

PACS 546.21; 538.935

MÜXTƏLİF FAİZLİ [...C₄H₈...] (PE) VƏ CuGaIn₂Se₅ ƏSASLI NAZİK TƏBƏQƏ KOMPOZİTİNDƏ TEZLİKDƏN ASILI BƏZİ PARAMETRLƏRİN TƏYİNİ

İBRAHİMOVA S.İ., SƏMƏDOVA Ü.F., ƏLİYEV N.A., HÜSEYNOV Q.H.

*Azərbaycan MEA akademik H.M. Abdullayev adına Fizika İnstitutu,
Az-1143, Bakı, H.Cavid prospekti, 131
e-mail: seva-ahmed@mail.ru*

İşdə PE (polietilen) və defekt tip xalkoprit quruluşa malik CuGaIn₂Se₅ tərkibli yarımkeçirici əsasında nazik təbəqə kompozit nano ölçülü material hazırlanmışdır. Hazırlanmış kompozitdə tezlikdən asılı olaraq nümunədə baş verən fiziki dəyişikliklər təhlil edilmişdir.

Açar sözlər: Rentgen-difraksiya, quruluş, kompozit, yarımkeçirici, polietilen, tezlik, elektrikkeçirmə, dielektrik nüfuzluğu

Xalkopirit— CuFeS₂ giriş və onun çoxsaylı quruluş tip analoqları olan ABX₂ tip birləşmə və bərk məhlullar (A— Cu, Ag; B—Fe, In, Ga; X— S, Se, Te) perspektivli maqnit və optiki həssas materiallar kimi uzun illərdə tədqiqatçıların diqqətindədir və artıq onlar əsasında müxtəlif təyinatlı çevricilər, günəş batareyaları və digər optik cihazlar istifadədədir [1-4]. Qeyd etmək lazımdır ki, son vaxtlar göstərilən birləşmələrin iştirakı ilə müxtəlif xarakterli dielektriklər əsasında kompozit materialların hazırlanmasına və onlarda müxtəlif amillərin təsiri ilə baş verən fiziki-kimyəvi xassələrin tədqiqində maraqlar artmışdır [5, 6].

Məlumdur ki, kompozit materiallar iki hissədən, disperqatordan və onları özlərində saxlayan matrisadan ibarətdirlər və bu tərkiblərin həcmdəki faizi əvvəlcədən hesablanır. Ərintilərdən fərqli olaraq kompozit materiallarda tərkibə daxil olan fazalar ayrı-ayrılıqda öz xassələrini itirmirlər.

Kompozitlərdə müşahidə edilən müxtəlif növ xassələrin yaranması əsasən onları təşkil edən hissələr, yəni fazalararası sərhədlər olan potensial çəpərin formalaşması ilə əlaqədardır. Öz növbəsində, kompozitlərdə müxtəlif xassələrin meydana gəlməsi fazalararası sərhəddə yaranan potensial çəpərin parametrləri ayrı-ayrı fazaların quruluşundan, elektrofiziki parametrlərindən və polimerdoldurucu sərhəddə baş verən proseslərdən çox asılıdır.

Bircinsli olmayan kompozit materiallarda yükdaşınma prosesini tədqiq edən zaman materialın dielektrik parametrlərinin dispersiyası (dielektrik itkisi, dielektrik nüfuzluğu və.s) mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Dielektrik nüfuzluğunun və dielektrik itkisinin tezlikdən asılılığı, matrisa ilə dispersiya fazasının elektrofiziki parametrləri arasındakı münasibətdən, həmçinin onların xarici elektrik sahəsindəki oriyentasiyasından asılıdır. Fizikanın və kimyanın və digər müxtəlif elm sahələrində fiziki və kimyəvi araşdırmalar xeyli tədqiqat işlərinin aparılmasına baxmayaraq [9-14] heterogen mühitlərdə dielektrik nüfuzluğunun tədqiqində müəyyən çətinliklər də var. Birincisi, çoxkomponentli sistemlərin effektiv parametrlərinin hesablanması riyazi nöqtəyi nəzərdən çox çətin və yalnız müəyyən hallarda hesablama aparmaq mümkün olur. İkincisi, çoxkomponentli materialları tədqiq edən zaman dəyişən elektrik sahəsində qeyri-bircins sistemlərin xassəsini əks etdirən parametrlərin sayı artır. Həmçinin kompozitin həndəsi quruluşunu, elektrik keçiriciliyini və dielektrik xassələrini müəyyənləşdirən parametrlərdən başqa, tezlikdən və zamandan asılı olan parametrlər meydana çıxır. Bunu nəzərə alaraq bu işdə yeni tərkibli defekt tip xalkoprit quruluşlu CuGaIn₂Se₅ birləşmə və PE (polietilen) əsasında nano ölçülü kompozitdən ibarət nazik təbəqələrin alınması və onlarda tezliyin təsiri ilə baş verən xassə dəyişikliklərinin tədqiqi şərh edilmişdir. Bunun üçün CuGaIn₂Se₅ kristalları sintez edilmiş, 10 gün ərzində 550⁰ C

temperaturunda tablaşdıqdan sonra müasir D8 difraktometrində onun qəfəs ölçüləri və simmetriyası təyin edilmişdir. Aparılan rentgen-difraksiya eksperimentlərinin “Topas” proqramı ilə işlənməsi göstərmişdir ki, tədqiq edilən kristallar tetraqonal quruluşda kristallaşır və onun qəfəs sabitləri $a=5.669\text{Å}$; $c=11.319\text{Å}$, fəza qrupu I-42c. $Z=4$ -dür. Quruluş isə xalkopiritdən fərqli sulvanitin— Cu_3VSe_4 analoqudur [7,8]. Növbəti etapda sintez edilmiş kristaldan və PE-dən ibarət kompazit hazırlanmışdır. Kompazit komponentlərin homogen ovuntu qarışığının isti preslənməsi yolu ilə alınmışdır. Kompazit onu təşkil edən tərkibi uyğun olaraq (20, 30, 40%) $\text{CuGaIn}_2\text{Se}_5$ və (80, 70, 60%) PE ibarətdir. Nazik təbəqəli kompozit nümunələrin hazırlanması üsulu aşağıdakından ibarətdir:

$\text{CuGaIn}_2\text{Se}_5$ və PE-dən ibarət olan şıxta materialını kürəvi farfor dəyirmanında 60mkm və daha kiçik ölçüyədək xırdalanmış, sonra alınmış kütləni presformaya qoyub aşağıdakı kimi isti presləmə prosesi aparılmışdır:

- a) əvvəlcə qatışdırılmış şıxta $P=1\text{MPa}$ təzyiq altında PE-nin ərimə temperaturuna ($T=160^\circ\text{C}$) qədər 3dəq qızdırılır;
- b) sonra təzyiq $P=15\text{Mpa}$ -dək yüksəldilir, ərimiş şıxta 3dəq müddətində təzyiq altında saxlanılır;
- c) alınan nazik təbəqə nümunəsi suda bərkitmə yolu ilə soyudulur. Belə soyutma üsulu zamanı təbəqələr daha elastik alınır.

Hazırlanmış nazik təbəqələrin təkrar rentgenoqrafik tədqiqatı aparılmış və müəyən edilmişdir ki, nümunədə yarımkeçirici kristallarında heç bir quruluş dəyişikliyi izlənmir. Sintez edilmiş kompozitin dielektrik parametrlərini tədqiq etmək üçün onlardan qalınlığı ~ 170 mkm olan, nanoölçülü təbəqələr hazırlanmış və onların hər iki üzünə gümüş pasta çəkilərək kondensatorlar hazırlanmışdır. Rəqəmsal E7-20 immitansi vasitəsilə (102-106 Hs tezlik intervalında) $T=300$ K temperaturunda tutumun C, σ - elektrik keçiriciliyin, D- dielektrik itkisinin qiyməti ölçülmüşdür. Nümunəyə 1 V gərginlik verilmişdir.

Dielektrik itkisinin (D) , tutumun (c) ölçülmüş qiymətlərinə əsasən dielektrik nüfuzluğunun (ϵ) həqiqi və xəyali hissələri və nümunənin elektrik keçiriciliyinin (σ) qiyməti aşağıdakı düsturlarla hesablanmışdır.

$$c = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d} \quad (1);$$

$$\epsilon' = \frac{\epsilon}{\sqrt{1+D^2}} \quad (2);$$

$$\epsilon'' = \frac{\epsilon}{\sqrt{1+D^2}} D \quad (3);$$

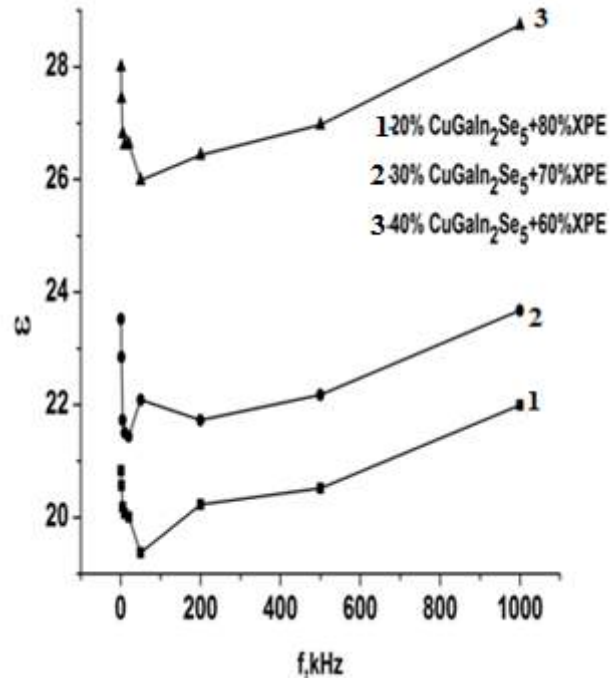
$$\sigma = \epsilon' \epsilon_0 2\pi f D \quad (4)$$

Burada C- kondensatorun tutumu, D- dielektrik itkisi, ϵ' - dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsi, ϵ'' - dielektrik nüfuzluğunun xəyali hissəsi, $\epsilon_0=8.85 \cdot 10^{-12}$ F/m-dir.

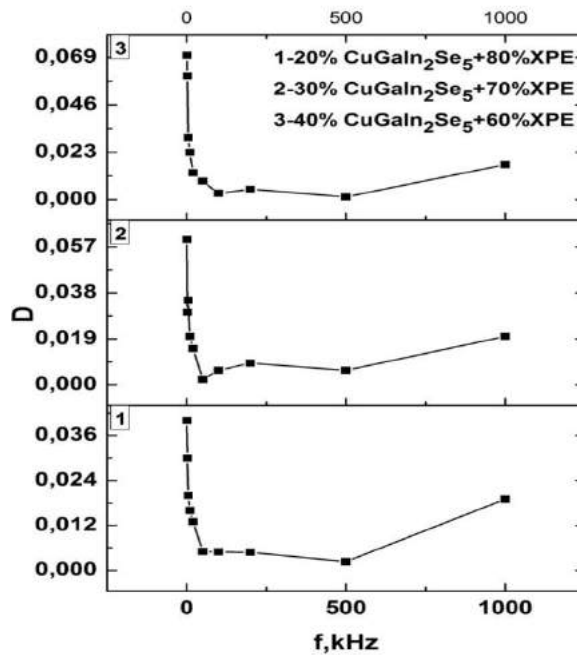
Tədqiqat nümunələri üzərində aparılan ölçülərin qrafikləri aşağıdakı şəkillərdə göstərilmişdir:

Şəkil 1-dən görüldüyü kimi tezliyin və tərkibdə yarımkeçirici hissə faizinin artması ilə dielektrik nüfuzluğunun qiyməti artır. Doldurucunun həcmi faizindən asılı olaraq kompozitin dielektrik nüfuzluğunun müşahidə edilən artımı aşağıdakı kimi izah oluna bilər. İlk növbədə yarımkeçiricinin dielektrik nüfuzluğu polimerin dielektrik nüfuzluğundan çoxdur. Ona görə də kompozitlərin dielektrik nüfuzluğuna yarımkeçiricinin təsiri polimerlərə nisbətən daha böyükdür. İkincisi, yarımkeçiricinin həcm faizinin artması ilə onun hissəcikləri bir-biri ilə daha sıx yerləşir və yarımkeçiricinin hissəcikləri arasında polimer təbəqəsinin qalınlığı azalır. Bu da öz növbəsində bu

təbəqələrdə lokal səviyyələrin yaranmasına, daha doğrusu, bu təbəqənin polyarlaşmasına, bu da uyğun olaraq, kompozitin dielektrik nüfuzluğunun artmasına səbəb olur.

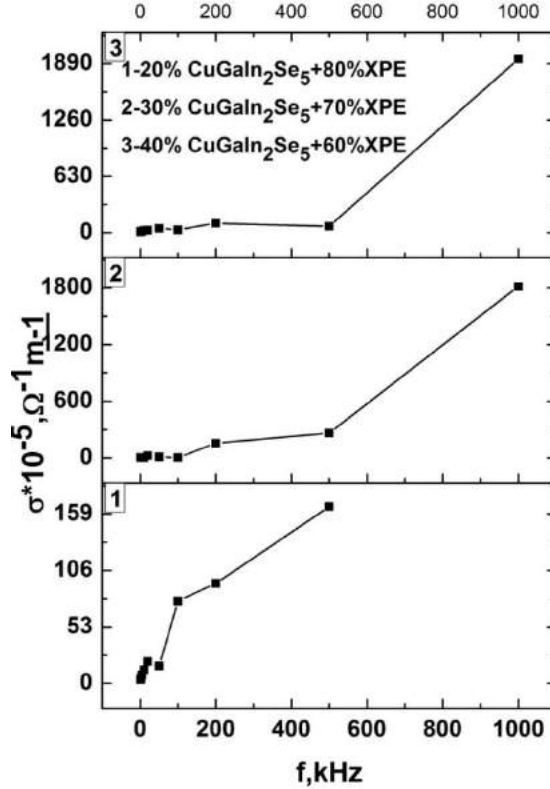


Şək.1. Dielektrik nüfuzluğunun tezlikdən asılılığı.



Şək.2. Dielektrik itkisinin tezlikdən asılılığı.

Şəkil 2-də təsvir edilən əyriyərdən görünür ki, tezliyin və doldurucu hissənin faizindən asılı olaraq, dielektrik itkisinin qiyməti azalır.



Şək.3. Elektrik keçiriciliyinin tezlikdən asılılığı.

Şəkil 3-də elektrikkeçirmənin tezlik və tədqiq edilən kompozit nümunələrdə tezlikdən və tərkiblərdə olan yarımkəçirici fazanın faizindən asılı olaraq keçiriciliyin artması qrafiki verilmişdir. Tezlikdən asılı olaraq dielektrik itkisinin azalması onunla izah edilir ki, tezliyin artması ilə yüklənmiş zərrəciklər (relaksatorlar) verilmiş gərginliyin $\frac{1}{4}$ periodunda elektrik sahəsinin təsiri ilə relaksasiya edə bilməyərək, sahə boyunca istiqamətlənib keçiriciliyin artmasına səbəb olurlar. Başqa sözlə, tezliyin yarım period müddəti ərzində dipol və dipol qruplarının elektrik sahəsi boyuca orientasiya edə bilməmələridir. Beləki, relaksasiya zamanı $\tau \ll 1/2f$ qiymətinə qədər D- artır, $1/2f \ll \tau$ şərtində dielektrik itkisinin qiyməti azalır.

Beləliklə də, tədqiqatın yekunu olaraq, qeyd etmək olar ki, $\text{CuGaIn}_2\text{Se}_5 + \text{PE}$ tərkibdə hazırlanmış nanoölçülü nazik təbəqə kompozitində yarımkəçirici hissənin tezlikdən asılı olaraq, bir sıra fiziki parametrləri: elektrik, dielektrik nüfuzluğu, elektrik itkisi, kondensatorun tutumu və elektrikkeçirməsi ölçülmüş və təhlil edilmişdir. Onu da vurğulamaq lazımdır ki, aparılan tədqiqat işinin lazımlı bir tədqiqat üsulu kimi istifadə edilməsi yüksək müqavimətli nümunələrdə fiziki ölçü aparmaq üçün kontakt prosesinin çətinliyi reallaşdırmaq mümkündür.

1. Anant H., Jahangirdar M.S. Solar driven photoelectrochemical water splitting for hydrogen generation using multiple bandgap tandem of CIGS2 PV Cells and Thin Film photocatalyst. // University of Central Florida, 2002, 225 p.
2. Delgado G.E., Mora A.J. et. al. Journal of Alloys and Compounds 454 (2008), p. 306-309.
3. Боднаръ И.В. Физика и техника полупроводников, 2007, том 41, вып.1, p. 27-30.
4. Merino J.M., Mahanty S. et. al. Thin Solid Films 361-362 (2000), p. 70-73.
5. Souza F.L., Gomes J.W., Bueno P.R. et al. Materials chemistry and physics. 2003, v. 80, p.512.

6. *Hasanli Sh.M., Imanova A.Ya., Samedova U.F.* Polypropylene and Silicon Thin-Film composite resistors. // Surface engineering and applied electrochemistry, 2010, v. 46, № 2, p.165-168.
7. *Felix J., Trojer J.* The American mineralogist, 1966, v. 51, May-June, p.890-894.
8. *İbrahimova S.İ., Hüseyinov Q.H., Ağamirzəyeva G.M., Qasımova V.Ə.* CuGaIn₂Se₅ bərk məhlul kristalının alınması və kristal quruluşu // International Conference Modern trends in physics 20-22 April Baku 2017.
9. *Войлов Д.Н., Новиков Г.Ф., Песецкий С.С., Ефремова А.И., Иванова Л.Л.* Влияние добавки на электрофизические и релаксационные свойства полиамидов ПА6 // Журнал «Пластические массы». –2008. – № 3. с.30.
10. *Лукичёв А.А., Костюков Н.С.* Основные признаки и отличия релаксационной и резонансной поляризации // Вестник АмГУ, 2004, вып.25, с.7-8.
11. *Емец Ю.П.* Дисперсия диэлектрической проницаемости трех и четырехкомпонентных матричных сред // Журнал технической физики, 2003, том 73, вып. 3. с 42-52.
12. *Турик С.А., Чернобабов А.И., Турик А.В., Радченко Г.С.* Неупорядоченные гетерогенные системы: переход диэлектрик-проводник. //Электронный журнал "Исследовано в России". 2004, с 2026-2029.
13. *Turik A.V., Radchenko G.S.* Maxwell-Wagner relaxation in piezoactive media // Appl Phys. 2002. V. 35. № 11. P. 1188-1192.
14. *Səmədova Ü.F.* Fizika ü.f.d. Dissertasiyası. AMEA Fizika İnstitutu, 2013.

**ЗАВИСИМОСТИ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ОТ ЧАСТОТЫ В ТОНКОПЛЕНОЧНОМ КОМПОЗИТЕ СОСТАВА
CuGaIn₂Se₅ И [...C₄H₈...] (PE)**

ИБРАГИМОВА С.И., САМЕДОВА У.Ф., АЛИЕВА Н.А., ГУСЕЙНОВ Г.Г.

Синтезирован тонкопленочный композит состава CuGaIn₂Se₅ (30%) и ...CH₂-CH₂-CH₂-CH₂ ...(70%). Определены зависимости некоторых физических параметров от частоты, таких как: c - емкость конденсатора, действительная и мнимая части диэлектрической проницаемости ϵ' и ϵ'' .

Ключевые слова: рентгеновская дифракция, структура, композит, полупроводник, полиэтилен, частота, электропроводность, диэлектрическая проницаемость.

**DEPENDENCE OF SOME ELECTROPHYSICAL PARAMETERS ON THE
FREQUENCY IN A THIN FILM COMPOSITE OF CuGaIn₂Se₅ COMPOSITION
AND [... C₄H₈ ...] (PE)**

IBRAHIMOVA S.I., SAMEDOVA U.F., ALIEVA N.A., GUSEYINOV G.G.

Thin film composite of CuGaIn₂Se₅ (30%) and ... CH₂-CH₂-CH₂-CH₂ ... (70%) composition is synthesized The dependence of some physical parameters on frequency, such as capacitance c , the real and imaginary parts of the dielectric constant ϵ' and ϵ'' , are obtained.

Keywords: X-ray diffraction, structure, composite, semiconductor, polyethylene, frequency, electrical conductivity, dielectric penetration.