

FeIn₂S₄-ÜN DİELEKTRİK XASSƏLƏRİ

N.N. NİFTİYEV

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, Az1000, Bakı, Ü. Hacıbəyov, 34

O.B. TAĞIYEV

AMEA Fizika institutu, Az1143, Bakı, H. Cavid pr., 33

M.B. MURADOV

Bakı Dövlət Universiteti, Az1145, Z. Xəlilov, 23

F.M. MƏMMƏDOV

AMEA Kimya Problemləri İnstitutu, Az1143, H. Cavid pr., 29

Ü.F. KASUMOV

AMEA Fizika institutu, Az1143, Bakı, H. Cavid pr., 33

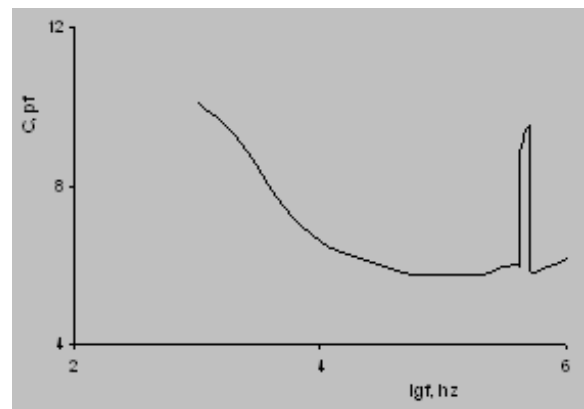
İşdə FeIn₂S₄ birləşməsinin müxtəlif tezlik və temperaturalarda elektrik tutumu və dielektrik itki bucağının tangensi tədqiq edilmişdir. Kristalın dielektrik nüfuzluğu və yükdaşıyıcıların aktivləşmə enerjisi təyin olunmuşdur. C və $tg\delta$ üçün tezliyin müəyyən qiymətlərində rezonans hadisəsi müşahidə edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, 500kHz və 1MHz tezliklərdə temperatur artdıqca $tg\delta$ eksponensial qanun üzrə artır. $2 \cdot 10^3 \div 2,5 \cdot 10^5$ Hz tezlik intervalında $tg\delta \sim 1/\omega$ tərs mütənəsb asılılığı müşahidə edilir.

Üçlü xalkogenid birləşmələr içərisində AB₂X₄ (burada A- Mn, Fe, Co, Ni; B- Ga, In; X- S, Se, Te) tipli böyük sinif materiallar özünün mühüm fiziki xassələri sayəsində intensiv olaraq tədqiq edilir [1-9]. Bu birləşmələrin əsasında lazerlər, işıq modulyatorları, fotodedektorlar, termorezistorlar və s. funksional qurğular yaratmaq üçün perspektivlidir. Onlara müxtəlif aşqarlar vurmaqla fiziki xassələrini dəyişmək olar.

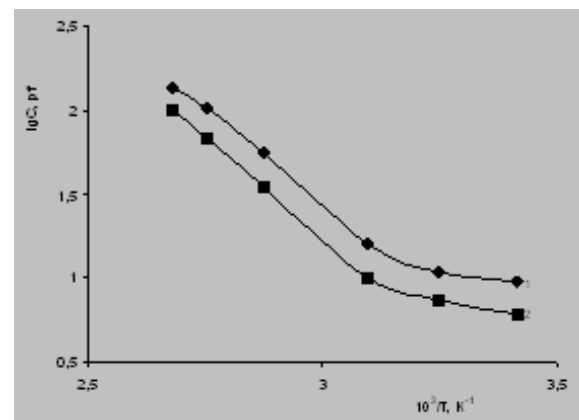
FeIn₂S₄ kristalı AB₂X₄ tipli birləşmələr sinfinə aid olub bəzi fiziki xassələri [10-16] işlərində tədqiq edilmişdir. Quruluş və maqnit xassələrinin öyrənilməsi nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, FeIn₂S₄ Neel temperaturundan ($T_N=4,2K$) aşağı temperaturda antiferromaqnit materialdır [10,13]. [14] işində FeIn₂S₄-ün statik elektrik sahəsində elektrik xassələri tədqiq edilmiş və çevirmə effekti aşkara çıxarılmışdır. [15-16] işləri isə FeIn₂S₄ nanokristalının alınmasına və elektrokimyəvi xassələrinin öyrənilməsinə həsr olunmuşdur. Hal-hazırkı işdə FeIn₂S₄ birləşməsinin dielektrik xassələrinin tədqiqi nəticələri verilmişdir.

FeIn₂S₄ kristalı stexiometrik miqdarda yüksək təmizlikli (99,999%) elementlər birləşməsindən alınmışdır. Rentgenoqrafik metodla analiz nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, FeIn₂S₄ birləşməsi kristal qəfəs parametrləri $a=10,62\text{\AA}$ olan şpinel quruluşu malik olur [10,12]. Dielektrik xassələrini öyrənmək üçün qalınlığı $\sim 0,5\text{mm}$ olan kristal lövhələrə gümüş pastası vuraraq kondensatorlar hazırlanmışdır. Kristallar 293÷400K temperatur intervalında tənzimlənə bilən kriostatda yerləşdirilmişdir. Temperatur ölçmələrinin dəqiqliyi $\pm 0,5K$ təşkil edir. Elektrik tutumunun və dielektrik itkisinin tangens bucağının ölçülməsi E7-20 ($25 \div 10^6$ Hz) rəqəmli immetans ölçü cihazının köməyi ilə aparılmışdır. Nümunəyə 1V ölçmə gərginliyi verilmişdir.

Şəkil 1-də 293K temperaturda yarımkeçirici kondensatoru üçün elektrik tutumunun (C) cərəyan tezliyindən (f) asılılıq qrafiki verilmişdir. Qrafikdən görünür ki, elektrik tutumu 1kHz tezlikdən başlayaraq 100kHz-ə qədər azalır. Sonra isə 400 kHz tezliyə qədər demək olar ki, C sabit qalır. 420÷500 kHz tezlik intervalında isə rezonans hadisəsi baş verir.



Şəkil 1. FeIn₂S₄ kristalı üçün 293K temperaturda elektrik tutumunun tezlikdən asılılığı.



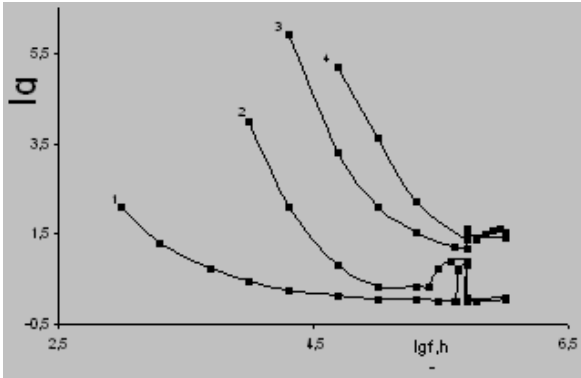
Şəkil 2. FeIn₂S₄ kristalı üçün müxtəlif tezliklərdə elektrik tutumunun temperaturdan asılılığı: 1 - 500kHz, 2 - 1MHz.

Şəkil 2-də FeIn₂S₄ birləşməsi üçün 500kHz (1 əyrisi) və 1MHz (2 əyrisi) tezliklərdə elektrik tutumunun temperatur-

dan asılılıq qrafiki verilmişdir. Şəkildən görünür ki, 293÷323K temperatur intervalında C temperaturdan asılı olaraq zəif artır. 323÷373K temperatur aralığında isə C bir qədər sürətlə artır. Bu hissə üçün $\lg C \sim 10^3/T$ asılılığından aktivləşmə enerjisi hesablanmış və $E = 0,44$ eV qiyməti tapılmışdır.

$$C = \varepsilon \varepsilon_0 S / d$$

düsturundan dielektrik nüfuzluğu (ε) hesablanmış və müəyyən edilmişdir ki, tədqiq olunan temperatur və tezlik intervalında ε - nün qiyməti 300 ÷ 2800 intervalında dəyişir. Temperatur artdıqca elektrik tutumunun, həmçinin dielektrik nüfuzluğunun artmasının səbəbi yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının artmasıdır.



Şəkil 3. FeIn₂S₄ kristalı üçün müxtəlif temperaturalarda dielektrik itkisinin tangens bucağının tezlikdən asılılığı: 1 - 293K, 2 - 323K, 3 - 338K, 4 - 363K.

Şəkil 3-də FeIn₂S₄ kristalı üçün müxtəlif temperaturalarda dielektrik itkisinin tangens bucağının ($tg\delta$) dəyişən cərəyan tezliyindən asılılıq qrafiki göstərilmişdir.

Şəkildən görünür ki, tədqiq olunan temperaturalarda tezlik artdıqca $tg\delta$ -nın qiyməti azalır, $2,5 \cdot 10^5 \div 5 \cdot 10^5$ Hz tezlik intervalında isə rezonans hadisəsi baş verir.

Temperatur yüksəldikcə rezonans piklərinin maksimumlarının qiyməti azlır. Məlumdur ki, yarımkeçirici və dielektrlərdə itki kristalın quruluşundan və defektlərin təbiətindən asılıdır. Defektlərin konsentrasiyası dielektrik itkisinin qiymətini əhəmiyyətli dərəcədə dəyişə bilər. Dielektrlərdə itki bucağının dəyişən elektrik sahəsinin tezliyindən asılılığını aydınlaşdırmaq üçün fərz edək ki, paralel birləşmə zamanı dielektrik C tutumuna malik kondensator və R aktiv müqavimətli naqıl ilə əvəz edilmişdir. Bu zaman itki bucağının tangensini belə ifadə etmək olar:

$$tg\delta = j_a / j_r = 1 / \omega C R \quad (1)$$

Burada j_a – aktiv, j_r – reaktiv cərəyan sıxlığı, $\omega = 2\pi f$ – tezlikdir.

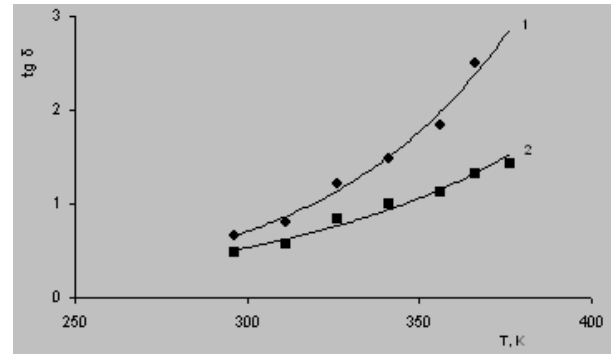
FeIn₂S₄ kristalı üçün $2 \cdot 10^3 \div 2,5 \cdot 10^5$ Hz tezlik intervalında C və R -in tezlikdən asılı olaraq dəyişməsi az olduğun-

dan, onu nəzərə almasaq, itki bucağının tangensinin tezliklə tərs mütənasib asılılığının ödəndiyini görürük ($\sim 1/\omega$). Ona görə də şəkil 3–dəki itki bucağının tangensinin tezlikdən asılılıq qrafiki (1) ifadəsinə uyğundur.

Şəkil 1 və 3-dəki C və $tg\delta$ -nin tezlikdən asılılığında müşahidə edilən rezonans hadisəsini baryer modelinin [17] köməyi ilə izah etmək olar. Belə ki, yüksək müqavimətli laylara malik defekt kristallarda lokal baryerə malik müxtəlif qeyri-bircinsliliklərlə (məs: dislokasiya, elektrik domeni) lokallaşmış aşağı müqavimətli bağlayıcı laylar ola bilər. Bağlayıcı layların qalınlığı və birləşmə xüsusiyyətinin elektrik sahəsi gərginliyi və tezliyindən asılılığı onları aktiv element edir. v tezliyi (v – konsentrasiya dalğasında yükdaşıyıcıların rəqs tezliyidir) layın d qalınlığı və v_d dreyf sürətindən təyin olunur [17]:

$$2d = v_d / v$$

Belə ki, xarici dəyişən elektrik sahəsinin f tezliyi v tezliyinə bərabər olduğu üçün rezonans hadisəsi baş verir. Rezonans hadisəsinin azalmasının səbəbini belə izah etmək olar ki, temperatur yüksəldikcə v tezliyi yüksəlir və f xarici sahənin tezliyindən fərqlənir.



Şəkil 4. FeIn₂S₄ kristalı üçün müxtəlif tezliklərdə dielektrik itkisinin tangens bucağının temperaturdan asılılığı: 1 - 500kHz, 2 - 1MHz.

Şəkil 4 -də FeIn₂S₄ kristalı üçün $5 \cdot 10^5$ Hz (1 əyrisi) və 1MHz (2 əyrisi) tezliklərdə itki bucağı tangensinin temperaturdan asılılıq qrafiki verilmişdir. Şəkildən görünür ki, $tg\delta$ temperatur artdıqca eksponensial qanun üzrə artır.

Beləliklə, işdə FeIn₂S₄ birləşməsinin müxtəlif temperatur və tezliklərdə elektrik tutumu və dielektrik itki bucağının tangensini tədqiq edilmiş və onların təcrübi qiymətləri hesablanmışdır. FeIn₂S₄ üçün yükdaşıyıcıların aktivləşmə enerjisi təyin edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, temperatur artdıqca C və ya ε -nün artmasının səbəbi yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının artmasıdır. C və $tg\delta$ üçün tezliyin müəyyən qiymətlərində rezonans hadisəsi müşahidə edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, 500 kHz və 1MHz tezliklərdə temperatur artdıqca $tg\delta$ eksponensial qanun üzrə artır.

- [1] K.Z. Rushchanskii, H. Hacusele, D.M. Bercha. J. of Physics and chemistry of Solids. 2002. v.63, p.2019.
[2] A. Memo, W. Kwarteng – Acheampong, H. Heausele. Mat. Res. Bull. 2003, v.38, n.6, p.1057.

- [3] N. Tsuboi, K. Ogihara, U. Suda, K. Oishi, S. Kobayashi, F. kaneko. Jap. Journal of Applied Physics 2005. v.44, p.725.
[4] C.Cedeno, C. Diaz de Delgado, J. M. Delgado, L. M. de Chalbaunt, V.Sagredo. J. of Physics and chemistry of solids. 2005. v.66, p.2049.

- [5] *T. Torres, V. Saqredo, L.M. de Chalbaund, G. Attolini, F. Bolzoni.* Physics of Condensed Matter. 2006. v.384, p.100.
- [6] *F.J. Manjon, A. Segura, M. Amboage, J. Pellicer, J.F. Sanchez-Royo and at. al.* Physics Status Solidi (b). 2006. v.244, p.229.
- [7] *V. Sagredo, M.C. Moron, L. Betancourt, G.E. Delgado.* J. of Magnetic Materials. 2007. v.312, p.294.
- [8] *N.N. Niftiyev, O.B. Tagiyev.* FTP. 2007. t.41, v.1, s.17 (rusca)
- [9] *N.N. Niftiyev, O.B. Tagiyev, M.B. Muradov.* FTP. 2008. t.42, v.3, s.268 (rusca)
- [10] *T. Kanomata, H. Ido, T. Kaneko.* J. Phys. Soc. Japan. 1973. v.34. № 2, p.554.
- [11] *B.K. Babayeva.* Troynie poluprovodniki i ix primeneniye. Kişinyev: Ştiinça 1976. s.96 (rusca).
- [12] *P.G. Pustamov, B.K. Babayeva, M.R. Allazov.* Jurnal neorqan. ximii. 1979. t.24. № 8, s.2208 (rusca).
- [13] *S. Schlein, W. Aoran.* J. of Solid State chemistry. 1972. v.4, № 2, P.286
- [14] *N.N. Niftiyev, M.A. Alidjanov, O.B. Tagiyev, M.B. Muradov.* Ukr. fiz. Journ. 2002. t.47, № 11. s.1054 (rusca).
- [15] *G. Lu, J. Hu, K. Gian, G. Zhou.* Chem. Lett. 1999. v.6, p.481.
- [16] *C. Xiangyinf, Z. Zhongjie, Z. Xingfa, L. Jianwei, Q. Yitai.* J. of Cristal Growth. 2005. v.277, p.524.
- [17] *P. G. Oreşkin.* Fizika poluprovodnikov i dielektrikov. Vısşaya şkola. 1977, s.448 (rusca).

N.N. Niftiyev, O.B. Tagiev, M.B. Muradov, F.M. Mamedov, U.F. Kasumov

DIELECTRIC PROPERTIES OF FeIn₂S₄

The ewlectric capacity and dielectric loss tangent at different frequencies and temperatures for FeIn₂S₄ compound have been investigated. The crystal dielectric constants and activation energies of electric current carriers have been obtained. The resonance phenomenon C and $tg\delta$ is observed at definite frequencies. It is established that $tg\delta$ increases under exponential law at frequencies 500kHz and 1MHz with temperature increase. The $tg\delta \sim 1/\omega$ dependence is observed in frequency interval $2 \cdot 10^3 \div 2,5 \cdot 10^5$ Hz.

Н.Н. Нифтиев, О.Б. Тагиев, М.Б. Мурадов, Ф.М. Мамедов, У.Ф. Касумов

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА FeIn₂S₄

Исследованы электрические ёмкости и тангенс угла диэлектрических потерь при различных частотах и температурах для соединения FeIn₂S₄. Определены диэлектрические проницаемости кристаллов и энергии активации электрических носителей тока. При определенных частотах наблюдается резонансное явление C и $tg\delta$. Установлено, что с ростом температуры $tg\delta$ растёт по экспоненциальному закону при частотах 500кГц и 1МГц. В интервале частот $2 \cdot 10^3 \div 2,5 \cdot 10^5$ Гц наблюдается зависимость $tg\delta \sim 1/\omega$.

Received: 09.07.08