

Məqalə dünya şöhrətli alimimiz akademik H.M. Abdullayevin anadan olmasının 100 illiyinə həsr olunmuşdur.

CuAlSe₂ MONOKRİSTALINDA YÖNƏLDİCİ SAHƏNİN TƏSİRİNDƏN YARANAN DÖYÜNƏN VƏ ARTAN CƏRƏYAN

İ. QASIMOĞLU, Ə.H. BAĞIROV, H.M. ƏSGƏROV, Q.S. MEHDİYEV, Z. QƏDİROĞLU, N.V. MAHMUDOVA, Ş.H. QASIMOV

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

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

E-mail: gasimoglu@yahoo.com

Təcrübi olaraq yönəldici sahənin təsiri ilə CuAlSe₂ monokristalında, döyünən və artan cərəyan müşahidə olunmuşdur. Qiymətdəki artım rekombinasiyadan sonra elektronların vahid həcmə düşən sayının artması hesabınadır.

Açar sözlər: Yönəldici sahə, döyünən cərəyan, donar, akseptor, keçiricilik.

Pacs: 61.80.Ed.

GİRİŞ.

Son vaxtlar biroxlux üçqat birləşmələrə tədqiqatçıların marağı artmışdır. Həmin qrupa daxil olan birləşmələrin bir qismi $A^I B^{III} C_2^{VI}$ ümumi formulu ilə ifadə olunur. Onlardan biri də CuAlSe₂-dir, *p*-tip keçiriciliyə malikdir, xalkopirit strukturunda kristallaşır [1]. Aldığımız yeni maddənin bağlı zonasının enerjisi böyük qiymətə malikdir. Lüminessensiya spektrindən hesabladığımız nəticələrə əsasən, yeni alınan zolaqların piklərinin enerjisi, uyğun olaraq $E_1=2,1\text{eV}$, $E_2=1,9\text{eV}$, $E_3=1,65\text{eV}$ -dur.

Bu tip kristalların zona quruluşunun ümumi mənzərəsi hörmətli alimimiz F. Həşimzadə tərəfindən öyrənilmişdir [2]. CuAlSe₂ birləşməsi iktemperaturlu soyutma üsulu ilə sintez olunmuş, Bricmen-Stokberqer üsulu ilə yetidirlmişdir. Tərkibə daxil olan maddələrin təmizlik dərəcəsi aşağıdakı kimidir. Cu-99,999%, Al-99,999%, Se-99,999%. Ərimə temperaturu 1343°K-dir. Ampulanın qızdırıcı sisteminin içərisinə daxilolma sürəti 1mm/saatdır. Reaksiya 48 saat davam etmişdir. Stabilliyi təmin etmək üçün, ampula peçin içərisindən 10 saat sonra çıxarılmışdır. Yeni alınmış maddə, üzərində ölçülər aparmaq üçün, lazımı vəziyyətə gətirilmişdir. Nümunənin səthi (M14) karbid bor tozu ilə işlənmişdir. Tərkibi HCl+HNO₃ (1:1) nisbətində olan məhlulda 30 saniyə saxlanılmış, sonra isə distillə edilmiş suda yuyulmuşdur. Xüsusi peçdə 3 saat qurudulmuşdur. Nümunənin otaq temperaturundakı müqaviməti $R=0,1\text{M}\Omega$ -dur, ölçüləri isə 1,5x0,5x2,5 mm³-dir.

MÖVZUNUN AKTUALLIĞI.

Bağlı zonanın eninin, böyük qiymətə malik olması, geniş temperatur intervalında işləyən elektron cihazları üçün, vacib şərtlərdən biridir. Üçqat birləşmələr, ikiqat analoqlarından fərqli olaraq, bir çox üstün xassələrə malikdirlər: ikiqat sınmanın olması; inversiya mərkəzinin olmaması; temperaturdan asılı olmayan, doyma cərəyanının tez-tez müşahidə olunması.

MƏSƏLƏNİN QOYULUŞU.

Çətin alınan biroxlux kristalların inversiya mərkəzlərinin olmaması onlarda yeni maraqlı fiziki parametrlərin

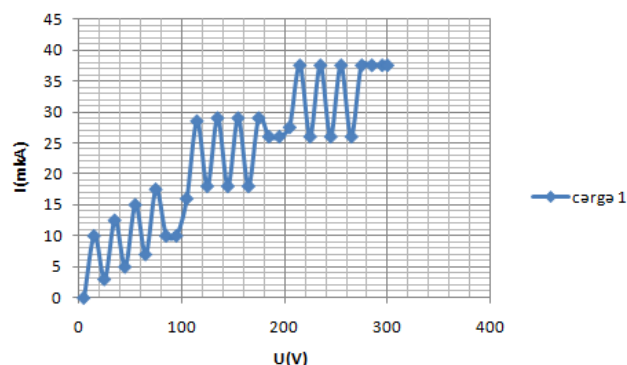
meydana gəlməsinə səbəb olur. Yönəldici sahənin təsirdən sonra müsbət və mənfi ionların yaranması: bu növ aşqar mərkəzlərin yaranması, yarımkeçiricilərdə keçiriciliyin sabit formada dəyişməsinə imkan yaradır. Digər bir üstün cəhət də odur ki, həmin aşqar mərkəzlər övvəlcədən idarə oluna bilər. Alınan nəticələrdən yeni elektron cihazların hazırlanmasında istifadə etmək olar.

TƏCRÜBƏNİN APARILMASI.

Ölçmələr otaq və azot temperaturunda aparılmışdır. Sahənin qiymətinin dəyişdirilməsi müxtəlif addımlarla həyata keçirilmişdir (1,2,3,5,10V). Nümunələrə gümüş pasta ilə kontakt qoyulmuşdur. Keçiriciliyin qiymətinin, istiqamətdən asılı olmaması, kontaktların Omik olmasını təsdiqləmişdir. Nümunəyə verilən yönəldici sahə geniş intervalı əhatə edir (1-300V). Cərəyanın qiyməti mikrovolt-nanoampermetrlə ölçülmüşdür.

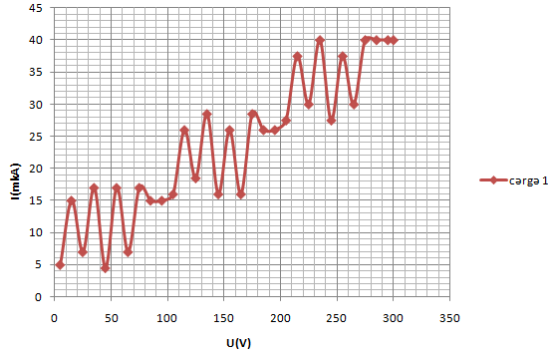
ALINAN NƏTİCƏLƏRİN MÜZAKİRƏSİ.

CuAlSe₂ monokristalının Volt-Amper xarakteristikasını ölçərkən, yönəldici sahədən mütənəşib asılı olmayan rezonans əyriyə müşahidə olunmuşdur. Alınan döyünən cərəyan, elektronların atomlardan səpilməsi hesabınadır. Omik kontaktlı yarımkeçiricilərdə cərəyanın güclənməsi sahənin sabit qalaraq artım sahənin misilləri qədər olması faktına əsaslanır. Onda, cərəyanın döyünən və artan halını müşahidə edirik.

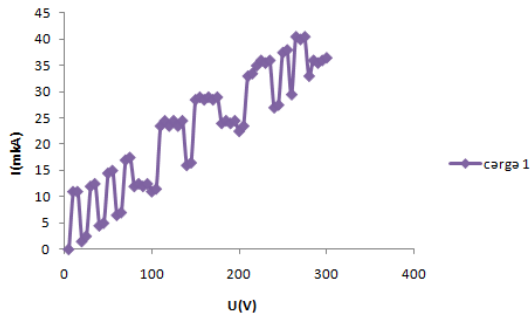


Şəkil 1. T=300 K, Volt-Amper xarakteristikası, addım-10V.

Tədqiqat apardığımız nümunələrdə, ədəbiyyatda [1] verilən əyridən fərqli olaraq, cərəyanın qiyməti döyünən paketlər şəklində rezonans halında artır (şəkil 1). Bu, üç-qat birləşmələrdə baş verən fiziki proseslərin xarici təsirlərə necə həssas olduğunu bir daha göstərir. Yöndəldici sahənin addımını dəyişərkən, spektrin formasında dəyişmələrlə rastlaşırıq. Məsələn, sahənin artmasının 10V-2x10V-3x10V...30x10V halında və 5V halında spektr simmetrikliliyini saxlayır (şəkil 2).



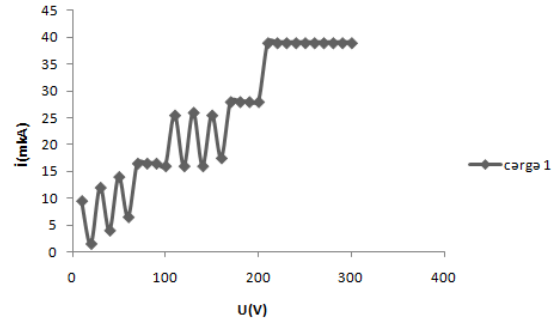
Şəkil 2. $T=300$ K, Volt-Amper xarakteristikası, addım=5V.



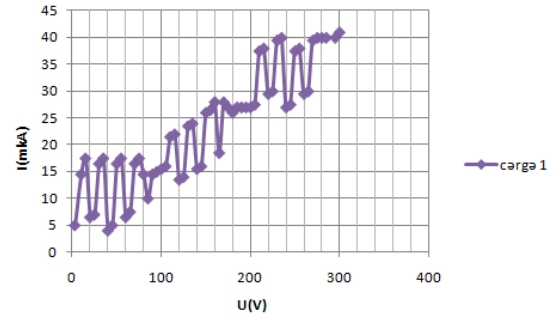
Şəkil 3. $T=300$ K, Volt-Amper xarakteristikası, addım=3V.

Qalan hallarda (1, 2, 3V) bu simmetriklilik pozulur (şəkil 3). Zənnimizcə, cərəyanın pilləli şəkildə artması elektronların aşqar ionlarından səpilməsi hesabına olur. $A^I B^III C_2^VI$ birləşmələrində dolu (valent) zona 16 ədəd müstəvi dalğalar budağından ibarətdir [12]. Aralarındakı məsafə isə əksinə böyükdür. Dolu zonanın belə xassəyə malik olması, birləşmənin ion xarakterli olduğunu göstərir. Yəni, $CuAlSe_2$ – molekulu sahənin təsirindən sonra üç iona ayrılır. Bu ionlaşan atomların özünəməxsus aktivləşmə enerjisi vardır. Cu - atomunun aktivləşmə enerjisi - 7,69 eV, Al - atomunun aktivləşmə enerjisi - 5,96 eV, Se - atomunun aktivləşmə enerjisi - 9,75 eV-dur. Bunları və yöndəldici sahənin addımının 10 eV olduğunu və bu artımın birinci addımın misillərindən ubarət olduğunu nəzərə alsaq, elektronların orta kinetik enerjisi artır. Toqquşmadan sonra atomlar elektron itirərək, ya da qazanaraq iona çevrilirlər. Sərbəst elektronların və dəşiklərin vahid sahəyə düşən sayı artmış olur. Kristal p -tip keçiriciliyə malik olduğundan, Fermi səviyyəsi valent zonaya yaxın yerləşir, təsirdən sonra akseptorların sayı çox olur. Akseptorlar mənfi yükə malik olduğundan, onların dəşikləri tutmaq ehtimalı elektronlarınkına nisbətən çox olur. Ona görə də, elektronların sayı akseptor mərkəzləri tərəfindən rekombinasiya olunan dəşiklərin hesabına artır. Fermi səviyyəsi

yuxarı qalxır, elektron keçiriciliyi üstünlük təşkil edir, bu isə cərəyanın qiymətinin artmasını təmin etmiş olur (şəkil 4). Bu zonaların eni sfalerit birləşmələrdə olan zonaların enindən nazikdir.



Şəkil 4. $T=77$ K, Volt-Amper xarakteristikası, addım=2V



Şəkil 5. $T=77$ K, Volt-Amper xarakteristikası, addım=1V

Fermi səviyyəsinin KT qədər yuxarıya sürüşməsi hesabına sərbəst yük daşıyıcıların, vahid həcmə düşən sayı e^+ dəfə artmış olur. Ona görə də, axan cərəyan verilən yöndəldici sahədən kəskin asılı olur. Cərəyanın qiymətinin kvadratik artmasının ikinci bir səbəbi, omik kontaktlı metallıq yarımkeçiricilərdə fəza yüklərinin cərəyanı ləngitməsi hesabına olur. Şəkildən görüldüyü kimi, sahənin qiyməti hər dəfə sabit olaraq artdıqca, katoddan kükrəyib qalxan elektronlar, kristalın içərilərinə yayılır. Bu elektronların bir hissəsi aşqar mərkəzləri tərəfindən tutulur. Hər hansı bir maddənin Volt-Amper xarakteristikasının formasını dəqiq bilməklə, aşqar mərkəzlərin paylanma enerjisini hesablamaq olar [11], bu şərtlə ki, alınan cərəyan ion mərkəzləri vasitəsi ilə ləngidilmiş sərbəst yükdaşıyıcılar olsun. Onda, (şəkil 5) birinci minimumun sahəni ifadə edən abssis oxu ilə kəsişməsindən U –un (Voltlarla) qiymətini götürməklə (1)

$$N_i = CU/eLA \quad (1)$$

düsturundan istifadə edərək, aşqar mərkəzlərinin vahid sahəyə düşən sayını (konsentrasiyasını) hesablamaq olar [1]. Burada, N_i - ion mərkəzlərin konsentrasiyasıdır, C - kristalın tutumu, L - kontaktlar arasındakı məsafə, A - kristalın eninə kəsiyinin sahəsidir. Kiçik həcmli kristalların tutumunu dəqiq ölçə bilən müasir cihazı olan hər bir kəs, bu sadə düsturla fiziki parametrlərin bir neçəsini tapa bilər. Nəzəri və təcrübi nəticələri bir araya gətirdikdə aydın olur ki, Volt-Amper xarakteristikası təkcə praktiki sahədə istifadə olunan cihazların xarakteristikasını aydınlaşdır

maq üçün deyil, nəzəri cəhətdən də geniş imkanlara malikdir.

YEKUN NƏTİCƏ.

CuAlSe₂ monokristalının Volt-Amper xarakteristikasını təhlil etməklə, nümunəyə verilən sahə hesabına, cərəyanın

artmasının səbəbləri göstərilmişdir. İon mərkəzlərinin konsentrasiyasını hesablamağın düsturu verilmişdir. Aydın olmuşdur ki, cərəyanın döyünməsi və artması rekombinasiyadan sonra elektronların vahid həcmə düşən sayının artması hesabınadır.

-
- [1] *Р. Бьюб.* Фотопроводимость твердых тел. М. 1962, с. 558.
- [2] *В.И. Фистуль.* Сильно легированные полупроводники. М. 1967, с. 415.
- [3] *В.С.Вавилов.* Действие излучений на полупроводники. М.1963, с. 264.
- [4] *С.М. Рывкин.* Фотоэлектрические явления в полупроводниках. М. 1963, с. 494.
- [5] *Ч. Пул-мл., Ф. Оуэнс.* Мир материалов и нанотехнологии. М. 2010, с. 330.
- [6] *Р.Г. Родес.* Несовершенства и активные центры в полупроводниках. М.1968, с. 371.
- [7] *Я.А. Федотов.* Основы физики полупроводниковых приборов. М.1964, с. 655.
- [8] *İ. Qasimoğlu, Q.S. Mehdiyev, Z. Qədiroğlu, Ə.M. Ələsgərov, İ.A. Məmmədova, N.V. Mahmudova.* AJP Fizika, 2017, volume XXIII, N2, sektion: Az, s. 10-14.
- [9] *J.E. Jaffe and Alex Zunger.* Physical Review B, vol. 29, N 4, 15 February 1984, p. 1882-1906.
- [10] *B. Tell, J.L. Shay and H.M. Kasper.* J.Appl. Phys., vol. 43, No. 5, May 1972, p. 2469-2470.
- [11] *A. Rose.* Phys. Rev., 1955, 97, p. 1538.
- [12] *A.C. Поплавной, Ю.И. Полугалов.* Неорганические материалы. 1971, т. VII, N 10, с. 1706-1710.

I. Qasimoqlu, A.H. Bagirov, H.M. Askerov, Q.S. Mehdiyev, Z. Qadiroqlu, N.V. Mahmudova, Sh.Q. Qasimov

THE APPEARANCE OF CURRENT OSCILLATION IN CuAlSe₂ SINGLE CRYSTAL UNDER POLARIZING FIELD INFLUENCE

Experimentally it is shown that the current oscillations appear in CuAlSe₂ single crystal under polarizing field influence. It is established that, the current increase depends on electron concentration after carrier recombination.

И. Гасымоглу, А.Г. Багиров, Г.М. Аскеров, Г.С. Мехдиев, З. Гадироглу, Н.В. Махмудова, Ш.Г. Гасымов

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ОСЦИЛЛЯЦИЙ ТОКА В МОНОКРИСТАЛЛЕ CuAlSe₂ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПОЛЯРИЗУЮЩЕГО ПОЛЯ

Экспериментально показано, что под действием поляризующего поля, в монокристалле CuAlSe₂ возникают осцилляции тока. Установлено, что возрастание тока зависит от концентрации электронов, остающихся после рекомбинации носителей

Qəbul olunma tarixi: 12.04.2018