

POLİSTİROL POLİMERİ VƏ SİLİSIUM DİOKSİD NANOHISSƏCİKLƏRİ ƏSASINDA ALINMIŞ NANOKOMPOZİTLƏRİN QURULUŞ VƏ OPTİK UDMA XÜSUSİYYƏTLƏRİNƏ KRİSTALLAŞMA REJİMİNİN TƏSİRİ

MƏTANƏT RUFƏT HƏSƏNOVA

Bakı Dövlət Universiteti

Azərbaycan, Bakı, Akademik Zahid Xəlilov küçəsi - 23

metanet.hesenli.93@mail.ru

Tədqiqat işində polistirol matrisdə paylanmış SiO₂ nanohissəcikləri əsaslı nanokompozitin müxtəlif texnoloji şəraitin seçilməsi ilə formalaşan kristallik quruluşunun onun optik xassələrinə təsiri tədqiq edilmişdir. Nanokompozit nümunələr isti preslənmə prosedurundan sonra üç müxtəlif $\beta=20000^{\circ}\text{C/dəq}$, $\beta=200^{\circ}\text{C/dəq}$ və $\beta=20^{\circ}\text{C/dəq}$ sürətləri ilə soyudularaq fərqli kristallik quruluşların alınması təmin olunmuşdur. İlk növbədə əldə olunmuş nanokompozit nümunələrin quruluşunun rentgen difraktometr cihazı ilə öyrənilməsi həyata keçirilmişdir. Bununla yanaşı, müxtəlif rejimlərdə alınmış nanokompozit nümunələrin UB-görünən diapazonda udulma spektrləri çəkilmiş və müvafiq spektrlər vasitəsi ilə Tauc metoduna əsasən, xətti eksponasiya üsulu ilə soyuma sürətindən asılı olaraq nümunələrin qadağan olunmuş zonasının eni təyin edilmişdir.

Açar sözlər: kristallaşmanın temperatur-zaman şəraiti, üst molekulyar quruluş, termoplastik polimer, məsaməli SiO₂, UB spektroskopiyaya

PACS: 68.37.Yz, 61.43.Gt, 07.60.Rd

GİRİŞ

Elm və texnologiyanın sürətli inkişafı həm istehsalat və sənayedə, həm də fundamental xatakerli tədqiqat işlərində polimer nanokompozit materiallara olan marağı daha da artırır [1]. Polimer nanokompozitlər sinergetik effektlər hesabına komponentlərinin müxtəlif xüsusiyyətlərini birləşdirməklə yeni xassələr nümayiş etdirə bilər [2]. Eyni zamanda, polimer matrisin quruluşu nanohissəciklərin polimerdə bircins paylanmasını, nizamlılığını, ölçülərini idarə etməyə imkan verir. Polimer əsaslı nanokompozitlərin yekun xassələri, polimerin növü, polyarlığı, elastikliyi, doldurucu fazanın ölçüsü, forması, tərkibi, paylanma xüsusiyyətləri ilə yanaşı nanokompozitin alınma üsulundan və ya alınma şəraitinin parametrlərindən də asılıdır. Temperatur, təzyiq kimi termodinamik parametrləri idarə etməklə polimer əsaslı nanokompozitin üst molekulyar quruluşuna təsir etmək mümkündür [3]. Tədqiqat işində polistirol polimeri və SiO₂ əsaslı polimer nanokompozitlərin quruluşu və optik udma xüsusiyyətlərinə kristallaşma rejiminin təsiri tədqiq edilmişdir.

Polistirol xətti quruluşa malik termoplastik polimerdir. O, aşağı sıxlığa və yüksək optik şəffaflığa malikdir [4]. Eyni zamanda, yaxşı dielektrik material olan bu amorf polimer elektronikada və eyni zamanda bir çox məişət tələbatlarının ödənilməsində, o cümlədən qida qablaşdırılmasında geniş şəkildə istifadə olunur [5].

Amorf silisium dioksid nanohissəcikləri yarımkəçirici xüsusiyyətə malikdir. SiO₂ nanohissəcikləri səthindəki defektlər hesabına böyük xüsusi səthə malik olur və bu defektlər hesabına yeni optik xüsusiyyətlər nümayiş etdirir [6]. Eyni zamanda, bu nanohissəciklər yaxşı öyrənilmiş hidrofobik səthə və yüksək termal stabilyyətə malikdirlər [7].

Polistirol və SiO₂ əsasında alınmış nanokompozitlərin quruluşuna və optik xassələrinə kristallaşma şəraitinin təsirinə tədqiq bu nanokompozitlərin potensial tətbiq sahələrinin qiymətləndirilməsi, eyni zamanda

polimer-nanohissəcik sistemində quruluş-xassə əlaqəsinə alınma şəraitinin təsirinə müəyyən edilməsi baxımından əhəmiyyət kəsb edir.

MATERIAL

Tədqiqat işində tozşəkilli, ağ rəngli metal-oksid tozu olan, 50 nm ölçülü SiO₂ nanohissəcikləri istifadə edilmişdir. Tədqiqat məqsədi ilə seçilmiş prekursorlar 99% kimyəvi təmizliyə malikdir. Sky spring şirkətindən hazır şəkildə əldə edilmişdir.

Həllədicisi qismində istifadə edilmiş toloul 99.9% kimyəvi təmizliyə malikdir.

Matris kimi zərbəyə davamlı HIPS (high impact polystyrene) 7240 markalı polistirol polimerindən istifadə edilmişdir. Polimer Tabriz Petrochemical Company (İran) tərəfindən istehsal olunmuşdur. Ağ rəngli, qranula şəkilli, 1.04 q/sm³ sıxlığa malik polistirol termik formaya salınma üçün uyğundur.

METODİKA

Ədəbiyyatdan məlumdur ki, PS polimerinin həll edilməsi üçün müxtəlif həllədicilər istifadə edilir. Tədqiqat işində həllədicisi olaraq toloul seçilmiş, polimerin və doldurucunun miqdarı ilə uyğunlaşdırıldıqdan sonra 100 ml həllədicidə polimer həll edilmişdir. Əldə olunmuş sistemə doldurucu əlavə edildikdən sonra məhlul maqnit qarışdırıcı vasitəsi ilə seçilmiş temperatur və sürətdə qarışdırılmışdır. Qarışdırılma prosesi iki saat ərzində bircins mühit əldə edilənədək davam etdirilmişdir. Reaksiya nəticəsində alınan qarışıq həllədicisi buxarlandırılaraq ikifazlı sistem halına gətirilmişdir.

PS+SiO₂ nanokompozitləri təbəqə halına salmaq üçün istipresləmə metodu tətbiq olunmuşdur. Bu məqsəd ilə 165-180°C temperaturda, 10 MPa təzyiq altında 4 dəqiqə müddətində saxlanıldıqdan sonra $\beta=20000^{\circ}\text{C/dəq}$, $\beta=200^{\circ}\text{C/dəq}$ və $\beta=20^{\circ}\text{C/dəq}$ sürətlə soyudulmaqla müxtəlif quruluşlu stukturların alınmasına müvafiq olunmuşdur.

Nümunələrin $\beta=2000^\circ\text{C}/\text{dəq}$ sürətlə soyudulmasını təmin etmək məqsədi ilə, nümunələr isti preslənmədən sonra maye azot mühitinə daxil edilir. Qeyd edək ki, bu zaman nümunələr 180°C -dən -196°C -yə kimi kəskin soyudulmuşdur. Polimer nanokompozitlərin $200^\circ\text{C}/\text{dəq}$ sürətlə soyudulması nümunələrin isti preslənmədən sonra su mühitinə daxil edilməsi ilə təmin olunmuşdur. Yavaş soyutma adlanan rejimdə isə nanokompozit nümunələr isti preslənməmiş, sonra təzyiq altında saxlanılmaqla otaq temperaturuna qədər soyudulmuşdur. Bu zaman nümunələrin soyuma sürəti $20^\circ\text{C}/\text{dəq}$ olmuşdur. Müxtəlif rejimlərdə alınmış və təbəqə halına salınmış nümunələrin diametri 4sm və qalınlığı 80-120mkm aralığında dəyişir.

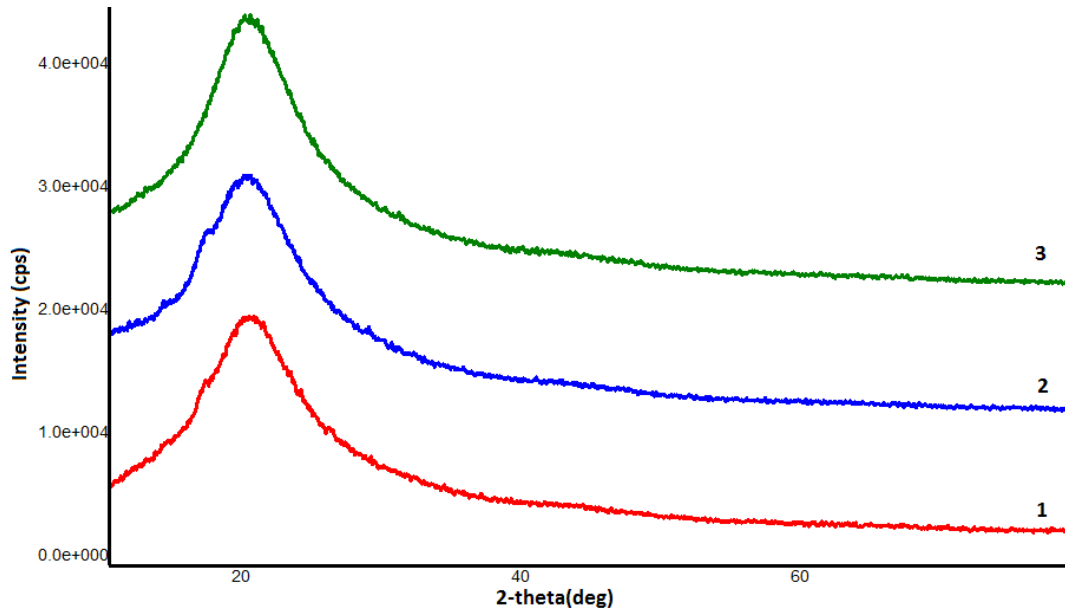
Alınmış nümunələrin quruluşu Rigaku Mini Flex 600 XRD diffraktometr, UB-Görünən spektrləri Specord250 Plus spektrofotometri vasitəsi ilə tədqiq edilmişdir.

Məlumdur ki, polimerlərin bütün xüsusiyyətləri onları təşkil edən amorf və kristallik fazaların payı ilə müəyyən edilir. Polimerlərin amorf, şüşəyəbənzər oblastları maye faza halında olur və oblastlarda sıxlıq

kristallik oblastlara nəzərən daha aşağı olur. Buna görə də, amorf polimerlər kristallik polimerlərə nəzərən soyuma sürətinin dəyişməsinə daha az həssasdır.

Polimer əsaslı nanokompozitlərdə doldurucu faza, polimerlərin ərimə temperaturlarına qədər qızdırılıb soyudulması zamanı kristal əmələ gəlməsi üçün ilkin özək rolunu oynayır. Beləliklə, polimer zənciri nanohissəciklərin ətrafında lokal olaraq qismən nizamlı quruluş əmələ gətirir. Bu da, öz növbəsində amorf polimer əsasında alınmış nanokompozitdə lokal kristallik oblastların formalaşması mənasına gəlir. Eyni zamanda, polimer nanokompozitdə nanohissəcik ətrafında lokal kristallitlərin əmələgəlmə prosesi polimer nanokompozitin hansı sürətlə soyudulmasından kəskin asılıdır.

Şəkil 1-də müxtəlif rejimlərdə alınmış nanokompozit nümunələrin XRD spektrləri verilmişdir. Məlumdur ki, polistiroil 2θ bucağının 19.8° qiymətində enli zolaqlı difraksiya maksimumuna malikdir. SiO_2 nanohissəcikləri də amorf quruluşa malikdir və 2-teta bucağının 21.8° qiymətindəki (101) *hkl* indeksləri ilə xarakterizə olunur.

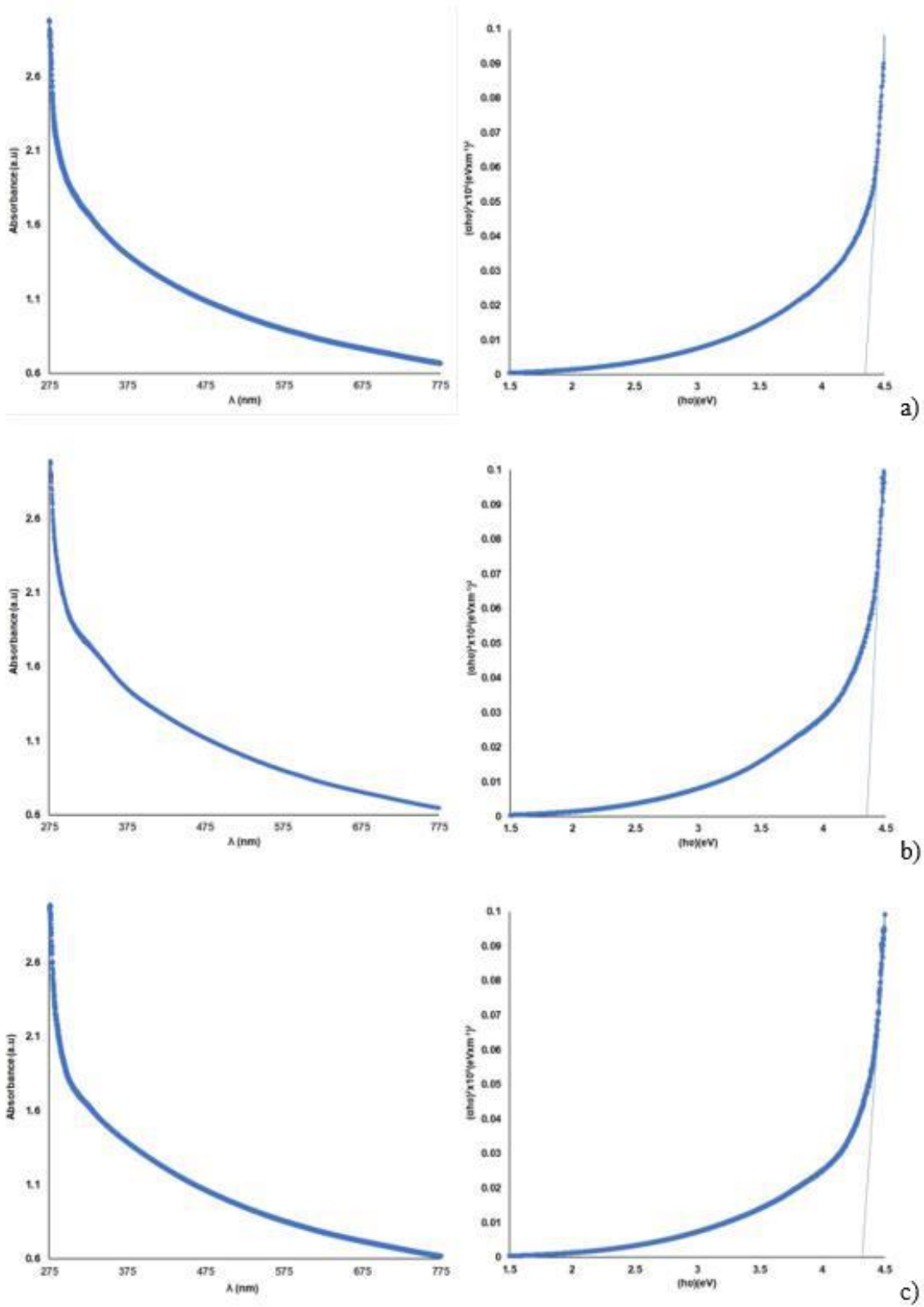


Şəkil 1. Müxtəlif soyutma sürətləri ilə alınmış PS+SiO₂ nanokompozitlərin rentgen difraktoqramı
1) $\beta=20000^\circ\text{C}/\text{dəq}$; 2) $\beta=2000^\circ\text{C}/\text{dəq}$; 3) $\beta=20^\circ\text{C}/\text{dəq}$

Soyuma sürətindən asılı olaraq nanokompozitin rentgen spektrlərinə nəzər saldıqda məlum olur ki, yavaş soyuma rejimində alınmış nanokompozitlər digər rejimlərdə alınmış nanokompozitlərə nəzərən daha intensiv difraksiya mənzərəsi verir.

Bu da onu deməyə imkan verir ki, PS+SiO₂ nanokompozit nümunələr polistiroilun ərimə temperaturuna qədər qızdırıldıqdan sonra təzyiq altında otaq temperaturuna qədər soyudulduqda, polimer molekulları ilkin özləklərin, yəni silisium dioksid hissəciklərinin ətrafında termodinamik tarazlıq alınana qədər nizamlı quruluş formalaşdırır. Soyuma sürətinin artması ilə nizamlı quruluşun formalaşması pisləşir bu da özünü XRD spektrində biruzə verir. Soyuma sürətinin artması ilə difraksiya spektrlərinin intensivliyi azalır.

Şəkil 2-də PS+SiO₂ əsaslı polimer nanokompozitlərin kristallaşmanın temperatur zaman rejimindən asılı olaraq UB spektrləri və bu spektrlərə uyğun olaraq udulma əmsalının düşən fotonun enerjisindən asılılıq əyriləri təsvir olunmuşdur. Müxtəlif rejimlərdə alınmış polimer nanokompozitlərin Tauc metoduna əsasən, xətti ekspolyasiya üsulu ilə qadağan olunmuş zonasının eni hesablanmışdır. Məlum olmuşdur ki, soyuma sürətinin dəyişməsi ilə PS+SiO₂ nanokompozitlərin qadağan olunmuş zonasının enində cüzi dəyişiklik baş verir. Məlumdur ki, nanohissəciklərin qadağan olunmuş zonasının eninin kiçilməsi hissəciklərin aqlomerasiya edərək böyüməsi ilə bağlıdır. Yavaş rejimdə alınmış nanokompozitdə qadağan olunmuş zonanın eninin daha böyük olması nanohissəciyin polimer matrisdə paylanması və polimerin üst molekulyar quruluşu ilə bağlıdır.



Şəkil 2. Müxtəlif soyutma sürətləri ilə alınmış PS+SiO₂ nanokompozitlərin UB spektrləri və udulma əmsalının düşən fotonun enerjisindən asılılığı. a) $\beta=20^{\circ}\text{C}/\text{dəq}$; 2) $\beta=20000^{\circ}\text{C}/\text{dəq}$; 3) $\beta=200^{\circ}\text{C}/\text{dəq}$

NƏTİCƏ

Polistirol polimeri və SiO₂ nanohissəcikləri əsasında alınmış nanokompozitlərin quruluşu və optik xassələri XRD və UB spektroskopiyaya vasitəsi ilə tədqiq

edilmişdir. Məlum olmuşdur ki, soyuma sürətini dəyişməklə eyni tərkibli nanokompozitin kristal quruluşunu idarə etmək mümkündür. Soyuma sürətinin dəyişməsi polimer matrisin üstmolekulyar quruluşuna, bu işə öz növbəsində nanokompozitin optik xüsusiyyətlərinə təsir etmiş olur.

- [1] *Silvestrea, J., N. Silvestreb and J. De Britoa.* "Polymer nanocomposites for structural applications: Recent trends and new perspectives." *Mechanics of Advanced Materials and Structures*. 2016, 23.11, 1263-1277.
- [2] *Ebrahimi, Farzad ed.* *Nanocomposites: New Trends and Developments*. Intechopen, 2012.
- [3] *Mittal, Vikas, ed.* *Synthesis Techniques for Polymer Nanocomposites*. Wiley-VCH, 2014.
- [4] *Sukhareva, Yakovlev and Legonkova.* *Polymers for Packaging and Containers in Food Industry*. CRC Press, 2008.
- [5] *Wang, Chuanfei.* "Electronic Structure of π -Conjugated Materials and Their Effect on Organic Photovoltaics." 1893
- [6] *Li, Ziyuan, et al.* "Understanding the mechanisms of silica nanoparticles for nanomedicine." *WIREs Nanomedicine and Nanobiotechnology* 13.1, 2021, e1658.
- [7] *Salehi, Malihe, et al.* "The Efficiency of Anaerobic Biological Method Integrated with Fenton and Nanosilica Absorbent in the Treatment of Solid Waste Leachate." *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*. 2019, 16.3, 91-97.

Hasanova Matanat Rufat

INFLUENCE OF THE CRYSTALLIZATION MODE ON STRUCTURE AND ABSORPTION PROPERTIES OF POLYSTYRENE AND SILICA-BASED NANOCOMPOSITES

In this work, the influence of various crystalline structures produced through a variety of technological conditions on optical properties of polystyrene- and silica-based nanocomposite were investigated. Three crystalline structures of polymer nanocomposites were produced by cooling them after a hot pressing procedure at a different speed, namely $\beta=20000^{\circ}\text{C}/\text{min}$, $\beta=200^{\circ}\text{C}/\text{min}$ and $\beta=20^{\circ}\text{C}/\text{min}$. The crystalline structure of the obtained samples was studied by an X-ray diffractometer. In addition, the absorption spectra of nanocomposites were studied via UV-visible spectrometer, and the optical forbidden band gap of the samples was determined depending on the cooling speed.

Гасанова Матанат Руфат

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ НА СТРУКТУРУ И СВЕТОПОГЛОЩАЮЩИЕ СВОЙСТВА НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ ПОЛИСТИРОЛА И ДИОКСИДА КРЕМНИЯ

В исследовательской работе изучено влияние кристаллической структуры нанокompозита на основе наночастиц SiO_2 , которые распределены в полистирольной матрице, на его оптические свойства, сформированные подбором различных технологических условий. Образцы нанокompозитов после процедуры горячего прессования охлаждались со скоростями $\beta=20000^{\circ}\text{C}/\text{Мин}$, $\beta=200^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ и $\beta=20^{\circ}\text{C}/\text{мин}$, что обеспечило получение различных кристаллических структур. В первую очередь было проведено изучение структуры полученных нанокompозитных образцов с помощью рентгеновского дифрактометра. Наряду с этим были изучены спектры поглощения нанокompозитных образцов, полученных в различных режимах, в УФ-видимом диапазоне, и по методу Таука с помощью соответствующих спектров была определена ширина запрещенной зоны образцов в зависимости от скорости охлаждения, методом линейной экспрессии.

Qəbul olunma tarixi: 22.06.2022