

MnIn₂Se₄ BİRLƏŞMƏSİNİN DƏYİŞƏN ELEKTRİK SAHƏSİNDƏ ELEKTRİK XASSƏLƏRİ

N.N. NİFTIYEV

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, Az-1000, Bakı, Ü. Hacıbəyov, 34

O.B. TAĞIYEV

AMEA Fizika İnstitutu, Az-1143, Bakı, H. Cavid, 33

M.B. MURADOV

Bakı Dövlət Universiteti, Az-1145, Z. Xəlilov, 23

F.M. MƏMMƏDOV

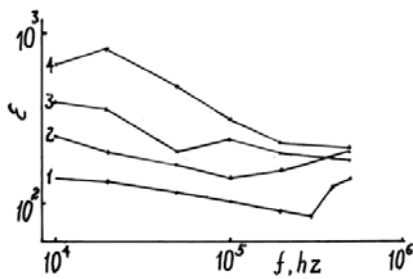
AMEA Kimya Problemləri İnstitutu, Az-1143, Bakı, H. Cavid, 29

T.Ş. HƏŞİMOVA

AMEA Fizika İnstitutu, Az-1143, Bakı, H. Cavid, 33

İşdə MnIn₂Se₄ birləşməsinin müxtəlif tezlik və temperaturalarda dielektrik nüfuzluğu, elektrik keçiriciliyi və dielektrik itki bucağının tangensi tədqiq edilmiş və onların təcrübi qiymətləri hesablanmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, dielektrik nüfuzluğunun termik artımı, temperatur yüksəldikcə yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının artması ilə bağlıdır. Aktivləşmə enerjisinin tezlikdən asılılığı müşahidə edilmişdir. Bu da tezlik artıqca bağlayıcı layların relaksasiya müddətinin azalması ilə əlaqədardır. Müəyyən edilmişdir ki, aşağı tezliklərdə itki bucağının tangensi tezliklə tərs mütənəşib olaraq azalır ($tg\delta \sim 1/\omega$), yüksək tezliklərdə isə tezlik və temperatur artıqca $tg\delta$ artır.

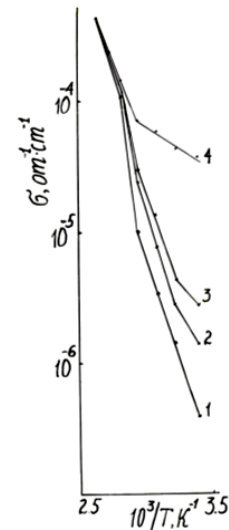
Uçlu xalkoqenid birləşmələr qeyri-adi mühüm fiziki xassələr kompleksinə malik olduqlarına görə son dərəcə böyük maraq kəsb edir və elmi-texnikanın müxtəlif sahələrində geniş tətbiqini tapır. Onlardan d və f təbəqələri tamamilə dolmayan elementlər daxil olan yarımkeçirici birləşmələr yarımkeçirici və maqnit xassələri özündə cəmləşdirən qeyri-adi xüsusiyyətləri sahəsində intensiv tədqiqatların obyektinə çevrilmişdir. Bu planda AB₂X₄ (burada A – Mn, Fe, JO, Ni; B – Ga, In; X – S, Se, Te) tipli birləşmələr böyük maraq kəsb edir [1-7]. Bu birləşmələr optoelektronikada tətbiq edilə bilən maqnit sahəsi ilə idarə olunan lazerlər, işıq modulyatorları, fotodetektorlar və s. funksional qurğular yaratmaq üçün perspektivlidir. Hal-hazırda işdə AB₂X₄ tipli birləşmələrdən olan MnIn₂Se₄-ün dəyişən elektrik sahəsində elektrik xassələri tədqiq edilmişdir.



Şəkil 1. Müxtəlif temperaturalarda dielektrik nüfuzluğunun tezlikdən asılılığı; K: 1 -295; 2- 323; 3- 340; 4- 355.

MnIn₂Se₄ birləşməsi stexiometrik miqdarda yüksək təmizlikli (99,999%) elementlərin ərintisindən alınmışdır. Rentqenoqrafik metodla analiz nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, MnIn₂Se₄ heksaqonal quruluşa malik olub, elementar qəfəs parametrləri $a=4,19\text{Å}$, $c=12,90\text{Å}$, $c/a=3,08$ -dir [2]. MnIn₂Se₄ birləşməsinin sabit elektrik sahəsində bəzi elektrik xassələri [4] işində öyrənilmişdir. Dəyişən elektrik sahəsində elektrik xassələrini öyrənmək üçün qalınlığı ~0,5 mm olan kristal nümunələrdən onlara gümüş pastası vuraraq kondensatorlar hazırlanmışdır. Elektrik tutumunun ölçülməsi E7-20 (25÷10⁶Hz) rəqəmli immetans ölçü cihazının köməyi ilə aparılmışdır.

Şəkil 1-də müxtəlif temperaturalarda dielektrik nüfuzluğunun (ϵ) cərəyanın tezliyindən asılılıq qrafiki verilmişdir. Qrafikdən görünür ki, ($10^4 \div 5 \cdot 10^5$ Hz) tezlik və 295÷355K temperatur intervalında ϵ tezlik və temperaturdan asılı olaraq 80÷800 aralığında müəyyən qiymətlər alır. Temperatur yüksəldikcə dielektrik nüfuzluğunun termik aktiv artımı müşahidə edilir. Dielektrik nüfuzluğunun termik aktiv artımı temperatur yüksəldikcə yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının temperaturdan asılı olaraq artması ilə əlaqədardır. 295÷325K temperatur intervalında ϵ tezlikdən asılı olaraq əvvəlcə azalır, sonra isə artır. 340÷355K temperatur intervalında isə ϵ -nin tədricən azalması baş verir.



Şəkil 2. MnIn₂Se₄ üçün tezliyin müxtəlif qiymətlərində elektrik keçiriciliyinin temperaturdan asılılığı; Hz: 1- 10⁴; 2- 10⁵; 3- 2·10⁵; 4- 5·10⁵.

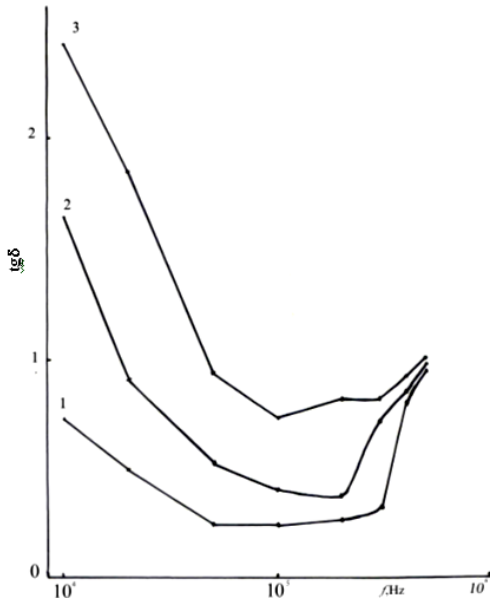
Şəkil 2-də müxtəlif tezliklərdə elektrik keçiriciliyinin (σ) temperaturdan ($10^3/T$) asılılıq qrafiki verilmişdir. Qrafikdən görünür ki, ayrılar $10^4 \div 5 \cdot 10^5$ Hz tezlik intervalında müxtəlif meyillərə malik olur. Müxtəlif meyillərə malik

olan əyrilərdən aktivasiya enerjiləri hesablanmışdır. Aşağı temperaturlu oblastda $10^5 \div 5 \cdot 10^5$ Hz tezlik intervalında tezlik artdıqca aktivasiya enerjisi 0,35 eV-dan 0,10 eV-a qədər azalır (2, 3, 4 əyriləri). Yüksək temperaturlu oblastda isə tezlik artdıqca aktivasiya enerjisi 0,64 \div 0,55 eV intervalında azalır. Aktivasiya enerjisinin tezlikdən asılı olaraq dəyişməsinə baryer modelinin köməyi ilə izah etmək olar [8]. Bu modelin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, çoxlu sayda kristallar arasında lokal baryerə malik müxtəlif qeyribircinsliliklərlə (məs: dislokasiya, elektrik domeni və s.) lolkallaşmış aşağı müqavimətli bağlayıcı laylar ola bilər. Bağlayıcı layların qalınlığı və birləşmə xüsusiyyətinin elektrik sahəsinin gərginliyi və tezliyindən asılılığı onları «aktiv element» edir. Bildiyimiz kimi, bizim tədqiq etdiyimiz materiallarda yüyürlüklüyün qiyməti kiçikdir. Ona görə də bağlayıcı layların formalaşması (və pozulması) relaksasiya prosesinə aiddir. Bağlayıcı laylar üçün relaksasiya müddəti tezlikdən müxtəlif cür asılı ola bilər. Əgər bu asılılıq güclüdirsə, keçiriciliyin aktivləşmə enerjisi tezlikdən asılı olur. $MnIn_2Se_4$ birləşməsi üçün relaksasiya müddətini [8]

$$\tau = \frac{1}{2f} \exp(\Delta E / kT) \quad (1)$$

riyazi ifadəsinin köməyi ilə hesablasaq (bax: şəkil 2), biz müəyyən edirik ki, $10^5 \div 5 \cdot 10^5$ Hz tezlik intervalında tezlik artdıqca relaksasiya müddəti $10^0 \div 10^{-5}$ saniyə intervalında azalır və aktivləşmə enerjisinin 0,35 eV-dan 0,10 eV-a qədər azalması bah verir.

Şəkildən həmçinin görünür ki, $10^4 \div 2 \cdot 10^5$ Hz tezlik intervalında (1, 2, 3 əyriləri) 340 K temperaturdan başlayaraq keçiricilik kəskin artır. Ümumiyyətlə dəyişən elektrik sahəsinin tezliyindən asılı olaraq elektrik keçiriciliyi təqribən 10^2 dəfə dəyişir.



Şəkil 3. $MnIn_2Se_4$ üçün müxtəlif temperaturlarda dielektrik itkisinin tangens bucağının tezlikdən asılılığı; K: 1- 295; 2- 310; 3- 325.

Şəkil 3-də $MnIn_2Se_4$ birləşməsi üçün müxtəlif temperaturlarda dielektrik itkisinin tangens bucağının tezlikdən asılılıq qrafiki təsvir edilmişdir. Şəkildən görünür ki, tədqiq edilən temperaturlarda başlanğıcda tezlik artdıqca itki bucağının qiyməti azalır, müəyyən tezliklərdən sonra isə

artma müşahidə edilir. Məlumdur ki, dielektrik itkisini xarakterizə edən parametrlərdən ən vacibi dielektrik itkisinin tangens bucağıdır [9]:

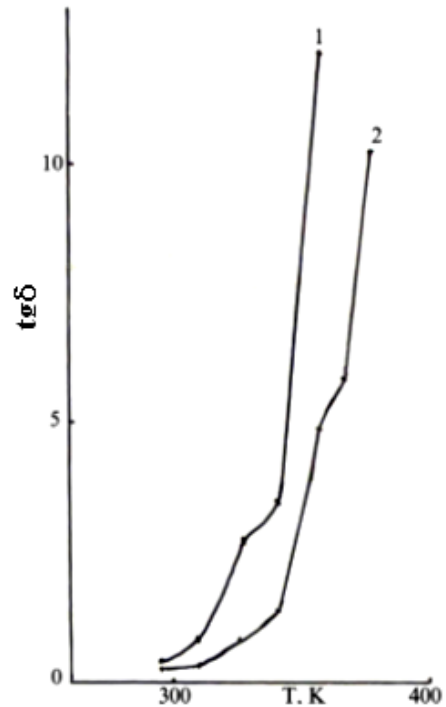
$$tg\delta = \frac{I_a}{I_r} = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon \omega} \quad (2)$$

Burada I_a -aktiv cərəyan, I_r -reaktiv cərəyan, ϵ_0 -elektrik sabiti, ϵ - dielektrik nüfuzluğu, $\omega=2\pi f$ - tezlik, σ - isə elektrik keçiriciliyidir.

Yuxarıda göründüyü kimi (şəkil 1 və 2) aşağı tezliklərdə elektrik nüfuzluğu və elektrik keçiriciliyi tezlikdən asılı olaraq çox zəif dəyişir. Buna görə də başlanğıcda itki bucağının tangensi tezliklə tərs mütənəsb olaraq azalır

$$(tg\delta \sim \frac{1}{\omega}).$$

Yuxarı tezliklərdə isə ($2 \cdot 10^5 \div 5 \cdot 10^5$ Hz) tezlik artdıqca dielektrik nüfuzluğu az dəyişsə də, elektrik keçiriciliyinin daha sürətlə artması müşahidə olunur (şəkil 2). Bu da tezlik artdıqca itki bucağının tangensinin artmasına səbəb olur.



Şəkil 4. $MnIn_2Se_4$ üçün müxtəlif tezliklərdə dielektrik itkisinin tangens bucağının temperaturdan asılılığı; K: 1- $2 \cdot 10^4$ Hz; 2- $2 \cdot 10^5$ Hz.

Şəkil 4-də iki müxtəlif tezliklərdə ($2 \cdot 10^4$ və $2 \cdot 10^5$ Hz) dielektrik itkisinin tangens bucağının temperaturdan asılılıq qrafiki verilmişdir. Şəkildən görünür ki, 300 \div 340 K temperatur intervalında temperatur artdıqca $tg\delta$ -nin qiyməti artır. 340 K temperaturdan başlayaraq isə daha sürətli artma müşahidə olunur. Bu da elektrik keçiriciliyinin daha intensiv artması ilə bağlıdır.

Beləliklə, işdə $MnIn_2Se_4$ birləşməsinin müxtəlif tezlik və temperaturlarda dielektrik nüfuzluğu, elektrik keçiriciliyi və elektrik itki bucağının tangensini tədqiq edilmiş və onların təcrübi qiymətləri hesablanmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, dielektrik nüfuzluğunun termik artımı, temperatur yüksəldikcə yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının artması ilə bağlıdır. Tezlik yüksəldikcə aktivləşmə enerjisinin

azalması, tezlik artdıqca bağlayıcı layların relaksasiya müddətinin azalması ilə əlaqədardır. Müəyyən edilmişdir ki, aşağı tezliklərdə itki bucağının tangensi tezliklə tərs

mütənasib olaraq azalır ($tg\delta \sim \frac{1}{\omega}$), yüksək tezliklərdə isə tezlik və temperatur artdıqca itki bucağının tangensinin qiyməti artır.

-
- [1] *T. Kanamoto, H. Ido, T. Kaneko.* J. Phys. Japan, 1973, v.34, №2, p.554.
- [2] *Б.К.Бабаева, М.Р.Аллазов.* В кн: Исследования в области неорганической и физической химии. Баку, Наука, 1977.
- [3] *Д.С. Аждарова.* Полупроводники на основе халькогенидов марганца. Баку, Наука, 2001.
- [4] *Н.Н. Нифтиев, М.А. Алиджанов, О.Б. Тагиев, Ф.М.Мамедов, М.Б. Мурадов.* 2004, ФТП, т.38, в.5, с.550-551.
- [5] *Р.Н. Бекимбетов.* Неорганические материалы. 2002, т.38, №8, с.953-957.
- [6] *Н.Н. Нифтиев, О.Б.Тагиев.* Письма в ЖТФ. 2005, т.31, в.19, с.72-75.
- [7] *Н.Н. Нифтиев, О.Б.Тагиев.* ФТП, 2007, т.41, в.1, с.17-19.
- [8] *П.Г. Орешкин.* Физика полупроводников и диэлектриков. Высшая школа, 1977, с.448.
- [9] *Ю.М. Поплавко.* Физика диэлектриков. Высшая школа. 1980, с.400.

N.N. Niftiyev, O.B. Tagiyev, M.B. Muradov, F.M.Mamedov, T.Sh.Gashimova

ELECTRIC PROPERTIES OF MnIn₂Se₄ COMPOSITION ON ALTERNATING ELECTRIC FIELD.

The dielectric constants, dielectric dissipation and electric conduction of MnIn₂Se₄ compound are investigated and their experimental values are defined. It is established, that thermal increase of dielectric constant is connected with temperature increase at concentration increase of current carriers. The frequency dependence of activation energy, which is connected with decrease of relaxation time of blocking layers at frequency increase, is observed. It is established, the dielectric dissipation decreases in inverse proportion ($tg\delta \sim 1/\omega$) and $tg\delta$ increases at high frequencies with increase of frequency and temperature.

Н.Н. Нифтиев, О.Б. Тагиев, М.Б. Мурадов, Ф.М. Мамедов, Т.Ш. Гашимова

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЯ MnIn₂Se₄ В ПЕРЕМЕННОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Исследованы диэлектрические проницаемости, тангенс угла диэлектрических потерь и электропроводность соединения MnIn₂Se₄ и определены экспериментальные их значения. Установлено, что термический рост диэлектрической проницаемости связан с ростом температуры при увеличении концентрации носителей тока. Наблюдается частотная зависимость энергии активации, которая связана с уменьшением времени релаксации запирающих слоев при увеличении частоты. Установлено, что при низких частотах тангенс угла диэлектрических потерь уменьшается обратно пропорционально частоте ($tg\delta \sim 1/\omega$), а при высоких частотах с ростом частоты и температуры $tg\delta$ увеличивается.

Received:08.01.08