

Cu₃Ga₅Se₉ ÜÇQAT BİRLƏŞMƏ ƏSASINDA
HAZIRLANMIŞ FOTOREZİSTOR

Ə.H. HÜSEYNOV*, R.M. MƏMMƏDOV*,
A.B.ƏMRALIYEV**, K.Y.NURULLAYEV**

* *Bakı Dövlət Universiteti*

** *Sumqayıt Dövlət Universiteti*

İşdə Cu₃Ga₅Se₉ üçqat birləşməsinin monokristal alınmış və onun optik xassələri tədqiq olunmuşdur. Optik xassələrin tədqiqindən müəyyən olunmuşdur ki, bu üçqat birləşmə görünən işıq oblastında işığa daha çox həssasdır və bu kristaldan görünən işıq oblastında işləyə bilən fotorezistor hazırlamaq mümkündür. Cu₃Ga₅Se₉ əsasında fotorezistor hazırlanmış və ondan rele mühafizə sistemində idarəedici element kimi istifadə olunmuşdur.

Müasir elektron sənayesində elektrik siqnallarının gücləndirilməsi və çevrilməsində yarımkeçirici elementlər geniş praktik əhəmiyyətə malikdir [1,2]. Tətbiq sahəsindən və konstruksiyasından asılı olaraq idarəedici qurğularda nöqtəvi və müstəvi konstruksiyalı yarımkeçirici elementlərdən istifadə olunur. Yarımkeçiricilər elektronikasının sürətli inkişafı həmçinin çox funksiyalı cihazların və qurğuların işlənməsini və hazırlanmasını tələb edir. Bu tələbatın ödənilməsinə mövcud yarımkeçirici materialların hərtərəfli tədqiqi və yeni materialların alınması yolu ilə nail olunur. Bu baxımdan geniş temperatur və dalğa uzunluğu oblastında xarici faktorlara daha çox həssas olan və stabil xarakteristikalı yarımkeçirici birləşmələrin alınması praktik baxımdan daha çox aktualdır.

Son vaxtlar yüksək effektivli günəş elementlərinin hazırlanmasında istifadə olunan I-III-VI qrup elementləri əsasında sintez olunmuş üçqat halkogenid yarımkeçirici birləşmələrin tədqiqinə marağı daha da artırmışdır. Yüksək fotohəssaslığa malik olan bu materiallar fiziki-kimyəvi parametrlərinə görə çoxfunksiyalı cihazların hazırlanmasında geniş perspektivə malikdirlər. Məhz bu baxımdan halkogenid əsaslı *Cu₃Ga₅Se₉* üçqat birləşmələri geniş praktik əhəmiyyət kəsb edir. [3,4] işində müəlliflər *Cu₃Ga₅Se₉* birləşməsinin bəzi optik xassələri tədqiq edərək bu tip birləşmələrin görünən işıq oblastında işığa daha həssas olmasını müəyyən etmişlər. Tədqiq olunan birləşmənin belə keyfiyyəti bu

etmişlər. Tədqiq olunan birləşmənin belə keyfiyyəti bu materialları əsasən günəş batareyalarının hazırlanmasında daha perspektivli edir. Amma bu kristaldan həmçinin işıqla idarə olunan sistemlərdə də idarəedici element kimi istifadə etmək mümkündür.

$Cu_3Ga_5Se_9$ kristalı təmizlik dərəcəsi 99,9998 olan Cu , 99,999 olan Ga və 99,9999 olan Se -dən istifadə olunaraq tədrici soyutma və zonalı kristallaşma metodu ilə alınmışdır [5]. Birləşmənin sintezi müəyyən stexiometrik tərkibdə götürülmüş komponentlərin kvarts ampulada birgə əridilməsi ilə aparılmışdır. Monokristalın alınmasında uyğun zonalarda temperatur rejimi uyğun olaraq 1100°C və 960°C olmuşdur. Texnoloji prosesdən asılı olaraq xüsusi müqaviməti fərqli olan iki tip – alçaqomlu və yüksəkomlu nümunələr alınır. Fotoelektrik ölçmələr üçün nümunələr monokristal külçəsindən paralelopiped şəklində kəsilərək onların səthi xüsusi qaydada işlənmiş və optik tədqiqat üçün nümunəyə gümüş pastası ilə cərəyan kontaktları vurulmuşdur. Öyrənilən nümunələr üçün fotokeçiriciliyin tədqiqi modulyasiya olunmuş işıqla aparılmışdır. 1-ci şəkildə $Cu_3Ga_5Se_9$ kristalı üçün uyğun olaraq 230 K (1-ci əyri) və 300 K (2-ci əyri) temperaturlarında fotocərəyanın spektral asılılıqları göstərilmişdir.

Şəkil 1. $Cu_3Ga_5Se_9$ kristalı üçün $T = 230 K$ (1) və otaq temperaturunda (2) fotocərəyanın spektral asılılığı

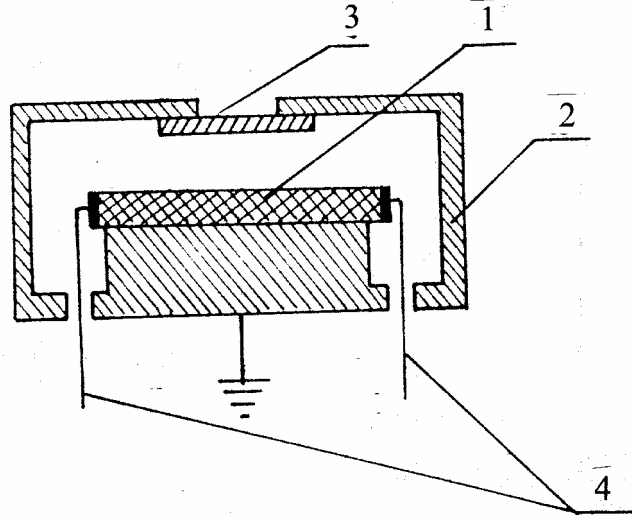
Şəkil (1)-dən görünür ki, $T = 230 K$ temperaturda spektral asılılıqda üç xarakterik oblast müşahidə olunur. Burada birinci oblast spektrin uzun dalğa intervalına ($1.5 \div 1.65 eV$ enerji intervalına) uyğun gəlir və spektrin uzundalğa kənarı bir qədər yayıldığından asılılıq eksponensial qanuna tabe olmur. Buna səbəb çox güman ki, kristalda çoxlu sayda məxsusi defektlərin olmasıdır.

$T = 230 K$ temperaturunda çıxarılan spektral asılılıqda enerjiləri uyğun olaraq $1.6; 1.71$ və $1.92 eV$ tərtibində olan piklər yaranır. Burada enerjinin $1.92 eV$ qiyməti çox güman ki, zona - zona keçidinə uyğundur, çünki bu pik temperaturdan asılı olaraq yerini dəyişmiş (2-ci əyri). Tədqiqatdan müəyyən olunmuşdur ki, $Cu_3Ga_5Se_9$ kristalının foto həssaslığı temperaturdan asılıdır və onun həssaslığı temperaturun artması ilə artır. Tədqiq olunan $Cu_3Ga_5Se_9$ monokristalının spektral həssaslığı $T = 230 K$ temperaturda enerjinin $1.4 \div 2.3 eV$ diapazonunu əhatə edir. Amma temperaturun artması ilə bu diapazon bir qədər yığılır.

Tədqiq olunan nümunənin optik xassələri onlardan müxtəlif idarəedici cihazlar hazırlamağa imkan verir. Belə cihazlardan biri də $Cu_3Ga_5Se_9$ bazasında hazırlanmış və optik şüalanmanı qəbul edə bilən fotorezistordur.

Yarımkəçirici cihazların hazırlanma texnologiyasında, lazımi keyfiyyətli material və nazik təbəqə almaq məqsədilə kristalların aşqarlanması üçün müxtəlif metodlardan istifadə olunur. Materialların yüksək temperaturda aşqarlanma prosesinin idarə olunmasının çətinliyi və proses zamanı nümunənin bəzi qiymətli xassələrinin keyfiyyətə aşağı düşməsi daha yeni üsullardan istifadə etməyi tələb edir. Bu məqsədlə işdə $Cu_3Ga_5Se_9$ əsasında fotorezistor hazırlanmasında güclü və stabil lazer şüalanma mənbəyindən istifadə olunmuşdur. Tədqiqatdan həmçinin müəyyən olmuşdur ki, $Cu_3Ga_5Se_9$ monokristalının xassələrini lazer işlənməsi ilə lazımi istiqamətdə idarə etmək olar. $Cu_3Ga_5Se_9$ monokristal külçəsindən kəsilmiş nümunə lövhəsi lazer şüaları ilə işlənərək nümunədə müəyyən temperaturda $n - p$ strukturu yaradılmış və [6] işində göstərilmiş metodika əsasında fotorezistor hazırlanmışdır. Bu məqsədlə lövhənin kənarlarına kütlə nisbəti 3: 1: 9 olan $Sn + In + Pb$ ərintisindən hazırlanmış kontakt vurulmuşdur. Fotorezistorun ftohəssas elementi metal örtüyün içərisinə yerləşdirildikdən sonra üzərində xüsusi texnologiya ilə yarışəffaf güzgü səthi yaradılır. Hazır fotorezistorun sxematik quruluşu 2-ci şəkildə göstərilmişdir. Optik qəbuledici fotorezistorların əsas keyfiyyət xüsusiyyətləri onların hamısı üçün ümumi olan parametr və xarakteristikalarla qiymətləndirilir. Proses zamanı şüalanma selinin təsiri ilə daxili fotoeffekt əsasında fotorezistorun müqaviməti dəyişir. $Cu_3Ga_5Se_9$ əsasında hazırlanmış fotorezistor başqa yarım-

keçirici birləşmələr əsasında hazırlanmış fotorezistorlardan fərqli olaraq gücü 4 Vt olan lazer şüalanma signalını elektrik cərəyanına çevirə bilər. Ona görə də bu birləşmə əsasında hazırlanmış fotorezistordan lazer qurğusunda fotoelement əvəzinə istifadə etmək olar.



Şəkil 2. $Cu_3Ga_5Se_9$

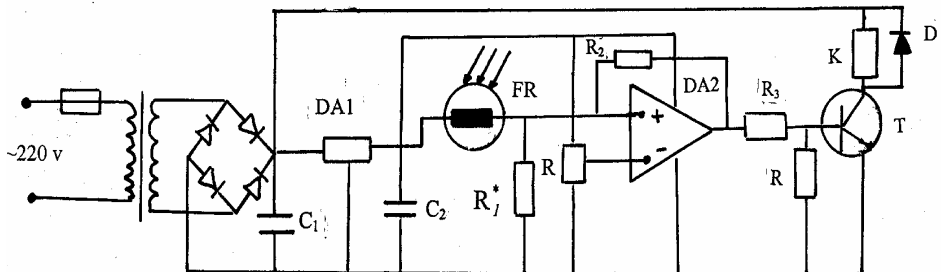
bazasında hazırlanmış fotorezistorun sxematik quruluşu.

1-yarımqeçirici material, 2-örtük, 3-yarımsəffaf güzgü, 4-kontaklar.

Fotorezistorun signalı qəbul etmə vaxtını (hiss etmə vaxtını) xarakterizə edən τ – zaman müddəti fotorezistorda istifadə olunan işığa həssas təbəqəni təşkil edən yarımqeçiricidəki yükdaşıyıcıların relaksasiya müddəti ilə təyin olunur. Bu müddəti praktik olaraq elə qeyri-əsas yükdaşıyıcıların relaksasiya müddətinə bərabər qəbul etmək olar. Fotorezistorun tezlik xarakteristikası da həmçinin yükdaşıyıcıların relaksasiya müddətindən asılıdır. Qeyd etmək lazımdır ki, $Cu_3Ga_5Se_9$ bazası əsasında hazırlanmış fotorezistorun relaksasiya müddəti təqribən 10^{-6} san tərtibindədir. Relaksasiya müddətinin bu qiyməti məlum fotorezistorlar arasında qənaətbəxş sayılır.

Yarımqeçirici gücləndiricilər əsasında işləyən idarəedicilərin sxemlərinin təkmilləşdirilməsi bir daha sübut edir ki, idarəedicilərin sistemlərinin etibarlı işləməsi tətbiq olunan yarımqeçiricinin xarakteristikalarından kəskin asılıdır. $Cu_3Ga_5Se_9$ əsasında hazırlanmış fotorezistorla idarə olunan relə-mühafizə qurğusunun prinsiplial blok sxemi 3-cü şəkildə göstərilmişdir. Transformatorun çıxışında alınan 12 Volt dəyişən cərəyan diod körpüsü, C_1 kondensatoru və D_1 stabiltronu vasitəsilə düzləndirilərək fotorezistora,

DA2 əməliyyat gücləndiricisinə ($K554CA3$ komparatoruna) və rele sisteminə verilir. İş prosesində əməliyyat gücləndiricisinin bir girişinə P potensiometri ilə mənfi dayaq potensialı verilir. Sxemdəki P -potensiometri həm də relenin həssaslığını idarə edir. Əməliyyat gücləndiricisinə fotorezistordan daxil olan siqnala uyğun olaraq T - tranzistoru K - relesini idarə edir. Komparatorun digər girişinə həssas elementdən (fotorezistordan) və R_1 rezistorundan ibarət gərginlik bölücüsündən potensial verilir. Proses zamanı komparator onun girişinə verilən gərginlikləri müqayisə edir və $|U_+| > |U_-|$ olan halda $n-p-n$ tipli T tranzistoru ($KT815$ tipli) açılır və $|U_+| < |U_-|$ olan halda isə T tranzistoru bağlanır. Nəticədə T tranzistoru öz növbəsində K relesini işə salır. Sxemdə R_1 rezistoru həssas elementə uyğun seçilir. Belə ki, idarəedici sistemin daha etibarlı işləməsi üçün R_1 rezistorunun müqaviməti fotorezistorun müqavimətindən ən azı 5 dəfə böyük olmalıdır. Göstərilən belə rele-mühafizə qurğusu işıqla idarə olunan dövrlərin idarə olunmasında istifadə oluna bilər.



Şəkil 3. $Cu_3Ga_5Se_9$ monokristalı əsasında hazırlanmış fotorezistorla işləyən rele-mühafizə qurğusunun prinsipial sxemi.

ƏDƏBİYYAT

1. Применение полупроводников в устройствах релейной защиты и системной автоматики. Пор ред.И.И.Соловьева. Москва. Из. Высшая школа. 1992. 283 с.
2. Зайцев Ю.В. Полупроводниковые резисторы в электротехнике. Москва. Из. Наука. 1989. 278 с.
3. В.И.Тагиров, Н.Ф.Гахраманов, А.Г.Гусейнов, Ф.М.Алиев, Г.Г.Гусейнов. Новый класс тройных полупроводниковых соединений типа $A_3^1B_5^3C_9^6$. Кристаллография, 1980, Т. 25. В. 2. С. 411 – 413.
4. Н.Ф. Гахраманов. Новые тройные полупроводниковые соединения типа $A_3^1B_5^3C_9^6$. Автореферат докт. диссер. Баку. 1986. С.30.

5. В.И.Тагиров, Н.Ф.Гахраманов, А.Г.Гусейнов. Новый класс тройных полупроводниковых соединений типа $A_3^1 B_5^3 C_9^6$. Баку, 2001, 303 – с.
6. П.И.Баранский, В.П. Ключков, И.В.Потыкевич. Полупроводниковая электроника. Киев. Из. "Наукова Думка." 1975. 703 с.

**ФОТОРЕЗИСТОРЫ НА ОСНОВЕ ТРОЙНЫХ
СОЕДИНЕНИЙ $Cu_3Ga_5Se_9$**

**А.Г.ГУСЕЙНОВ, Р.М.МАМЕДОВ,
А.Б.АМРАЛИЕВ, К.Ю.НУРУЛЛАЕВ**

АННОТАЦИЯ

В работе получены монокристаллы тройных полупроводниковых соединений $Cu_3Ga_5Se_9$ и исследованы их оптические свойства. Из исследования оптических свойств найдено, что эти тройные соединения более чувствительны к свету в видимой области, и из этого кристалла возможно изготовление фоторезисторов, работающих в видимой области света. На основе $Cu_3Ga_5Se_9$ получен фоторезистор, который был использован как управляющий элемент в системе релейной защиты.

**USING OF PHOTORESISTORS FABRICATED ON THE BASE OF
 $Cu_3Ga_5Se_9$**

**A. Q. HUSEYNOV, R.M. MAMEDOV,
A. B.AMRALIEV, K. Y. NURULLAYEV**

ABSTRACT

In this paper the single crystals of ternary compounds $Cu_3Ga_5Se_9$ have been prepared and their optical properties was investigated. It is found from the optical investigations, that these compounds are more sensitive to visible light, and to fabricate photoresistors on the base of this crystal, of the visible region of spectrum. On the basis of $Cu_3Ga_5Se_9$ is fabricated photoresistors, which it used control element in the relay recording systems.