

CuCr<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> KRİSTALI ƏSASINDA MAQNİT DİOD QURULUŞUNUN YARADILMASI  
VƏ BƏZİ PARAMETRLƏRİNİN XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Ç.İ. ƏBİLOV, M.Ş. HƏSƏNOVA, E.K. QASIMOVA, N.T. HÜSEYNOVA

Azərbaycan Texniki Universiteti. AZ1073, H.Cavid pr.25

E-mail: [cabilov@yahoo.com](mailto:cabilov@yahoo.com), [mhsh28@mail.ru](mailto:mhsh28@mail.ru), [ema-77@mail.ru](mailto:ema-77@mail.ru),  
[nigar-guseynova@list.ru](mailto:nigar-guseynova@list.ru)

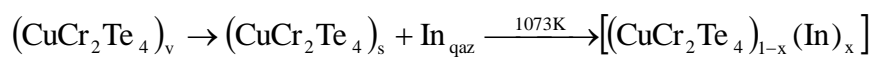
Laboratoriya şəraitində indiumun diffuziyası ilə CuCr<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> kristalı əsasında maqnit diod quruluşu yaradılmış, onun volt-ampere xarakteristikası tədqiq edilmiş, bəzi praktiki parametrləri hesablanmışdır. Bu məqsədlə xüsusi konstruksiyaya malik olan kvars ampuldan istifadə edilmiş, diffuziya prosesi üçün texnoloji rejim işlənmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, quruluşa tətbiq edilən 2 volt gərginlikdə düzünə cərəyanın azalması baş verir. Diodun voltmaqnit həssaslığı ~10,7 v/Tl, nisbi gərginlik maqnit intensivliyi isə 2,4·10<sup>-6</sup> v/A·Tl tərtibindədir. Bu göstəricilər germanium və bəzi digər yarımkeçirici materiallar əsasında yaradılan maqnit diodlarının analoji parametrlərindən üstündür.

Yaradılan cihaza giriş və çıxış kontaktların nazik təbəqə şəklində konstruksiyaya edilməsi təklif edilərək, bütövlükdə diod quruluşunun cihaz kimi təsviri verilmişdir.

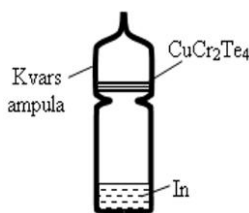
**Açar sözlər:** maqnit diodu, voltmaqnit həssaslığı, gərginlik, maqnit intensivliyi, maqnit diod effekti  
**PACS:** 09.09.29

İlk maqnit diodları InSb və Ge yarımkeçiriciləri əsasında hazırlanıb, lakin belə diodlar geniş tətbiq sahəsi tapmayıb, çünki bu materiallarda qadağın zolağının eni kiçik, məxsusi keçiricilikləri isə böyükdür. Bu səbəbdən, onlarda tələb edilən cərəyan sıxlığında və hətta diodun qalınlığının diffuziya yerdəyişməsinə olan nisbətinin böyük ( $d/L$ ) qiymətlərində də yüksək injeksiya səviyyələrinə nail olmaq olmur. Bu cəhətdən Si və GaAs əsasında hazırlanan maqnit diodları daha sərfəli sayılırlar (xüsusi müqavimətin yüksək olmasına görə). İstər bizim tədqiqatlarda, istərsə də çoxsaylı ədəbiyyat məlumatlarının nəticələrinə görə CuCr<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> birləşməsi maqnit yarımkeçiricisi kimi təsdiq olunmuş və ətraflı tədqiq edilmişdir [1-3]. Lakin, onun xassələrinə dair geniş məlumatların olmasına baxmayaraq, birləşmənin tətbiq sahələri çox məhduddur. Deyilənləri

nəzərə alaraq, tərəfimizdən CuCr<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> birləşməsi əsasında maqnit diodu hazırlanmış və onun tətbiqi parametrləri tədqiq edilmişdir. CuCr<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> birləşməsinin alınma texnologiyası [4] işində verilmişdir. Onun əsasında diffuzion diodun yaradılması üçün xüsusi konstruksiyalı kvars ampula hazırlanmış və diffuziant məqsədlə istifadə edilən təmiz indiumla CuCr<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> kristalı bu ampulanın müxtəlif temperaturu sahələrində yerləşdirilmişdir. Daxilində ~ 0,133 Pa tərtibində vakuüm yaradılan ampulada CuCr<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> kristalı ~10 saat ərzində indium buxarında termiki emal edilmişdir. Nəticədə, CuCr<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> birləşməsinin səthində (CuCr<sub>2</sub>Te<sub>4</sub>)<sub>1-x</sub>In<sub>x</sub> tərkibinə uyğun gələn nazik təbəqə şəklində bərk məhlul sahəsi yaradılmışdır ki, bu da kristalın səthində baş verən aşağıdakı reaksiyanın nəticəsində reallaşır:



Burada,  $v$  və  $s$  simvolları müvafiq olaraq kristalın həcmi və səthinin sahələrini xarakterizə edir. Belə tərkibli bərk məhlulun mövcudluğu CuCr<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> – In sistemində misin indiumla kiçik faizli əvəzləmələrində termodinamiki və fiziki-kimyəvi xassələrin tədqiqi ilə də təsdiq edilmişdir. Diffuziya prosesini yerinə yetirmək üçün bir hissəsi daraldılan kvars ampuladan istifadə edilmişdir ki, belə ampulanın maddələrlə birlikdə ümumi görünüşü şəkil 1-də verilmişdir.



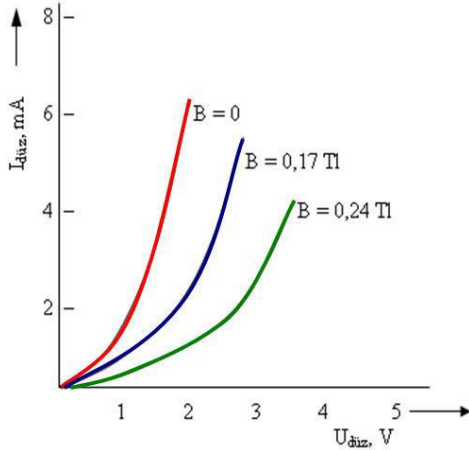
Şəkil 1. Lokal diffuziya üçün hazırlanan kvars ampulanın konstruksiyası və onun daxilində maddənin yerləşdirilməsi.

Qeyd etmək lazımdır ki, aşqarsız CuCr<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> birləşməsinin keçiricilik tipi « $p$ » işarəlidir. Onun səthində yaradılan indiumla zəngin olan səth təbəqəsinin keçiriciliyi  $n$ -tip olmuşdur. Bu xüsusiyyətlər termo.-e.h.q.-nin ölçülməsi ilə müəyyənləşdirilmişdir.

Yaradılan diffuzion quruluşa gümüş pastasından kontaktlar çəkilərək, onların VAX-1 adi şəraitdə və müxtəlif intensivlikli maqnit sahələrində ölçülmüşdür. Maqnit diodlarının yaradılması ona görə perspektivlidir ki, belə cihazlarda siqnal effektinin qiyməti ən yaxşı Holl vericilərindən və maqnit müqavimətlərindən bir neçə dəfə yüksəkdir. Ümumiyyətlə, qalvanomaqnit cihazlarında maqnit sahələrinə həssas xassələri xarakterizə etmək üçün cərəyan maqnit həssaslığı ( $\gamma_1 = \frac{\Delta I}{\Delta B}$ ) və gərginlik maqnit həssaslığı əmsalından ( $\gamma_v = \frac{\Delta U}{\Delta B}$ ), həmçinin nisbi gərginlik maqnit həssaslığı əmsalından ( $\gamma = 10^3 \frac{\Delta U}{I \Delta B}$ ) istifadə edilir. Baxmayaraq ki, bu əmsalların qiyməti silisium, germanium və qallium arsen yarımkeçiricilərində yüksəkdir, lakin son zamanlarda mə-

lum olmuşdur ki, tərkibində maqnit ionlu kimyəvi element olan ikili və üçlü birləşmələr göstərilən parametrlərin qiymətinə görə Si, Ge və GaAs-dən hazırlanan analogi cihazları üstələyir. Əgər belə yarımkeçirici eyni zamanda həm də maqnit materialdırsa, o zaman bu sahədə daha yüksək nəticələrə nail olmaq olar.

Şəkil 2-də diffuziya texnologiyası ilə tərəfimizdən  $\text{CuCr}_2\text{Te}_4$  maqnit yarımkeçiricisi əsasında yaradılan diod quruluşunun volt-ampere xarakteristikasının müxtəlif intensivlikli maqnit sahəsindəki düzünə qolları göstərilmişdir. Göründüyü kimi, asılılıq məlum maqnit diodlarının analogi xarakteristikaları ilə keyfiyyətlə uzlaşır. Dioda tətbiq edilən gərginliyin  $\sim 2$  volt qiymətində maqnit sahəsinin hər iki ölçü intensivliyində düzünə cərəyanın azalması müşahidə edilir. Hesablamalardan məlum olmuşdur ki, hazırlanan maqnit diodunun volt-maqnit həssaslığı  $\sim 10,7$  v/Tl tərtibindədir. Nisbi gərginlik (volt) maqnit intensivliyinin qiyməti isə  $\gamma = 2,4 \cdot 10^{-6} \frac{\text{V}}{\text{A} \cdot \text{Tl}}$ -dir. Qeyd etmək lazımdır ki, hər iki parametrin qiyməti germaniumdan hazırlanan maqnit diodunun analogi parametrlərinin qiymətindən üstündür [5]. Ümumiyyətlə, məlumdur ki, maqnit diodunun səmərəliliyi onun bazasının enindən də asılıdır. Nazik bazalı  $p - n$  keçidlərindən maqnit diodu kimi istifadə edilməsi məqsədəuyğun sayılmır. Enli bazalı  $p - n$  keçidlərində ( $W > L$ ) dioda tətbiq edilən düzünə gərginlik  $p - n$  keçidi sərhəddi ilə diodun bazası arasında paylanır, yəni  $U_{düz.} = U_{p-n} + I_{düz.} R_{baza}$  olur. Müxtəlif müqavimətli yarımkeçirici materiallar üçün  $(W/L)_{opt.} = 0,5$   $\text{In}10\rho$  kimi ifadə edilir ki, burada da  $\rho$  baza sahəsinin müqavimətidir [6]. Yəni, baza materialının müqaviməti artdıqca,  $W/L$  nisbəti də böyüyür. Hazırlanan maqnit diodu üçün bu nisbət 0,3-ə bərabərdir. Beləliklə, maqnit diodunun həssaslığını artırmaq üçün baza materialının müqaviməti böyük olmalıdır.

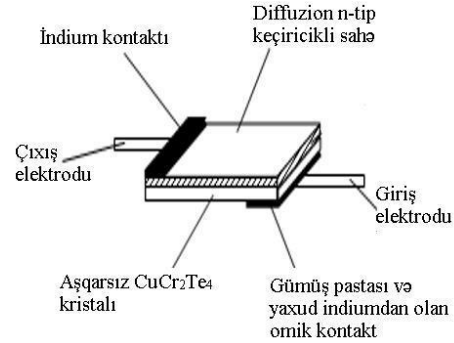


Şəkil 2. İndiumun diffuziyası ilə  $\text{CuCr}_2\text{Te}_4$  əsasında yaradılan maqnit diodunun volt-ampere xarakteristikasının müxtəlif maqnit sahəsi intensivliklərində düzünə qolu.

Maqnit diodunun yüksək maqnit həssaslığına malik olması, qalvanomaqnit cihazlarının tətbiqi üçün yeni istiqamətlər açmışdır. Onlardan müxtəlif açar sxemlərində və maqnit sahə effektivin düzxətli olması vacib sayılmayan, lakin onun qiymətinin həlledici rola malik olduğu qurğularda istifadə edilir. Maqnit diodlarının

əsas üstünlüyü ondan ibarətdir ki, onların sxemə qoşulması üçün əlavə gücləndirici qurğular tələb edilmir.

Məlumdur ki yarımkeçirici kristaldan hazırlanan diodu maqnit sahəsində yerləşdirdikdə, maqnit intensivliyi xətləri elektron və deşik yükdaşıyıcılarının hərəkət trayektoriyasını dəyişdirir, yəni burada hərəkət istiqamətinin əyilməsi baş verir. Nəticədə yükdaşıyıcılarının yürüklüyü zəifləyir ki, bu da diffuziya sürüşməsi uzunluğunun kiçilməsinə səbəb olur. Eyni zamanda cərəyan xətlərinin uzanması, yəni bazanın effektiv qalınlığı genişlənməsi baş verir. Maqnit sahəsi, nəinki yürüklüyə və cərəyan xətlərinin istiqamətinə təsir edir, o həmçinin, yükdaşıyıcılarının yaşama müddətini də azaldır. Bütün bunlar, diodun qeyri-taraz keçiriciliyinin güclü dəyişməsinə səbəb olur. Maqnit sahəsində diffuziya uzunluğu sürüşməsinin və bazanın effektiv qalınlığının ilkin dəyişməsi, bazanın müqavimətini kəskin dəyişdirir. Buna müvafiq olaraq qeyri-taraz yükdaşıyıcılarının konsentrasiyasının kəskin dəyişikliyi düzünə cərəyanı da güclü artırır ki, bu da maqnit diodu effekti adlanır. Mənfi yaxud müsbət qeyri-taraz keçiricilik yaradılan hər bir yarımkeçirici quruluşu maqnitdiodu effektivliyi müşahidə etmək olar. Keçiricilik o zaman müsbət olur ki, yarımkeçiricidə əsas yükdaşıyıcılarının konsentrasiyası tarazlı yükdaşıyıcılarının konsentrasiyasından çox olsun. Əks təqdirdə, keçiricilik mənfi sayılır.



Şəkil 3.  $\text{CuCr}_2\text{Te}_4$  birləşməsi əsasında yaradılan diffuzion diod quruluşunun konstruksiyası

Diffuziyaya uğradılan və qalınlığı ümumi olaraq  $\sim 2$  mm olan  $\text{CuCr}_2\text{Te}_4$   $\langle \text{In} \rangle$  kristalına alt və üst tərəfdən kontaktlar yaradılaraq, onun bir daha bəzi parametrləri ölçülmüşdür. Müəyyən edilmişdir ki, diffuzion səthdə metallik indium daha effektiv omik kontakt yaradır. Kristalın alt hissəsində isə, yəni diffuziyaya məruz qalmayan səthdə gümüş pastasının kontakt məqsədilə istifadə edilməsi müsbət nəticələr verir. Bunları nəzərə alaraq, yaradılan diffuzion quruluşun kontaktlarının yaradılmasında həm təmiz indiumdan, həm də gümüş pastasından istifadə edilmişdir. Yaradılan diffuzion diodun kontaktları və elektrodları ilə birlikdə konstruksiyası 3-cü şəkildə göstərilmişdir.

Yaradılan diod quruluşunun hermetikləşdirilməsi və onun xarici təsirlərdən qorunması üçün epoksid qətranı maddəsindən istifadə edərək onun səthi hər tərəfdən örtülür. Yalnız diodun anod və katod elektrodlarının məftil ucları (mis və gümüşdən ola bilər) açıqda qalır.

- [1] *J. N. Suziki, T. Nakama, K. Yegasaki, S. Nagata.* J.Solid State Chem. 2006, vol. 179, N140, pp. 140-144.
- [2] *Л.И. Королева.* Магнитные полупроводники. М., 2003, Изд. МГУ, 312 с.
- [3] *Ç.İ. Əbilov, M.Ş. Həsənova.* AJP Fizika. 2019, cild XXV, №2, s. 14-17.
- [4] *Ç.İ. Əbilov, M.Ş. Həsənova.* CuTe-Cr<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> intermetallik sisteminin hal diaqramı və (Cr<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>)<sub>1-x</sub>(CuTe)<sub>x</sub> bərk məhlul ərintilərinin termoelektrik xassələri. “Metallar fizikasının müasir problemləri” 5-ci Beynəlxalq elmi-praktik konfransının materialları. Bakı, 2016, AzMİU-nun mətbəəsi, s. 168-170.
- [5] *В.И. Стафеев.* Магнитодиоды. М., 1975, Наука, 197 с.
- [6] *Э.Н. Заманова, М.А. Джафаров, С.М. Багирова, И.Т. Поладова, Р.А. Гасанова.* Азерб. журнал «Физика». 2008, том XIV, №3, с. 38-40.

**Ch.I. Abilov, M.SH. Hasanova, E.K. Gasumova, N.T. Guseynova**

### **CREATION AND FEATURES OF SOME PARAMETERS OF A MAGNETIC DIODE STRUCTURE BASED On A CuCr<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> CRYSTAL**

Under laboratory conditions, a magnetic diode structure based on a CuCr<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> crystal was created and studied for its current-voltage characteristic. It is determined that when a voltage of 2 volts is applied, a decrease in forward current. The volt-magnetic sensitivity of the diode is ~10,7 v/Tl, and the relative volt-magnetic intensity is 2.4·10<sup>-6</sup> v/A·Tl. These indicators exceed similar parameters of germanium and other magnetic diodes created on the basis of some semiconductor materials.

**Ч.И. Абилов, М.Ш. Гасанова, Э.К. Касумова, Н.Т. Гусейнова**

### **СОЗДАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ МАГНИТНОЙ ДИОДНОЙ СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ КРИСТАЛЛА CuCr<sub>2</sub>Te<sub>4</sub>**

В лабораторных условиях создана магнито-диодная структура на основе кристалла CuCr<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> и исследована её вольтамперная характеристика. Определено, что при приложении напряжения в 2 вольта наблюдается уменьшение прямого тока. Вольтмагнитная чувствительность диода равно ~10,7 v/Tl, а относительная вольтмагнитная интенсивность 2,4·10<sup>-6</sup> v/A·Tl. Эти показатели превышают аналогичных значений параметров германиевых и других магнитных диодов созданных на основе некоторых полупроводниковых материалов.