

CuInZnSe₃ BİRLƏŞMƏSİNİN DIELEKTRİK XASSƏLƏRİ

S.İ. İBRAHİMOVA

Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Fizika İnstitutu,

Az 1143, Bakı, H.Cavid pr., 131

sevinc.ibr.amea@gmail.com

Təqdim olunan işdə CuInZnSe₃ birləşməsinin dielektik xassələri tədqiq edilmişdir. Tədqiqatlar $T = 30-200^{\circ}\text{C}$ temperatur və $f = 25 \text{ Hs}^{-1}$ MHzs tezlik intervallarında aparılmışdır. Göstərilən temperatur və tezlik intervallarında dielektrik sabitinin həqiqi və xəyali hissələri, dielektrik itgi bucağı, dielektrik nüfuzluğu kimi müxtəlif fiziki parametrlər təyin edilmişdir. İşdə dielektrik itgi bucağı, elektrik keçiriciliyi və dielektrik nüfuzluğunun həqiqi və xəyali hissələri elektrik sahəsinin tezliyinin və zamanın funksiyası kimi öyrənilmişdir.

Açar sözlər: CuInZnSe₃, dielektrik nüfuzluğu, dielektrik itkisi.
PACS: 538.91

1. GİRİŞ

Məlumdur ki, yarımkeçirici xassələrə malik olan halkogenidlər müxtəlif sahələrdə geniş tətbiq imkanları olan funksional materiallardır [1,2]. Ona görə də, onların həm quruluş xüsusiyyətlərinin həm də müxtəlif fiziki xassələrinin tədqiq edilməsi, onların tətbiq imkanlarını daha da artırır [3]. Belə tərkiblərdən biri də CuInZnSe₃ birləşməsidir.

Rentgen difraksiyası metodu ilə aparılmış quruluş tədqiqatları nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, CuInZnSe₃ birləşməsinin kristal quruluşu F-43m (216) fəza qruplu kubik sinqoniyalı kristal quruluşa uyğun gəlir. $T = 30-900^{\circ}\text{C}$ temperatur intervalında aparılmış termik analizlər nəticəsində sistemin termodinamik parametrləri tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, 492, 596 və 753°C temperaturalarda termik keçidlər baş vermişdir. Yüksək temperaturlar oblastında quruluş fəza keçidi baş verməmiş, kubik simmetriyalı kristal quruluş saxlanılmışdır [4].

Mürəkkəb quruluşlu birləşmələrlə müqayisədə bu tip birləşmələrdə həm elektron, həm də ion tip keçiriciliyin öyrənilməsi son dərəcə aktualdır. Məlum olduğu kimi ion tip keçiricilik adətən qeyri-nizamlı materiallara aiddirlər. Bu tip materiallarda isə adətən elektron və ya deşik keçiricilik üstünlük təşkil edir. Ümumi yanaşmada bu tip materialların elektronikada tətbiqi zamanı bunların elektrik və dielektrik xüsusiyyətlərini öncədən qiymətləndirmək çox aktual bir məsələdir. Bunun üçün isə ən unikal metodlardan biri də dielektrik spektroskopiyaya üsuldür. Bu üsulla materialın dielektrik nüfuzluğu, elektrik keçiriciliyi və dielektrik itkilərini asanlıqla qiymətləndirmək olur.

CuInZnSe₃ birləşməsinin quruluş və termik xassələrinin geniş tədqiq olunmasına baxmayaraq, dielektrik xassələri tədqiq edilməmişdir. Bu işdə otaq temperaturundan yuxarı temperaturalarda ($30^{\circ}\text{C} \leq T \leq 200^{\circ}\text{C}$) dielektrik xassələri öyrənilmişdir.

2. TƏCRÜBƏ

Tədqiqat obyektini Cu, Zn, In, Se elementlərindən sintez edilmişdir. Stexiometrik miqdarında götürülmüş elementlər 10^{-4} vakuüm alınmış kvarts ampulada yerləşdirilmişdir. İlk mərhələdə $T=327^{\circ}\text{C}$ temperaturda 1 saat qızdırılmışdır. Sonra saatda 50°C sürəti ilə

$T=1000^{\circ}\text{C}$ -ə temperatura qədər qızdırılmışdır. Bu temperaturda 1 saat saxlanıldıqdan sonra temperatur $T=477^{\circ}\text{C}$ -ə salınmışdır. Nümunənin homogenləşdirilməsi məqsədi ilə 15 sutka bu temperaturda saxlanılmışdır.

Təcrübələrdə istifadə olunan CuInZnSe₃ birləşməsinin tədqiqat nümunəsinin geometrik parametrləri $5 \times 5 \times 6 \text{ mm}^3$ ölçülərində olmuşdur. Bu materialın dielektrik xassələrinin tədqiqi zamanı, elektrik kontaktı olaraq gümüş elektrodlarından istifadə olunmuşdur. Dielektrik xassələrinin kompleks şəkildə tədqiqi MNIPI E7-21 impedance analyzer cihazında aparılmışdır. Təcrübələr $20-10^6 \text{ Hz}$ tezlik və $30-200^{\circ}\text{C}$ temperatur intervallarında aparılmışdır.

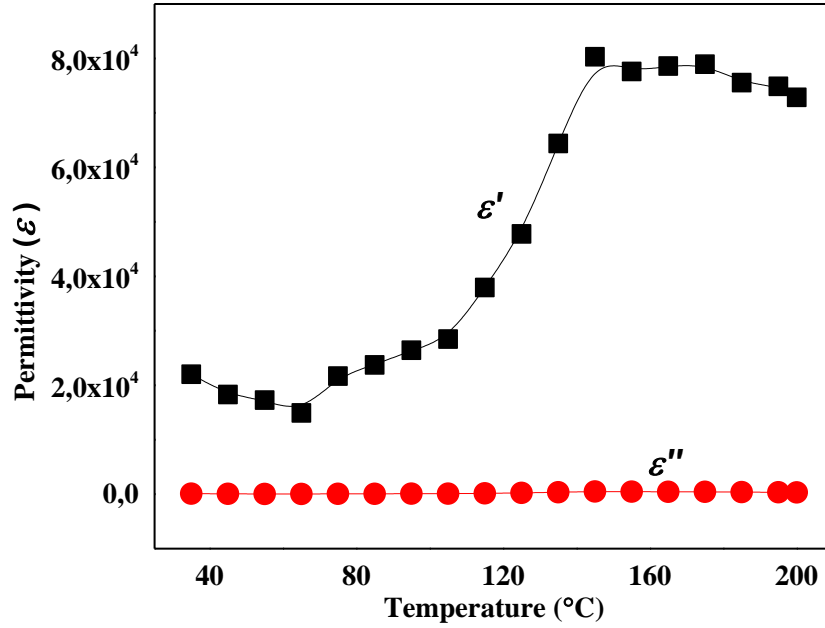
3. NƏTİCƏLƏRİN MÜZAKİRƏSİ

CuInZnSe₃ birləşməsinin dielektrik nüfuzluğu $f=25 \text{ Hs}^{-1}$ MHzs tezlik və $T=30-200^{\circ}\text{C}$ temperatur intervalında müqayisəli nəzərdən keçirilmişdir. Alınmış asılılıqlar şəkil 1 və şəkil 2-də göstərilmişdir.

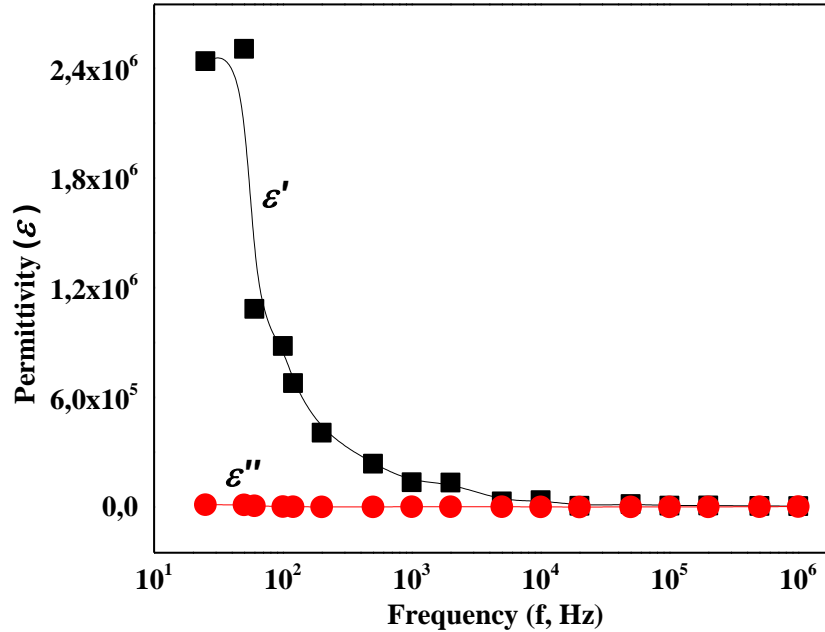
İlkin yavaşmada temperaturun $T < 60^{\circ}\text{C}$ intervalında dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsində müşahidə olunan azalma nümunə daxilində olan əlavə qarışıqlar və ya radikalqlarla əlaqədar ola bilər (şəkil 1). Belə ki, temperaturun qiyməti yüksəldikcə sözügedən radikalqlar və ya OH qrupları nümunəni tərk edir və bunun nəticəsində $T < 60^{\circ}\text{C}$ temperatur intervalında dielektrik nüfuzluğunda azalma müşahidə olunur. Digər tərəfdən, temperaturun $T=60^{\circ}\text{C}$ qiymətindən başlayaraq dielektrik nüfuzluğunun ədədi qiymətində artma müşahidə olunur. Eyni zamanda, temperaturun $T=100^{\circ}\text{C}$ qiymətindən sonra dielektrik nüfuzluğunun ədədi qiymətində kəskin artım müşahidə olunur. Kəskin artımı material daxilində olan adsorbsiya olunan kənar qatışıqların nümunəni tam tərk etməsi ilə əlaqələndirmək olar. Lakin temperaturun $T=150^{\circ}\text{C}$ qiymətindən başlayaraq yavaş sürətlə azalma müşahidə olunur. Digər tərəfdən, CuInZnSe₃ birləşməsinin dielektrik nüfuzluğunun tezlik asılılığında tezliyin təsiri ilə həqiqi hissədə azalma müşahidə olunur (şəkil 2). Tezliyin təqribən $f = 10^4 \text{ Hz}$ qiymətindən sonra dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsində stabiləşmə müşahidə edilmişdir. Məlumdur ki, elektrik sahəsinin tezliyinin artması ilə material daxilində daha dərin səviyyələrdə olan yükdaşıyıcılar fəallaşmağa başlayır. Məhz bunun nəticəsidir ki, tezliyin

$f < 10^4$ Hz intervalında dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsi tezliklə mütənasib olaraq azalır. Lakin $f > 10^4$ Hz

tezlik intervalında CuInZnSe₃ birləşməsində doyma halı müşahidə olunmuşdur.



Şəkil 1. CuInZnSe₃ birləşməsinin dielektrik nüfuzluğunun temperatur asılılığı.

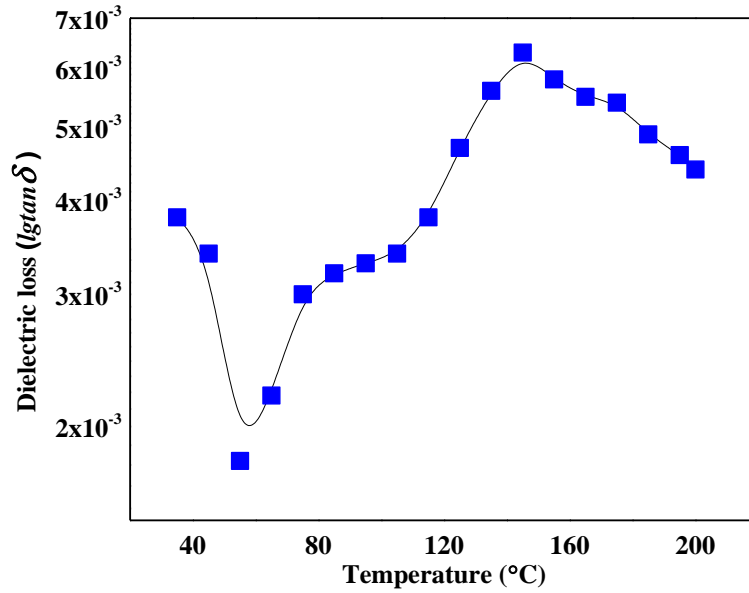


Şəkil 2. CuInZnSe₃ birləşməsinin dielektrik nüfuzluğunun tezlik asılılığı.

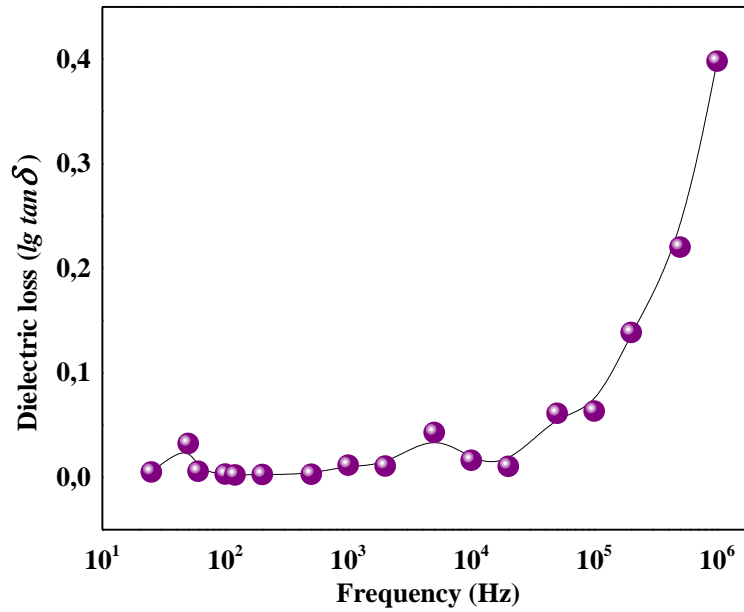
Dielektrik nüfuzluğunun xəyali hissəsində temperatur və tezliyin təsiri ilə hər hansı dəyişiklik müşahidə olunmamışdır. Məlumdur ki, adətən dielektrik nüfuzluğunun xəyali hissəsi material daxilində olan itkiləri xarakterizə edir. Belə olan halda, dielektrik itkilərini nəzərdən keçirmək daha əlverişlidir. Şəkil 3 və şəkil 4-də CuInZnSe₃ birləşməsinin dielektrik itkilərinin temperatur və tezlik asılılıqları verilmişdir.

CuInZnSe₃ birləşməsində dielektrik itkilərinin tezlik asılılıqlarından görüldüyü kimi, tezliyin $f < 10^4$ Hz intervalında, demək olar ki, itki sabitdir və çox kiçik qiymətə malikdir (şəkil 4). Lakin $f > 10^4$ Hz tezlik intervalında dielektrik itkiləri kəskin artmağa başlayır.

Elektrik sahəsinin tezliyinin təsiri ilə daha dərin səviyələrdə olan yükdaşıyıcıların fəallaşması, itkilərin də artmasına səbəb olur [5, 6]. Digər tərəfdən, dielektrik itkilərinin temperatur asılılığında dielektrik nüfuzluğuna analogi hal müşahidə olunur (şəkil 3). Temperaturun $T = 150^\circ\text{C}$ qiymətinə qədər baş verən proseslər əlavə radikallar və ya OH qrupları ilə analogi qaydada izah oluna bilər. Lakin temperaturun $T > 150^\circ\text{C}$ intervalında prosesi analogi qaydalarla izah etmək düzgün deyil. Bu interval stabilizasiya oblası hesab edilir və xaricdən daxil olan enerji əlavə yükdaşıyıcıları fəallaşdırma bilmir.



Şəkil 3. CuInZnSe₃ birləşməsinin dielektrik itkilərinin tezlik asılılığı.



Şəkil 4. CuInZnSe₃ birləşməsinin dielektrik itkilərinin tezlik asılılığı.

4. NƏTİCƏ

Aparılan tədqiqatlardan məlum olmuşdur ki, elektrik sahəsinin tezliyinin artması ilə material daxilində daha dərin səviyyələrdə olan yükdaşıyıcılar fəallaşmağa başlayır. Belə ki, tezliyin $f < 10^4$ Hz intervalında dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsi tezliklə mütənasib olaraq azalır. Eyni zamanda $f > 10^4$ Hz tezlik intervalında CuInZnSe₃ birləşməsində doyma halı müşahidə olunmuşdur. Digər tərəfdən, $f < 10^4$ Hz intervalında demək olar ki, itki sabitdir və çox kiçik qiymətə malikdir. Lakin $f > 10^4$ Hz tezlik intervalında dielektrik itkiləri kəskin artmağa başlayır ki, bu da elektrik sahəsinin tez-

liyinin təsiri ilə daha dərin səviyyələrdə olan yükdaşıyıcıların fəallaşması ilə izah edilmişdir. CuInZnSe₃ birləşməsində temperaturun 150°C qiymətinə qədər baş verən proseslər əlavə radikal və ya OH qrupları ilə izah edilmişdir. Temperaturun $T > 150^\circ\text{C}$ intervalında CuInZnSe₃ birləşməsində doyma halı müşahidə olunmuşdur. Məlum olmuşdur ki, $60^\circ\text{C} < T < 150^\circ\text{C}$ temperatur intervalında material daxilində olan passiv yükdaşıyıcılar xaricdən daxil olan enerji hesabına fəallaşır. Temperaturun $220^\circ\text{C} > T > 150^\circ\text{C}$ intervalında artıq doyma halı müşahidə olunmuşdur və xaricdən daxil olan enerji hesabına əlavə yükdaşıyıcıların fəallaşması baş verməmişdir.

[1] I.R. Amirasanov, N.A. Alieva, G.G. Guseinov. Crystallography Reports, 2016, 61, 7, p.1047-1050.

[2] Y.G. Asadov, Y.I. Aliyev, A.O. Dashdemirov, S.H. Jabarov, T.G. Naghiyev. Modern Physics Letters B, 2020, 34, p.2150018.

S.I. İBRANİMOVA

- [3] *Y.I. Aliyev, Y.G. Asadov, L.B. Rustamova, A.O. Dashdemirov, N.A. Ismayilova, A.A. Ayubov, S.H. Jabarov.* International Journal of Modern Physics B, 2020, 34, 19, P.2050180.
- [4] *С.И. Ибрагимова, С.Г. Джабаров, Г.Г. Гусейнов, Х.М. Гулиева, М.Н. Мирзаев, Ю.И. Алыев.* Физика и техника полупроводников, 2021, 55, 11, С.1011-1014.
- [5] *S.F. Samadov, O.A. Samedov, O.Z. Alekperov, M. Kulik, A.I. Najafov, N.M. Mehdiyev, E.M. Huseynov,* International Journal of Modern Physics B, 2019, 33, 27, p.1950320.
- [6] *E.M. Huseynov.* Solid State Sciences, 2018, 84, p.44-50.

S.I. Ibragimova

DIELECTRIC PROPERTIES OF CuInZnSe₃ COMPOUND

The dielectric properties of the CuInZnSe₃ compound were studied in the presented work. The studies were performed at temperatures $T = 30-200^{\circ}\text{C}$ and frequency $f = 25 \text{ Hz} - 1 \text{ MHz}$. Various physical parameters such as real and imaginary parts of the dielectric constant, dielectric loss angle, dielectric constant have been determined in the specified temperature and frequency ranges. In this work, the dielectric loss angle, the electrical conductivity, and the real and imaginary parts of the dielectric constant are studied as a function of the frequency and time of the electric field.

С.И. Ибрагимова

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЯ CuInZnSe₃

В представленной работе исследованы диэлектрические свойства соединения CuInZnSe₃. Исследования проводились при температуре $T = 30-200^{\circ}\text{C}$ в частотном интервале $f = 25 \text{ Гц} - 1 \text{ МГц}$. В указанных диапазонах температур и частот были определены угол диэлектрических потерь, электропроводность, а также действительная и мнимая части диэлектрической проницаемости функции частоты и времени электрического поля.

Qəbul olunma tarixi: 13.09.2021