırılmış nümunələrin volt-ampere xarakteristikası çıxarılmışdır (şəkil 1). Şəkildən görüldüyü kimi, VAX-da üç oblast müşahidə olunur: xətti, kvadratik ($I-U^2$) və cərəyanın kəskin artma ($I-U^4$) oblastı. γ -kvantlarla şüalanmadan sonra, kritik oblasta çatmadan əvvəl VAX-da $I-U^n$ asılılığı müşahidə olunur (1,3 – 2,5). Şüalandırılmış nümunələrin VAX-na görə tarazlıqda olan yükdaşıyıcıların konsentrasiyası $n = 1,5 \cdot 10^{14} \text{ sm}^{-3}$, yüklüklüyü $\mu = 0,4 \text{ m}^2 \text{ V}^{-1} \text{ san}^{-1}$, lokal səviyyəsinin dərinliyi $E_L = 0,2 \text{ eV}$ və konsentrasiyası $N_L = 7 \cdot 10^{12} \text{ sm}^{-3}$ olmuşdur.



Şəkil 1. Şüalandırılmamış (1) və 50 krad γ -kvantlarla şüalandırılmış (2) $\text{Cu}_3\text{In}_5\text{S}_9$ kristalının VAX-ı.

$Cu_3In_5S_9$ monokristalının şüalanmadan əvvəl və şüalandırıldıqdan sonra elektrikkeçiriciliyinin temperatur asılılığı öyrənilmişdir. Şəkil 2-də 1 əyrisi şüalanmadan əvvəl, 2 əyrisi isə 50 krad γ -kvantlarla şüalandırılmış nümunələrə 10 V gərginlik tətbiq etdikdə, elektrikkeçiriciliyinin temperatur asılılığını göstərir. Şəkildən görünür ki, 160 – 200 K temperatur intervalında şüalanmamış nümunənin elektrikkeçiriciliyi temperaturdan asılı deyil. Temperatur 160 K-dən aşağı düşdükdə keçiricilik kəskin azalır, sonra isə artır (şəkil 2, 1 əyrisi). Şüalandırılmış nümunələrdə keçiricilik 200 K-dən aşağı temperaturalarda artmağa başlayır. Şüalandırılmamış nümunələrdə dərinlikləri $E_1=0,35\text{eV}$ və $E_2=0,50\text{ eV}$ olan lokal səviyələr müşahidə olunmuşdur. Şüalandırıldıqdan sonra $E_1=0,30\text{ eV}$ olmuş, E_2 -nin vəziyyəti isə dəyişməmişdir.



Şəkil 2. Sabit gərginlikdə ($U=10\text{ V}$) şüalanmamış və 50 krad γ -kvantlarla şüalandırılmış (2) $Cu_3In_5S_9$ kristalının keçiriciliyinin temperatur asılılığı.

Şəkildə 300 K temperaturdan başlayaraq, şüalandırılmış kristalda keçiriciliyin dəyişməsi dipol tipli əks adlı yüklərlə yüklənmiş radiasiya defektlərinin parçalanması ilə izah olunur. Parçalanma nəticəsində sərbəst r -mərkəzlər və donorlar yaranır. γ -şüalanma ilə belə defektlərin yaranması, ilkin defektlərin termik dissosiasiya yaxud assosiasiya prosesində baş verir. Bu faktorlar onu göstərir ki, şüalanmadan sonra aşağı temperaturalarda yükdaşıyıcıların generasiyası, ilkin defektlərə nəzərən, daha kiçik enerjili səviyyədən generasiya edir.

Təcrübi nəticələri araşdıraraq, belə qənaətə gəlmək olar ki, $Cu_3In_5S_9$ monokristalında cərəyankeçirmə mexanizmi, həcmi yüklərlə məhdudlanmış cərəyanla izah olunur. n -tip kristallarda metal vakansiyalarda tarazlıqlı keçiricilik göründüyündən belə nəticəyə gəlmək olar ki, şüalanma nəticəsində tarazlıqlı keçiriciliyin artması, kristalda donor mərkəzlərinin konsentrasiyasının dəyişməsi ilə əlaqədardır. γ -şüalanma nəticəsində Frenkel cütləri yaranır, onlar aşqar atomları ilə qarşılıqlı təsirə girərək dayanıqlı defektlər yarada bilər. Struktur defektlər əsas yükdaşıyıcılar üçün kiçik en kəsiyinə, qeyri-əsas yükdaşıyıcılar üçün isə böyük tutma en kəsiyinə malikdir.

İkifat injeksiya nəzəriyyəsinə görə [2] baxılan hal bütün elektronlar arasındakı məsafədə qeyri-əsas yükdaşıyıcıların nüfuz etməsinə imkan verən gərginliklərdə cərəyanın kəskin artmasına gətirir. Qeyri-əsas yükdaşıyıcılar struktur defektləri tərəfindən tutulur, bu da onları əhatə edən potensial çəpəri kiçildir. Belə çəpərlərin olması isə əsas yükdaşıyıcıların yaşama müddətinin böyüməsinə səbəb olur. Defektlərin konsentrasiyasının artması isə aşırma effektinə gətirə bilər.

[1] В.И. Тагиров, Н.Ф. Гахраманов, А.Г. Гусейнов. Новый класс тройных полупроводниковых соединений типа $A_3^I B_5^{III} C_9^{VI}$. Баку,

2001, 303 с.

[2] М. Ламперт, П. Марк. Инжекционные токи в твердых телах. М.: Мир, 1973, 416 с.

L.G. Hasanova, A.Z. Abasova

INFLUENCE OF GAMMA RADIATION ON THE ELECTRICAL PROPERTIES OF $Cu_3In_5S_9$ SINGLE CRYSTAL

A new complex semiconductor compound $Cu_3In_5S_9$, attracts attention for its structure and physical properties. The layered structure leads to anisotropy of electrical and photoelectric properties. This compound is of applied interest due to its high photosensitivity and the value of the band gap. In this work, the current-voltage characteristics of the temperature dependence of the electrical conductivity of unirradiated and irradiated with gamma quanta of $Cu_3In_5S_9$ single crystal are investigated. The depth of the local levels is calculated and the influence of γ -quanta on these levels is investigated.

Л.Г. Гасанова, А.З. Абасова

ВЛИЯНИЕ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОНОКРИСТАЛЛА $Cu_3In_5S_9$

Новое сложное полупроводниковое соединение $Cu_3In_5S_9$, привлекает внимание по своей структуре и физическим свойствам. Слоистая структура приводит к анизотропии электрических и фотоэлектрических свойств. Это соединение вызывает прикладной интерес своей высокой фоточувствительностью и величиной ширины запрещенной зоны. В данной работе исследованы вольт-амперные характеристики, температурная зависимость электропроводности необлученных и облученных гамма-квантами монокристалла $Cu_3In_5S_9$. Была вычислена глубина залегания локальных уровней, и исследовано влияние γ -квантов на эти уровни.

Qəbul olunma tarixi: 05.02.2021