

## $\gamma$ -RADIASIYANIN $\text{CuAlS}_2$ MONOKRİSTALININ VOLT-AMPER XARAKTERİSTİKASINA TƏSİRİ

İ. QASIMOĞLU, Q.S. MEHDİYEV, Z. QƏDİROĞLU, Ə.M. ƏLƏSGƏROV,  
İ.A. MƏMMƏDOVA, N.V. MAHMUDOVA

*Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası, H.M. Abdullayev adına Fizika İnstitutu,*

*AZ 1143, Bakı şəhəri, H.Cavid pr. 131*

*E-mail: gasimoglu@yahoo.com*

$\text{CuAlS}_2$  monokristalının Volt-Amper xarakteristikasına  $\gamma$ -radiasiyanın təsirindən sonra, yönəldici sahədən asılı olmayan doyma cərəyanı müşahidə olunmuşdur. Təmiz nümunəni ifadə edən volt-amper xarakteristikasının rezonans tipli omik asılılığı, şüalanmadan sonra xətti olmayan asılılıqla əvəz olunmuşdur. Aparılmış çoxillik təcrübələrə istinadən deyə bilərik ki, dəyişmə şüalanmadan sonra nümunənin polyarizasiyası hesabına yaranır. Bu isə  $\gamma$ -aşqarlanmadan sonra boş zonaya yaxın olan donor, dolu zonaya yaxın olan akseptor tipli defektlərin konsentrasiyasının artması hesabına olur.

**Açar sözlər:** Volt-Amper xarakteristikası, donor, akseptor, elektrik sahəsi, defekt.

**PACS:** 61.80.Ed

Son illər almazabənzər quruluşlu yarımkeçiricilər tədqiqatçıların diqqətini cəlb etməyə başlamışdır [1]. Həmin qrupa daxil olan birləşmələrin bir qismi,  $A^I B^{III} C^{VI}_2$  ümumi formulu ilə ifadə olunur. Onlardan biri də  $\text{CuAlS}_2$  –dir. O,  $\text{Mg}_{0,5}\text{Zn}_{0,5}\text{S}$ -in analoqudur [2]. Birləşmələr ilk dəfə T. Xan və əməkdaşları tərəfindən alınmışdır, əksəriyyəti, o cümlədən  $\text{CuAlS}_2$   $p$ -tip keçiriciliyə malikdir, xalkoprit strukturunda kristallaşır [3]. İstisna olaraq birləşmələrin bəziləri həm  $p$ -tip, həm də  $n$ -tip ola bilər [4]. Kristallarda güclü ikiqat sınıma müşahidə olunmuşdur, bu xassə qeyri xətti optika üçün, xüsusi əhəmiyyətə malikdir [5]. Tədqiqatlar nəticəsində məlum olmuşdur ki, obyektlərdə atomlar arasındakı qarşılıqlı təsir zamanı kovalent qüvvələr üstünlük təşkil edir [6]. Bu maddələrin üstün cəhətlərindən biri də ondan ibarətdir ki, bağlı zonanın daxilində çoxlu sayda energetik səviyyələr mövcuddur. Bunlar passiv və aktiv rekombinasiya mərkəzləri, bir də yapışma səviyyələri [7]. Birləşmələr düzgün zona quruluşuna malikdir və mütləq ekstremumları, Brillüen zonasının  $\Gamma$  nöqtəsində yerləşir.  $A^I B^{III} C_2^{VI}$  birləşmələrində, birinci və üçüncü qrupa daxil olan metal atomları tetraedr əmələ gətirir, mərkəzdə isə kükürd atomu yerləşir. Zona quruluşunun ümumi mənzərəsi hörmətli alimimiz F.Həşimzadə tərəfindən tədqiq olunmuşdur [8].  $\text{CuAlS}_2$  birləşməsi Bricmen-Stokbarqer üsulu ilə yetişdirilmişdir. Maddələrin təmizlik faizi aşağıdakı kimidir: Cu-99,999%, Al-99,9999, S-99,9999%. Ərimə temperaturu 1373°K aşağı temperatur isə 973°K olmuşdur. Ampula qızdırıcı sistemin daxilində 4mm/saat sürətlə hərəkət edir. Reaksiya 42 saat davam etmişdir. Ampula sistem söndürüldükdən 8 saat sonra çıxarılmışdır. Yeni alınmış maddə ölçmələr üçün hazır vəziyyətə gətirilmiş, səthi (M14) karbid bor tozu ilə hamarlanmışdır. Tərkibi  $\text{HCl}+\text{HNO}_3$  (1:1) nisbətində olan məhlulda 40 saniyə saxlanılmış, distillə edilmiş suda yuyulmuş, sonra isə xüsusi peçdə qurudulmuşdur. Nümunənin otaq temperaturunda müqaviməti  $R=20$  Om-dur, ölçüləri isə  $1 \times 0,5 \times 2 \text{mm}^3$  tərtibindədir. Rentgen analizinin nəticəsi göstərdi ki, aldığımız nümunə kristaldır, parametrləri ədəbiyyatda olanlarla uyğunluq təşkil edir (şəkil 1). Yeni alınan kristalın parametrləri aşağıdakı kimidir:  $a=b=5,32\text{Å}$ ,  $c=10,39\text{Å}$ . Fəza simmetriya qrupu (42m)-dir. Obyektin kristal olması, işığın Raman səpilməsi üsulu ilə alınmış spektri ilə də təsdiq olunur (şəkil 2).

### MÖVZUNUN AKTUALLIĞI

Alınma texnologiyası çətin olan bu tip birləşmələrin tətbiq üçün imkanları böyükdür. Klassik yarımkeçiricilərdən fərqli olaraq, ikiqat sınıma kimi üstün xassəyə malikdirlər. Bu xassə qeyri-xətti fizika üçün böyük əhəmiyyət kəsb edir. Tədqiq olunan obyekt simmetriya mərkəzi olmayan kristallar qrupuna daxil olduğundan, xarici təsir hesabına elektrik, fotoelektrik və optik xassələrdə yaranan kəskin dəyişmələr, son zamanlar tədqiqatçıların diqqətini cəlb etməyə başlamışdır.

### MƏSƏLƏNİN QOYULUŞU

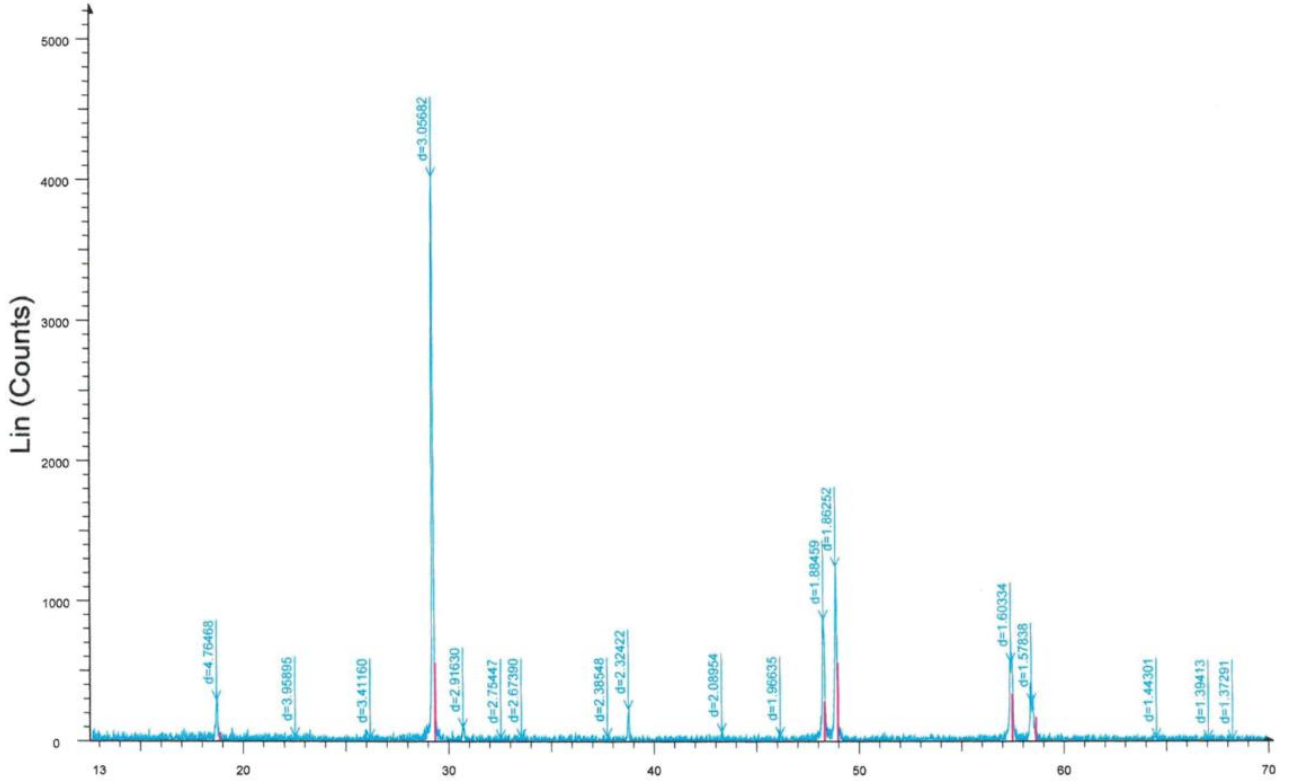
$\text{CuAlS}_2$  monokristalında yönəldici sahənin təsirindən sonra yaranan simmetrik rezonans paketinin əmələ gəlmə səbəbini araşdırmaq; sonra isə bu xassələrin xarici elektromaqnit sahəsinin, kənardan təsiri ilə idarə olunmasına əsaslanan detektorların iş prinsipinin işlənilib hazırlanması-nı təmin etmək.

### TƏCRÜBƏNİN APARILMASI

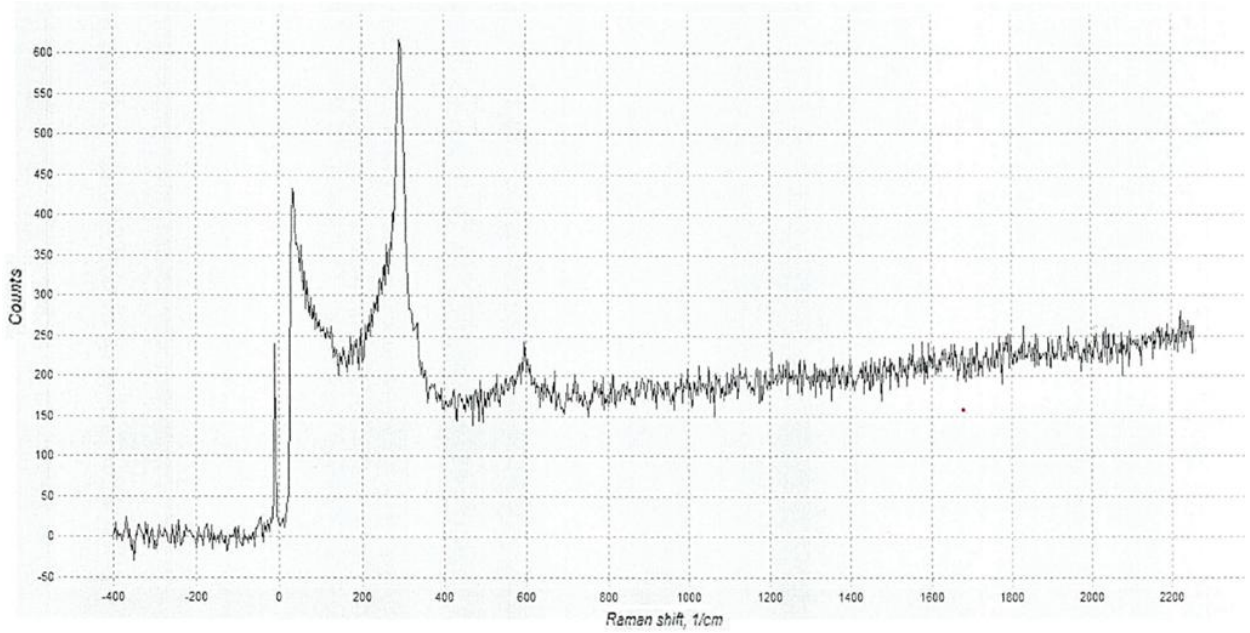
Volt-Amper xarakteristikasını ölçmək üçün, nümunələrə gümüş pasta ilə qoyulan kontakt, ölçülən temperatur intervalında omikdir. Yönəldici sahə sabit cərəyan mənbəyindən verilir. Həmin sahə geniş intervalı əhatə edir (1-300V/sm). Hər 10V-dan bir cərəyanın qiyməti mikrovoltnanoampermetrlə qeyd olunur, sonra isə, hər bir fotonun enerjisi 1,25 MeV olan  $\gamma$ -şüaları ilə şüalandırılır. Təcrübələr yenidən təkrar olunur. Verilən izahatın metodikası şüalanmış və şüalanmamış nümunələrin ölçülərinin müqayisəsinə əsaslanır.

### ALINAN NƏTİCƏLƏRİN MÜZAKİRƏSİ

İlkin nümunədə V/A-xarakteristikanı ölçərkən hər 10V-dan bir yönəldici sahənin qiymətini və hər yeni ölçüdəndən sonra nümunənin müqavimətini artırırıq. Bu zaman cərəyanın qiyməti pilləli olaraq artır (şəkil 3) və bu döyünən cərəyan paketləri formasında olur. Sahənin qiymətinin artmasına uyğun, cərəyanın qiymətinin eksponensial artması yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının artdığını göstərir.



Şəkil 1.



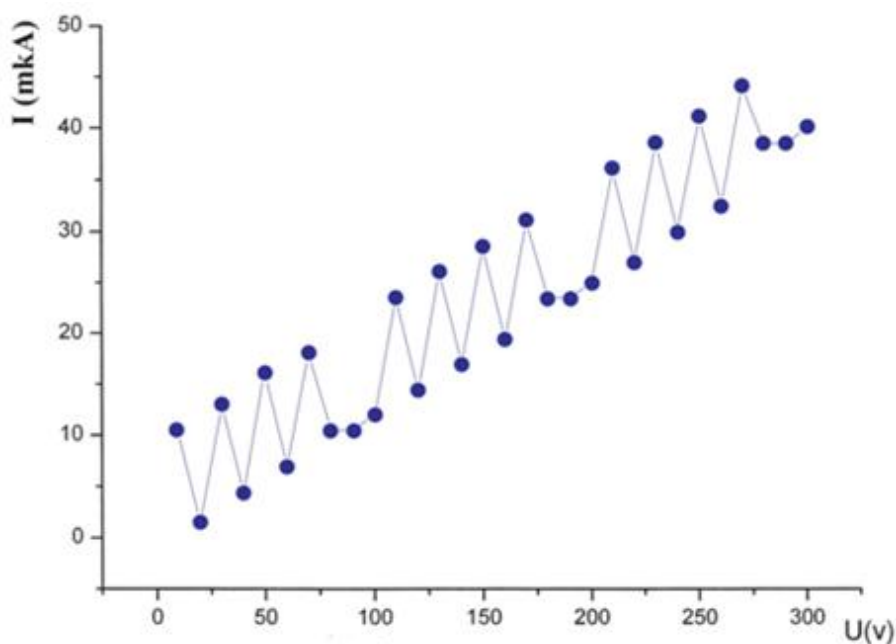
Şəkil 2.  $\text{CuAlS}_2$  monokristalında işığın Raman səpilməsi spektri  $T=300^\circ\text{K}$ .

$\gamma$ -radiasiyanın təsirindən sonra işə sərbəst yükdaşıyıcıların konsentrasiyası azalır, sürətlənmiş elektrik yükləri bir elektroddan digərinə maneəsiz çatır və doyma baş verir (şəkil 4). Elektrik sahəsi elektrona təsir edir, onun atomdakı energetik halını dəyişdirir. Elektronun hərəkətinin trayektoriyası, onun, maddənin atomlarının istilik hərəkəti və qəfəsin defektləri ilə qarşılıqlı təsirinə hesabına yaranır. Bu işə, öz növbəsində, istilik həyəcanlanması ehtimalını artırır, elektronun boş zonaya və ya dəyişən valent zondan akseptor səviyyəsinə keçidi üçün lazım

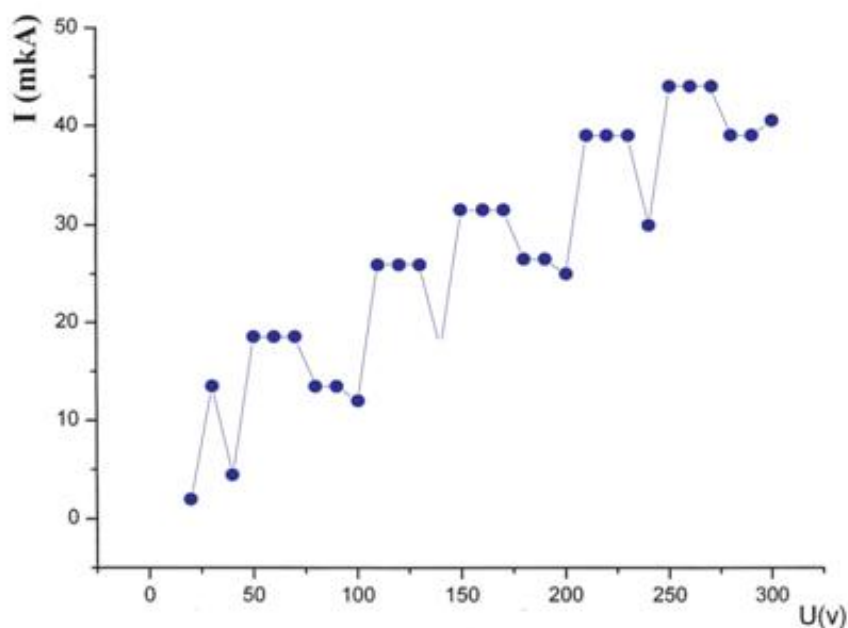
olan enerjinin qiymətini azaldır. Buna ədəbiyyatda Frenkel termoelektron ionlaşması deyilir (11). Bu ionlaşma elektronun atomdan qopmasını asanlaşdırır, bu işə, öz növbəsində, istilik həyəcanlanması hesabına olur. Elektrostatik ionlaşma zamanı keçidlər, aşqar səviyyələrdən yükdaşıyıcıların dolu və boş zonalara keçidi hesabına ola bilər.  $\text{CuAlS}_2$   $p$ -tip yarımkəçirici olduğundan, keçidlər valent zonanın yuxarısı ilə, ona yaxın məsafədə yerləşən akseptor səviyyələri arasında baş verir. Bu ionlaşma hesabına hər bir atomun potensial çəpərinin hündürlüyü azalır

və bu effekt zonanın əyilməsinə səbəb olur. Yaranan sərbəst dəşiklər katoda doğru hərəkət edərkən, energetik pillələr vasitəsi ilə, enerjisinin ən az olduğu nöqtəyə doğru yönəlir. Bu hərəkət yönəldici sahənin əksinə olur. Biz, bu zaman (şəkil 5) pilləli artımı müşahidə etmiş oluruq. Elektrostatik ionlaşma o vaxt baş verir ki, yüksək enerjiyə malik elektronun dalğa funksiyası bağlı zonada sürətlə sönürkən, uzantısı digər bir nöqtədə üzə çıxma bilər. Rezonans tuneli hesabına elektron bağlı zonanı keçmiş olur. Elektrostatik ionlaşma ona görə silsiləyə bənzər hal

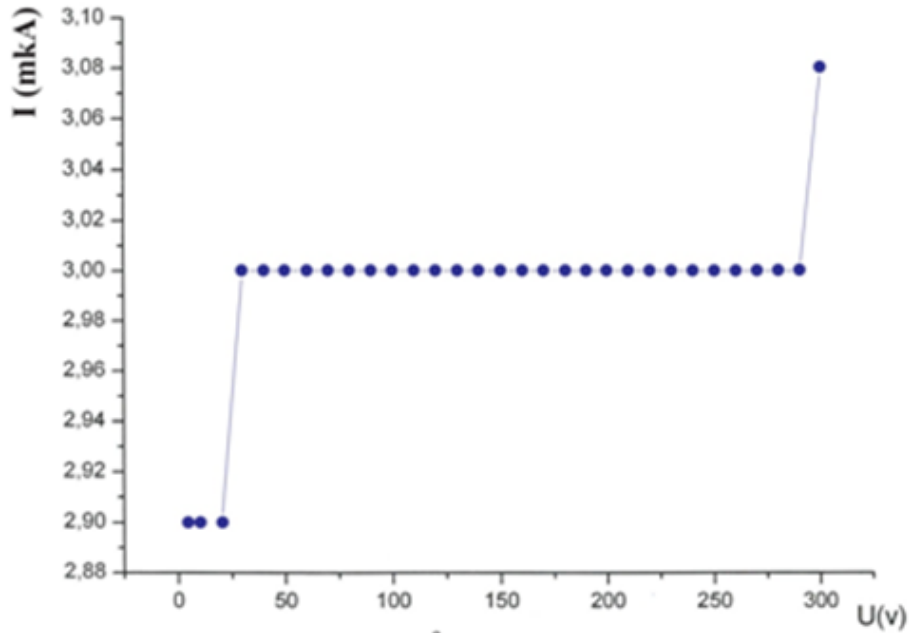
alır ki, sahənin hər artımında rezonans paketinə bir elektron orbiti əlavə olunur. Volt-Amper xarakteristikasının simmetrik həndəsi rezonans şəklində olması, rekombinasiya hesabına olur. Sahənin təsiri hesabına ionlaşmadan yaranan elektronlar keçirici zonada sürətlə çoxalır, həmin sayda dəşik valent zonada yaranır. Bu zaman çox sürətli və intensiv rekombinasiya baş verir, iki bir-birinin əksi olan proses hesabına gördüyümüz stasionar artan cərəyanın şahidi oluruq.



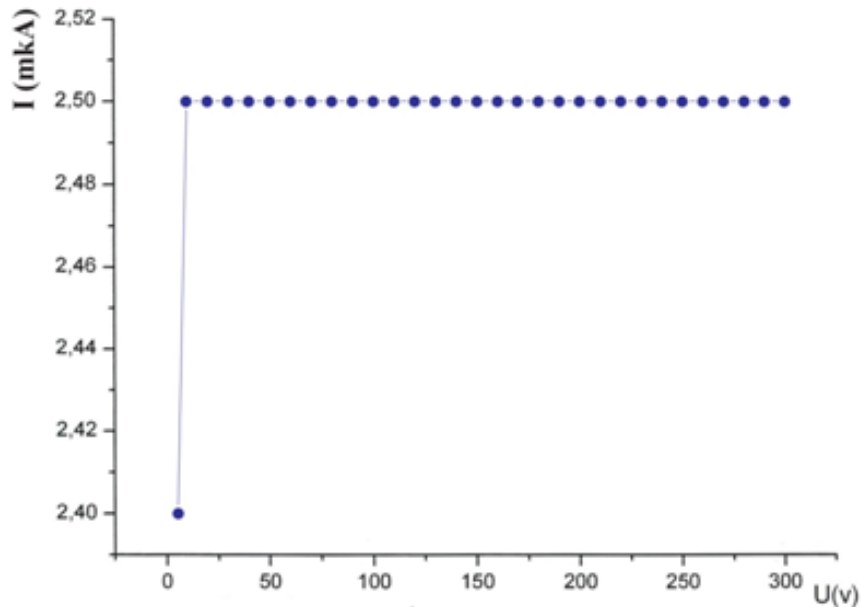
Şəkil 3. Monokristal CuAlS<sub>2</sub>, T=300°K., R =20 Om V/A xarakteristikası



Şəkil 4. Monokristal CuAlS<sub>2</sub>, T=300°K., R =200Om V/A xarakteristikası



Şəkil 5. Monokristal  $\text{CuAlS}_2$ ,  $T=300^\circ\text{K}$ .,  $R=2000\text{Om V/A}$  xarakteristikası. Radiasiyadan sonra  $E=6\cdot 10^4$  Qrey



Şəkil 6. Monokristal  $\text{CuAlS}_2$ ,  $T=300^\circ\text{K}$ .,  $R=2\text{Om V/A}$  xarakteristikası. Radiasiyadan 24 saat sonra  $E=6\cdot 10^4$  Qrey

## YEKUN NƏTİCƏ

Təcrübə nəticəsində şüalanmadan sonra absis oxuna paralel keçən düz xətti (şəkil-6) müşahidə etmiş oluruq. Bu sahədən asılı olmayan anomal keçiriciliyi ifadə edən düz xətt, tətbiq üçün xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Elektron

cihazqayırmada mühüm parametrlərdən biri sayılır “işçi interval” (plata) adlanır. Parametrdən istifadə edərək güclü enerjiyə malik zərrəciklərin qeyd olumasını təmin edən detektorların hazırlanmasının mümkün olduğunu hesab edirik və bunu həyata keçirməyə çalışırıq.

- [1] S. Chichibu, S. Shirakata, K. Naqa, H.Nakanishi. Cryst. Res. Tekhnol, 1996, 31, p. 281- 284,1996.
- [2] J.E. Jaffe and Aleks Zunger. Physical Review B, 1984, vol. 29, n. 4, 15 february, pp-1882-1906.
- [3] B.L. Tell, İ.Shay and H.Kasper. Journal of Appl. Phys., 1972, vol., 43, N45.
- [4] G.D. Boyd, H.Mc. Kasper, J.H.McFee. Quantum Electronics, IEEE Journal of 7(12), 1971, 563-573.

- [5] Л.И. Бергер, Ф.Э.Балневская. Неорганические материалы. 1966, том III, N8, стр. 1514-1515, 1966.
- [6] А.И. Дирочка, Г.С. Иванова, Л.Н. Курбатов, Е.В. Сеницин, Ф.Ф. Харахорин, Е.Н.Холина. 1975, ФТП, том 9, в. 6, стр. 1128-1132.
- [7] Д.Т. Гусейнов, Т.К.Касумов. Azərbaycan EA Xəbərləri, fizika-texnika və riyaziyyat elmləri seriyası, 1976, N6, s.105-107.

- [8] *Ф.М. Гашишзаде*. ФТТ, 1963, 5, 1199; *А.А.Вайнолин, Ф.М. Гашишзаде, Н.А. Горюнова, Ф.П.Касаманлы, Д.Н.Наследов, Э.О.Османов, Ю.В. Ридь*. Изв. АНР, 1964, сер.Физ. 28, 1085.
- [9] *В.С. Вавилов*. Действие излучений на полупроводники. М.1963, 264 стр..
- [10] *Н.В.İbrahimov, O.Z. Ələkbərov*. Nanoölçülü sistemlər fizikası, Bakı 2010, 239 s..
- [11] *Е.Р. Мустель, В.Н. Парыгин*. Методы модуляции и сканирования света. М.1970, 295стр..
- [12] *А.Ф. Городецкий, А.Ф. Кравченко*. Полупроводниковые приборы. М.1967.ст. 349.
- [13] *İ. Qasımoğlu*. Azerbaijan Journal of Physics, Fizika, vol.XX, N 3, Sektion: Az, 2014, p. 25-27.

**I. Qasimoqlu, Q.S. Mehtiyev, Z. Qadiroqlu, A.M. Alesgerov, İ.A. Mammadova, N.V. Mahmudova**

**ACTION OF  $\gamma$  RADIATIONS OF  $\text{CuAlS}_2$  SINGLE CRYSTALS ON THE VOLT-AMPERE CHARACTERISTICS**

It has been experimentally proved that, after increasing the concentration of impurity atoms, the ohmic dependence of the spectrums is transformed into a straight line parallel to the abscissa axis. This anomalous conductivity was obtained after the polarization of semiconductors by  $\gamma$  radiations.

**И. Гасымоглу, Г.С. Мехтиев, , З. Гадироглу, А.М. Алескеров, И.А. Мамедова Н.В. Махмудова**

**ДЕЙСТВИЕ  $\gamma$ -ОБЛУЧЕНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ  $\text{CuAlS}_2$  НА ВОЛЬТ-АМПЕРНУЮ ХАРАКТЕРИСТИКУ**

Экспериментально доказано, что после увеличения концентраций примесных атомов, омическая зависимость, спектра превращается в прямую линию параллельной оси абсцисса. Эта anomальная проводимость получена после поляризации полупроводников  $\gamma$ - облучением.

*Qəbul olunma tarixi: 18.04.2017*