

AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI
RADİASİYA PROBLEMLƏRİ İNSTİTUTU

Əlyazması hüququnda

FƏRİDƏ NURMƏMMƏD QIZI NURMƏMMƏDOVA

RADİASİYA-TERMİK VƏ TERMİK İŞLƏNMİŞ BERİLLİUMUN
SƏTH XASSƏLƏRİNİN TƏDQIQI

2225.01-Radiasiya materialşünaslığı

fizika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın

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

BAKI - 2016

Dissertasiya işi Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Radiasiya Problemləri İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbərlər:

k.e.d.

A.İ.Nəcəfov

f.-r.e.n.

N.N.Hacıyeva

Rəsmi opponentlər:

f.-r.e.d., prof.

Ş.Q.Əsgərov

f.-r.e.d., prof.

H.R.Nuriyev

Aparıcı təşkilat:

Azərbaycan Texniki Universiteti

«Fizika» kafedrası

Dissertasiyanın müdafiəsi “ 29 ” aprel 2016-cı il tarixində saat “ -da Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Radiasiya Problemləri İnstitutunun nəzdində D.01.221 İxtisaslaşdırılmış Dissertasiya Şurasının iclasında, AZ1143, Bakı şəhəri, B.Vahabzadə 9 ünvanında keçiriləcəkdir.

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

Avtoreferat göndərilmişdir “ ___ ” _____ 2016-cı il

**D.01.221 İxtisaslaşdırılmış
Şurasının elmi katibi,
kimya üzrə elmlər doktoru**

T.N. Ağayev

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Berillium və onun birləşmələri atom və nüvə energetikasında, hərbi texnikada, cihazqayırma sənayesində, lazer texnologiyasında və digər sahələrdə geniş istifadə olunur. Bu maddələrə ionlaşdırıcı şüaların və temperaturun təsiri nəticəsində maddə daxilində və səthində dəyişikliklər baş verir. Bu dəyişikliklərin öyrənilməsi elmi və praktiki cəhətdən mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Berillium və onun birləşmələri nüvə energetikasında qoryucu və tənzimləyici kimi də geniş istifadə olunan materiallardan biri hesab olunur. Berillium və onun xəliyələri geniş tədqiqat obyektinə olduğuna görə indiyə qədər bu maddələrlə müxtəlif tədqiqat işləri aparılmışdır, lakin həmin obyektlərin səthində gedən fiziki və fiziki-kimyəvi proseslər sona qədər öyrənilməmişdir.

Dissertasiya işində metallik berilliumun su ilə təmasda radiasiya-termik və termik işlənməsinin səthdə gedən proseslərə təsiri və bunun nəticəsində səthin fiziki-kimyəvi xassələrinin dəyişməsi öyrənilmişdir. Bu məqsədlə, Be-H₂O sistemində T=573÷773K temperatur oblastında radiasiya-termik və termik oksidləşmə proseslərinin gedişatına baxılmışdır. Qamma şüalanmanın təsiri ilə berilliumun səthində nanoquruluşlu oksid təbəqəsinin yaranması, formalaşması prosesləri və səthin morfologiyası atom-qüvvə mikroskopiyası (AQM) və infraqırmızı əksölünmə-udulma spektroskopiyası (İQƏUS) metodları vasitəsilə öyrənilmişdir. Radiasiya – oksidləşmə prosesinin inkişaf dinamikasında səthi relaksasiya edən aralıq aktiv hissəciklərin, o cümlədən, müxtəlif oksigen mənşəli ion-radikal hissəciklərin (səthi oksigen dəşik mərkəzlərin və xemosorbsiya olunmuş oksigenin) iştirakı və onların oksid təbəqələrinin yaranmasında rolu radiotermoluminessensiya (RTL) metodu ilə tədqiq olunmuşdur. Təcrübi nəticələrin dəqiqliyi üçün berillium səthinin RTL ayrılması otaq temperaturunda (T=300K) radiasiya-oksidləşmə prosesi üçün də alınmışdır. Baxılan temperatur oblastında qamma şüaların təsiri ilə berilliumun su ilə təmasda radiasiya-termik və termik işlənməyə məruz qalmış nümunələrin elektrofiziki xassələri öyrənilmişdir. Bu nümunələrin volt-ampere xarakteristikaları (VAX) və xüsusi müqavimətin təmas müddətindən asılılığının müqayisəli analizi aparılmışdır. Be-H₂O sistemində suyun radiolizi zamanı yaranan molekulyar hidrogenin əmələgəlmə kinetikasına baxılmışdır.

Dissertasiya işinin əsas məqsədi berilliumun su buxarı ilə təmasında T=573÷773 K temperatur intervalında radiasiya-termik və termik işlənməmiş səthin xassələrinin öyrənilməsidir.

Qarşıya qoyulan məsələlər:

-Vakuum adsorbsiya qurğusunda hamarlanmış və cilalanmış nümunələrin səthinə su buxarının adsorbsiyası;

-Hazırlanmış həmin nümunələrin lehimlənmiş ampulalarda ^{60}Co izotop mənbəyindən qamma şüaları ilə şüalandırılması;

-Radiasiya-termik və termik işlənməyə məruz qalmış berilliumun səthində formalaşan nazik oksid təbəqəsinin kinetik qanunauyğunluqlarının təyin olunması;

-Radiasiya-termik və termik işlənməyə məruz qalmış berilliumun səthində nazik oksid təbəqəsinin yaranmasında və formalaşmasında suyun radiolizinin aralıq məhsullarının oksigen və hidrogen məşəli ion-radikalların rolunun infraqırmızı əksölünmə-udulma spektroskopiyaya və radiotermolüminissensiya üsulları ilə tədqiqi;

-Berilliumun su buxarı ilə təmasında $T=673\text{ K}$ temperaturda qamma kvantların təsiri ilə radiasiya-termik işlənmiş səthinin AQM metodu ilə tədqiqi (səthin üç ölçülü təsvirlərinin, histqramların, furiye spektrlərin alınması);

-Radiasiya termik və termik işlənmiş berilliumun səthinin elektrofiziki xassələrinin müqayisəli analizinin aparılması;

-Radiasiya termik və termik işlənmiş berilliumun səthinin optik spektrlərinin alınması;

-Be-H₂O sistemində suyun radiolizi zamanı yaranan molekulyar hidrogenin əmələgəlmə kinetikasının öyrənilməsi;

Elmi yeniliklər:

1. $T=573\div 773\text{ K}$ temperatur intervalında berilliumun su buxarı ilə təmasında termik və radiasiya-termik oksidləşmiş səthinin spektrokinetik qanunauyğunluqları tədqiq edilmişdir.

2. Berilliumun su buxarı ilə təmasında radiasiya-termik oksidləşmiş səthinin AQM tədqiqi nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, səthdə müxtəlif defektlilik dərəcəsinə malik oksid təbəqələri əmələ gəlir.

3. Infraqırmızı əksölünmə-udulma spektroskopiyası və radiotermolüminissensiya üsulu ilə müəyyən edilmişdir ki, radiasiya-termik və termik işlənmiş berilliumun səthində oksid təbəqəsinin yaranmasında və formalaşmasında səthə adsorbsiya olunan oksigen və hidrogen məşəli aralıq ion- radikallar iştirak edir.

4. Radiasiya-termik və termik işlənmiş berillium səthinin elektrofiziki xassələri (xüsusi müqavimət və VAX) tədqiq edilmiş və radiasiyanın oksidləşmə prosesində stimullaşdırıcı rolu təsdiq edilmişdir.

5. Radiasiya-termik proseslərdə hidrogenin əmələgəlmə sürəti termiki proseslərə nisbətən 1,3 dəfə böyükdür və energetik çıxımın qiyməti temperaturun artması ilə artır.

İşin praktiki əhəmiyyəti. Alınmış bu nəticələr atom və nüvə energetikasında, hərbi texnikada, cihazqayırma sənayesində, radiasiya materialşünaslığı kimi sahələrdə böyük maraq kəsb edir.

Müdafiyəyə çıxarılan əsas müddəalar:

- $T= 573\div 773$ K temperatur oblastında berilliumun su buxarı ilə təmasda radiasiya-termik və termik oksidləşməsinin spektrokinetik qanunauyğunluqlarının öyrənilməsi və oksidləşmənin mexanizminin müəyyən edilməsi;

-Radiasiya-termik və termik oksidləşmiş berillium səth relyefinin AQM tədqiqi;

-Radiasiya-termik və termik işlənmiş berillium səthində oksid təbəqəsinin yaranmasında və formalaşmasında səthə adsorbsiya olunan oksigen və hidrogen mənşəli ion radikalların RTL və İQ metodları ilə tədqiqi;

-Radiasiya-termik işlənmiş berilliumun səthində oksid təbəqəsinin yaranmasında qamma şüaların təsiri altında səthə doğru generasiya edən oksigen - deşik defektlərin əsas rolunun müəyyənləşdirilməsi;

-Radiasiya-termik və termik işlənmiş berillium səthinin optik və elektrofiziki xassələrinin tədqiq edilməsi;

-Suyun radiolizi zamanı yaranan molekulyar hidrogenin əmələgəlmə kinetikasının tədqiqi və hidrogenin radiasiya-kimyəvi çıxımının hesablanması.

İşin aprobeiası. Dissertasiya işində alınmış nəticələr beynəlxalq və ölkədaxili konfranslarda aşağıda qeyd olunan məruzələr ilə müxtəlif illərdə müzakirə edilmişdir.

-6-я международная конференция «Ядерная и радиационная физика», 4-7 июня 2007, Алматы, Казахстан с. 270-271;

-AMEA Radiasiya Problemləri İnstitutunun 40 illik yubleyinə həsr olunmuş «Nüvə enerjisinin dinc məqsədlərlə istifadəsi perspektivləri üzrə Beynəlxalq konfrans materialları», 3-5 noyabr 2009, s. 66-68;

-International Conference “Nuclear Science and its Application”, Samarkand, Uzbekistan, September 25-28, 2012, p.405-406;

-Международная конференция «Актуальные проблемы химии высоких энергий», 23-24 октября 2012, Москва, с.5-7;

-9-я Международная конференция «Ядерная и радиационная физика», 24-27 сентября 2013 г., Алматы, Казахстан с. 87-88;

-Akademik elm həftəliyi , Bakı, Azərbaycan, 2015, s.85-86.

Nəşrlər. Dissertasiyanın mövzusu üzrə 13 elmi iş nəşr edilmişdir. Onlardan 7-si AAK-n tələblərinə tam cavab verən yerli və xarici jurnallarda, digərləri isə beynəlxalq konrans və seminarlarda müzakirə edilmiş, tezislər şəklində dərc olunmuşdur.

Dissertasiya işinin quruluşu və həcmi. Dissertasiya işi girişdən, dörd fəsilədən, nəticə və 161 istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. İş 145 səhifə, 26 şəkil, 7 cədvəldən ibarətdir.

İŞİN QISA MƏZMUNU

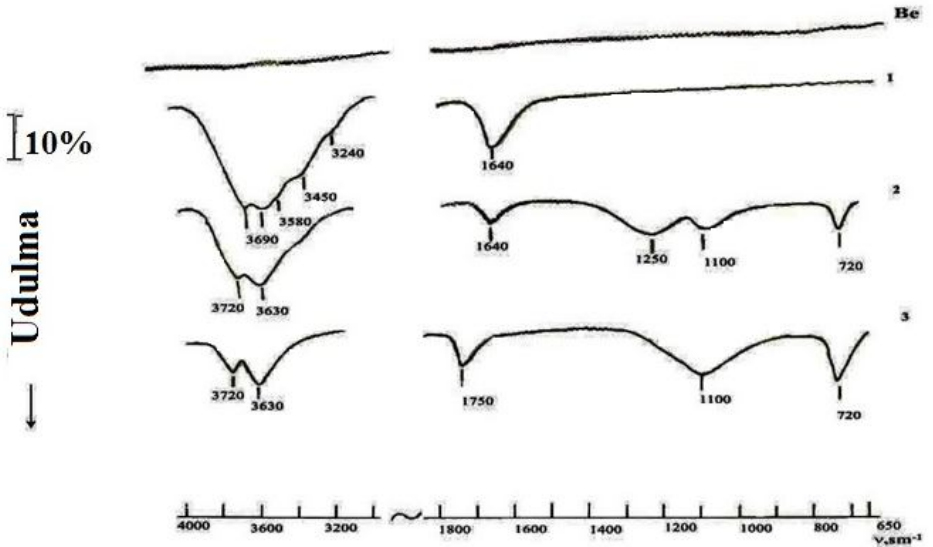
Giriş hissəsində dissertasiya mövzusunun aktuallığı, yenilikləri, praktiki əhəmiyyəti, eləcə də müdafiə olunacaq müddəaları verilib.

Birinci fəsil ədəbiyyat xülasəsinə həsr olunmuşdur, burada metalların su ilə təmasında baş verən fiziki-kimyəvi proseslər geniş təhlil edilmişdir. Metallarda adsorbsiya, radioliz və oksidləşmə prosesləri, bu proseslərə xarici amillərin o cümlədən, temperatur və radiasiyanın təsiri təhlil edilmiş, oksidləşmə proseslərinin mexanizmləri araşdırılmışdır. Berilliumun müxtəlif xarici amillərlə qarşılıqlı təsiri müqayisəli şəkildə analiz edilmiş və bu təsir nəticəsində onun səthində baş verən dəyişikliklər, həmin dəyişikliklərin nüvə energetikasında rolu, həmçinin berilliumun reaktor materialı kimi xüsusiyyətləri təhlil edilmişdir.

İkinci fəsildə dissertasiyanın təcrübi hissəsi verilmişdir. Bu hissədə tədqiqat obyektləri olan su və berilliumun əsas fiziki-kimyəvi xassələri haqqında məlumatlar verilmişdir və adsorbsiya qurğusunun iş prinsipi təsvir edilmişdir. Kompleks tədqiqat metodları - İnfraqırmızı əksolma-udulma, Optik (UB və görünən) spektroskopiyaları, atom qüvvə mikroskopu, differensial termik analiz, radiotermolüminissensiya, elektrofiziki metodlar və onlardan istifadə qaydaları haqqında məlumat verilmişdir. Həmçinin tədqiqat obyekti olan berilliumun təmizlik dərəcəsinin təyini

üçün istifadə olunan atom adsorbsiya, qamma spektroskopiya və rentgenfaza üsulu ilə alınan nəticələr analiz edilmişdir.

Üçüncü fəsildə radiasiya-termik və termik oksidləşmiş berillium nümunələrinin səthinin İnfraqırmızı əksolma-udulma və radiotermolüminissensiya spektrləri verilmiş və bu spektrlərin radiasiya-termik və termik işlənmə müddətindən asılı olaraq dəyişmələri müqayisəli şəkildə təhlil olunmuşdur. İQ-spektrlər əsasında oksidləşmənin spektro – kinetik asılılıqları öyrənilmiş, hər iki metodla suyun radiolizi nəticəsində yaranan aralıq məhsulların (oksigen və hidrogen mənşəli ion- radikalların) oksidləşmə prosesində rolu aşkar edilmişdir. Bu nümunələrin işlənmə müddətindən asılı olaraq optik spektrlərinin dəyişməsi izlənilmiş və oksidləşmə dərəcəsinin artması ilə udulma zolağının qısa dalğa uzunluğu oblastına doğru sürüşməsi müşahidə olunmuşdur.



Şəkil 1. Radiasiya-termik işlənmiş Be-ads.H₂O sisteminin udulma spektrləri: 1- ilkin T=300K, 2-T=573K (τ=15 dəq) və 3- T=573K (τ=60 dəq.)

İlkin olaraq şəkil 1-də berilliumun səthində adsorbsiya olunmuş suyun otaq $T=300\text{K}$ (əyri 1) və $T=573\text{K}$ (2 və 3 əyriləri) temperaturlarında γ -şüalarının təsiri ilə udulma spektrləri göstərilmişdir. Berilliumun səthində $T=300\text{K}$ temperaturunda adsorbsiya olunmuş suyun spektrlərində 3690, 3630, 3580, 3450, 3240 və 1640 sm^{-1} maksimumlara uyğun udulma zolaqları görünür. Bu zolaqlardan 3690, 3240 və 1640 sm^{-1} su molekulunu, 3580 və 3450 sm^{-1} H-rabitəli OH qrupunu xarakterizə edir. Şək.1.-dən görüldüyü kimi $T=573\text{K}$ temperaturda radiasiya-termik işlənmiş berillium nümunələrinin səthində şüalanma müddətinin dəyişməsi ilə spektrlərdə dəyişikliklər müşahidə olunur və yeni udulma zolaqları yaranır (2 və 3-cü spektrlər). Belə ki, OH-qrupu oblastında əlavə udulma zolaqları müşahidə olunur. Yeni yaranmış 3720 və 3630 sm^{-1} udulma zolaqları uyğun olaraq izolə olunmuş I və III tip sərbəst OH qruplarına aiddir. Yeni yaranmış OH qrupları ilə yanaşı, spektrlərdə oksigen və hidrogen mənşəli ion – radikallara uyğun gələn 1250 sm^{-1} (O_2^-) və 1750 sm^{-1} (BeH^+) udulma zolaqları yaranır. Suyun radiolizi zamanı berilliumun səthində oksidləşmə prosesi baş verir və səthdə BeO rabitəsinə uyğun udulma zolaqları (1100 və 720 sm^{-1}) müşahidə olunur. Uyğun olaraq 1100 və 720 sm^{-1} udulma zolaqları səthdə yaranan oksid təbəqəsini xarakterizə edən Be-O rabitəsinin valent və deformasiya rəqslərinə aid olduğu müşahidə olunmuşdur.

İQ spektroskopiyaya metodu vasitəsilə $T=673\text{K}$ temperaturda su mühitində radiasiya-termik və termik işlənmiş berillium nümunələrinin səthində oksid təbəqəsinin yaranma və formalaşma dinamikası tədqiq edilmişdir. Bunun üçün oksidləşmədən əvvəl və sonra 1100 və 720 sm^{-1} udulma zolaqlarının optik sıxlıqlarının təmas müddətindən asılı olaraq dəyişməsi öyrənilmişdir. Optik sıxlıqlarının qiyməti

$$D = -lg \frac{R}{R_0}$$

formulasına əsasən hesablanmışdır. Burada uyğun olaraq R_0 -təmiz metaldan, R isə nazik oksid təbəqədən əksolma əmsallarıdır.

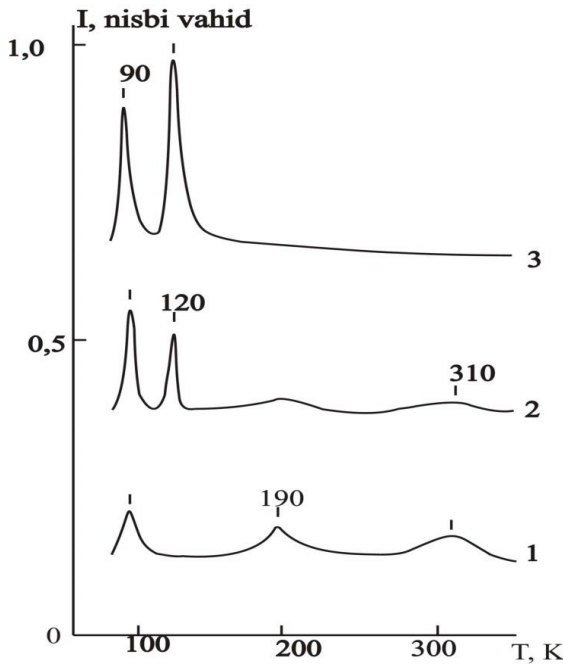
Alınmış asılılıqlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, oksidləşmə parabolik qanunla baş verir və diffuziya prosesi ilə tənzimlənir. Bu zaman temperaturun artması ilə oksidləşmə prosesinin sürətinin artması müşahidə olunur.

Radiasiya-termik və termik oksidləşmə proseslərində suyun radiolizi zamanı yaranan aralıq aktiv oksigen və hidrogen mənşəli ion-radikalların, o cümlədən, oksigen dəşik-mərkəzlərin rolunu aşkar etmək üçün ilkin və işlənmiş berillium nümunələrinin səthlərinin RTL əyriləri tədqiq edilmişdir.

Bu məqsədlə nümunələr maye azot temperaturunda şüalandırılmış və həmin nümunələrin $T=80\div 350\text{K}$ temperatur oblastında lüminisenssiya spektrləri şəkil 2.-də göstərilmişdir. Alınmış RTL maksimumlarının aktivasiya enerjiləri

$$E_a = Ak \frac{T_m^2}{\Delta T_{1/2}}$$

formuluna əsasən hesablanmışdır. Burada $k=1,38 \cdot 10^{-23}$ C/K Bolsman sabiti, T_m -ışılqanma pikinin yarandığı temperaturun maksimum qiyməti, A -yarımempirik əmsali (maksimumların ışılqanma formasından asılıdır və adətən $A=1\div 3$ intervalında olur), $\Delta T_{1/2}$ - maksimumların yarım enidir.



Şək.2. Radiasiya-termik oksidləşmiş Be səthində su ilə təmasında əmələ gələn oksid təbəqəsinin RTL əyriləri: $\tau=0,5$ (1), 5 (2) və 25(3) saat.

Otaq temperaturunda $\tau=0,5$ saat müddətində radiasiya oksidləşmiş berillium səthinin lüminisenssiyası zamanı 90 ($E_a=0,14$ eV), 190 ($E_a=0,38$ eV) və 310 K ($E_a=0,8$ eV) olan işıqlanma maksimumları müşahidə olunmuşdur (əyri 1). $T=90$ K temperaturda müşahidə olunan maksimum elektron mərkəzlərinə adsorbsiya olunmuş molekulyar oksigen ilə bağlıdır. $T=190$ K temperaturda olan maksimum isə $Be(OH)_2$ -ə aiddir. Geniş yarım enə malik olan $T=310$ K maksimumlu lüminisensiya əyrisi xemsorbsiya olunmuş oksigenin və digər oksigen mənşəli ion-radikalların səthi F^+ və F^- elektron mərkəzlərdən termostimulaşmış lüminisenssiyası ilə bağlıdır.

İşlənmə müddətinin artması ilə RTL spektrlərində $T=120$ K temperaturda $E_a=0,26$ eV aktivasiya enerjisində malik yeni maksimum yaranır (əyri 2). Bu pik O⁻ tipli səthi-lokallaşmış deşik mərkəzlərindən molekulyar oksigenin (suyun radiolizinin son məhsulu) lüminisenssiyası ilə bağlıdır. İşlənmə müddətinin artması ilə RTL spektrlərində müşahidə olunan maksimumların intensivliklərinin paylanması baş verir və bu da elektron və deşik mərkəzlərinin konsentrasiyalarının dəyişməsi ilə bağlıdır.

Beləliklə, İQ spektroskopiya və RTL tədqiqatları nəticəsində suyun radiolizi zamanı yaranan və oksidləşmə prosesində aktiv iştirak edən aralıq ion-radikallar qeydə alınmışdır.

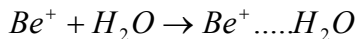
Aparılmış tədqiqatlar nəticəsində $Be-H_2O$ sistemində suyun radiolizinin və berillium səthinin oksidləşməsinin mexanizmləri verilmişdir.

Heterogen radioliz zamanı berilliumun su ilə təmasında həm berillium, həm də su γ -kvantların təsirinə məruz qalır. Çünki, metallarda qamma kvantların təsiri ilə elastiki səpilmə nəticəsində ionlaşma və həyəcanlaşma prosesləri gedir və defekt mərkəzləri yaranır. Belə defekt mərkəzləri radiasiyanın təsirlə səthi aktiv radiasiya defektləri (Frenkel cütləri, ionlar, lokallaşmış yüklər, anion vakansiyalar və s.) halında olurlar.

Radiasiya defektlərinin (Be^+) yaranma sxemi aşağıdakı kimi göstərilir:

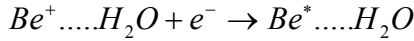


Radiasiya-aktiv mərkəzlərdə suyun adsorbsiyası ilə $Be^+...H_2O$ kompleksinin yaranması müşahidə olunur:

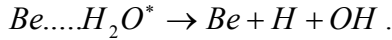


Berilliumda kaskad elektron prosesləri nəticəsində ikinci nəsil elektronlar yaranır. Bu zaman birinci nəsil elektronların (e^-) metal atomları ilə qeyri elastiki toqquşması nəticəsində yaranan istilik elektronları əsas rol oynayır.

Komplekslərin istilik elektronları ilə rekombinasiyası nəticəsində həyəcanlaşma:



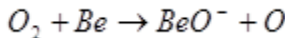
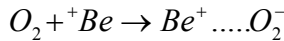
sonra isə həyəcanlaşmış su molekullarının radikal mexanizmlə dissoasiyası baş verir. Bu zaman hidrogen atomu və hidroksil (OH) radikalları yaranır:



Suyun radiolizi zamanı aralıq məhsul olaraq oksigen atomları, hidroksil və hidronium ionları yaranır. Aralıq məhsulların səthi aktiv mərkəzlərlə qarşılıqlı təsiri nəticəsində berillium hidrid və berillium hidroksid yaranır. OH-radikallarının bir hissəsinin berillium səthində radiasiya-generasiya edən aktiv mərkəzlərlə qarşılıqlı təsiri nəticəsində müxtəlif təbiətli səthi hidroksil qrupları yaranır.

Be-H₂O sistemində suyun radiolizinin əsas molekulyar məhsulları hidrogen (H₂), hidrogen -peroksid (H₂O₂) və oksigendir (O₂).

Səthi O₂⁻ və BeO⁻(O⁻) oksigen-deşik mərkəzləri aşağıdakı sxem üzrə yaranır:



BeO⁻ deşik mərkəzləri berilliumun həcminə diffuziya edir və nəticədə berillium atomunun daxili qatları oksidləşməyə məruz qalır.

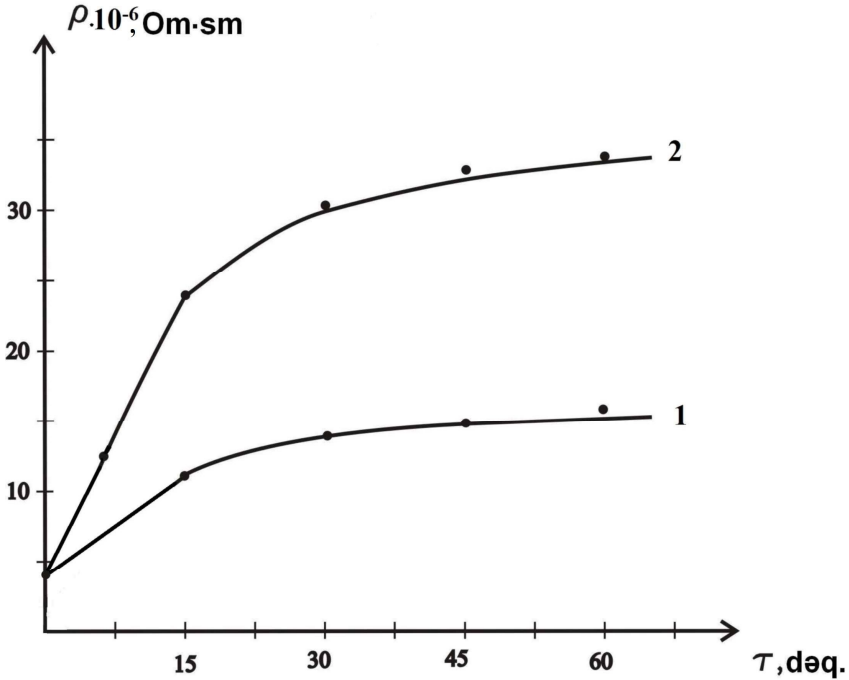
Dördüncü fəsilə radiasiya-termik və termik işlənmiş berillium nümunələrinin səthinin AQM və elektrofiziki metodlarla tədqiqi nəticələri, eləcə də suyun radiolizinin son məhsulu olan molekulyar hidrogenin əmələgəlmə kinetikasi verilmişdir.

Səth relyefini öyrənmək üçün səthin üçölçülü təsvirləri, histoqramları və Furrye-spektrləri alınmışdır. AQM tədqiqatları nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, radiasiya və temperaturun təsiri altında səthdə müxtəlif defektliliyə malik nano ölçülü oksid təbəqələri yaranır.

Radiasiya-termik və termik işlənmiş berillium nümunələrinin səthinin elektrofiziki xassələri tədqiq edilmişdir. Bu məqsədlə səthin volt-ampere xarakteristikaları (VAX), xüsusi müqaviməti (ρ) və termoelektrik hərəkət qüvvəsinin təmas müddətindən asılılıqları öyrənilmişdir. İlkin nümunədə metallara xas olan Om qanununa tabe olan düzxətli asılılıq müşahidə olunur. İşlənmiş nümunələrin VAX-ı düzxətli asılılıqdan kənara çıxır və təmas müddətinin artması ilə bu kənara çıxmalar artır. Bu isə onu söyləməyə əsas verir ki, radiasiya-termik işlənmiş nümunələrdə berillium

səthində oksid təbəqələri yaranır və səthdə metal-dielektrik (Be-BeO) sistemi formalaşır.

Radiasiya-termik və termik işlənmiş berillium səthinin xüsusi müqavimətinin şüalanma müddətlərindən asılılıqları $\rho(\tau)$ müqayisəli tədqiq edilmişdir. Alınmış asılılıqlar şəkil 3-də verilmişdir.



Şəkil.3. Termik (1) və radiasiya-termik (2) oksidləşmiş Be nümunələrinin səth müqavimətinin şüalanma müddətindən (τ) asılılığı: $T=673\text{K}$, $dD\gamma/dt=0,54 \text{ Qr/s}$.

Radiasiya-termik və termiki oksidləşmiş Be nümunələrinin səth müqavimətlərinin təmas zamanından asılılıqlarının müqayisəli analizi göstərir ki:

- düzxətli oblastda təyin edilən ρ -nun artma sürəti radiasiya-termik halında termik halına nisbətən $\sim 2,5$ dəfə çoxdur.
- səth müqavimətlər fərqi $\Delta\rho=\rho(\text{RT}) - \rho(\text{T}) = 12 \cdot 10^{-6} \text{ Om}\cdot\text{sm}$ təşkil edir.

Alınmış bu nəticələr onu söyləməyə əsas verir ki, baxılan temperatur oblastında, RT-oksidləşmə prosesində, radiasiya stimullaşdırıcı rol oynayır. Təmas müddətinin kiçik qiymətlərində ($\tau \leq 15$ dəq) $\rho = f(\tau)$ asılılığı sürətlə artır. Termik və radiasiya-termik əyrilərindən görüldüyü kimi, şüalanma müddətinin kiçik qiymətlərində bu asılılıq xətti xarakter daşıyır. Şüalanma müddətinin $\tau > 15$ dəq qiymətlərində asılılıq doyma halına yaxınlaşır. Doyma halının alınması göstərir ki, təmas müddətinin artması ilə səthdə passiv oksid təbəqəsi formalaşır.

Həmçinin fəsilə $T = 673$ K temperaturda elektrik müqavimətinin nisbi dəyişməsinin ($\Delta R/R$) və termo e.h.q-nin şüalanma müddətindən asılılıqları tədqiq nəticələri sərh edilmişdir. Bu asılılıqların tədqiqi nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, radiasiya-termik və termik oksidləşmə nəticəsində berilliumun səthində qoryucu passiv oksid təbəqəsi yaranır.

Radiasiya-termik və termik işlənmiş Be-H₂O sistemində molekulyar hidrogenin əmələgəmə kinetikasi öyrənilmişdir. Molekulyar hidrogenin əmələgəlmə sürəti $-W(H_2)$ və hidrogenin radiasiya-kimyəvi çıxımı $G(H_2)$ hesablanmışdır. Alınan nəticələr aşağıdakı cədvəldə göstərilmişdir:

T, K	$W_{RT}(H_2)$, molekul/q.san	$W_T(H_2)$, molekul/q.san	$G(H_2)$, molekul/100eV
573	$1,11 \cdot 10^{15}$	$0,86 \cdot 10^{15}$	13,6
673	$1,75 \cdot 10^{15}$	$1,39 \cdot 10^{15}$	22,1

Cədvəldən görüldüyü kimi radiasiya-termiki proseslərdə temperaturun 100 K qədər artması $W(H_2)$ və $G(H_2)$ -nin qiymətlərinin 1,6 dəfə artmasına səbəb olur. Radiasiya-termik proseslərdə hidrogenin əmələgəlmə sürəti termik proseslərə nisbətən 1,3 dəfə çoxdur və bu da radiasiyanın stimullaşdırıcı rolu ilə bağlıdır.

NƏTİCƏLƏR

1. Berilliumun su buxarı ilə təmasda $T = 573 \div 773$ K temperatur oblastında radiasiya-termik və termik oksidləşməsinin spektrokinetik qanunauyğunluqları tədqiq edilmiş, Be-O rabitəsinin valent rəqslərinə ($\nu = 1100 \text{sm}^{-1}$) uyğun gələn udulma zolağının optik sıxlığının təmas

müddətindən asılılıqları alınmış və göstərilmişdir ki, oksidləşmə parabolik qanunla baş verir.

2. Baxılan temperatur və doza oblastında ($T=673K$, $D=0,5\div 2$ kQr) səthin relyefinin AQM tədqiqi nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, səthdə müxtəlif defektlik dərəcəsinə malik nano-oksidi təbəqələri əmələ gəlir.

3. Spektrolüminiscent (RTL və İQ) metodlarla müəyyən edilmişdir ki, radiasiya-termik və termik işlənmiş berilliumun səthində nano-oksidi təbəqəsinin yaranmasında və formalaşmasında səthə adsorbsiya olunan molekulyar oksigen (O_2^-), hidroksil (OH^-) və hidroksid ($H_2O_2^+$) radikalları iştirak edir. Radiasiya-termik işlənmiş berillium səthində oksidi təbəqəsinin yaranma və formalaşmasında qamma şüaların təsiri altında səthə generasiya edən oksigen-deşik mərkəzlərin əsas rol oynadığı təcrübi olaraq sübut olunmuşdur.

4. Su buxarı ilə təmasda radiasiya-termik və termik işlənmiş berillium səthinin əksölünmə optik spektrləri əsasında oksidi təbəqəsinin yaranma dinamikası izlənilmiş və oksidi təbəqəsinin qalınlığının artması ilə udulma zolağının sərhəddinin qısa dalğa uzunluğuna doğru sürüşməsi müəyyən edilmişdir.

5. Radiasiya-termik və termik işlənmiş berillium səthinin elektrofiziki xassələri (xüsusi müqavimət və VAX) tədqiq edilmiş, xüsusi müqavimətin təmas müddətindən asılı olaraq dəyişməsi müqayisəli şəkildə öyrənilmiş və radiasiyanın oksidləşmə prosesində stimullaşdırıcı rolu təsdiq edilmişdir.

6. Berilliumun su ilə təmasında baş verən radiasiya-heterogen proseslər nəticəsində yaranan Be-BeO sistemi suyun sonrakı radiasiya və radiasiya-termik proseslərini stimullaşdırır və radiasiya-katalitik təsir göstərir. Bu proseslər metalın korroziyasını sürətləndirir və təmas mühitində yüksək radiasiya-kimyəvi çıxımla molekulyar hidrogenin alınmasına səbəb olur.

DİSSERTASIYANIN ƏSAS NƏTİCƏLƏRİ AŞAĞIDAKI NƏŞRLƏRDƏ DƏRC EDİLMİŞDİR

1. Nurməmmədova F.N. Qamma kvantların təsiri ilə metallik berillium səthindən emissiya olunan elektronların energetik spektri // AMEA Kimya problemləri 2007, №4, s.679-681.

2. Джафаров Я.Д., Гарибов А.А., Нурмамедова Ф.Н., Гаджиева Н.Н., Велибекова Г.З. ИК спектроскопическое исследование радиационно-термических процессов окисления бериллий в контакте с водой / 6-й международной конференции «Ядерная и радиационная физика», 4-7 июня 2007, Алматы, Казахстан с. 270-271.
3. Nurməmmədova F.N. Berillium səthinin su ilə təmasda termik oksidləşməsi və hidrogenin yığılımı / AMEA Radiasiya Problemləri İnstitutunun 40 illik yubleyinə həsr olunmuş «Nüvə enerjisinin dinc məqsədlərlə istifadəsi perspektivləri üzrə Beynəlxalq konfrans materialları», 3-5 noyabr 2009, s. 66-68.
4. Гаджиева Н.Н., Гарибов А.А., Нурмамедова Ф.Н. Термическое окисление бериллия в контакте с водой // АМЕА-нын xəbərləri, fiz.-riy. və texnika elmləri seriyası 2010, 86, №2, S. 45-47.
5. Гаджиева Н.Н., Гарибов А.А., Нурмамедова Ф.Н., Алиев С. М., Джафаров Я.Д. Окисление и накопление в системе бериллий вода при термическом воздействии // Физика и химия обработки материалов (ФХОМ), 2010, №5, с.92-95.
6. Гаджиева Н.Н., Нурмамедова Ф.Н. Радиационное окисление бериллия в контакте с водой // Журнал Физическая химия, 2012, т.86, №9, с.1-5.
7. Гаджиева Н.Н., Гарибов А.А., Исмаилов Ш.С., Нурмамедова Ф.Н. Микроскопическое исследование поверхности радиационно-термически окисленного бериллия // Вопросы атомной науки и техники, 2012, №5 (81), с.21-26.
8. Гаджиева Н.Н., Нурмамедова Ф.Н. Окисление и накопление молекулярного водорода в системе бериллий-вода при радиационно-термическом воздействии // Журнал Физико-химия поверхности и защита материалов, 2012, т.48, №4, с.1-6.
9. Gadzhieva N.N., Garibov A.A. Nurmamedova F. N. Effect of the surface of beryllium on radiolysis water processes upon radiation thermal treatment / International Conference “Nuclear Science and its Application”, Samarkand, Uzbekistan, September 25-28, 2012, p.405-406.
10. Гаджиева Н.Н., Нурмамедова Ф.Н. Кинетика накопления молекулярного водорода системе бериллий-вода при радиационно-термическом воздействии / Материалы конференции «Актуальные проблемы химии высоких энергий», 23-24 октября 2012, Москва, с.5-7.
11. Гарибов А.А., Гаджиева Н.Н., Нурмамедова Ф.Н. Электрофизические свойства поверхности радиационно-термически

окисленного бериллия в водной среде / 9-я международная конференции «Ядерная и радиационная физика», 24-27 сентября 2013 г., Алматы, Казахстан с. 87-88.

12. Gadzhieva N. N., Garibov A. A., Ismailov Sh. S., Nurmamedova F. N. The electrophysical properties of the surface of radiation: Thermal oxidized beryllium in water medium // International Journal of materials Science and Applications 2014; 3(6-1): 16-19

13. Nurməmmədova F.N. Berillimun su ilə təmasda radiasiya-termik oksidləşmiş səthinin elektrofiziki metodu ilə tədqiqi / Akademik elm həftəliyi – 2015 s.85-86.

FARIDA NURMAMMAD kizi NURMAMMADOVA

**THE STUDY OF SURFACE PROPERTIES OF THE RADIATION-
HEAT AND HEAT-TREATED BERYLLIUM**

SUMMARY

The thesis is devoted to the study of surface properties of radiation-treated and heat-treated beryllium in the temperature range 573÷773K, and under the influence of γ -quanta (0,5÷2 kQy) in the aquatic environment. In IR spectra of reflection and absorption spectrokinetic patterns of Be oxidation are studied and it was found that the oxidation takes place according to a parabolic law and controlled by diffusion. According to the AFM investigations revealed that the on the surface beryllium oxide films with varying degrees of imperfection were formed. Based on the spectro-luminescent (IR and RTL) data shows that in the formation of oxide films oxygen hole centers were involved, as well as various oxygen-containing ion-radical groups. According to the optical reflection spectra the dynamics of the formation of oxide films was studied and shift of the absorption edge towards longer wavelengths was identified. The electrical properties (resistivity and CVC) radiation heat and heat-treated beryllium were studied and the catalytic role of radiation in the process of oxidation was proved.

ФАРИДА НУРМАМЕД кызы НУРМАМЕДОВА

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ
РАДИАЦИОННО-ТЕРМИЧЕСКИ И ТЕРМИЧЕСКИ
ОБРАБОТАННОГО БЕРИЛЛИЯ**

РЕЗЮМЕ

Диссертационная работа посвящена изучению поверхностных свойств радиационно–термически и термически обработанного бериллия в температурной области 573÷773К и при воздействии γ -квантов (0,5÷2 кГр) в водной среде. По ИК -спектрам отражения и поглощения изучены спектрокинетические закономерности окисления Ве и установлено, что окисление происходит по параболическому закону и контролируется диффузией. По АСМ исследованиям выявлено, что на поверхности бериллия образуются оксидные пленки с различной степенью дефектности. На основе спектролюминесцентных (ИК и РТЛ) данных показано, что при образовании и формировании оксидных пленок участвуют кислород-дырочные центры, а также различные кислород содержащие ион-радикальные группы.

По оптическим спектрам отражения изучена динамика формирования оксидных пленок и выявлено смещение края поглощения в длинноволновую область. Изучены электрофизические свойства (удельное сопротивление и ВАХ) радиационно-термически и термически обработанного бериллия и подтверждена стимулирующая роль радиации в процессе окисления.

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА
ИНСТИТУТ РАДИАЦИОННЫХ ПРОБЛЕМ

На правах рукописи

ФАРИДА НУРМАМЕД КЫЗЫ НУРМАМЕДОВА

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ
РАДИАЦИОННО-ТЕРМИЧЕСКИ И ТЕРМИЧЕСКИ
ОБРАБОТАННОГО БЕРИЛЛИЯ**

2225.01 – Радиационное материаловедение

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

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

Б А К У - 2016