

## CuGaS<sub>2</sub> MONOKRİSTALININ SƏTHİNDƏ YARANAN NANOQURULUŞLARIN ONUN ELEKTRİK VƏ OPTİK XASSƏLƏRİNƏ TƏSİRİ

İ. QASIMOĞLU, Q.S. MEHDİYEV, Z. QƏDİROĞLU, Ə.H. BAĞIROV,  
İ.T. MƏMMƏDOVA, N.H. MAHMUDOVA, İ.T. NƏSİBOV

Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının H.M. Abdullayev adına Fizika İnstitutu

Az1143, Bakı şəhəri, H.Cavid pr.131

E-mail: [gasimoğlu@yahoo.com](mailto:gasimoğlu@yahoo.com)

Təcrübi olaraq CuGaS<sub>2</sub> monokristalının səthi öyrənilmiş və aşağıdakı nəticələr alınmışdır: I - volt-ampere xarakteristikasında rezonans maksimumu; II - buraxma və lüminessensiya spektrlərində intensivliyin kəskin dəyişməsi.

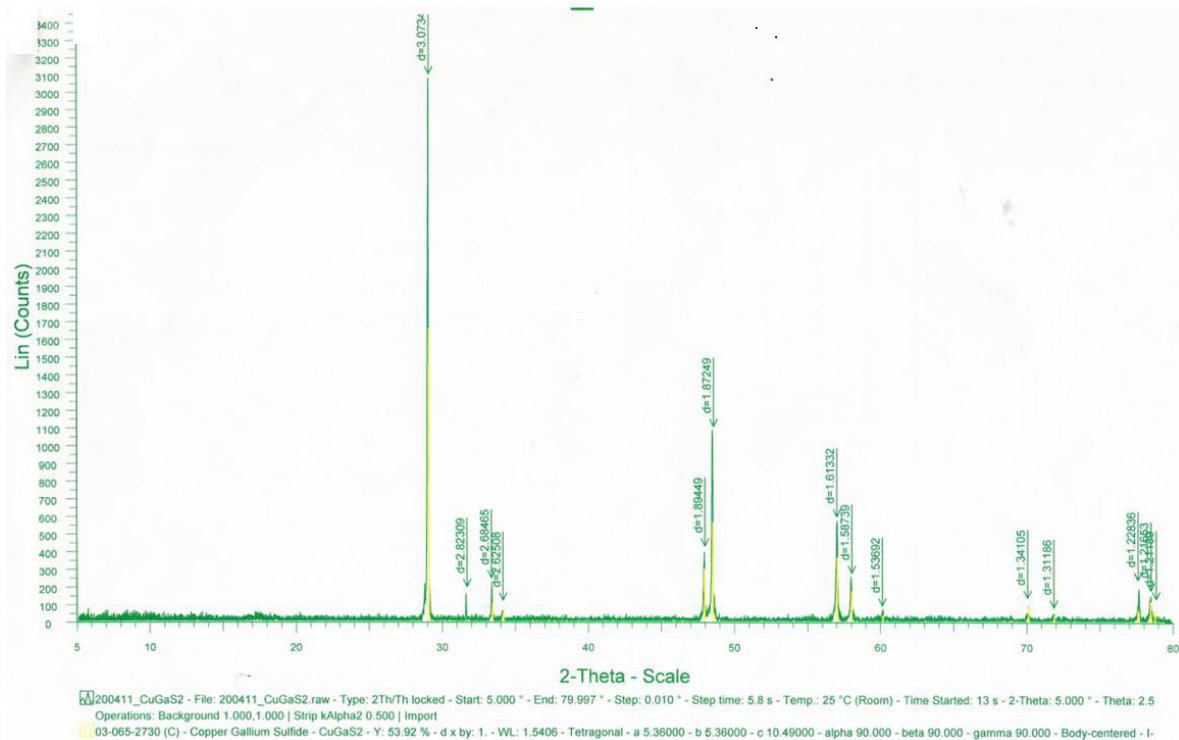
Bu işə müasir nanoelektronikada çoxyaddaşlı sensorların və detektorların hazırlanmasında mühüm şərtlərdən biri sayılır.

**Açar sözlər:** volt-ampere xarakteristikası, buraxma spektri, lüminessensiya, atom güc mikroskopu.

**PACS:** 61.80.Ed

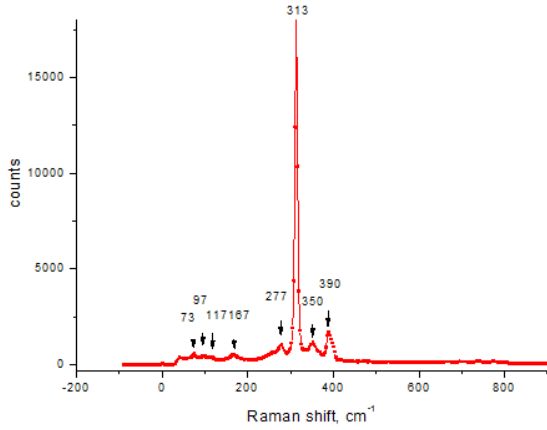
Son illər tədqiqatçılar tərəfindən almazabənzər quruluşlu yarımkeçiricilərə maraq artmışdır [1]. Həmin qrupa daxil olan birləşmələrin bir qismi A<sup>I</sup>B<sup>III</sup>C<sub>2</sub><sup>VI</sup> ümumi formül ilə ifadə olunur, burada A<sup>I</sup>(Cu,Ag), B<sup>III</sup>(Ga,In), C<sup>VI</sup>(S,Se,Te) təmsil edir. Bu tərkibə daxil olan birləşmələrdən biri də CuGaS<sub>2</sub>-dir. A<sup>II</sup>B<sup>VI</sup> birləşmələrindən olan ZnS-in üçqat elektron analogudur. İlk dəfə Xan və əməkdaşları tərəfindən birləşmələrin əksəriyyətinin xalkopirit strukturunda kristallaşdığı aydınlaşdırılmışdır. CuGaS<sub>2</sub> *p*-tip keçiriciliyə malikdir. Düzgün kimyəvi quruluşdan kənara çıxmalar keçiriciliyin tipini dəyişmir. İstisna olaraq birləşmələrin bəziləri həm *p*-tip, həm də *n*-tip ola bilər [2]. Monokristallarda güclü ikiqat sınıma müşahidə olunmuşdur, bu fiziki xassə qeyri xətti optika üçün xüsusi əhəmiyyətə

malikdir. Materialların üstün cəhətlərindən biri də ondan ibarətdir ki, bağlı zonanın daxilində çoxlu sayda energetik səviyyələr mövcuddur. Bunlar passiv və aktiv rekombinasiya mərkəzləridir. Bu birləşmələr düzgün zona quruluşuna malikdir, mütləq ekstremumları Brillüen zonasının  $\Gamma$  nöqtəsində yerləşir. A<sup>I</sup>B<sup>III</sup>C<sub>2</sub><sup>VI</sup> birləşmələrində iki mis atomu iki gallium atomu ilə tetraedr əmələ gətirir, mərkəzdə isə kükürd atomu yerləşir. Birləşmələrin zona quruluşunun ümumi mənzərəsi F.Həşimzadə tərəfindən tədqiq olunmuşdur [3]. CuGaS<sub>2</sub> monokristal xüsusi üsulla sintez olunmuş, sonra isə Bricmen üsulu ilə yetişdirilmişdir. Birləşməyə daxil olan maddələrin təmizlik dərəcəsi aşağıdakı kimidir. Cu-99,999%, Ga-99,9999%, S-99,9999%-dir.



Şəkil 1. CuGaS<sub>2</sub> monokristalının Rentgen şualarının difraksiyası spektri.  $T = 300\text{K}$ . (Diffractometr d8 Advance).

Yuxarı temperatur 1423K, aşağı temperatur 973K olmuşdur. Nümunənin otaq temperaturundakı müqaviməti  $R=40$  Om, ölçüləri  $1 \times 0,5 \times 2$  mm<sup>3</sup> tərtibindədir. Rentgen analizinin nəticələri (şəkil 1) və Raman spektrinin təhlili (şəkil 2) göstərir ki, aldığımız kristalların parametrləri elmi ədəbiyyatda olanlarla uyğunluq təşkil edir. Qəfəs parametrləri belədir:  $a=b=5,36$  Å,  $c=10,49$  Å, fəza simmetriya qrupu (42m)-dir.



Şəkil 2. Monokristal CuGaS<sub>2</sub>. Işığın Raman səpilməsi spektri.

### MÖVZUNUN AKTUALLIĞI.

Xalkopiritlərdə tetraqonal formada kristallaşma, ikitipli fərqli metal atomunun mövcud olması simmetriyanın zəifləməsinə səbəb olur. Bu xüsusiyyət deformasiya hesabına daxili sahənin yaranmasına gətirir. Kristal səthində bir çox mürəkkəb və yeni quruluşlar meydana gəlir. Monoxromatik işığın təsirindən sonra anizotropluğun müşahidə olunması, bir çox yeni mühüm xassələrin aşkara çıxmasına imkan verir. Bunlardan biri, simmetriya mərkəzi olmayan bu tip kristallarda fotovoltaiq effektin, səthdə yaranan nanoquruluşlarla birbaşa əlaqəli olmasıdır. Bu isə tətbiq üçün çox əhəmiyyətlidir [4].

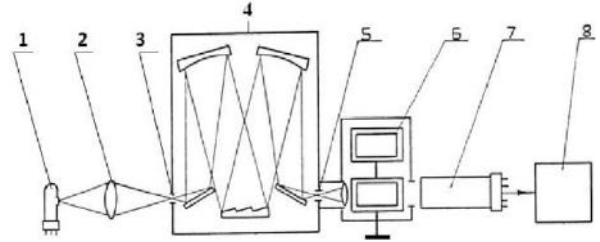
### MƏSƏLƏNİN QOYULUŞU.

CuGaS<sub>2</sub> monokristalının elektrik optik xassələrinin ölçülməsi və səthinin öyrənilməsi, səthdə və daxilə baş verən elektron quruluşu haqqında yeni məlumatların əldə edilməsindən çoxtutumlu yaddaş elementlərinin, sensorların hazırlanmasından, detektorların təkmilləşdirilməsindən günəş elementlərinin hazırlanmasından və yuxarıda sadalananları həyata keçirmək üçün lazım olan fiziki xassələrin araşdırılmasından ibarətdir.

### TƏCRÜBƏNİN APARILMASI:

Elektrik və optik ölçülər aparmaq üçün nümunə xüsusi qutuda yerləşdirilir. Optik xassələri ölçmək üçün istifadə olunan kompleks qurğu aşağıdakı cihazlardan təşkil olunmuşdur. MDR-23, üç güzgü qəfəsdən ibarət olmaqla geniş bir dalğa uzunluğu oblastını əhatə edir. I-güzgü qəfəs (şərti işarəsi-1200), II-güzgü qəfəs (şərti işarəsi-1200), III-güzgü qəfəs (şərti işarəsi-

600). Güclü işıq mənbəyindən düşən şüalar linzalar sistemi vasitəsi ilə nümunənin üzünə yönəldilir. Kristaldan keçən şüalar gücləndiriciyə (İSG) düşür. Oradan detektora, sonda isə Digital Multimeter adlı müasir cihaza daxil olur, sonra siqnal şəklində qeyd olunur. Buraxma spektri əvvəl hər bir dalğa üçün nümunəsiz, sonra isə nümunəli olaraq ölçülür. Kristal üçün  $U$ -nun voltlarla ölçülmüş qiymətlərini, nümunəsiz gücləndiricidə yaranan siqnalın voltlarla ölçülmüş qiymətlərinə bölürük, sonra isə hər bir dalğa üçün aldığımız nisbət qiymətlərini dalğa uzunluğundan asılılığını qururuq. Düstur şəklində belə yazılır -  $F(\lambda)$ . Optik qurğunun sxemi şəkil 3-də göstərilmişdir.



Şəkil 3. Buraxma spektrinin ölçüldüyü optik qurğunun sxemi.

### TƏCRÜBƏDƏN ALINAN NƏTİCƏLƏR.

Qarşıya qoyulan məsələni həll etmək üçün: I - Müasir AGM(atom güc mikroskopu)-dan istifadə olunaraq kristal səthinin təsiri alınmışdır. II - Yeni alınmış kristalın səthi öyrənilmişdir.

Aparılan elektrik və optik araşdırmalar göstərir ki, səthdə yaranan nanoquruluşlar, noqtəvi defektlərdən fərqli olan digər defektlərin quruluş-fəza çevrilməsi hesabına meydana gəlir.

Nəticələri izah etmək üçün iki metodika mövcuddur:

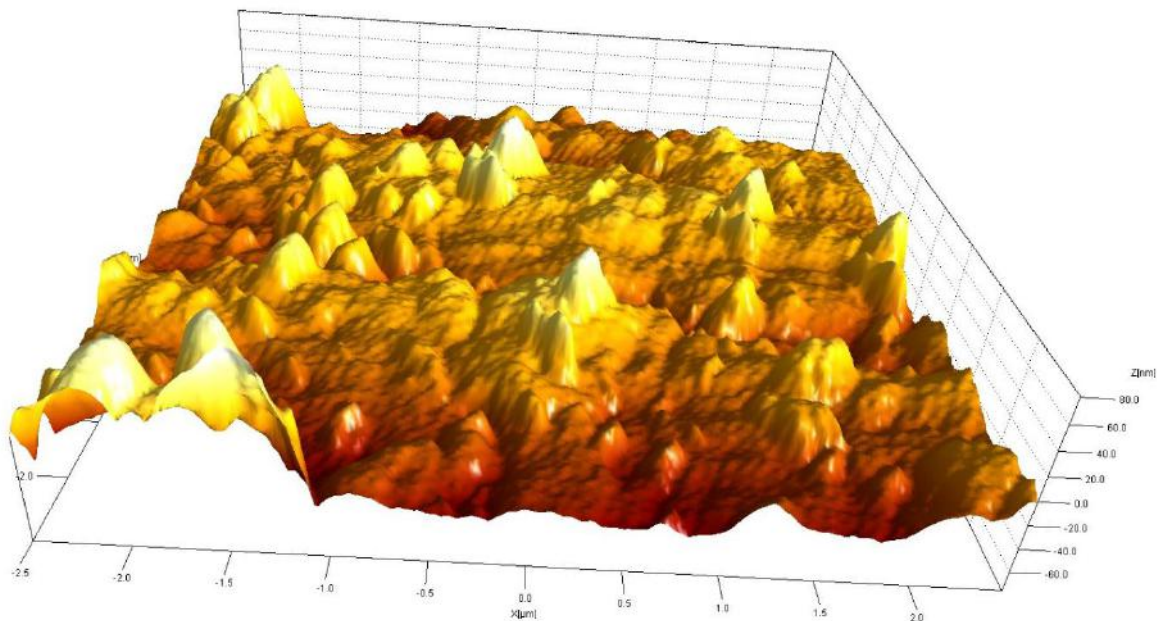
- I - sistemə termodinamik nəzərdən baxılması;
- II - texnoloji yetişdirmə zamanı atomar baxış mexanizmi və kristal səthindəki quruluşu görə.

### ALINAN NƏTİCƏLƏRİN İZAHI:

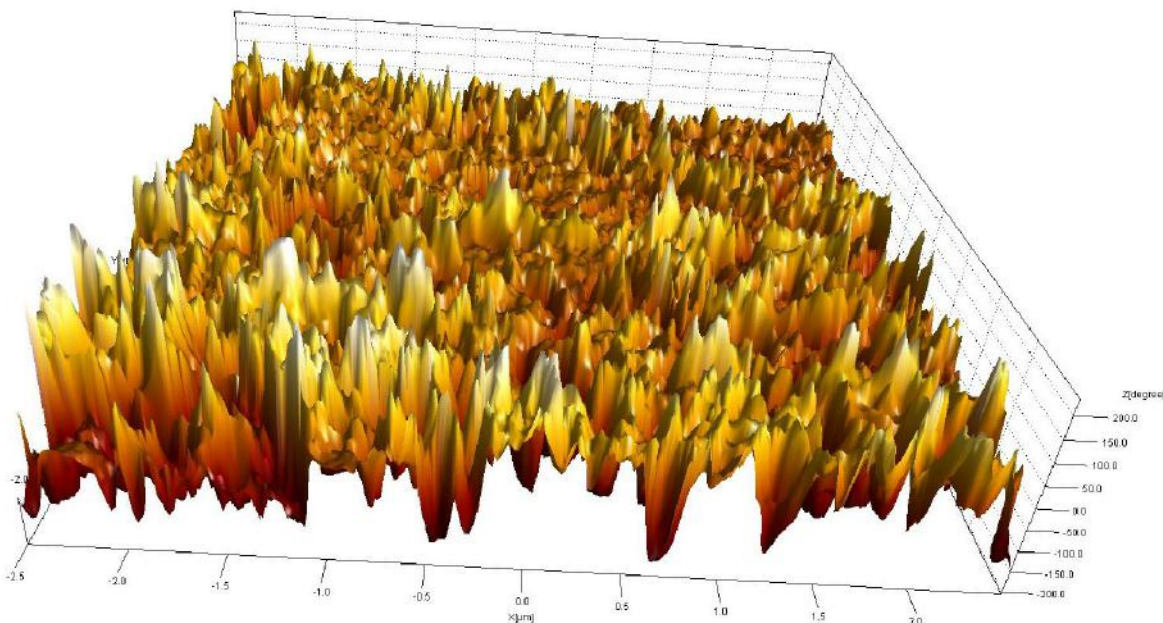
Təqdim olunan işdə II üsula üstünlük verilir, çünki kristal səthində yeni quruluşların əmələ gəlməsi və onların elektrik və optik xassələrə təsirindən söhbət gedir. Birləşmə 1423K temperatürə qədər qızdırılır 2 saat müddətinə soyudulur. Texnoloji olaraq alınma prosesində temperatur qradiyentindən yaranan plastik deformasiyadan nanoquruluşların strukturunun formalaşması üçün fəza keçidləri əmələ gəlir. Sistemin deformasiyaya uğramasını onun hər tərəfdən bərabər sıxılmasına mütənəsinə götürürlər. Bərabər sıxılma zamanı kristal səthində yükdaşıyıcıların yürüklüyünün artması qanunauyğun sayılır. Kristal soyuyarkən ərinti kristallaşmağa başlayır bu nanoquruluşun yaranmasının birinci fazasıdır və axıcılığın yox olmasını ifadə edir. İkinci faza isə bərk maddənin əmələ gəlməsidir. Bu zaman kristalın səthi enerjisinin ən kiçik qiymətini almağa çalışır. Yaranan nanoada (şəkil 4) və nanoçuxurlar (şəkil 5) bu cür formalaşmağa başlayır. Kristalın optik oxu istiqamətində qüvvələr nisbəti zəif oldu-

ğu üçün maddə kütləsi ox istiqamətində yuxarıya yönəlir və bunu nanoada şəklində müşahidə edirik. Bundan əvvəl çap etdirdiyimiz məqalədə CuAlS<sub>2</sub> monokristalının səthində meydana gələn nanoquruluşlardan danışmışdıq. Cu ( $T=1083^{\circ}\text{C}$ ), Al ( $T=660^{\circ}\text{C}$ ) hər iki metalın ərimə temperaturu yüksək olduğu üçün, termodinamik sabit və dayanıqlı quruluşların əldə olduğunu qeyd etmişdik. CuGaS<sub>2</sub> eyni quruluşa malik maddələr olduğundan, deyilənləri axırıncı maddəyə də aid etmək olar, amma burada bir fərq vardır. Ga metalının ərimə temperaturu aşağıdır ( $T=29,8^{\circ}\text{C}$ ). Bu isə

formalaşma zamanı qüvvələr nisbətinin pozulmasına gətirib çıxarır. Ona görə də, CuGaS<sub>2</sub> kristalında nanoboru deyil nanoçuxur alınmışdır. Bütün bunları nəzərdən keçirdikdə aydın olur ki, biroxlu kristalların səthində nanoquruluşların müxtəlif formada təzahür etməsi birləşmələri təşkil edən maddələrin sıxlığından, ərimə temperaturundan, birdə düzgün seçilmiş temperatur qradientindən asılıdır. Üstifadə olunan kristallar şaquli Bricsmen-Stokbarqer üsulu ilə yeni texnologiya tətbiq olunaraq alınmışdır.



Şəkil 4. CuGaS<sub>2</sub> monokristalının səthinin 3D koordinatında çəkilmiş təsviri. Yeni formalaşan nanoada. (AGM-atom güc mikroskopu).

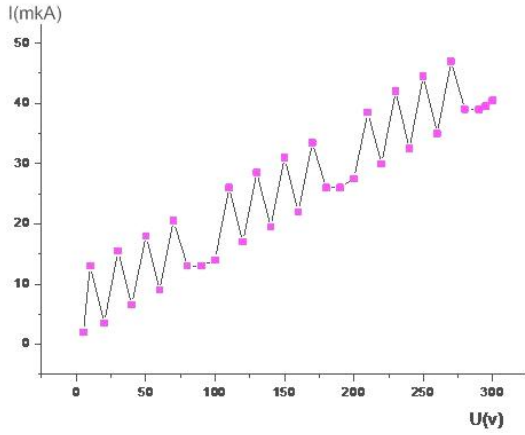


Şəkil 5. CuGaS<sub>2</sub> monokristalının səthinin 3D koordinatında çəkilmiş təsviri. Yeni formalaşan nanoçuxurda. (AGM-atom güc mikroskopu).

Aşqarsız təmiz nümunə stexiometrik ölçülər əsasında yetişdirilmək üçün, ampulaya doldurulmuşdur. Birləşmə ərimə temperaturuna çatdıqdan sonra, qəfil soyudulur və ölçmələr aparmaq üçün hazır vəziyyətə

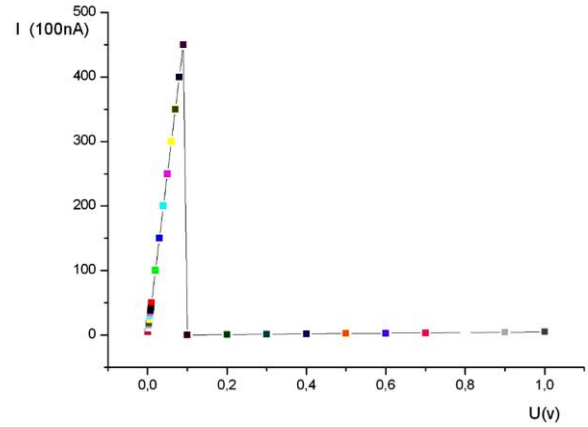
gətirilir. Səthdə baş verən proseslər AGM (atom güc mikroskopunda) araşdırılır. Araşdırmalardan aydın olmuşdur ki, səth effektləri elektrik və optik xassələrə kəskin şəkildə təsir edir. [5]. Bunları təcrübi olaraq sü-

but etmək üçün CuGaS<sub>2</sub> monokristalının elektrik və optik xassələri ölçülmüşdür və müəyyən nəticələr əldə olunmuşdur. Yeni texnologiya ilə yarımkeçiricilərin yetişdirilməsi ona görə əhəmiyyətlidir ki, səthin məsələli olması yeni xassələrin meydana gəlməsinə səbəb olur. Bu tip texnologiyalarla yetişdirilən maddələrin zona quruluşuna deformasiya təsir etmiş olur. Deformasiyaların kristal səthindəki nanoquruluşlara təsiri isə onların morfoloqiyasının dəyişməsinə səbəb olur, bu isə muasir nanoelektronikanın əsası deməkdir. Alınanları dəqiqləşdirmək üçün CuGaS<sub>2</sub> monokristalının volt-ampər xarakteristikası tərəfimizdən ölçülmüşdür. Alınan spektrin təhlili göstərmişdir ki, yönəldici sahənin kiçik qiymətində intensivliyin kəskin artmasını müşahidə edirik. Şəkildə görünən rezonans pikinin yaranmasına səbəb isə verilən yönəldici sahənin hesabına yükdaşıyıcıların müəyyən bir istiqamətdə hərəkət etməsidir. Xarici sahənin təsirindən yaranan pye-zoeffekt səthdəki nanoquruluşların dartılmasına və genişlənməsinə səbəb olur, bu isə özünü volt-ampər xarakteristikasında döyünən rəqslər şəklində biruzə verir (şəkil 6).

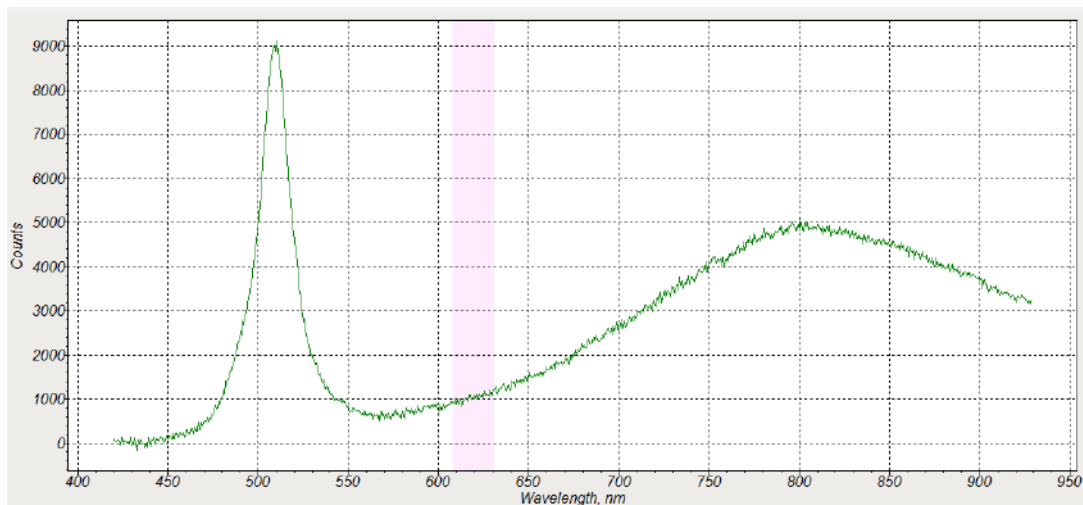


Şəkil 6. CuGaS<sub>2</sub> monokristalı: Yönəldici sahə hesabına kristal səthində yaranan periodik döyünən cərəyan.

Bu rəqslər bəzən periodik, bəzən isə qeyri periodik olur. Periodikliyi biz əsasən yönəldici sahənin böyük intervala malik olan qiymətlərində müşahidə edirik (0-300V), kiçik intervalda isə (0,05V) rezonans müşahidə edirik. Bu, nanoquruluşların morfoloqiyasının kiçik yönəldici sahələrin hesabına daha kəskin dəyişməsinə bir daha təsdiqləyir (şəkil 7). Təcrübələrimizə əsaslanaraq deyə bilərik ki, alınan rezonans maksimumu kristal səthindəki nanoquruluşların hesabına voltaik effektin meydana gəlməsidir. Xarici təsirlər hesabına, nanoquruluşların özlərini membran (Lifşis membranı) kimi aparması, nanoquruluşların morfoloqiyasının dəyişməsi ilə əlaqədardır. Lokal səviyələrdə baş verənləri aydınlaşdırmaq üçün AGM-nun (atom güc mikroskopu) tətbiq olunması yeni quruluşların nanoelektronikadakı rolunu gücləndirmiş olur. Bu tip nanoquruluşların biroxlı kristallardakı rolunun əhəmiyyəti ondan ibarətdir ki, optik ox istiqamətində düzülmiş kvant çuxurlara ötürücü sistem kimi baxdıqda xarici sahənin hesabına hündürlüklərin bərabərləşməsi, tunel keçidinin baş verməsi və cərəyanın kəskin artması müşahidə olunur [8].

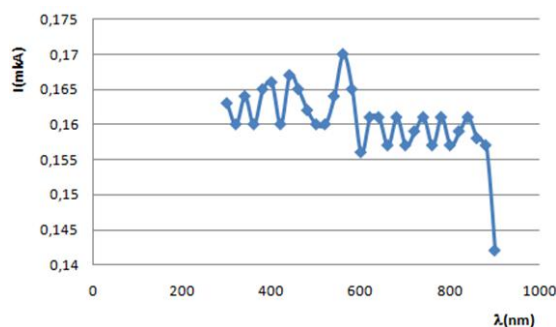


Şəkil 7. Monokristal CuGaS<sub>2</sub>. Səthdə kiçik yönəldici sahə (0,05V) hesabına yaranan rezonans maksimumu.



Şəkil 8. CuGaS<sub>2</sub> monokristalının lüminessensiya spektri.  $E_1= 2,4\text{eV}$ ,  $E_2=1,55\text{eV}$ .

Şəkil 8-də lüminessensiya əyrisində kristal səthindəki nanoquruluşların yaratdığı lokal mərkəzlərin hesabına maksimumun yerdəyişməsi verilmişdir. Mərkəzlərin yaranması kristal səthində olan anizotropluğu hesabına meydana gəlir. Bu isə elektron-deşik cütü ilə defektin birləşməsindən yaranır. F-mərkəzlər, adətən, akseptor tipli olur. Biz, əslində bu təcrübələr vasitəsi ilə yeni quruluşlarda yükdaşıma mexanizmlərinin necə olduğunu aydınlaşdırmış oluruq. Yəni, monokristallardan fərqli olaraq onların səthində yaranan nanoquruluşların xassələri kəskin fərqlənir. volt-ampere xarakteristikasındakı maksimuma struktur dəyişməsi, və ya tünel keçidinin təzahürü kimi baxmaq olar. İkiqat sınma haqqında məlumat əldə etmək üçün isə buraxma spektrini təhlil etməliyik (şəkil 9). İkiqat sınmanın nanoquruluşların səthdə yaratdığı anizotropluqdan meydana gəldiyi məlumdur. Buraxma spektrindəki faza keçidinin müşahidə olunması, volt-ampere xarakteristikasında müşahidə etdiyimiz rezonans piki və döyünən cərəyanın periodikliyi kimi, burada da səthdəki nanoquruluşların müxtəlif formaya malik olmasından irəli gəlməsini iddia etməyə imkan verir. Bu müxtəliflik isə polyarizasiyanın səthin müxtəlif hissələrində müxtəlif qiymətə malik olması hesabınadır.



Şəkil 9. Monokristal CuGaS<sub>2</sub>. Buraxma spektri.

### YEKUN NƏTİCƏ:

Üçqat birləşmələrin səthinin tədqiqatı göstərir ki, nanotexnologiya üçün, ikiqat analoqlarından fərqli olaraq, bu obyektlər səmərəlidir. Çünki, səthin anizotropluğundan yaranan ikiqat sınmanın olması, qaralıqda cərəyanın, müqavimətin qiymətinin kiçik olması simmetriya mərkəzinin olmaması birləşmələrin üstün cəhəti sayılır. Bununla da, biz xalkopiritlərin təbii üçün böyük imkanlara malik olduğunu görürük.

- [1] *W.H. Koschel, F. Sorger and J. Baars.* J. de Physique, n. 9, t. 36, Sertembre, 1975, p. C3-177.
- [2] *G.D.Boyd, H.Mc.Kasper.* JhMcFee Quantum Electronics, IEEE Journal, 1971, 7(12), p563-573.
- [3] *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. Рудь.* Изв. АНССР, сер. Физ., 1964, т. 28, ст. 1085.
- [4] *Л.А. Головань, В.Ю. Тимощенко, П.К. Кашикарров.* УФН, 2007, том 177, н. 6, ст.619-638.
- [5] *В.Е. Панин, В.Е. Егорушкин.* Физическая мезомеханика, 2009, 12, 4, ст. 7-26.
- [6] *А.П. Бахтинов, В.Н. Водоньянов, З.Д. Ковалюк, В.В. Нетьяга, Д.Ю. Конаплянко.* ФТП, 2011, том 45, вып. 3, ст. 348-359.
- [7] *İ. Qasimoğlu, Q.S. Mehdiyev, Z. Qədiroğlu, Ə.M. Ələsgərov, İ.O. Məmmədov, N.V. Mahmudova.* AJP Fizika 2017, Volume XXIII, N2, Section Az, s.10-14.
- [8] *G.C. Bhar and R.C. Simith.* Phys. Stat. Sol. (a), 1972, 13, 157. p.157-167.
- [9] *J.L.Shay and B.Tel and H.M. Kasper.* Ap. Phys. Let. , 1971, vol. 19, n. 9, 1 november 1971, p. 366-368.
- [10] *L. Roa, P. Grima, J. Gonzalez, J.C. Chervin, J.P. Itie, A. Chevy.* Cryst. Res. Technol., 1996, vol. 31, p. 49-52.
- [11] *J.C. Rife, R.N. Dexter, P.M. Bridenbaugh, B.W.Veal.* Phys.Rev., 1977, vol. 6, N10, 15 November, p. 4491-4500.
- [12] *Л.И. Бергер, Ф.Э. Балневская.* Неорганические материалы. 1966, том. III, N8, стр. 1514-1515.
- [13] *С.Т. Hüseynov, T.Q. Qasimov,* Azərbaycan EA Xəbərləri, Fizika-texnika və riyaziyyat elmləri seriyası, 1976, N6, s.105-107.
- [14] *Н.Г. Басов.* Комбинационное рассеяние света и динамика кристаллической решетки. М.1982, .223с.
- [15] *С.А. Медведева.* Физика и Химия соединений А<sup>2</sup>В<sup>6</sup>. 1970, 624 с.
- [16] *С.И. Радауцан.* Тройные полупроводники А<sup>2</sup>В<sup>4</sup>С<sup>25</sup> и А<sup>2</sup>В<sup>23</sup>С<sup>46</sup>. Кишинев, 1972, 259 с.
- [17] *Ю.А. Валова.* Полупроводники А<sup>2</sup>В<sup>4</sup>С<sup>5</sup>. Н.А.Горюнова, М.1974, 373 с.
- [18] *В.В. Соболев.* Зоны и Экситоны соединений группы А<sup>2</sup>В<sup>6</sup>. Кишинев 1980, 253 с.
- [19] *Yuan deng, Chang-Wei Cui, Ni-La Zhang, Tian-Hao Ji, Qing-lin Yang, Lin Cuo.* Solid State Communications, 2006, 138, p. 111-113.
- [20] *А.И. Димитриев.* ЖТФ, 2012, т. 82, вып. 8, ст. 114-118.
- [21] *В.И. Козловский, В.С. Кривобок, П.И. Кузнецов, С.Н.Николаев, Е.Е.Онищенко, А.А.Пручкина, А.Г. Тимирязев, С.И. Ченцов.* ФТП, 2016, том 50, вып1, ст.9-17.
- [22] *Н.Н. Новикова, В.А. Яковлев, И.В. Кучеренко.* Писма в ЖЭТФ, том 102, вып. 4, с.253-256.
- [23] *В.Н. Катеринчук, З.Р. Кудринский.* ФТП, 2013, том 47, вып. 3 с.320-323.
- [24] *J.L. Say, B. Tell, H.M. Kasper and I.M.Schiavone.* Compounds. Physical Review, 1972, B, vol. 5, N12, 15 June, p.5003-5005.
- [25] *В.П. Жузе, В.М. Сергеева и Е.Л. Штурм.* ЖТФ, 1958, том XXVIII, в.10,с. 2094-2108.
- [26] *W.H.Koschel, F.Sorger and J.Baars.* Journal de Physique. 1975, t. 36, Septembre, p. C3-177 -181.

- [27] *P.B.Поль.* Оптика и атомная физика, 1966, 552 с. [29] *М. Косевич.* Основы механики кристаллической решетки. М.1964.
- [28] *İ. Qasimoğlu.* AJP Fizika, 2014, vol. XX, N 3 Section: Az, s. 25-27. [30] *А.Л. Бучаченко.* УФН. 2014, том 184. N1, с. 101-108.

**I. Gasimoglu, G.S. Mehdiyev, Z. Gadiroglu, A.G. Bagirov, I.T. Mamedova,  
N.G. Makhmudova, I.T. Nasibov**

**THE INFLUENCE OF NANO-STRUCTURES FORMING ON CuGaS<sub>2</sub> SINGLE CRYSTAL PLANE ON ITS ELECTRIC AND OPTICAL PROPERTIES**

The planes of CuGaS<sub>2</sub> single crystals are experimentally investigated. The following I and II are found:

I - The resonance peak in volt-ampere characteristic.

II - The strong intensity changes in transmission and luminescence spectra.

This is the important condition in formation of sensors and detectors in modern nanoelectronics with big memory spaces.

**И. Гасымоглу, Г.С. Мехтиеv, З. Гадироглу, А.Г. Багиров, И.Т. Мамедова,  
Н.Г. Махмудова, И.Т. Насибов**

**ВЛИЯНИЕ НАНОСТРУКТУР, ОБРАЗУЮЩИХСЯ НА ПЛОСКОСТИ  
МОНОКРИСТАЛЛА CuGaS<sub>2</sub>, НА ЕГО ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА**

Экспериментально исследованы плоскости монокристаллов CuGaS<sub>2</sub> и определены:

I - резонансный максимум в вольт-амперной характеристике.

II – резкие изменения интенсивности в спектрах пропускания и люминесценции.

Это является важным условием в создании сенсоров и детекторов в современной нанoeлектронике с большими объемами памяти.

*Qəbul olunma tarixi: 26.09.2019*