

**AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI
RADİASİYA PROBLEMLƏRİ İNSTİTUTU**

Əlyazması hüququnda

RÜSTƏMOVA DÜRDANƏ FƏRHAD qızı

**POLİMER KOMPOZİTLƏRİN ELEKTROAKTİV
XASSƏLƏRİNƏ MAQNİT SAHƏSİ VƏ γ -ŞÜALANMANIN
TƏSİRİ**

2225.01-Radiasiya materialşünaslığı

fizika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim
edilmiş dissertasiyanın

A V T O R E F E R A T I

BAKI-2017

Dissertasiya işi Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının
Radiasiya Problemləri İnstitutunda yerinə yetirilmişdir

Elmi rəhbər: **A.M. Məhərrəmov**
f.-r.e.d., prof.

Rəsmi opponentlər: **M.Ə. Qurbanov**
f.-r.e.d., prof.

R.M. Sərdarlı
f.-r.e.d., prof.

Aparıcı təşkilat: Azərbaycan Texniki Universiteti
("Elektronika" kafedrası)

Müdafiə "____" _____ 2017-ci il, saat ____-da AMEA-nın
Radiasiya Problemləri İnstitutunda fəaliyyət göstərən D01.221
Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcək.
Ünvan: AZ 1143, B.Vahabzadə küçəsi, 9.

Dissertasiya işi ilə AMEA-nın Radiasiya Problemləri İnstitutunun
elmi kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat göndərilmişdir "____" _____ 2017-ci il

D01.221 Dissertasiya
Şurasının Elmi katibi
k.ü.e.d., prof.

T.N.Ağayev

İŞİN ÜMUNİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Çoxsaylı eksperimental və nəzəri işlərin analizi göstərir ki, texnikanın müasir tələbatlarını ödəmək üçün yeni polimerlərin və onlar əsasında alınan kompozitlərin sintezinə böyük ehtiyac var. Kompozit materialların sintezi və modifikasiya proseslərində xarici fiziki amillərin, o cümlədən güclü elektrik və maqnit sahələrinin, γ - şüalanmanın təsirindən geniş istifadə edilir. Hazırda γ - və e^- -şüalanmaların təsiri ilə modifikasiya edilmiş poliolefinlər (polietilen, polipropilen, polivinilidenftorid və s.) əsaslı kabellər reaktor sənayesində və s. geniş istifadə edilir. Bununla yanaşı polimer kompozitlərin radiasion modifikasiyası sahəsində nanoölçülü dolduruculardan optimal istifadə edilməsi zamanı quruluş və istismar parametrlərinin dəyişmələri ilə bağlı bir çox problemlər hələ də öz həllini tapmadığına görə təqdim olunan dissertasiyanın mövzusu kifayət qədər aktualdır.

Müasir materialşünaslığın əsas inkişaf istiqamətlərindən biri olaraq müxtəlif tip ionlaşdırıcı şüalanmaların təsirində daha həssas olan nanoölçülü polimer materialların alınması, onlar əsasında yeni kompozitlərin sintezi, onların maqnit sahəsi ilə modifikasiyası istiqamətində intensiv tədqiqatlar aparılır. Polimer/nanomaqnetidlərdən ibarət mühitlər uzun müddət öz fiziki, kimyəvi, elektrik, ekoloji və s. xassələrini saxlayırlar. Xüsusi qeyd etmək lazımdır ki, elektroaktiv kompozit materialların çeviricilər və sensorlar sahəsində istifadəsi, maqnit xassələrə malik metal/polimer, (dispres oksid)/polimer sistemlərinin γ - və e^- şüalanmalara davamlılıq hədlərinin öyrənilməsini zəruri edir.

Nanokompozitlərin elektrik və maqnit sahələrində dielektrik parametrlərinin ϵ , $\text{tg}\delta$, ρ_v , perkolyasiya həddinin hissəcikləin ölçülərindən və konsentrasiyasından asılılığının öyrənilməsi məsələlərinin böyük nəzəri və praktiki əhəmiyyəti vardır.

Polimer nanokompozitlərin quruluş və elektrofizikası sahəsində çoxsaylı nəzəri və təcrübi, bəzən də diskussiya doğuran elmi-tədqiqat işləri vardır. Bir çox hallarda dielektrik nüfuzluğunun ϵ_k və itkilərinin $\text{tg}\delta$ nanodoldurucunun ölçülərindən və konsentrasiyasından asılılıqları relaksasiya təbiətlidir və müxtəlif nəzəri asılılıqlarla müqayisəli analizə geniş ehtiyac duyulur. Polimer nanokompozitlərin polyarlaşması həm

nanomaqnetitin dipol momentinin əmələ gəlməsi və onların elektrik sahəsi istiqamətində dönməsi ilə, həm də ikiqat elektrik sahəsinin əmələ gəlməsi ilə bağlıdır. İonlaşdırıcı şüaların təsiri ilə yaranan yükdaşıyıcılar qeyd etdiyimiz prosesləri intensivləşdirə bilər.

Əgər kristallaşma prosesi bilavasitə maqnit sahəsinin (dəyişən və yaxud sabit) təsiri altında həyata keçirilərsə polimer materiallarda xüsusi növ üstmolekulyar quruluş (ÜMQ) formalaşacaq ki, bu zaman alınan materiallar fərqli elektrofiziki, elektret və pyezo-, piroelektrik xassələrə malik olacaq. Maqnit sahəsinin diamagnitlərin deformasiyası və polimer dielektriklərin relaksasiya xassələrinə təsiri, misal üçün vulkanlaşdırılmış SKN-40 kauçukunun quruluşuna sabit maqnit sahəsinin $H=5$ kE qiymətində relaksasiya və quruluş dəyişmələri müşahidə olunmuşdur. Göstərilən eksperimental nəticələr hələ ki, öz layiqli izahını tapmamışdır. Polimerlərin maqnit sahəsi ilə işlənməsi zamanı baş verən bütün fiziki-kimyəvi hadisələri layiqincə izah etmək üçün polimerlərdə və onlar əsasında alınan kompozit materiallarda struktur və fazalararası proseslərin kinetikasının dəyişməsi yeni elastik elektret və maqnit materialların alınmasına və onların tədqiqinə ehtiyac duyulduğunu göstərir. Yüksək xüsusi effektiv səthə malik nanodoldurucular fazalar arasındakı səthin effektiv sahəsinin artmasına gətirib çıxartmışdır. Bununla yanaşı, nanohissəciklər aqreqatlaşmaya meyillidirlər ("izafi" səth enerjisi səbəbindən nanohissəciklərin aqlomerasiyası). Polimer nanokompozitlərin birbaşa xarici sahələrin in vitro təsiri nəticəsində məsələn, maqnit sahəsinin təsiri altında sintezi, xüsusi maraq doğurur.

Son dövrlərdə kristallaşan polimerlər və nanoölçülü oksidlər əsasında YSPE/ Fe_3O_4 , PP/ α - Al_2O_3 və PVDF/ Fe_3O_4 nanokompozitlər intensiv olaraq tədqiq olunurlar. Lakin, nanokompozitlərin kristallaşma proseslərinə maqnit sahəsi, γ -şüalanmanın və onların elektricləşməsinə təsiri məsələsi kifayət qədər tədqiq olunmamışdır.

Dissertasiya işinin əsas məqsədi: sabit maqnit sahəsində kristallaşdırılmış polimer mikro- və nanokompozitlərin elektroaktiv xassələrini və γ -şüalanmaya davamlılığını tədqiq etməkdir.

Tədqiqat obyektləri. Bağlayıcı kimi polietilen (PE), polipropilen (PP), doldurucu kimi Fe_3O_4 , α - Al_2O_3 , α - SiO_2 – nanooksid doldurucularından ibarət və qalınlığı $50 \div 100$ mkm olan kompozit təbəqələr.

Qarşıya qoyulan məqsədə uyğun olaraq aşağıdakı məsələlər həll edilmişdir:

1. Müxtəlif üsullarla (ərintidən və məhluldan) sabit maqnit sahəsi $H=(12,5 \div 18,4) \cdot 10^3$ A/m təsiri altında kristallaşdırılmış poliolefin-doldurucu kompozit sistemləri (PE/Al₂O₃, PP/Al₂O₃, PE/Fe₃O₄, PP/Fe₃O₄) alınmışdır;

2. onların dielektrik (E_m , ϵ , $\text{tg}\delta$), elektrofiziki (ρ_v , ρ_s) xassələrinə doldurucuların konsentrasiyasının və maqnit sahəsinin H qiymətinin təsiri öyrənilmişdir;

3. Maqnit-kompozit nümunələrindən taclı boşalma və sabit elektrik sahəsinin təsiri ilə elektretlər alınmışdır;

4. Müxtəlif üsullarla alınan maqnit kompozit nümunələrində radiotermoluminensensiya (RTL) metodu ilə β -relaksasiya proseslərinin xüsusiyyətləri tədqiq edilmişdir;

5. Matrisanın kristallaşmasından asılı olaraq nanokompozitlərin elektrik möhkəmlilik həddinə γ -şüalanmanın təsiri öyrənilmişdir;

6. Postradiasion proseslərin polimer nanomaqnit kompozitlərin dielektrik xassələrinə təsiri öyrənilmişdir;

7. Sabit maqnit sahəsində kristallaşma ilə alınan nanokompozit elektretlərin $\sigma_e=f(\tau)$ asılılıqlarında “qayçı” effekti müşahidə edilmişdir (τ -elektret halının saxlama müddəti, σ_e -effektiv yüklərin sıxlığıdır);

8. Nanoölçülü doldurucuların miqdarından asılı olaraq nanokompozitin səth və “həcmi” morfologiyası AGM üsulu ilə öyrənilmişdir.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar:

• Yüksək sıxlıqlı PE, izotaktik PP, polistrol (PS) və dispersliyi $5 \div 25$ nm olan Fe₃O₄, α -SiO₂, α -Al₂O₃ nanohissəciklərdən ibarət 0-3 rabitəli kompozisiyalar ərintidən və məhluldan müxtəlif soyutma sürətlərində alınmışdır;

• Ərintidən sabit maqnit sahəsinin təsiri altında kristallaşdırılmış YSPE/Fe₃O₄ əsaslı nanokompozitin dielektrik nüfuzluğunun ϵ_k hesablanmış qiyməti Lixteneker modelinə uyğun alınmışdır;

• Ərintidən maqnit sahəsində ($H=3,2 \cdot 10^5$ A/m) kristallaşdırılmış PP/ α -Al₂O₃ (80:20 % həcm üzrə) kompozisiya əsaslı taclielektretlərin yüklərinin relaksasiya əyrilərində “qayçı” effekti müşahidə edilmişdir;

• Xüsusi maqnitləşmənin M ($Q_{aus} \cdot sm^3/q$) maqnit sahəsinin H intensivliyindən asılılığı doyma xarakterlidir. Bu maqnitləşmənin relaksasion xarakteri ilə izah olunmuşdur;

• Maqnit sahəsində kristallaşma prosesi YSPE/ Fe_3O_4 əsaslı nanokompozitlərin kristallitlərinin ölçülərinin kiçilməsi və yeni tip fazalararası üstmolekulyar quruluşun-orientasion lamellərin yaranmasına səbəb olmuşdur;

• Məhluldan həlledicinin buxarlandırılmasını maqnit sahəsində aparmaqla və $\vec{H} \perp \vec{E}$ şəraitində lamelyar quruluşlu PS plyonkaların alınması üsulu və maqnit sahəsinin təsiri ilə 1280, 1350, 1735 sm^{-1} İQ-spektrlərdəki dəyişikliklərin təcrübi nəticələri verilmişdir;

• PP/ $\alpha-Al_2O_3$ nanokompozitlərin $H=3 \cdot 10^5$ A/m sabit maqnit sahəsində alınan elektretlərin σ_{el} yük sıxlığının γ -şüalanma dozasından asılılıqları dozanın $D=(10 \div 15) \cdot 10^4$ Qr qiymətlərində γ -şüalanmaya davamlılığını artırır.

• YSPE, izotaktik PP və 2 ÷ 7 % politetraftoretlen əsaslı kompozitlər mexaniki möhkəm olmaqla yanaşı antistatik xassəyə malikdirlər, onların dielektrik itkiləri $tg\delta \sim (6 \div 8) \cdot 10^{-3}$ tərtibindədir və elektret potensialları fərqi başlanğıcdakı $U_0 = 1000 \div 2100$ V qiymətindən, $t = 720$ saat sonra sifira qədər azalmışdır.

• Nanoölçülü (5 ÷ 25 nm) $\alpha-Al_2O_3$, Fe_3O_4 , $\alpha-SiO_2$ oksidləri ilə poliolefinlər (YSPE, PP) əsaslı nanokompozitlər üçün modifikasiya edici γ -şüalanma dozasının qiyməti təqribən 2 dəfə azalır;

Elmi yeniliklər.

1. İlk dəfə olaraq yüksək sıxlıqlı PE və dispersliyi 10 ÷ 23,5 nm olan Fe_3O_4 oksidi əsasında maqnit sahəsinin $H=18,4 \cdot 10^3$ A/m təsiri altında ərintidə kristallaşma yolu ilə nanokompozit nümunələri alınmışdır;

2. Göstərilmişdir ki, tərkibi 3 ÷ 5 % (həcm üzrə) Fe_3O_4 nanodolduruculardan ibarət kompozitlərdən hazırlanmış maqnit elektretlər stabil elektret yüklərinə ($\sigma = (2 \div 3) \cdot 10^{-4}$ Kl/m² sıxlıqlı) malik olur ki, bu da polimer-oksit fazalararası orientasiya olunmuş dipollar sisteminin (lamelyar quruluşların) yaranması ilə bağlıdır;

3. Fe_3O_4 və $\alpha-Al_2O_3$ oksidlərinin yüksək konsentrasiyasında ($\varphi > 5\%$) alınmış nanokompozit nümunələrində keçiriciliyin artması hesabına onlar antistatik hala keçid baş verir;

4. Polimer matrisa və nanoölçülü Fe_3O_4 , $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ oksid doldurucularından ibarət kompozitin γ -şüalanmaya davamlılıq həddi müəyyən edilmişdir;

5. Müəyyən edilmişdir ki, fərqli ərimə və kristallaşma temperaturlarına malik iki kristallaşan PE (yüksək sıxlıqlı) və PTFE ibarət kompozitlərdən hazırlanan elektretlərin elektret potensialları fərqi U_{el} PTFE-nin miqdarından asılı olaraq effektiv antistatik xassəyə malik olmuşdur ($T=300\text{ K}$ temperaturda PE/PTFE kompozisiyası PTFE-nin $10 \div 12\%$ miqdarında elektret potensialları fərqi $U_{el} = 2400\text{ V}$ -dan sıfıra qədər azalır).

İşin praktiki əhəmiyyəti.

İlk dəfə olaraq maqnit sahəsinin bilavasitə təsiri altında ərintidən və məhluldan kristallaşma üsulu ilə nanokompozit almağa imkan verən qurğu hazırlanmışdır. Alınan təcrübi nəticələr yeni tip γ -şüalanmaya daha dayanıqlı olan və yaxud antistat elektroaktiv çeviricilərin hazırlanmasında istifadə oluna bilər. Nanomaqnit doldurucuların tip və ölçülərinin seçilməsi ilə effektiv antistatik və elektret parametrlərinə malik PE/PTFE, PP/PTFE və YSPE/ Fe_3O_4 , YSPE/ SiO_2 əsaslı yeni nanokompozit materiallar əldə etmək mümkündür.

Tədqiqatın nəticələrinin aprobeiasiyası: İşin əsas nəticələri aşağıdakı konfranslarda məruzə edilmişdir:

Radiasiya və ətraf mühit, respub. konf., 2010; V Всероссий. конф. “Актуальные проблемы химии высоких энергии”, Москва, 2012; “Актуальные проблемы физики”, VI-конф. г. Баку, 2012; БГУ; XII Межд. конф. “Физика диэлектриков”, 2011, С.-Петербург, ГПУ им.А.Герцена; “Актуальные проблемы физики твердого тела”, Междунар. науч. конф. г. Минск, 2011; Республ. конф. “Opto-,nanoelektronika, kondensə olunmuş mühit və yüksək enerjilər fizikası”, Bakı 2013; prof.T.Pənahovun 80 illiyinə həsr olunmuş Beynəlx. Konfrans, 2016, Bakı.

Nəşrlər. Dissertasiya işinin mövzusu ilə əlaqədar 16 iş çap olunmuşdur (bunlardan 9 iş tezislərdir). 7 məqalə AAK-ın siyahısında olub, 4 məqalə impakt faktorlu jurnaldadır.

Dissertasiya işinin quruluşu, həcmi və əsas məzmunu. Dissertasiyaya giriş, dörd fəsil, nəticələr və ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. Dissertasiyanın məzmunu 41 ədəd şəkil, 8 ədəd cədvəl və 152

sayda bibliografiya daxil olmaqla 153 səhifə kompüter mətnindən ibarətdir.

Girişdə mövzunun aktuallığı, işin məqsədi, qarşıya qoyulan məsələlər, elmi yenilik, elmi və praktiki əhəmiyyəti, müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar, işin aprobeiası, dissertasiyanın əsas nəticələtinin nəşri, fəsillərin qısa məzmunu verilmişdir.

Birinci fəsildə müxtəlif üstmolekulyar quruluşlu (ÜMQ) kristallaşan poliolefinlərin elektret, pyezoelektrik, antistatik xassələri haqqında, polimer nanokompozitlərdə elektrofiziki xassələrə lamel, sferolit, kristallit strukturların təsiri haqqında və bu quruluşlara γ -kvantların təsiri mexanizmləri haqqında mövcud nəzəri və eksperimental işlərin xülasəsi verilmişdir. Bundan başqa sabit maqnit sahəsinin polimerlərə və nanokompozitlərə mümkün təsirləri həm bərk halda, həm də bilavasitə ərintidən və məhluldan kristallaşma zamanı alınan kompozitlərin morfologiyası, dielektrik, elektret, elektrofiziki xassələrə təsir mexanizmləri müqayisəli şəkildə araşdırılmışdır.

İkinci fəsildə dissertasiyada istifadə olunan elektrofiziki metodların təsnifatına və müəllif tərəfindən sabit maqnit sahəsinin təsiri altında mis “reaktorla” məhluldan kristallaşma aparmağa imkan verən qurğunun sxemi, idarə olunması və təsviri verilmişdir.

-PE və PP tozşəkilli matrisalar doldurucularla birlikdə bir-biri ilə farfor qabda qarışdırılmışdır (doldurucuların ölçüləri Fe_3O_4 -20 ÷ 30 nm, $\alpha-Al_2O_3$ -10 ÷ 15 nm, $\alpha-SiO_2$ -5 ÷ 10 nm);

-alınan bu qarışıqdan hidravlik presdə 15 MPa təzyiqdə 423 ÷ 443 K (423 K-də matrisa PE olan kompozit nümunələr, 443 K-də isə matrisa PP olan kompozit nümunələr) temperaturda 5 dəqiqə saxlanılmaqla qalınlığı 50 ÷ 100 mkm və diametrləri 20 ÷ 40 mm ölçüdə olan kompozit nümunələr alınmışdır;

- nümunələr 7 mkm qalınlıqlı alüminium folqadan ibarət etibarlı elektrodlarla təmin edilmişdir;

- maqnit sahəsinin intensivliyi H Tesla metr WT-10A cihazı ilə ölçülmüşdür;

-nümunələr su-buz qarışığında ani olaraq soyudulmuşdur;

-alınan kompozit nümunələr şüalanma mənbəyi ^{60}Co olan MPX- γ -25M izotop qurğusunda müxtəlif dozalarda şüalandırılmışdır.

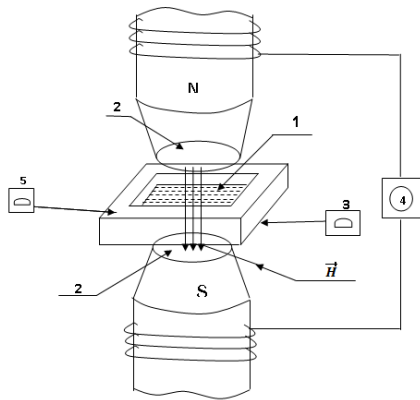
Daha sonra sintez olunmuş nanokompozit nümunələrinin elektrofiziki (ϵ , $tg\delta$, ρ_v və ρ_s) parametrləri, TLQ -69M cihazı ilə

radiotermoluminescent RTL spektrlərinin analizindən α ,- β -relaksasiya proseslərinin xüsusiyyətləri öyrənilmiş, materialların struktur xüsusiyyətlərini müəyyənləşdirmək üçün infraqırmızı (İQ) spektroskopiya, optik və elektron mikroskopiya, rentgenoqrafiya və s. üsullardan istifadə edilmişdir. Elektret xassələri və yük halı yüklərin səthi sıxlığı σ_{el} və termostimullaşdırılmış cərəyan (TSC) spektrlərinin köməyi ilə öyrənilmişdir.

Maqnit sahəsinin təsiri şəkil 2.1-də təsvir edilmiş qurğu vasitəsilə həyata keçirilmişdir.

Üçüncü fəsildə sabit maqnit sahəsində ($H=18,4 \cdot 10^3$ A/m) ərintidən kristallaşdırılmış PP/Fe₃O₄, PP/Al₂O₃, PE/SiO₂ nanokompozisiyalarının üstmolekulyar quruluş və elektrofiziki xassələrinə təsirini göstərən təcrübi nəticələrin təsviri və mümkün izahları verilmişdir. Alınan təcrübi nəticələrin izahı PE və PP-nin yeni üçfazlı üstmolekulyar quruluş modeli konsepsiyası çərçivəsində izahı verilmişdir.

Maqnit sahəsinin (MS) polimerlərə təsiri mexanizmi ilk baxışda o qədər də aydın deyil. Belə ki, maqnit momentinə malik olmayan polietilen (PE), polipropilen (PP) və digər zəif polyarlığa malik materiallara MS təsiri mexanizmi hələlik tam öyrənilməmişdir. PE/Fe₃O₄ tərkibli kompozitlər doldurucu və polimerin adgeziv bağlılığından və stexiometrik quruluşundan və s. asılı olaraq son zamanlar tədqiq olunur və doldurucunun ölçüsündən asılı olaraq yüksək elektroaktiv (elektret, antistatik və s.) xassələr göstərirlər.



Şəkil 2.1. Polimer kompozitlərə maqnit sahəsinin təsirini öyrənmək üçün maqnit qurğusunun sxemi: 1- mis formada polimerin ərintisi; 2- elektromaqnitin qütbləri; 3- misdən termostatlaşdırıcı köynək; 4- H maqnit sahəsinin intensivliyini tənzimləyən sarğac; 5- temperaturu ölçən və tənzimləyən blok

Təqdim edilən işdə (3-cü fəsil) gərginliyi $H=3 \cdot 10^5$ A/m olan sabit maqnit sahəsinin (şəkil 2.1-də göstərilən qurğunun köməyi ilə) təsiri altında kristallaşdırılmış PE/Fe₃O₄ kompozit nümunələrinin elektret xassələri termik işlənmə üsulu ilə alınan, qalınlıqları 80 ÷ 100 mkm olan nümunələrdə tədqiq edilmişdir. Doldurucunun Fe₃O₄ miqdarı həcm üzrə 20%-i, ölçüləri isə 20 ÷ 23,5 nm aşmamışdır. Nanoölçülü Fe₃O₄ doldurucunun kompozit nümunələrində bircins paylanma dərəcəsi İSM-6490 elektron mikroskopu vasitəsi ilə tədqiq edilmişdir.

Maqnit sahəsində kristallaşma əvvəlcədən 130⁰S temperatura qədər qızdırılmış xüsusi mis formada aparılmışdır (şəkil 2.1). Maqnit sahəsinin təsiri altında PE/Fe₃O₄ nümunələri otaq temperaturuna qədər 10⁰dəq sürəti ilə soyudulmuşdur. Alınan kompozit nümunələrində elektret halı 300 K temperaturda taclı boşalmanın $U_t = 9$ kV, $t_k = 10$ dəq təsiri ilə əldə edilmişdir. Alınan nümunələrin elektret və maqnit xassələri tədqiq edilmişdir.

Ərintinin $H=18,4 \cdot 10^3$ A/m maqnit sahəsində kristallaşdırılması nəticəsində polietilen/Fe₃O₄ nanokompozitləri alınmışdır. Onların dielektrik (ϵ_k , $\text{tg}\delta$), elektret yüklərinin sıxlığı və stabilliyi σ_{ef} öyrənilmiş, xüsusi maqnitləşmənin qiyməti M ölçülmüşdür. Göstərilmişdir ki, ϵ_k -nin eksperimental qiymətləri komponentlərin miqdarından və doldurucunun dispersiyasından asılı olaraq Lixteneker düsturu ilə qənatbəxş şəkildə təyin olunur.

$$\lg \epsilon_k = v_1 \lg \epsilon_1 + v_2 \lg \epsilon_2$$

Burada v_1 və v_2 -komponentlərin miqdarı, ϵ_1 və ϵ_2 -isə komponentlərin dielektrik nüfuzluqlarının qiymətləridir.

Sabit maqnit sahəsinin təsiri şəraitində kristallaşdırılmış 3 ÷ 5 həcm %Fe₃O₄ tərkibli YSPE/ Fe₃O₄ nanokompozitləri effektiv yüklərin sıxlığı $(2 \div 3) \cdot 10^{-4}$ Kl/m² qədər olan sabit elektret xassələri əldə edirlər, Fe₃O₄ yüksək konsentrasiyalarında isə nanokompozit antistatik hala keçir.

YSPE və Fe₃O₄ nanokompozit nümunələrinin dielektrik nüfuzluğunun ϵ_k təcrübi və müxtəlif modellər əsasında hesablanmış qiymətləri cədvəl 3.1-də göstərilmişdir.

Cədvəl 3.1

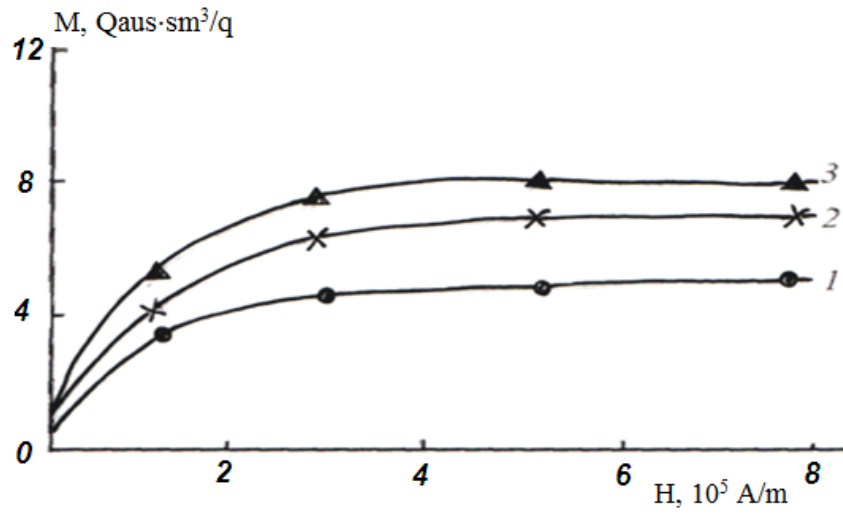
YSPE/ Fe_3O_4 nanokompozit nümunələrinin dielektrik nüfuzluğunun ϵ_k müxtəlif modellər üzrə hesablanmış qiymətləri və $H=2,3 \cdot 10^3$ A/m maqnit sahəsində kristallaşması nəticəsində dəyişməsi.

Hesablama modelləri	Nanoölçülü Fe_3O_4 həcm üzrə miqdarı, %				
	0	1	3	5	10
Odolevski	2,25	12,3	17,3	22,2	36
Alizade	2,25	4,9	8,5	15,9	28,7
Lixteneker	2,23				
$H = 0$	Təcrübədən alınan qiymətlər				
$H = 2,3 \cdot 10^3$ A/m	2,23	2,9	4,9	5,4	9,3
	2,31	2,95	5,2	6,0	11

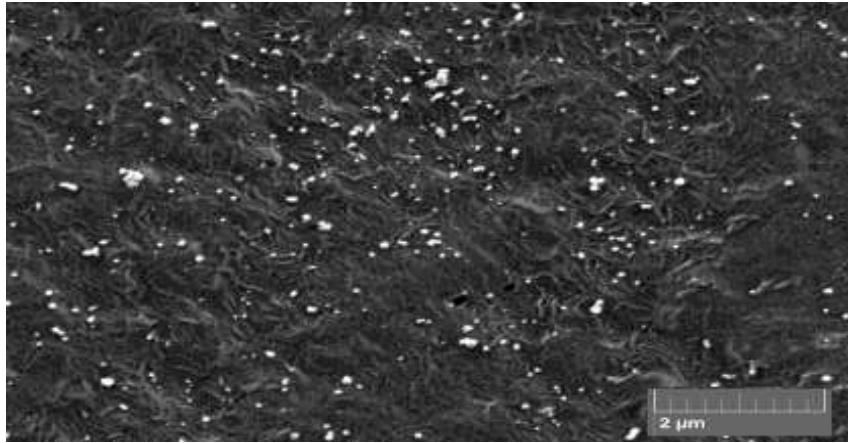
Cədvəl 3.1 –dən göründüyü kimi kristallaşma ϵ_k –nin qiymətinin artmasına gətirib çıxarır və ϵ_k –nin təcrübi qiymətləri Lixteneker modelinə daha uyğundur. Hesab edirik ki, maqnit sahəsinin nanokompozitə təsiri üstmolekulyar quruluş (ÜMQ) elementlərinin (lamell, sferolit, kristallit) ölçülərinin kiçilməsi ilə izah oluna bilər. Bu nöqtəyi-nəzər kristallaşan poliolefinlərin 3-fazalı modeli ilə uyğunluq təşkil edir.

Sabit maqnit sahəsində nanokompozitlərin kristallaşması polimerdə yeni tip ÜMQ orientasiya olunmuş lamellərin formalaşmasına gətirib çıxarır. Bu tip quruluş dəyişmələri YSPE/ Fe_3O_4 əsaslı nanokompozitlərin xüsusi maqnitləşmənin M ($\text{Qaus} \cdot \text{sm}^3/\text{q}$) maqnit sahəsinin H intensivliyindən asılılığına da təsir edir. Şəkil 3.1-də YSPE/ Fe_3O_4 (97:3 % həcm üzrə) nanokompozit nümunələrinin $M(H)$ asılılıqları verilmişdir.

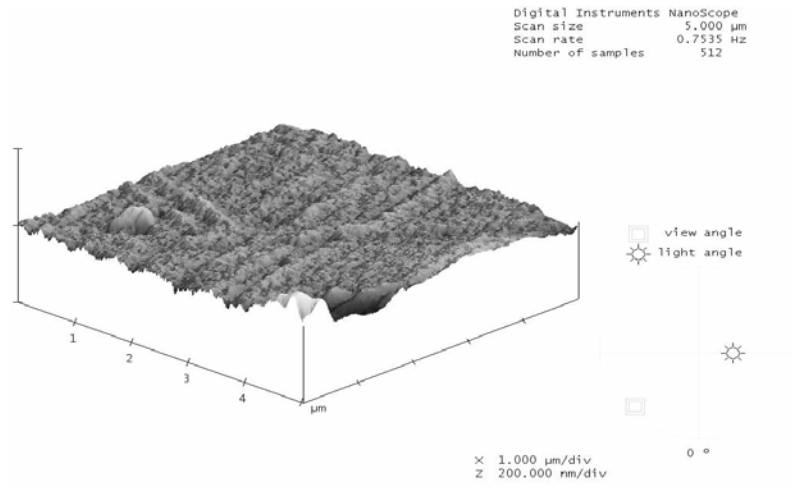
Göründüyü kimi $M(H)$ asılılığında maqnit sahəsinin $H=(10 \div 30) \cdot 10^2$ A/m qiymətlərindən sonra maqnitləşmə əyriləri doyma xarakterlidir, $M(H)$ asılılıqları qeyri-xəttidir. Ona görə də sabit H maqnit sahəsi altında kristallaşma yolu ilə alınan elektroelektretlərin aktiv xassələrini idarə etmək olar.



Şəkil 3.1. 97/3 həcm.% tərkibli, nanohissəciklərinin ölçüləri $20 \div 23,5$ nm olan maqnit sahəsinin müxtəlif qiymətlərində alınmış YSPE/Fe₃O₄ nanokompozitlərinin 293 K-də xüsusi maqnitləşməsinin (M) maqnit sahəsinin intensivliyindən (H) asılılığı. 1-H=0; 2-H=12,5·10³ A/m; 3-H=13,4·10³ A/m.



a)



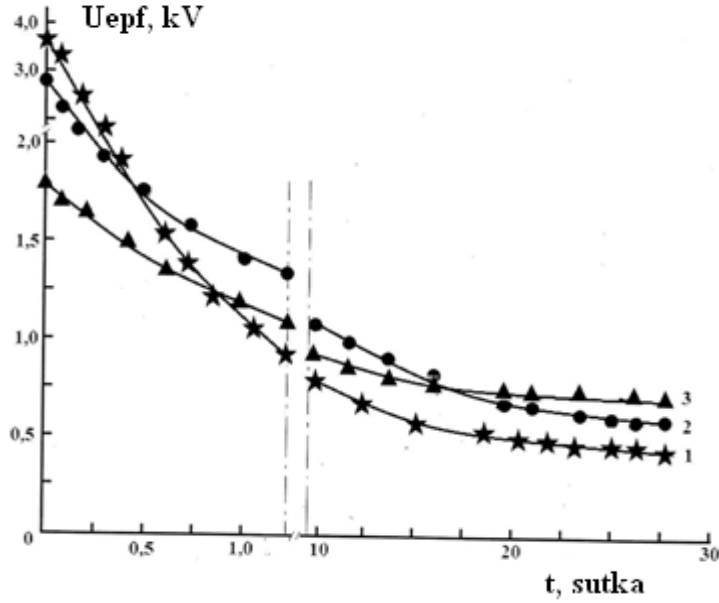
Şəkil 3.2. YSPE/Fe₃O₄ (97:3 %) tərkibli kompozitin SEM və AFM görüntüləri.

Kompozit nümunələrinin dielektrik nüfuzluğunun ϵ_k doldurucusunun miqdarından ϕ asılılığı xəttidir, şəkil 3.2-dən görüldüyü kimi YSPE-li matrisada Fe₃O₄ doldurucusunun paylanması bircinsdir. Fe₃O₄-ün $\phi \geq 4$ həcm.%-də ϵ_k qiymətinin artmasının yavaşması görünür. Bundan başqa, dəmir oksidin 4 həcm.%-dən böyük miqdarında həmçinin elektrik keçiriciliyinin və dielektrik itkilərinin $tg\delta$ böyüməsi müşahidə edilir. Bununla belə, ϵ_k qiymətlərinin müəyyən stabilləşməsi baş verir.

Qeyd etmək lazımdır ki, bu günə Fe₃O₄ əsasında polimer nanokompozitlərin $tg\delta$ və ϵ_k qiymətlərinin mövcud olan təcrübə və yarımempirik hesablamaları mövcud ədəbiyyatda dağınıq xarakter daşıyır. Bu bir tərəfdən ϵ_k və ya $tg\delta$ qiymətlərinin hesablanması üçün baza modelinin seçilməsi, digər tərəfdən isə birbaşa maqnit sahəsinin təsiri zamanı müvafiq nanokompozitlərin alınması texnologiyaları ilə bağlı ola bilər.

Elektret yüklərinin yaratdığı səthi potensiallar fərqi U_{el} PE/Fe₃O₄ əsaslı elektretin T=300 K şəraitində saxlanma müddətindən t_{sax} asılılıqları şəkl. 3.3-də göstərilmişdir.

Doldurucunun aşağı qiymətlərində ($\varphi \leq 4\%$ həcm üzrə) MS-də kristallaşdırılmış PE/Fe₃O₄ kompozit nümunələri yüksək stabilliyə malik elektret xassələri, doldurucunun yuxarı qiymətlərində ($\varphi \geq 4\%$ həcm üzrə) isə antistatik xassəyə malik olur. Bu dəyişmələr polimer/Fe₃O₄ nümunələrində maqnit sahəsinin kristallaşma prosesinin kinetikasına təsiri ilə izah oluna bilər.



Şəkil 3.3. (1) ilkinYSPE, (2) YSPE +3%Fe₃O₄ əsaslı kompozit ərintisinin asta soyudulması və (3) YSPE +3%Fe₃O₄ əsaslı kompozitin maqnit sahəsində ($H=18,4 \cdot 10^3$ A/m) kristallaşdırılması ilə alınmış nümunələr.

Şək.3.3-də müxtəlif şəraitdə alınmış YSPE/3%Fe₃O₄ kompozit nümunələri əsasında tacləlektretlərin elektret potensiallar fərqi U_{epf} , maqnit sahəsinin təsirinə qədər (2 əyrisi) və $H=18,4 \cdot 10^3$ A/m intensivlikli maqnit sahəsinin təsirində (3 əyrisi) sonra saxlanma müddətindən t_{sax} asılılığı verilmişdir. Bu verilənlərdən görünür ki, ilkin nümunələr üçün U_{epf} qiyməti 3,7 kV olsa da, H maqnit sahəsində kristallaşdırılmış və 28 sutka müddətindən sonra normal şəraitdə ($T=300$ K) saxlanılmış nümunələrdə isə $U_{epf} = 0,7$ kV (3 əyrisi) təşkil edir.

Beləliklə, 96/4 həcm.% tərkibli YSPE/Fe₃O₄ nanokompozitin sabit maqnit sahəsində ərintidə kristallaşdırılması daha sabit elektret vəziyyətinə gətirir. YSPE/Fe₃O₄ əsaslı tachelektretlərin səth potensialının zamana görə dəyişməsi sınaqları göstərdi ki, H=18,4·10³ A/m maqnit sahəsində ktistallaşmış nümunələrdə daha stabil elektret halı yaranır (şək.3.3-də 3 əyrisi).

Fe₃O₄ oksid nanodoldurucusunun seçilməsi həm də onunla bağlıdır ki, onun əsasında həmçinin antiradar, antistatik və s. xassələrə malik nanokompozitlər alına bilər.

Cədvəl 3.2-də Fe₃O₄ miqdarından asılı olaraq H maqnit sahəsində kristallaşdırılmış nanokompozit nümunələrinin elektret yüklərinin effektiv səth sıxlığının σ_{ef} 120 saat saxlanma müddətindən sonra dəyişməsi verilmişdir. Cədvəl 3.2-dən belə nəticəyə gəlmək olar ki, birbaşa 18,4·10³ A/m maqnit sahəsinin təsiri altında kristallaşdırılmış PE əsaslı 98/2 həcm.% Fe₃O₄ tərkibli nanokompozitlərin tac elektretləri σ_{ef} qiymətləri daha stabildir. Normal şəraitdə saxlandıqdan sonra σ_{ef} qiyməti (2 ÷ 2,15)·10⁻⁵ Kl/m² olur. Deməli, polimerlərin elektret xassələrini doldurucular daxil etməklə və maqnit sahəsi ilə təsir etməklə yüksəltmək olar.

Cədvəl 3.2

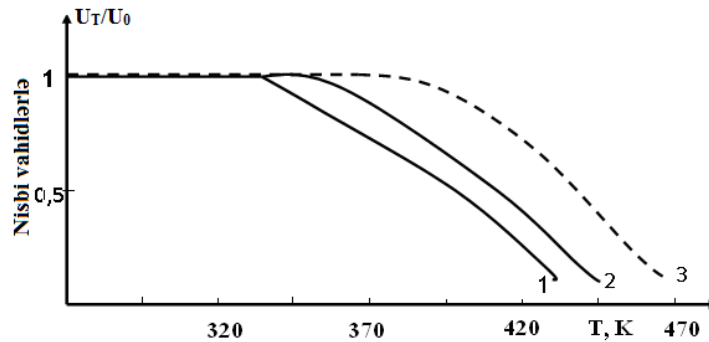
H=18,4·10³ A/m sabit maqnit sahəsinin təsiri şəraitində ölçüləri 20 ÷ 23,5 nm olan Fe₃O₄ nanohissəciklərinin miqdarından asılı olaraq YSPE/Fe₃O₄ əsasında nanokompozitlərin elektret yüklərinin effektiv səth sıxlıqlarının qiymətlərinin σ_{ef} , ilə dəyişməsi, tac boşalmasının təsir rejimi: U_t=8 kV, t_t=5 dəq.iynə-müstəvi sistemində.

Elektret nanokompozisyanın tərkibi (Fe ₃ O ₄ nanohissəciklərinin ölçüsü 20 ÷ 23,5 nm)	Kristallaşdırma rejimi			
	H = 0 olduqda	H = 18,4·10 ³ A/m olduqda		
	Saxlandıqdan sonra σ_{ef} , 10 ⁻⁵ Kl/m ²			
	1 saat	120 saat	1 saat	120 saat
YSPE	2,37	0,88	2,41	0,65
YSPE=2 həcm.% Fe ₃ O ₄	5,84	1,74	1,55	2,15
YSPE=4 həcm.% Fe ₃ O ₄	5,44	1,62	1,83	2,02
YSPE=8 həcm.% Fe ₃ O ₄	4,30	0,90	0,73	0,41

Bizə elə gəlir ki, YSPE/Fe₃O₄ nanokompozitlərinin σ_{ef} qiymətinin maqnit sahəsində kristallaşdırma rejimlərində müşahidə olunan qeyri-xətti asılılıq (cə.d.3.2. şə.k.3.3) kristallitlərin ölçülərinin kiçilməsi və yeni fazalararası qatların yaranması ilə bağlıdır. Nanodoldurulmuş polimerlərin maqnit sahəsində kristallaşdırılması yeni tipli üstmolekulyar törəmələrin-nizamlanmış lamellərin yaranmasına gətirib çıxarır. Digər tərəfdən, domen struktura malik olan Fe₃O₄ doldurucusu olduqda və disperslik onların ölçüləri ilə müqayisə olunmalıdırsa, onda taclı polyarizasiya zamanı lamellərin effektiv polyarlaşmasına nail olmaq olar.

Şək.3.3-dəki verilənlər göstərir ki, ərintiyə Fe₃O₄ nanohissəcikləri daxil etdikdən sonra $18 \cdot 10^3$ A/m sabit maqnit sahəsinin təsiri şəraitində nümunəni kristallaşdırılması stabil elektret halının yaranmasına səbəb olur.

Maqnit sahəsinin təsiri altında kristallaşdırılmış nanokompozitlər əsasında tacelektretlər həmçinin 410 K qədər yüksək termiki davamlılıqla xarakterizə olunurlar (şək.3.4. 3 əyrisi). YSPE-də nano-Fe₃O₄-ün yüksək miqdarında elektret potensialının nisbi qiymətinin U_T/U_0 temperatur asılılığı 97/3 həcm.% tərkibli YSPE/Fe₃O₄ müxtəlif nümunələr üçün yüksək termostabilliyə (3 əyrisi) malikdir, lakin $\varphi \geq 4$ həcm.% doldurulma dərəcəsində, elektrik keçiriciliyinin böyüməsi nəticəsində kompozitdə antistatik xassələr yaranır.

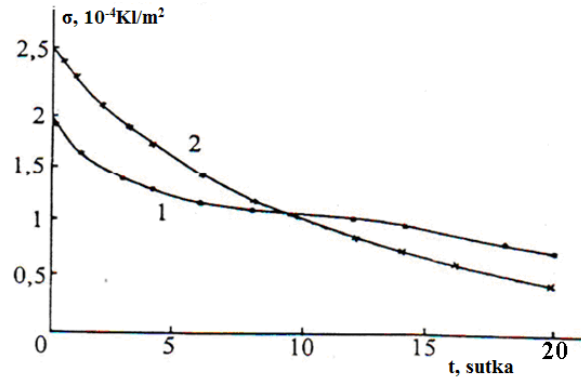


Şəkil 3.4. YSPE-dən (1); YSPE + 3 həcm.% Fe₃O₄ (2) və YSPE + 3 həcm.% H=18,4·10³ A/m maqnit sahəsində 2 saat müddətində kristallaşdırılmış (3) tac elektretlərdə elektret potensialının nisbi qiymətlərinin U_T/U_0 temperatur asılılıqları ($U_k=8kV$, $t_k=5$ dəq).

Beləliklə, baxılan işin nəticələri tənzimlənən dielektrik, elektret və maqnit xassələri yeni elektroaktiv (elektret və yaxud antistatik) polimer nanokompozisiyaların yaradılması üçün geniş imkanlar açır.

Dördüncü fəsil γ -şüalarla modifikasiya edilmiş PE/oksid, PP/oksid mikro-, nanokompozitlərinin stabil elektrofiziki, elektret xassələrinin formalaşmasında elektrik yükdaşıyıcıların və struktur relaksasiya proseslərinin roluna həsr olunmuşdur. Göstərilmişdir ki, γ -şüalarla modifikasiya edilmiş PE/ α -Al₂O₃ və PP/ α -Al₂O₃ nanokompozisiyaların quruluş və tacelektret xüsusiyyətləri (σ_e -səth elektret yüklərinin sıxlığı, elektret yüklərinin sabilliyi- τ) onların quruluş relaksasiya (β - və α -relaksasiya) proseslərinin xarakterindən, şüalanma dozəsindən (D) qeyri-xətti asılıdır. Sabit maqnit sahəsi $H=3,2 \cdot 10^5$ A/m kristallaşma proseslərinə oriyentasiya təsir edir və $\sigma_e = f(\tau)$ asılılığında "qayçı" effekti müşahidə edilir (şək.4.1). Göstərilmişdir ki, polimer kompozisiyalarda elektret yüklərinin relaksasiya prosesi həm maqnit sahəsinin H qiymətindən, həm də ilkin şüalanma dozasının D qiymətindən asılıdır.

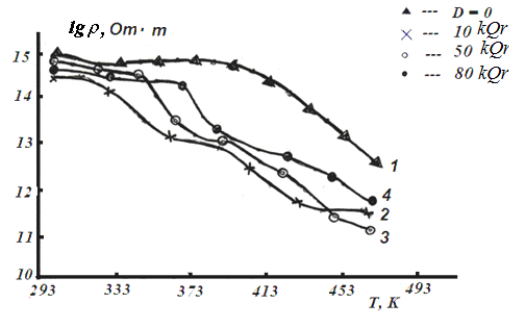
PP/metal oksidlər əsaslı nanokompozitlərdə elektret yük halı öyrənilmişdir və müəyyən edilmişdir ki, elektret yüklərin səthi sıxlığı σ_{ef} qiyməti və onun termik sabillik dərəcəsi doldurucunun miqdarından qeyri-xətti asılıdır.



Şəkil 4.1. PP +20% α -Al₂O₃ əsaslı nanokompozitin effektiv səth elektret yüklərinin σ , saxlama müddətindən t_{sax} asılılığı: 1- maqnit sahəsi $H = 0$; 2 - $H=3,2 \cdot 10^5$ A/m gərginlikli maqnit sahəsində kristallaşdırma prosesindən sonra.

Şəkil 4.1.-dən PP/ α -Al₂O₃ nanokompozit nümunələri üçün $\sigma_{ef}(t)$ asılılıqlarından görünür ki, $H = 3,2 \cdot 10^5$ A/m maqnit sahəsində kristallaşdırılmış nanokompozit nümunələri əsasında alınan elektretlərin elektret yüklərinin başlangıç ($t_{sax} = 5$ dəq) qiyməti (əyri 2) ilkin nümunənin elektret yüklərinin qiymətindən (yəni $H = 0$ olduqda) xeyli yüksəkdir. Daha sonra $t_{sax} = 10 \div 11$ sutkadan sonra maqnit sahəsində kristallaşdırılmış nümunələrin elektret yüklərinin qiyməti azalmağa davam edir və göründüyü kimi, normal halda kristallaşdırılmış nümunələrin elektret yükləri daha stabildir (əyri 1). Buradan belə nəticəyə gəlmək olar ki, bilavasitə H maqnit sahəsində alınan kompozit strukturlar az dayanıqlı olurlar. Deməli, optimal bir qiymət olmalıdır, səth yüklərini istədiyimiz qədər yükləyə bilmərik. Belə ki, səth yüklərinin çox olması daha tez relaksasiyaya səbəb olur. Buradan belə nəticəyə gəlirik ki, daha çox yük yığılmış material daha tez relaksasiya edir. Daha az yük yığılmış material isə daha gec relaksasiya edir. Kompozit sistemlərdə quruluş stabilliyini (quruluş relaksasiyası) artırmaq üçün əlavə termik işlənmə həyata keçirilməlidir. Termik işlənmə temperaturunun T_i qiyməti ərimə temperaturundan T_s $5 \cdot 10^0$ aşağı seçilir.

Şəkil 4.2 -də müxtəlif dozalarda γ -şüalandırılmış PP/ α -Al₂O₃ kompozisiya nümunələri üçün $\lg \rho_v = f(T)$ asılılıqları verilmişdir. Göründüyü kimi ən böyük termik stabilliyə şüalandırılmamış (əyri 1) nümunələr malikdir. Belə ki, şüalanma dozasının $D=80$ kQr –yə qədər artırılması ρ_v -nin temperaturdan asılılığını daha kəskin edir: yəni yükdaşıyıcıların konsentrasiyası artır.



Şəkil 4.2. Müxtəlif dozalarda şüalandırılmış PP + 10% α -Al₂O₃ kompozisiyalarının xüsusi müqavimətinin temperatur asılılıqları ($\lg \rho_v = f(T)$).

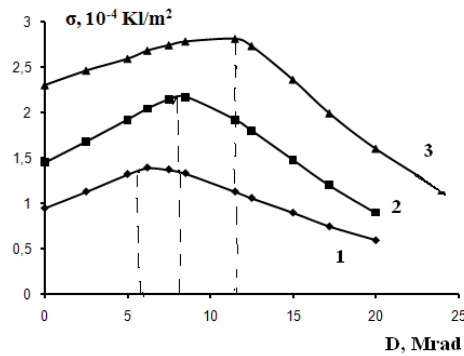
PP/ α -Al₂O₃ kompozit nümunələrinin dielektrik xarakteristikalarının tezlikdən və doldurucunun həcm miqdarından asılılığı cədvəl 4.1-də verilmişdir. Cədvəldən görüldüyü kimi, ρ_v -nin α -Al₂O₃-dən asılılığı qeyri xəttidir.

Cədvəl 4.1.

PP/ α -Al₂O₃ tipli kompozitlərin müxtəlif tezliklərdə dielektrik xarakteristikaları (ρ_v , ϵ və $\text{tg}\delta \cdot 10^4$)

Doldurucunun tərkibi % həcmi üzrə	$\rho_v \cdot 10^{16}$ Om·m	Tezlik, Hs.							
		10 ³		10 ⁶		5·10 ⁸		10 ¹⁰	
		ϵ	$\text{tg}\delta$	ϵ	$\text{tg}\delta$	ϵ	$\text{tg}\delta$	ϵ	$\text{tg}\delta$
0	1,2	2,2	2,5	2,3	2,5	2,3	2,6	2,2	2,6
15	16,1	2,5	4,0	2,5	4,0	2,5	4,0	2,4	4,0
30	10,7	2,8	3,9	2,6	4,6	2,6	5,6	2,6	3,8
40	8,2	2,9	3,9	2,8	4,2	2,9	5,5	2,8	3,9

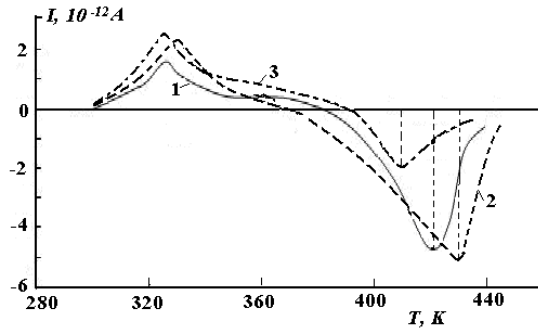
Belə ki, ρ_v -nin maksimal qiyməti $((10 \div 20) \cdot 10^{16}$ Om·m) doldurucunun kompozisiyada miqdarı 10 ÷ 15% həcm üzrə olduqda müşahidə olunur. Bundan başqa, $\text{tg}\delta$ -nın tezlik asılılığından görüldüyü kimi, dielektrik itkiləri nəzərə çarpacaq dərəcədə dəyişikliklərə uğramır.



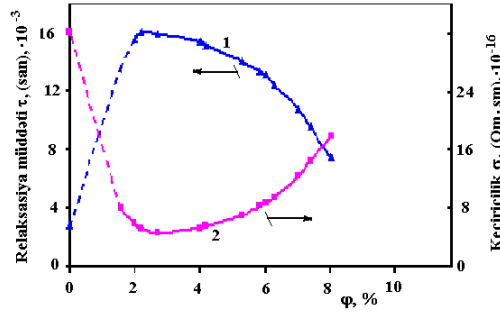
Şəkil 4.3. PP/ α - Al₂O₃ nanokompozitlərdən $H=3 \cdot 10^5$ A/m sabit maqnit sahəsində kristallaşdırma ilə alınmış elektretlərin elektret yüklərinin sıxlığının σ şüalanma dozasından D asılılıqları: 1-ilk PP əsaslı ($H=0$); 2- PP + 5%/ α - Al₂O₃; 3- PP + 5%/ α - Al₂O₃, (20÷30 nm), $H=3 \cdot 10^5$ A/m sahə təsiri altında kristallaşma.

Şəkil 4.3-dən göründüyü kimi, polipropilen/ α - Al_2O_3 kompozitlərin şüalanma dozasından asılılığı dozanın $D = 4\div 5$ Mrad qiymətində ekstremum qiymət alır. Eyni tip tərkibli nanokompozit nümunələri sabit maqnit sahəsində kristallaşdırma yolu ilə alınsa σ -nın qiyməti və onun γ -şüalanmaya davamlılığı xeyli artır (3-cü asılılıq). Hesab edirik ki, bu onunla bağlı ola bilər ki, Al_2O_3 nanohissəcikləri kristallaşma mərkəzləri rolunu oynayır və iri diametrlə sferolit formalı üstmolekulyar quruluşların ölçüləri kiçilir və eyni zamanda onların sayının artması ilə bağlıdır.

Polimer nanokompozit nümunələrində $tg\delta$, ρ_v , ρ_s parametrlərinin termodepolyarizasiya cərəyanlarının və onların temperatur asılılıqlarının təyin edilməsi yolu ilə γ -şüalanmanın stabil və yaxud qeyri-stabil yükdaşıyıcıların miqdarına təsirini öyrənmək olur. Şəkil 4.4 -də PP (1) və $D=50$ kQr (3) doza ilə şüalandırılmış nümunələrin TSD əyriləri verilmişdir. Burada həm də α - Al_2O_3 nanodoldurucu əsaslı kompozit nümunələri üçün də TSD cərəyanının temperatur asılılığı da göstərilmişdir. Göstərilən TSD əyriləri üçün aşağıdakı xarakterik xüsusiyyətləri qeyd etmək olar. Birincisi- $T=350$ K-də inversiya müşahidə olunur; TSD cərəyanı öz istiqamətini müsbətdən mənfiyə dəyişir. Bu onunla izah oluna bilər ki, burada birinci pik səth yükləri ilə bağlıdırsa, (müsbət hissədə səth yükləri ilə bağlıdır, aşağı enerjili tələlərdə tutulmuş səth yükləridir. Səth yükləri daha tez boşalır) cərəyanın mənfi qiyməti $T>350$ K oblastında isə həcmi-polyarizasiya yükləri ilə (mənfi hissədə isə həcmi yüklərlə bağlıdır) bağlıdır.



Şəkil 4.4. İlkin polipropilen (1), PP+5% α - Al_2O_3 nanokompoziti (2) və $D=50$ kQr dozada γ -şüalanma ilə şüalandırılmış PP+5% α - Al_2O_3 nümunələrinin (3) termodepolyarizasiya (TSD) cərəyanının temperaturdan asılılığı.



Şəkil 4.5. PP/α-Al₂O₃ nanokompozit nümunələrinin qeyri-taraz yüklərin rəlaksasiya müddətinin τ doldurucunun (Al₂O₃) miqdarından (φ) asılılığı (T = 130 °S)

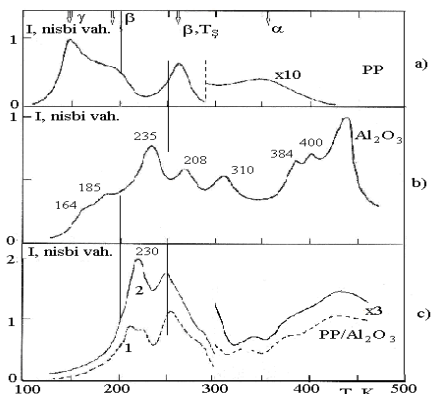
Nəzərə çarpacaq ikinci xüsusiyyət isə nanozərrəciklər əsaslı kompozit nümunələri üçün TSD cərəyanının maksimal qiyməti T = 440 K-də (əyri 2) müşahidə olunur. Deməli, nanozərrəciyin, həm də kiçik dozalarda (D<50 ÷ 100 kQr) müşahidə olunan pozitiv effektlərin additivliyi müşahidə edilmir. Kiçik ölçülü nanozərrəciklər polimer daxilində yeni kristallaşma mərkəzləri yarada bilər və bundan başqa doldurucu Al₂O₃ hissəcikləri PP-də iri diametrlili sferolitlərin yaranmasına mane olacaqdır.

Üçüncü səbəb kimi isə kiçik dozalarda γ-kvantların yaratdığı radiasion destruksiya və radiasion tikilmə (zəncirlər arası) proseslərinin sürətlərinin dəyişməsi göstərilə bilər.

İzotermik rejimdə (T = 130 °S) qeyri-taraz yükdaşıyıcıların rəlaksasiyasının doldurucunun miqdarından asılılığı (şəkil 4.5) göstərir ki, doldurucunun miqdarı kompozitdə artdıqca xüsusi müqavimət kəskin aşağı düşür.

Aparılan radiotermoluminensensiya (RTL) tədqiqatlar nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, (şəkil 4.6) RTL spektri 164, 185, 235, 268, 310, 384, 400 və 460 K-nə uyğun mərkəzlərə malik lüminessensiya pikləri ilə xarakterizə olunurlar. Mövcud ədəbiyyata uyğun olaraq aşağı temperaturlu piklər aşağı konsentrasiyalı aşqarlar, xemosorbsiya olunmuş O₂ və OH qrupları ilə əlaqədardır. Uyğun olaraq 235 və 310 K-də müşahidə olunan piklər O⁻ deşiklərin və avtolokallaşmış eksitonların (eksiton-elektron deşik cütü) olması ilə bağlıdır. Güman edilir ki, bu

göstərilən temperaturlarda α - Al_2O_3 -ün strukturunda rekombinasiya prosesləri gədir.



Şəkil 4.6. Analoji rejimlərdə γ -şüalarla şüalandırılmış ilkin PP (a), α - Al_2O_3 (b), PP/ α - Al_2O_3 (c) kompozit nümunələrinin RTL spektrləri: 1- PP + 20% α - Al_2O_3 ; 2- PP + 40% α - Al_2O_3

Şəkil 4.6.-nın a) bəndində radiotermoluminensensiya əyrisindən görüldüyü kimi əsas dozimetrik pik mürəkkəb quruluşludur və asimetrikdir. Əsas piklə yanaşı nisbətən kiçik temperaturda 384 və 400 K mərkəzli maksimuma malik nisbətən orta intensivlikli işıqlanma pikləri müşahidə olunur ki, bu da α - Al_2O_3 nümunələrində bəzi aşqarların olması ilə əlaqədardır. Kimyavi tərkibin analizinə görə alüminium oksidlərində Cd, Co, Cr, Fe, Mg, Ti aşqarlarının ionları vardır, xrom ionunun miqdarı isə $\sim 2,5 \cdot 10^{-3}$ çəki % -dir. 168, 310, 384-400K temperaturlardakı piklər Mg, Ti aşqarları ilə bağlıdır.

Şəkil 4.6.-nin b) bəndində qeyd olunmuş əsas dozimetrik pik və onun 4 xarakterik parametrlərinin şüalanma dozasından asılılıqları imkan verir ki, α - Al_2O_3 -dən termoluminensent dozimetr kimi istifadə edilsin.

PP əsasında müxtəlif konsentrasiyaya malik α - Al_2O_3 oksid doldurucuları əsasında alınmış kompozit nümunələrinin radiotermoluminensensiya işıqlanma əyriləri, şəkil 4.6-da (c) -də verilmişdir. 1-əyrisində PP + 20 % α - Al_2O_3 , 2-əyrisi PP + 40 % α - Al_2O_3 göstərilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi oksid doldurucusunun həcm %-lə miqdarının artması nəticəsində RTL əyrilərində dəyişikliklər baş

verir. Əsas dozimetrik pik oblastında ($T=350 \div 500$ K) işıqlanma əyriləri forması pisləşir və yayılmış formaya malik olur. Lakin mərkəzləri 235 və 268 K temperatura uyğun gələn radiotermolüminessensiya əyrilərinin intensivliyi artır və mərkəzləri bir qədər sürüşür. Bu sürüşmə ehtimal ki, PP və oksid arasında gedən qarşılıqlı təsirin nəticəsidir.

Hal-hazırda bu piklərin təbiəti haqqında ümumi bir fikir yoxdur. Aşağıtemperaturlu piklər kiçikmiqyaslı aşqarlar, xemosorbsiya olunmuş O_2 və OH-qrupları ilə, 235 K-də müşahidə edilən piklər isə O^- şəklində dəşiklərin olması ilə, 310 K-də avtolokallaşmış eksitonlarla şərtlənə bilər, çox güman ki, $\alpha-Al_2O_3$ strukturunda yenidənqurmalar zamanı rekombinasiya prosesləri ilə bağlıdır.

Nanoölçülü $\alpha-Al_2O_3$ üçün 450 K-də müşahidə olunan dozimetrik pik daha maraqlıdır. Bu temperaturda F-mərkəzlərin olması ilə bağlı şüalanmanın sönməsi müşahidə olunur. Güman edilir ki, dərin tələlər elektron təbiətlidir. Polimer kompozitlərdə 456 ± 2 K-də aktivləşmə enerjisi $E_a=1,41$ eV, dozimetrik pik adlandırılan işıqlanma, $5 \cdot 10^4$ Qr-yə qədər dozalar intervalında γ -şüaların təsirinə daha çox həssasdır. Bu nəticələr mövcud ədəbiyyatda göstərilənlərlə uyuşur, yəni yüksəktemperaturlu dozimetrik RTL piklərinin olmasını $\alpha-Al_2O_3$ -də mürəkkəb kompleks defektlərlə əlaqələndirmək olar.

Radiotermolüminessensiya əyrisinin intensivliyinin şüalanma dozasından asılı olaraq xətti dəyişməsi (daha doğrusu) onu söyləməyə əsas verir ki, alınmış kompozitlərdən dozimetr kimi istifadə etmək mümkündür. Belə ki, yeni alınmış dozimetrik pik əsas pikə nisbətən 2 dəfə aşağı temperatur oblastında yerləşmişdir və əsas pikdən fərqli olaraq aşqar təbiətli piklərin olmaması ilə fərqlənir.

NƏTİCƏLƏR

1. Göstərilmişdir ki, sabit maqnit sahəsinin $H=2,5 \cdot 10^5$ A/m təsiri altında məhluldan kristallaşdırılma üsulu ilə alınmış polistrolun üstmolekulyar quruluşunun dəyişməsi onun elektrik dəşilmə gərginliyinin qiymətinin $20 \pm 5\%$ artmasına səbəb olur. Üstmolekulyar quruluşun dəyişməsi İQ spektrdə yeni C-O-C (1280 sm^{-1}), C=O (1735 sm^{-1}) qruplarının yaranması ilə müşayət olunur.

2. Dispers YSPE və PP əsaslı $5 \div 10$ nm ölçülü Fe_3O_4 doldurucusundan bilavasitə maqnit sahəsinin $H=(2,5 \div 18,4) \cdot 10^3$ A/m təsiri altında maqnitnanokompozit nümunələri sintez olunmuş, onların dielektrik (ϵ , $\text{tg}\delta$), tacelektret (σ_{el} , τ_{el}) xassələri öyrənilmiş və müəyyən olunmuşdur ki, alınmış nümunələr radiasiyaya davamlıdır.

3. Göstərilmişdir ki, YSPE + (3 ÷ 4)% Fe_3O_4 nanokompozitlər əsasnda təcəşalmanın təsiri altında alınmış elektretlərin termik stabilliyi ilkin polimerə nisbətən $20 \div 30^0$ artır. Bu da yeni, daha dərin fəzalararası tələlərin yaranması ilə bağlıdır.

4. YSPE/ Fe_3O_4 nanokompozit nümunələrinin maqnit sahəsində kristallaşdırılması zamanı, yeni orientasiya olunmuş üstmolekulyar quruluşun- sferolitlərin əmələ gəlməsinə səbəb olur. Müəyyən edilmişdir ki, yeni yaranmış üstmolekulyar quruluş maqnit sahəsinin $H=(15 \div 30) \cdot 10^2$ A/m qiymətlərində xüsusi maqnitləşmə M əmsalının H maqnit sahəsindən xətti asılı olaraq dəyişməsinə və stabilləşməsinə səbəb olur.

5. Müəyyən edilmişdir ki, YSPE, PP və (10 ÷ 12)% (həcm üzrə) PTFE ibarət polimerlərin ərintilərindən antistatik xassəli kompozit materiallar alınmış və göstərilmişdir ki, PTFE-nin miqdarının artması ilə kristallaşma prosesinin kinetikasında dəyişikliklər baş verir və bunun nəticəsində kompozitlər optimal elektret xassəsinə ($U_{\text{el}}=2100$ V, $\sigma_{\text{el}}=(1,8 \div 2) \cdot 10^{-4}$ Kl/m²) malik olur.

6. Müəyyən edilmişdir ki, ərintidən kristallaşma üsulu ilə alınmış YSPE, PP və PTFE əsaslı kompozitlərinde elektret yüklərinin sıxlığının ilkin σ_{el} qiymətinin elektretin yaşama müddətindən t_{sax} asılılıq qeyri xəttidir və “qaycı effekti”nin müşahidə olunmasına səbəb olur. Yüksək ilkin elektret yüklərinə malik PP və PTFE elektretlərin stabilliyi daha sürətlə aşağı düşür.

7. Radiotermolüminessensiya (RTL) metodu ilə PP/ α - Al_2O_3 kompozitlərinin 100 ÷ 500 K temperatur intervalında relaksasion α -, β - və γ - proseslərinin öyrənilməsi nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, maksimumu $T=230$ K-də, müşahidə olunan işıqlanma piki doldurucunun konsentrasiyasından ((20 ÷ 40)% α - Al_2O_3) və şüalanma dozasından asılı olaraq mütənasib dəyişir və dozanın 50 kQr-ə qədər qiymətində ondan γ -dozimetriyada dozimetr kimi istifadə etmək olar. Göstərilmişdir ki, RTL spektrində $T=456$ K temperaturunda müşahidə olunan şüalanma pikinin intensivliyi Al_2O_3 -ün miqdarı ilə xətti qanunla

artır ki, bu da kristallaşan polimerlərin təklif etdiyimiz üç fazalı üstmolekulyar quruluş modeli ilə izah olunur.

Dissertasiyanın əsas nəticələri üzrə çap olunmuş elmi işlərin siyahısı.

1. Rüstəmovə D.F. Elektrik maşınlarının istehsalında elektrotexniki materialların keyfiyyətinə nəzarət üsul və vasitələri. //Elmi əsərlər fundamental elmlər, №2, cild V(18), Bakı, 2006, s.28-31.

2. Рустамова Д.Ф., Абдуллаев И.М., Абдуллаев С.А., Раджабов М.Ф.,

Велиев Т.Ф. Применение современных информационных технологий в управлении качеством электротехнических изделий и материалов. /Труды международной научно-технической конференции посвященной 50-летию телевидения и 80-летию радио в Азербайджане, 4-6 июня 2007, Баку, с.380-382.

3. Магєррамов А.М., Рустамова Д.Ф. Воздействия γ -облучения на электроактивные свойства сополимера винилиденфторида с тетрафторэтиленом. /Məlikzadənin 100 illik yubileyinə həsr olunmuş “Nüvə enerjisinin dinc məqsədlərlə istifadəsi perspektivləri” bey. konf., 2010, Bakı, s.63-64.

4. Rustamova D.F. Dashdamirov M.K., Magerramov A.M. The effect of crystallization conditions on radiation modification process of polyolefins. /A.Qəribovun 60 illiyinə həsr olunmuş “Radiasiya və ətraf mühit” resp.konfransı. Bakı, 2010, səh.8-9.

5. Магєррамов А.М., Рустамова Д.Ф. Особенности цифровой обработки нестационарных процессов в средствах измерения и контроля. // Вестник Бакинского Университета, сер. Физ.-мат.и тех. Наук. 2010, №1, с.131-137.

6. Магєррамов А.М., Рустамова Д.Ф., Нуриев М.А., Гасанов А.Ш., Багирбеков Х.В. Электретные и физико-механические свойства композиций полиолефинов с политетрафторэтиленом. /Труды V междунар. Конф. “Актуальные проблемы ФТТ-2011” Минск, с.47-49.

7. Magerramov A.M., Rustamova D.F. Maqnit sahəsinin polistrolun strukturuna və elektrik möhkəmliyinə təsiri. //Azerb. Journal of Physic., 2012, vol. XVIII, №2, pp. 32-35.

8. Магєррамов А.М., Рустамова Д.Ф., Нуриев М.А., Багирбеков Х.В. Диэлектрические свойства и особенности радиотермо- люминесценции композиций полипропилен/ α - Al_2O_3 .

//Электронная обработка материалов, г.Кишинев, 2013, т.49, №2, с.87-90.

9. Велиев И.А., Магеррамов А.М., Рустамова Д.Ф., Исмаилов И.И., Зулфигаров Э.И. К влиянию магнитного поля на диэлектрические и электретные свойства композиций полипропилен-алунд. /Fizikanın müasir problemləri VI res.konf. materialları, БДУ, 2012, Bakı, с.240-243.

10. Магеррамов А.М., Рустамова Д.Ф., Нуриев М.А., Ахмедов Ф.И., Особенности зарядового состояния композитов полипропилен-оксиды металлов. // Физика и хим. обр.материалов, Москва, 2013, №1, с.57-60.

11. Рустамова Д.Ф., Нуриев М.А., Шукюрова А.А., Велиев И.А.Влияние магнитного поля на электрофизические свойства полимеров. /Материаль V Всеросс. конф. "Актуальные проблемы химии высоких энергий", М.,23-24 октябрь 2012г, с.183-186.

12. Magerramov A.M., Rustamova D.F., Bagirbekov Kh.V., Nuriev M.A. Dielectric Properties and Radiothermoluminescent Features of Polypropylene/ α -Al₂O₃. //Surface Engineering and Applied Elektrochemistry, 2013, Vol.49, No.2, pp.176-179.

13. Rustamova D.F., İsmayılov İ.M., Allahyarov E.A., Məhərrəmov A.M. Maqnit sahəsində kristallaşdırılmış polietilen-Fe₃O₄ kompozitinin elektret xassələri. /Fizikanın müasir problemləri VII res.konf. materialları, БДУ, 2013, Bakı, s.105-106.

14. Магеррамов А.М., Рустамова Д.Ф. Диэлектрические свойства нанокompозитов полиэтилен-Fe₃O₄, закристаллизованных в постоянном магнитном поле. /Fizikanın müasir problemləri VIII "Opto, nanoelektronika, yüksək enerjilər fizikası" res.konf. materialları, БДУ, 2014, Bakı, с.88-90.

15. Рустамова Д.Ф., Магеррамов А.М. Диэлектрические и электретные свойства нанокompозитов полиэтилен-Fe₃O₄, закристаллизованных в постоянном магнитном поле. //Перспективные материалы, Москва, 2016, №3, с.27-34.

16. Магеррамов А.М., Рустамова Д.Ф. Электрофизические свойства нанокompозитов полиэтилен- Fe₃O₄, закристаллизованных в постоянном магнитном поле. Modern problems of physics of metals. International scientific and practical conference. Devoted to 80th anniversary of prof.T.M.Panahov, Bakı, 10-11 iyun 2016, с.324-326.

**ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ И γ -ИЗЛУЧЕНИЯ НА
ЭЛЕКТРОАКТИВНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ
КОМПОЗИТОВ
Р Е З Ю М Е**

Работа посвящена изучению влияния постоянного магнитного поля H и γ -излучения на электрофизические (ϵ , $\text{tg}\delta$, ρ_v) электретные ($\sigma_{\text{эл.}}$, τ) свойства нанокомпозигов на основе полиэтилена (ПЭ), полипропилена (ПП) и политетрафторэтилена (ПТФЭ) с размерами частиц 220-30нм с оксидами Fe_3O_4 , $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$. Процессы кристаллизации из расплава или из раствора проводились непосредственно в магнитном поле $H=18,4 \cdot 10^3 \text{ А/мм}$.

Показано, что при содержании 3-5об.% Fe_3O_4 с дисперсность 20÷23,5нм в ПП поверхностная плотность магнетоэлектретов значения электретных зарядов достигается $(2\div3) \cdot 15^4 \text{ Кл/м}^2$, а при концентрации нанонаполнителей более 5об.% композиция из-за возрастания проводимости приобретает антистатические свойства.

Проведение процессов кристаллизации из раствора нанокомпозигов ПП/ Fe_3O_4 и ПЭ/ Fe_3O_4 в постоянном магнитном поле приводит к уменьшению размеров кристаллитов и образованию новых типов надмолекулярных ламеллярных структур. Процессы поляризации в условиях $H \perp E$ приводит в ряде случаев к образованию структурных изменений, в полистироле, которые прослеживаются по ИК-спектрам поглощения при 1280, 1350 и 1735 см^{-1} .

Методом РТЛ показано, что кристаллизация нанокомпозигов ПП/ Fe_3O_4 , ПЭ/ Fe_3O_4 , ПП/ $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ в магнитном поле при соотношении композигов 95:5об.% приводит к смещению β -максимума в сторону низких температур.

Установлено, что смеси полимеров на основе существенно отличающихся температурой плавления (ПЭ и ПТФЭ) проявляют антистатические свойства; для композиций ПЭ/ПТФЭ композиций при 10-12об.% ПТФЭ смесь становится антистатом и значения U_0 снижается от 2400 В до нуля за 2-3 минут. Схожие изменения на кривых РТЛ в области β -перехода наблюдаются и при воздействии γ -излучения на полимерные нанокомпозигов. Наблюдаемые изменения электретных и магнитных свойств γ -облученных полимерных композигов интерпретированы на основе 3-х фазных структуры НМО кристаллических полимеров.

**INFLUENCE OF MAGNETIC FIELD AND γ RADIATION ON
ELECTROACTIVE PROPERTIES OF POLYMER COMPOSITES
SUMMARY**

In this work we have investigated the effects of a constant magnetic field and γ - radiation on electrophysical (ϵ , $\tan \delta$, ρ_V) and electret ($\sigma_{el.}$, τ) properties of nanocomposites of Fe_2O_3 and Al_2O_3 with the nanoparticle size of 220 ± 30 nm on the matrix of polyethylene (PE), polypropylene (PP) and polytetrafluoroethylene (PTFE). The processes of crystallization from the flux or from the solution were carried out directly in magnetic field of $H = 18.4 \times 10^3$ A/mm.

It is shown that at the contents of 3-5 volume % Fe_3O_4 with the dispersion of $20 \div 23,5$ nm in PP the surface density of electret charges reaches to $(2 \div 3) \times 10^{-4}$ C/m², and at higher concentrations of nano-fillers more than 5 volume% the composition acquire antistatic properties due to increased conductivity.

Crystallization of nanocomposites PP/ Fe_3O_4 и PE/ Fe_3O_4 from the solutions at the constant magnetic field leads to the decreasing of crystallite size and formation of new type supramolecular lamellar structures. In some cases, the processes of polarization at the conditions of HLE leads to formation of structural changes in polystyrene which are observed by absorption IR spectrums at 1280, 1350 and 1735 cm⁻¹.

Using the RTL method it is shown that the crystallization of nanocomposites of PP/ Fe_3O_4 , PE/ Fe_3O_4 , PP/ α - Al_2O_3 in magnetic field at the ratio of composites 95:5 volume % leads to β -maximum shift towards low temperatures.

It has been established that if the matrix has been made by mixing of two polymers with the significantly different melting temperature (PE and PTFE) then the composite demonstrates the antistatic properties; for the PE/PTFE compositions at 10-12 volume% of PTFE the mixture becomes antistatic and U_0 values decreases from 2400 V to zero in 2-3 minutes. Similar changes are also observed in the region of β - transition of RTL curve of the polymer nanocomposites under the γ -irradiation.

Tiraj 100. Format 60x84 ¹/₁₆

Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının mətbəəsi
Bakı ş., H.Cavid pr-ti 115

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА
ИНСТИТУТ РАДИАЦИОННЫХ ПРОБЛЕМ**

На правах рукописи

ДУРДАНА ФАРХАД кызы РУСТАМОВА

**ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ И γ -ИЗЛУЧЕНИЯ НА
ЭЛЕКТРОАКТИВНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ
КОМПОЗИТОВ**

2225.01 – Радиационное материаловедение

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

**диссертации на соискание ученой степени
доктора философии по физике**

Баку - 2017