UOT 536.21; 621.315.592

$Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$ BƏRK MƏHLULUN KEÇİRİCİLİK XÜSUSİYYƏTLƏRİ

R.N.RƏHİMOV, D.H.ARASLI, A.Ə.XƏLİLOVA, İ.X.MƏMMƏDOV, A.S.QƏHRƏMANOVA

Azərbaycan MEA Fizika İnstitutu
AZ 1143,Bakı şəh., H.Cavid pr., 131
rashad@physics.science.az

Daxil olub: 12.01.2022
Çapa verilib: 04.03.202

Açar sözlər: elektrik keçiriciliyi, impedans spektr, kristal dənələri dənələr arası sərhəd

REFERAT
$Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$ (x=0; 0,05; 0,1; 0,2) bərk məhlulların impedans spektri 80K və 300K temperaturda araşdırılıb. 80K temperaturda nümunələrin homogen dielektrik material olduğu, otaq temperaturunda isə yarımkeçirici xüsusiyyətlər kəsb etdiyi müəyyən olunub.

GİRİŞ

Mürəkkəb kristal quruluşu və böyük elementar özəyi olan Ag_8GeTe_6 üçlü birləşmə aşağı istilik keçiriciliyə (0,25Vt/mK) və 0,4eV qadağan olunmuş zonaya malikdir [1-3]. Belə xüsusiyyət adətən Qryunayzen parametrinin böyük olması ilə (otaq temperaturunda 3.8) izah olunur. Ag_8GeTe_6 birləşməsində istilik keçirmənin temperaturdan asılı olaraq qeyri adi artması və onun 500K temperaturdan yüksək temperaturlarda superion keçiricilik göstərməsi kimi qeyri-adi xüsusiyyətləri var [4]. Bu birləşmə həm istilik enerjisini elektrik enerjisinə çevirən termoelektrik çevirici kimi, həm də akkumulyatorlarda elektrik enerjisinin toplanması üçün elektrolitik material kimi istifadə olunma imkanına görə son iki onillikdə onun tədqiqinə maraq artmışdır [5-7].

İlkin işlərdə [8,9] yüksək həllolma və diffuziya qabiliyyətinə malik manqan elementi Ag_8GeTe_6 birləşməsinə qatılmış və parametrləri və keçid temperaturları idarə olunan $Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$ bərk məhlulun kinetik parametrləri öyrənilib. $Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$ (x = 0; 0.05; 0.1; 0.2) bərk məhlulun rentgen-difraksiya analizi ilə bərk məhlulun strukturunun üçlü birləşmə ilə eyni olduğu göstərilib. Manqanın 10 və 20% təşkil etdiyi ərintilərdə müstəvilər arası məsafənin kiçik bucaqlara doğru sürüşməsi qəfəsin sıxılması ilə izah olunub [9]. $Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$ (x=0.20) ərintidə 28.8 və 31.5 dərəcə bucaqlardakı zəif reflekslərin $MnTe_2$ birləşməsinə aid olduğu göstərilib.

Elmi ədəbiyyatda Ag_8GeTe_6 birləşmənin aşağı temperaturlardakı strukturu haqqında məlumatlar birmənalı deyil. Ag_8GeTe_6 $F\bar{4}3m$ fəza qrupuna aiddir və qəfəs sabiti a=11,58±0,02Å bərabərdir [1]. Ag_8GeTe_6 birləşməsində dörd keçid: 223K və 245K-də birinci tərtib (struktur) keçidlər, 156K və 170K-də isə ikinci tərtib keçidlər müşahidə edilib [10]. Bir çox müəlliflər bütün keçidlərin ya kub ($F\bar{4}3m$) və ya psevdokubik (R3) olmasını Ag^+ ionların qərarlaşması ilə bağlı olduğunu göstərirlər [11-13]. Biz aldığımız $Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$ nümunələrdə DSC analizi apararaq otaq temperaturundan aşağıda iki keçidin, otaq temperaturundan yuxarıda isə bir neçə endotermik keçidlərin yarandığını göstərmişik [8]. Nümunələrin T<180K temperaturda yüksək müqavimətli olduğu, 200-650K temperatur diapazonunda isə yarımkeçirici xassəsi göstərdiyi göstərilib. Elektrik keçiriciliyin temperatur asılılığında müşahidə olunan keçidlərin DSC analizləri ilə müəyyən edilən keçidlərlə üst-üstə düşdüyü göstərilib.

Tədqiq olunan nümunələr böyük təzyiq altında sıxılmış ovuntudan alındığına görə onlar dənəvarıdır və dənələr arası sərhəd sıçrayış mexanizmində başlıca rol oynayır. Kristal dənələrin və onların sərhədinin keçiricilikdə rolunu araşdırmaq üçün, bir qayda olaraq impedans spektroskopiyadan istifadə olunur. İmpedans spektroskopiyasından istifadə etməklə ion kristallarında faza keçidlə-

rini [14], laylı kristallarda nümunənin mikrostrukturunu nəzərə almaqla yükdaşıyıcıların daşınma xüsusiyyətlərini [15], aşqarlanmış materiallarda aşqarların elektrofiziki xassələrə təsirini [16], həmçinin kristalda zərrəciklərin və zərrəciklər arası sərhədin keçiriciliyə verdiyi payı ayırmağa [17] imkan verir. Məqalədə dəyişən elektrik sahəsində xüsusi keçiriciliyin və tutumun tezlikdən asılılığı tədqiq olunub.

EKSPERİMENT

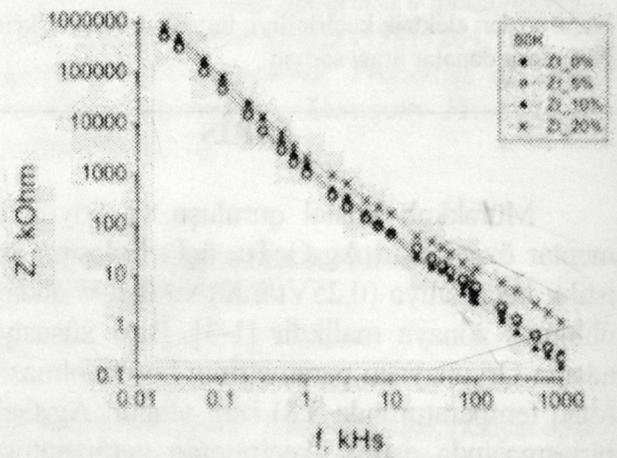
$Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$ (x=0; 0,05; 0,1; 0,2) bərk məhlulları iki mərhələdə sintez edilib. Birinci mərhələdə stoxiometrik nisbətdə Ag, Ge, Te və Mn elementləri ampula doldurulub, sonra 1,3 MPa-a qədər vakuum yaradılaraq ağzı kiplənib. Vibrasiya olunan ampul tədricən 1250K temperatura qədər qızdırılıb, 4 saat bu temperaturda saxlanılıb və sonra 50 saat ərzində 900K temperaturda tablanıb. İkinci mərhələdə sintez edilmiş material aqat həvəngində ovuntu halına salınıb və 100 mikronluq ələkdən keçirilib. Ələklənmiş ovuntu paralelepiped şəkilli polad bloka doldurulub və 0,6GPa təzyiq altında sıxılıb. Ölçüsü $15\times5\times2mm^3$ və polad rəngdə olan nümunələr 10 saat ərzində ~800K temperaturda saxlanılıb və homogenləşib.

Nümunələrin rentgen faza təhlili Bruker D2 Phaser difraktometrində Cu K_α şüalardan istifadə etməklə 5-80 dərəcə bucaqlarda, kalorimetrik tədqiqatlar arqon atmosferində və 100-900K temperatur bölümündə "NETZSCH DSC 204F1" (Darayıcı diferensial kalorimetri) cihazında aparılıb. Etalon maddə kimi sapfir, qızma sürəti 10K/dəq və inert qazın (arqon) axın sürəti 20ml/dəq seçilib.

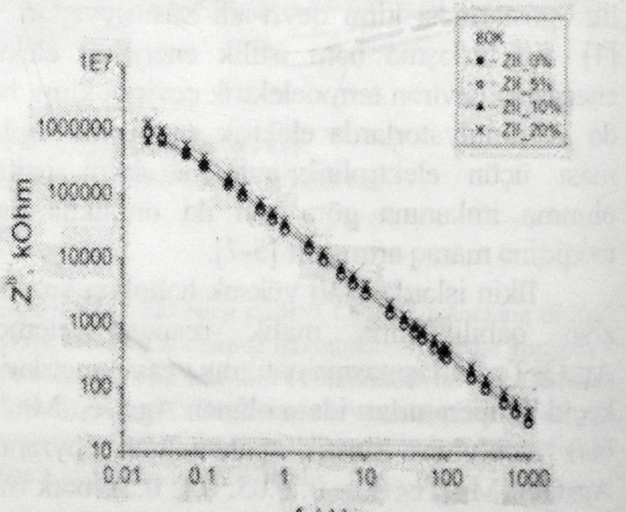
Sabit elektrik və maqnit sahəsində keçiricilik və Holl əmsalı 80-700K temperatur bölümündə dörd zondlu üsulla ölçülüb. 20-10^6Hs tezlikdə xüsusi keçiriciliyi (xüsusi admittansı) ölçmək üçün diametri 6mm, qalınlığı 1mm olan disk şəkilli nümunələr hazırlanıb, yastı üzlərə gümüş pasta çəkilərək üzərinə mis kontaktlar qoyulub. Dəyişən sahədə ölçülər iki kontaktlı sxemlə aparıldığı üçün kontaktlarda statik volt-amper asılılığı (VAX) çıxarılıb. Bütün temperaturlarda və 1V-dək elektrik sahəsində VAX xətti olub. Xüsusi keçiriciliyin və tutumun tezlikdən asılılığı "Precision LCR Meter 1920" (IET Labs) cihazında ölçülüb. Ölçü zamanı tətbiq olunan gərginlik 200mV olub. Ölçülmüş tutum və keçiricilik bilgiləri əsasında dielektrik sabitinin həqiqi və xəyali hissələri hesablanıb. Eksperimental nəticələr paralel RC-konturuna malik ekvivalent sxemə uyğun yaxınlaşma ilə analiz olunub. Otaq və maye azot (80K) temperaturlarda impedans ölçülərin tezlik asılılığı çıxarılıb.

NƏTİCƏLƏR VƏ MÜZAKİRƏ

$Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$ (x=0÷0.2) bərk məhlul üçün impedansın həqiqi $Z^I(f)$ və xəyali $Z^{II}(f)$ hissələrin tezlik asılılığı 1-ci və 2-ci Şəkillərdə verilib



a



b

Şəkil 1

80K temperaturda $Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$ bərk məhlul üçün impedansın həqiqi və xəyali hissəsinin tezlik asılılığı.

rini [14], laylı kristallarda nümunənin mikrostrukturunu nəzərə almaqla yükdaşıyıcıların daşınma xüsusiyyətlərini [15], aşqarlanmış materiallarda aşqarların elektrofiziki xassələrə təsirini [16], həmçinin kristalda zərrəciklərin və zərrəciklər arası sərhədin keçiriciliyə verdiyi payı ayırmağa [17] imkan verir. Məqalədə dəyişən elektrik sahəsində xüsusi keçiriciliyin və tutumun tezlikdən asılılığı tədqiq olunub.

EKSPERİMENT

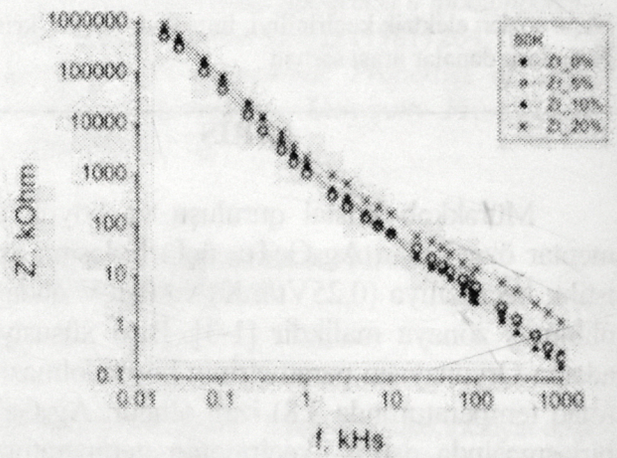
$Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$ (x=0; 0,05; 0,1; 0,2) bərk məhlulları iki mərhələdə sintez edilib. Birinci mərhələdə stoxiometrik nisbətdə Ag, Ge, Te və Mn elementləri ampula doldurulub, sonra 1,3 MPa-a qədər vakuum yaradılaraq ağzı kiplənib. Vibrasiya olunan ampul tədricən 1250K temperatura qədər qızdırılıb, 4 saat bu temperaturda saxlanılıb və sonra 50 saat ərzində 900K temperaturda tablanıb. İkinci mərhələdə sintez edilmiş material aqat həvəngində ovuntu halına salınıb və 100 mikronluq ələkdən keçirilib. Ələklənmiş ovuntu paralelepiped şəkilli polad bloka doldurulub və 0,6GPa təzyiq altında sıxılıb. Ölçüsü $15\times5\times2mm^3$ və polad rəngdə olan nümunələr 10 saat ərzində ~800K temperaturda saxlanılıb və homogenləşib.

Nümunələrin rentgen faza təhlili Bruker D2 Phaser difraktometrində Cu K_α şüalardan istifadə etməklə 5-80 dərəcə bucaqlarda, kalorimetrik tədqiqatlar arqon atmosferində və 100-900K temperatur bölümündə "NETZSCH DSC 204F1" (Darayıcı diferensial kalorimetri) cihazında aparılıb. Etalon maddə kimi sapfir, qızma sürəti 10K/dəq və inert qazın (arqon) axın sürəti 20ml/dəq seçilib.

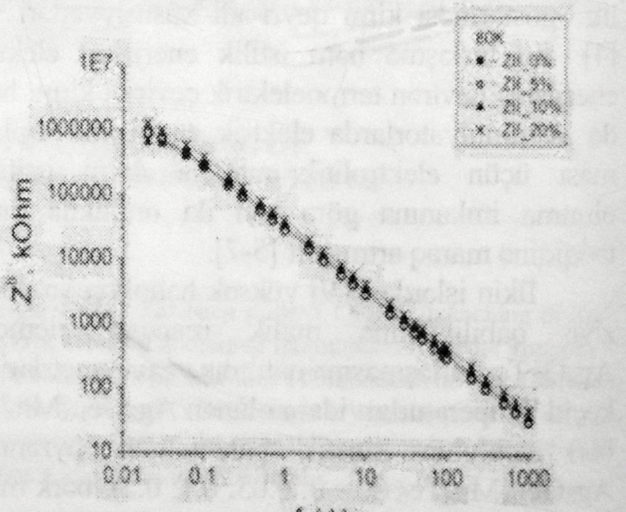
Sabit elektrik və maqnit sahəsində keçiricilik və Holl əmsalı 80-700K temperatur bölümündə dörd zondlu üsulla ölçülüb. 20-10^6Hs tezlikdə xüsusi keçiriciliyi (xüsusi admittansı) ölçmək üçün diametri 6mm, qalınlığı 1mm olan disk şəkilli nümunələr hazırlanıb, yastı üzlərə gümüş pasta çəkilərək üzərinə mis kontaktlar qoyulub. Dəyişən sahədə ölçülər iki kontaktlı sxemlə aparıldığı üçün kontaktlarda statik volt-amper asılılığı (VAX) çıxarılıb. Bütün temperaturlarda və 1V-dək elektrik sahəsində VAX xətti olub. Xüsusi keçiriciliyin və tutumun tezlikdən asılılığı "Precision LCR Meter 1920" (IET Labs) cihazında ölçülüb. Ölçü zamanı tətbiq olunan gərginlik 200mV olub. Ölçülmüş tutum və keçiricilik bilgiləri əsasında dielektrik sabitinin həqiqi və xəyali hissələri hesablanıb. Eksperimental nəticələr paralel RC-konturuna malik ekvivalent sxemə uyğun yaxınlaşma ilə analiz olunub. Otaq və maye azot (80K) temperaturlarda impedans ölçülərin tezlik asılılığı çıxarılıb.

NƏTİCƏLƏR VƏ MÜZAKİRƏ

$Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$ (x=0÷0.2) bərk məhlul üçün impedansın həqiqi $Z^I(f)$ və xəyali $Z^{II}(f)$ hissələrin tezlik asılılığı 1-ci və 2-ci Şəkillərdə verilib



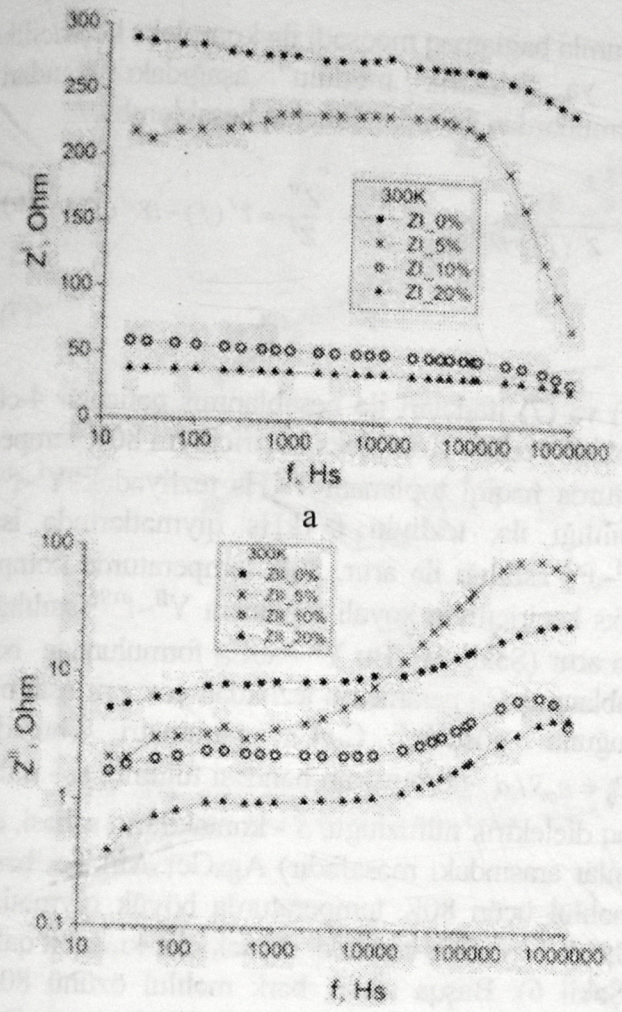
a



b

Şəkil 1

80K temperaturda $Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$ bərk məhlul üçün impedansın həqiqi və xəyali hissəsinin tezlik asılılığı.



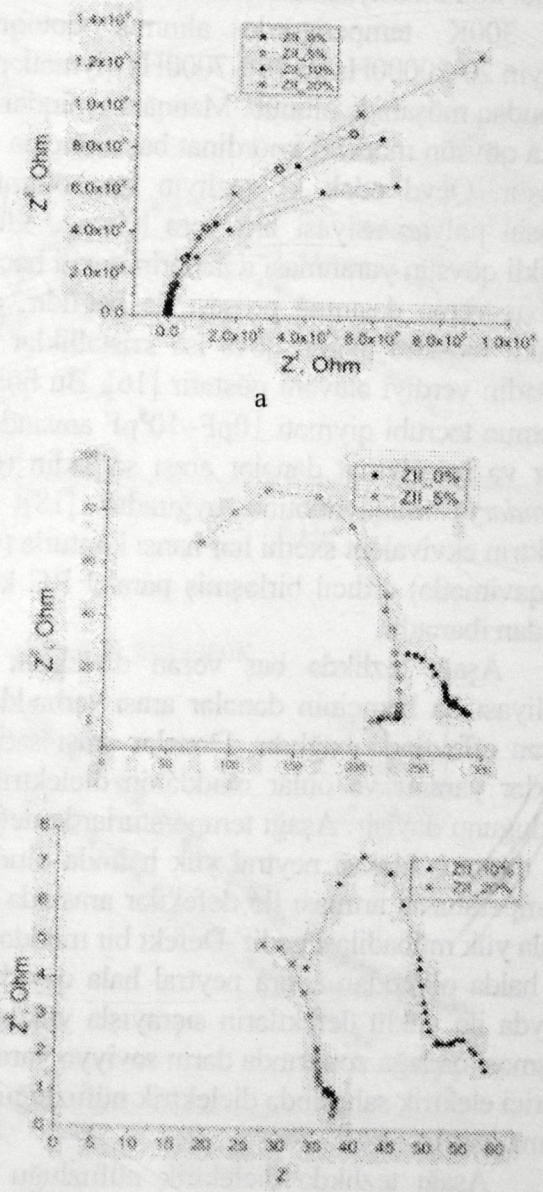
Şəkil 2

300K temperaturda $Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$ bərk məhlul üçün impedansın həqiqi və xəyali hissəsinin tezlik asılılığı.

Şəkillərdən göründüyü kimi 80K temperaturda tezlik artdıqca $Z^I(f)$ və $Z^{II}(f)$ asılılığı sürətlə azalır. Burada $Z^{II}(f)$ asılılığın $Z^I(f)$ asılılığına nisbətən böyük olduğunu və tezlik artdıqca bu nisbətin 1-dən 100-dək artdığı görünür. 300K temperaturda $Z^I(f)$ asılılığı f=100kHs tezliklərə qədər zəif dəyişir, tezliyin f>100kHs qiymətlərində isə azalmağa başlayır. x=0,05 tərkibli məhlulda bu asılılıq daha kəskin olur. $Z^{II}(f)$ asılılığı 300K temperaturda tezlik artdıqca artır. 300K temperaturda $Z^I(f)$ asılılığı $Z^{II}(f)$ asılılığına nisbətdə böyükdür və tezlik artdıqca bu nisbət 100-dən 1-dək azalır.

Tezliyin göstərilən qiymətlərində qəfəs polyarizasiyasının heç bir növü baş verə bilməz. Tezliyin aşağı qiymətlərində baş verən dielektrik anomaliyası daha çox dənəciklər arası sərhəddə yaranan effektlərlə bağlı ola bilər. Debay Şerera metodu ilə aparılan hesablamalar nümunələrdə yaranan kristal dənəciklərin ölçülərinin ~1,5μm tərtibində olduğunu göstərir. Belə dənəciklərin sərhədində yüklər yaranır və onlar maddənin tutumunu və ya dielektrik nüfuzluğunu dəyişir. Yaranan mürəkkəb defektlər həm neytral halda, həm də mənfi və ya müsbət ion halında ola bilər. Yaranan ionlar əsas yükdaşıyıcılarla eyni işarəli olarsa keçiricilik artacaq, əks işarəli olarsa keçiricilik azalacaq.

Araşdırdığımız bərk məhlullarda polyarizasiyanın yaranma mexanizmi haqda məlumat almaq üçün impedans - spekt analizi (Z^{II}-nin Z^I-dən asılılığı) aparılıb. 3-cü Şəkildə 80 və 300K temperaturlarda godoqraf verilib.



Şəkil 3

80K (a) və 300K (b) temperaturlarda $Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$ bərk məhlulun impedans-spektri.

Şəkildən göründüyü kimi 80K temperaturda qotoqraf koordinat başlanğıcından keçən bir qövs yaradır. Bərk məhlulun tərkibi dəyişdikcə qövslərin radiusu müxtəlif olur: x=0.1 tərkibdə daha kiçik, x=0,20 tərkibdə daha böyük olur. Qodoqrafın belə forma alması 80K temperaturda kristalın homogenliyini göstərir. Elektrik tutumun eksperimental qiymətinin C=3pF÷7pF arasında dəyişməsi ayrı-ayrı dənələrin həcmi müqaviməti və tutumları ilə izah olunur [18]. Qodoqrafda tək yarım qövsün olması dənələrin daxili həcmində baş verən elektrik keçiriciliyi ilə bağlıdır. Ona görə də ekvivalent sxemi həcmi müqavimət və həcmi tutumun paralel kombinasiyasından modelləşə bilər.

300K temperaturda alınmış qotoqrafda tezliyin 20-20000Hs və 100-7000Hs qiymətlərində iki budaq müşahidə olunub. Manqanın miqdarı artdıqca qövsün mərkəzi koordinat başlanğıcına tərəf sürüşür. Qeyd edək ki, tezliyin bu bölümündə qəfəsin polyarizasiyası baş verə bilməz. Yüksək tezlikli qövsün yaranması dənələrin daxili həcmində baş verən daşınma prosesi ilə bağlıdır, aşağı tezlikli rəqslərə uyğun qövs isə kristalliklər arası sərhədin verdiyi əlavəni göstərir [16]. Bu bölgədə tutumun təcrübi qiyməti 10pF÷10^5pF arasında dəyişir və bu qiymət dənələr arası sərhədin (*grain boundary*) müqavimətinə uyğundur [18]. Belə spektrin ekvivalent sxemi hər hansı konturla (və ya müqavimətlə) ardıcıl birləşmiş paralel RC konturundan ibarətdir.

Aşağı tezlikdə baş verən dielektrik anomaliyası da həmçinin dənələr arası sərhəddə baş verən effektlərlə bağlıdır. Dənələr arası sərhəddə yüklər yaranır və onlar maddənin dielektrik nüfuzluğunu dəyişir. Aşağı temperaturlarda defektlərin donmuş hissəsi neytral yük halında olur [19]. Temperaturun artması ilə defektlər arasında sıçrayışla yük mübadiləsi gedir. Defekt bir müddət yüklü halda olduqdan sonra neytral hala qayıdır. Bu qayda ilə yüklü defektlərin sıçrayışla yükünü dəyişməsi qadağa zonasında dərin səviyyə yaradır və xarici elektrik sahəsində dielektrik nüfuzluğun artımına gətirir.

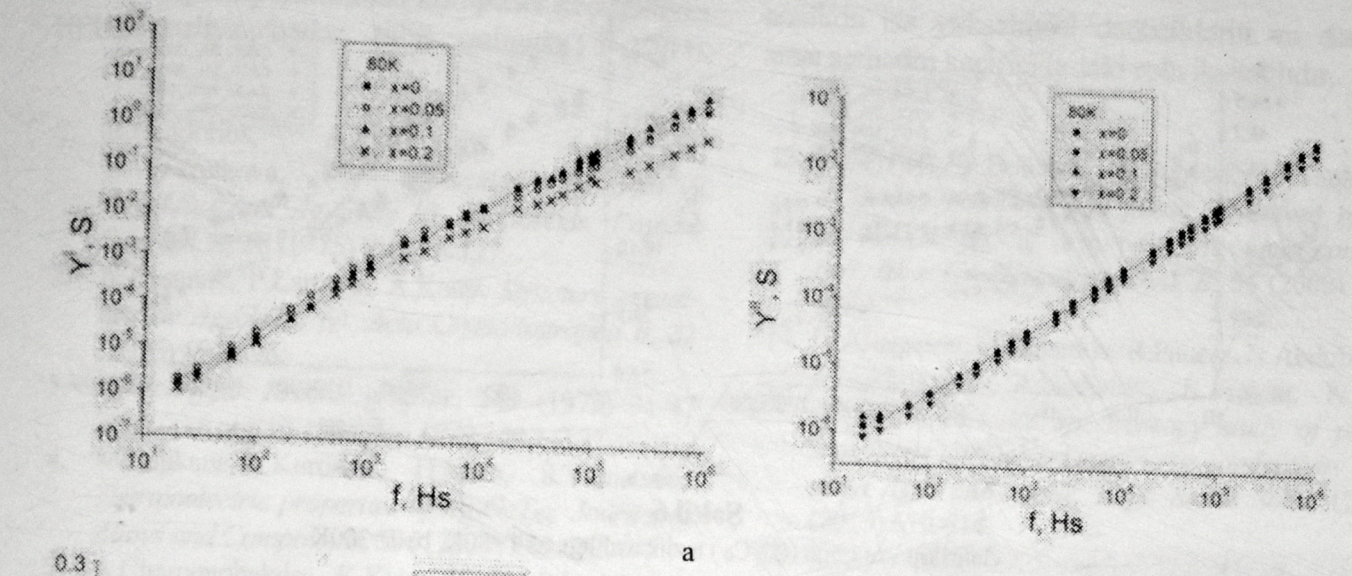
Aşağı tezlikdə dielektrik nüfuzluğu 1000-dən çox olan heterogen sistemlərdə dənələr arası sərhədin polyarizasiyadakı rolunu göstərmək üçün "elektrik modulundan" istifadə olunur [20]. İmpedans spektrdə müşahidə olunan xüsusiyyəti tutumla bağlamaq məqsədi ilə kompleks keçiricilik və ya "elektrik modulu" aşağıdakı standart formullardan istifadə olunaraq hesablanıb

$$Y = \frac{1}{Z^I(f) + iZ^{II}(f)} = \frac{Z^{II}}{Z^I} - i\frac{Z^{II}}{Z^I} = Y^I(f) - iY^{II}(f) \qquad (6)$$

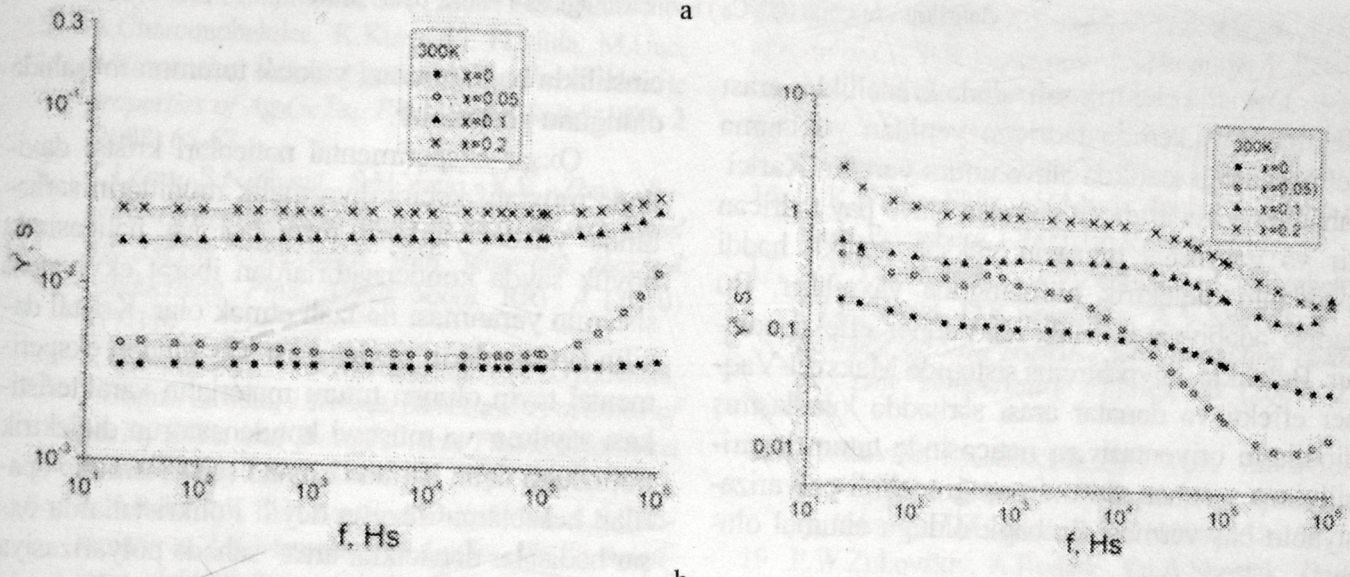
$$Y^{II} = \omega C_{ef} \qquad (7)$$

(6) və (7) ifadələri ilə hesablanmış nəticələr 4-cü Şəkidə verilib. Kompleks keçiriciliyin 80K temperaturda həqiqi toplananı 1KHs tezliyədək $Y^I \sim f^{\alpha 1}$ asılılığı ilə, tezliyin f>1kHs qiymətlərində isə $Y^I \sim f^{\alpha 2}$ asılılığı ilə artır. 80K temperaturda kompleks keçiriciliyin xəyali toplananı $Y^{II} \sim f^{0.96}$ asılılığı ilə artır (Şəkil 5). Bu $Y^{II} \sim \omega C_{ef}$ formulundan hesablanmış C_{ef} parametrin tezlikdən çox zəif asılı olduğunu göstərir. C_{ef}/C_0 parametri (burada $C_0 = \varepsilon_0 S/d$ -nümunənin həndəsi tutumu, ε_0 - mütləq dielektrik nüfuzluğu, S - kontaktların sahəsi, d-onlar arasındakı məsafədir) $Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$ bərk məhlul üçün 80K temperaturda böyük qiymətlər alır və f>100Hs tezlikdə demək olar ki, sabit qalır (Şəkil 6). Başqa sözlə, bərk məhlul özünü 80K temperaturda bircinsli dielektrik kimi aparır. Doğrudan da bircinsli sistemdə C_{ef} parametri dielektrik nüfuzluğu ε olan müstəvi kondensatorun C tutumuna bərabər olacaq.

300K temperaturda və aşağı tezlikdə C_{ef}/C_0 qiyməti tezlikdən asılı olaraq üç tərtib azalır, x=0.05 tərkibli məhlulda isə f>20kHs tezlikdə C_{ef}/C_0 sabit qalır. Ona görə də C_{ef}/C_0 parametri maddənin dielektrik nüfuzluğu (ε) hesab edilə bilməz. (7) ifadəsi ilə hesablanmış parametr verilən temperatur bölümündə kifayət qədər böyük olur və tezlikdən güclü asılı olduğuna görə maddənin dielektrik nüfuzluğu kimi interpolyasiya oluna bilməz. Praktiki olaraq dəyişməyən Y^I parametrin fonunda gətirilmiş tutum tezlik artdıqca azalaraq ε qiymətinə yaxınlaşır. Aşağı tezlikdə tutumun belə yüksək qiymət alması qəfəsin polyarlaşması ilə izah edilə bilməz. Göstərilən effektə uyğun gələn tezlik ölçülərin aparıldığı tezlikdən dəfələrlə çoxdur.



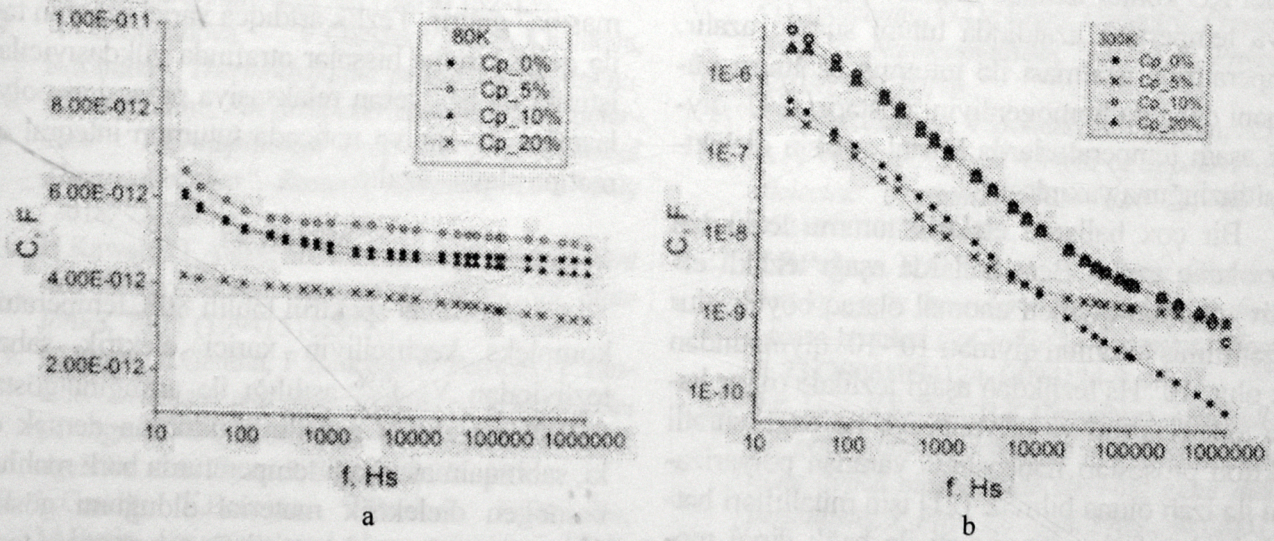
a



b

Şəkil 4

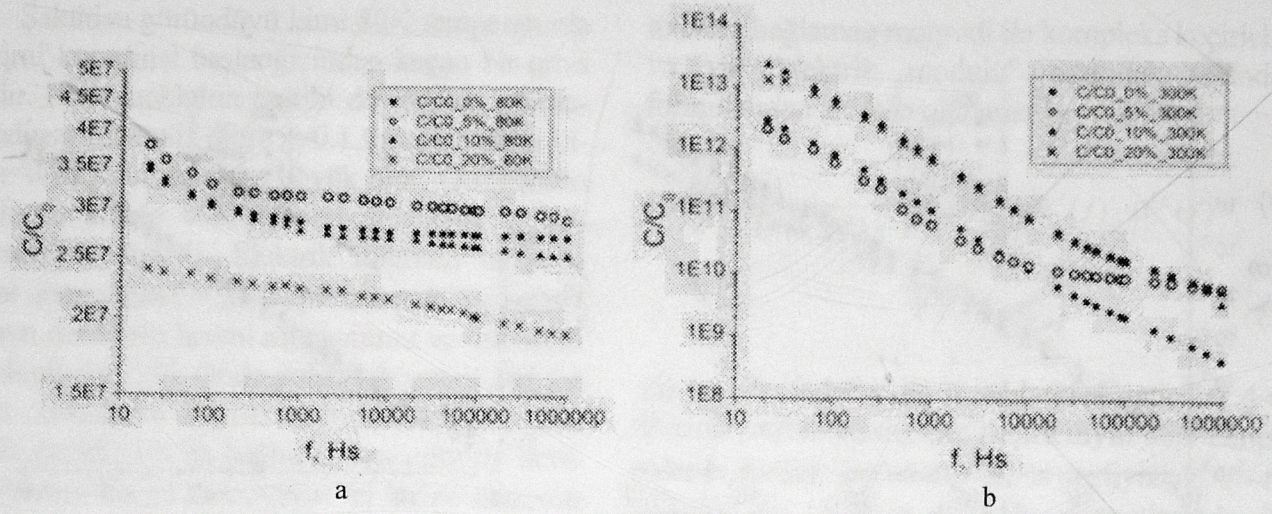
Kompleks keçiriciliyin tezlik asılılığı: a) T=80 K, b) T=300K.



a b

Şəkil 5

Tutumun tezlik asılılığı: a) T = 80K, b) T = 300K.



Şəkil 6

Gətirilmiş tutumun (C_{ef}/C_0) tezlik asılılığı: a) T=80K, b) T=300K.

Dəyişən elektrik sahəsində kristalliklər arası elektron altsistemdə tədricən yenidən yüklənmə getməsi aşağı tezlikdə əlavə tutum yaradır. Xarici sahənin tezliyi artdıqca yaranan əlavə pay tədricən itir və gətirilmiş tutumun yüksək tezlikli həddi maddənin dielektrik nüfuzluğuna yaxınlaşır. Bu hadisə ədəbiyyatda Maksvel-Vaqner effekti adlanır. Beləliklə, qeyri bircins sistemdə Maksvel-Vaqner effekti və dənələr arası sərhəddə lokallaşmış dipolların oriyentasiyası nəticəsində tutum keçiriciliyində yaranan əlavənin aşağı tezlikli polyarizasiyanın baş verməsi ilə bağlı olduğu ehtimal olunur.

Bütün temperatur bölümündə tutum hesablananda eyni bir ekvivalent sxem yaxınlaşması - paralel RC kontur istifadə olunub. Tezlik artdıqda və ya temperatur azaldıqda tutum sürətlə azalır. Temperaturun azalması ilə tutumun azalması nümunəni daha da homogenliyini göstərir, C/C_0 qiyməti aşağı temperaturlarda kristal qəfəsin dielektrik nüfuzluğuna yaxınlaşır.

Bir çox hallarda elektrik tutumu tezlikdən asılı olaraq azalır. Belə hallarda aşağı tezlikli effektiv tutumun qiyməti anomal olaraq böyük olur və gətirilmiş tutumun qiyməti 10^3-10^4 qiymətindən çox olur. 10^{12}Hs tezlikdən aşağı tezlikdə oxşar hadisə ion, elektron və oriyentasiya ilə bağlı sürətli elektron prosesləri nəticəsində yaranan polyarizasiya ilə izah oluna bilməz. [21] işin müəllifləri hətta, kristal qəfəsin xüsusiyyəti ilə bağlı dipol momentlərin yaranmadığı sistemlərdə belə qeyri bir cinsliliklə bağlı anomal yüksək tutumun müşahidə olduğunu göstəriblər.

Oxşar eksperimental nəticələri kristal daxilində müxtəlif keçiriciliyə malik mühitlərin sərhədində yükdaşıyıcıların formalaşması nəticəsində böyük sayda kondensatorlardan ibarət ekvivalent sistemin yaranması ilə izah etmək olar. Kristal daxilində tutumların paylanması səbəbindən eksperimental təyin olunan tutum materialın xarakteristikası sayılmır və müstəvi kondensatorun dielektrik nüfuzluğu üçün istifadə olunan sadə formulla aparılan hesablama düzgün deyil. Polikristallarda oxşar hadisələr dənəciklər arası sahədə polyarizasiya prosesləri ilə baş verə bilər [22,23]. Xarici sahənin tezliyi artdıqca yenidən polyarlaşma prosesi strukturda mövcud olan qeyri bircins sahələrin "donmasına" gətirir. Tezlik artdıqca xarici sahənin təsiri ilə qeyri bircins hissələr ətrafında yükdaşıyıcıların iştirakı ilə baş verən relaksasiya prosesləri polyarlaşmanı dəyişir və nəticədə tutumun inteqral qiymətinə əlavə azalır.

NƏTİCƏ

İmpedans spektrin təhlili 80K temperaturda kompleks keçiriciliyin xarici elektrik sahənin tezliyindən $YI \sim f^{0,96}$ asılılığı ilə artdığını göstərir, f>100Hs tezlikdə gətirilmiş tutumun demək olar ki, sabit qalması aşağı temperaturda bərk məhlulun homogen dielektrik material olduğunu göstərir. Otaq temperaturunda gətirilmiş tutum aşağı tezliklərdə qeyri-adi dərəcədə yüksək qiymət alır və tezliyin artması ilə üç və ya dörd tərtib azalır.

Otaq temperaturunda kompleks keçiriciliyin 10^5Hz tezliyə qədər sabit qalması, f>10^5Hz tezlikdə isə yüksəlməsi dənəciklərin və dənələr arası sərhədin keçiricilikdəki rolu ilə bağlıdır.

1. R.Bendorius, A.Irzikevicius, A.Kindurys, E.V.Tsvetkova. *The absorption spectra of $Ag_8M_4Se_6$ and Ag_8GeX_6 VI compounds, Physica Stat. Sol. A,* **28** (1975) K125-K127.
2. N.Rysanek, P.Laruelle, A.Katty. *Structure cristalline de Ag_8GeTe_6 (γ), Acta Crystallografica B,* **32** (1976) 692-696.
3. *Zeitschriftfür Kristallographie*, **149** (1979) 31-47 https://doi.org/10.1524/zkri.1979.149.1-2.31
4. M.Fujikane, K.Kurosaki, H.Muta, S.Yamanaka. *Thermoelectric properties of Ag_8GeTe_6. Journal of Alloys and Compounds*, **396** (2005) 280-282.
5. A.Charoenphakdee, K.Kurosaki, H.Muta, M.Uno, S.Yamanaka. *Reinvestigation of the thermoelectric properties of Ag_8GeTe_6, Phys. Status Solidi,* RRL **2** (2008) 65-67.
6. T.J.Zhu, S.N.Zhang, S.H.Yang, X.B. Zhao. *Improved thermoelectric figure of merit of self-doped $Ag_{8-x}GeTe_6$ compounds with glass-like thermal conductivity, Phys. Status Solidi,* RRL **4** (2010) 317-319.
7. N.G.Szwacki, E.Przezdziecka, E.Dynowska, P.BogusÃlawski, J.Kossut. *Structural Properties of MnTe, ZnTe, and ZnMnTe, Acta Physica Polonica A,* **106** (2004) 233-238.
8. R.N.Rəhimov, D.H.Arasli, A.Ə.Xəlilova, A.S.Qəhrəmanova, İ.X.Məmmədov. *$Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$ ərintilərin elektrofiziki xassələri, Transactions of National Academy of Science of Azerbaijan, series of physics-mathematical and technical sciences, Physics and Astronomy,* **139** №2 (2019) 132-137.
9. A.Gahramanova, V.Qasymov, A.Khalilova, R.Rahinov. *Thermodynamic properties of $Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$ alloys, 7th Rostocker International Conference: "Thermophysical Properties for Technical Thermodynamics", Rostock, Germany,* 26-27 July (2018) **73-74.**
10. H.Kawaji, T.Atake. *Heat capacity measurement and thermodynamic study of Ag_8GeTe_6, Sol. State Ionics,* **70/71** (1994) 518-521.
11. M.Evain, E.Gaudin, F.Boucher, V.Petricek, F.Taulelle. *Structures and phase transitions of the A_7PSe_6 (A=Ag,Cu) argyrodite-type ionic conductors. I. Ag_7PSe_6, Acta Cryst. B,* **54** (1998) 376-383.
12. E.Gaudin, F.Boucher, V.Petricek, F.Taulellec, M.Evain. *Structures and phase transitions of the A_7PSe_6 (A=Ag, Cu) argyrodite-type ionic conductors. II. β- and γ-Cu_7PSe_6, Acta Cryst. B,* **56** (2000) 402-408.
13. E.Gaudin, F.Boucher, V.Petricek, F.Taulellec, M.Evain. *Structures and phase transitions of the A_7PSe_6 (A=Ag,Cu) argyrodite-type ionic conductors. III. α-Cu_7PSe_6, Acta Cryst. B,* **56** (2000) 972-979.
14. O.Alekperov, O.Samedov, R.Paucar, N.Abdulzade, E.Nakhmedov, A.Nadjafov, K.Wakita, N.Mamedov. *Impedance spectroscopy study of phase transitions toionic and superionic conductivity states in Ag_2S and Ag_2Se, Phys. Status Solidi C,* **12** (2015) 610-614.
15. R.M.Sardarly, O.A.Samedov, N.A.Alieva, A.P.Abdullayev, E.K.Huseynov, I.S.Hasanov, F.T.Salmanov. *On the polarization caused by bulk charges and the ionic conductivity in $TlInSe_2$ crystals, Semiconductors,* 48 (2014) 427-431.
16. A.K.Ivanov-Shits, I.V.Murin. Ionica tverdogo tela, Saint-Petersburg, (2000) (in Russian) 617.
17. A.V.Yakimchuk, J.V.Zaikina, L.N.Reshetova, L.I.Ryabova, D.R.Khokhlov, A.V.Shevelkov. *Impedance of $Sn_{24}P_{19.3}Br_xI_{8-x}$ semiconducting clathrates, Low Temperature Physics*, **33** (2007) 276-279.
18. J.T.S.Irvine, D.C.Sinclair, A.R.West. *Electroceramics: Characterization by Impedance Spectroscopy, Advanced Materials*, **2** №3 (1990) 132-138.
19. P.W.Zukovskiy, A.Rodzik, Yu.A.Shostak. *Dielectric constant and ac conductivity of semi-insulating $Cd_{1-x}Mn_xTe$, Semiconductors*, **31** (1997) 610-614.
20. M.A.Kudryashov, A.I.Mashin, A.A.Logunov, G.Chidichimo, G.De Filpo. *Dielectric Properties of Ag/PAN Nanocomposites, Technical Physics*, **59** (2014) 1012-1016.
21. P.Lunkenheimer, V.Bobnar, A.V.Pronin, A.I.Ritus, A.A.Volkov, A.Loidl. *Origin of apparent colossal dielectric constants, Phys. Rev. B,* **66** (2002) 052105-1-052105-422.
22. T.B.Adams, D.C.Sinclair, A.R.West. *Characterization of grain boundary impedances in fine- and coarse-grained $CaCu_3Ti_4O_{12}$ ceramics, Phys. Rev. B,* **73** (2006) 094124-1-094124-9.
23. P.K.Jana, S.Sarkar, B.K.Chaudhuri. *Maxwell-Wagner polarization mechanism in potassium and titanium doped nickel oxide showing giant dielectric permittivity, J. Phys. D: Appl. Phys.*, **40** (2007) 556-560.

CONDUCTIVITY FEATURES OF $Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$ SOLID SOLUTIONS

R.N.RAHIMOV, D.H.ARASLY, A.A.KHƏLILOVA, I.Kh.MAMMADOV, A.S.QAHRAMANOVA

Impedance spectra of $Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$ (x=0; 0.05; 0.1; 0.2) solid solutions have been studied at 80K and 300K. At 80K the samples were homogeneous dielectric material, and at room temperature they had semiconductor properties.

ОСОБЕННОСТИ ПРОВОДИМОСТИ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$

Р.Н.РАГИМОВ, Д.Г.АРАСЛЫ, А.А.ХАЛИЛОВА, И.Х.МАМЕДОВ, А.С.ГАХРАМАНОВА

Исследованы спектры импеданса твердых растворов $Ag_8Ge_{1-x}Mn_xTe_6$ (x=0; 0,05; 0,1; 0,2) при 80 и 300К. При температуре 80К образцы были однородным диэлектрическим материалом, а при комнатной температуре обладали полупроводниковыми свойствами.