



AZƏRBAYCAN ELM FONDU

**Azərbaycan Elm Fondunun
2022-ci il üçün ƏSAS qrant müsabiqəsinin
(AEF-MCG-2022-1(42)) qalibi olmuş
layihənin yerinə yetirilməsi üzrə aralıq
(rüblük olaraq 1-ci mərhələ)**

ELMİ-TEXNİKİ HESABAT

Layihənin adı: **Nano strukturlu ZrC, TiC və WC nazik təbəqələrin yüksək temperatur, radiasiya və koroziyaya dayanıqlı material kimi tətbiq imkanları**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Hüseynov Hüseyn Cəlil oğlu**

Qrantın məbləği: **200 000**

Layihənin nömrəsi: **AEF-MCG-2022-1(42)-12/03/1-M-03**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **31 mart 2023-cü il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **24 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 may 2023-cü il - 01 may 2025-ci il**

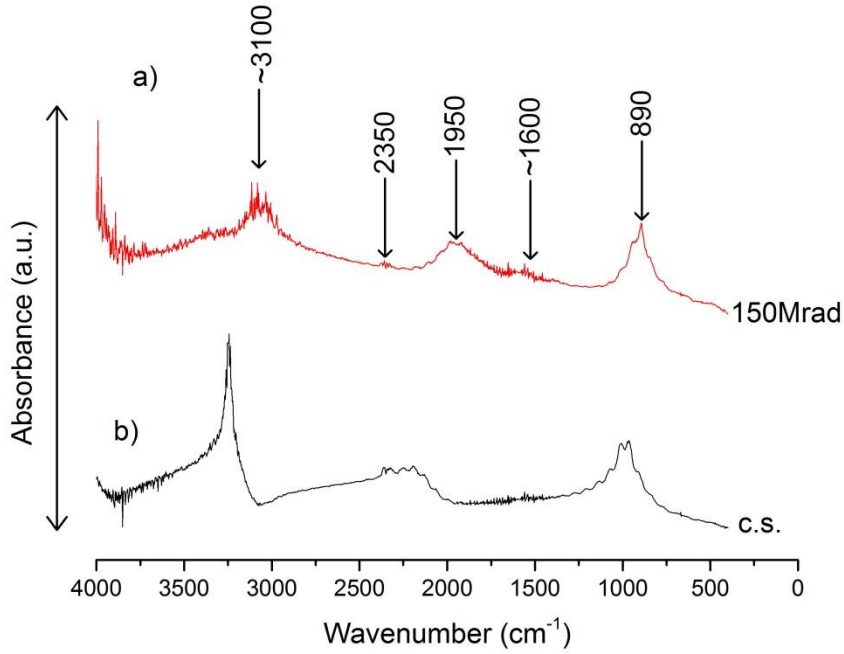
Layihənin I mərhələ üzrə (rüb) məbləği:

Hesabatda aşağıdakı məsələlər işıqlandırılmalıdır:

1 Layihənin həyata keçirilməsi üzrə cari rübdə yerinə yetirilmiş **elmi işlər**

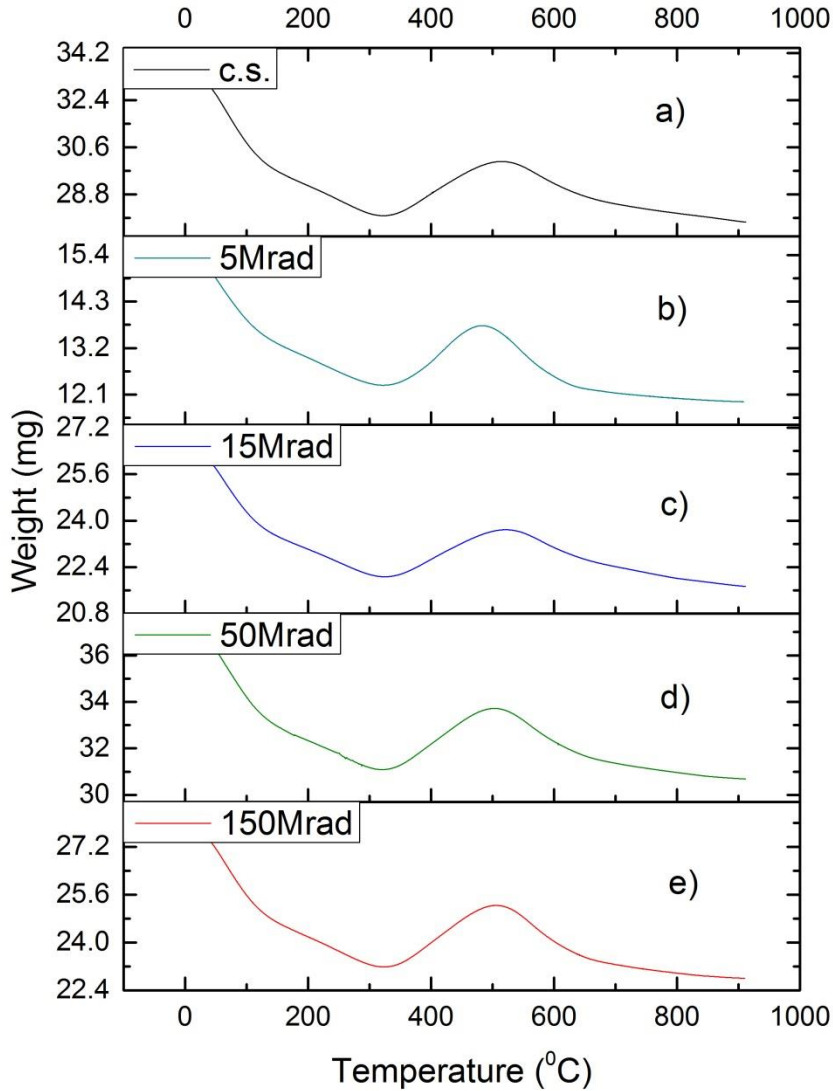
Layihənin birinci mərhələsi üzrə aparılan tədqiqat işləri əsasən nümunələrinin struktur, termik və infraqırmızı analizlərinə fokuslanmışdır. Qamma şüalanmadan öncə və sonra ZrC nanohissəciklərinin İQ spektrləri materialda rabitə dəyişikliklərini müqayisəli izah etməyə imkan verir. Şəkil 1-də nanokristallik ZrC hissəciklərinin qamma şüalanmadan öncə və sonra FTİR spektroskopiyası ilə təsvir edilmiş spektrləri verilmişdir. Spektrlərdən görüldüyü kimi qamma şüalanmadan sonra nanokristallik ZrC hissəciklərində qismən dəyişiklik müşahidə olunmuşdur (Şəkil 1a). Dalğa ədədinin təqribən 890cm^{-1} və 1600cm^{-1} qiymətlərinə uyğun gələn və adətən Zr-O-C rabitələrini izah edən pik 150Mrad qamma şüalanma nəticəsində daha kəskin hal almışdır. İkinci yarımda bu hal qamma şüalanma nəticəsində nanohissəciyin səthində kəskin oksidləşmə ilə izah edilə bilər. Belə ki, qamma şüalanmanın təsiri nəticəsində nanohissəcik səthində qırılan Zr və C əsaslı rabitələr atmosferdə olan oksigenlə qarşılıqlı təsirə girərək Zr-O-C rabitələrini yaradır. Yeni yaranmış Zr-O-C rabitələrinin konsentrasiyasının artması nəticəsində İR spektrində dalğa ədədinin 890cm^{-1} qiymətinə uyğun pik kəskin hal alır. Eyni zamanda, ümumi yarımda şüalanmamış nümunələrlə müqayisədə şüalanma nəticəsində spektrə müəyyən qədər şum müşahidə olunur. Bunu isə qamma şüalanmanın təsiri nəticəsində materialın az miqdarda amorflaşması ilə izah etmək olar. lakin amorflaşma haqqında daha dəqiq məlumat vermək

üçün daha çox analitik təcrübələrə ehtiyac vardır.



Şəkil 1. Nano ZrC hissəciklərinin qamma şüalanmadan sonra (a) və öncə (b) FTIR spektrləri.

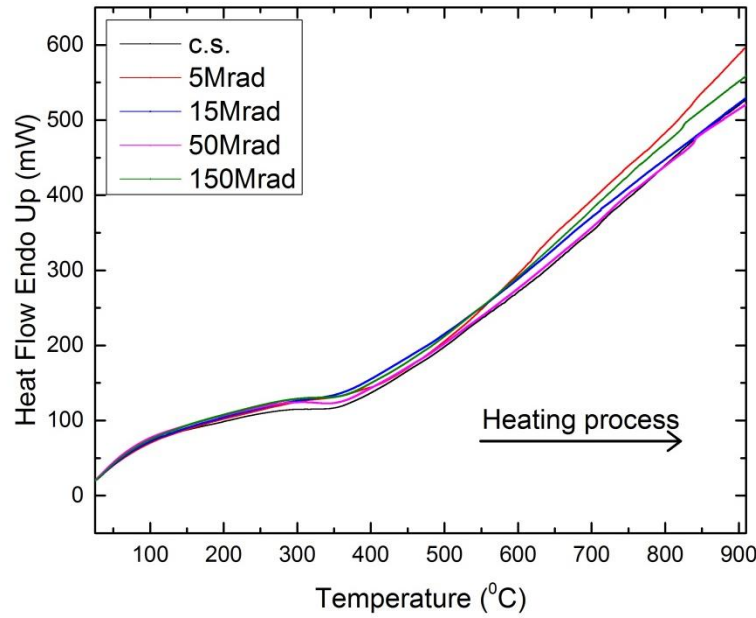
Qeyd etmək önəmlidir ki, şüalanmadan öncə sadəcə Zr-C rabitələrini izah edən dalğa ədədlərinin 1010sm⁻¹ və 1380sm⁻¹ qiymətlərinə uyğun gələn piklər, dalğa ədədinin 890sm⁻¹ qiymətinə uyğun gələn pikin güclənməsi fonunda itmişdir. Lakin reallıqda, nanomaterial daxilində Zr-C rabitələri mövcuddur və dalğa ədədinin 890sm⁻¹ qiymətinə uyğun gələn pikin daxilindədir. Eyni zamanda C-OH qrupları və C-O rəqslərini dalğa ədədinin 1950sm⁻¹ və 2350sm⁻¹ qiymətləri ilə xarakterizə olunur və şüalanma nəticəsində qismən kəskin hal alır. Məlumdur ki dalğa ədədinin ~3000sm⁻¹ qiymətində müşahidə olunan piklər adətən səthi aktiv nanohissəciklərdə adsorbsiya olunan OH qrupları ilə izah olunur. Nanohissəcik səthində sözügedən OH qrupları və oksidləşməni izah etmək üçün TG spektrlərini nəzərdən keçirmək faydalıdır (Şəkil 2). Qamma şüalanmadan öncə və müxtəlif dozalarda şüalanmış nümunələrin TG ayrılərində ilkin yanaşmada müəyyən dəyişiklik müşahidə olunur.



Şəkil 2. Nano ZrC hissəciklərinin qamma şüalanmadan öncə (a) və sonra (b, c, d, e) TG ayriləri

Şəkildən görüldüyü kimi, həm şüalanmadan öncə, həm də şüalanmadan sonra temperaturun təqribən 300°C qiymətinə qədər nanohissəciyin kütləsi temperaturun təsiri ilə azalır. Bu isə adətən nanohissəcikdə adsorbsiya olunan OH qruplarının materialı tərk etməsi ilə izah olunur. Məlumdur ki, nanomateriallar çox böyük xüsusi səth sahəsinə (Specific Surface Area - SSA) malikdirlər və bu tip materiallar səthi aktiv olur ki, bu da onların atmosferlə təmasından dərhal su və ya digər birləşmələri nanohissəcik səthində asılı hala salırlar. Aktiv səth ətraf mühətdən H₂O və OH qrupları ilə zəyif qarşılıqlı təsirdə xemosorbsiya olur. Temperaturun xətti artması zəyif qarşılıqlı təsiri parçalayır. Termik ayrılərin müşahidəsindən belə nəticəyə gəlmək olar ki, temperaturun artması nəticəsində nanomaterialda mövcud asılı su və ya digər qatışıqlar sistemi tərk etməyə başlayır. Bu proses temperaturun təqribən 370°S qiymətlərində bitir. Temperaturun təqribən 300-500°C intervalında nanohissəciklərin kütləsində artım müşahidə olunur ki, bunu da İR spektrlərində izah etdiyimiz oksidləşmə prosesi ilə izah etmək olar. Lakin temperaturun T>500°C qiymətində kütlədə yenidən azalma müşahidə olunur ki, bu halı nanohissəciyi tərk edən CO₂ qazı ilə izah etmək olar. Lakin CO₂

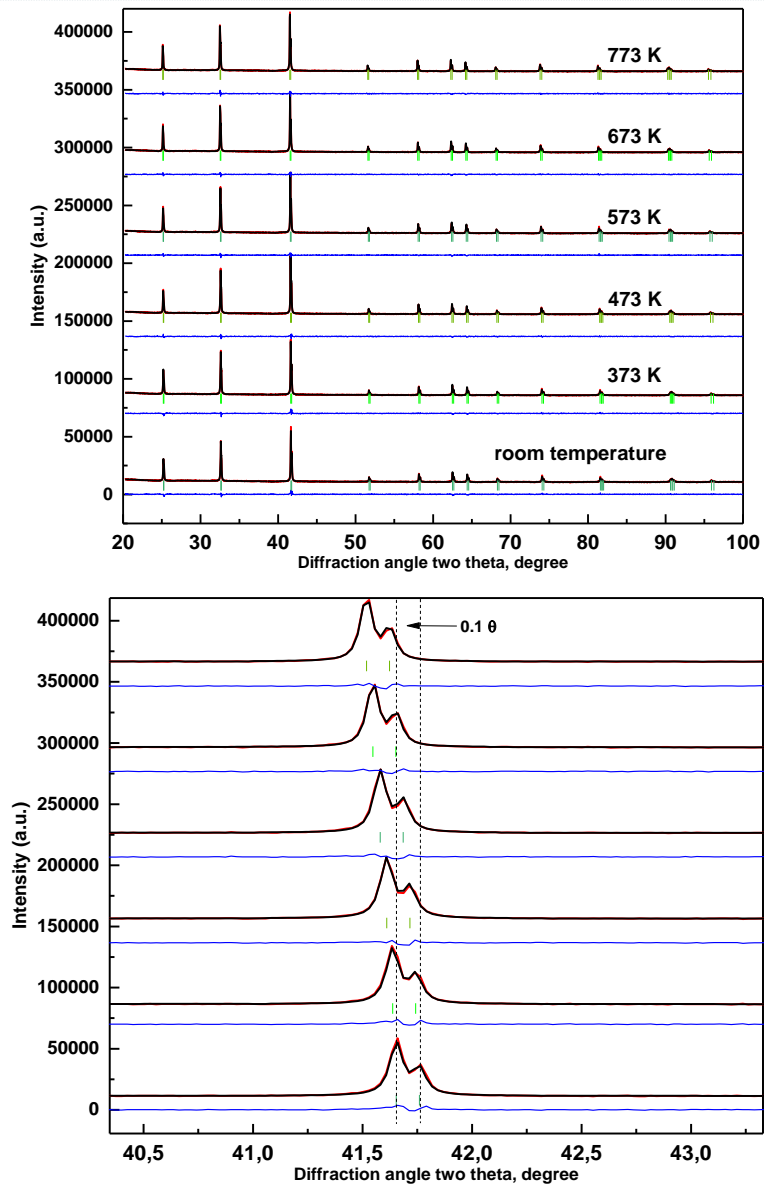
qazının yaranması və nanohissəciyi tərk etməsi haqqında daha dəqiq məlumat üçün, əlavə analitik təcrübələr ehtiyac duyulur. Baxmayaraq ki, CO₂ qazının mövcudluğu və qamma şüalanmanın təsir ilə artması (temperaturun təsirinə oxşar olaraq) İR spektrlərində müşahidə edilmişdir. Bu halda daha dəqiq məlumat almaq məqsədilə, təqdim olunan işdə nanokristallik ZrC hissəciklərinin DSC spektrləri qamma şüalanmadan öncə və sonra 25-950C temperatur aralığında tədqiq olunmuşdur. Şəkil 3-də qamma şüalanmadan öncə və sonra uyğun DSC spektrlər təsvir edilmişdir. İlkin yanaşmada spektrlərdən görüldüyü kimi, atmosferdən adsorbsiya olunan suyun və ya digər aşqar elementlərin sistemdən çıxması müşahidə olunur.



Şəkil 3. Nano ZrC hissəciklərinin qamma şüalanmadan öncə və sonra DSC spektrləri

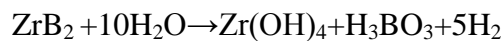
Qızma prosesində alınmış DSC spektrlərindən görüldüyü kimi temperaturun təqribən 370C qiymətinə qədər nanohissəciklərdə adsorbsiya olunan OH qrupları materialı tərk edir. Qızma prosesində temperaturun 400-450C qiymətindən sonra DSC spektrində demək olar ki dəyişiklik müşahidə olunmur. T>400C temperatur intervalında nanokristallik ZrC hissəciklərində istilik axımı temperaturun demək olar ki xətti artan funksiyası kimi dəyişir. Təəssüf ki, DSC spektroskopiyası ilə 300-500C temperatur intervalında mövcud oksidləşməni müşahidə etmək mümkün olmur. Bu isə nanomaterialda T>400C temperatur intervalında DSC spektrləri ilə heç bir dəyişikliyi müşahidə edə bilməməyimiz nəticəsində gəlir.

Tədqiqat layihəsinin birinci mərhələsi üzrə otaq temperaturundan (100 K addımla) ZrB₂ nano kristallarının 373 K, 473K, 573K, 673K və 773K temperaturunda difraksiyası spektrləri araşdırılmışdır. Otaq temperaturunda difraksiyası spektrləri ZrB₂ kristalının heksoqonal fəza strukturuna və yüksək təmizlik dərəcəsinə (99.2 %) malik olduğu göstərilmişdir (Şək.4.). Difraksiya spektrlərinin zirvələri (001), (100), (101), (002), (110), (102), (111), (200), (201), (112), (003), (202), (103) və (210) əmsalları ilə indekslənmişdir. Nəzəri və təcrübi hesablamalar ZrB₂ kristalını (P 63/m m c) heksoqonal fəza quruluşunda, a=b= 3.1650 Å və c = 3.5200 Å qəfəs parametrləri və qəfəs həcminə V₀ = 30.5366 Å malik olduğunu göstərir. Eyni zamanda temperaturdan asılı olaraq difraksiya piklərinin 0.1 theta qədər sola sürüşməsi müşahidə olunmuşdur. Piklərin sola sürüşməsi ZrB₂ kristallarının aktiv səthində su və OH qruplarının parçalanması ilə bağlıdır.

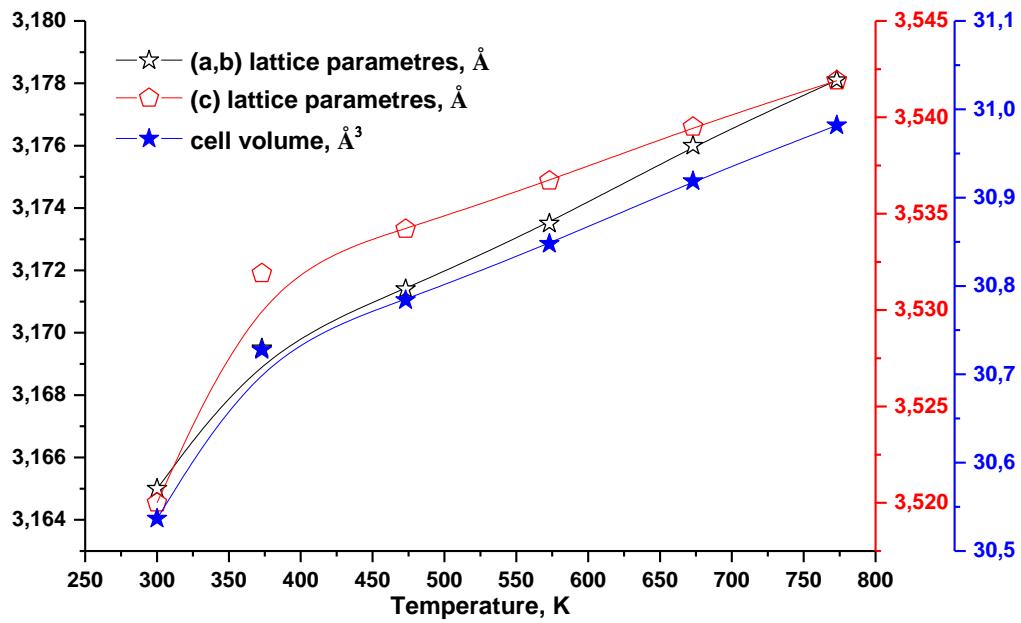


Şəkil 4. Müxtəlif temperaturda sirkonium diboridin difraksiya spektrləri.

Şəkil 5-də 300-773 K temperatur intervalında zirkonium diboride kristalında qəfəs parametrlərinin və həcmnin artması göstərilmişdir. Qəfəs parametrlərinin genişlənmə mexanizmi iki hissəyə bölünür. Birinci hissədə 373 K qədər sürətli (prosesin sürəti $5.0 \times 10^{-4} \text{ \AA}^3/\text{K}$), ikinci fazada (prosesin sürəti $6.4 \times 10^{-4} \text{ \AA}^3/\text{K}$) zəyif sürətlə artması baş verir. Qəfəs parametrlərinin ikili mexanizimlə artması temperatur və aktiv səthə malik nano zirkonium diboride kristallarının səthində zəyif kimyəvi qarşılıqlı təsirdə olan su molekullarının temperaturun təsiri nəticəsində parçalanması və reaksiya məhsulu kimi $\text{Zr}(\text{OH})_4$, H_3BO_3 , H_2 ayrılması ilə bağlıdır.

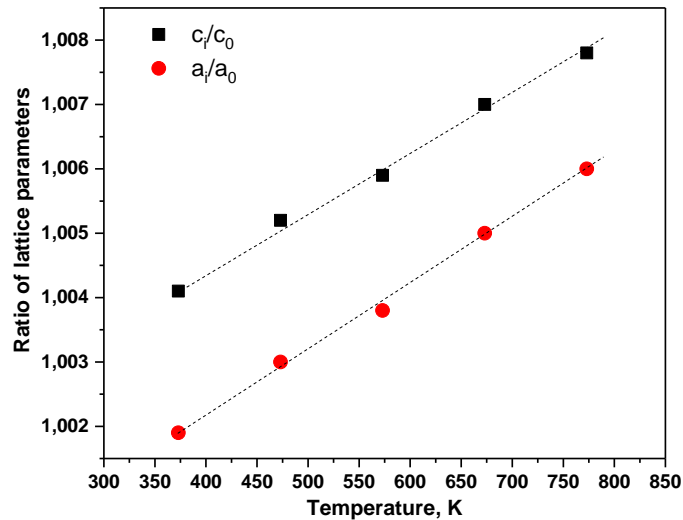


Digər tərəfdən 300-773K temperatur intervalında struktur faza keçidi müşahidə olunmamışdır.



Şəkil 5. 300-773 K temperatur intervalında zirconium diboride kristalında qəfəs parametirləri və həcmnin dəyişməsi

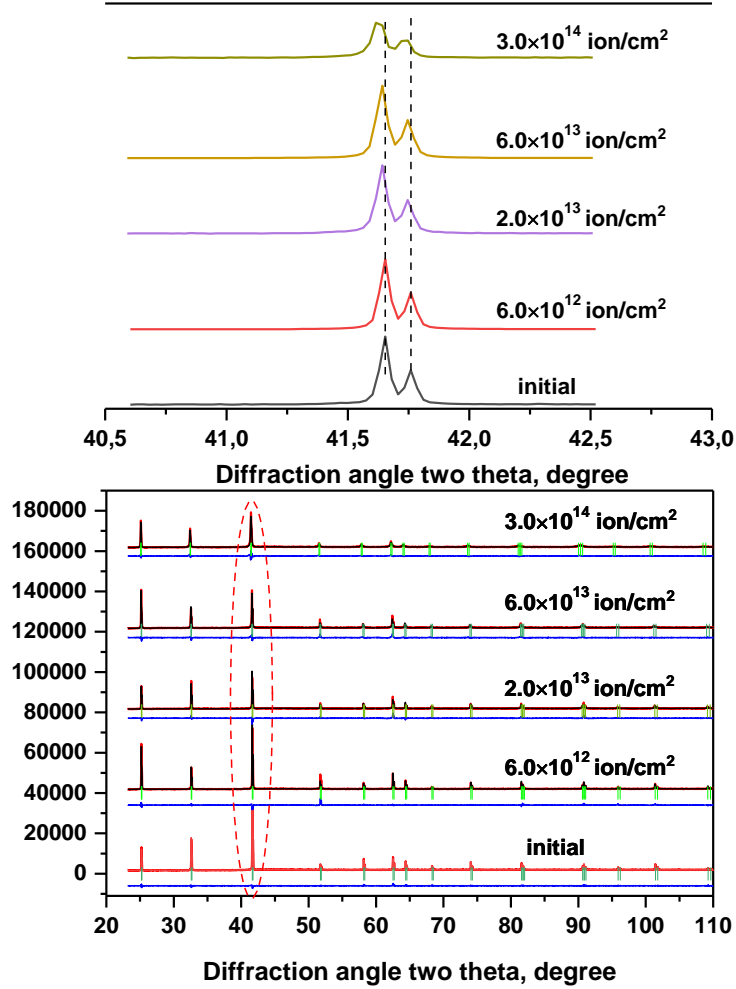
Təcrübədən alınan nəticələrin müqayisəli təhlilindən görüldüyü kimi temperaturun təsiri ilə difraksiya piklərinin intensivlikləri artır və difraksiya pikləri sola sürüşür. Lakin temperatur artması ilə piklərin intensivliyi və minimal maksimal hündürlükdə yarım genişlik (FWHM) 303-773K temperatur aralığında 9.19-dən 9.16 qədər azalır. 300-573K temperatur intervalında atomlar arası su molekullarının və hidrokسيد qruplarının tam parçalanma prosesi bitir, atomların kordinat düzülüşü və kristal strukturdakı vakansiyaların rekombinasiyası və temperatur artması ilə atomlar yüksək kinetik enerji ilə rəqsi hərəkəti artır.



Şəkil 6. 300-773 K temperatur intervalında zirconium diboride kristalında qəfəs parametirləri a və c oxları üzrə dəyişmə qanunauyğunluqları

Polikristallik xassələr malikr heksogonal quruluşlu ZrB_2 kristalı temperaturun təsiri ilə genişlənməsi a və c qəfəs oxlarının dəyişməsinə təsir edir. Temperaturun təsiri ilə kristalın genişlənmə əmsalı ZrB_2 kristalı üçün 6.0×10^{-6} 1/K bərabərdir. Şəkil 4-də 167 MeV enerjili sürətli ağır $^{132}Xe^{26+}$ ionları ilə 6.0×10^{12} ion/cm², 2.0×10^{13} ion/cm², 6.0×10^{13} ion/cm², və 3.0×10^{14} ion/cm² flux şüalanmış

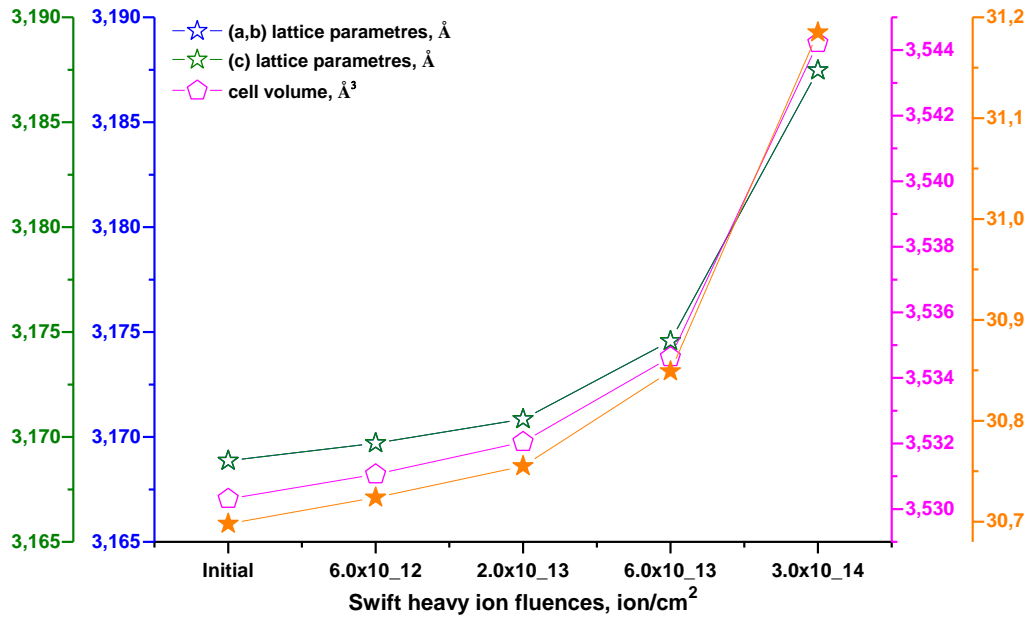
heksogonal spaces grupa malik ZrB_2 kristalının difraksiya spektrləri göstərilmişdir. 2θ bucağının geniş intervalında (up to 110°) difraksiya piklərinin (001), (100), (101), (002), (110), (102), (111), (200), (201), (112), (003), (202), (103), (210), (211) və (113) kristalloqrafik indeksləri müəyyən olunmuşdur. Sürətli ağır ionun fluences artması ilə difraksiya piklərinin intensivliyinin azalması (amorflaşma) və iki theta nın qiymətində sola sürüşmə müşahidə olunur.



Şəkil 7. Müxtəlif sürətli ağır ionların şüalanması altında sirkonium diboridin difraksiya spektrləri.

Şüalanmamış zirconium diboride kristalında difraksiya pikləri kəskin dublet quruluşa malikdir. Sürətli ağır $^{132}\text{Xe}^{26+}$ ionları ilə şüalanmadan sonra yüksək intensivlikli piklərdə azalma, 2θ böyük qiymətlərində mövcud zəif intensivlikli difraksiya piklərinin tam şəkildə degradasiyası baş verir. İon şüalanma səthi xarakterli defektlər, vakansiyalar və səthin degradasiyasını formalaşdırır. Struktur dəyişiklikləri kristalda uzaq nizamlılığı pozur ki, bu da öz növbəsində piklərin genişlənməsini və kiçik intensivlikli piklərin tam degradasiyasını formalaşdırır. Şüalanma intensivliyinin artması ilə kristalın səthi boyunca amorflaşma dərəcəsi 15.1%-dən, 17.4 %-ə qədər artır. Difraksiya maksimumlarının intensivliyinin azalması və sola doğru sürüşmə Rietveld metodu tətbiq edilməklə (101) indeksləşmiş pik iki tetanın 41.6514° qiymətindən 41.4264° qədər sürüşməsi müşahidə olunmuşdur. Şəkil 5-də müxtəlif fluxs şüalanmış nano zirconium diboride kristalının qəfəs parametrlərinin və həcmnin dəyişməsi göstərilmişdir. Qəfəs parametrlərinin artması iki hissəyə bölünür. Sürətli ağır $^{132}\text{Xe}^{26+}$ ionlarının 6.0×10^{13} ion/cm² flux sonra sıçrayışlı artması baş verir. Ağır ionların təsiri altında qəfəs parametrlərinin artması səthi amorfizasiyanın baş verməsi ilə bağlıdır. Bu zaman kristalın səthində

müxtəlif ölçülü şişlər və lokallaşmış amorf izlər yaranır.



Şəkil 8. 167 MeV enerjili sürətli ağır $^{132}\text{Xe}^{26+}$ ionlar ilə müxtəlif fluences şüalanmış zirconium diboride kristalının qəfəs parametirləri və həcmi

- 2 Layihənin həyata keçirilməsi üzrə planda nəzərdə tutulmuş işlərin yerinə yetirilmə dərəcəsi (cari rüb üçün, faizlə qiymətləndirməli)
100%
- 3 Hesabat dövründə alınmış **elmi nəticələr**, onların yenilik dərəcəsi

Aparılan analizlər nəticəsində məlum olmuşdur ki, dalğa ədədinin 890cm^{-1} və 1600cm^{-1} qiymətlərinə uyğun gələn və adətən Zr-O-C rabitələrini izah edən piklər 150Mrad qamma şüalanma nəticəsində daha kəskin hal alır. İşdə bu hal qamma şüalanma nəticəsində nanohissəciyin səthində kəskin oksidləşmə ilə izah edilmişdir. Eyni zamanda, ümumi yanaşmada şüalanmamış nümunələrlə müqaisədə qamma şüalanma nəticəsində spektrə müəyyən qədər şumun müşahidə olunması amorflaşma ilə izah olunmuşdur. Məlum olmuşdur ki, şüalanmadan öncə sadəcə Zr-C rabitələrini izah edən dalğa ədədlərinin 1010cm^{-1} və 1380cm^{-1} qiymətlərinə uyğun gələn piklər, şüalanmadan sonra dalğa ədədinin 890cm^{-1} qiymətinə uyğun gələn pikin güclənməsi fonunda itmişdir. C-OH qrupları və C-O rəqslərini dalğa ədədinin 1950cm^{-1} və 2350cm^{-1} qiymətləri ilə xarakterizə olunmuşdur. DSC və TG ayrılərindən məlum olmuşdur ki, nanohissəcik səthində adsorbsiya olunan əlavə OH qrupları temperaturun 300C qiymətinə qədər qızma zamanı sistemi tərk edir. TG ayrılərindən məlum olmuşdur ki $300\text{-}500$ temperatur oblastında nanohissəciklərdə baş verən oksidləşmə nəticəsində kütlə qismən artır. Eyni zamanda temperaturun $T > 500\text{C}$ qiymətində kütlədə yenidən azalma müşahidə olunur ki, bu hal da nanohissəciyi tərk edən CO_2 qazı ilə izah edilmişdir.

Təqdim olunan hesabat dövründə ZrB_2 nano kristallarının $373\text{-}773\text{K}$ temperatur intervalında struktur analizini tədqiq olunmuşdur. Difraksiyası spektrləri ZrB_2 kristalının heksoqonal fəza strukturuna və yüksək təmizlik dərəcəsinə (99.2 %) malik olduğu göstərilmiş və kristalını (P 63/m m c) heksoqonal

fəza quruluşu, 3.1650 Å və 3.5200 Å qəfəs parametri və qəfəs həcminə 30.5366 Å malik olduğu müəyyən olunmuşdur. Temperaturdan asılı olaraq difraksiya piklərinin sürüşməsi müşahidə olunmuş ki, kristallarının aktiv səthində su və OH qruplarının parçalanması ilə bağlıdır. Temperaturun təsiri altında qəfəs parametirlərinin ikili mexanizimlə artması temperatur və aktiv səthə malik nano zirconium diboride kristallarının səthində zəyif kimyəvi qarşılıqlı təsirdə olan su molekullarının temperaturun təsiri nəticəsində parçalanması və reaksiya məhsulu kimi $Zr(OH)_4$, H_3BO_3 , H_2 ayrılması ilə bağlıdır. Polikristallik xassələr malikr heksogonal quruluşlu ZrB_2 kristalı temperaturun təsiri ilə genişlənməsi 6.0×10^{-6} 1/K müəyyən olunmuşdur. 167 MeV enerjili sürətli ağır $^{132}Xe^{26+}$ ionları ilə 6.0×10^{12} ion/cm², 2.0×10^{13} ion/cm², 6.0×10^{13} ion/cm², və 3.0×10^{14} ion/cm² flux şüalanmış zirconium diboride kristalında difraksiya pikləri kəskin dublet quruluşa malikdir. $^{132}Xe^{26+}$ ionları ilə şüalanmadan sonra yüksək intensivlikli piklərdə azalma, zəif intensivlikli difraksiya piklərinin tam şəkildə degradasiyası baş verir. Ağır ion fluxes artması ilə ilə kristalın səthi boyunca amorflaşma dərəcəsi 15.1%-dən, 17.4 %-ə qədər artır. müxtəlif fluxs şüalanmış nano zirconium diboride kristalının qəfəs parametirlərinin artması iki hissəyə bölünür. Sürətli ağır $^{132}Xe^{26+}$ ionlarının 6.0×10^{13} ion/cm² flux sonra sıçrayışlı artması baş verir. Ağır ionların təsiri altında qəfəs parametirlərinin artması səthi amorfizasiyanın baş verməsi ilə bağlıdır. Yüksək təzyiqdə struktur analizləri göstərir ki, qəfəs parametirlərinin Zr–B and B–B bonds üzrə dəyişməsi birincinslidir.

4 Layihənin yerinə yetirilməsi zamanı istifadə olunan üsul və yanaşmalar

Tədqiqatda xüsusi səth sahəsi 70 m²/q olan 20 nm ölçülü hissəciklərdən ibarət toz halında nano ZrC birləşməsindən istifadə olunmuşdur. Kubik modifikasiyalı ZrC nanohissəciklərinin nano halda sıxlığı 0.08q/sm³ və həqiqi sıxlığı isə 6.1 q/cm³ kimidir. Tədqiqat AMEA-nın Radiasiya Problemləri İnstitutunun “Şüalanma mərkəzində” 186.27rad/san aktivliyə malik Co-60 mənbəsi ilə otaq temperaturunda şüalandırılmış nümunələr üzərində aparılmışdır. Nümunələr 5Mrad, 15Mrad, 50Mrad və 150Mrad kimi müxtəlif dozalarda şüalandırılmışdır. İQ təcrübəsi üçün hazırlanmış nümunələrin infraqırmızı spektrləri otaq temperaturunda “Varian 640 FT-IR” cihazında dalğa ədədinin (fəza tezliyinin) 400 – 4000 sm⁻¹ diapozonunda çəkilmişdir. Eyni zamanda nümunələrin DSC spektrləri “Perkin Elmer” STA 6000 cihazında 25-950C temperatur intüervalında və 5C/dəq isitmə sürəti ilə çəkilmişdir. Yanma məhsullarının sistemdən xaric edilməsi və kondensasiya prosesinin qarşısının alınması məqsədi ilə arqon təsirsiz qazından istifadə edilmiş və sistemə 20 ml/dəq sürət ilə verilir. Standar 177,78 mg alminium–oksid əsaslı pəndən istifadə olunmuşdur. Termocüt üzərində yerləşdirilmiş elektron qeydedici vasitəsi nümunə 10⁻⁶q dəqiqliyi ilə nümunənin kütləsi təyin olunur və avtomatik rejimdə qeyd olunur. Təcrübələrdə alınmış və sonradan nəzəri olaraq hesablanmış qiymətlərə uyğun alınan bütün nəticələr “OriginPro 9.0” proqramında qrafik olaraq təsvir edilmişdir. Digər tərəfdən, eksperimental olaraq tədqiq edilmiş material altıbucaqlı sirkonium diborid nümunəsidir. Bu tədqiqat üçün kütlə sıxlığı 0,23 q/sm³, hissəcik ölçüsü < 43 nm, SSA 80-120 m²/q və təmizliyi 99,5 % (US Research Nanomaterial, Inc., TX, ABŞ) olan sirkonium diborid nano tozundan istifadə edilmişdir. Statik şəraitdə (atmosfer təzyiqi) sirkonium diborid nümunəsi radiasiya 167 MeV $^{132}Xe^{26+}$ ionları ilə IC100 siklotronunda Flerov Nüvə Reaksiyaları Laboratoriyasında (FLNR), Dubna, Birgə Nüvə Tədqiqatları İnstitutunda (JINR) həyata keçirilib. Bütün nümunələr otaq temperaturunda 6.0×10^{12} , 2.0×10^{13} , 6.0×10^{13} və 3.0×10^{14} ion/sm² radiasiyaya məruz qalmışdır. Şüalanma zamanı nümunələrin temperaturu 50 °C-dən çox olmamışdır. Kristal quruluşu, fəza tərkibi, tekstura və taxıl ölçüsü 20-100°

	<p>0/20 həndəsə diapazonunda Cu Ka radiasiya (1.5405nm) ilə EMPYREAN (PANalytical) difraktometrindən istifadə etməklə rentgen şüalarının difraksiyası (XRD) ilə əldə edilmişdir. 0,02°/dəq addımla, 3°-lik hadisə bucağında. Nümunələrin kristal quruluşu otaq temperaturundan 500 °C-yə qədər qızdırma və soyutma sürəti 10 °C/dəq olan Anton Paar HTK 1200N sistemindən istifadə etməklə tədqiq edilmişdir.</p>
5	<p>Layihə üzrə elmi nəşrlər (məqalələr, monoqrafiyalar, icmallar, konfrans materialları, tezislər) (dərç olunmuş, çapa qəbul olunmuş və çapa göndərilmişləri ayrılıqda qeyd etməklə) (<i>surətlərini əlavə etməli!</i>)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Elchin M. Huseynov & Raisa R. Hakhiyeva "Investigation of gamma irradiated nanocrystalline titanium carbide particles using thermal methods" Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry volume 332, 3779–3785, 2023 https://link.springer.com/article/10.1007/s10967-023-09077-y 2. M.N. Mirzayev, K.M. Hasanov, A.C. Parau, E. Demir, A.S. Abiyev, Tamer Karaman, S.H. Jabarov, M. Dinu, E.P. Popov, A. Vladescu, Effect of the C/N ratio modification on the corrosion behavior and performance of carbonitride coatings prepared by cathodic arc deposition, Journal of Materials Research and Technology, 27 (2023) p.1724-1738. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2238785423024432?via%3Dihub 3. Elchin M. Huseynov, Gulnar I. Muradova, Ravan N. Mehdiyeva, Raisa R. Hakhiyeva, Tural G. Naghiyev, Nizami M. Mehdiyev, Sevinj Z. Melikova, and Ulviyya S. Aliyeva-Cabbarli "The investigation gamma-irradiated nanocrystalline ZrC particles using infrared, DSC and TG methods" Modern Physics Letters B, Online Ready https://www.worldscientific.com/doi/10.1142/S0217984923501762
6	<p>İxtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər</p> <p>Yoxdur</p>
7	<p>Layihə üzrə ezamiyyətlər</p> <p>Təqdim olunan layihə çərçivəsində 01.08.2023 - 05.08.2023 tarixlərində Türkiyə Respublikasının Ankara şəhərində yerləşən Ankara Universitetində ezamiyyətdə olunmuş və Universitetinin elmi-pedoqoji heyəti ilə elmi müzakirələr aparılmışdır. Birgə müzakirələr zamanı qeyd olunmuşdur ki, son illərdə TiC, ZrC və WC daxil olmaqla karbid və nitrid əsaslı nazik təbəqələrin yüksək mexaniki və elastik xassələr, elastik gərginlik, korroziyaya və oksidləşməyə dayanıqlığına görə genişmiqyaslı tədqiq olunmaqdadır. Bundan əlavə, TiC, ZrC və TiZrC kimi karbidlərin strukturuna amorf karbon (a-C) fazasının daxil olması səbəbindən daha yüksək mexaniki xassələr göstərməkdədir. Nazik təbəqələr üstün elektrik xassələri və oksidləşmə müqavimətinə malikdir. Ezamiyyət müddətində katod qövsün buxarlanması ilə sintez edilən TiC, ZrC və WC nazik təbəqələrin mexaniki və aşınma xüsusiyyətlərinə amorf karbon tərkibin əhəmiyyətli dərəcədə təsir etdiyi öyrənilmişdir. İnert qazının axın sürətinin artırılması təbəqədə sürtünmə əmsalının azalması ilə nəticələnir. Beləliklə, yüksək xassələri özündə birləşdirən təbəqələr nüvə qurğularında, ağır korroziya mühitində işləyən komponentləri qorumaq üçün perspektivli material kimi təklif etmək mümkündür. Elektron konsentrasiya və karbon-azot (C/N) nisbətini tənzimləməklə müxtəlif tətbiq sahələri üçün uyğunlaşdırılmışdır. Əvvəlki tədqiqatlarda katodik qövs texnikasından istifadə edilərəkən çökdürülmüş karbonitrid nazik təbəqələrin (TiZrCN, TiNbCN, TiSiCN) 3.5% NaCl məhlulunda korroziyaya davamlılıqı müəyyən edilmişdir. Nəticələr TiC nazik təbəqələrin korroziyaya qarşı daha yüksək müqavimət göstərdiyini, korroziya təsirinin qanuna uyğunluğu öyrənilmişdir. Təcrübələrdə TiCN nazik təbəqələri yüksək elektrokimyəvi davranış nümayiş etdirdi və Si, SiN və SiCN kimi amorf fazaların mövcudluğu korroziya prosesinə təsir göstərdiyi aşkar olunmuşdur. Fiziki buxar çökdürmə üsulları ilə hazırlanmış örtüklərlə müqayisədə karbonitridlər müstəsna mexaniki və oksidləşmə müqaviməti göstərir və tələb olunan tətbiqlərdə yüksək istifadə</p>

olunan materiallar kimi əhəmiyyətli dərəcədə uğurlu hesab etmək olar. Təbəqələr karbon C, Ti, Si, və Zr birləşməsi ilə xarakterizə olunan üzə mərkəzləşmiş kubik (fc) quruluşa malikdir və onların əsas komponentlərindən yüksək üstünlüklü xüsusiyyətləri göstərmişdir.

Qeyd edək ki, TiC nazik təbəqələri digər karbid əsalı örtükləri ilə müqayisədə üstün mexaniki dayanıqlıq və istilik sabitliyi göstərmişdir. TiN vasitəsilə əldə edilən artan yapışma gücü və azaldılmış daxili gərginliklə birlikdə artan çeviklik və yüksək ərimə nöqtəsi kimi TiC-dən əldə edilən sinergik faydalara aid edilə bilər. Kiçik miqdarda Zr, Nb və ya Si-nin TiZrCN, TiNbCN və TiSiCN sistemlərinə daxil edilməsinin təsiri ilə bağlı hərtərəfli araşdırmalar aparmışdır. Onların tədqiqatları aqressiv NaCl mühitlərinə məruz qaldıqda yüksək sürətli poladın korroziyaya davamlılığında əhəmiyyətli irəliləyişlərlə birlikdə gərginliyin nəzərəcarpacaq dərəcədə azaldığını və eyni zamanda yapışmanın yaxşılaşdığı aşkar olunmuşdur. Buxar çökdürmə üsulları ilə hazırlanmış bir neçə mürəkkəb Ti karbonitrid örtükləri üzərində geniş tədqiqat aparılmışdır. Bu örtüklər Cr və/və ya Si kimi ərinti elementlərinin daxil edilməsini nəzərdə tutur və nəticədə TiCrCN, TiSiCN, TiCrNbCN, TiAlSiCN, TiCrSiCN və TiCrSiCN kimi strukturların əmələ gəlməsi ilə nəticələnmişdir. Maraqlıdır ki, bu örtüklər geniş tətbiqlərdə üstün xüsusiyyətlər nümayiş etdirmişdir. Bu örtüklər arasında TiSiCN örtükləri yüksək sərtlik, aşağı sürtünmə və aşınma performansını daxil olmaqla, yaxşı qurulmuş xüsusiyyətlərinə görə xüsusi olaraq seçilmişdir. TiSiCN örtükləri maqnetron püskürtmə və ya kimyəvi buxar çökdürmə (CVD) üsullarından istifadə edərək hazırlanmışdır. Aparılan araşdırmalarda, reaktiv maqnetron sıçramasından istifadə etməklə çökdürülmüş TiCN, TiSiCN, TiCrSiCN və TiAlSiCN təbəqələr elektrokimyəvi davranışı 1 N H₂SO₄ və 0,9 % NaCl məhlulunda analiz edilmişdir. Nəticələr göstərir ki, sınaqdan keçirilmiş bütün təbəqələr hər iki korroziyalı mühitdə passiv davranış nümayiş etdirir. Maqnetron püskürməsi ilə əldə edilən örtüklərdə TiCN matrisinə Nb əlavə edilməsi 3,5 % NaCl məhlulunda daha yüksək polarizasiya müqaviməti ilə nəticələndi. TiNbCN örtüyü üçün Nyquist diaqramında daha yüksək impedans yarım dairələrini müşahidə olunmuşdur. Təbəqələrin məsələliliyinin artmasına və bununla da onların korroziyaya davamlılığının azalmasına səbəb olan artan ion bombardman ilə bağlıdır. TiNbCN örtüyü üçün müşahidə edilən daha aşağı korroziya dərəcəsi əvəzetmə prosesi ilə izah edildi, burada Nb ionları Ti ionlarını əvəz etdi və nəticədə daha sabit bir quruluş meydana gəlmişdir.

Element əvəzetmə fərqli bir enerji konfigurasiyasına gətirib çıxardır, Nb Ti(1.5) ilə müqayisədə daha yüksək elektronmənfiliyə (1.60) malikdir və nəticədə TiNbCN örtüyünün daha yüksək korroziyaya davamlılığına kömək edir. TiCN, TiCrSiCN, TiAlSiCN, TiSiCN, ZrCN, TiNbCN, TiZrCN, TiAlCN və TiAlZrCN daxil olmaqla müxtəlif karbonitrid örtükləri geniş şəkildə tədqiq edilmişdir. Ağır mühitlərdə korroziya müqavimətini qiymətləndirərkən, real şərtlərini dəqiq şəkildə analiz etmək üçün mühiti diqqətlə seçmək çox vacibdir. Tədqiqatlar göstərmişdir ki, xlorid tərkibli məhlullarda xlorid ionları (Cl⁻) materiallarda əmələ gələn yerli oksid təbəqələri vasitəsilə nüfuz edə bilər və bu təbəqələrin qoruyucu xüsusiyyətləri xüsusi materiallardan asılıdır. Nəticə etibarilə, hədəflənmiş karbonitrid örtükləri elektrolitin daxil olmasının qarşısını almaq üçün korroziya maneəsi kimi çıxış edərək, örtük-elektrolit interfeyslərində Cl⁻ ionlarını effektiv şəkildə bloklamaq potensialına malikdir. Qoruyucu örtükləri nəzərdən keçirərkən, bir neçə amil korroziya müqavimətinə təsir edə bilər, o cümlədən sınaq məhlulunun seçimi, hədəfdən substrata qədər olan məsafələr, tətbiq olunan hədəf güclər, tətbiq olunan substratın əyilmə gərginliyi, ion bombardmanı və örtük tərkibi mütəq şəkildə nəzərə alınmalıdır.

8	Layihə üzrə elmi ekspedisiyalarda iştirak Nəzərdə tutulmayıb
9	Layihə üzrə digər tədbirlərdə iştirak Nəzərdə tutulmayıb
10	Layihə mövzusu üzrə elmi məruzələr (seminarlar, konfranslar, dəyirmi masalar və s. çıxışlar) Nəzərdə tutulmayıb
11	Layihə üzrə əldə olunmuş cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materiallar

	Alınmayıb
12	Yerli həmkarlarla əlaqələr Nəzərdə tutulmayıb
13	Xarici həmkarlarla əlaqələr Nəzərdə tutulmayıb
14	Layihə mövzusu üzrə kadr hazırlıđı Nəzərdə tutulmayıb
15	Sərgilərdə iřtirak Nəzərdə tutulmayıb
16	Təcrübəartırmada iřtirak v� təcrübə mübadiləsi Nəzərdə tutulmayıb
17	Layihə mövzusu ilə bađlı elmi-kütləvi n�řl�r, kütləvi informasiya vasitələrində �ıxıřlar, yeni yaradılmıř internet səhifələri və s. Nəzərdə tutulmayıb

Layihə rəhbərinin imzası _____ Hüseynov H seyr Cəlil ođlu

Tarix 26.10.2023

QEYD: bütün hallarda uyđun olan bəndlər doldurulmalıdır.