

## POLYAR VƏ QEYRİ-POLYAR POLİMER ƏSASLI KOMPOZİTLƏRDƏ DİELEKTRİK XÜSUSİYYƏTLƏRİ VƏ XÜSUSİ İSTİLİK TUTUMUNUN ÖYRƏNİLMƏSİ

M.Ə. QURBANOV, Z.A. DADAŞOV, G.X. HÜSEYNOVA,  
İ.S. RAMAZANOVA, Ü.V. YUSİFOVA

*Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Fizika İnstitutu*

*Az-1143, Bakı H.Cavid pr.131*

*e-mail: mKurbanov@physics.ab.az*

Məqalədə polimer (YSPE, F-23, F-26) və müxtəlif strukturlu seqnetopyezofazadan ibarət kompozitlərin dielektrik parametrləri ( $\epsilon$ ,  $tg\delta$ ) 1 kHs tezlikdə, istilik tutumu isə (-180÷700)°C temperatur intervalında tədqiq edilib. Kompozitlərin dielektrik nüfuzluğunun və dielektrik itkisinin temperatur, tezlik və pyezofazanın həcmi payından asılı olaraq dəyişməsi öyrənilmişdir. Araşdırılan nümunələrin DSK qurğusunda alınan termogram əyrisinə əsasən müşahidə olunan keçidlərin entalpiyası hesablanmış və xüsusi istilik tutumunun temperaturdan asılılığı verilmişdir.

**Açar sözlər:** dielektrik nüfuzluğu, dielektrik itki bucağı, xüsusi istilik tutumu, dielektrik skan kalorimetriya, polyar və qeyri-polyar polimer

**PACS:** 77.84.Lf

### GİRİŞ

Məlumdur ki, polimerlər əsasən kiçik dielektrik nüfuzluğuna və yüksək dielektrik gücünə malik aktiv materiallardır [1-5]. Seqnetopyezokeramika hissəcikləri isə yüksək dielektrik nüfuzluğuna və aşağı istilik gücünə malik kövrək materiallardır. Polimerlər əsasında lövhə, disk, silindr, boru, sfera və s. şəkilli pyezomateriallar hazırlamaq olur.

Yüksək Kūri temperaturuna malik pyezokeramikalar və müxtəlif polimerlər əsasında alınan kompozitlərin elektrofiziki, mexaniki və pyezoelektrik xassələrinin temperatur dayanıqlığının öyrənilməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. STQ ailəsinə mənsub pyezokeramikaların tərkib komponentlərinin sayı artdıqca onların spontan deformasiyası və Kūri temperaturu azalır. Ona görə də, istiliyə davamlı pyezokeramikaları almaq üçün əsasən ikikomponentli (PbTiO<sub>3</sub>-PbZrO<sub>3</sub>) sistemlərdən istifadə edirlər. Beləliklə, polimer və çoxkomponentli pyezokeramikalardan ibarət kompozit materiallarının öyrənilməsi daha mühümdür və göstərilən nümunələr daha yüksək xarakteristikalara malikdir. Polimer matrisalı kompozitlərin dielektrik nüfuzluğu və dielektrik itkisinin temperatur və tezlikdən asılı olaraq öyrənilməsi göstərilən nümunələrin tədqiqində ən əlverişli və həssas metodlardan biridir [6]. Göstərilən nümunələrdən əlverişsiz hava şəraitində elektrik xüsusiyyətləri pisləşməyən daha yaxşı materiallar hazırlamaq mümkündür. Son dövrlər dielektrik xüsusiyyətlərinə, mexaniki dayanıqlığa və asan işləmə mexanizminə malik yüksək texnoloji elektron cihazların istifadəsi yeni yüksək dielektrik xassəli materialların yaradılmasına imkan verir.

İşin əsas məqsədi polimer əsaslı kompozitlərdə dielektrik və istilik parametrləri ilə onun pyezoparametrləri arasında əlaqənin müəyyən edilməsidir.

### METODİKA

Tədqiqat obyektləri kimi götürülmüş polyar (PVDF, F-23, F-26) və qeyri-polyar (YSPE, PP) poli-

merlər və romboedrik və tetraqonal struktura malik (PKR -1, PKR-8) seqnetopyezokeramikalar əsasında kompozitlər alınmışdır. Pyezokeramik fazanın hissəciklərinin ölçüləri 63÷100 mkm götürülmüşdür. Tədqiqat üçün nəzərdə tutulmuş kompozitlər isti presləmə metodu ilə alınmışdır. Bu nümunələr yüksək temperatur müqavimətinə və aşağı nəmlənmə xüsusiyyətinə malikdir. Nümunələri modifikasiya etmək üçün elektrik qaz boşalması plazması qalınlığı 2,5 mm hava qatında yaradılmışdır. Plazmatrona (VIIY-10 qurğusu) amplitudu 12kV olan sinusoidal gərginlik tətbiq edilmişdir. Elektrik qaz boşalmasının təsir müddəti 0,5–2 saat götürülmüşdür.

Öyrənilən nümunələrin dielektrik nüfuzluğu ( $\epsilon$ ) və  $tg\delta$  itki bucağı 1kHs tezliklərdə və (293÷473)°K temperatur intervalında təyin edilməsi üçün E7-8 cihazından istifadə edilmişdir.

Nümunədə termiki analiz NETZSCH DSC 204 F1 markalı (Almaniya) diferensial skan kalorimetr cihazında təsirsiz qaz mühitində (arqon) aparılır. Mühafizə qazı olaraq, azotdan istifadə olunur. Kütləsi 40 mq olan kompozit nümunə alüminium yuvacığa yerləşdirilir. Eyni ilə bunun kimi digər yuvacığa etalon nümunə olaraq safir yerləşdirilir və tamamilə identik şəraitdə hər iki yuvacıq 10 K/dəq sürət ilə qızdırılır. Təsirsiz qaz axınının sürəti 20 ml/dəq seçilir və tədqiqatlar işin məqsədinə uyğun olaraq ((-100÷600)°C temperatur intervalında aparılır.

### EKSPERİMENTAL NƏTİCƏLƏRİN ANALİZİ

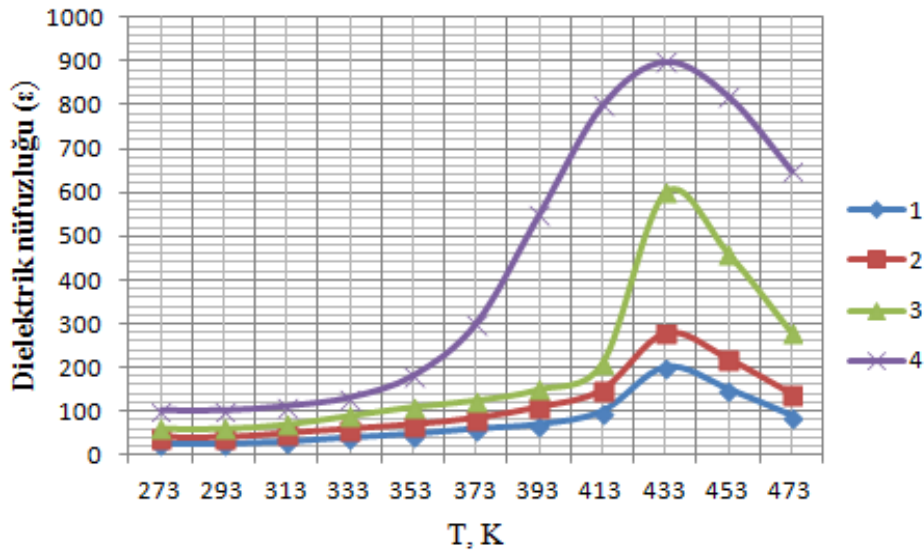
İşdə əsas məqsəd müxtəlif modifikasiya metodlarından istifadə edərək tədqiq olunan kompozitlərin əsas makroskopik parametrlərinin ( $d_{33}$ ,  $g_{33}$  və s.) artırılmasıdır. Belə ki, kompozitlərin dielektrik nüfuzluğu ( $\epsilon$ )–reorientasiya polyarlaşma dərəcəsinə ( $P_r$ ) və onun stabilliyini təyin edir ( $d_{33} \approx P_r \cdot \epsilon$ ). Ona görə də, tədqiq olunan kompozitlərin dielektrik nüfuzluğunun temperatur, tezlik və həcmi paydan asılılığının öyrənilməsi daha mühümdür [6-9]. Bu məqsədlə, şəkil 1-də elektrik

qaz boşalması plazmasının təsiri şəraitində əvvəlcədən modifikasiya olunmuş polimer-çoxkomponentli pyezofazalı kompozitlərin dielektrik nüfuzluğunun temperaturdan asılılığı verilmişdir [7, 10]. Şəkildən görünür ki, araşdırılan nümunələr təxminən 433K-də maksimum dielektrik nüfuzluğuna malik olur. Həmçinin, pyezofazanın komponentlərinin sayını artırıqda, dielektrik nüfuzluğu artır. Bundan əlavə, tədqiq olunan kompozitlərin dielektrik nüfuzluğunun temperaturdan asılılığı göstərir ki,  $T_m$ -dən böyük temperaturlarda  $\varepsilon(T)$  asılılığı mürəkkəb qanunla dəyişir. Faza keçidlərinin temperaturu Küri-Veys qanunu ilə təyin olunur:

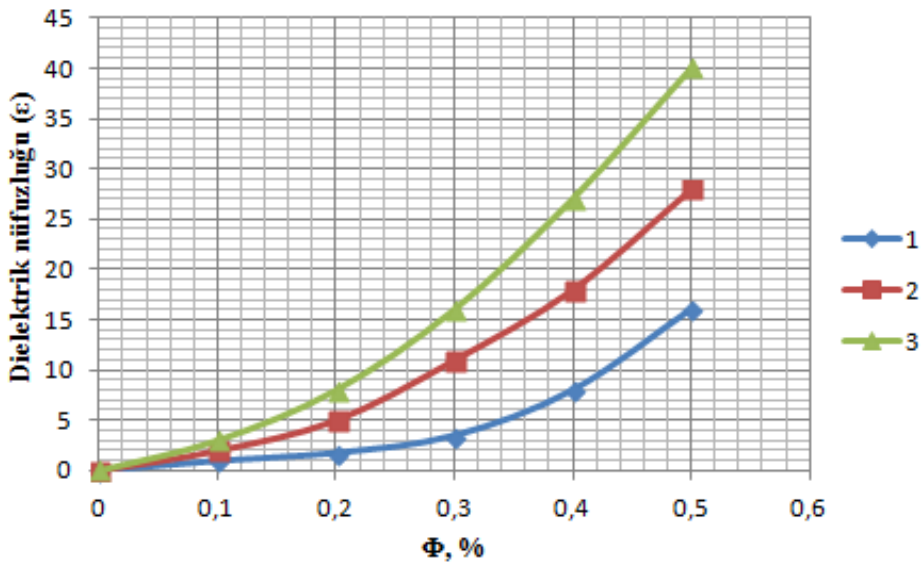
$$\frac{1}{\varepsilon} = A + B (T - T_m)^n$$

Burada  $n=1,90$ ,  $A$  və  $B$  sabitlərdir.

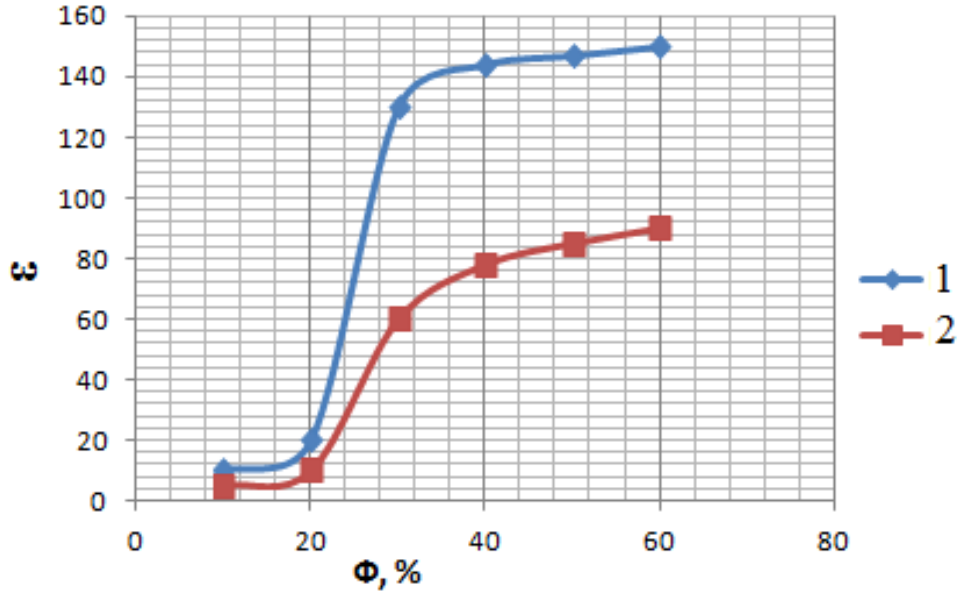
Mövcud dielektrik materiallarda olduğu kimi, kompozitlərin tətbiq sahəsinin genişləndirilməsi üçün onların infraqısa tezliklərdə öyrənilməsi də mühüm faktordur. Həmçinin, tədqiq olunan kompozitlərin pyezofazasının həcmi payı da onların dielektrik nüfuzluğuna nəzərə çarpacaq dərəcədə təsir edir. Bu məqsədlə şəkil 2-də ftor tərkibli polimer (F-23) və çoxkomponentli pyezokeramika əsasında olan kompozitlərin dielektrik nüfuzluğunun pyezofazanın həcmi payından asılılığı verilmişdir [2-4]. Şəkildən görünür ki, yüksək polyarlığa malik F-23 matrisalı kompozitlərin dielektrik nüfuzluğuna pyezofazanın komponentlərinin sayının təsiri yüksəkdir. Belə ki, göstərilən nümunələrin komponentlərinin həcmi payını artırıqmaqla dördkomponentli pyezokeramikalardan ibarət kompozitlərin dielektrik nüfuzluğu daha yüksək dərəcədə artır.



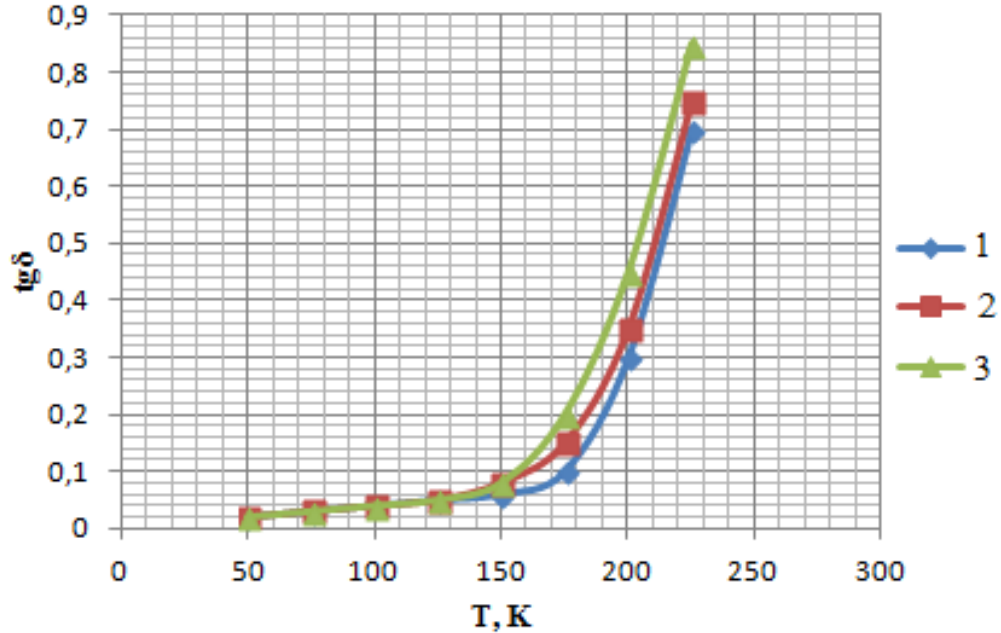
Şəkil 1. Elektrik qaz boşalması plazmasının təsiri şəraitində əvvəlcədən modifikasiya olunmuş kompozitlərin dielektrik nüfuzluğunun temperatur asılılığı.  $E_p=7,5\text{MV/m}$ ,  $T_p=433\text{K}$ ,  $t_p=0,5$  saat. 1-F-23+ PbTiO<sub>3</sub>-PbZrO<sub>3</sub>. 2- F-23+PbTiO<sub>3</sub>-PbZrO<sub>3</sub>-PbNb<sub>2/3</sub>Mn<sub>1/3</sub>O<sub>3</sub>; 3-F-23+PbTiO<sub>3</sub>-PbZrO<sub>3</sub>-PbNb<sub>2/3</sub>Zn<sub>1/3</sub>O<sub>3</sub>-PbNb<sub>2/3</sub>Mn<sub>1/3</sub>O<sub>3</sub>-PbW<sub>1/2</sub>Mg<sub>1/2</sub>O<sub>3</sub>; 4-F-23+PbTiO<sub>3</sub>-PbZrO<sub>3</sub>-PbNb<sub>2/3</sub>Zn<sub>1/3</sub>O<sub>3</sub>-PbNb<sub>2/3</sub>Mg<sub>1/3</sub>O<sub>3</sub>.



Şəkil 2. Polimer (F-23)- çoxkomponentli pyezokeramika kompozitlərin dielektrik nüfuzluğunun (ε) pyezofazanın həcmi payından (Φ) asılılığı. 1- F-23+ PbTiO<sub>3</sub>-PbZrO<sub>3</sub>; 2-F-23+PbTiO<sub>3</sub>-PbZrO<sub>3</sub>-PbNb<sub>2/3</sub>Zn<sub>1/3</sub>O<sub>3</sub>-PbNb<sub>2/3</sub>Mn<sub>1/3</sub>O<sub>3</sub>-PbW<sub>1/2</sub>Mg<sub>1/2</sub>O<sub>3</sub>; 3- F-23+ PbTiO<sub>3</sub>-PbZrO<sub>3</sub>-PbNb<sub>2/3</sub>Zn<sub>1/3</sub>O<sub>3</sub>-PbNb<sub>2/3</sub>Mg<sub>1/3</sub>O<sub>3</sub>.



Şəkil 3. F-26+PbTiO<sub>3</sub>-PbZrO<sub>3</sub>-PbNb<sub>2/3</sub>Zn<sub>1/3</sub>O<sub>3</sub>-PbNb<sub>2/3</sub>Mg<sub>1/3</sub>O<sub>3</sub> kompozitinin verilmiş tezliklərdə dielektrik nüfuzluğunun pyezofazanın həcmi payından asılılığı  $\epsilon=f(\Phi)$ . 1- $f=10^{-2}$ Hz; 2 -  $f=10^2$ Hz.



Şəkil 4. F-23+PbTiO<sub>3</sub>-PbZrO<sub>3</sub>-PbNb<sub>2/3</sub>Zn<sub>1/3</sub>O<sub>3</sub>-PbNb<sub>2/3</sub>Mg<sub>1/3</sub>O<sub>3</sub> kompozitinin dielektrik itki bucağının verilən tezlikdə temperaturdan asılılığı. 1-1 kHz; 2- 10<sup>2</sup> Hz; 3- 10<sup>-2</sup> Hz

Bundan əlavə, şəkil 3-də daha yüksək dielektrik xassələrə malik F-26+PbTiO<sub>3</sub>-PbZrO<sub>3</sub>-PbNb<sub>2/3</sub>Zn<sub>1/3</sub>O<sub>3</sub>-PbNb<sub>2/3</sub>Mg<sub>1/3</sub>O<sub>3</sub> kompoziti üçün  $f=10^{-2}$  Hz və  $f=10^2$  Hz tezlikdə dielektrik nüfuzluğunun ( $\epsilon$ ) pyezofazanın həcmi paydan asılılıqları verilmişdir. Göründüyü kimi, bu asılılıq çox mürəkkəb keçidlərə malikdir. Əvvəlcə  $\epsilon$  parametri həcmi paydan asılı olaraq az artır, sonra  $\Phi=20\%$ -dən başlayaraq sıçrayışla artır və doyma rejiminə keçir. Verilmiş həcmi pay üçün ( $\Phi=40\%$ )  $\epsilon$ -nin belə mürəkkəb dəyişməsinin əsas səbəbi polimer matri-sada dipol momentinə malik polyar qrupların, pyezofaza-da isə domenlərin sahə istiqamətində oriyentasiyası ilə birbaşa bağlıdır.

Şəkil 4-də tədqiq etdiyimiz nümunələrin dielektrik itki bucağının ( $tg\delta$ ) müxtəlif tezliklərdə temperaturdan asılılığı verilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi, nümunənin dielektrik itkisi polimer makromolekulları-

nın zəncirvari hərəkəti nəticəsində polimerin şüşələnmə temperaturu səbəbindən daha effektiv olduğu aşağı tezliklərdə temperatur artdıqca artır [12, 15].

İşdə həmçinin qoyulmuş məsələnin həlli üçün maraqlı doğuran xarakteristikalardan biri tədqiq etdiyimiz kompozitlərin xüsusi istilik tutumudur ( $c_p$ ) [6, 11]. Belə ki, xüsusi istilik tutumu ( $c_p$ ) kompozitlərin makroskopik xassələri ilə onların mikroskopik təbiəti arasındakı əlaqəni ifadə edir. Şəkil 5-də polimerlər və onlar əsasında alınan kompozitlər üçün tipik DSC termoqramı verilmişdir [2]. Qrafikdə temperaturdan asılı olaraq kompozitdə gedən struktur dəyişikliklərə uyğun maksimumlar (faza keçidləri) çox dəqiq görünür. Göstərilən kompozit nümunəsinə uyğun DSK əyrisindən və aşağıdakı ifadədən istifadə olunaraq nümunənin xüsusi istilik tutumu ( $c_p$ ) hesablanmışdır:

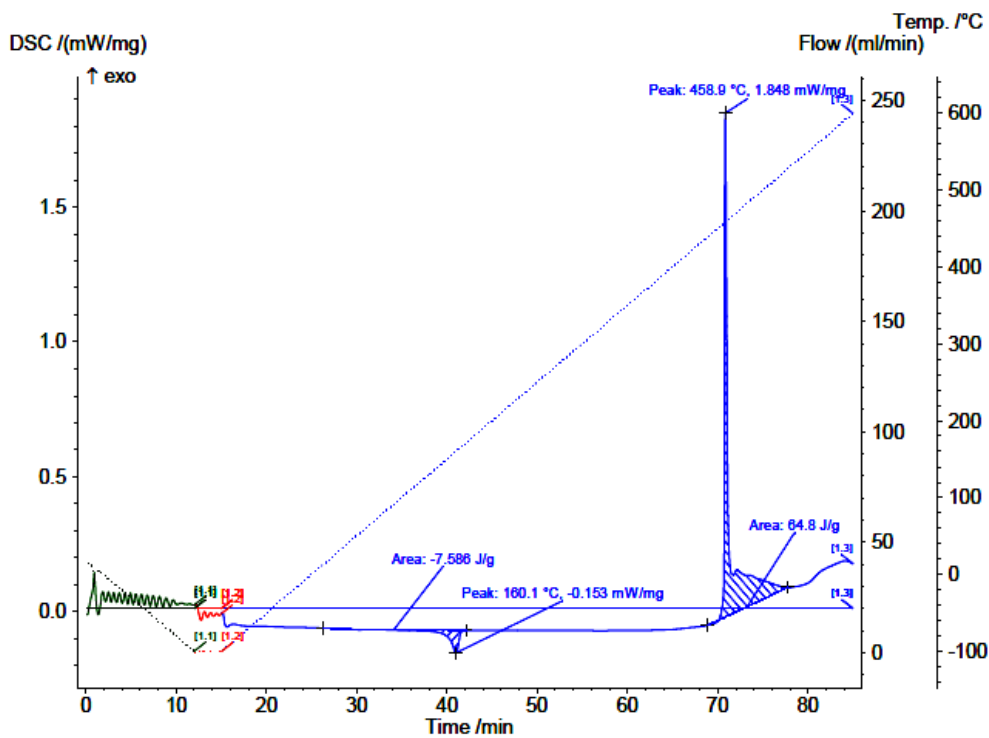
$$c_p = \frac{m_{standart}}{m_{sample}} \cdot \frac{DSC_{sample} - DSC_{Bas}}{DSC_{standart} - DSC_{Bas}} \cdot c_{p,standart}$$

Burada  $c_p$  və  $c_{p,standart}$ –uyğun olaraq nümunənin və etalonun  $T$  temperaturundakı xüsusi istilik tutumu,  $m_{standart}$  və  $m_{sample}$  –uyğun olaraq etalonun və nümunənin kütləsi,  $DSC_{standart}$  və  $DSC_{sample}$  uyğun olaraq etalonun və nümunənin  $T$  temperaturuna uyğun DSC siqnalının qiymətidir.

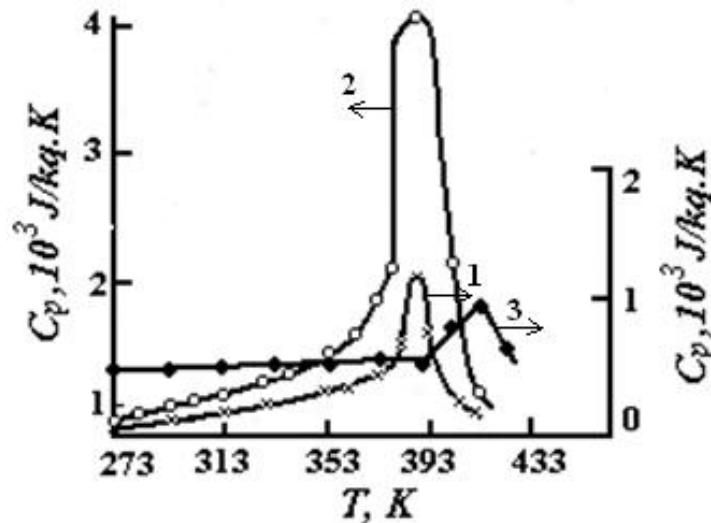
Şəkil 5-də tədqiq olunan kompozit üçün iki termiki çevrilməyə uyğun anomaliya (maksimumlar) müşahidə edilmişdir: birinci pikin temperaturu  $160^{\circ}\text{C}$ -dir və bu da matrisa kimi istifadə etdiyimiz polimerin ərimə temperaturuna yaxındır. Hesab edirik ki, bu temperaturda baş verən termik çevrilmə əriməyə uyğundur. En-

dotermik effektdə uyğun olan bu çevrilmədə  $7,6 \text{ C/q}$  enerji udulmuşdur, yəni bu keçidə uyğun entalpiyanın dəyişməsi  $\Delta H = -7,6 \text{ C/q}$ -dir.

DSC termogramında müşahidə olunan ikinci pik  $460^{\circ}\text{C}$ -də baş vermişdir. Fikrimizcə, bu maksimuma uyğun gələn temperatur kompozitdə keramikanın təsiri altında formalaşmış maye halda olan hissədə baş verən struktur dəyişiklikləri ilə bağlıdır. Ekzotermik effektlə müşahidə olunan maksimumun yaranması üçün nümunədən  $64,8 \text{ C/q}$  enerji ayrılmışdır, yəni keçid entalpiyası  $\Delta H = 64,8 \text{ C/q}$ -dir.



Şəkil 5. YSPE-PKR-7M kompozitinin DSC termogramı.



Şəkil 7. Polimer-PKR-7M kompozitinin xüsusi istilik tutumunun temperaturdan asılılığı: 1–YSPE-PKR-7M,  $\phi=40\%$  həc. PKR-7M; 2–YSPE-PKR-7M,  $\phi=10\%$  həc. PKR-7M; 3–PP-PKR-7M,  $40\%$  həc. PKR-7M.

Şəkil 6-da YSPE-PKR-7M və PP-PKR-7M kompozitlərin xüsusi istilik tutumunun ( $c_p$ ) temperaturdan asılılığı verilmişdir. Alınmış eksperimental nəticələr göstərir ki,  $c_p$  kompozitlərin polimer matrisasından, seqnetopyezokeramik fazanın həcmi payından çox asılıdır.  $c_p=f(T)$  asılılığın maksimumuna uyğun temperatur kompozitin polimer fazasının ərimə temperaturuna yaxındır [13-14]. PKR-in həcmi payının sabitliyi şəraitində ( $\phi=40\%$  həcmi) YSPE-PKR-7M və PP-PKR-7M kompozitlərin  $c_p=f(T)$  asılılıqlarının maksimumuna uyğun temperatur PP-PKR-7M kompoziti üçün daha yüksək temperatur oblastına doğru yerini dəyişir. Kompozitin seqnetopyezofazasının (PKR-7M) həcmi payı azaldıqca  $c_p=f(T)$  asılılığında maksimuma uyğun temperatur dispersiya olunmamış polimerin ərimə temperaturuna təqribən bərabər olur (YSPE üçün 398 K, PP üçün 150 K). Beləliklə, alınan eksperimental nəticələr birmənalı sübut edir ki, maksimumlarda xüsusi istilik tutumu disperqatorların həcmi payından və polimerin fiziki və kimyəvi strukturlarından asılıdır. Disperqatorun həcmi payı artdıqca  $c_p=f(T)$  asılılığın

maksimumunun hündürlüyü azalır.  $c_p$ -nin artması kompozitin polimer matrisasının kristallik fazasının əriməsi ilə əlaqədardır.

## NƏTİCƏ

Tədqiq olunan nümunələrin analizi aparılarkən müəyyən olunmuşdur ki, 150°C temperaturda göstərilən kompozitlər daha aşağı itki bucağına ( $tg\delta\approx 1,2$ ) və daha yüksək dielektrik nüfuzluğuna malikdir. Həmçinin, müəyyən olunmuşdur ki, pyezokeramikaların komponentlərinin sayı artdıqca onların dielektrik parametrləri də yüksəlir. Dielektrik nüfuzluğunun və dielektrik itki bucağının maksimum piklərinin formalaşmasına uyğun gələn temperatur xüsusi istilik tutumunun maksimumunun formalaşma temperaturuna təxminən bərabərdir.

Yüksək dielektrik xassələrinə və aşağı xüsusi istilik tutumuna malik olan kompozitlərin pyezoelektrik parametrləri ( $d_{ij}$ ,  $g_{ij}$  və s.) daha yüksəkdir.

- [1] Basturk, S.Bahar, Dancer, E.J. Claire and McNally, TonyFabrication and characterization of composites of a perovskite and polymers with high dielectric permittivity. *Materials Research Bulletin*, 2021, 135. 111126.
- [2] Giovanni Spinelli, Rumiana Kotsilkova, Evgeni Ivanov. Dielectric Spectroscopy and Thermal Properties of Poly(lactic) Acid Reinforced with Carbon-Based Particles: Experimental Study and Design Theory. *Polymers* 2020, 12, 2414.
- [3] R. Popielarz, C.K. Chiang, R.Nożaki and J.Obrzut. Dielectric Properties of Polymer / Ferroelectric Ceramic Composites from 100 Hz to 10 GHz. *Macromolecules* 2001, 34, 5910-5915.
- [4] A.V.Solnyshkin, I.L. Kislova, I.M. Morsakov, A.N. Belov†, V. I. Shevyakov, D. A. Kiselev and V.V. Shvartsman. Dielectric properties of composite based on ferroelectric copolymer of poly(vinylidene fluoride-trifluoroethylene) and ferroelectric ceramics of barium lead zirconate titanate. *Journal of Advanced dielectrics*, vol. 7, No. 5, 2017, 1720003, 5 pages.
- [5] J.Keith Nelson. Dielectric Polymer Nanocomposites. 2010, 398 p.
- [6] Sarra Drissi, Anissa Eddhahak Sabine Caré, Jamel Neji. Thermal analysis by DSC of Phase Change Materials, study of the damage effect. *Journal of Building Engineering*. 2015, vol. 1, p.13-19.
- [7] N.V. Gorshkov, V.G. Goffman, M.A. Vikulova, I.N. Burmistrov, A.V. KovnevI and A.V.Gorokhovskiy. Dielectric properties of the polymer-matrix composites based on the system of Co-modified potassium titanate-polytetrafluoroethylene. *Journal of composite article materials*.
- [8] Zhuo Wang, Jiahao Fan, Xu Guo, Jiamin Jia and Zixiong Sunb. Enhanced permittivity of negative permittivity middle-layer sandwich polymer matrix composites through conductive filling with flake MAX phase ceramics. *This journal isThe Royal Society of Chemistry 2020 RSC Adv.*, 2020, 10, 27025–27032 | 27025
- [9] B.Ghule, M.Laad. Polymer compositeswith improved dielectricproperties: A Review. *SSN* 2071-0194. *Ukr. J. Phys.* 2021. Vol. 66, No. 2167.
- [10] T.Badapanda, V.Senthil, S.Anwar, L.S.Cavalcante, N.C. Batista, E. Longo. Structural and dielectric properties of polyvinyl alcohol/barium zirconium titanate polymereceramic composite. *Current Applied Physics*. 2013, 1490e, 1495, s. 13.
- [11] A.H. Ульзутуев, H.M. Ушаков. Температурный фазовой переход в нанокomпозитах на основе матрицы полиэтилена высокого давления. *Письма в ЖТФ*, 2011, том 37, вып.3
- [12] A.B. Турик, M.Ю. Родинин. Диэлектрическая потери в материалах с органиченной областью распределения времен релаксации. *Письма в ЖТФ*, 2010, том 36, вып.1
- [13] A.B.Турик, A.C.Богатин, E.B.Андреев. Релаксационные процессы в диэлектриках с недебаевскими спектрами. *Физика твердого тела*, 2011, том 53, вып.12.
- [14] A. Pegoretti., M. Ashkar. Relaxation processes in polyethylene fibre-reinforced polyethylene composites. *Физика твердого тела*, 2011, том 53, вып.12.
- [15] H.M. Ушаков. Моделирование диэлектрических свойств толсто пленочных полимерных нанокomпозитовна основе полиэтилена низкой плотности в УВЧ, СВЧ и КВЧ диапазонах радиоволн. "Радиотехника", 2014 г., № 10

**М.А. Курбанов, З.А. Дадашов, Г.Х. Гусейнова, И.С. Рамазанова, У.В. Юсифова**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЕМКОСТИ В КОМПОЗИТАХ НА ОСНОВЕ ПОЛЯРНЫХ И НЕПОЛЯРНЫХ ПОЛИМЕРОВ**

В статье исследованы диэлектрические параметры ( $\epsilon, \tan \delta$ ) композитов, состоящих из полимера (ПЭВП, Ф-23, Ф-26) и различных структурных сегнетопьезофаз на частоте 1 кГц и теплоемкость в диапазоне температур (180÷700). Исследовано изменение диэлектрической проницаемости и диэлектрических потерь композитов в зависимости от температуры, частоты и объемной доли пьезоэлектрика. По термограммам исследуемых образцов полученных при помощи ДСК рассчитана энтальпия наблюдаемых переходов и приведена температурная зависимость удельной теплоемкости.

**M.A. Kurbanov, Z.A. Dadashov, G.Kh. Huseynova, I.S. Ramazanova, U.V. Yusifova**

**RESEARCH OF DIELECTRIC PROPERTIES AND SPECIFIC HEAT INCOMPOSITIONS IN COMPOSITIONS ON THE BASIS OF POLARY AND NONOPOLARY POLYMERS**

The paper investigates the dielectric parameters ( $\epsilon, \tan \delta$ ) of composites consisting of a polymer (HDPE, F-23, F-26) and various structural ferro-piezophases at a frequency of 1 kHz and heat capacity in the temperature range (180÷700). The change in the permittivity and dielectric losses of composites as a function of temperature, frequency, and volume fraction of the piezoelectric material has been studied. The enthalpy of the observed transitions was calculated from the thermograms of the studied samples, obtained by DSC, and the temperature dependence of the specific heat capacity was given.