

## QAMMA ŞÜALANMANIN TiC NANOHISSƏCİKLƏRİNİN TERMİK XASSƏLƏRİNƏ TƏSİRİNİN TƏDQIQI

RAİSƏ R. HAXIYEVA

*Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin Radiasiya Problemləri İnstitutu,*

*AZ 1143, B.Vahabzadə 9, Bakı, Azərbaycan*

*E-mail:raisahaxiyeva@yahoo.com*

TiC nanohissəcikləri qamma şüalarla fərqli dozalarda şüalandırılmışdır. Nanohissəciklərin termik xassələri şüalanmadan öncə və sonra müqayisəli öyrənilmişdir. Qamma şüalanmadan öncə və sonra DSC (Differential Scanning Calorimetry) analizləri aparılmışdır. Titan karbid (TiC) nanohissəciklərinin oksidləşmə dərəcəsi temperaturun  $300K < T < 1300K$  intervalında öyrənilmişdir. Şüalanmadan sonra DSC əyrlərində qismən oksidləşmə müşahidə edilmişdir.

**Açar sözlər:** nano TiC, qamma şüalanma, termik parametrlər

**PACS:** 65.80.+n, 61.80.Hg, 67.80.Gb

### 1. GİRİŞ

Son zamanlar öz mükəmməl fiziki və kimyəvi xassələrinin kombinasiyası nəticəsində titan karbid (TiC) dünya tədqiqatçılarının diqqət mərkəzindədir [1-5]. Titan karbid geniş qadağan olunmuş zolaq eninə (wide bandgap) malik olduğu üçün (politipdən asılı olaraq 2.4–3.3 eV) elektronikada mükəmməl tətbiq sahəsinə malikdir [6-9]. Əlavə olaraq, son zamanlar nanoelektronikada yüksək fiziki və kimyəvi davamlılığa malik nano ölçülərdə TiC geniş araşdırılır [10-12]. Yarımqəçirici kimi, nano ölçülərdə titan karbidin tətbiqi zamanı onun  $p$  və ya  $n$  tip aşqarlanması müasir zamanda aktual məsələdir.

İonlaşdırıcı şüalanma nanomaterialın elektrik, dielektrik və digər fiziki xassələrində kəskin dəyişikliklər yaradır [15-22]. Şüalanma zamanı materialın elektrik xassələrində baş verən dəyişikliklərlə yanaşı termik xassələrində mümkün dəyişikliyi öyrənmək məqsədilə istifadə olunan unikal üsullardan biri də DSC spektroskopiyasıdır [23-27]. Nanomateriallarda xüsusi səth sahəsinin (Specific Surface Area - SSA) böyük olması səthdə istilik daşınmasında, fiziki proseslərdə və xüsusən də termofiziki proseslərdə kəskin fərqin yaranmasına səbəb olur. Nano ölçülərdə TiC hissəciklərinin DTG, DSC və TGA spektrlərində temperatur və qamma şüalanmanın təsiri ilə mümkün dəyişikliklər araşdırılmışdır. Nanokristallik TiC hissəciklərinin termik parametrləri  $300K < T < 1300K$  temperatur intervalında qamma şüalanmadan öncə və sonra müqayisəli təhlil edilmişdir.

### 2. TƏCRÜBƏ

Hissəcik ölçüləri 40nm, xüsusi səth sahəsi (SSA)  $50 \text{ m}^2/\text{q}$ , nano halda sıxlığı  $0.08 \text{ q}/\text{sm}^3$  (həqiqi sıxlıq  $4.93 \text{ q}/\text{sm}^3$ ) və təmizliyi 99+% olan kubik modifikasiyalı nanokristallik TiC hissəcikləri tədqiqat obyektii olaraq götürülüb (US2052). Tədqiqat, AMEA-nın Radiasiya Problemləri İnstitutunun “Şüalanma mərkəzində” 186.27 rad/san aktivliyə malik Co-60 mənbəsi ilə otaq temperaturunda şüalandırılmış nümunələr üzərində aparılmışdır. Nümunələr 5Mrad, 15Mrad, 50Mrad və 150Mrad kimi müxtəlif dozalarda şüalandırılmışdır.

Nanokristallik TiC hissəciklərinin termik parametrləri “Perkin Elmer” STA 6000 cihazında tədqiq edilmişdir. “Perkin Elmer” STA 6000 cihazında işçi oblast  $16-1000^\circ\text{C}$ , termik işləmə sürəti qızma prosesində  $5^\circ\text{C}/\text{dəq}$  və soyuma prosesində  $20^\circ\text{C}/\text{dəq}$ , Poly Science analizatoru və “digital temperature controller” soyuducu sistemidir. “Pyris Manger” proqram təminatından istifadə olunaraq kinetik parametrlər təyin olunmuşdur. Yanma məhsullarının sistemdən xaric edilməsi və kondensasiya prosesinin qarşısının alınması məqsədi ilə arqon təsirsiz qazından istifadə edilmiş və sistemə  $20 \text{ ml}/\text{dəq}$  sürət ilə verilir. Standart 177,78 mg alüminium–oksid əsaslı pəndən istifadə olunmuşdur. Termocüt üzərində yerləşdirilmiş elektron qeydedici vasitəsi ilə nümunənin kütləsi  $10^{-3}$  mq dəqiqliyi ilə təyin olunur və avtomatik rejimdə qeyd olunur. Proqram təminatı avtomatlaşdırılmış qaydada nümunə ilə dolu pənin kütləsi ilə boş pənin kütlə fərqini təyin edir. Təyin olunmuş kütlə proqram təminatında yaddaşda saxlanılır. Termik spektrlərdə yaranan endo- və ekzotermik effektlərin parametrləri “Calculation” menyusundan istifadə olunmaqla hesablanır. Təcrübələrdən alınmış və sonradan hesablanmış qiymətlərə uyğun alınan bütün nəticələr “OriginPro 9.0” proqramında qrafik olaraq təsvir edilmişdir.

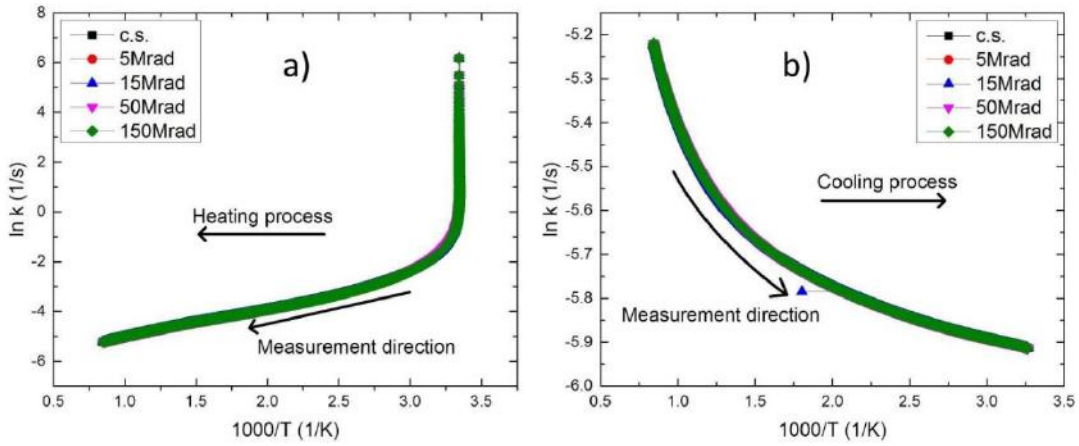
### 3. NƏTİCƏ VƏ MÜZAKİRƏLƏR

Nanokristallik TiC hissəciklərinin qamma şüalanmadan öncə və sonra aktivləşmə enerjisini Arenius yanaşması ilə qiymətləndirmək üçün  $\ln k - 1000/T$  asılılıqları şəkil 1-də verilmişdir. Qeyd edək ki, Arenius yanaşmasına əsasən qurulmuş  $\ln k - 1000/T$  asılılıqlarında əyrlərin xətti hissəsinin  $1000/T$  xətti ilə əmələ gətirdiyi bucağın tangensi birbaşa aktivləşmə enerjisini ifadə edir. Nanokristallik TiC hissəciklərinin aktivləşmə enerjisi həm qızma, həm də soyuma proseslərində ayrı-ayrılıqda nəzərdən keçirilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi, qızma prosesində aktivləşmə enerjisi əsasən bir real qiymətə malikdir (şəkil 1a). Temperaturun kiçik qiymətlərində ( $1000/T > 3.1$ ) müşahidə olunan kənarçıxmalar, hesab olunur ki, nanomaterial daxilində adsorbsiya olunan olan əlavə su və ya digər qatışıqlarla əlaqəlidir. Bu isə öz təsdiqini soyuma prosesinin  $\ln k - 1000/T$  asılılıqlarında tapır (şəkil 1b). Belə ki, soyuma

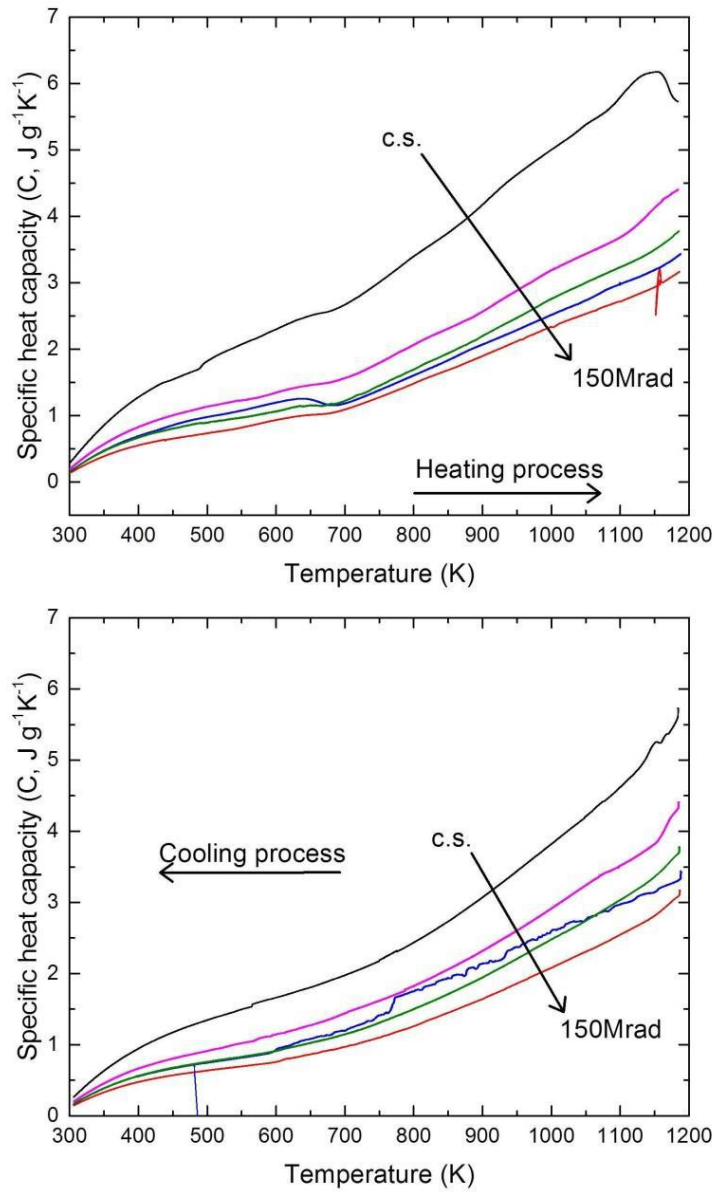
## QAMMA ŞÜALANMANIN TiC NANOHISSƏCİKLƏRİNİN TERMİK XASSƏLƏRİNƏ TƏSİRİNİN TƏDQIQI

zamanı aktivləşmə prosesini bir qiymətlə izah etmək mümkündür. Digər tərəfdən, şəkildən görüldüyü kimi,

qamma şüalanma nanokristallik TiC hissəciklərinin aktivləşmə enerjisinə demək olar ki, təsir etmir.



Şəkil 1. Nanokristallik TiC hissəciklərinin qamma şüalanmadan öncə (c.s.) və sonra (5Mrad, 15Mrad, 50Mrad və 150Mrad) sonra  $\ln k - 1000/T$  asılılıqları (a – qızma prosesi, b – soyuma prosesi).



Şəkil 2. Nanokristallik TiC hissəciklərinin qamma şüalanmadan öncə (c.s.) və sonra (5Mrad, 15Mrad, 50Mrad və 150Mrad) xüsusi istilik tutumunun temperatur asılılıqları (a qızdırılma prosesi, b soyuma prosesi).

TiC nanokristalları üçün xüsusi istilik tutumunun temperatur asılılıqları həm qızma, həm də soyuma prosesləri üçün şəkil 2-də verilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi, nisbətən yüksək temperaturlarda müəyyən qədər kənarlaşmalar mövcuddur.

Təcrübələr aparılan bütün temperatur oblastında xüsusi istilik tutumunun ədədi qiymətinin müsbət olması, endotermik proseslərə uyğundur. Soyuma prosesində xüsusi istilik tutumunun ədədi qiyməti qızma prosesi ilə müqayisədə çox az dəyişir (şəkil 2b). Həm qızma, həm də soyuma proseslərində, qamma şüalanmanın təsiri ilə xüsusi istilik tutumunun ədədi qiymətinin azalması müşahidə olunur. Bu azalma maksimum dozada şüalanmada üç dəfəyə qədərdir. Bu isə onu deməyə əsas verir ki, nisbətən yüksək dozalarda qamma şüalanma bu materiallarda istilik daşınma proseslərinə birbaşa təsir edir. İlkin yanaşmada hesab olunur ki, bu azalmaya qamma şüalanmanın təsiri ilə nanokristallik TiC hissəciklərinin qismən oksidləşməsi səbəb olur. Azalmanın temperaturun nisbətən yüksək qiymətlərində daha kəs-

kin hal alması, oksidləşmə prosesinin temperaturun təsiri ilə sürətlənməsinin göstəricisidir.

## 5. NƏTİCƏLƏR

Qamma şüalanmadan öncə və sonra aparılan müqayisəli analizlərdən məlum olmuşdur ki, ionlaşdırıcı şüalanmanın təsiri altında temperaturun təqribən 1300K qiymətinə qədər nanokristallik TiC hissəcikləri davamlı fiziki xassəyə malikdir. Belə ki, qamma şüalanma nanokristallik TiC hissəciklərinin aktivləşmə enerjisinə təsir etmədiyi aşkar olunmuşdur (aktivləşmə enerjisi tipik qiymətə yaxın qiymət alınmışdır). Xüsusi istilik tutumunun temperatur asılılıqlarından məlum olmuşdur ki, nanokristallik TiC hissəcikləri qamma şüalanma və temperaturun təsiri ilə qismən oksidləşir. Məhz bunun nəticəsidir ki, nanokristallik TiC hissəciklərinin xüsusi istilik tutumunun ədədi qiyməti temperaturun maksimum qiymətində təqribən üç dəfəyə qədər azalır.

- [1] *Xinlong Yu et al.* "Microstructures and properties of nickel-titanium carbide composites fabricated by laser cladding" *Ceramics International* 48, 2022, 21773-21780.
- [2] *Xiaoqin Li et al.* *Journal of Colloid and Interface Science* 631, 2023, 182-190.
- [3] *Kumar Vikrant et al.* "Two-dimensional titanium carbide (MXene)-supported Pt3Ti intermetallic compound catalysts for efficient room-temperature oxidative removal of gaseous formaldehyde" *Materials Today Nano* 21, 2023, 100283.
- [4] *Zhiqiang Wang et al.* *Journal of Molecular Liquids* 367, 2022, 120578.
- [5] *Muhammad Tahir et al.* *Journal of Energy Chemistry* 76, 2023, 295-331.
- [6] *Maryam Kazemi et al.* "Application of response surface methodology in determining the optimal wear properties of the titanium carbide reinforced AISI H13 hot working tool steel fabricated by pulsed laser method" *Surface and Coatings Technology* 404, 2020, 126478.
- [7] *Huimeng Feng et al.* *Applied Catalysis B: Environmental* 266, 2020, 118609.
- [8] *Umair Baig et al.* "Composite ceramic membrane containing titanium carbide as an active layer: Fabrication, characterization and its application in oil/water separation" *Results in Chemistry* 4, 2022, 100642.
- [9] *Haridas B. Parse et al.* *Applied Surface Science* 458, 2018, 819-826.
- [10] *I.R. Shein et al.* *Computational Materials Science* 65, 2012, 104-114.
- [11] *Patrice Berthod et al.* *Materials Chemistry and Physics* 212, 2018, 260-267.
- [12] *Guixia Wang et al.* *Journal of Electroanalytical Chemistry* 900, 2021, 115708.
- [13] *Sandor Barany et al.* *Journal of Colloid and Interface Science* 275, 2004, 148-157.
- [14] *Jianhua Ma et al.* *Materials Science and Engineering: B* 153, 2008, 96-99.
- [15] *Elchin Huseynov, et al.* "Study of blend composition of nano silica under the influence of neutron flux" *Nano Convergence* 2014 1:21.
- [16] *Elchin Huseynov, Anze Jazbec.* *Silicon* 11/4, 1801-1807, 2019.
- [17] *Elchin M. Huseynov.* *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 286, 122032, 2023
- [18] *Elchin M. Huseynov, Tural G. Naghiyev, et al.* *Ceramics International* 47, 5, 7218-7223, 2021.
- [19] *Elchin Huseynov, et al.* *International Journal of Modern Physics B* 32/7, 1850074, 2018.
- [20] *Elchin Huseynov, et al.* *Silicon* 10/2, 191-196, 2018.
- [21] *Elchin M. Huseynov, et al.* *Radiation Physics and Chemistry* 195, 110087, 2022.
- [22] *Elchin M. Huseynov, Tural G. Naghiyev, Nijat R. Abbasov.* *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures* 139, 115124, 2022.
- [23] *P.Stabile et al.* *Chemical Geology* 559, 2021, 119991.
- [24] *Elchin M. Huseynov, Tural G. Naghiyev.* *Applied Physics A* 128, 115, 2022.
- [25] *Elchin M. Huseynov & Tural G. Naghiyev.* *Applied Physics A* 127, 267, 2021.
- [26] *K.A. Okotrub et al.* *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Biomembranes* 1863, 2021, 183514.
- [27] *Baptiste Zuber et al.* "Beeswax-rosin mixtures in historical wet collection sealants: Qualitative analysis of their composition by DSC and ATR-FTIR spectroscopy" *Vibrational Spectroscopy* 117, 2021, 103310.

**Raisa R. Hakhiyeva**

**INVESTIGATION OF THE EFFECT OF GAMMA RADIATION ON THE THERMAL PROPERTIES OF TiC NANOPARTICLES**

TiC nanoparticles were irradiated with different doses of gamma rays. The thermal properties of nanoparticles were compared before and after irradiation. DSC (Differential Scanning Calorimetry) analyses were performed before and after gamma irradiation. The oxidation degree of titanium carbide (TiC) nanoparticles was investigated in the temperature range of  $300\text{K} < T < 1300\text{K}$ . Partial oxidation was observed in the DSC curves after irradiation.

**Раиса Р. Гахыева**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ НА ТЕРМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ TiC**

Наночастицы TiC облучали различными дозами гамма-лучей. Сравнивались тепловые свойства наночастиц до и после облучения. Анализы ДСК (дифференциальной сканирующей калориметрии) проводили до и после гамма-облучения. Исследована степень окисления наночастиц карбида титана (TiC) в интервале температур  $300\text{K} < T < 1300\text{K}$ . На кривых ДСК после облучения наблюдалось частичное окисление.

*Qəbul olunma tarixi: 25.11.2022*