

UOT 546.21;538.935

**POLİETİLEN $|\text{C}_4\text{H}_8|_{1-x}(\text{GaIn}_3\text{S}_6)_x$ ƏSASLI
NANOÖLÇÜLÜ KOMPOZİTLƏRDƏ TEZLİKDƏN
ASILI BƏZİ PARAMETRLƏRİN TƏYİNİ**

İBRAHİMOVA S.İ.

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

$|\text{C}_4\text{H}_8|$ - GaIn_3S_6 əsasında tərkibləri 85%-15%, 70%-30% və 60%-40% uyğun olan nanoölçülü kompozit nümunələr hazırlanmışdır. Hazırlanan nümunələrdə kontakt-nümunə-kontakt kondensatorunun tutumu (c), dielektrik nüfuzluğu (ϵ , ϵ' , ϵ''), dielektrik itkisi (D) və elektrik keçiriciliyi (σ) ölçülmüşdür.

Açar sözlər: Sintez, polietilen, yarımkəçirici, quruluş, kompozit, nazik təbəqə, tezlik.

Məlumdur ki, kompozit materiallar iki hissədən, disperqatordan və onları özlərində saxlayan matrisadan ibarətdirlər və bu hissələrin kompozitdəki tərkiblərin çəki faizləri əvvəlcədən hesablanır. Ərintilərdən fərqli olaraq kompozit materiallarda tərkibə daxil olan fazalar ayrı-ayrılıqda öz xassələrini stabil halda saxlayırlar. Buna baxmayaraq, kompozitlərdə müşahidə edilən müxtəlif növ effektlərin 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 sərhəddində baş verən proseslərdən çox asılıdır.

Bircinsli olmayankompozit 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 nöqteyi nəzərdən çox çətinidir 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 və kristallik quruluşa malik GaIn_3S_6 ilə PE (polietilen) əsasında nano ölçülü kompozitdən ibarət nazik təbəqələrin alınması və onlarda tezliyin təsiri ilə baş verən xassə dəyişikliklərinin tədqiqi şərh edilmişdir. Bunun üçün GaIn_3S_6 kristalları sintez edilmiş, 10 gün ərzində 550°C temperaturunda təbləşdikdən sonra müasir D8 difraktometrində onun qəfəs ölçüləri və simmetriyası təyin edilmiş və kristal quruluşu açılmışdır.

Aparılan quruluş tədqiqatları nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, GaIn_3S_6 heksaqonal sinqoniyada kristallaşır və onun qəfəs parametrləri: $a=7.051 \text{ \AA}$, $c=19.148 \text{ \AA}$, fəza qrupu $P6_1$, $V=824.433 \text{ \AA}^3$, $Z=6.11$. Quruluş analizi təhlilindən alınan nəticələr əsasında müəyyən edilmişdir ki, tədqiq edilən kristalın quruluşu Se atomlarının heksaqonal kip yerləşmə qaydası əsasında yaranmışdır.

Quruluşda (3Ga+3In) atomları tetraedrik boşluqlarda paylanmışlar. Bu vəziyyətdə atomlararası məsafələr M-Se 2.44 Å təşkil edir. Təyin edilmiş məsafələrə görə tetraedrlərdə kimyəvi əlaqənin təbiəti ion-kovalent təbiətlidir.

Quruluşda In –atomlarının əsas hissəsi triqonal dipiramidalarda beşlik koordinasiya məskunlaşırlar ki, burada da In-Se məsafələri 2.640 Å və 2.911 Å təşkil edir. Qeyd edək ki, In və Al atomları üçün koordinasiya ədədi adətən 4 və 6 olur [5, 7]. Bu cəhətə görə GaIn₃Se₆ nümunəsinə bərk məhlul deyil, yeni polimorf faza kimi baxmaq olar.

Növbəti etapda sintez edilmiş kristaldan və PE-dən ibarət kompazit hazırlanmışdır. Kompazit onu təşkil edən komponentlərin homogen ovuntu qarışığının isti preslənməsi yolu ilə alınmışdır. Kompazit onu təşkil edən tərkibi uyğun olaraq (20, 30, 40%) CuGaIn₃Se₆ və (80, 70, 60%) PE ibarətdir. Nazik təbəqəli kompozit nümunələrin hazırlanması üsulu aşağıdakından ibarətdir:

GaIn₃Se₆ və PE-dən ibarət olan şixta materialını kürəvi farfor dəyirmanında 60mkm və daha kiçik ölçüyədək xırdalanmış, sonra alınmış kütləni presformaya qoyub aşağıdakı kimi isti presləmə prosesi aparılmışdır. Texnoloji proses belə olmuşdur:

- a) əvvəlcə qatışdırılmış şixta P=1MPa təzyiq altında PE-nin ərimə temperaturuna (T=160°C) qədər 3dəq qızdırılır;
- b) sonra təzyiq P=15Mpa-dək yüksəldilir, ərimiş şixta 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, 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 qiyməti aşağıdakı düsturlarla hesablanmışdır.

$$c = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}; \quad (1)$$

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

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

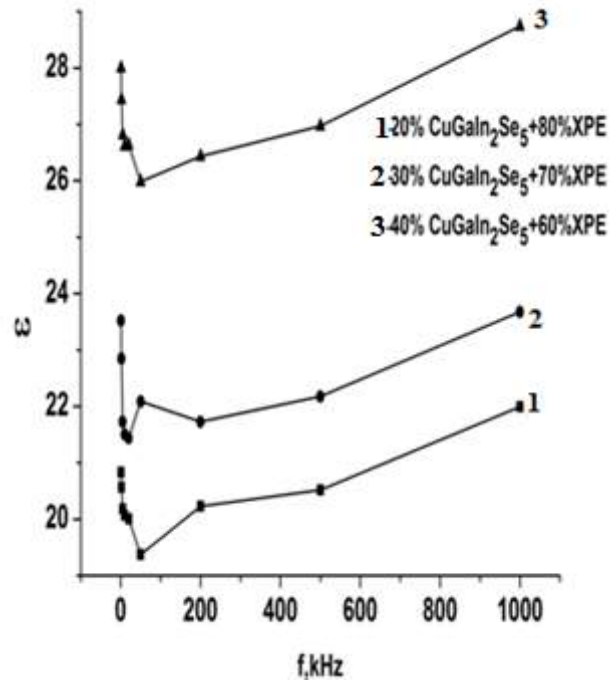
$$\sigma = \varepsilon' \varepsilon_0 2\pi f D \quad (4)$$

Burada C- kondensatorun tutumu, D- dielektrik itkisi, ε'- dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsi, ε''- dielektrik nüfuzluğunun xəyali hissəsi, ε₀=8.85·10⁻¹² F/m-dir.

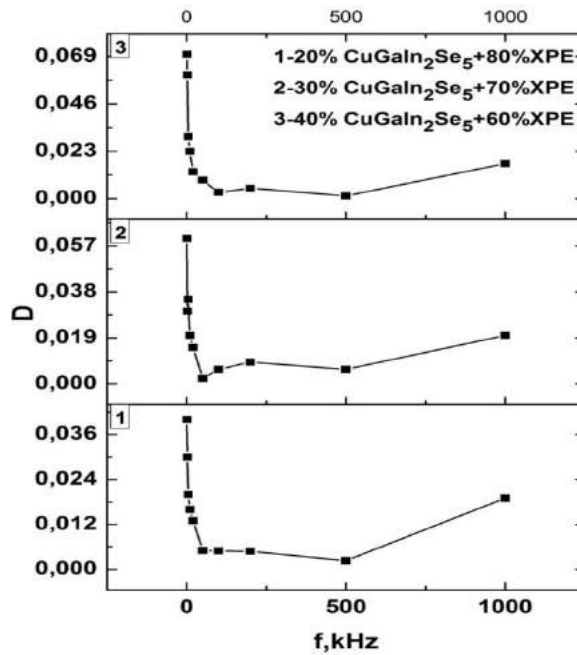
Tədqiqat nümunələri üzərində aparılan ölçülərin qrafikləri aşağıdakı şəkillərdə göstərilmişdir:

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.

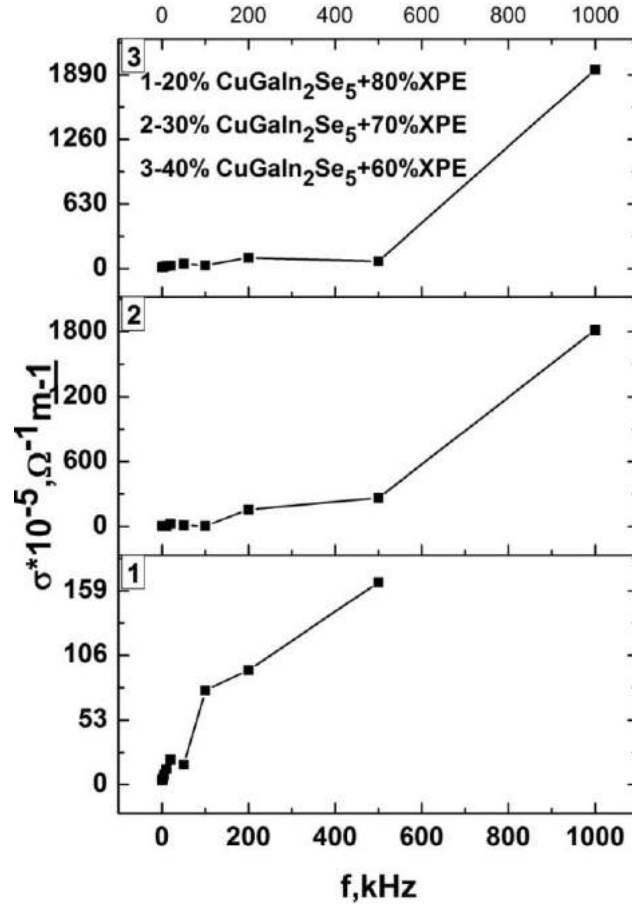


Şək. 1. Dielektrik nüfuzluğunun tezlikdən asılılığı.



Şək. 2. Dielektrik itkisinin tezlikdən asılılığı.

Şəkil 2-də təsvir edilən əyriyərdən görünür ki, tezliyin artması ilə bütün faizlərdə dielektrik itkisinin qiyməti azalır.



Şək. 3. Elektrik keçiriciliyinin tezlikdən asılılığı.

Şəkil 3-də elektrik keçirmənin 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 (şək.2) onunla izah edilir ki, tezliyin artması ilə yüklənmiş zərrəciklər (relaksatorlar) verilmiş gərginliyin $1/4$ 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 boyunca 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 keçiriciliyi, dielektrik nüfuzluğu, elektrik itkisi, kondensatorun tutumu və elektrik keçirməsi ölçülmüş və təhlil edilmişdir. Onu da vurğulamaq lazımdır ki, aparılan tədqiqat işində istifadə edilən üsul yüksək müqavimətli nümunələrdə fiziki ölçü aparmaq üçün kontakt çətinliyi prosesini asanlaşdırır.

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, 225p.
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., Qasimova 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., Г.Ф. Новиков., С.С.Песецкий, А.И.Ефремова, Л.Л.Иванова.* Влияние добавки на электрофизические и релаксационные свойства полиамидов ПА6 // Журнал «Пластические массы». –2008. – № 3. с.30.
10. *Лукичев 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 CuGaIn₂Se₅И[...C₄H₈...](PE)**

ИБРАГИМОВА С.И.

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.

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.