

UOT 550.424.6

NAZİLƏ MAHMUDOVA<sup>1</sup>, İBRAHİM QASIMOĞLU<sup>2</sup>ELEKTRİK SAHƏSİNİN TƏSİRİ İLƏ  $\text{CuGaS}_2$  MONOKRİSTALINDA  
YARANAN DÖYÜNƏN CƏRƏYAN

*Təcrübədə  $\text{CuGaS}_2$  monokristalına verilən elektrik sahəsinin təsiri ilə yaranan cərəyanın spektrində döyünmə halı müşahidə olunmuşdur. Elektrik sahəsinin artmasına mütənəsib olaraq yaranan rəqslər qrupları şəklində simmetrik olaraq təkrarlanır, cərəyanın qiymətində və spektrin istiqamətində dinamik artım müşahidə olunur.  $\text{CuGaS}_2$  monokristalı:  $p$ -tip taraz yarımkəçirici (kompensə olunmuş) və müqaviməti kiçik ( $R=40 \text{ Om}$ ,  $T=300 \text{ K}$ ) olduğu üçün keçidlərin valent zonanın yuxarı hissəsi ilə akseptor mərkəzi arasında baş verdiyi bildirilir.*

**Açar sözlər:** elektrik sahə, döyünən cərəyan, müqavimət, konsentrasiya.

Son illər tədqiqatçılar tərəfindən, almazabənzər quruluşlu yarımkəçiricilərə maraq artmışdır [1]. Həmin qruplara daxil olan birləşmələrin bir qismi  $A^I B^{III} C_2^{VI} A^I$  ( $\text{Cu}$ ,  $\text{Ag}$ ),  $B^{III}$  ( $\text{Ga}$ ,  $\text{In}$ );  $C^{VI}$  ( $\text{S}$ ,  $\text{Se}$ ,  $\text{Te}$ ) ümumi formulası ilə ifadə olunur. Onlardan biri də  $\text{CuGaS}_2$ -dir.  $A^I B^{VI}$  birləşmələrindən olan  $\text{ZnS}$ -in ikiqat elektron analoqudur. İlk dəfə Xan və əməkdaşları tərəfindən alınmışdır. Rentgen difraksiyası üsulu ilə aydın etmişlər ki, bu sinif birləşmələrin, demək olar ki, hamısı xalkopirit strukturunda kristallaşır və əksəriyyəti, o cümlədən,  $\text{CuGaS}_2$   $p$ -tip keçiriciliyə malikdir [2]. Düzgün kimyəvi quruluşdan kənara çıxmalar keçiriciliyin tipini dəyişmir. İstisna olaraq birləşmələrin bəziləri həm  $p$ -tip, həm də  $n$ -tip ola bilər [3]. Monokristallarda güclü ikiqat sınıma müşahidə olunmuşdur ki, bu fiziki xassə qeyri-xətti optika üçün xüsusi əhəmiyyətə malikdir [4]. Tədqiqatlar nəticəsində məlum olmuşdur ki, obyektlərdə atomlar arasındakı qarşılıqlı təsir zamanı, kovalent qüvvələr üstünlük təşkil edir [5]. Materialın üstün cəhətlərindən biri də ondan ibarətdir ki, bağlı zonanın (qadağan olunmuş zona) daxilində çoxlu sayda energetik səviyyələr mövcuddur. Bunlar passiv və aktiv rekombinasiya mərkəzləri, bir də yapışma mərkəzləridir [6]. Bu birləşmələr düzgün zona quruluşuna malikdir və mütləq ekstremumları, Brüllien zonasının  $\Gamma$  nöqtəsində yerləşir.  $A^I B^{III} C_2^{VI}$  birləşmələrində iki mis atomu, iki qallium atomu ilə tetraedr əmələ gətirir, mərkəzdə isə kükürd atomu yerləşir. Zona quruluşunun ümumi mənzərəsi F.Həşimzadə tərəfindən tədqiq olunmuşdur [7].

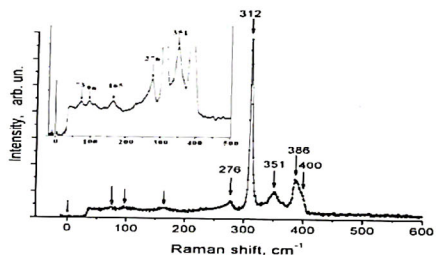
202411\_CuGaS2

Şəkil 1.  $\text{CuGaS}_2$  monokristalında rentgen difraksiya spektri (300°K).

CuGaS<sub>2</sub> monokristalının sintezi: dünyada ilk dəfə iki temperaturlu alışma sintez üsulunun müəllifi C.T.Hüseynov tərəfindən bir saat müddətinə həyata keçirilmişdir. Alınmaq üçün xam maddələr havası (10-3 mm.c.st. tərtibdə) sorulmuş ampullalara doldurulur. Təmizlik dərəcələri aşağıdakı kimidir. Cu-99,999%, Ga-99,9999%, S-99,99999%. Maddələrin yetiştirilməsində Bridjmen-Stokbarqer üsulundan istifadə olunmuşdur. Yuxarı temperatur 1373K, aşağı temperatur 973 K olmuşdur. Ampula qızdırıcı sistemin içərisinə 4 mm/saat sürəti ilə hərəkət etmişdir. Reaksiya 40 saat davam etmişdir. Ampula soyuma və sabitləşmək üçün, söndürüldükdən 8 saat sonra sistemdən çıxarılmışdır. Nümunə ampuladan çıxarıldıqdan sonra səthi (M 14) karbid bor tozu ilə hamarlanmışdır. HCl+HNO<sub>3</sub> (1:1) məhlulunda 40 san. müddətinə kənar maddələrdən təmizlənmişdir. Sonra 40 san. distillə olunmuş suda uyulmuşdur. Qızdırıcıdan 313 K-də 6 saat qurudulduqdan sonra çıxarılmışdır. Nümunənin otaq temperaturunda müqaviməti  $R=40$  Om, ölçüləri isə  $1 \times 0,5 \times 2$  mm<sup>3</sup> tərtibindədir. Rentgen analizi göstərdi ki, aldığımız kristalın parametrləri ədəbiyyatda olanlarla uyğunluq təşkil edir (şəkil 1).

Raman spektrinə nəticələri də təsdiq edir ki, birləşmə düzgün kristallıq quruluşla malikdir və yarımkəçiricidir (şəkil 2). Parametrləri isə belədir.  $a=b=5,36\text{Å}$   $C=10,49\text{Å}$  fəza simmetriyası qrupu (42 m)-dir.

Yeni alınmış, az öyrənilmiş mürəkkəb tərkibli maddənin, CuCaS<sub>2</sub>, fiziki parametrlərinin, praktik tətbiq üçün yararlı olduğu məlumdur. İkiqat analoqu ZnS-in ətrafı şəkildə öyrənilməsinə və praktikada geniş şəkildə tətbiq olunmasına baxmayaraq, CuGaS<sub>2</sub> monokristalının elektrik xassələrinin fundamental şəkildə araşdırılmasına böyük ehtiyac duyulur.



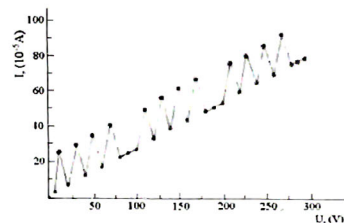
Şəkil 2. CuGaS<sub>2</sub> monokristalında işıq Raman səpilməsi spektri (300 K).

CuGaS<sub>2</sub> monokristalına kənar qüvvələrin (elektrik sahəsinin) təsirinədən sonra dislokasiyalın yaranması və hərəkətliyi hesabına deformasiya baş verir. Bu isə öz növbəsində kimyəvi əlaqənin (kovalent) qırılmasına gətirib çıxarır, çünki elastiki deformasiyanın qiyməti, dislokasiyaların miqdarından və hərəkət intensivliyindən asılıdır [8]. Deformasiya zamanı enerjinin yığılması, elektrik yüklərinin boşalmasına gətirib çıxarır [9]. Bu isə öz növbəsində səs və elektrik siqnallarının yayılmasını təmin etmiş olur. Biz bu siqnalları tədqiq etməklə atomlar arasında baş verən proseslərin təbiəti haqqında fikir irəli sürə bilərik. Bu fiziki parametrlər parametrik gücləndiricilərin, detektorların hazırlanmasında istifadə oluna bilər.

**Təcrübi hissə.** Volt-Amper xarakteristikasını ölçmək üçün, nümunəyə gümüş pasta ilə qoyulmuş kontakt, ölçülən temperatur intervalında omlıdır. Elektrik sahəsi, nümunəyə sabit cərəyan mənbəyindən verilir (B5-50). Həmin sahə geniş intervalı əhatə edir (1-300 v/sm).

Hər 10 V-dan bir cərəyanın qiyməti, mikrovoltnanoampermetrlə (φ-3017) ölçülür və qeyd olunur. Ölçmələr otaq temperaturunda aparılmışdır.

**Alınan nəticələrin müzakirəsi.** CuGaS<sub>2</sub> monokristalında, Volt-Amper xarakteristikasını ölçərkən, sahənin təsiri ilə dinamik artan sabit amplitudaları rezonans müşahidə etmiş olurdu (şəkil 3). Spektr 8 xətdən olan, təkrarlanan həndəsi rezonans elementləri paketindən ibarətdir.



Şəkil 3. CuGaS<sub>2</sub> monokristalında döyünən cərəyan spektri (300 K).

Hər bir paketin, arasında doyma nöqtələrini müşahidə edirik. Bizə elə gəlir ki, bu qeyri-əsas yükdaşıyıcıların tam kompensasiya olması hesabına yaranır [10]. Bu hala uyğun rəqəmlərin tam olması, sabit artması, əlavə bir maraqlı hadisənin baş verdiyini göstərir (100, 200, 300 v). Üçqat birləşmələrin əsas xüsusiyyətlərindən biri, aşqar atomların keçiricilikdə fəal iştirak etməsidir. Bu tip kristallarda defektlərin keçiricilikdə rolu danılmazdır. Makroskopik sxemlərdə rezonans onda alınır ki, xarici sahənin tezliyi ilə rəqs konturunun tezliyi  $\omega$  üst-üstə düşsün, sabit qalsın [11]. Bu zaman kondensator lövhələri arasında tutumu dəyişməklə konturu idarə etmək olur. Kvant fizikasında isə, xüsusi halda, CuGaS<sub>2</sub> monokristalında valent zonanın yuxarısı ilə akseptor mərkəzi arasında mövcud olan tutum Fermi səviyyəsinin yuxarı və aşağı hərəkəti zamanı dəyişə bilər [12]. Bu isə xarici sahənin qiyməti artdıqca, akseptorların konsentrasiyasında baş verən dəyişmələrdən irəli gəlir. Yəni, konsentrasiyadan asılı olaraq Fermi səviyyəsi tutumu, o isə, öz növbəsində, aktiv müqaviməti dəyişdirir. Müqavimətin dəyişməsi isə sahənin artmasına uyğun cərəyanın qiymətini dəyişdirir. Cərəyanın qiymətinin sabit olaraq artıb-azalması, döyünməsi, gərginliyin və cərəyanın fazasının üst-üstə düşməsindən irəli gəlir və yekun dalğa sıfıra bərabər olur [13]. Ona görə də deyilən iki səviyyə arasındakı tutum müqaviməti birbaşa xarici sahədən asılı olur. Müqavimətin dəyişməsinə uyğun cərəyanın qiyməti sinusoidal formada dəyişir. Elektrik sahəsinin təsiri ilə yaranan döyünən cərəyanın spektrinə simmetrik təkrarlanması, cərəyanın qiymətində, spektrin istiqamətində dinamik artımın müşahidə olunması çox az təsadüf olunan effektdir, tətbiq üçün maraqlıdır. Sabit elektrik sahənin təsiri ilə yaranan rezonans xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

CuGaS<sub>2</sub> monokristalına kənar qüvvələrin, elektrik sahəsinin təsirinədən sonra alınan nəticədən parametrik səs, elektrik gücləndiricilərinin, detektorların hazırlanmasında istifadə etmək olar. Beləliklə, maşınların, motorların, təyyarələrin hərəkəti hissələrinə, hərəkət edən çatların və dislokasiyaların yerdəyişməsi və hərəkəti hesabına meydana çıxan siqnalları qeyd etməklə, işlək metallik hissələrin keyfiyyətinə nəzarət mexanizmi qurmağın mümkün olduğunu hesab edirik.

Həmçinin, praktik tətbiq zamanı yer qabığının dərinliklərində baş verən dislokasiyalarından yaranan və ətrafı yayılan seysmik siqnalları qeyd edə bilən cihazların hazırlanmasında da nəzərdə tuturuq [14].

## ƏDƏBİYYAT

1. Hahn H., Frank G., Klinger W., Meyer A.D., Stroger G.G. *Ianogan, Allgem, chem.*, 1953, p. 271, 153.
2. Tell B.L., Shay I., Kasper H. *Journal of Appl. Phys.*, 1972, v. 43, № 5.
3. Boyd G.D., Kasper H.Mc., McFee J.H. *Quantum Electronics, IEEE Journal of* 7 (12), 1971, p. 563-573.
4. Бергер Л.И., Балнвская Ф.Э. *Неорганические материалы. Т. III*, 1966, № 8, с. 1514-1515.
5. Дирочка А.И., Иванова Г.С., Курбатов Л.Н., Синицын Е.В., Харахорин Ф.Ф., Холина Е.Н. *ФТП*, 1975, т. 9, вып. 6, с. 1128-1132.
6. Hüseynov D.T., Qasimov T.K. *Az. Elmlər Akademiyasının Xəbərləri. Fizika-texnika və riyaziyyat elmlər seriyası*, № 6, 1976 с. 105-107.
7. Вайнолин А.А., Гашизмзаде Ф.М., Горюнова Н.А., Касаманлы Ф.П., Наследов Э.О., Османов Д.Н., Рудь Ю.В. *Изв. АН ССР, сер.физ.*, 1964, 28, с. 1085.
8. Ахманова С.А. *Квантовая электроника. Москва*, 1969, 372 с.
9. Лангенберг Д.Н., Сколаллино Д.Дж., Тейлор Б.Н. *ФТТ. вып. 8*, 1972, с.140-155.
10. Федотов Я.А. *Основы физики полупроводниковых приборов. Москва*, 1964, 403 с.
11. Родес Р.Г. *Несовершенство и активные центры в полупроводниках. Москва*, 1968, 384 с.
12. Косевич М. *Основы механики кристаллической решетки. Москва*, 1972, 544 с.
13. Уэрт. Ч., Томсон Р. *Физика твердого тела. Москва*, 1966, 739 с.
14. Бучаченко А.Л. *УФН*. 2014, т. 184, № 1, с. 101-108.

AMEA Naxçıvan Bölməsi

E-mail: nazile.mahmudova.2017@mail.ru

Nazilə Mahmudova, İbrahim Qasımoğlu

PULSING CURRENTS UNDER INFLUENCE OF ELECTRIC FIELD IN  $\text{CuGaS}_2$  SINGLE CRYSTAL

Pulsing current under influence of electric field in  $\text{CuGaS}_2$  single crystal was observed. The observed oscillations are repeated symmetrically in groups, current increases dynamically.  $\text{CuGaS}_2$  single crystal is p-type and compensated semiconductor and the transitions occurs between the valence band top and acceptor centres by the reason of low resistance ( $R=40 \text{ Om}$ ,  $T=300\text{K}$ ).

**Keywords:** *electric field, pulsating current, resistance, concentration.*

Назиля Махмудова, Ибрагим Гасумоглу

ПУЛЬСИРУЮЩИЕ ТОКИ, ОБРАЗОВАННЫЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В МОНОКРИСТАЛЛАХ  $\text{CuGaS}_2$ 

Воздействием электрического поля на монокристаллы  $\text{CuGaS}_2$  пропорционально полю наблюдается динамический рост тока. В монокристаллах  $\text{CuGaS}_2$  низкоомная компенсированная проводимость p-типа. Поэтому переходы происходят между вершинами валентной зоны и акцепторными уровнями.

**Ключевые слова:** *электрическое поле, пульсирующий ток, сопротивление, концентрация.*

(AMEA-nın müxbir üzvü Vəli Hüseynov tərəfindən təqdim edilmişdir)

**Daxilolma tarixi:** İlk variant 13.04.2020  
Son variant 05.06.2020