

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

TERMOPLASTİK POLİMERLƏRƏ NANOHİSSƏCİKLƏR DAXİL ETMƏKLƏ ALINMIŞ NANOKOMPOZİTLƏRİN TƏRKİBİ, QURULUŞU VƏ XASSƏLƏRİ

İxtisas: 2317.01- Nanokimya və nanomateriallar

Elm sahəsi: Kimya

İddiaçı: **Flora Vidadi qızı Hacıyeva**

Elmlər doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı - 2022

Dissertasiya işi Bakı Dövlət Universitetinin “Nanomaterialların kimyəvi fizikası” kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi məsləhətçilər: AMEA-nın həqiqi üzvü,
kimya elmləri doktoru, professor
Abel Məmmədəli oğlu Məhərrəmov
fizika elmləri doktoru, professor

Məhəmmədəli Əhməd oğlu Ramazanov

Rəsmi opponentlər: AMEA-nın müxbir üzvü,
kimya elmləri doktoru, professor
Valeh Cabbar oğlu Cəfərov
AMEA-nın müxbir üzvü,
kimya elmləri doktoru, professor
Tofiq Abbasəli oğlu Əliyev
kimya elmləri doktoru, professor
Eldar İsa oğlu Əhmədov
kimya elmləri doktoru, professor
Nizami Allahverdi oğlu Zeynalov

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası, akademik Y.H.Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.16 Dissertasiya Şurasının bazasında qeydiyyat nömrəsi BED 1.16/2 olan Birdəfəlik Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri: AMEA-nın həqiqi üzvü,
kimya elmləri doktoru, professor
Vaqif Məcid oğlu Fərzəliyev

Dissertasiya şurasının elmi katibi: kimya elmləri doktoru, dosent
Lalə Məhəmməd qızı Əfəndiyeva

Elmi seminarın sədri: AMEA-nın müxbir üzvü,
kimya elmləri doktoru, professor,
İslam İsrəfil oğlu Mustafayev

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənilmə dərəcəsi. Hazırda polimer kimyası və materialşünaslıqda yeni sinif materialların-polimer nanokompozitlərin işlənilməsi və alınması perspektiv istiqamətlərdən biri hesab olunur. Belə nanokompozitlərin unikal xassələri təkcə nanoölçülü hissəciklərin kiçik ölçüləri ilə deyil, həm də polimer matrisanın quruluşunun xüsusiyyətləri ilə də izah olunur. Polimer matrisa nanohissəcikləri üstmolekul quruluşa qədər nizamlaya bilir, bu işə nanoölçülü hissəciklərin qeyri-adi xassələrinin güclənməsinə gətirib çıxarır. Bu cür materiallar həcmi materiallarla müqayisədə qeyri-adi optiki, katalitik, maqnit və sensor xassələri göstərə bilir. Nanokompozitlərin xassələri polimer matrisanın kimyəvi təbiəti, nanokompozitlərdə böyük paya malik olan fazalararası sərhəddin quruluşu, həmçinin nanohissəciklər və polimer matrisa arasındakı qarşılıqlı təsirlə təyin olunur. Polimer nanokompozitlər özlərində eyni zamanda həm polimer matrisanın (elastiklik, istənilən konfigurasiyaya malik elementlərin alınması imkanı və sair), həm də aktiv doldurucunun (həssaslıq) xassələrini birləşdirir. Nanokompozitlərin ayrı-ayrı komponentləri maqnit, fotolüminessent, fotorezistiv, elektrolüminessent və digər xassələrə malik olduğu halda, onlar əsasında alınan kompozitlər tamamilə yeni maraqlı xassələr göstərir.

Polimer nanokompozitlərin xüsusiyyətləri həm ayrı-ayrı nanohissəciklərin fərdi xassələri, həm də nanohissəciklərin özləri və polimer matrisa ilə qarşılıqlı təsirləri ilə təyin olunur. Həmçinin qeyd etmək lazımdır ki, ayrı-ayrı komponentlərin xassələrini variasiya etməklə nanokompozitlərin xassələrini idarə etmək, fazalararası sərhəd hadisələrini öyrənmək, fazalararası qarşılıqlı təsirlərinin nanokompozitlərin fotolüminessent, maqnit, elektret və digər aktiv xassələrinə təsirini öyrənmək, həmçinin polimer matrisada elektron həyəcənlanma enerjisinin molekullararası daşınma və miqrasiyası proseslərini tədqiq etmək mümkündür¹.

Tədqiqatın obyektı və predmeti: Dissertasiya işində tədqiqat

¹Помогайло, А.Д. Наночастицы металлов в полимерах/ А.С.Розенберг, И.Е.Уфлянд,- Москва: Химия,- 2000.- 671 с.

obyektləri kimi izotaktik polipropilen (PP), polivinilidenflüorid (PVDF) termoplastik polimerləri, qarışıq dəmir oksidi-maqnetit (Fe_3O_4), sirkonium dioksid (ZrO_2), titan dioksid (TiO_2), yarımqeçirici metal sulfidləri: kadmium sulfid (CdS), qurğuşun sulfid (PbS) və sink sulfid (ZnS) nanohissəcikləri, Cu, Fe, Co və Ni metal nanohissəcikləri və çoxlaylı karbon nanoboruları seçilmişdir. Dissertasiya işinin əsas predmeti sadalanan termoplastik polimerlər və nanoölçülü hissəciklər əsasında yeni polimer nanokompozisiya materiallarının işlənilməsi, onların quruluş və xassələrinin tədqiqi və onlar arasındakı əlaqənin təyini və bu materialların mümkün tətbiq sahələrinin araşdırılmasından ibarətdir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Dissertasiya işinin məqsədi metal, metal oksid və metal sulfid nanohissəciklərinin optimal alınma texnologiyasının işlənilməsi, hissəciklərin ölçüləri və polimerlərin üstmolekul quruluşu arasında əlaqənin təyini, polimer nanokompozitlərin elektret, möhkəmlik, maqnit və fotolüminessent xassələrinin modifikasiyasının mexanizminin öyrənilməsi, həmçinin polimer nanokompozitlərin texnikanın müxtəlif sahələrində tətbiq mümkünlüyünün araşdırılmasından ibarətdir.

Qarşıya qoyulan məqsədə çatmaq üçün aşağıdakı əsas məsələlər həll edilmişdir:

1. Metal (Cu, Fe, Co və Ni) nanohissəciklərinin optimal kimyəvi alınma və stabilləşmə texnologiyasının işlənilməsi;
2. Qarışıq dəmir oksid–maqnetit (Fe_3O_4) nanohissəciklərinin optimal kimyəvi alınma və stabilləşmə texnologiyasının işlənilməsi;
3. ZrO_2 və TiO_2 metal oksid nanohissəcikləri əsasında polimer nanokompozitlərin alınmasının optimallaşdırılması;
4. $\text{PP}+\text{ZrO}_2$ və $\text{PVDF}+\text{ZrO}_2$ əsasında nanokompozitlərin quruluşu və xassələrinə nanokompozitlərin alınma texnologiyasının təsirinin öyrənilməsi;
5. $\text{PP}+\text{ZrO}_2$ və $\text{PVDF}+\text{ZrO}_2$ əsaslı polimer nanokompozitlərin morfologiya və fotolüminessent xassələrinə kristallaşmanın temperatur-zaman şəraitinin, termiki işlənilmənin və polyarlaşma proseslərinin təsirinin tədqiqi;
6. $\text{PP}+\text{TiO}_2$ və $\text{PVDF}+\text{TiO}_2$ əsasında nanokompozitlərin elektret xassələrinə polyarlaşmanın növü və şəraitlərinin təsirinin

tədqiqi;

7. Polipropilen və Fe_3O_4 nanohissəcikləri əsasında polimer nanokompozitlərin quruluşu, maqnit və möhkəmlik xassələrinə texnoloji alınma üsullarının təsirinin tədqiqi;
8. Polivinilidenflüorid və Fe_3O_4 nanohissəcikləri əsasında maqnit polimer nanokompozitlərin quruluşu və xassələrinə Fe_3O_4 nanohissəciklərinin miqdarının və ölçülərinin təsirinin tədqiqi;
9. CdS, ZnS və PbS yarımkeçirici metal sulfid nanohissəciklərinin alınması və stabiləşdirilməsi;
10. PP+PbS əsəsindəki nanokompozitlərin optiki, fotoluminessent və dielektrik xassələrinə polimerlərin üstmolekul quruluşu, kristallaşmanın temperatur-zaman şəraitinin və termiki işlənmənin təsiri;
11. PP+PbS/CdS əsəsindəki hibrid nanokompozitlərin quruluşu və fotoluminessent xassələrinə texnoloji amilin təsiri;
12. PVDF+CdS/ZnS əsəsindəki hibrid nanokompozitlərin alınması və optiki xassələrinin tədqiqi;
13. Polimer nanokompozitlərin texnikanın müvafiq sahələrində tətbiqi mümkünlüyünün araşdırılması.

Tədqiqat üsulları: Dissertasiya işində kompleks fiziki və kimyəvi eksperimental tədqiqat üsullarından istifadə edilmişdir: elektrotermopolyarlaşma, taclı boşalmanın təsiri altında polyarlaşma, termostimullaşdırıcı depolyarlaşma, infraqırmızı spektroskopiya, ultrabənövşəyi spektroskopiya, skanedici elektron mikroskopiya, atom-qüvvət mikroskopiya, keçirici elektron mikroskopiya, rentgen-difraksiya analizi, vibrasiya maqnitometriya, fotoluminessensiya, termoqrametriya analizi, diferensial skanedici kalorimetriya, dielektrik və möhkəmlik xassələrinin ölçmə üsulları, elektret yüklərinin səthi sıxlığının təyini üçün kompensasiya üsulu və s.

Müdafiəyə çıxarılmış əsas müddəalar:

1. Göstərilmişdir ki, kimyəvi çökdürmə şəraitini, o cümlədən səth-aktiv maddənin təbiətini və miqdarını, ilkin reagentlərin qatılığını, nisbətini və sair dəyişməklə kobalt, nikel, dəmir, mis metalların nanohissəciklərinin, Fe_3O_4 dəmir oksid nanohissəciklərinin, CdS, PbS və ZnS metal sulfidlərin nanohissəciklərinin bircinsliyini, dispersliyini və təmizliyini tənzimləmək olar.

2. Göstərilmişdir ki, polimerin kristallaşmasının temperatur-zaman şəraitinin, termiki işlənmənin, polyarlaşma şəraitinin və digər texnoloji amillərin, həmçinin kompozitin komponentləri arasındakı fazalararası qarşılıqlı təsirlərin və fazalararası təbəqənin qalınlığının dəyişməsi nanokompozitlərin fotoluminescent, elektrofiziki, maqnit, elektret və digər aktiv xassələrinin dəyişməsinə gətirib çıxarır.

3. Müəyyən edilmişdir ki, PP+ZrO₂, PVDF+ZrO₂, PP+TiO₂ və PVDF+TiO₂ əsasında nanokompozitlərin taclı boşalmanın təsiri altında polyarlaşma prosesi zamanı morfologiyası kəskin dəyişir, yəni quruluş elementlərinin kiçilməsi baş verir. Həmçinin göstərilmişdir ki, polyarlaşmadan sonra fotoluminesensiya intensivliyinin artması onunla bağlıdır ki, miqrasiya polyarizasiyası hesabına nanokompozitlərin komponentləri arasındakı fazalararası sərhəddə böyük miqdarda elektrik yükləri yığılır, bu yüklər isə öz növbəsində yüksək daxili lokal sahə yaradır və nəticədə nanohissəciklərdə əlavə luminescent mərkəzlərin həyəcanlanması baş verir.

4. PP+ZrO₂ və PVDF+ZrO₂ əsasında nanokompozitlərdə polimerlərin kristallik fazalarının dağılma oblastında nanohissəciklər arasında məsafənin artması hesabına xüsusi müqavimətin kəskin sıçrayışla dəyişməsi, yəni pozistor effekt müşahidə olunur.

5. Polyarlaşma üsulundan və şəraitindən asılı olaraq fazalararası sərhəddə yığılan yüklərin miqdarının qiyməti, nanokompozitlərin komponentləri arasında qarşılıqlı təsir dərəcəsi və sərhədyanı təbəqənin qalınlığının dəyişməsi baş verir, bu da PP+TiO₂ və PVDF+TiO₂ əsasında nanokompozitlərin elektret və fotoluminescent xassələrinin dəyişməsinə gətirib çıxarır.

6. Göstərilmişdir ki, metal (Cu, Fe) və metal oksidi (ZrO₂, Fe₃O₄) nanohissəciklərinin polimer matrisalarında 3-5% miqdara qədər quruluşformalaşdırıcı rolu bu nanohissəciklər və PP polimeri əsasında alınan nanokompozitlərin termostabilliyinin artmasının əsas səbəblərindən biridir.

7. Göstərilmişdir ki, superparamaqnit nanohissəciklərinin maqnit momentlərinin qarşılıqlı oriyentasiyasının dəyişməsi yükdaşıyıcıların tunnələşməsinə gətirib çıxarır, bu isə PP+Fe₃O₄ və PVDF+Fe₃O₄ əsasında nanokompozitlərdə maqnitorezistiv effektin əmələ

gəlməsinə səbəb olur.

8. Müəyyən edilmişdir ki, maqnit nanokompozitlərinin 0,1-30 QHs tezlikli elektromaqnit dalğalarını udma qabiliyyətinin artması maqnit nanohissəciklərinin miqdarının, nanokompozitlərin maqnit nüfuzluğunun intensivliyinin qiymətinin və dielektrik itki bucağının tangensinin artması ilə bağlıdır.

9. PP+CdS/ZnS və PVDF+CdS/ZnS əsasında yeni hibrid fotolüminessent polimer nanokompozitlər işlənmiş və göstərilmişdir ki, yarımkeçirici klasterlərin ayrı-ayrı komponentlərinin xüsusiyyətlərini idarə etməklə fotolüminessensiyanın spektral-həssas oblastının geniş intervalda tənzimləmək mümkündür.

10. Polivinilidenflüorid, ferromaqnit Fe_3O_4 dəmir oksid nanohissəcikləri və çoxlaylı karbon nanoboruları əsasında üçkomponentli, kombinə edilmiş, keçirici və yüksək tezlikli radio dalğaları uda bilən kompozit materiallar alınmış və müəyyən edilmişdir ki, ən yüksək udulma PVDF+5% Fe_3O_4 +10%ÇKnB tərkibli üçkomponentli nanokompozitlərdə müşahidə edilir.

İşin elmi yeniliyi:

1. Nanoölçülü metal doldurucularının kiçik miqdarlarında polimer matrisalara daxil edilməsi ilə onların polimer nanokompozitlərin üstmolekul quruluşu, istilikfiziki, elektrik, mexaniki və maqnit xassələrinə təsiri müəyyən edilmişdir.

2. PP+ ZrO_2 , PVDF+ ZrO_2 , PP+ TiO_2 və PVDF+ TiO_2 əsaslı polimer nanokompozitlərin morfoloqiyası və xassələrinə taclı boşalma və elektrotermopolyarlaşmanın təsiri altında polyarlaşma proseslərinin təsiri müəyyən edilmişdir. Nanohissəciklərin miqdarı, ölçüləri, həmçinin polyarlaşma şəraitindən asılı olaraq nanokompozitlərin fotolüminessensiya intensivliyinin artmasının səbəbləri müəyyən edilmişdir.

3. Nanokompozitlərin komponentləri arasındakı sərhədyanı təbəqədə yığılmış yüklərin rolu təyin edilmiş və göstərilmişdir ki, bu yüklər öz ətrafında böyük daxili lokal sahə yaradaraq ZrO_2 nanohissəciklərinin polyarlaşmasına səbəb olur, bu isə öz növbəsində səthi yüklərin miqdarının və yaşama müddətinin artmasına gətirib çıxarır.

4. Polyarlaşma üsulu və şəraitindən asılı olaraq PP+TiO₂ və PVDF+TiO₂ əsaslı nanokompozitlərin elektret və fotoluminesent xassələrinin dəyişməsində stabilləşmiş yüklərin, fazalararası qarşılıqlı təsir dərəcəsinin, sərhədyanı təbəqənin qalınlığının rolu müəyyən edilmişdir.
5. 3-5 % miqdara qədər metal və metal oksidi nanohissəcikləri (Cu, Fe, ZrO₂ və Fe₃O₄) ilə doldurulmuş polipropilen əsasında nanokompozitlərin termostabilliyinin artmasının səbəbləri müəyyən edilmişdir. Göstərilmişdir ki, 3-5% miqdara qədər nanohissəciklər polimer matrisada quruluşformalaşdırıcı rolunu oynayır.
6. Təyin edilmişdir ki, isti pressləmə üsulu ilə alınmış nanokompozitlər ekstruziya üsulu ilə alınmış kompozitlərdən fərqli olaraq doldurucunun polimer matrisada homogen paylanması və defektsiz quruluşu ilə təyin olunur. Bu əsasən nanokompozitlərin alınma texnologiyasının onların üstmolekul quruluşunun formalaşmasına təsiri ilə izah edilmişdir.
7. Təyin edilmişdir ki, PP və PVDF polimer matrisalarında Cu, Fe və ZrO₂ nanohissəciklərinin miqdarı artdıqca polimerlərin kristallaşma temperaturlarının maksimumlarının yüksək temperaturalara doğru sürüşməsinin səbəbi onunla bağlıdır ki, nanohissəciklər polimer matrisalarda quruluşformalaşdırıcı rolunu oynayır, bu isə nanokompozitlərdə polimerlərin üstmolekul quruluşunun dəyişməsinə səbəb olur.
8. Müəyyən edilmişdir ki, maqnit nanokompozitlərin radiotezlikli dalğa diapazonunda (0,1-30 QHs) udma qabiliyyəti maqnit nanohissəciklərinin miqdarının, nanokompozitlərin maqnit nüfuzluğunun intensivliyinin və dielektrik itkisi bucağının tangensinin artması ilə bağlıdır, bu isə öz növbəsində elektromaqnit dalğalarının enerjisinin itkisinin artmasına gətirib çıxarır.
9. Müəyyən edilmişdir ki, yarımkeçirici klasterlərin ayrı-ayrı komponentlərinin miqdarını dəyişməklə PP+CdS/ZnS və PVDF+CdS/ZnS əsaslı hibrid polimer nanokompozitlərin fotoluminesensiyasının spektral-həssas oblastını idarə etmək mümkündür.
10. Polivinilidenflüorid, ferromaqnit dəmir oksid nanohissəcikləri və çoxlaylı karbon nanoboruları əsasında kombinə edilmiş, keçirici

və yüksək tezlikli radio dalğaları uda bilən kompozit materiallar işlənmiş və müəyyən edilmişdir ki, ən yüksək udulma $PVDF+5\%Fe_3O_4+10\%ÇK_nB$ tərkibli üçkomponentli nanokompozitlərdə müşahidə edilmişdir.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti:

- Dissertasiya işində müəyyən olunan kimyəvi alınma texnologiyasının qanunauyğunluqları imkan verir ki, elektrofiziki, maqnit, maqnitorezistiv, elektret, fotolüminessent, fotorezistiv və istismar xassələrinə malik müxtəlif təyinatlı kompozitlərin komponentlərini elmi əsaslarla əsaslandırılmış şəkildə seçmək mümkün olsun.
- Metal və metal oksid nanohissəcikləri və polimerlər əsasında yüksək istismar xassələrinə malik yüksək effektiv nanokompozitlər işlənmişdir.
- Kristallaşmanın temperatur-zaman şəraitinin, termiki işlənilmənin və polyarlaşma proseslərinin kompozitlərin quruluşu, optik və fotolüminessent xassələrinə təsirinin araşdırılması kompozit çeviricilərinin həssaslığının artırılmasında, xassələrinin ehtimallaşdırılması və uyğunlaşmasında, həmçinin işlənilmə müddətinin təyində vacib rol oynayır.
- Termoplastik polimerlər və Fe_3O_4 maqnetit nanohissəcikləri əsasında alınan maqnit polimer nanokompozit təbəqələri radiotezlikli dalğa diapazonunda elektromaqnit dalğalarının udulması üçün sınaqdan keçirilmişdir.
- Polimer nanokompozitlərin texnikanın müxtəlif sahələrində tətbiqi imkanları araşdırılmışdır.

İşin aprobeşiyası və tətbiqi:

Dissertasiya işinin əsas nəticələri və müddəaları respublika və beynəlxalq səviyyəli tədbirlərdə məruzə edilmişdir: “Fizikanın aktual problemləri” Respublika elmi konfransı, 26 noyabr 2012-ci il, Bakı, Azərbaycan; “Nanoölçülü sistemlər: quruluşu, xassələri, texnologiyalar, Nansis-2013” adlı IV Beynəlxalq Elmi Konfransı, 19-22 noyabr 2013-cü il, Kiyev, Ukrayna; akademik B.M.Əsgərovun 80 illik yubileyinə həsr olunmuş “Fizikanın aktual problemləri” adlı Beynəlxalq Elmi Konfransı, 6 dekabr 2013-cü il, Bakı, Azərbaycan; “Kondensə edilmiş mühitlərdə nanoquruluşlar” adlı VIII Beynəlxalq elmi konfransı, 7-10 oktyabr 2014-cü il, Minsk, Belarusiya;

“Fizikanın aktual problemləri” adlı Respublika Elmi Konfransı, 17 dekabr 2015-ci il, Bakı, Azərbaycan; “Nanotexnologiyanın ətraf mühitdə innovativ tətbiqləri, Nine-2016” adlı I Beynəlxalq elmi konfransı, 20-23 mart 2016-cı il, Roma, İtaliya; Fizikanın aktual problemləri” adlı Respublika Elmi Konfransı, 22 dekabr 2016-cı il, Bakı, Azərbaycan; Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 94-ci ildönümünə həsr olunmuş Gənc Tədqiqatçıların I Beynəlxalq Elmi Konfransı, 05-06 may 2017-ci il, Bakı, Azərbaycan; “Fizikaya müasir baxış” adlı Beynəlxalq Elmi konfransı 20-22 aprel 2017-ci il, Bakı, Azərbaycan; “Fizika və astronomiyanın problemləri” adlı Beynəlxalq Elmi Konfransı, 24-25 may 2018-ci il, Bakı, Azərbaycan; “Fizikaya müasir baxış” adlı Beynəlxalq Elmi Konfransı, 01-03 may 2019-cu il, Bakı, Azərbaycan; VII “Fizikaya müasir baxış:MTP-2021” adlı Beynəlxalq Elmi Konfransı, 15-17 dekabr 2021-ci il, Bakı, Azərbaycan.

Nəşrlər: Dissertasiya işinin nəticələri 73 işdə (57 məqalə və 16 tezis) şəklində xarici və yerli jurnallarda dərc edilmişdir. Məqalələrdən 43-ü Web of Science Clarivate Analytics və 3-ü Scopus sistemində indekslənen jurnallarda çap olunmuşdur.

Müəllifin şəxsi iştirakı. Məsələlərin qoyulması, ədəbiyyat məlumatlarının toplanması və ümumiləşdirilməsi, təcrübələrin hazırlanması və aparılması, tədqiqat üçün nümunələrin hazırlanması, nəticələrin sistemləşdirilməsi, məqalə və tezislərin hazırlanması, fiziki-kimyəvi analizlərdən alınan məlumatların açıqlanması və ümumiləşdirilməsi, həmçinin məqalələrin tərtibi və yazılması müəllifin birbaşa iştirakı ilə həyata keçirilmişdir.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı:

Dissertasiya işi Bakı Dövlət Universitetinin “Nanomaterialların kimyəvi fizikası” kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiyanın həcmi, quruluşu və əsas məzmunu.

Dissertasiya işi 380 səhifə həcmində (322868 işarə) olub girişdən (19834 işarə), 6 fəsildən (birinci fəsil- 64253 işarə, ikinci fəsil-57166 işarə, üçüncü fəsil-65929 işarə, dördüncü fəsil-44001 işarə, beşinci fəsil-41994 işarə, altıncı fəsil- 24198 işarə), əsas nəticələrdən (5493 işarə) və 251 adda ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. Dissertasiyaya 235 şəkil və 30 cədvəl daxildir.

IŞIN MƏZMUNU

Girişdə işin aktuallığı əsaslandırılmış, işin məqsədi və əsas məsələlər təqdim edilmiş, elmi yeniliyi, praktik əhəmiyyəti və müdafiəyə təqdim edilmiş müddəalar şərh edilmişdir.

Birinci fəsil mövzuya aid elmi ədəbiyyat mənbələrinin analizinə həsr edilmişdir; metal, metal oksid və metal sulfidi nanohissəciklərinin alınma və stabilləşmə üsullarına baxılmış, müxtəlif texnoloji amillərin polimer nanokompozitlərin quruluşu və xassələrinə təsirinin analizi təqdim edilmiş, həmçinin polimer nanokompozitlərin aktiv xassələri və quruluşu arasındakı əlaqə müəyyən edilmişdir.

Ədəbiyyat analizlərindən aşağıdakı nəticələrə gəlinmişdir:

- nanoölçülü metal nanohissəciklərinin polimer makromolekulları ilə stabilləşməsi polimerin metala qarşı olan adgeziya xassələri ilə təyin olunur, bu isə polimer və metalın fiziki-kimyəvi xassələrindən, polimerdə olan funksional qruplardan, tərkibindəki doldurucudan, stabilləşdiricidən, metaləsəli kompozitlərin alınma texnologiyasından və sair amillərdən asılıdır. Müəyyən edilmişdir ki, polimer molekullarının nanoölçülü hissəciklərin səthində adgeziyası onların səthini doyurur və beləliklə klasterin böyüməsinin qarşısını alan sterik sərhəd yaradır.

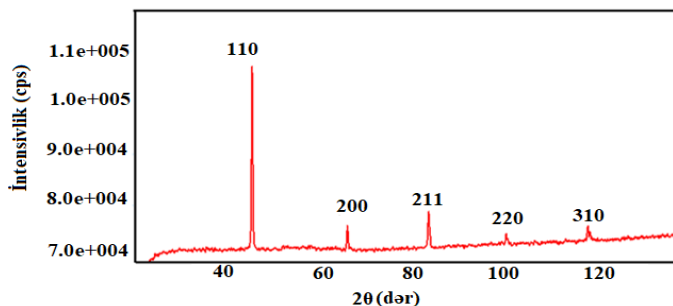
- polimer nanokompozitlərin alınma texnologiyasını və şəraitini (mühitin pH-ı, temperatur, həlledicinin təbiəti və sair) idarə etməklə verilmiş xassələrə malik yüksək effektiv materiallar almaq mümkündür.

- polimer nanokompozitlərin aktiv (fotoluminescent, elektret, maqnit), istismar (elektrik və mexaniki möhkəmlik, yaşama müddəti, xarici amillərin təsiri altında köhnəlmə) və elektrofiziki xassələri kompozitin komponentləri arasındakı fazalararası qarşılıqlı təsirlərdən, polimer matrisin təbiətindən (elektomənfilik, polyarlıq, üstmolekul quruluş), doldurucunun xassələrindən, elektron həyəcanlanma enerjisinin molekullararası daşınma və miqrasiya proseslərindən asılıdır^{2,3,4}.

² Maharramov, A.M. Advanced Nanocomposites Types / A.M.Maharramov, M.A.Ramazanov, R.M.Saboktakin, - Nyu York: Nova Publisher,-2013. p.341.

İkinci fəsildə nanoölçülü metal nanohissəciklərinin (Fe, Co, Cu və Ni) alınması və stabilləşməsi həyata keçirilmiş, bu nanohissəciklər və qeyri-polyar izotaktik PP, polyar PVDF termoplastik polimerləri əsasında yeni polimer nanokompozitlər işlənmişdir. Nanohissəciklərin ölçülərinin, nanodoldurucunun miqdarının, polimer matrisinin növünün polimer nanokompozitlərin morfoloqiyası, möhkəmlik, dielektrik, istilikfiziki xassələrinə, həmçinin kristallaşma dərəcəsinə təsiri tədqiq edilmişdir.

Şəkil 1-də kimyəvi reduksiya üsulu ilə dəmir (III) xlorid və natrium tetrahidroborat (NaBH_4) vasitəsi ilə natrium oleat stabilləşdiricisi iştirakında alınmış dəmir nanohissəciklərinin rentgen difraktoqramı verilmişdir. Difraktoqramlar Rigaku Mini Flex 600 cihazında mis anodlu ($\text{Cu-K}\alpha$ şüalanma) rentgen boru istifadə edilməklə otaq temperaturunda tədqiq edilmişdir.



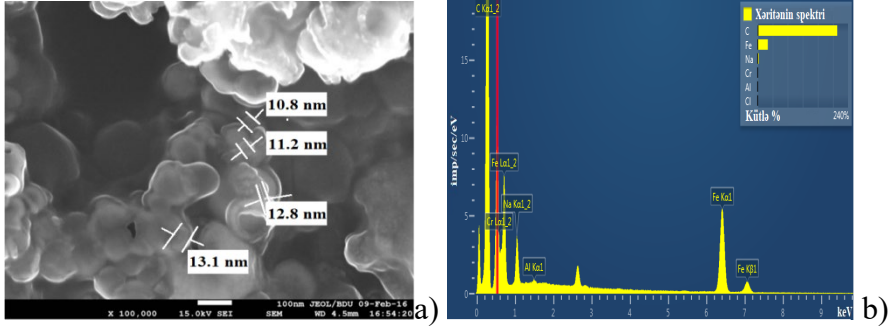
Şəkil 1. Dəmir nanohissəciklərinin difraktoqramı.

Şəkil 1-dən görüldüyü kimi, 2θ bucağındakı əsas piklər: 44.72° (110), 65.10° (200), 82.42° (211) və 116.43° (310) ICDD №.00-006-

³ Ramazanov, M.A. Influence of Temperature and Time Crystallization Regime on the Strength Properties of Nanocomposites before and after Electrothermopolarization / M.A.Ramazanov, H.S.Ibrahimova // Integrated Ferroelectrics,- 2020. 212 (1), p.170-176

⁴ Ramazanov, M.A. Influence of polarization processes on the charge states and dielectric properties of polyethylene-based compositions with low-molecular additions PE+ PbCO_4 and PE+Cr/ M.A.Ramazanov, A.S.Quseynova // Optoelectronics and Advanced Materials-Rapid Communications,-2013. 7(9),- p.789-791.

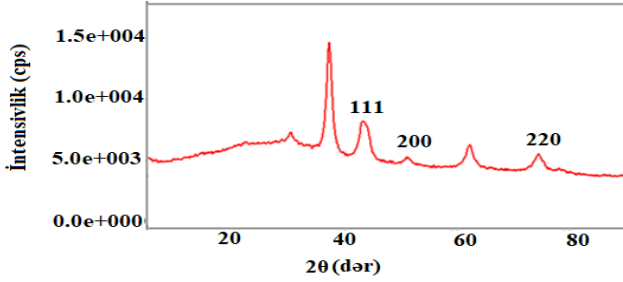
0696 verilənlər bazasına uyğun olaraq dəmir nanohissəciklərinə aiddir. Şəkil 2-də natrium oleat iştirakında stabilləşmiş dəmir nanohissəciklərinin skanedici elektron mikroskopiya (SEM) təsviri (a) və enerji-dispersiya spektri (EDS) (b) verilmişdir.



Şəkil 2. Natrium oleat iştirakında stabilləşmiş dəmir nanohissəciklərinin SEM təsviri (a) və EDS spektri (b).

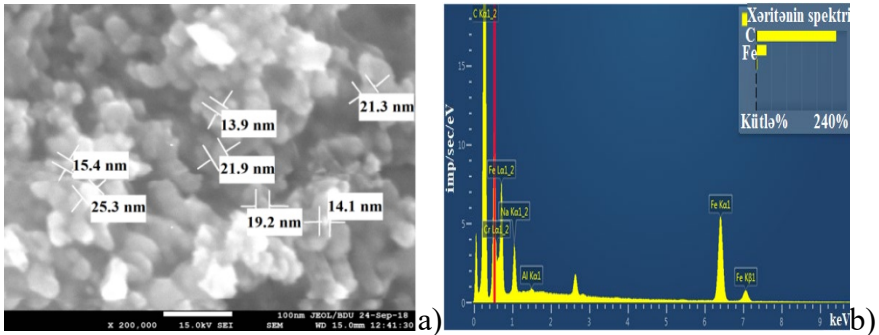
SEM analizi Jeol-JSM 7600F (Japan) skanedici elektron mikroskopunda aparılmışdır. EDS analizi X-Max 50 (Oxford Instruments) qurğusu vasitəsi ilə həyata keçirilmişdir. SEM təsvirindən görüldüyü kimi, natrium oleat iştirakında stabilləşmiş dəmir nanohissəciklərinin orta ölçüləri 10-13 nm təşkil edir. EDS spektrindəki element analizindən də aydın olur ki, alınmış nanohissəciklər məhz dəmir nanohissəcikləridir. Həmçinin dissertasiya işində dəmir nanohissəcikləri əks mitsel mühitində də alınmış, stabilləşdirilmiş və müəyyən edilmişdir ki, əks mitsellər iştirakında dəmir nanohissəciklərinin orta ölçüləri 19-44 nm təşkil edir. Göstərilmişdir ki, mitselyar məhlullarda alınmış nanohissəciklərin orta ölçüləri səthi-aktiv maddə iştirakında alınmış dəmir nanohissəciklərinin ölçülərindən böyükdür, məhlul isə çöküntü əmələ gələn zaman bir qədər bulanıq rəng alır. Bu isə mitselyar divarların kifayət qədər dinamik mütəhərriqliyi ilə izah olunur.

Şəkil 3-də kimyəvi reduksiya üsulu ilə mis (II) sulfat və natrium tetrahidroborat vasitəsi ilə natrium oleat stabilləşdiricisi iştirakında alınmış mis nanohissəciklərinin rentgen difraktoqramı verilmişdir.



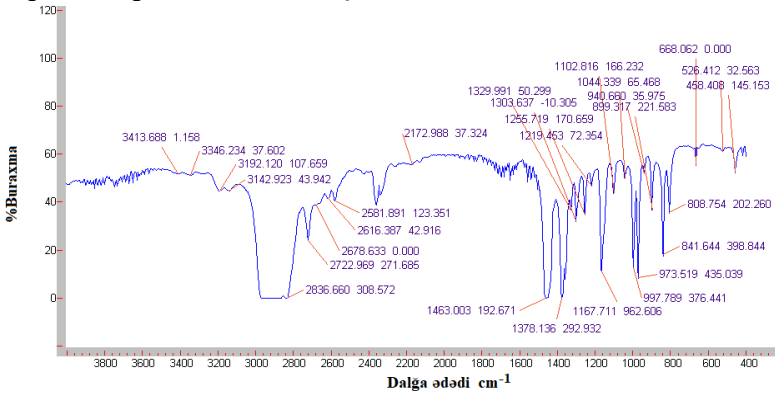
Şəkil 3. Mis nanohissəciklərinin difraktoqramı.

Müəyyən edilmişdir ki, 2θ bucağındakı əsas piklər: $42,94^\circ$ (111), $50,71^\circ$ (200) və $73,84^\circ$ (220) kubik formalı mis nanohissəciklərinə aiddir. Həmçinin rentgen difraktoqramda 2θ bucağı $36,64^\circ$ və $61,66^\circ$ -də mis oksid CuO hissəciklərinə aid piklər də müşahidə olunur. Fərz olunur ki, CuO hissəcikləri metal mis hissəciklərinin səthində onun qismən oksidləşməsi nəticəsində yaranmışdır. Rentgen difraksiya analizindən belə nəticəyə gəlmək olar ki, nanohissəciklər nüvədə misdən, səth qatı isə mis oksid təbəqəsindən ibarətdir. Həmçinin müəyyən olmuşdur ki, alınmış nanohissəciklər yaxşı strukturlaşmış morfolojiyaya malikdir və nümunədə demək olar ki, amorf faza yoxdur. Şəkil 4-də natrium oleat iştirakında alınmış və stabilləşdirilmiş mis nanohissəciklərinin SEM təsviri (a) və EDS spektri (b) verilmişdir. SEM təsvirindən görüldüyü kimi, mis nanohissəciklərinin orta ölçüləri 14-25 nm təşkil edir. EDS spektrindəki element tərkibindən də görünür ki, alınan nanohissəciklər məhz mis nanohissəcikləridir.

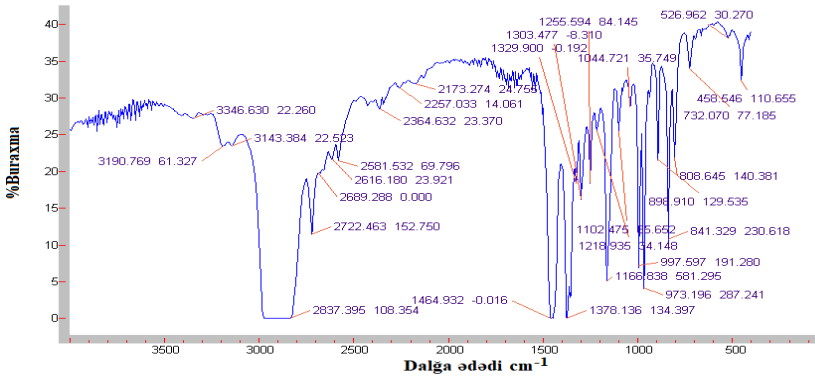


Şəkil 4. Natrium oleat iştirakında alınmış və stabilləşdirilmiş mis nanohissəciklərinin SEM təsviri (a) və EDS spektri (b).

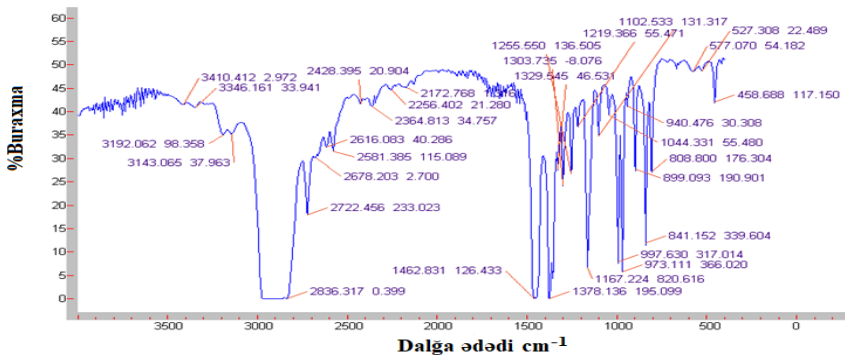
İzotaktik polipropilen və metal (Cu, Co və Ni) nanohissəcikləri əsaslı polimer nanokompozitlərin quruluşu infraqırmızı (İQ) spektroskopiyaya vasitəsi ilə tədqiq edilmişdir. Şəkil 5-də PP və Cu, Co, Ni nanohissəcikləri əsasında polimer nanokompozitlərin infraqırmızı spektrləri verilmişdir.



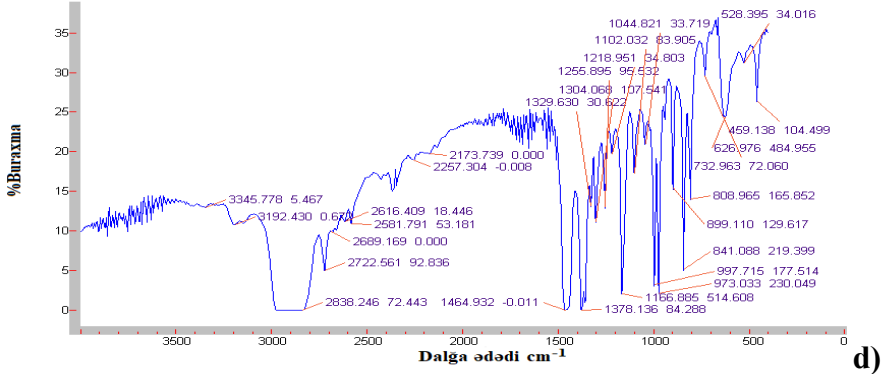
a)



b)

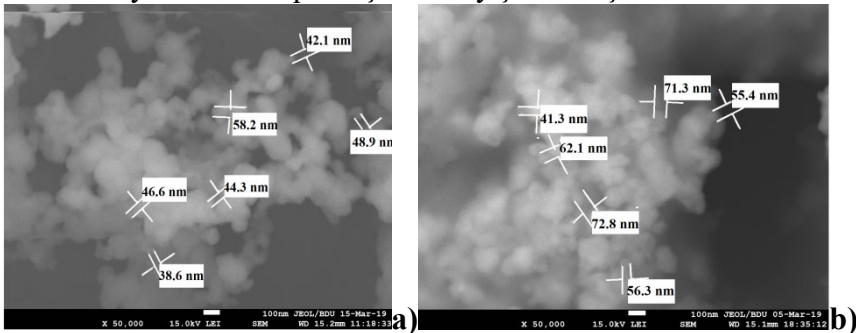


c)



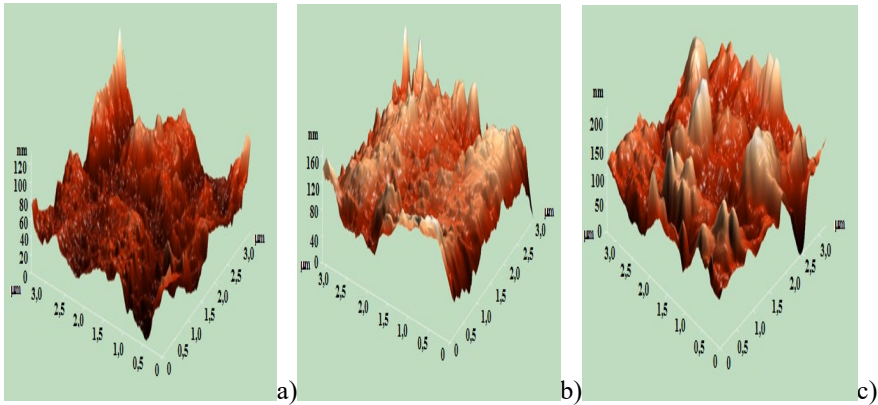
Şəkil 5. PP (a) və PP+Ni (b), PP+Co (c), PP+Cu (d) əsaslı polimer nanokompozitlərin İQ spektrləri.

Müəyyən olmuşdur ki, Cu, Co və Ni metal nanohissəciklərini PP matrisinə daxil edilən zaman polipropilenin CH_2 və CH_3 qruplarının valent rəqsetmələrinə uyğun gələn $2800\text{-}3000\text{ cm}^{-1}$ oblastında udma zolaqlarının, CH_2 və CH_3 qruplarının deformasiya rəqsetmələrinə uyğun $1500\text{-}1300\text{ cm}^{-1}$ oblastında udma zolaqlarının, CH_2 və CH_3 qruplarının kəfkir rəqsetmələrinə uyğun $1200\text{-}800\text{ cm}^{-1}$ oblastında udma zolaqlarının intensivliyinin azalması baş verir. Polimer nanokompozitlərin İQ tədqiqi onu göstərir ki, mis, kobalt və nikel metal nanohissəciklərinin polipropilenə daxil edilməsi ilə polimerin kimyəvi quruluşu deyil, polimer və nanohissəciklər arasında qarşılıqlı təsirlər nəticəsində yalnız fiziki quruluşunun dəyişməsi baş verir.

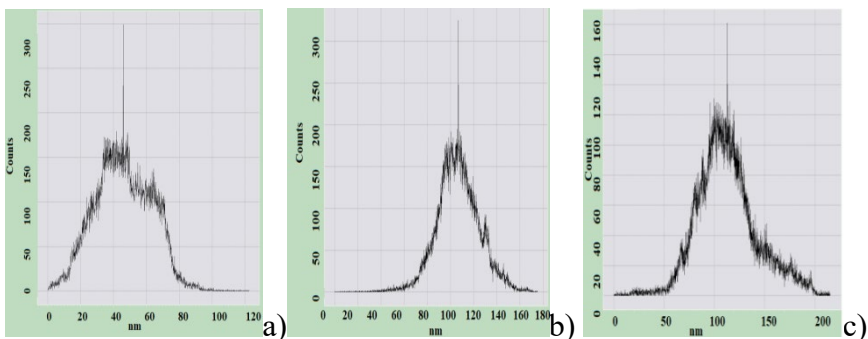


Şəkil 6. PP+1%Cu (a) və PP+10%Cu (b) əsaslı nanokompozitlərin SEM təsvirləri.

Şəkil 6-da PP+Cu əsaslı polimer nanokompozitlərin Cu nanohissəciklərinin miqdarından asılı olaraq SEM təsvirləri verilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, Cu nanohissəciklərinin PP-də miqdarı artdıqca onların bir qədər aqlomerasiya və aqreqasiyası baş verir. Belə ki, polipropilenə 1% Cu daxil etdikdə nanohissəciklərin orta ölçüləri 38-58 nm, 10% miqdarında isə 40-73 nm təşkil edir. Şəkil 7-də Cu nanohissəciklərinin miqdarından asılı olaraq PP+Cu əsaslı nanokompozitlərin 3D atom-qüvvət mikrosopiyası (AQM) təsvirləri verilmişdir. Nanokompozitlərin səthinin relyefinin topoqrafiyasının təsviri və kələ-kötürlüyü İntegra-Prima (NT-MDT, Zelenograd) markalı skanedici zond mikroskopu vasitəsi ilə tədqiq edilmişdir. Skanetmə hava şəraitində rezonans tezliyi 40-97 Hs-ə və ucunun əyrilik radiusu 20 nm bərabər olan plazmakimyəvi üsulla hazırlanmış zondlarla yarım kontakt rejimində aparılmışdır. Skanetmə sürəti və skanetmə xəttləri uyğun olaraq 1,969 Hs və 256 təşkil etmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, Cu nanohissəcikləri polipropilendə 1% miqdarda olduqda nanohissəciklərin yüksək miqdarından fərqli olaraq daha nizamlı üstmolekul quruluş formalaşır. AQM təsvirlərdən görüldüyü kimi, mis nanohissəciklərinin miqdarının sonrakı artımı ilə matrisdə nanohissəciklərin aqlomerasiyası baş verir.



Şəkil 7. PP+Cu əsaslı nanokompozitlərin AQM 3D təsvirləri:
a) PP+1%Cu, b) PP+3%Cu, c) PP+5%Cu.

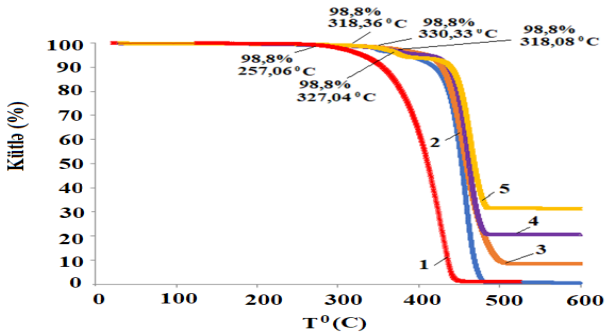


Şəkil 8. PP+Cu əsaslı nanokompozitlərin səthinin orta kvadratik kələ-kötürlüyünün histqramları: a) PP+1%Cu, b) PP+3%Cu, c) PP+5%Cu.

Şəkil 8-də PP+Cu əsaslı nanokompozitlərin səthinin AQM analizlərdən alınmış orta kvadratik kələ-kötürlüyünün histqramları verilmişdir. Müəyyən edilmişdir, ki PP+1%Cu əsaslı nanokompozitin səthinin orta kvadratik kələ-kötürlüyü 20-80 nm; PP+3%Cu əsaslı nanokompozit üçün 60-140 nm; PP+5%Cu əsaslı nanokompozit üçün isə 50-150 nm təşkil edir. Burdan belə qənaətə gəlinmişdir ki, Cu nanohissəciklərinin polimer matrisdə kiçik miqdarlarında nanohissəciklərin yüksək miqdarlarından fərqli olaraq daha nizamlı quruluş formalaşır.

Şəkil 9-da təmiz polipropilen və PP+Cu əsaslı polimer nanokompozitlərin termoqrametriya analiz (TQA) əyriləri verilmişdir. Termoqrametriya analiz ölçmələri Seiko Exstar TG/DTA 6300 (Japan) markalı derivatoqrafda 30-600⁰C (PP+Cu əsaslı nanokompozitlər üçün) və 30-1000⁰C (PVDF+Cu əsaslı nanokompozitlər üçün) temperaturda 20⁰C/dəq sürətlə qızdırılmaqla aparılmışdır. Bütün TQA əyriləri üçün kütlə itkisinin başladığı temperaturun qiyməti göstərilmişdir. Göründüyü kimi, izotaktik polipropilen 257,06⁰C temperaturdan başlayaraq fasiləsiz olaraq 448,05⁰C temperatura qədər termooksidləşdirici destruksiyaya məruz qalır. 448,05⁰C temperaturda ümumi kütlənin 99%-nin itkisi baş verir. 448,05⁰C temperaturdan sonrakı oblast sabit kütləyə uyğun gəlir. Şəkil 9-dan göründüyü kimi, mis oksid nanohissəcikləri ilə örtülmüş mis nanohissəciklərini 1% miqdarında polipropilen matrisinə əlavə etdikdə PP+Cu əsaslı polimer nanokompozitlərin

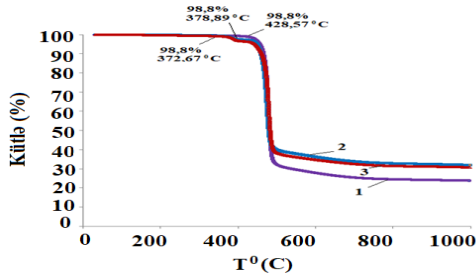
termooksidləşdirici destruksiya temperaturu yüksək temperaturalara doğru sürüşür və $318,36^{\circ}\text{C}$ təşkil edir.



Şəkil 9. Təmiz PP (1) və PP+Cu əsaslı polimer nanokompozitlərin TQA ayrılırları: PP+1%Cu (2); PP+3%Cu (3); PP+5%Cu (4); PP+10%Cu (5).

PP+1%Cu əsaslı nanokompozit üçün kütlə itkisi fasiləsiz olaraq $479,13^{\circ}\text{C}$ temperatara qədər davam edir, daha sonra isə kütlə itkisi dayanır. PP-də 3% miqdarında Cu nanohissəcikləri olduqda termooksidləşdirici destruksiya temperaturu $330,33^{\circ}\text{C}$ temperatara qədər sürüşür və kütlə itkisi isə $485,62^{\circ}\text{C}$ temperatara qədər davam edir. Cu nanohissəciklərinin PP matrisində sonrakı artımı onlar əsasında polimer nanokompozitlərin termooksidləşdirici destruksiyasının başlanğıc temperaturunu bir qədər azaldır. Belə ki, PP-də 5% miqdarına qədər Cu nanohissəcikləri olduqda nanokompozitlərin termooksidləşdirici destruksiya temperaturu $T_{\text{destr.}}$ $318,08^{\circ}\text{C}$ təşkil edir və kütlə itkisi $480,55^{\circ}\text{C}$ temperatara qədər davam edir. PP-də 10% miqdarına qədər Cu nanohissəcikləri olduqda başlanğıc termooksidləşdirici destruksiya temperaturu $327,04^{\circ}\text{C}$ təşkil edir və kütlə itkisi $481,56^{\circ}\text{C}$ qədər davam edir. Beləliklə, müəyyən olmuşdur ki, mis nanohissəciklərinin polipropilen matrisinə daxil edilməsi polimerin termodavamlılığını artırır və bu termodavamlılıq mis nanohissəciklərinin polimerdə 3% miqdarına qədər davam edir. Cu nanohissəciklərinin matrisdə sonrakı artımı başlanğıc termooksidləşdirici destruksiya temperaturununun bir qədər kiçik temperaturalara qədər sürüşməsinə səbəb olur.

PVDF+Cu əsaslı polimer nanokompozitlərin də termoqramimetriya analiz (TQA) ayrılırları tədqiq edilmişdir (şəkil 10).



Şəkil 10. PVDF və PVDF+Cu əsaslı polimer nanokompozitlərin TQA əyriləri: 1.PVDF; 2. PVDF+3%Cu; 3. PVDF+5%Cu.

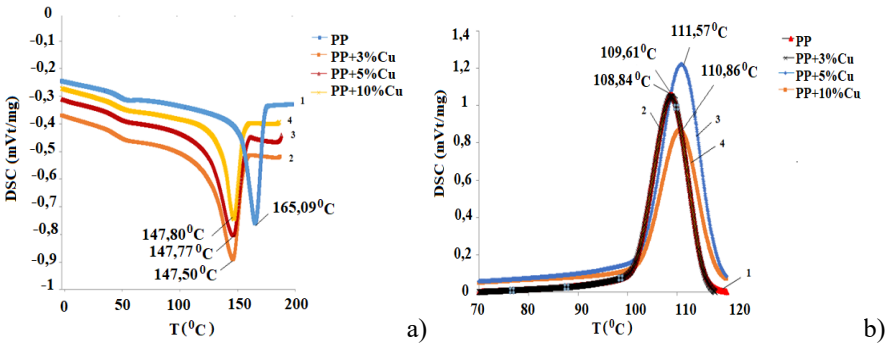
TQA əyrilərindən görüldüyü kimi, PVDF üçün termooksidləşdirici destruksiyanın başlanğıc temperaturu $428,57^{\circ}\text{C}$ təşkil edir. Cu nanohissəciklərini PVDF matrisinə 3% miqdarında daxil etdikdə başlanğıc destruksiya temperaturu aşağı temperaturlara doğru sürüşür və $378,89^{\circ}\text{C}$ təşkil edir. Cu nanohissəciklərinin PVDF matrisində isə 5% miqdarında başlanğıc termooksidləşdirici destruksiya temperaturu $372,67^{\circ}\text{C}$ təşkil edir. Beləliklə, mis nanohissəciklərinin PVDF matrisinə daxil edilməsi PVDF+Cu əsaslı nanokompozitlərinin termostabilliyini azaldır. PP+Cu və PVDF+Cu əsaslı nanokompozitlərinin termiki xassələrinin fərqlənməsi, bizim fikrimizcə, polipropilen əsasında daha sıx qablaşmış və nizamlı quruluşun əmələ gəlməsi ilə izah olunur. PP+Cu və PVDF+Cu əsaslı polimer nanokompozitlərin termogravimetriya analiz nəticələri Cədvəl 1-də göstərilmişdir. Cədvəl 1-də həmçinin inteqral (nümunənin 50% destruksiyasına uyğun gələn temperatur) və son destruksiya temperaturlarının qiymətləri də verilmişdir.

Cədvəl 1.

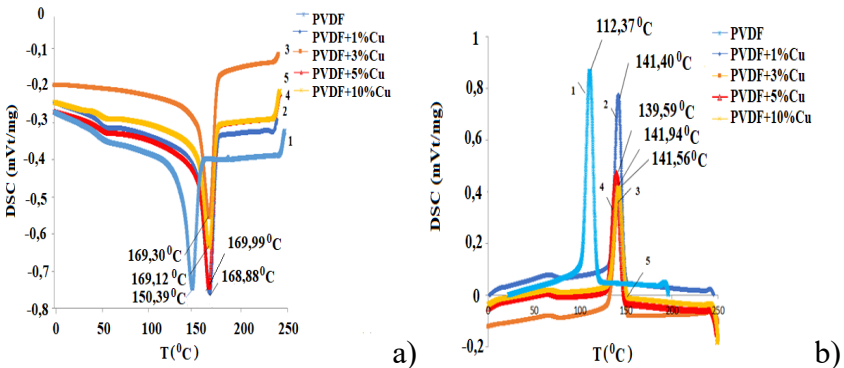
Mis nanohissəciklərinin polipropilen və polivinilidenflüorid polimerlərinin termostabilliyinə təsiri.

Nanokompozitlər	$T_{\text{başl.dest.}} (^{\circ}\text{C})$	$T_{\text{inteq.}} (^{\circ}\text{C})$	$T_{\text{son.destr.}} (^{\circ}\text{C})$
PP	257,06	410,95	448,05
PP+1%Cu	318,36	453,05	479,13
PP+3%Cu	330,33	458,75	485,62
PP+5%Cu	318,08	462,57	480,55
PP+10%Cu	327,04	468,84	481,56
PVDF	428,57	481,39	947,92
PVDF+3%Cu	378,89	478,69	979,45
PVDF+5%Cu	372,67	482,86	941,58

Şəkil 11-də PP+Cu əsasında polimer nanokompozitlərin əriməsinin (a) və kristallaşmasının (b) diferensial skanedici kalorimetriya (DSK) əyriləri verilmişdir. Diferensial kalorimetriya analizi DSC 6100 (Seiko Instruments Japan) markalı diferensial skanedici kalorimetrdə aparılmışdır. Polimer nanokompozit nümunələr alüminium qablara yerləşdirilərək azot atmosferində 20°C/dəq qızdırılma sürəti ilə 25°C-dən 250°C-ə qədər qızdırılmış, daha sonra təkrar 25°C-ə qədər soyudulmuşdur. DSK əyrilərindən müəyyən edilmişdir ki, mis nanohissəciklərinin PP matrisində miqdarı artdıqca nanokompozitlərin ərimə temperaturunun qiyməti azalır, kristallaşma temperaturunun qiyməti isə cuzi dəyişir.



Şəkil 11. PP+Cu əsaslı nanokompozitlərin DSK ərimə (a) və kristallaşma əyriləri (b): 1. PP+1%Cu; 2. PP+3%Cu; 3. PP+5%Cu; 4.PP+10%Cu.



Şəkil 12. PVDF+Cu əsaslı nanokompozitlərin DSK ərimə (a) və kristallaşma əyriləri (b): 1.PVDF+1%Cu; 2.PVDF+3%Cu; 3. PVDF+5%Cu; 4. PVDF+10%Cu.

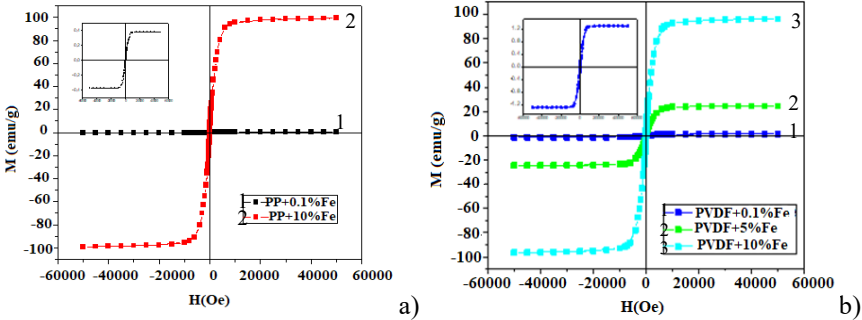
Şəkil 12-də PVDF+Cu əsaslı nanokompozitlərin DSK ərimə (a) və kristallaşma (b) əyrləri verilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, mis nanohissəciklərinin PVDF matrisinə daxil edilməsi ilə nanokompozitlərin kristallaşma və ərimə temperaturları artır. Həmçinin şəkildən görüldüyü kimi, PVDF+Cu əsaslı polimer nanokompozitlərin kristallaşma temperaturu ilkin PVDF polimerində xeyli çoxdur. Bu isə onu göstərir ki, mis nanohissəcikləri PVDF matrisi üçün çox yaxşı quruluşformalaşdırıcıdır və PVDF+Cu əsaslı polimer nanokompozitlərin kristallaşma temperaturunu yüksək temperaturlara doğru sürüşdürə bilər. Ədəbiyyat araşdırmalarından məlumdur ki, əsasən güclü quruluşformalaşdırıcı agentlər kristallaşma temperaturlarının maksimumlarını yüksək temperaturlara doğru sürüşdürə bildiyi halda, zəif quruluşformalaşdırıcı agentlər bu xüsusiyyətə malik deyillər. Həmçinin DSK əyrlərindən nanokompozitlərin ərimə entalpiyasından PP+Cu və PVDF+Cu əsaslı nanokompozitlər üçün kristallaşma dərəcəsi hesablanmışdır (Cədvəl 2). Müəyyən edilmişdir ki, mis nanohissəciklərinin polipropilen matrisinə daxil edilməsi ilə PP+Cu əsaslı polimer nanokompozitlərin kristallaşma dərəcəsi mis nanohissəciklərinin bütün miqdarlarında azalır. PVDF+Cu əsaslı polimer nanokompozitlər üçün isə Cu nanohissəciklərinin polimerdə bütün miqdarlarında kristallaşma dərəcəsi artır və maksimal qiymətinə nanohissəciklərin 1% miqdarında çatır.

Cədvəl 2.

PP+Cu və PVDF+Cu əsaslı polimer nanokompozitlər üçün DSK analizlərindən alınan nəticələr.

Nanokompozitlər	T _{ərimə} (°C)	T _{krist.} (°C)	Ərimə entalpiyası (C/g)	Kristallaşma dərəcəsi (%)
PP	165,09	108,84	91,9	44,39
PP+3%Cu	147,50	109,61	76,56	36,98
PP+5%Cu	147,77	111,57	74,40	35,9
PP+10%Cu	147,80	110,86	60,93	29,43
PVDF	150,39	112,37	40,3	38,3
PVDF+1%Cu	168,88	141,40	56,62	53,9
PVDF+3%Cu	169,30	141,94	42,96	40,9
PVDF+5%Cu	169,99	139,59	45,04	42,8
PVDF+10%Cu	169,12	141,56	39,79	37,8

PP+Fe və PVDF+Fe əsaslı polimer nanokompozitlərin maqnit xassələri vibrasiya maqnitometriya üsulu vasitəsi ilə tədqiq edilmişdir. Maqnit ölçmələr “Quantum Design PPMS, Properties Measurement System, Quantum Design, Inc., USA” markalı vibrasiya maqnitometrində aparılmışdır. Şəkil 13-də PP+Fe (a) və PVDF+Fe (b) əsaslı polimer nanokompozitlərin xüsusi maqnitlənməsinin maqnit sahəsinin intensivliyindən asılılığı verilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, PP+0,1%Fe və PVDF+0,1%Fe əsaslı nanokompozitlərin maqnit xassələri çox zəifdir, bu isə nanodoldurucunun polimerdə az miqdarda olması və polimerin diamaqnit payı ilə izah olunur. Həmçinin təyin edilmişdir ki, PP+10%Fe əsaslı polimer nanokompozitlər üçün maqnit sahəsinin intensivliyi artdıqca xüsusi maqnitlənmənin qiyməti 90 emu/g qədər artır, daha sonra isə doyma müşahidə olunur. PVDF+5%Fe əsaslı polimer nanokompozit üçün maqnit sahəsinin intensivliyi artdıqca xüsusi maqnitlənmənin qiyməti 20 emu/g-a qədər, PVDF+10%Fe nanokompozit üçün isə 90 emu/g-a qədər artır, daha sonra isə doyma baş verir.



Şəkil 13. PP+Fe (a) və PVDF+Fe (b) əsaslı polimer nanokompozitlərin 300 K temperaturda xüsusi maqnitlənməsinin maqnit sahəsinin intensivliyindən asılılığı.

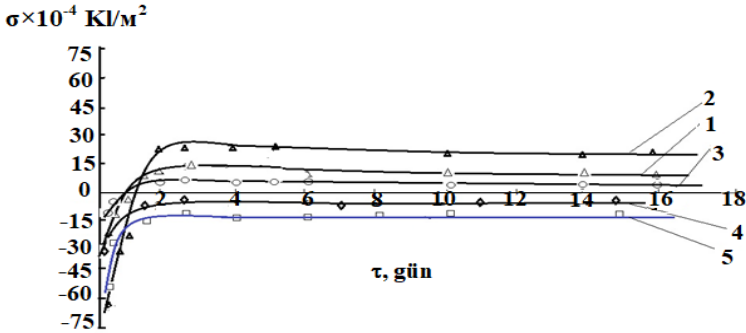
Beləliklə, dəmir nanohissəciklərinin miqdarı həm PP, həm də PVDF matrisində artdıqca doyma maqnitlənmənin qiyməti artır. Müəyyən edilmişdir ki, həm PP+Fe, həm də PVDF+Fe nanokompozitləri üçün sıfır nöqtəsinə yaxın qalığ maqnitlənmə, yəni histerezis müşahidə olunur. Nanokompozitlərdə qalığ maqnitlənmənin müşahidə olunması PP və PVDF matrislərində dəmir nanohissəciklərinin qeyri birdomenli quruluşu ilə izah olunur.

Üçüncü fəsildə termoplastik polimerlər və metal oksid nanohissəcikləri əsasında polimer nanokompozitlərin quruluş və xassələrinə texnoloji alınma və işlənmə üsullarının təsiri araşdırılmışdır. Müxtəlif növ polyarlaşma proseslərinin (elektrotermopolyarlaşma, taclı boşalmanın təsiri altında polyarlaşma), termiki işlənmənin və kristallaşmanın temperatur-zaman şəraitinin polimer nanokompozitlərin quruluşu və fotoluminesent xassələrinə təsiri tədqiq olunmuşdur. PP, PVDF polimerləri və ZrO₂, TiO₂ nanohissəcikləri əsasında nanokompozitlərdə elektret effekti müşahidə olunmuş və tədqiq edilmişdir. Şəkil 14-də polipropilen və PP+ZrO₂ əsaslı polimer nanokompozitlərinin elektret yüklərinin səthi sıxlığının (σ) onların saxlanma müddətindən asılılığı göstərilmişdir. Polimer nanokompozitlərin elektret yüklərinin səthi sıxlığını ölçmək üçün ilk öncə nümunələr taclı boşalmanın təsiri altında polyarlaşma prosesinə məruz edilmişdir. Taclı boşalmanın təsiri altında polyarlaşma müddəti 300 saniyə təşkil etmişdir. Polyarlaşmadan sonra nümunələrin tam səth yükləri kompensasiya metodu ilə təyin edilmişdir. Bu zaman üzərinə elektret material yerləşdirilən elektrod sıfırlanmadan aralanır və ona dəyişən gərginlik qoyulur. Tətbiq edilən gərginliyin polyarlığı elektretin polyarlığına əks seçilir. Qoyulan gərginliyin qiymətinin idarə edərək elektretdən ölçmə elektroduna gələn siqnalın qiyməti sıfıra gətirilir. Yüklərin səthi sıxlığı aşağıdakı ifadə (1)-ə uyğun olaraq hesablanmışdır:

$$\sigma = \frac{\varepsilon\varepsilon_0}{d} U_k \quad (1)$$

burada ε -polimer nanokompozitin dielektrik nüfuzluğu; ε_0 -elektrik sabiti; U_k -kompensasiyaedici gərginliyin qiyməti; d -nümunələrin qalınlığı.

Şəkildən görüldüyü kimi, PP-nin taclı boşalmanın təsiri altında polyarlaşmadan sonra yüklər əsasən səthə yaxın sahədə toplanır və polimer homoyüklərlə yüklənir. Həmçinin şəkildən görünür ki, 1,5 gündən sonra bu yüklər itir və homoyüklər heteroyüklərə keçir. Müəyyən edilmişdir ki, PP+1%ZrO₂ əsaslı nanokompozit üçün səthi sıxlığının qiyməti kəskin artır və homo-, heteroyüklərin dəyişməsi eyni qanunauyğunluqla baş verir.



Şəkil 14. Nanokompozitlərin elektret yüklərinin səthi sıxlığının onların saxlanma müddətindən asılılığı: 1. PP; 2.PP+1%ZrO₂; 3.PP+3%ZrO₂; 4.PP+5%ZrO₂; 5. PP+10%ZrO₂.

Polimerdə nanoölçülü ZrO₂ hissəciklərin miqdarı artdıqca homo- və heteroyüklərin miqdarı azalır, ZrO₂ nanohissəciklərinin miqdarı 5% olduqda isə yalnız homoyüklər müşahidə olunur. PP+10%ZrO₂ əsasında nanokompozit üçün homoyükün miqdarının qiyməti və yaşama müddəti maksimal qiymət alır. Elektret yüklərin stabilliyini proqnozlaşdırmaq, homo- və heteroyüklərin inversiyasının səbəblərini araşdırmaq, həmçinin onların əmələ gəlmə mexanizmini öyrənmək üçün termostimullaşdırıcı depolyarlaşma (TSD) üsulundan istifadə edilmişdir (Şəkil 15). Daha sonra 293-523 K temperatur diapazonunda $\beta=4^{\circ}\text{C}/\text{dəq}$ qızdırılma sürəti ilə nümunələrin termostimullaşdırıcı cərəyanının yazılması həyata keçirilmişdir. TSD əyrilərindən PP+ZrO₂ əsaslı nanokompozitlərinin yüklərinin səthi sıxlığı, lokal elektrik sahəsinin intensivliyinin qiyməti, yüklərin aktivləşmə enerjisi və fazalararası sərhəddin qalınlığının qiyməti hesablanmışdır (Cədvəl 3). Polimer nanokompozitlər üçün injektə olunmuş yüklərin daxili lokal sahəsinin intensivliyi aşağıdakı ifadə (2)-yə uyğun hesablanmışdır.

$$E_{lok.sahə} = \frac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0} \quad (2)$$

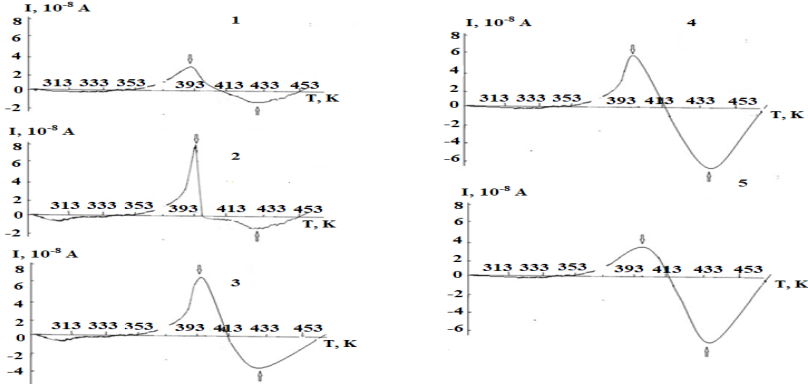
burada, $E_{lok.sahə}$ - injektə olunmuş yüklərin daxili lokal sahəsinin intensivliyi; σ - yüklərin səthi sıxlığı, ε - nanodoldurucunun dielektrik nüfuzluğu (ZrO₂), ε_0 - elektrik sabiti.

PP+ZrO₂ əsaslı nanokompozitlər üçün polimer-doldurucu arasındakı fazalararası sərhəddin qalınlığı (δ) aşağıdakı düstür (3)-ə

uyğun olaraq hesablanmışdır:

$$\delta = \frac{2ne^2}{\varepsilon_1\varepsilon_2kT} \quad (3)$$

burada ε_1 и ε_2 - polimerin və nanodoldurucunun dielektik nüfuzluğu, n-yükdaşıyıcılarının konsentrasiyası, e-elektronun yükü, δ -fazalararası sərhəddin qalınlığı.



Şəkil 15. Taclı boşalmanın təsiri altında $T=313K$ temperaturda 5 dəqiqə ərzində polyarlaşmaya məruz edilmiş PP+ZrO₂ əsaslı nanokompozitlərin TSD əyriləri:1.PP+1%ZrO₂; 2. PP+3%ZrO₂; 3. PP+5%ZrO₂; 4. PP+7%ZrO₂; 5.PP+10%ZrO₂.

Yüklərin aktivləşmə enerjisi TSD əyrilərindən TSD cərəyanlarının temperatur maksimumlarının yerləşməsi üsulu ilə hesablanmışdır. Müəyyən olmuşdur ki, PP+ZrO₂ əsaslı nanokompozitlər üçün yüklərin aktivləşmə enerjisi 0,84-1,1 eV intervalında dəyişir. Təyin edilmişdir ki, PP+5%ZrO₂ əsaslı nanokompozit üçün aktivləşmə enerjisinin qiyməti digər nanokompozitlərə nisbətən çoxdur. PP+ZrO₂ əsaslı polimer nanokompozitlər üçün polimer-doldurucu fazaları arasındakı sərhəddə fazalararası təbəqənin qalınlığı hesablanmışdır. Göstərilmişdir ki, ZrO₂ nanohissəciklərinin PP-də miqdarı artdıqca fazalararası təbəqənin qalınlığı artır və öz maksimal qiymətini ZrO₂ nanohissəciklərinin polimerdə 5% miqdarında alır. Şəkil 15-də TSD əyrilərindən görüldüyü kimi, 393 K və 433 K temperaturalarda 2 əsas maksimum müşahidə olunur və bu yüklərin işarəsi əksdir, yəni homo

və heteroyüklərin polyarlaşması baş verir. Məlumdur ki, homoyüklər nanokompozitlərin fazalarının sərhəddində yığılan yüklərə, heteroyüklər isə-dipol polyarlaşma prosesinə cavabdehdir. TSD ayrılarından həmçinin homoyüklərin miqdarı hesablanmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, nanohissəciklərin polimerdə miqdarından asılı olaraq homoyüklərin miqdarının qiyməti ekstremumla dəyişir, yəni homoyüklərin qiyməti ZrO₂ nanohissəciklərinin polimerdə 5% miqdarında öz maksimal qiymətini alır. TSD üsulu ilə eksperimental olaraq müəyyən edilmişdir ki, taclı boşalmanın təsiri altında polyarlaşma prosesi zamanı nanokompozit nümunələrinin səthinə yüklər yığılır və bu yüklərin sahəsində ZrO₂ nanohissəciklərinin polyarlaşması baş verir.

Cədvəl 3.

PP+ZrO₂ əsaslı nanokompozitlər üçün TSD ayrılarından hesablanmış parametrlər.

Nanokompozitlər	$\sigma \times 10^{-2}$ KL/m ²	E _{lok.sahə} (kV/m)	E _{aktiv.} (eV)	δ (nm)
PP+1%ZrO ₂	2,44	356	0,85	0,139
PP+3%ZrO ₂	5,85	418	0,87	0,206
PP+5%ZrO ₂	13,3	458	1,1	0,311
PP+7%ZrO ₂	12,3	380	0,93	0,213
PP+10%ZrO ₂	5,8	340	0,84	0,183

Həmçinin PVDF+ZrO₂ əsaslı polimer nanokompozitlərin TSD ayrıları tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, PVDF üçün 453 K temperaturda 1 maksimum; PVDF+5%ZrO₂ əsaslı nanokompozit üçün isə 447 K və 460 K temperaturlarda 2 əsas maksimum müşahidə olunur. PVDF+10%ZrO₂ nanokompozit üçün isə 434 K, 447 K və 460 K temperaturlarda 3 maksimum müşahidə olunur və bu yüklərin işarəsi əksdir, bu isə homo- və heteroyüklərin polyarlaşma prosesinin baş verməsini göstərir. Həmçinin təyin edilmişdir ki, homoyüklərin miqdarının qiyməti nanohissəciklərin miqdarından asılı olaraq ekstremumla dəyişir, yəni homoyüklər ZrO₂ nanohissəciklərinin PVDF-də 5% miqdarında öz maksimal qiymətini alır. Cədvəl 4-də TSD ayrılarından hesablanmış PVDF+ZrO₂ əsaslı nanokompozitlərin komponentləri arasındakı fazalararası sərhəddə yığılan yüklərin səthi sıxlığının, injektə olunmuş yüklərin yaratdığı daxili lokal sahənin intensivliyinin, yüklərin aktivləşmə enerjisinin və

fazalararası sərhəddin qalınlığının qiymətləri verilmişdir.

Cədvəl 4.

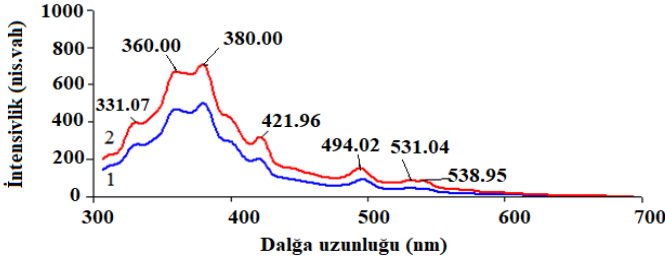
PVDF+ZrO₂ əsaslı nanokompozitlər üçün TSD ayrılərindən hesablanmış parametrlər.

Nanokompozitlərin tərkibi	$\sigma \times 10^{-4}$ Kl/m ²	E _{lok.sahə} (MV/m)	E _{aktiv.} (eV)	δ (nm)
PVDF	8,29	3,75	1,26	-
PVDF+5%ZrO ₂	88,25	39,89	1,25	12,49
PVDF+10%ZrO ₂	72,758	37,36	1,55	11,67

Cədvəl 4-dən göründüyü kimi, polyarlaşma prosesi zamanı PVDF+ZrO₂ əsaslı nanokompozitlərin komponentləri arasında böyük miqdarda elektrik yükləri yığılır. ZrO₂ nanohissəciklərinin polyarlaşmasına səbəb olan lokal elektrik sahəsinin intensivliyinin qiyməti hesablanmışdır. Belə ki, PVDF üçün injektə olunmuş yüklərin yaratdığı daxili lokal sahənin intensivliyi 3,75 MV/m, PVDF+5%ZrO₂ və PVDF+10%ZrO₂ nanokompozitləri üçün isə uyğun olaraq 39,89 MV/m və 37,36 MV/m təşkil edir. Həmçinin PVDF+ZrO₂ əsaslı nanokompozit üçün fazalararası sərhəddin qalınlığı hesablanmış və müəyyən edilmişdir ki, o PVDF+5%ZrO₂ nanokompozit üçün maksimal olur.

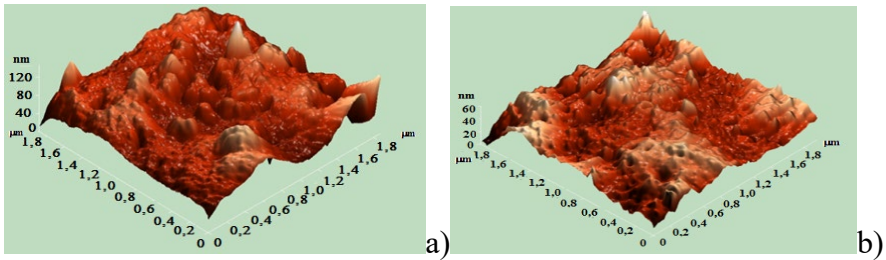
Taclı boşalmanın təsiri altında polyarlaşmanın PP+ZrO₂ əsaslı polimer nanokompozitlərin quruluşu və fotolüminessent xassələrinə təsiri öyrənilmişdir. Fotolüminessensiya spektrləri Varian Cary Eclipse markalı spektroflüorimetrdə 300-700 nm dalğa uzunluğunda tədqiq edilmişdir. Şəkil 16-da PP+1%ZrO₂ əsaslı polimer nanokompozitlərə taclı boşalmanın təsirindən əvvəl (1) və sonra (2) fotolüminessensiya spektrləri verilmişdir. Müəyyən olmuşdur ki, polyarlaşmadan sonra fotolüminessensiyanın intensivliyi artmışdır və fotolüminessensiya intensivliyinin artması nanohissəciklərin miqdarından asılıdır. Təyin edilmişdir ki, taclı boşalmanın təsiri altında polimer nanokompozitlərdə sərhədyanı yüklərin hesabına yüksək intensivlikli daxili lokal sahə yaranır və bu sahənin təsiri altında ZrO₂ nanohissəciklərində əlavə lüminessent mərkəzlər həyəcanlanır. Nanokompozitlərin fazalararası sərhəddində yığılan yüklər fazalararası qarşılıqlı təsirləri dəyişir və bu da öz növbəsində

nanohissəciklərdə lüminessent mərkəzlərin həyəcanlanmasına və beləliklə, nanokompozitlərdə fotolüminessensiyanın intensivliyinin artmasına gətirib çıxarır.

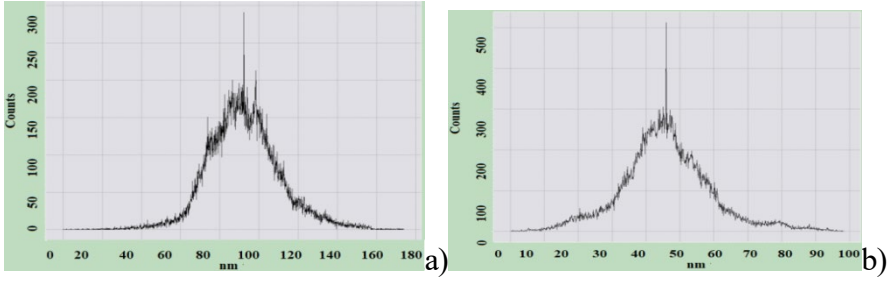


Şəkil 16. PP+1%ZrO₂ əsaslı nanokompozitlərin taclı boşalmanın təsirindən əvvəl (1) və sonra (2) fotolüminessensiya spektrləri.

AQM mikroskopiya üsulu ilə PP+5%ZrO₂ əsaslı nanokompozitin taclı boşalmadan əvvəl və sonra səthlərinin relyefinin tədqiqi aparılmışdır. Şəkil 17-də PP+5%ZrO₂ əsaslı nanokompozitin taclı boşalmadan əvvəl (a) və sonra (b) AQM 3D təsvirləri verilmişdir. Nanokompozitlərin AQM tədqiqi göstərir ki, taclı boşalmanın təsiri altında polyarlaşma prosesindən sonra nümunələrin səthinin relyefinin kəskin dəyişməsi baş verir. Həmçinin AQM təsvirlərindən görünür ki, polimer nanokompozit nümunələrin polyarlaşmasından sonra onların üstmolekul quruluşunun dəyişməsi baş verir. Şəkil 18-də PP+ZrO₂ əsaslı nanokompozitlərin səthinin orta kvadratik kələ-kötürlüyünün qiymətinin histoqramı verilmişdir. Göründüyü kimi, polyarlaşmadan sonra nanokompozitlərin səthi nisbətən hamarlaşır.



Şəkil 17. PP+5%ZrO₂ əsaslı nanokompozit üçün taclı boşalmanın təsirindən əvvəl (a) və sonra (b) AQM 3D təsvirləri.



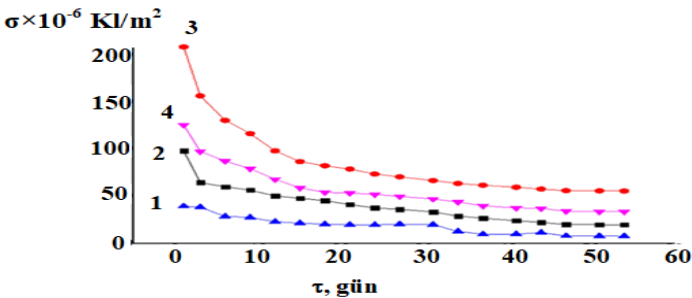
Şəkil 18. PP+5%ZrO₂ nanokompozitlərin taclı boşalmanın təsirdən əvvəl (a) və sonra (b) səthinin orta kvadratik kələ-kötürlüyünün qiymətinin histoqramları.

Həmçinin göstərilmişdir ki, polyarlaşmamış nümunələr üçün orta kvadratik kələ-kötürlük 60-120 nm, polyarlaşmış nümunələr üçün isə 30-60 nm təşkil edir, yəni polyarlaşmadan sonra nanokompozitlərin quruluş elementlərinin xırdalanması baş verir.

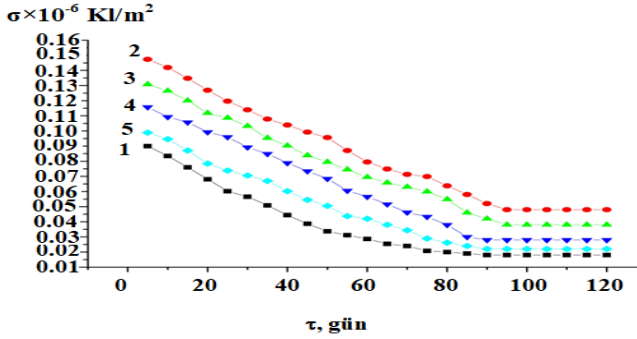
Həmçinin PP+ZrO₂ və PVDF+ZrO₂ əsaslı nanokompozitlərin quruluşu və fotoluminescent xassələrinə digər texnoloji faktorların, o cümlədən termiki işlənmənin və kristallaşmanın temperatur-zaman şəraitinin təsiri öyrənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, kristallaşmanın temperatur-zaman şəraitindən asılı olaraq nanokompozitlərin fotoluminesensiya intensivliyinin dəyişməsi müşahidə olunur. Fotoluminesensiya intensivliyinin bütün dalğa uzunluqlarında kristallaşmanın temperatur-zaman şəraitindən asılı olaraq dəyişməsi polimer və nanohissəcik arasında fazalararası qarşılıqlı təsirlərin artması ilə ZrO₂ nanohissəciklərində lüminessent mərkəzlərin aktivləşməsi ilə izah olunur. Yavaş soyuma şəraitində nanokompozitlərdə böyük molekulyar quruluşlar formalaşır, bu isə polimer və nanohissəcik arasındakı qarşılıqlı təsirlərin zəifləməsinə səbəb olur. Nanokompozitlərin maye azotda, yəni, sürətli soyuma şəraitində soyudulan zaman daha kiçik kristallitlər formalaşır ki, bu zaman nanohissəciklər polimerdə kristallaşma mərkəzi rolunu oynayır. Beləliklə, maye azotda sürətli soyuma şəraitində polimer və ZrO₂ nanohissəcikləri arasında güclü fazalararası qarşılıqlı təsirlər yaranır ki, bu zaman fotoluminesensiya intensivliyi kəskin artır. Bu nəticələr PP+ZrO₂ və PVDF+ZrO₂ əsaslı nanokompozitlərin kristallaşmanın temperatur-zaman şəraitindən asılı olaraq AQM analizindən alınan nəticələrlə yaxşı korelyasiya edir.

PP+ZrO₂ və PVDF+ZrO₂ əsaslı nanokompozitlərin termiki işlənilmədən asılı olaraq fotoluminessensiya xassələri də tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, termiki işlənilmədən asılı olaraq PP+ZrO₂ əsaslı nanokompozitlər üçün fotoluminessensiya intensivliyi 120⁰C-ə qədər, PVDF+ZrO₂ əsaslı nanokompozitlər üçün isə 140⁰C-ə qədər artır. Termiki işlənilmədən asılı olaraq fotoluminessensiya intensivliyinin artması səviyyələr arasında yükdaşıyıcıların rekombinasiyası və paylanması və nanokompozitlərin həcmindəki üzvi həlledicilərin tamamilə buxarlanması ilə izah olunur.

PP+TiO₂ əsaslı polimer nanokompozitlərin yük halına və elektret xassələrinə polyarlaşıma növünün və şəraitinin təsiri öyrənilmişdir. Şəkil 19-da taclı boşalmanın təsirinə məruz edilmiş PP+TiO₂ əsaslı polimer nanokompozitlərin elektret yüklərinin səthi sıxlığının (σ) onların saxlanma (τ_{saxl}) müddətindən asılılıq qrafiki verilmişdir. Şəkil 19-dan görüldüyü kimi, TiO₂ nanohissəciklərinin miqdarı PP-də 1% qədər artdıqca induksiya üsulu ilə ölçülmüş elektret yüklərinin səthi sıxlığı maksimal qiymətə çatır. Həmçinin müəyyən edilmişdir ki, nanokompozitlərin elektret yüklərinin səthi sıxlığı σ yüklərin saxlanma müddətindən asılı olaraq tədricən azalır və əsasən TiO₂ nanohissəciklərinin miqdarından asılıdır. Şəkil 20-də elektrotermopolyarlaşımaya məruz edilmiş PP+TiO₂ əsaslı polimer nanokompozitlərin elektret yüklərinin səthi sıxlığının (σ) onların saxlanma (τ_{saxl}) müddətindən asılılıq verilmişdir.



Şəkil 19. Taclı boşalmanın təsirinə məruz edilmiş PP+TiO₂ əsaslı polimer nanokompozitlərin elektret yüklərinin səthi sıxlığının (σ) onların saxlanma (τ_{saxl}) müddətindən asılılıq qrafiki: 1.PP; 2.PP+0,5%TiO₂; 3.PP+1%TiO₂; 4. PP+3%TiO₂.



Şəkil 20. Elektrik sahəsinin $E_p=5 \times 10^6 \text{V/m}$ qiymətində elektrotermopolyarlaşmaya məruz edilmiş nanokompozitlərin elektret yüklərinin səthi sıxlığının σ onların saxlanma müddətindən asılılıq qrafiki: 1. PP; 2. PP+1%TiO₂; 3. PP+3%TiO₂; 4. PP+5%TiO₂; 5. PP+10%TiO₂.

Müəyyən edilmişdir ki, elektrotermopolyarlaşmaya məruz edilmiş PP+1%TiO₂ əsaslı nanokompozit üçün elektret yüklərinin səthi sıxlığı, polimer matrisasında yüksək miqdarda nanohissəciklər olan nanokompozitlər üçün daha yüksəkdir. Həmçinin müəyyən edilmişdir ki, matrisada TiO₂ nanohissəciklərinin miqdarı artdıqca yüklərin yaşama müddəti 1% qədər artır, daha sonra isə azalmağa başlayır. Müəyyən edilmişdir ki, taclı boşalmanın təsirinə məruz edilmiş PP+TiO₂ əsaslı nanokompozitin elektret yüklərinin səthi sıxlığı, elektrotermopolyarlaşmaya məruz edilmiş nanokompozitlərdən səthi sıxlığından daha çoxdur, stabil elektret yükü isə elektrotermopolyarlaşmaya məruz edilmiş nümunələrdə taclı boşalmaya nisbətən daha çoxdur. Bu onunla izah olunur ki, elektrotermopolyarlaşmanın təsiri altında polyarlaşma zamanı həm miqrasiya polyarizasiyası hesabına, həm də polimerin tələlərinə yükdaşıyıcıların injeksiyası və sonrakı tutulması hesabına fazalararası sərhəddə xeyli miqdarda yüklər yığılır. Taclı boşalmanın təsiri altında polyarlaşma zamanı yüklər yalnız səthə yaxın layda yığılır, bu yüklər öz növbəsində əks sahə yaradır və yüklərin sönməsi və relaksasiyasına gətirib çıxarır. Bu nəticələr bir daha sübut edir ki, həcmi polyarizasiya yükləri kompozitlərdə elektret yüklərinin formalaşmasında böyük rol oynayır, yəni nanokompozit quruluşlarda elektret yüklərinin polyarlaşma şəraitindən asılı olaraq dəyişməsi

əsasən polimerin üstmolekul quruluşun dəyişməsi və onlarda yüklərin stabiləşmə şəraitindən asılıdır.

TQA və DSK üsulları ilə həmçinin PP+ZrO₂ və PVDF+ZrO₂ əsaslı nanokompozitlərin termiki xassələri tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, ZrO₂ nanohissəciklərini PP-yə 1% miqdarında daxil edilməsi ilə termooksidləşdirici destruksiya temperaturu yüksək temperaturlara qədər sürüşür və 296,86⁰C təşkil edir (Cədvəl 5).

Cədvəl 5. ZrO₂ nanohissəciklərinin polipropilenin termodavamlılığına təsiri

Nümunələr	T _{baş.dest.} (°C)	T _{inteq.} (°C)	T _{son.dest.} (°C)
PP	257,06	410,95	448,05
PP+1%ZrO ₂	296,86	450	489,94
PP+3% ZrO ₂	319,36	440	489,30
PP+5% ZrO ₂	372,53	480	513,66
PP+10% ZrO ₂	345,94	470	507,63

PP+1%ZrO₂ nanokompozit üçün kütlə itkisi 489,94⁰C temperatúra qədər davam edir, daha sonra kütlə itkisi dayanır. PP+3%ZrO₂ nanokompoziti üçün başlanğıc termooksidləşdirici destruksiya temperaturu 319,36⁰C temperatúra doğru sürüşür və kütlə itkisi fasiləsiz olaraq 489,30⁰C-ə qədər davam edir. PP+5%ZrO₂ nanokompoziti üçün isə başlanğıc termooksidləşdirici destruksiya temperaturu 372,53⁰C-ə qədər sürüşür və kütlə itkisi fasiləsiz olaraq 513,66⁰C-ə qədər davam edir. ZrO₂ nanohissəciklərinin miqdarının sonrakı artımı termooksidləşdirici destruksiya temperaturunu aşağı temperaturlara qədər sürüşdürür. Belə ki, PP-də ZrO₂ nanohissəciklərinin miqdarı 10% olduqda termooksidləşdirici destruksiya temperaturu 345,94⁰C təşkil edir və kütlə itkisi 507,63⁰C-yə qədər davam edir. Beləliklə, ZrO₂ nanohissəciklərinin PP-yə daxil edilməsi polimerin termodavamlılığını artırır. Nəzərə alsaq ki, polipropilen ən çox yayılmış və geniş istifadə olunan termoplastik sənaye polimeridir, onun termodavamlılığının az qala 115,47⁰C qədər artması (PP+5%ZrO₂ nanokompoziti üçün) onun əsasında polimer nanokompozitlərin tətbiq imkanlarını daha da genişləndirəcəkdir.

PVDF+ZrO₂ əsaslı nanokompozitlərin TQA analizi göstərir ki,

ZrO₂ nanohissəciklərini PVDF-ə daxil etdikdə polimerin termodavamlılığı azalır. Belə ki, PVDF+3%ZrO₂ nanokompozit üçün başlanğıc termooksidləşdirici destruksiya temperaturu 296,2⁰C, PVDF+5%ZrO₂ üçün isə 263,3⁰C təşkil edir.

DSK üsulu ilə müəyyən edilmişdir ki, ZrO₂ nanohissəciklərini həm PP, həm də PVDF matrislərinə daxil edilməsi ilə onlar əsasında nanokompozitlərin kristallaşma temperaturunu artır. Bu isə bir daha göstərir ki, ZrO₂ nanohissəcikləri həm PP, həm də PVDF matrisləri üçün çox yaxşı quruluşmələgətirici rolunu oynayır. ZrO₂ nanohissəciklərini polipropilen matrisinə daxil edilməsi ilə onlar əsasında nanokompozitlərin kristallaşma dərəcəsi azalır, PVDF əsasında nanokompozitlər üçün isə artır (Cədvəl 6).

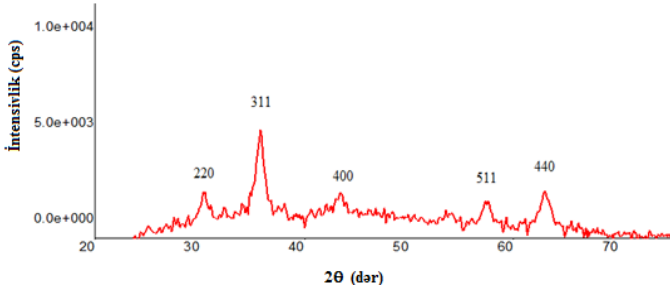
Cədvəl 6.

PP+ZrO₂ və PVDF+ZrO₂ əsaslı polimer nanokompozitlər üçün DSK analizlərindən alınan nəticələr

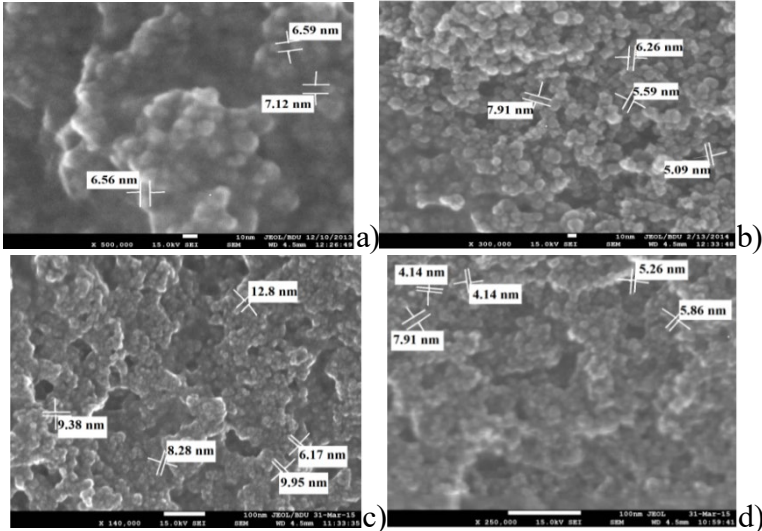
Nümunələr	T _{ərimə} (⁰ C)	T _{krist.} (⁰ C)	Ərimə entalpiyası (C/g)	Kristallaşma dərəcəsi (%)
PP	165.09	108.84	91.9	44.8
PP+1%ZrO ₂	158.26	112.47	75.92	36.0
PP+3%ZrO ₂	157.62	111.52	80.02	38.6
PP+5%ZrO ₂	160.24	118.49	76.33	36.8
PVDF	150.39	112.37	40,3	38,3
PVDF+5%ZrO ₂	162.67	128.94	48,4	46,1
PVDF+10%ZrO ₂	166.01	129.68	46,9	44,6

IV fəsildə maqnetit Fe₃O₄ nanohissəciklərinin alınması və stabilləşməsi həyata keçirilmiş, Fe₃O₄ ferromaqnit nanohissəcikləri və PP, PVDF termoplastik polimerləri əsasında nanokompozitlərin quruluşu və xassələri arasındakı əlaqə öyrənilmişdir. Fe₃O₄ maqnetit nanohissəcikləri Fe³⁺ və Fe²⁺ ionlarının 3:2 nisbətindəki məhlullarından çökdürücü agent olan ammonium hidrokسيد məhlulunun (NH₄OH) təsiri ilə azot atmosferində birgə kimyəvi çökdürmə yolu ilə alınmışdır. Fe₃O₄ nanohissəcikləri 4 növ səthi-aktiv maddə (SAM): setiltrimetilammonium bromid (STABr), polietilenqlikol (PEQ-6000), natrium oleat və natrium dodesilsulfat, həmçinin əks mitsel iştirakında alınmış və stabilləşdirilmişdir. Şəkil 21-də Fe₃O₄ maqnetit nanohissəciklərinin difraktoqramı verilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi, 30.36⁰ (220), 35.68⁰ (311), 43.3⁰ (400),

57.36° (511) və 62.95° (440) 2θ bucağında müşahidə olunan əsas piklər №00-001-1111 bazasına uyğun kubik şpinel quruluşlu maqnetit nanohissəciklərinə aiddir. Şəkil 22-də setiltrimetilammonium bromid (STABr) (a), polietilenqlikol (PEQ-6000) (b), natrium oleat (c) və natrium dodesilsulfat (d) iştirakında stabiləşdirilmiş Fe₃O₄ nanohissəciklərinin SEM təsvirləri verilmişdir. Göründüyü kimi, maqnetit Fe₃O₄ nanohissəciklərinin hər 4 səthi-aktiv maddənin iştirakında orta ölçüləri 5-10 nm təşkil edir.



Şəkil 21. Fe₃O₄ nanohissəciklərinin difraktoqramı.

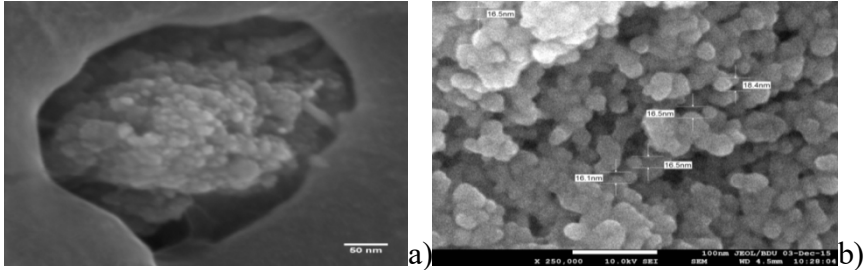


Şəkil 22. (STABr) (a), (PEQ-6000) (b), natrium oleat (c) və natrium dodesilsulfat (d) iştirakında stabiləşdirilmiş Fe₃O₄ nanohissəciklərinin SEM təsvirləri.

Müəyyən edilmişdir ki, Fe₃O₄ nanohissəciklərinin kimyəvi çökdürmə şəraitini (səthi-aktiv maddənin təbiətini və miqdarını, ilkin

reagentlərin qatılığını, ilkin reagentlərin və çökdürücü agentin nisbətini, məhlulun pH-nı (güclü və zəif əsas), komponentlərin qarışdırılma üsulunu, fəza-məhdudlaşdırıcı mühitin növünü (mitsel, emulsiya, SAM və sair) idarə etməklə bircins, monodispers və təmiz maqnetit nanohissəciklərinin alınması mümkündür.

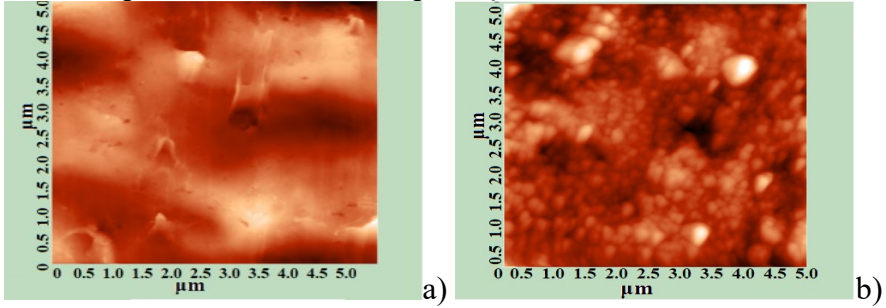
IV fəsildə həmçinin PP+Fe₃O₄ əsaslı polimer nanokompozitlərin quruluş və xassələrinə texnoloji amillərin təsiri öyrənilmişdir. Şəkil 23-də ekstruziya (a) və isti pressləmə (b) üsulları ilə alınmış PP+Fe₃O₄ əsaslı polimer nanokompozitlərin SEM təsvirləri verilmişdir. SEM şəkillərdən görüldüyü kimi, ekstruziya üsulu ilə alınmış polimer nanokompozitlərdə nanohissəciklərin paylanması qeyri-bircins və qeyri-homogendir. Polipropilen matrisində Fe₃O₄-ün kiçik miqdarlarında nanohissəciklər polimer layları arasında ayrı-ayrı topacıqlar şəklində yerləşir, nanohissəciklərin miqdarı artdıqca onların paylanması yaxşılaşır. İsti pressləmə üsulu ilə alınan polimer nanokompozitlərdə Fe₃O₄ nanohissəciklərin paylanması daha bircins və monodispersdir.



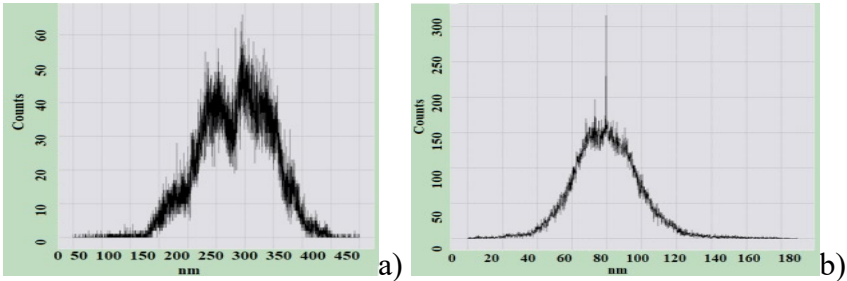
Şəkil 23. Ekstruziya (a) və isti pressləmə (b) üsulları ilə alınmış PP+Fe₃O₄ əsaslı polimer nanokompozitlərin SEM təsvirləri.

Şəkil 24-də ekstruziya (a) və isti pressləmə (b) üsulu ilə alınmış PP+10%Fe₃O₄ əsaslı polimer nanokompozitlərin AQM 2D təsvirləri verilmişdir. Şəkil 25-də ekstruziya və isti pressləmə üsulu ilə alınmış PP+10%Fe₃O₄ əsaslı polimer nanokompozitlərin səthinin kələ-kötürlüyünün histoqramları verilmişdir. Histoqramlardan görüldüyü kimi, ekstruziya üsulu ilə alınmış PP+10%Fe₃O₄ əsaslı polimer nanokompozitin səthinin orta kələ-kötürlüyü 150-400 nm, isti pressləmə üsulu ilə alınmış nanokompozit üçün isə 40-100 nm təşkil edir. Bu qanunauyğunluq PP-də Fe₃O₄ nanohissəciklərin digər miqdarlarında da müşahidə edilir. AQM təsvirlərdən və

nanokompozitlərin səthinin orta kələ-kötürlüyünün histoqramlarından görüldüyü kimi, isti pressləmə üsulu ilə alınmış nanokompozitlərin üstmolekul quruluşu ekstruziya üsulu ilə alınmış nanokompozitlərin üstmolekul quruluşundan daha nizamlıdır.



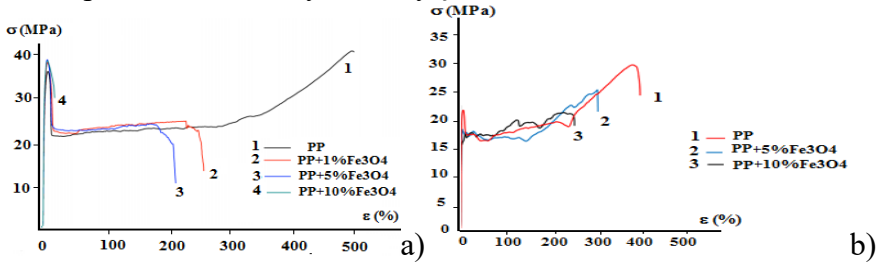
Şəkil 24. Ekstruziya (a) və isti pressləmə (b) üsulu ilə alınmış PP+10%Fe₃O₄ əsaslı polimer nanokompozitlərin AQM 2D təsvirləri.



Şəkil 25. Ekstruziya (a) isti pressləmə (b) üsulu ilə alınmış PP+10%Fe₃O₄ əsaslı polimer nanokompozitlərin səthinin orta kələ-kötürlüyünün histoqramları.

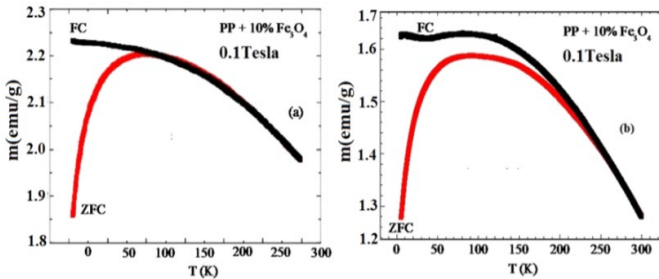
Şəkil 26-da ekstruziya və isti pressləmə üsulları ilə alınmış PP+Fe₃O₄ əsaslı polimer nanokompozitlərin nisbi uzanmasının mexaniki gərginlikdən asılılıq əyriləri verilmişdir. Polimer nanokompozitlərin dartılma deformasiya əyriləri Zwick/Roell Z10 (Zwick/Roell GmbH, Germany) markalı qurğu vasitəsi ilə əldə edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, maqnetit Fe₃O₄ nanohissəciklərinin polipropilənə həm isti pressləmə, həm də ekstruziya üsulu ilə daxil edilməsi ilə təmiz matrisə nisbətən nisbi uzanmanın azalması baş verir. Ekstruziya üsulu ilə alınmış nanokompozitlərdə nisbi uzanmanın azalması daha kəskindir. Bu

ekstruziya prosesi zamanı PP-də bir qədər aqlomerasiya olunmuş hissəciklərin olması ilə izah olunur. Lakin buna baxmayaraq, Fe_3O_4 nanohissəciklərinin polimer matrisə həm isti pressləmə, həm də ekstruziya üsulu ilə daxil edilməsi zamanı nanokompozitlər hələ də yüksək plastik deformasiya nümayiş etdirir.



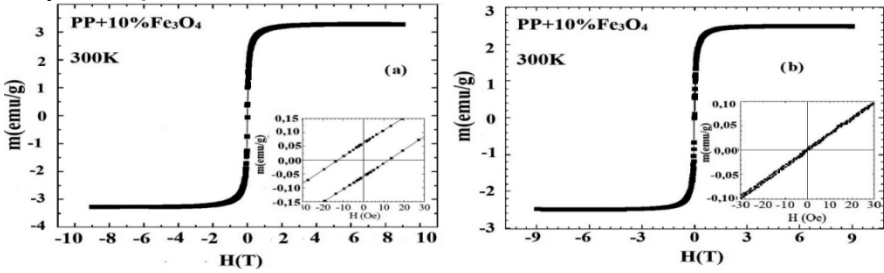
Şəkil 26. Ekstruziya (a) və isti pressləmə (b) üsulları ilə alınmış PP+ Fe_3O_4 əsaslı polimer nanokompozitlərin nisbi uzanmasının mexaniki gərginlikdən asılılıq əyriyələri.

Şəkil 27-də isti pressləmə (a) və ekstruziya (b) üsulları ilə alınmış PP+10% Fe_3O_4 nanokompozitinin maqnit momentinin maqnit sahəsinin induksiyası 0,1 Tesla olduqda temperaturdan asılılığı verilmişdir. PP+ Fe_3O_4 əsaslı nanokompozitlərin maqnit momentinin temperaturdan asılılığını təyin etmək üçün nümunələr əvvəlcə maqnit sahəsinin olmadığı halda 5K temperatürə qədər soyudulmuşdur. Sonra 0,1 Tl-yə qədər kiçik bir sahə verilərək (1000Oe) nümunələrin temperaturu otaq temperaturuna qədər ($T=300\text{K}$) yavaş-yavaş yüksəldilmişdir və bu zaman maqnit momentinin qiyməti qeydə alınmışdır.



Şəkil 27. İsti pressləmə (a) və ekstruziya (b) üsulları ilə alınmış PP+10% Fe_3O_4 nanokompozitinin maqnit momentinin maqnit sahəsinin induksiyası 0,1 Tesla olduqda temperaturdan asılılığı.

Şəkil 27-dən göründüyü kimi, isti pressləmə üsulu ilə alınmış PP+10%Fe₃O₄ əsaslı nanokompozit üçün bloklaşma temperaturu 90 K, ekstruziya üsulu ilə alınmış nanokompozit üçün isə 200 K təşkil edir, yəni isti pressləmə üsulu ilə alınmış nanokompozitlər öz maqnit xassələrini hətta aşağı temperaturlarda saxladığı halda, ekstruziya üsulu ilə alınmışlar yalnız otaq temperaturunda saxlayır. Şəkil 28-də isti pressləmə (a) və ekstruziya (b) üsulları ilə alınmış PP+Fe₃O₄ əsaslı polimer nanokompozitlərin xüsusi maqnitlənməsinin maqnit sahəsinin intensivliyindən asılılıq qrafikləri verilmişdir. Göründüyü kimi maqnit sahəsinin intensivliyi artdıqca nanokompozitlərin xüsusi maqnitlənməsinin qiymətinin artması müşahidə olunur. Müəyyən edilmişdir ki, maqnit sahəsinin intensivliyi artdıqca isti pressləmə üsulları ilə alınmış PP+10%Fe₃O₄ əsaslı nanokompozitin xüsusi maqnitlənməsinin qiyməti 3 emu/q-a qədər artır, daha sonra isə doyma baş verir.

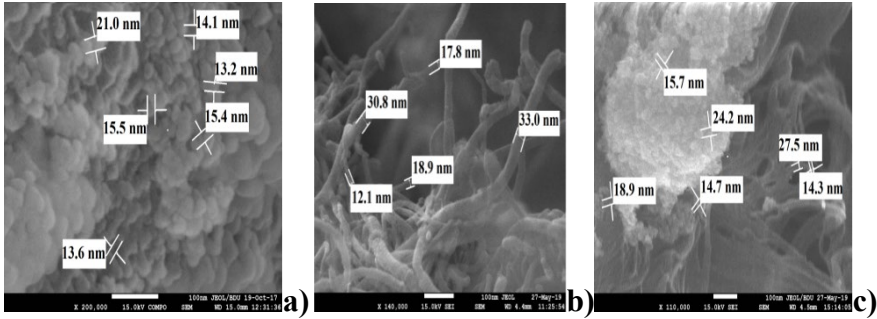


Şəkil 28. İsti pressləmə (a) və ekstruziya (b) üsulları ilə alınmış PP+Fe₃O₄ əsaslı polimer nanokompozitlərin T=300K temperaturda xüsusi maqnitlənməsinin maqnit sahəsinin intensivliyindən asılılıq qrafikləri.

Ekstruziya üsulu ilə alınmış PP+10%Fe₃O₄ əsaslı nanokompozitin xüsusi maqnitlənməsinin qiyməti isə 2,5 emu/q-a qədər artır, daha sonra isə doyma baş verir. Həm ekstruziya üsulu ilə, həm də isti pressləmə üsulu ilə alınmış nanokompozitlərdə histerezis müşahidə olunmur, bu isə bu PP+Fe₃O₄ əsaslı nanokompozitlərin superparamaqnit xassəli olduğunu göstərir. Müəyyən edilmişdir ki, isti pressləmə üsulu ilə alınmış kompozitlərin digər üsullarla alınmış nanokompozitlərdən əsas üstünlüyü ondan ibarətdir ki, onlar doldurucunun polimer matrisində homogen paylanması və defektsiz quruluşu ilə fərqlənir. Eyni zamanda isti pressləmə üsulu ilə alınmış

polimer nanokompozitlərin üstmolekul quruluşunu geniş intervalda dəyişmək mümkündür, bu isə müxtəlif maqnit anizotropiyasının əldə olunmasına imkan yaradır.

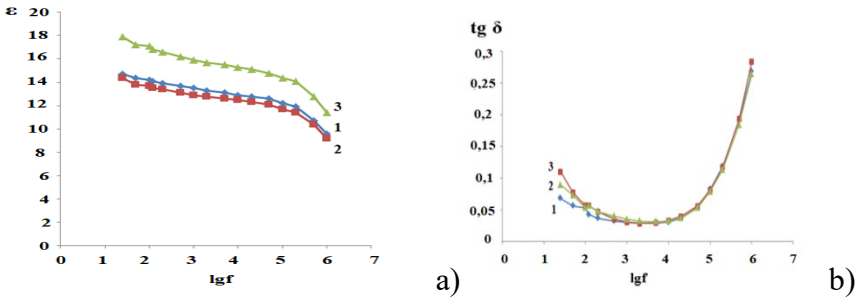
Həmçinin PVDF polimeri, maqnetit nanohissəcikləri (Fe_3O_4) və çoxlaylı karbon nanoboruları (ÇKnB) əsasında üçkomponentli polimer nanokompozitlər alınmış və tədqiq edilmişdir.



Şəkil 29. PVDF+ Fe_3O_4 (a), PVDF+ÇKnB (b) və PVDF+ Fe_3O_4 +ÇKnB (c) əsasında polimer nanokompozitlərin SEM təsvirləri.

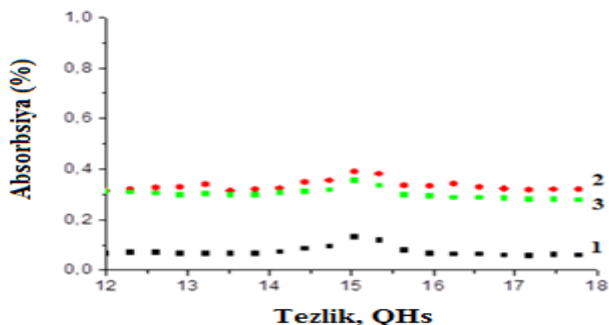
Şəkil 29-da PVDF+ Fe_3O_4 (a), PVDF+ÇKnB (b) və PVDF+ Fe_3O_4 +ÇKnB (c) əsaslı polimer nanokompozitlərin SEM təsvirləri verilmişdir. Göründüyü kimi, PVDF+ Fe_3O_4 +ÇKnB əsaslı üçkomponentli nanokompozitin formalaşması zamanı praktik olaraq nə maqnetit nanohissəcikləri, nə də karbon nanoborularının ölçülərinin dəyişməsi baş verməmişdir. Belə ki, karbon nanoborularının orta diametri ikikomponentli PVDF+ÇKnB və üçkomponentli PVDF+ Fe_3O_4 +ÇKnB əsaslı nanokompozitində 12-30 nm təşkil edir. PVDF+ Fe_3O_4 +ÇKnB əsaslı nanokompozitlərin dielektrik xassələri tədqiq edilmişdir. Nanokompozitlərin dielektrik nüfuzluğunun və dielektrik itki bucağının tangensi MNİPİ E7-20 immittans qurğusu vasitəsi ilə $T=293K$ temperaturda və $f=25Hz-1MHz$ tezlik diapazonunda tədqiq edilmişdir. Şəkil 30-da PVDF+ Fe_3O_4 +ÇKnB əsaslı nanokompozitlərin dielektrik nüfuzluğunun (a) və dielektrik itki bucağının tangensinin (b) tezlikdən asılılıq qrafikləri verilmişdir. Şəkil 30 (a)-dan göründüyü kimi, PVDF+ Fe_3O_4 +ÇKnB əsaslı nanokompozitlərin dielektrik

nüfuzluğu tezlikdən asılı olaraq azalır. Bu azalma tezlik artdıqca nanokompozitlərdə polyarlaşma proseslərinin pisləşməsi ilə izah olunur. Şəkil 30 (b)-dən görüldüyü kimi, nanokompozitlərin dielektrik itki bucağının tangensi 1 KHz-ə qədər azalır, 1 KHz-dən sonra isə artmağa başlayır. Nanokompozitlərin dielektrik itkisinin yüksək tezliklərdə artması enerji dissipasiyasının artmasını göstərir. Bu asılılıqdan belə qənaətə gəlmək olar ki, bu cür üçkomponentli nanokompozitlərdən yüksək tezlikli radiodalğaları udan materialları almaq üçün istifadə etmək olar.



Şəkil 30. PVDF+Fe₃O₄+ÇKnB əsaslı nanokompozitlərin dielektrik nüfuzluğunun (a) və tangens dielektrik itkisinin (b) tezlikdən asılılıq qrafikləri: 1.PVDF+5%Fe₃O₄+5%ÇKnB; 2.PVDF+5%Fe₃O₄+10%ÇKnB; 3. PVDF+5%Fe₃O₄+15%ÇKnB.

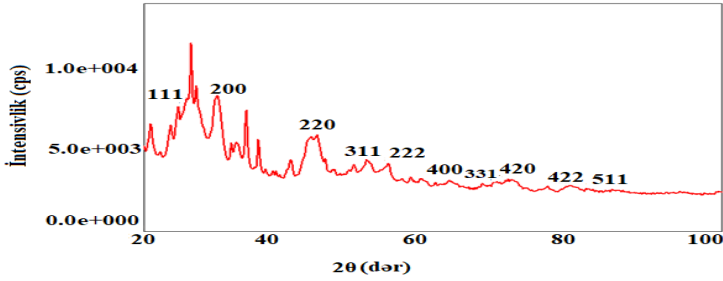
Şəkil 31-də PVDF+Fe₃O₄ (1), PVDF+ÇKnB (2) və PVDF+Fe₃O₄+ÇKnB (3) əsaslı polimer nanokompozitlərin elektromaqnit dalğalarını udma əmsalının tezlikdən asılılıqları verilmişdir. Şəkil 31-də udulmanın tezlikdən asılılığının analizi göstərir ki, udulma əmsalının maksimal qiyməti PVDF matrisində karbon nanoborularının 20% miqdarında müşahidə olunur. Çox yaxın udulma qiymətləri PVDF+5%Fe₃O₄+10%ÇKnB əsaslı üçkomponentli nanokompozit üçün müşahidə olunur. Radiotezlikli dalğa diapazonunda maqnit nanokompozitlərin udma qabiliyyətinin artmasının onunla izah etmək olar ki, maqnetit nanohissəciklərinin miqdarı artdıqca nanokompozitlərin maqnit nüfuzluğunun və dielektrik itki bucağının tangensinin qiyməti artır, bu isə yüksək tezliklərdə elektromaqnit enerjisinin itkisinin artmasına və yüksək tezlikli dalğaların udulmasının artmasına gətirib çıxarır.



Şəkil 31. PVDF+40%Fe₃O₄ (1), PVDF+20%ÇK_nB (2) və PVDF+5%Fe₃O₄+10%ÇK_nB (3) əsasında polimer nanokompozitlərin elektromaqnit dalğalarını udma əmsalının tezlikdən asılılıqları.

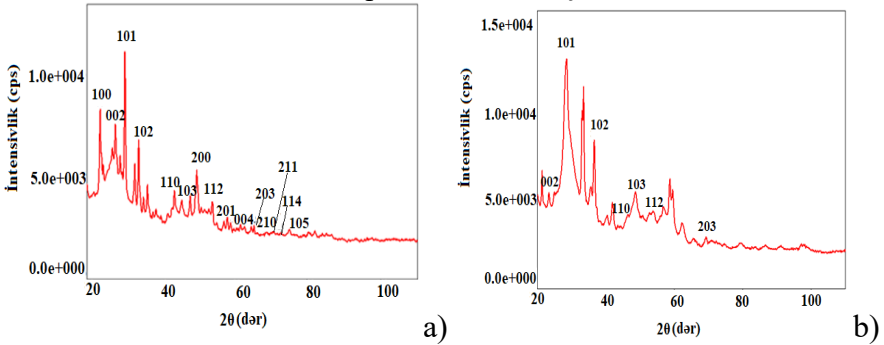
Beləliklə, belə nəticəyə gəlmək olar ki, elektrik keçiricili (ÇK_nB) və maqnit xassəli (Fe₃O₄) nanodoldurucuların kombine edilməsi yüksək tezlikli elektromaqnit dalğalarını udan materiallar almağa və bununla bahalı çoxlaylı karbon nanoborulana qənaət etməyi mümkün edir.

V fəsilədə termoplastik qeyri-polyar və polyar polimerlər olan PP və PVDF və yarımkeçirici CdS, PbS və ZnS metal sulfidi nanohissəcikləri əsasında nanokompozitlərin optiki, fotolüminessent və dielektrik xassələri tədqiq edilmişdir. CdS, PbS və ZnS metal sulfidi nanohissəcikləri kadmium xlorid, sink xlorid və qurğuşun asetat duzlarının məhlullarından və natrium sulfid məhlulu ilə kimyəvi çökdürmə üsulu ilə setiltrimetilammonium bromid səthi-aktiv maddəsinin iştirakında alınmış və stabilləşdirilmişdir. Şəkil 32-də qurğuşun sulfid nanohissəciklərinin difraktoqramı verilmişdir. Göründüyü kimi, difraktoqramda 26,78⁰ (111); 30,1⁰ (200); 43,37⁰ (220); 51,1⁰ (311); 53,97⁰ (222); 62,54⁰ (400); 68,63⁰ (331); 71,0⁰ (420); 79,38⁰ (422) və 85,19⁰ (511) 2θ bucağında müşahidə olunan əsas piklər qalenit tipli qurğuşun sulfid nanohissəciklərinə aiddir. PbS Fm3m fəza qruplu və kristal qəfəsinin parametrləri 0,594 nm, 0,5936 nm və 0, 5929 nm olan ICCD PDF(00-210-4270) verilənlər bazasına uyğun olaraq B1 (NaCl) tipli kubik qəfəsdə kristallaşır.



Şəkil 32. Qurğuşun sulfid (PbS) nanohissəciklərinin difraktoqramı.

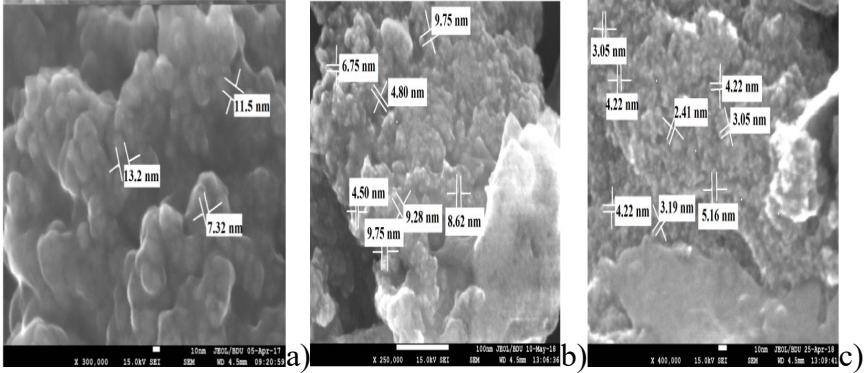
Şəkil 33 (a) və (b)-də kadmium sulfid və sink sulfid nanohissəciklərinin difraktoqramları verilmişdir.



Şəkil 33. CdS (a) və ZnS (b) nanohissəciklərinin difraktoqramları.

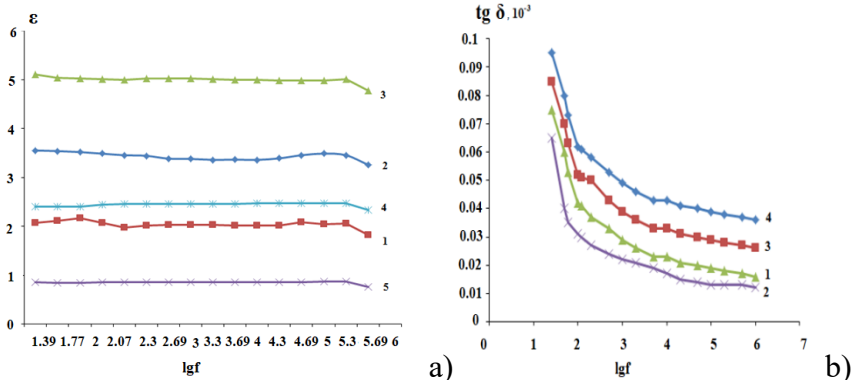
Şəkil 33 (a)-da $24,9^{\circ}$ (002); $26,6^{\circ}$ (101); $28,3^{\circ}$ (102); $36,8^{\circ}$ (110); $43,9^{\circ}$ (103); $48,1^{\circ}$ (200); $51,1^{\circ}$ (112); $52,1^{\circ}$ (201); $53,1^{\circ}$ (004); $67,1^{\circ}$ (203); $69,6^{\circ}$ (210); $71,2^{\circ}$ (211); $72,8^{\circ}$ (114) və $75,9^{\circ}$ (105) 2θ bucağında müşahidə olunan əsas piklər Card ICCD PDF 00-101-1054 verilənlər bazasına uyğun kristal qəfəsinin parametrləri 4.16, 4.16 и 6.77 Å olan vürsit tipli heksaqonal quruluşa malik stabil CdS nanohissəciklərinə aiddir. Şəkil 33 (b)-də $28,5^{\circ}$ (002), $30,5^{\circ}$ (101), $39,5^{\circ}$ (102), $47,5^{\circ}$ (110), $51,5^{\circ}$ (103), $56,5^{\circ}$ (112) və $73,0^{\circ}$ (203) 2θ bucağındakı əsas piklər ICCD PDF(00-101-1195) verilənlər bazasına uyğun vürsit tipli heksaqonal kristal qəfəslə sink sulfid nanohissəciklərinə məxsusdur. Şəkil 34-də STABr iştirakında stabiləşdirilmiş qurğuşun sulfid PbS (a), kadmium sulfid CdS (b) və sink sulfid ZnS (c) nanohissəciklərinin SEM təsvirləri verilmişdir.

SEM şəkillərdən görüldüyü kimi, stabiləşmiş PbS nanohissəciklərinin orta ölçüləri 7-13 nm, CdS nanohissəciklərinin orta ölçüləri 5-10 nm, ZnS nanohissəciklərinin isə 3-5 nm təşkil edir.



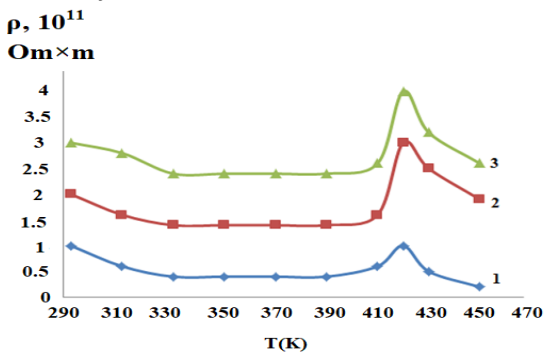
Şəkil 34. STABr iştirakında stabiləşdirilmiş PbS (a), CdS (b) və ZnS (c) nanohissəciklərinin SEM təsvirləri.

Şəkil 35-də PP+PbS əsaslı nanokompozitlərin dielektrik nüfuzluğunun (ϵ) (a) və dielektrik itki bucağının tangensinin $\text{tg}\delta$ (b) tezlikdən asılılıq qrafikləri verilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi, PbS nanohissəciklərinin PP-yə daxil edilməsi ilə nanokompozitlərin dielektrik nüfuzluğu nanohissəciklərin 3% miqdarına qədər artır, daha sonra isə azalmağa başlayır. Şəkil 35-dən həmçinin görünür ki, dielektrik nüfuzluğu tezlikdən asılı olaraq nanohissəciklərin polimerdə bütün miqdarlarında dəyişmir və yalnız yüksək tezliklərdə dielektrik itkisinin qiyməti azalır. Dielektrik nüfuzluğunun yüksək tezliklərdə azalması polyarlaşma proseslərinin pisləşməsi ilə bağlıdır. Həmçinin şəkil 35 (b)-dən görüldüyü kimi nanokompozitlərin dielektrik itki bucağının tangensi $\text{tg}\delta$ tezlikdən asılı olaraq azalır, lakin yüksək tezliklərdə $\text{tg}\delta$ -in düşmə sürəti azalır. PbS nanohissəciklərinin polimerdə 3% olduqda dielektrik nüfuzluğunun maksimal və dielektrik itki bucağının tangensinin minimal qiymət alması onunla izah olunur ki, bu miqdarda PbS nanohissəcikləri polimer matrisdə əsasən kristallaşma mərkəzi rolunu oynayır.



Şəkil 35. PP+PbS əsaslı nanokompozitlərin dielektrik nüfuzluğunun (ϵ) (a) və dielektrik itki bucağının tangensinin $\text{tg}\delta$ (b) tezlikdən asılılıq qrafikləri: a) 1.PP; 2.PP+1%PbS; 3. PP+3%PbS;4.PP+5%PbS; 5.PP+10%PbS; b) 1.PP; 2. PP+3%PbS; 3. PP+5%PbS; 4. PP+10%PbS.

PbS nanohissəciklərinin polimer matrisə daxil edilməsi ilə $\text{tg}\delta$ -in azalması daha nizamlı quruluşun formalaşması və nanohissəciklərin PP matrisində quruluşformalaşdırıcı rolunu oynaması ilə izah olunur. Şəkil 36-da PP+PbS əsaslı polimer nanokompozitlərin xüsusi müqavimətinin temperaturdan asılılığı verilmişdir və göstərilmişdir ki, nanokompozitlərin xüsusi müqaviməti ρ kiçik temperatur oblastında sıçrayışla dəyişir, yəni pozistor effekt müşahidə olunur.

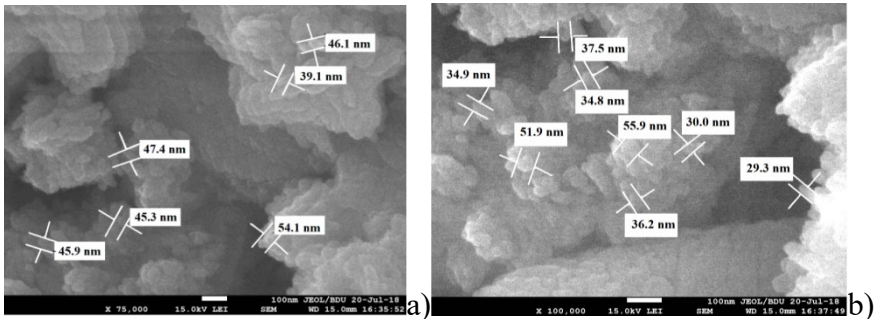


Şəkil 36. PP+PbS əsaslı nanokompozitlərinin xüsusi müqavimətinin temperaturdan asılılığı: 1.PP+1%PbS; 2.PP+3%PbS; 3.PP+10%PbS.

Müqavimətin temperaturdan asılı olaraq kəskin dəyişməsi polimer matrisanın kristallik fazasının dağılması nəticəsində nanohissəciklər arasında məsafənin artması ilə izah olunur.

Həmçinin dissertasiya işində PP+PbS əsaslı nanokompozitlərin PbS nanohissəciklərinin polimerdə miqdarından asılı olaraq fotoluminessensiya xassələri tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, PbS nanohissəciklərinin 3% miqdarına qədər fotoluminessensiya intensivliyinin artması, daha sonra isə azalması müşahidə olunur. Məlumdur ki, həcmi PbS hissəcikləri infraqırmızı oblastda 1000-1200 nm dalğa uzunluğu diapazonunda fotoluminessensiya xassəsi göstərir. PP+PbS əsaslı nanokompozitdə kvant ölçü effektləri nəticəsində fotoluminessensiya maksimumları uzaq infraqırmızı oblastdan yaxın infraqırmızı oblasta doğru sürüşür və 765 nm dalğa uzunluğunda fotoluminessensiya maksimumu müşahidə olunur.

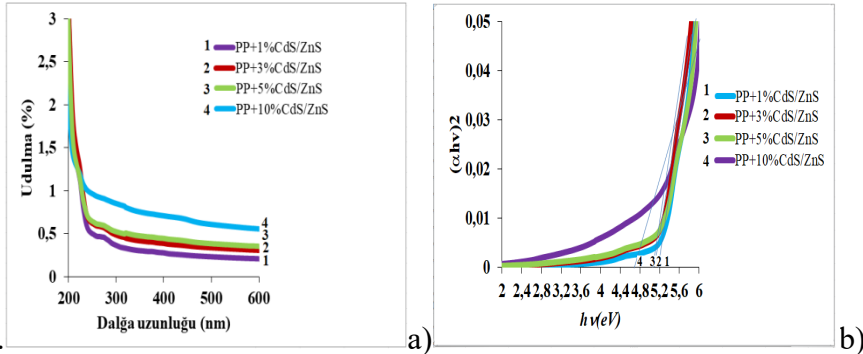
Bəşinci fəsilə PP+CdS/ZnS, PVDF+CdS/ZnS, PP+PbS/CdS, PVDF+PbS/CdS əsasında hibrid polimer nanokompozitlər alınmış və tədqiq edilmişdir. Şəkil 37-də PP+CdS/ZnS əsasında hibrid nanokompozitlərin ZnS və CdS nanohissəciklərinin miqdarından asılı olaraq SEM təsvirləri verilmişdir. SEM təsvirlərdən görüldüyü kimi, ZnS və CdS nanohissəcikləri polimer matrisin daxilində bircins paylanmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, həm ZnS, həm də CdS nanohissəciklərinin polipropilen matrisində miqdarı artdıqca onların orta ölçülərinin böyüməsi baş verir.



Şəkil 37. PP+CdS/ZnS əsasında hibrid nanokompozitlərin ZnS və CdS nanohissəciklərinin miqdarından asılı olaraq SEM təsvirləri: a) PP+3%CdS/ZnS; b) PP+5%CdS/ZnS.

Belə ki, PP+3%CdS/ZnS əsaslı hibrid nanokompozit üçün nanohissəciklərin orta ölçüləri 40-54 nm, PP+5%CdS/ZnS əsaslı hibrid nanokompozit üçün isə 29-56 nm təşkil edir. Müəyyən edilmişdir ki, hibrid nanokompozitlərdə CdS və ZnS nanohissəcikləri ayrı-ayrı dispers faza şəklində paylanmışdır.

PP+CdS/ZnS əsasında hibrid polimer nanokompozitlərin ultrabənövşəyi (UB) spektroskopiyaya üsulu ilə UB udulma spektrləri tədqiq edilmişdir. Udulma spektrləri Specord 250 Plus markalı spektrofotometrə 200-600 nm dalğa uzunluğunda əldə edilmişdir. UB udulma spektrlərindən ekstrapolyasiya üsulu ilə polimer nanokompozitlərin qadağan olunmuş zolaqlarının eni hesablanmışdır. PP+ZnS, PP+CdS və PP+CdS/ZnS əsasında polimer nanokompozitlərin UB udulma spektrləri tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, PP+ZnS nanokompoziti üçün qadağan olunmuş zolağın eni 3,65 eV, PP+CdS nanokompoziti üçün-2,8 eV, PP+CdS/ZnS nanokompoziti üçün isə 4,6 eV təşkil edir. Şəkil 38-də ZnS və CdS nanohissəciklərinin miqdarından asılı olaraq PP+CdS/ZnS əsaslı nanokompozitlərin UB udulma spektrləri (a) və optik udulma kənarlarının (b) ayrılması verilmişdir.

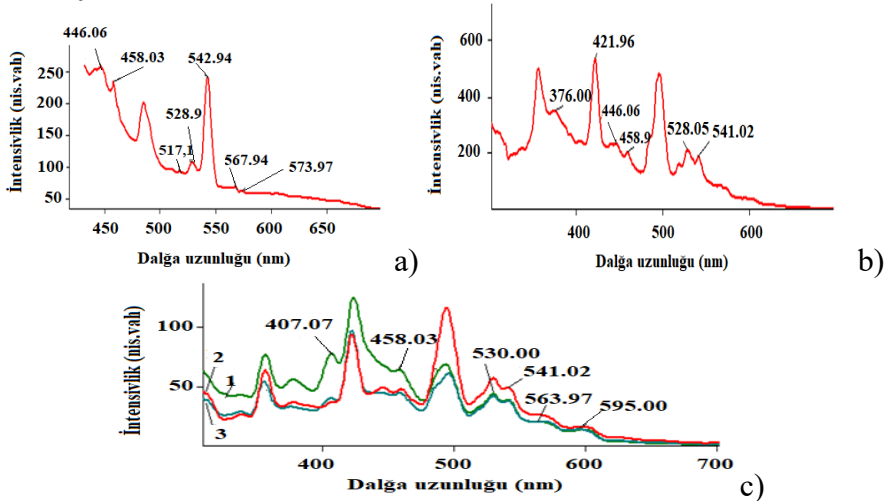


Şəkil 38. PP+CdS/ZnS əsaslı nanokompozitlərin UB udulma spektrləri (a) və optik udulma kənarlarının (b) ayrılması: 1. PP+1%CdS/ZnS, 2. PP+3%CdS/ZnS, 3. PP+5%CdS/ZnS, 4. PP+10%CdS/ZnS.

Müəyyən edilmişdir ki, PP+CdS/ZnS əsaslı nanokompozitləri üçün qadağan olunmuş zolağın eni polimer matrisdə ZnS və CdS nanohissəciklərinin miqdarı artdıqca azalır. Belə ki, PP+1%CdS/ZnS əsaslı nanokompozit üçün qadağan olunmuş zolağın eni 5,2 eV;

PP+3%CdS/ZnS və PP+5%CdS/ZnS nanokompozitlər üçün - 5,1 eV, PP+10%CdS/ZnS nanokompozit üçün isə 4,6 eV təşkil edir. Nanohissəciklərin miqdarı artdıqca polimer nanokompozitlərin qadağan olunmuş zolağının eninin azalması nanohissəciklərin böyüməsi və aqlomerasiyası ilə izah olunur.

Şəkil 39-da PP+CdS (a), PP+ZnS (b) və PP+CdS/ZnS (c) əsaslı polimer nanokompozitlərin fotolüminessensiya spektrləri verilmişdir. PP+CdS əsaslı nanokompozitlərin fotolüminessensiya spektrləri 398 nm dalğa uzunluqlu şüalarla, PP+ZnS əsaslı nanokompozitlərin fotolüminessensiya spektrləri 260 nm dalğa uzunluqlu şüalarla, PP+CdS/ZnS əsaslı polimer nanokompozitin fotolüminessensiya spektrləri isə 260 nm dalğa uzunluqlu şüalarla həyəcanlandırılmaqla alınmışdır.



Şəkil 39. PP+CdS (a), PP+ZnS (b) və PP+CdS/ZnS (c) (1.PP+1%CdS/ZnS, 2. PP+5%CdS/ZnS, 3. PP+10%CdS/ZnS) əsaslı polimer nanokompozitlərin fotolüminessensiya spektrləri.

Şəkil 39 (a)-dan görüldüyü kimi, 446 nm, 458 nm, 517 nm, 528 nm, 542 nm, 567 nm və 573 nm dalğa uzunluğundakı əsas piklər CdS nanohissəciklərinə aiddir. Monokristallik CdS üçün zonallararası rekombinasiya zamanı şüalanma 517 nm dalğa uzunluğunda müşahidə olunur. CdS kvant nöqtələri üçün isə göy sürüşmə, yəni şüalanma dalğa uzunluğunun kiçilməsi müşahidə olunur. Şəkil 39

(b)-də olan əsas piklər sink sulfid nanohissəciklərinə aiddir. Şəkil 39 (c)-dən görüldüyü kimi, CdS və ZnS nanohissəciklərinin 1% miqdarında fotolüminessensiya intensivliyi maksimal olur, nanohissəciklərin miqdarının sonrakı artımı lüminessensiya intensivliyinin azalmasına gətirib çıxarır. Bu onunla izah olunur ki, nanohissəciklərin polimerdə miqdarı artdıqca onların ölçüləri böyüyür və xüsusi səthinin sahəsi azalır, bu zaman polimerlə nanohissəcik arasındakı kontakt oblastın sahəsi azalır. Fazalararası sərhəddin qalınlığının azalması fazalararası qarşılıqlı təsirlərin və fotolüminessensiya intensivliyinin azalmasına səbəb olur. Fotolüminessensiya spektrlərindən görüldüyü kimi, PP+CdS/ZnS əsaslı polimer nanokompozitlərin alınması zamanı spektrin spektral həssas oblastının genişlənməsi baş verir. Beləliklə, müəyyən edilmişdir ki, hibrid nanokompozitlər geniş dalğa uzunluğunda lüminessensiya edə bilər, bu isə nanokompozitləri müxtəlif oblastlarda, o cümlədən günəş batareyalarının aktiv elementlərində, displeylərdə, çeviricilərdə tətbiq etməyə imkan yaradır.

Həmçinin PVDF+CdS/ZnS əsaslı nanokompozitlər üçün fotehəssaslıq xüsusiyyəti aşkarlanmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, CdS və ZnS nanohissəciklərinin 3%, 5% və 10% miqdarlarında nanokompozitlər 330-590 nm dalğa uzunluğu oblastında fotehəssaslıq nümayiş etdirir. Nanohissəciklərin miqdarından asılı olmayaraq spektrin uzun və qısa dalğalı oblastında CdS və ZnS nanohissəciklərinin qadağan olunmuş zolağına uyğun maksimumlar müşahidə olunur. Hər iki maksimumun olması onu göstərir ki, CdS və ZnS nanohissəcikləri PVDF matrisində bərk məhlul əmələ gətirmir. PVDF+3%CdS/ZnS əsaslı nanokompozit üçün fotehəssaslıq 340 nm və 504 nm dalğa uzunluğunda, PVDF+10%CdS/ZnS nanokompozit üçün isə 345 nm və 494,7 nm dalğa uzunluğunda müşahidə olunur. Nanohissəciklərin miqdarı artdıqca CdS nanohissəciklərinə məxsus maksimumun intensivliyi artır, ZnS-ə məxsus maksimumun intensivliyi isə azalır. Yəni, nanohissəciklərin miqdarı artdıqca işığın udulmasında CdS nanohissəcikləri daha böyük üstünlük təşkil edir. Bu onunla izah olunur ki, nanohissəciklərin miqdarı artdıqca işığın səpilməsi ilə əlaqədar CdS və ZnS nanohissəciklərinin xüsusi müqaviməti azalır.

VI fəsil izotaktik PP, PVDF termoplastik polimerləri və metal, metal oksidi və metal sulfidi nanohissəcikləri əsasında polimer nanokompozitlərin tətbiq imkanlarının araşdırılmasına həsr olunmuşdur. Dissertasiya işində PP, PVDF polimerləri və ZrO₂ nanohissəcikləri (PP+ZrO₂ və PVDF+ZrO₂), TiO₂ nanohissəcikləri (PP+TiO₂ və PVDF+TiO₂) əsasında işlənən polimer nanokompozitləri elektret effekti göstərir və bu nanokompozitlər öz xüsusiyyətlərinə görə məlum ənənəvi analoqlarını xeyli üstələyir. Bu işə verilən tərkibli polimer nanokompozitləri yüksək səmərəli elektret mikrofonların, elektroakustik qurğuların və sair alınmasında və tətbiqində geniş imkan yaradır. Müəyyən edilmişdir ki, PVDF+TiO₂ əsaslı nanokompozitlərin elektret yüklərinin yaşama müddəti 485 gün, PP+TiO₂ əsaslı nanokompozitlərin 321 gün, PP+ZrO₂ əsaslı nanokompozitlərin 225 gün, PVDF+ZrO₂ nanokompozitlərin üçün isə 257 gün təşkil edir.

Müəyyən edilmişdir ki, yüksək temperatur şəraitində polimer nanokompozitlərin termiki davamlılığı böyük əhəmiyyət kəsb edir. Nanohissəciklərin termoplastik polimerlərin matrisinə daxil edilməsi nanokompozitlərin termostabillik, mexaniki möhkəmlik, ərimə entalpiyası, kristallaşma və ərimə temperaturları və sair kimi fiziki-mexaniki və istilikfiziki xassələrinin artmasına səbəb olur. Alınmış PP+ZrO₂, PP+TiO₂, PP+Fe₃O₄, PP+Cu və PP+Fe əsaslı polimer nanokompozitlər təmiz PP və onun əsasında alınmış digər tərkibli nanokompozitlərdən fərqli olaraq daha yüksək termodavamlılığa malikdir.

Müəyyən edilmişdir ki, termoplastik polimerlər və superparamaqnit xassəli maqnetit nanohissəciklər əsəsindəki polimer nanokompozitlərin 0,1-30 QHs radiotezlik diapazonunda elektromaqnit dalğalarını udma xüsusiyyətinə malikdirlər. Cədvəl 7-də PP+Fe₃O₄ və PVDF+Fe₃O₄ əsaslı maqnit nanokompozitlərin yüksək tezlikli elektromaqnit dalğalarının (0,1-30 QHs) udma sınaqlarından alınan əsas nəticələr verilmişdir. Göründüyü kimi, PP və PVDF polimerlərində Fe₃O₄ nanohissəciklərinin miqdarı artdıqca nanokompozit təbəqələrin elektromaqnit dalğalarının udmaq qabiliyyəti artır.

Cədvəl 7.

PP+Fe₃O₄ və PVDF+Fe₃O₄ əsaslı maqnit nanokompozitlərin yüksək tezlikli elektromaqnit dalğalarının (0,1-30 QHs) udmasının əsas nəticələri

No	Nümunələr	% Fe ₃ O ₄	Qalınlıq (mkm)	I ₀ (µA)	I (µA)	Udulma (%)
1	PP+Fe ₃ O ₄	5	400	260	220	15
3	PP+Fe ₃ O ₄	10	400	275	233	16
4	PP+Fe ₃ O ₄	20	400	275	230	17
5	PP+Fe ₃ O ₄	40	400	275	213	23
6	PVDF+Fe ₃ O ₄	5	500	260	245	6
7	PVDF+Fe ₃ O ₄	10	500	260	232	11
8	PVDF+Fe ₃ O ₄	20	500	260	172	34
9	PVDF+Fe ₃ O ₄	40	500	260	168	36
10	PVDF+Fe ₃ O ₄	40	1,1	260	148	43
11	PVDF+Fe ₃ O ₄	40	1,668	260	101	62

Belə ki, Fe₃O₄ nanohissəcikləri PP-də 5% olduqda elektromaqnit dalğalarının udma faizi- 15%; 10% miqdarında- 16%; 20% miqdarında-17%; 40% miqdarında -23% təşkil edir. Cədvəl 7-dən görüldüyü kimi 500 mkm qalınlıqlı təbəqələrdə PVDF+5%Fe₃O₄ əsaslı nanokompozitdə udulma 6%; PVDF+10%Fe₃O₄ əsaslı nanokompozitdə-11%; PVDF+20%Fe₃O₄ əsaslı nanokompozitdə-34%; PVDF+40%Fe₃O₄ əsaslı nanokompozitdə isə 36% təşkil edir. Nanokompozit təbəqələrin qalınlığı artdıqca yüksək tezlikli elektromaqnit dalğaların udulması kəskin artır. PVDF+40%Fe₃O₄ əsaslı nanokompozitin qalınlığı 1100 mkm (1,1 mm) təşkil etdikdə udulma 43%, 1668 mkm (1,668 mm) qalınlıqda olduqda isə 62%-ə bərabər olur. Elektromaqnit dalğalarının udma xüsusiyyəti onunla izah olunur ki, Fe₃O₄ nanohissəcikləri birdomenli hissəciklər olaraq superparamaqnit xassələrə malikdirlər və induksiya prosesləri nəticəsində onlar üzərinə yüksək tezlikli elektromaqnit dalğaları düşdükdə asanlıqla dönərək ətraflarında dəyişən maqnit sahəsi yarada bilirlər. Nəticədə elektromaqnit dalğaları öz enerjilərini itirir və onların udulması baş verir. Həmçinin müəyyən edilmişdir ki, Fe₃O₄ maqnit nanohissəciklərinin miqdarı artdıqca nanokompozitlərin maqnit

nüfuzluğunun və dielektrik itki bucağının tangensinin qiyməti artır, bu isə öz növbəsində yüksək tezliklərdə elektromaqnit enerjisinin itkisinin artmasına və maqnit nanokompozitlərin radio dalğa tezliklərində udma qabiliyyətinin artmasına gətirib çıxarır. Bu nəticələr onu göstərir ki, bu cür polimer nanokompozitlər hərbi və müdafiə sənayesində yüksək elektromaqnit dalğalarının uda bilən və obyektləri görünməz edə bilən nazik nanokompozit təbəqəli örtüklərinin alınmasında uğurla istifadə edilə bilər.

Cədvəl 8.

İsti pressləmə və ekstruziya üsulları ilə alınmış PP+Fe₃O₄ əsaslı maqnit polimer nanokompozitlərin yüksək tezlikli elektromaqnit dalğaların (0,1-30 QHz) udmasının əsas nəticələri.

№	Nanokompozit nümunələr	Təbəqələrin qalınlığı (mkm)	I ₀ (µA)	I (µA)	Udulma (%)
1	PP+10%Fe ₃ O ₄ (isti pressləmə)	400	275	235	16
2	PP+20%Fe ₃ O ₄ (isti pressləmə)	400	275	230	17
3	PP+40%Fe ₃ O ₄ (isti pressləmə)	400	275	213	23
4	PP+10%Fe ₃ O ₄ (ekstruziya üsulu)	400	270	254	6
5	PP+20%Fe ₃ O ₄ (ekstruziya üsulu)	400	270	244	10
6	PP+40%Fe ₃ O ₄ (ekstruziya üsulu)	400	270	232	14

Müəyyən olunmuşdur ki, isti pressləmə üsulu ilə alınmış PP+Fe₃O₄ əsaslı polimer nanokompozitlər ekstruziya üsulu ilə alınmış nanokompozitlərdən fərqli olaraq yüksək tezlikli elektromaqnit dalğalarını (0,1-30 QHz) daha yaxşı udur (Cədvəl 8). Bu onunla izah olunur ki, elektromaqnit dalğaları ekstruziya üsulu ilə alınmış nanokompozitlərdəki defektlərdən maniasız keçir. İsti

pressləmə üsulu ilə alınmış kompozitlərin üstmolekul quruluşunu geniş diapazonda idarə etmək və müxtəlif maqnit anizotropiyasına nail olmaq mümkündür. Bu isə fərqli maqnit xassələrinə malik maqnit nanokompozit quruluşlar almağa imkan yaradır.

Aşkar edilmişdir ki, $PP+Fe_3O_4$ və $PVDF+Fe_3O_4$ əsaslı nanokompozitlər maqnitorezistiv effekt hadisəsi göstərir. Bu effektin sayəsində bu maqnit polimer nanokompozitləri maqnit informasiyasının yazılması zamanı müxtəlif müvafiq qurğuların və avadanlıqların yaradılmasında istifadə etmək mümkündür. Həm də nanokompozitlərin maqnit sahəsini detektə etmək üçün istifadə edilə bilən və maqnit sahəsinin hətta ən kiçik dəyişməsinə belə reaksiya verən yüksək həssaslıqlı sensorların yaradılmasında istifadəsi də mümkündür.

Həmçinin müəyyən edilmişdir ki, yarımkeçirici PbS , ZnS və CdS nanohissəcikləri əsasında alınmış hibrid polimer nanokompozitlər geniş dalğa uzunluğu diapazonunda lüminessensiya edə bilir, bu isə bu nanokompozitləri müxtəlif sahələrdə, o cümlədən günəş batareyalarının aktiv elementlərində, displeylərdə, çeviricilərdə və s. tətbiqi imkanını yaradır. Alınmış hibrid nanokompozitlərin yüksək fətohəssaslığı onları elastik fotorezistorlar qismində də uğurla tətbiq etməyə imkan verir.

NƏTİCƏLƏR

1. Kobalt, nikel, dəmir, mis metallarının, Fe_3O_4 metal oksidinin, CdS , ZnS və PbS metal sulfidlərinin nanohissəciklərinin alınması və stabiləşdirilməsi həyata keçirilmişdir. Göstərilmişdir ki, kimyəvi çökdürmə şəraitini, o cümlədən səthi-aktiv maddənin təbiətini və miqdarını, ilkin reagentlərin qatılıqlarını, komponentlərin qarışdırılma üsulunu, fəza-məhdudlaşdırıcı mühiti (mitsel, emulsiya, SAM və sair) dəyişməklə nanohissəciklərin ölçülərini, bircinsliyini, dispersliyini və təmizliyini tənzimləmək olar [11,17,18,20,39,44,50,57,62].

2. Müəyyən edilmişdir ki, kiçik miqdarlarda nanoölçülü metal doldurucularının PP və $PVDF$ matrisinə daxil edilməsi ilə onlar

əsasında alınmış polimer nanokompozitlərin istilik fiziki, elektrik, mexaniki xassələrinin yaxşılaşması müşahidə edilir. Bu onunla izah edilir ki, nanohissəciklərin polimer matrisdə kiçik miqdarlarında daha nizamlı üstmolekul quruluşlu nanokompozitlər formalaşır, yəni kiçik miqdarlarda metal, metal oksidi və metal sulfidi nanohissəcikləri polimer matrisdə rüşeym və quruluşformalaşdırıcı rolunu oynayırlar [37,38,44,61,62].

3. Təyin edilmişdir ki, PP+ZrO₂ əsasadakı nanokompozitləri taclı boşalmanın təsiri ilə polyarlaşma prosesinə məruz etdikdən sonra onların üstmolekul quruluşunun dəyişməsi baş verir. Polyarlaşmamış nümunələrin orta kvadratik kələ-kötürlüyü 60-120 nm, polyarlaşmış nümunələr üçün isə 30-60 nm təşkil edir, yəni polyarlaşmanın təsiri altında quruluş elementlərinin xırdalanması baş verir. Həmçinin müəyyən edilmişdir ki, taclı boşalmanın təsiri altında polyarlaşma prosesindən sonra nanokompozitlərin fotoluminessensiya intensivliyi artmışdır və bu artım nanohissəciklərin matrisdəki miqdarından asılıdır. Göstərilmişdir ki, polyarlaşma prosesi zamanı miqrasiya polyarlaşması hesabına PP+ZrO₂ əsasadakı nanokompozitlərin komponentləri arasındakı fazalararası sərhəddə çoxlu miqdarda elektrik yükləri yığılır, bu yüklər isə yüksək daxili lokal sahə yaradır və bu sahənin təsiri altında əlavə lüminessent mərkəzləri yaranır. [19,28,52,70].

4. PP+ZrO₂, PVDF+ZrO₂ və PP+PbS əsaslı nanokompozitlərdə pozistor effekt müşahidə olunur, yəni polimerlərin kristallik fazasının dağılma temperaturu oblastında nanokompozitlərin xüsusi müqaviməti ekstremumla dəyişir. Bu onunla bağlıdır ki, polimerlərin kristallik fazasının dağılması zamanı nanohissəciklər arasındakı məsafə böyüyür, bu isə nanokompozitlərin müqavimətinin kəskin artmasına səbəb olur [8,9,17,18].

5. Göstərilmişdir ki, PP+TiO₂ və PVDF+TiO₂ əsaslı nanokompozitlərin polyarlaşma şəraitindən asılı olaraq elektret və fotoluminessent xassələrinin dəyişməsi yüklərin stabilləşmə şəraitinin, fazalararası qarşılıqlı təsir dərəcəsinin və fazalararası sərhəddin qalınlığının dəyişməsi ilə əlaqədardır [27, 28, 70].

6. Müəyyən edilmişdir ki, metal və metal oksidi nanohissəciklərinin (Cu, Fe, ZrO₂ və Fe₃O₄) PP polimer matrisinə

1-5% miqdarına qədər daxil edilməsi onlar əsəsındaki nanokompozitlərin termodavamlılığını artırır, nanohissəciklərinin sonrakı artımı isə nanokompozitlərin termodavamlılığını azaldır. Nanokompozitlərin termodavamlılığının nanohissəciklərin 1-5% miqdarına qədər artması onunla bağlıdır ki, bu miqdara qədər nanohissəciklər polimer matrisalarda quruluşformalaşdırıcı, yüksək miqdarlarda isə doldurucu rolunu oynayır [16,31,34,37,71].

7. PP+Fe₃O₄ əsəsındaki maqnit polimer nanokompozitlərin quruluşu və xassələrinə texnoloji amillərin təsiri tədqiq edilmiş və müəyyən edilmişdir ki, isti pressləmə üsulu ilə alınmış nanokompozitlər ekstruziya üsulundan fərqli olaraq doldurucunun polimerdə daha homogen paylanması və defektsiz quruluşa malik olması ilə təyin edilir. Eyni zamanda isti pressləmə üsulu ilə alınmış nanokompozitlərin üstmolekul quruluşunu ekstruziya üsulundan fərqli olaraq daha geniş intervalda idarə etmək imkanı böyük olur ki, bununla da müxtəlif maqnit anizotropiyaya malik nanokompozitləri almaq mümkün olur [45,64].

8. Müəyyən edilmişdir ki, Cu, Fe, ZrO₂, Fe₃O₄ nanohissəciklərinin PP və PVDF-də miqdarı artdıqca nanokompozitlərin kristallaşma temperaturu yüksək temperatur oblastına doğru sürüşür, bu isə nanohissəciklərin polimerin üstmolekul quruluşunun əmələ gəlməsində rüşeyməmələgətirici rolunu oynaması ilə izah olunur [16,31,34,37,71].

9. Eksperimental olaraq müəyyən edilmişdir ki, PP, PVDF və Fe₃O₄ əsəsındaki maqnit polimer nanokompozitlərdə maqnitorezistiv effekt müşahidə olunur, yəni xarici maqnit sahəsinin təsiri ilə nanokompozitlərin elektrik müqaviməti kəskin dəyişir. Bu isə superparamaqnit Fe₃O₄ nanohissəciklərinin maqnit momentlərinin qarşılıqlı oriyentasiyası nəticəsində yükdaşıyıcıların tunelləşməsi ilə izah olunur [54].

10. Göstərilmişdir ki, PP, PVDF və Fe₃O₄ əsaslı maqnit polimer nanokompozitlər 0,1-30 QHs tezlik diapazonunda radiodalğaları udma qabiliyyətinə malikdirlər. Müəyyən edilmişdir ki, Fe₃O₄ maqnit nanohissəciklərinin miqdarı artdıqca nanokompozitlərin maqnit nüfuzluğunun və dielektrik itki bucağının tangensinin artması baş verir, bu isə yüksək tezliklərdə elektromaqnit enerjisinin itkisinin

artmasına səbəb olur. Həmçinin aşkar edilmişdir ki, isti pressləmə üsulu ilə alınmış maqnit nanokompozitlər ekstruziya üsulu ilə alınmış nanokompozitlərdən fərqli olaraq yüksək tezlikli elektromaqnit dalğalarını daha yaxşı udur. Bu işə, elektromaqnit dalğalarının ekstruziya üsulu ilə alınmış nanokompozitlərdəki defektlərdən maniasız keçməsi ilə izah olunur [53,56].

11. PP+CdS/ZnS və PVDF+CdS/ZnS əsasında yeni hibrid fotoluminescent polimer nanokompozitlər alınmış və göstərilmişdir ki, yarımkeçirici klasterlərin ayrı-ayrı komponentlərinin xüsusiyyətlərini idarə etməklə lüminessensiyanın spektral-həssas oblastını idarə etmək olar [47,51,63,67,68,69].

12. Polivinilidenflüorid, dəmir oksid ferromaqnit nanohissəcikləri və çoxlaylı karbon nanoboruları əsasında üçkomponentli radiodalğaları uda bilən kompozit materiallar alınmış və göstərilmişdir ki, daha çox udulma PVDF+5%Fe₃O₄+10%ÇK₂NB əsaslı nanokompozitdə müşahidə olunur. Beləliklə, belə qənaətə gəlmək olar ki, elektrik keçiricili və maqnit xassəli nanodoldurucuları birgə kombinə etməklə yüksək udulmaya malik materiallar almaq və bahalı karbon nanoborularına qənaət etmək mümkündür [59,72].

Dissertasiya mövzusu üzrə çap olunmuş elmi işlər:

1. Magerramov, A.M. The effect of the temperature-time mode of crystallization on the morphology and properties of nanocomposites based on polypropylene and cadmium sulfide / M.A.Ramazanov, F.V.Gadzhieva, S.G.Alieva // J.Surface Engineering and Applied Electrochemistry, -2011. 47,-p.428-432.
2. Магеррамов, А.М. Фотоллюминесцентные свойства нанокмозитов на основе ПВДФ+CdS и ПП+CdS / А.М.Магеррамов, М.А.Рамазанов, Ф.В.Гаджиева // Журнал Прикладная физика, -2011. №3,- p.107-109.
3. Maharramov, A.M. Formation of nanoporous structures of polypropylene irradiated by high energy heavy ions / A.M.Maharramov, M.A.Ramazanov, F.V.Hajiyeva, S.Q.Aliyeva // J. Nanomedicine & Nanotechnology, - 2012. 3(5), -p.1000141.
4. Hacıyeva, F.V., Quliyeva V.M. Polimer və sirkonium dioksid

nanohissəcikləri əsəsındaki nanokompozisiyaların SEM analizi //“Fizikanın aktual problemləri” VII Respublika Elmi Konfransı, Bakı, Azərbaycan: - 26 noyabr 2012,- s.107-108.

5. Магеррамов, А.М., Рамазанов, М.А., Гаджиева, Ф.В. Новые полимерные нанокмпозиционные материалы на основе полиэтилена и сульфида свинца // Материалы IV Международной научной конференции «Наноразмерные системы: строение, свойства, технологии: Нансис-2013», Киев, Украина:- 19-22 ноября, -2013,- с.547.

6. Магеррамов, А.М., Рамазанов, М.А., Гаджиева, Ф.В., Гулиева В.М. Исследование структуры и электрофизических свойств нанокмполитных материалов на основе наночастиц диоксида циркония в матрице изотактического полипропилена // Материалы IV Международной научной конференции «Наноразмерные системы: строение, свойства, технологии: Нансис-2013», Киев, Украина:- 19-22 ноября,-2013,- с. 546.

7. Ramazanov, M.Ə., Hacıyeva, F.V., Rəhmətova C.R. Polipropilen və dəmir nanohissəcikləri əsəsındaki nanokompozitlərin maqnit-qüvvə mikroskopiyası (MQM) ilə tədqiqi// Akademik B.M.Əsgərovun 80 illik yubileyinə həsr olunmuş “Fizikanın aktual problemləri” Beynəlxalq Elmi Konfransının materialları, Bakı, Azərbaycan:- 6 dekabr, -2013,- s.234-235.

8. Magerramov, A.M. Study of the structure and dielectric properties of nanocomposites based on polypropylene and zirconia nanoparticles / A.M.Magerramov, M.A.Ramazanov, F.V.Hajiyeva // Surface Engineering and Applied Electrochemistry,- 2013. 49(5),- p.355-358.

9. Magerramov, A.M. Investigation of structure and electrophysical properties of nanocomposite materials on the basis of zirconium dioxide in isotactic polypropylene matrix / A.M.Magerramov, M.A.Ramazanov, F.V.Hajiyeva, V.M.Guliyeva // Journal of Ovonic Research, - 2013. 9(5), - p.133-141.

10. Рамазанов, М.А., Гаджиева, Ф.В. Люминесцентные свойства нанокмполитов на основе изотактического полипропилена (ПП) и наночастиц диоксида циркония (ZrO₂) // Материалы IV Международной научной конференции «Наноструктуры в

конденсированных средах», Минск, Беларусь:- 7-10 октября,- 2014,- с.352-353.

11. Magerramov, A.M. Structure and dielectric properties of nanocomposites on the basis of high-density polyethylene and lead sulfide / A.M.Magerramov, M.A.Ramazanov, F.V.Hajiyeva // Chalcogenide Letters, - 2014. 11(4), - p.175-180.

12. Hacıyeva F.V., Rəhimli, A.M. Polivinilidenflüorid (PVDF) və zirkonium dioksid (ZrO_2) əsasında nanokompozitlərin quruluşunun tədqiqi // “Fizikanın aktual problemləri” Respublika Elmi Konfransı, Bakı, Azərbaycan:-17 dekabr, - 2015,- s. 219-222.

13. Ахмедова, А.Б., Гаджиева, Ф.В., Рамазанов, М.А. Диэлектрические свойства нанокомпозитов на основе изотактического полипропилена и наночастиц титана // “Fizikanın aktual problemləri” Respublika Elmi Konfransı, Bakı, Azərbaycan:-17 dekabr, - 2015,- s.200-202.

14. Hajiyeva, F.V. Luminescent properties of nanocomposites on the basis of isotactic polypropylene and zirconium dioxide nanoparticles / F.V.Hajiyeva, M.A.Ramazanov, A.M.Maharramov // Nanomedicine & Nanotechnology,- 2015. 7, - p.1-3.

15. Ramazanov, M.A. Influence of electrothermopolarization on structure and photoluminescent properties of polypropylene and MnO_2 -based nanocompositions / M.A.Ramazanov, A.S.Huseynova, F.V.Hajiyeva // Journal of Ovonic Research, - 2015. 11(1) - p.35-39.

16. Ramazanov, M.A. Morphology, mechanical and thermal properties of nanocomposites based on isotactic polypropylene and zirconium dioxide nanoparticles / M.A.Ramazanov, A.M.Maharramov, F.V.Hajiyeva, F.Kıraç, O.Güven // Revista Română de Materiale/Romanian Journal of Materials,- 2016. 46(3), - p.375-382.

17.Maharramov, A.M. Investigation the structure and dielectric properties of PP+PbS nanocomposites synthesized on the basis of polypropylene polymer irradiated by accelerated heavy ions / A.M.Maharramov, M.A.Ramazanov, F.V.Hajiyeva, S.S.Amirov // Journal of Optoelectronics and Biomedical Materials,- 2016. 8(1),- p.15-20.

18. Maharramov, A.M. A structure and dielectric properties of

nanocomposites based on isotactic polypropylene and lead sulphide nanoparticles / A.M.Maharramov, M.A.Ramazanov, F.V.Hajiyeva // Journal Chalcogenide Letters, - 2016. 13(1),- p. 35-40.

19. Ramazanov, M.A. Influence of corona discharge on the electret and charge states of nanocomposites based on isotactic polypropylene and zirconium dioxide nanoparticles / M.A.Ramazanov, F.V.Hajiyeva, A.M.Maharramov // J. Ferroelectrics,- 2016. 493 (1), - p. 103-109.

20. Shirinova, H. Synthesis and characterization of magnetic nanocomposites for environmental remediation / H.Shirinova, L.Palma, F.Sarasini, J.Tirillò, M.A. Ramazanov, F.V.Hajiyeva, D.Sannino, M.Polichetti, A.Galluzzi // Chemical Engineering Transactions,- 2016. 47, -p.103-108.

21. Kisyelova, T. Effect of the reactor configuration on the production of silver nanoparticles / T.Kisyelova, A.Novruzova, F.V.Hajiyeva, M.A.Ramazanov, A.Chianese // Chemical Engineering Transactions, -2016. 47,- p. 121-126.

22. Ахмедова, А.Б. Структурный, термогравиметрический и механический анализ нанокompозитов на основе поливинилиденфторида и наночастиц титана / А.Б.Ахмедова, М.А.Рамазанов, Ф.В.Гаджиева // Новости Бакинского Университета,- 2016. 4,- с. 133-142.

23. Ramazanov, M.Ə. Polivinilidenflüorid və titan nanohissəcikləri əsəsındaki polimer nanokompozit materialların dielektrik xassələri / M.Ə.Ramazanov, F.V.Hacıyeva, A.B.Əhmədova // Bakı Universitetinin Xəbərləri,- 2016. 2,- s.133-142.

24. Əhmədova, A.B., Рамазанов, М.Ə., Hacıyeva, F.V. PP+TiO₂ əsaslı nanokompozisiyaları lüminessensiya xassələrinin tədqiqi // “Fizikanın aktual problemləri” Respublika Elmi Konfransı, Bakı, Azərbaycan:-22 dekabr,-2016,- s.183-186.

25. Рамазанов, М.А., Гаджиева, Ф.В., Ширинова, Х.А., Гасанова, М.Р. Исследование нанокompозитов на основе изотактического полипропилена и наночастиц магнетита методом ДСК // “Fizikanın aktual problemləri” Respublika Elmi Konfransı, Bakı, Azərbaycan:-22 dekabr,-2016,- s.179-181.

26. Ramazanov, M.A., Hajiyeva, F.V., Novruzova, A.A.,

Maharramova, G.Y. Synthesis and optical properties of PP+PbS/CdS hybrid nanocomposites // “Fizikanın aktual problemləri” Respublika Elmi Konfransı, Bakı, Azərbaycan:-22 dekabr,-2016,- s.177-178.

27. Ramazanov, M.Ə., Əhmədova, A.B., Hacıyeva, F.V., Rəhimli, A.M., Nuriyev, M.A. Taclı boşalmanın təsiri altında polyarlaşma prosesinin PP+TiO₂ əsaslı polimer nanokompozitlərin elektret xassələrinə və yük halına təsiri// Materials of the I International Conference of Young Researchers, dedicated to the 94th anniversary of the national leader Heydar Aliyev, Baku, Azerbaijan: - 05-06 May, -2017, -p.51-52.

28. Ramazanov, M.A. Influence of polarization charges on the photoluminescence properties of nanocomposites based on polyvinylidene fluoride and titanium dioxide nanoparticles / M.A.Ramazanov, F.V.Hajiyeva, A.M.Maharramov, A.M.Rahimli // Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials,- 2017. 27(1),- p.239-243.

29. Maharramov, A.M. Structure and thermic properties of polymer nanocomposites on the basis polypropylene and silver sulphide nanoparticles PP/Ag₂S / A.M.Maharramov, M.A.Ramazanov, S.G.Nuriyeva, F.V.Hajiyeva // Journal of Low Dimensional Systems,- 2017. 1(1),- p.14-19.

30. Magerramov, A.M., Ramazanov, M.A., Hajiyeva, F.V., Nuriyeva, S.G. Structure and dielectric properties of polymer nanocomposites on the basis of polypropylene and silver sulfide PP/Ag₂S // International Conference “Modern trends in physics”, Baku, Azerbaijan: 20-22 April,- 2017.- p.7-11.

31. Palma, L. Effect of nano-magnetite particle content on mechanical, thermal and magnetic properties of polypropylene composites / L.Palma, I.Bavasso, F.Sarasini, J.Tirillò, D.Puglia, F.Dominici, L.Torre, A.Galluzzi, M.Polichetti, M.A.Ramazanov, F.V.Hajiyeva, H.A.Shirnova // Polymer Composites,- 2018. 39(S3), - p.1742-1750.

32. Vələdova, G.P., Babayev, Y.Ə., Ramazanov, M.Ə., Hacıyeva, F.V. Polivinilxlorid və sink sulfid nanohissəcikləri əsasında polimer nanokompozitlərin alınması və xassələri // ”Fizika və astronomiya problemləri” Beynəlxalq Elmi Konfransı, Bakı,Azərbaycan: 24-25

may,-2018.- s.255-257.

33. Ramazanov, M.A. Theoretical and experimental investigation of the magnetic properties of polyvinylidene fluoride and magnetite nanoparticles-based nanocomposites / M.A.Ramazanov, A.M.Maharramov, R.A.Alizada, H.A.Shirinova, F.V.Hajiyeva // Journal of Theoretical and Applied Physics, -2018. 12(1), - p.7-13.

34. Ramazanov, M.A. The effect of the temperature–time mode of crystallization on the morphology and thermal properties of nanocomposites based on polypropylene and magnetite / M.A.Ramazanov, A.M.Maharramov, F.V.Hajiyeva, H.A.Shirinova, L.Palma // Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials, -2018. 28(3), - p.1171-1177.

35. Maharramov, A.M. Influence of magnetite nanoparticles on the dielectric properties of metal oxide/polymer nanocomposites based on polypropylene / A.M.Maharramov, M.A.Ramazanov F.V.Hajiyeva, H.A.Shirinova, L.Palma // Russian Physics Journal,-2018. 60(9),- p.1572-1576.

36. Ramazanov, M.A. Electrophysical parameters of PP+Fe₃O₄ based nanocomposites depending on temperature-time mode of crystallization / M.A.Ramazanov F.V.Hajiyeva, H.A.Shirinova, A.M.Maharramov, L.Palma // Proceedings of Problems Physics and Astronomy, Baku, Azerbaijan: 28 may,- 2018,-p.57-60.

37. Ramazanov, M.A. Thermal and mechanical properties of PP+Fe and PVDF+Fe based nanocomposites / M.A.Ramazanov, A.M.Maharramov, F.V.Hajiyeva, J.R.Sultanova // Journal of Optoelectronics and biomedical materials,-2018. 10(3),- p. 83-90.

38. Ramazanov, M.A. Theoretical and experimental study of the magnetic properties and size of distribution of PVDF+Fe based nanocomposites / Ramazanov M.A., Alizade R.A., Maharramov A.M., Hajiyeva F.V., Sultanova J.R., Shirinova H.A. // Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials, - 2018. 28(5), - p. 2179-2186.

39. Ramazanov, M.A., Hajiyeva, F.V., Maharramov, A.M., Shirinova, H.A., Babayev, Y.A., Valadova, G. Structure and optical properties of polymer nanocomposites based on PVC+ZnS // Proceedings of Problems Physics and Astronomy, Baku, Azerbaijan:

28 may,- 2018,- p.30-36

40. Ramazanov, M.A. Influence of crystallization temperature–time technological factors on structure and photoluminescent properties of polymer nanocomposites on the base of isotactic polypropylene (PP) and lead sulphide (PbS) nanoparticles / M.A.Ramazanov, F.V.Hajiyeva // Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials,-2019. 29 (6),- p.2168–2175.

41. Ramazanov, M.A., Chianese, A., Hajiyeva, F.V., Novruzova, A.A. Influence of thermal treatment on photoluminescent properties of PP/PbS/CdS nanocomposites // Materials of International Conference “Modern trends in physics”, Baku, Azerbaijan: 01-03 May, - 2019,- p.67.

42. Ramazanov, M.A., Ibrahimova, H.S., Hajiyeva, F.V. Influence of electrothermopolarization conditions on strength and electret properties of PP+ZrO₂ nanocompositions // Materials of International conference «Modern trends in physics», Baku, Azerbaijan: 01-03 May,- 2019,- p.76.

43. Ramazanov, M.A., Hajiyeva, F.V. Synthesis and structure of hybrid polymer nanocomposites based on PP+CdS/ZnS // Materials of International conference «Modern trends in physics», Baku, Azerbaijan: 01-03 May,- 2019,- p.75.

44. Ramazanov, M.A. Metallopolymer nanocomposites based on PP/Ni: structure and electrophysical properties / M.A.Ramazanov, F.V.Hajiyeva // Acta Physica Polonica A, -2019. 136(3), - p.513-519.

45. Ramazanov, M.A. Structure and magnetic properties of PP+Fe₃O₄ nanocomposites depending on manufacturing techniques / M.A.Ramazanov, F.V.Hajiyeva, H.A.Shirinova, A.Kh.Karimova // International Journal of Modern Physics B, -2019. 33(27),-p.1950315

46. Ramazanov, M.A. Influence of temperature-time mode of crystallization on electrophysical characteristics of the polypropylene/magnetite nanocomposite / M.A.Ramazanov, H.A.Shirinova, F.V.Hajiyeva, A.Kh.Karimova // Integrated Ferroelectrics, - 2019. 201(1),-p.218-223.

47. Ramazanov, M.A. Structure and photoluminescence properties of hybrid nanocomposites on the base of PP/PbS/CdS / M.A.Ramazanov, A.Chianese, F.V.Hajiyeva, A.A.Novruzova // J.

Integrated Ferroelectrics, -2019. 201(1), -p.55-61

48. Hajiyeva, F.V. Magnetic nanocomposites: preparation and characterization of polymer-coated iron oxide nanoparticles // Journal of Low Dimensional Systems, - 2019. 3(2), - p.49-53.

49. Гаджиева, Ф.В. Гибридные полупроводниковые полимерные нанокомпозиты и методы их формирования // Журнал Проблемы Энергетики,-2019. №4,- с.36-43.

50. Hajiyeva, F.V. Synthesis and stabilization of metal nanoparticles of iron, nickel and cobalt // Journal of Baku Engineering University, -2019. 3(1),-p.3-7.

51. Hajiyeva, F.V. Synthesis and structure of hybrid polymer nanocomposites based on PP+CdS/ZnS // Conference proceedings «Modern trends in physics», Baku, Azerbaijan: - 1-3 May, - 2019, - p.102-108.

52. Ramazanov, M.A. Influence of electrothermopolarization conditions on strength and electret properties of PP+ZrO₂ nanocompositions / M.A.Ramazanov, H.S.Ibrahimova, F.V.Hajiyeva // Conference proceedings «Modern trends in physics», Baku, Azerbaijan: 01-03 May,- 2019,- p.76-79.

53. Ramazanov, M.A. The relation between the composition, structure and absorption properties of ultra-high frequency radio waves of poly (vinylidene fluoride) /magnetite nanocomposites / M.A.Ramazanov, F.V.Hajiyeva, H.A.Shirnova, H.M.Mamedov // International Journal of Modern Physics B, -2019. 33(10), - p.1950083.

54. Ramazanov, M.A. Negative magnetoresistance of polymer nanocomposites on the basis of PP+Fe₃O₄ and PVDF+Fe₃O₄ in the magnetic field / M.A.Ramazanov, A.M.Maharramov, L.Palma, H.A.Shirnova, F.V.Hajiyeva, M.R.Hasanova // Journal Ferroelectrics,-2019. 537(1), -p.191-197.

55. Ramazanov, M.A. Structure and properties of PP/TiO₂ based polymer nanocomposites / M.A.Ramazanov, F.V.Hajiyeva, A.M.Maharramov // Journal Integrated Ferroelectrics, -2019. 192(1),- p.103-112.

56. Ramazanov, M.A. Microwave absorption of polymer nanocomposites on the base high-density polyethylene and magnetite

- nanoparticles / M.A.Ramazanov, A.M.Maharramov, F.V.Hajiyeva, H.M.Mamedov // Journal of Elastomers&Plastics,- 2019. 51(2), - p.130-142.
57. Ramazanov, M.A. Synthesis and optical properties of PVC-CdS-based nanocomposites / M.A.Ramazanov, F.V.Hajiyeva, Y.A.Babayev, G.V.Valadova, S.G.Nuriyeva, H.A.Shirnova // Journal of Elastomers&Plastics, - 2020. 52(2), -p.159-166.
58. Ramazanov, M.A. Theoretical and experimental investigation of the particle size distribution and magnetic properties of the PP+Fe₃O₄ nanocomposites / M.A.Ramazanov, A.M.Maharramov, R.A.Alizada, H.A.Shirnova, F.V.Hajiyeva // Journal of Thermoplastic Composite Materials,- 2020. 33(1), -p.125-137
59. Ramazanov, M.A. New polymeric three phase nanocomposites based on polyvinylidene fluoride, magnetite nanoparticles and multi-walled carbon nanotubes: production, structure and properties / M.A.Ramazanov, H.A.Shirnova, F.V.Hajiyeva, D.Bychanok // Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials, - 2020. 30,-p. 4783-4791.
60. Ramazanov, M.A. Influence of electrothermopolarization on PE+PbCrO₄-based nanocomposition structures / M.A.Ramazanov, A.S.Huseynova, F.V.Hajiyeva, S.U.Atayeva // Integrated Ferroelectrics,-2020. 211(1),- p.160-166.
61. Ramazanov, M.A. Magnetic properties of the iron nanoparticles distributed in polymer matrix: theoretical and experimental approach / M.A.Ramazanov, H.A.Shirnova, F.V.Hajiyeva, J.R.Sultanova, R.A.Alizade // Acta Polonica,-2020. 138(6),- p.787-783.
62. Ramazanov, M.A. Copper and copper oxide nanoparticles in polypropylene matrix: synthesis, characterization and dielectric properties / M.A.Ramazanov, F.V.Hajiyeva // Composite Interfaces,- 2020. 27(11), -p.1047-1060.
63. Ramazanov, M.A. Influence of thermal treatment on photoluminescent properties of PP/PbS/CdS nanocomposites / M.A.Ramazanov, A.Chianese, F.V.Hajiyeva, A.A.Novruzova // International Journal of Modern Physics B, - 2020. 34(6), - p.2050038.
64. Ramazanov, M.A. The impact of manufacturing technology, of

- the polypropylene matrix and iron oxide nanoparticles based magnetodielectric nanocomposites on electrophysical parameters / M.A.Ramazanov, H.A.Shirinova, F.V.Hajiyeva // Materials Chemistry and Physics, - 2020. 253(1), - p.123287.
65. Ramazanov, M.A. Fabrication, characterization and optical properties of transparent PP/yttria-stabilized zirconia (YSZ) based nanocomposites / M.A.Ramazanov, F.V.Hajiyeva, H.A.Shirinova // Journal of Elastomers&Plastics, -2020. 53(5), - p.417-429.
66. Ramazanov, M.A. The influence of titanium dioxide (TiO₂) nanoparticles on the structure, optical and dielectric properties of polyvinyl chloride (PVC) / M.A.Ramazanov, A.M.Rahimli, F.V.Hajiyeva // Modern Physics Letters B, - 2020. 34(28), -p.2050310
67. Hajiyeva, F.V. New hybrid polymer nanocomposites based on polyvinylidene fluoride and CdS/ZnS nanoparticles: structure and dielectric properties // Surface Engineering and Applied Electrochemistry, - 2020.56(6), - p.649-655.
68. Hajiyeva, F.V. Structure, optical and photoluminescent properties of hybrid polymer nanocomposites on the base PP+CdS/ZnS / F.V.Hajiyeva, M.A.Ramazanov, H.A.Shirinova // International Journal of Nano Dimension, -2021. 12 (3), -p.293-304.
69. Hajiyeva, F.V. Photosensitive hybrid polymer nanocomposites on the base PVDF+CdS/ZnS for solar cells application / F.V.Hajiyeva, M.A.Ramazanov, H.A.Shirinova, G.Y.Maharramova // Composite Interfaces, -2021, - p.1-19.
70. Hajiyeva, F.V. Influence of polarization conditions on the photoluminescent and electret properties of polymer nanocomposites based on PP+TiO₂ // Process of Petrochemistry and Oil (PPOR), -2021. 22(3), -p.416-424.
71. Hajiyeva F.V. Structure and thermal properties of polymer nanocomposites based on PVDF/Cu // Journal of Baku Engineering University, - Chemistry and biology, -2021.5(1), -p.69-78.
72. Hajiyeva F.V. Structure, electrophysical, thermal and mechanical properties of polymer nanocomposites based on polyvinylidene fluoride (PVDF) and multi-walled carbon nanotubes (MWCNT) // Advanced Physical Research, -2021.3 (2), - p.114-122.
73. Huseynova, A.S., Hajiyeva, F.V. Relaxation properties of PP and

PE-based nanocomposites // Materials of 7th International Conference
MTP-2021: Modern Trends in Physics, Baku, Azerbaijan: 15-17
December, -2021,-p.112-113.

Dissertasiyanın müdafiəsi “17” fevral 2022-ci il tarixində saat 10⁰⁰–da Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının akademik Y.H.Məmmədliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.16 Dissertasiya Şurasının bazasında qeydiyyat nömrəsi BED 1.16/2 olan Birdəfəlik Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Azərbaycan Respublikası, AZ 1025, Bakı şəhəri, Xocalı prospekti, 30.

Dissertasiya ilə Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası akademik Y.H.Məmmədliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının akademik Y.H.Məmmədliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun rəsmi internet saytında www.nkpi.az yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 14 yanvar 2022-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 13.01.2022
Kağızın formatı: A5
Həcm: 77718
Tiraj: 30