

POLİMER MATERIALLARIN SƏTHİNDƏN EMİSSİYA PROSESLƏRİNİN
TƏHLİLİA.M. HƏŞİMOV¹, L.Ç. SÜLEYMANOVA², K.B. QURBANOV¹, Z.A. TAĞIYEVA¹,
S.A. HÜSEYNOVA¹, V.M. HACIYEVA¹, S.S. ƏHƏDOVA¹1. Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin Fizika İnstitutu,
Az-1143, Bakı, H.Cavid pr.,131a.hashimov@physics.science.az, vefa86haciyeva@gmail.com,
sabina_guseynova1977@hotmail.com, tzenfira@mail.ru2. Mingəçevir Dövlət Universiteti, Az-4500, Mingəçevir, Dilarə Əliyeva küçəsi,21
suleymanovalc@mail.ru

Yüksək gərginliklər texnikası və elektrotexnika sənayesində izolyasiya materialı kimi geniş tətbiq tapmış polimer – dielektrik materiallar, istismar prosesində güclü elektrik sahələrinin və elektrik qazboşalmalarının təsirlərinə məruz qaldığından, bu təsirlər nəticəsində materialların səthində və həcmində reallaşan fiziki – kimyəvi proseslərin və materialların mühüm xüsusiyyətlərinin dəyişməsinin tədqiqi aktual mövzu olaraq, mühüm elmi – praktiki əhəmiyyət kəsb edir.

Açar sözləri: elektrotexnika, izolyasiya, polimer, emissiya, kütlə spektri, dielektrik, potensial, qazboşalması.
UOT: 539.2:541.64

Güclü elektrik sahələrinin və müxtəlif növ yüklü zərrəciklər selinin təsirlərinə məruz qalan materialların səthindən ionların emissiyası mürəkkəb proses olaraq, ikinci növ ionların miqdarı və növü, səthi bombardman edən yüklü zərrəciklərin kütləsindən, enerjisindən, nümunənin kimyəvi tərkibindən və kristallik strukturundan asılı olur [1-5].

Kütlə - spektrometrinin tətbiqi vasitəsilə, materialları təşkil edən elementlər və molekulyar tərkib haqqında, səthin lokal və müxtəlif laylarında reallaşan proseslər, səthlərin bir sıra kimyəvi elementlərlə qarşılıqlı təsiri, kimyəvi reaksiyaların kinetik parametrləri, ikinci növ ion emissiyası və sairə proseslər haqqında dəyərli məlumatlar almaq olar.

Müsbət və mənfi ionların emissiyasına səbəb olan prosesləri iki hissəyə bölmək olar: hissəciklərin emissiyası emitterin qızdırılması vasitəsilə əldə edilirsə termik tarazlıq yaranan proses və qeyri tarazlıq halında – ionların emissiyası, səthin müxtəlif yüklü zərrəciklər seli vasitəsilə bombardman edilməsi vasitəsilə əldə edilir. Elektrik yüklərinin tarazlıq halına gəlməsi hər iki prosesdə eyni mexanizm vasitəsilə başa çatır. Hissəciklər səthdən ayrıldıqda, ilkin vahid sistem parçalanaraq, emitter – hissəcik kimi iki, biri digərindən asılı olmayan sistem əmələ gəlir. Emitterdən uzaqlaşan hissəciklər selinin tərkibi neytral molekullar, müsbət və mənfi ionlardan təşkil olunur.

Metal və yarımkeçirici materialların tədqiqində geniş tətbiq tapmış, ikinci növ ionların kütlə - spektrometriyası, son illər, dielektrik materialların tədqiqində də istifadə olunur. Bu üsul vasitəsilə əldə edilmiş təcrübə nəticələri, ikinci növ ionların əmələ gəlməsi mexanizmlərini və bu proseslərin əsas qanunauyğunluqlarını izah etməyə imkan yaradır.

İkinci növ ion emissiyasının kütlə - spektrometriyasının tədqiqat istiqamətləri;

- Molekulyar tərkibin müəyyənəşdirilməsi, polimer molekullarının strukturunun təyin edilməsi, kompozisiyalı polimer materiallarının tərkib hissələrinin aydınlaşdırılması, molekullar cəminin əmələ gətirdiyi strukturların öyrənilməsi, səth hadisələrinin tədqiqi, izotop tərkibinin öyrənilməsi və sairə bu kimi məsələlərin tədqiqi kimi müəyyənənmişdir.

Dielektrik materiallarda ikinci növ ion emissiyasının tədqiqi üsulunun əsas çətinliyi ondan ibarətdir ki, materialların səthində əmələ gələn və çətin tənzim olunan elektrik yükləri, ikinci növ ionların sel şəklində formalaşmasına maneələr törədir.

Məlumdur ki, bərk cismin səthini, enerjisi bir neçə yüz elektronvolt olan ionlarla bombardman etdikdə səthdən müsbət və mənfi ionların və ikinci növ elektronların emissiyası müşahidə olunur.

Səthin bombardman edilən hissəsinin U_M potensialı aşağıdakı ifadə ilə müəyyən edilir:

$$U_M = U_n + i(1 + R^- + \gamma - R^+) \delta \rho \quad (1)$$

Burada: U_n – səthinə, δ qalınlıqlı, dielektrik təbəqə çəkilmiş metal altlığın potensialı; R^- , R^+ , γ – müsbət və mənfi ionların və elektronların ikinci növ emissiya əmsalı; i – səthi bombardman edən ion selinin sıxlığı; ρ – materialın xüsusi müqavimətidir. Verilmiş ifadədən görünür ki, əgər $(1+R^-+\gamma)>R^+$ şərti ödənilirsə potensial müsbət, $(1+R^-+\gamma)<R^+$ olduqda isə potensial mənfi olur. Qeyd etmək lazımdır ki, dielektrik materiallar üçün R^- və R^+ vahidə yaxın olur, γ – isə bir neçə vahid olur. Onda məlum olur ki, materialın səthində müsbət yük toplanır və bu yükün miqdarı, (1) ifadəsinə əsasən səthi bombardman edən yüklü hissəciklər selinin intensivliyi ilə müəyyənənəşir.

Ədəbiyyatda metallara aid ikinci növ ion emissiyasının qanunauyğunluqlarının molekulyar dielektrik-

lərə şamil etməyin qeyri-mümkünlüyü fikri qeyd olunur. Həqiqətən də metallarda eyni növ atomların eyni qaydada bir-biri ilə bağlı olduğu halda, molekulyar dielektrlərdə müxtəlif növ atomlar müxtəlif növ kimyəvi əlaqələrlə bağlı olaraq, molekulyar əmələ gətirir və molekullar arasında nisbətən zəif fiziki qüvvələr təsir göstərir. Metallarda sərbəst elektronların olması emissiya olunan hissəciklərin yüklü vəziyyətdə olması ehtimalını, kəskin olaraq azaldır. Dielektrik materiallarda sərbəst elektronların olmaması yüklü hissəciklərin əmələ gəlməsi prosesinə müsbət təsir göstərir. Metalların səthi yüklü zərrəciklər vasitəsilə bombardman edilərkən kristallik qəfəsin dağılması müşahidə edildiyi halda, molekulyar dielektrlərdə struktur dəyişmələri ilə yanaşı materialda kimyəvi reaksiyalar nəticəsində, dönməz proseslər də müşahidə edilir.

Tədqiqatlarda bir sıra polimerlərin ikinci növ ion emissiyasının kütlə-spektrləri araşdırılmışdır. Cədvəl 1-də bir sıra polimerlərin; polietilen, polipropilen, polimetilmetakrilat, polikapramid, polikarbonat, politetraftoretillen və digər materialların nümunələrinin səthini, enerjisi 1 keV olan Ar atomları ilə bombardman etdikdə, ikinci növ müsbət ion emissiyasının kütlə-spektrləri tədqiq olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, spektrdə, atomlarının sayı az olan (5-10) ionlara aid olan xətlər daha yüksək intensivliyə malik olurlar. Bu və ya digər ionun əmələ gəlmə ehtimalı, ionun kütləsi ilə yox, əsasən, atomların sayı ilə müəyyənəlsin (buna misal olaraq polietilen və politetraftoretillen polimerlərinin kütlə - spektrlərinin müqayisəsini göstərmək olar). Qeyd etmək lazımdır ki, polimerlərdə ikinci növ ion emissiyasının kütlə-spektrində, bombardman edən yüklü zərrəciklərin enerjisinin kifayət qədər geniş intervalda dəyişməsi ilə, çox cüzi dəyişiklər qeydə alınır, eyni zamanda, spektr yüklü zərrəciyin növündən və kütləsindən asılı olaraq cüzi dəyişiklərə məruz qalır. Təcrübələrin digər şərtlərinin eyniliyi halında, yuxarıda qeyd olunan parametrlərin dəyişməsinə baxmayaraq, təxminən eyni göstəricilərə malik kütlə-spektrləri əldə edilir.

Cədvəl 1-də görünür ki, müxtəlif növ polimer materialları özünəməxsus kütlə-spektrinə malikdir. Qeyd etmək lazımdır ki, polietilen və polipropilen materialların eyni tərkib elementlərinə malik olmasına baxmayaraq, kütlə-spektrləri kifayət qədər fərqlidir. Tərkib elementləri və yaxud funksional qrupları ilə fərqlənən polimerlər isə kəskin fərqlənən kütlə - spektrləri nümayiş etdirirlər. Belə ki, tərkibində karbonil qrupları olan polimerlərin kütlə - spektrində kifayət qədər CO^+ ionları ($m/e=28$); benzol həlqəsinə malik polimerlərdə C_6H_5^+ ($m/e=77$) ionları intensiv xətlərə malik olur. Metoksil qruplara malik olan polimetilmetakrilat materialının kütlə - spektrində, nəzərə çarpacaq dərəcədə, CH_2OH^+ , $\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}^+$, $\text{C}_3\text{H}_6\text{OH}^+$ ionları müşahidə edilir. Polisiloksan və politetraftoretillen polimer materiallarının ikinci növ kütlə - spektrləri xarakterik xüsusiyyətlərə malikdirlər. Politetraftoretillen, polietilen, polivinilidenftorid və digər bəzi polimer materialların ikinci növ ion emissiyasına aid kütlə - spektrlərində mənfi ionların əmələ gəlməsi müşahidə edilmişdir. Materiallar enerjisi 1.2 keV olan ksenon atomları ilə bombardman olunmuşdur. Politetraftoretillen materialından yalnız F^- ionlarının emissiyası qeydə alınmışdır. Polikapramidin

kütlə - spektrində xarakterik olaraq m/e 18 və 44 kütlələri qeydə alınır ki, bu kütlələr, uyğun olaraq, NH_4 və $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}^+$ ionları ola bilər. polietilenin kütlə-spektri C^- , CH^- və CH_2^- ionlarından təşkil olunur.

Beləliklə, qeyd etmək lazımdır ki molekulyar dielektrlərin ikinci növ ion emissiyasının kütlə - spektrini araşdırmaqla, materialın sinif mənsubiyyətini müəyyənəlmək olar. Kütlə - spektrindəki maksimumlardan istifadə edərək, materialın molekulyar kütləsini təyin etmək mümkündür. Çoxatomlu molekulların quruluşu ilə, ikinci növ ion emissiyasının kütlə - spektrində intensivliklərin paylanması arasında əlaqələrin mövcudluğu, çoxatomlu, xüsusi halda polimerlərin molekullarının strukturun tədqiq edilməsində ikinci növ ion emissiyasının kütlə - spektrometriyası üsulunun tətbiq olunmasına imkan verir.

Ədəbiyyatda molekulyar kütləsi 10^6 olan flüor tərkibli polimerlərin makromolekulunda monomerlərin yerləşmə qanunauyğunluqlarının, ikinci növ ion emissiyasının kütlə - spektrometriyası vasitəsilə tədqiq olunma üsulları verilmişdir. Tədqiq olunan işdə politriflorxloretilen polimer materialın səthindən emissiya prosesini xarakterizə edən kütlə spektri əldə edilmişdir.

Tədqiqat nümunələri, qalınlığı 0.1-0.3 mm olan polimer təbəqələri ərinti və yaxud presləmə üsulu ilə metal lövhənin üzərinə yerləşdirilir. Metal lövhənin səthi, onun 200-250^oS temperatura qədər qızdırmaqla, kənar aşqarlardan təmizlənir. Səthin təmizlik dərəcəsinə ikinci növ emissiya kütlə-spektri vasitəsilə nəzarət edilmişdir. Təmizlik dərəcəsinin kriteriyası olaraq kütlə spektrində aşqarlara məxsus maksimumların, polimerin atomlarına məxsus olan əsas maksimumların bir neçə faizini təşkil etməsi tələbinin təmin olunması qəbul edilmişdir.

Tədqiq edilmiş polimerləri, enerjisi 2.5 keV olan arqon atomları ilə bombardman etdikdə, ikinci növ ion emissiyasının kütlə - spektrinin araşdırılmasından əldə edilən nəticələr cədvəl 2 -də tədqiq olunmuşdur.

Cədvəldən görünür ki, tədqiqi edilən polimerlər, materialların element tərkibini xarakterizə edən, kifayət qədər geniş məlumatla malik ikinci növ emissiyası kütlə-spektrinə malikdirlər. yuxarıda qeyd edildiyi kimi kütlə-spektri vasitəsilə tədqiq edilən polimerlərin molekulyar quruluşunu da müəyyən etmək olar.

Beləliklə, ədəbiyyat məlumatlarının araşdırılmasından məlum olur ki, yüklü zərrəciklərin polimer materialların səthlərinə təsirləri zamanı materiallarda müşahidə edilən destruktiv ion emissiyası prosesləri mövcud olur ki, bu da qapalı sistemin qaz mühitində mühüm dəyişikliklərə səbəb olur.

Məlumdur ki, qapalı sistemdə təzyiqin müxtəlif qiymətlərində, atmosfer havasının qalıq qazlarında, oksigen, azot, su buxarları, karbon atomları, OH qrupları və sairə atom və molekullar mövcud olur. Müxtəlif növ qazboşalmalarının polimer – dielektrik materiallara təsiri zamanı materialların səthində bir sıra fiziki – kimyəvi proseslərin reallaşması və materialların destruktiv emissiyası, ikinci növ ion emissiyası prosesləri nəticəsində, polimerlərin tərkib elementlərinin qaz fazasına müdaxilə etməsi müşahidə edilir. Beləliklə qapalı sistemdə qazboşalması şəraitində mürəkkəb qaz fazası formalaşır. Sistemdə, müxtəlif atom və molekulların

POLİMER MATERIALLARIN SƏTHİNDƏN EMİSSİYA PROSESLƏRİNİN TƏHLİLİ

ionlarının mövcudluğu şəraitində qazboşalmalarının təsiri vasitəsilə sürətli qaz reaksiyalarının reallaşması qapalı sistemin qaz mühitində kəskin tərkib dəyişmələrinə səbəb olur.

Tədqiqatlarda CH₄, SF₆, O₂ və digər qazlardan istifadə etdikdə qaz fazasının tərkibi daha mürəkkəb şəkildə olduğundan müxtəlif qaz reaksiyalarının reallaşma ehtimalı yüksək olur və sistemdə əmələ gələn qaz mühitin tərkibi başlanğıc halındakı tərkibdən daha kəskin fərqlənir.

Qeyd etmək lazımdır ki, müəyyən hallarda, qaz mühitin tərkibində, qaz reaksiyaları nəticəsində, sistemdə bəzi aktiv birləşmələr əmələ gələ bilər ki, bu birləşmələrin təsiri nəticəsində polimer-dielektrlərdə eroziya, destruksiya, səthin kimyəvi tərkibində yeni qrup

elementlərin əmələ gəlməsi və sairə proseslərə səbəb olar və bu da öz növbəsində materialların mühüm fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərə bilər.

Ədəbiyyatda yuxarıda şərh edilən prosesləri, əhatə edən ümumi nəzəriyyə yoxdur və polimer növünün çoxluğunu, qazboşalmalarının müxtəlifliyini və əksər hallarda qaz qarışıqlığının tərkib mürəkkəbliyini nəzərə alsaq, bütün halları əhatə edən nəzəriyyənin qeyri-mümkün olmasını qəbul etmək olar. Ədəbiyyatda, əksər işlərdə ayrı – ayrı hallara baxılaraq, müəyyən nəticələr əldə edilmişdir. Ancaq bu hallarda da həlli olunan problemlərin çoxluğu bu istiqamətdə tədqiqatların davam etdirilməsinin vacibliyini sübut edir.

Cədvəl 1.

Polimerlərin ikinci növ ion emissiyasının spektrləri [5].

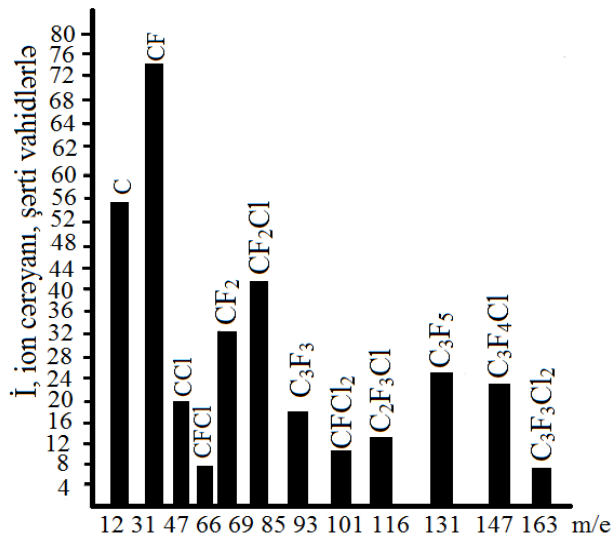
m/e	Piklərin intensivliyi %								İonun Tipi
	Fon	Poli- etilen	Poli- propilen	Politetraf- toretillen	Polimetilm- etakrilat	Polika- pramid	Poli- karbonat	Silikon kauçuku	
12				25					C ⁺
14					21	13			CH ₂ ⁺ ,N ⁺
15	16	17	18		110	28	34	20	CH ₃ ⁺
18						10			NH ₄ ⁺
26	15	26			18	26	31		C ₂ H ₂ ⁺
27	86	100	48		78	115	107	13	C ₂ H ₃ ⁺
28	15	16			12	69	32	150	C ₂ H ₄ ⁺ , CO ⁺ ,Si ⁺
29	60	60	36		57	64	63	56	C ₂ H ₅ ⁺
30						43			NO ⁺
31	12			100	10				CH ₃ O ⁺ ,CF ⁺
32							11		C ₃ H ⁺
38							19		C ₃ H ₂ ⁺
39	62	74	42		88	88	114	12	C ₃ H ₃ ⁺
40	11					15	13		C ₃ H ₄ ⁺
41	100	100	100		100	100	100		C ₃ H ₅ ⁺
42	15	13	18			38	15		C ₃ H ₆ ⁺
43	70	48	79		49	45	44	100	C ₃ H ₇ ⁺ , SiCH ₃ ⁺
44						21			C ₂ H ₅ NH ⁺ , CONH ₂ ⁺ , SiO ⁺
45					16			26	C ₂ H ₅ O ⁺
50							22		C ₄ H ₂ ⁺
51	16				14	11	36		C ₄ H ₂ ⁺
53	57	19	19		28	18	21		C ₄ H ₃ ⁺
55	27	50	77		39	52	42		C ₄ H ₅ ⁺
57		22	36		10	15	17		C ₄ H ₇ ⁺
59					46			15	C ₄ H ₉ ⁺
63	17						22		C ₃ H ₇ O ⁺
65	17				13		14		C ₅ H ₃ ⁺
67		15	19		23	14	13		C ₅ H ₅ ⁺
69		14	63	41	32	19	12		C ₅ H ₇ ⁺
71			13					90	C ₅ H ₉ ⁺ , CF ₃
73									C ₅ H ₁₁ ⁺
77					20		22		C ₂ H ₅ ⁺ SiO ⁺
79					18				C ₆ H ₅ ⁺
81					15				C ₆ H ₇ ⁺
83			12						C ₆ H ₉ ⁺
91					22		15		C ₆ H ₁₁ ⁺
93				15	12				C ₇ H ₇ ⁺
114						17			C ₃ F ₃ ⁺
131				19					NH ₂ (CH ₂) ₅ COC ₃ F ₅ ⁺

Cədvəl 2.

Bəzi polimerlərin və sopolimerlərin ikinci növ ion emissiyasının kütlə spektrləri [5].

m/e	İonun tipi	İntensivlik %					
		politetrafto rietilen	politrifto xloretilen	polivinilide nftorid	Trifto xloretilen nftorid	Tetrafto retileneti len	Tetraftoretile nvinilidenfto rid
12	C ⁺	17	10.6	6.9	15	5.9	13
13	CH ⁺			7.7		5.8	7.0
14	CH ₂ ⁺			5.3		8.2	7.1
31	CF ⁺	41	22	15	27	20	25
32	CFH ⁺			1.5		2.1	1.9
33	CFH ₂ ⁺			6.0		6.6	3.6
45	C ₂ FH ₂ ⁺			6.4		4.8	4.8
47	CCl ⁺		3.9		4.0		
49	CCl ⁺		1.2		1.4		
50	CF ₂ ⁺	2.3	0.9	1.7	1.0	2.5	1.9
51	CF ₂ H ⁺			1.2	1.4	16	6.0
64	C ₂ F ₂ H ₂ ⁺			7.7			
65	C ₂ F ₂ H ₃ ⁺			6.1			
66	CFCl ⁺		1.6		1.5		
69	CF ₃ ⁺	18	10	7.0	9.8	5.9	9.8
74	C ₃ F ₂ ⁺	1.3	1.4		1.4		
75	C ₃ F ₂ H ⁺			3.3	2.7	4.0	4.1
77	C ₃ F ₂ H ₃ ⁺			4.3		10	1.6
85	CF ₂ Cl ⁺		11		9.3		
87	CF ₂ Cl ⁺		4.2		3.1		
93	C ₃ F ₃ ⁺	5.3	5.3		4.5		
95	C ₃ F ₃ H ₂ ⁺			4.6		4.5	4.0
100	C ₂ F ₄ ⁺	3.5					
101	CFCl ₂ ⁺		2.1		1.6		
103	CFCl ₂ ⁺		1.4				
109	C ₃ F ₂ Cl ⁺		2.8		2.6		
111	C ₃ F ₂ Cl ⁺				1.6		
116	C ₂ F ₃ Cl ⁺		2.6		2.4		
119	C ₂ F ₅ ⁺	2.3					
131	C ₃ F ₅ ⁺	7.4	5.9			4.1	
133	C ₃ F ₅ H ⁺		5.0				3.1
135	C ₂ F ₄ Cl ⁺		2.5				
147	C ₃ F ₄ Cl ⁺		5.6		4.1		
149	C ₃ F ₄ Cl ⁺		2.1		1.9		

Şəkil 1-də politrifto xloretilen polimerinin ikinci növ ion emissiya kütlə - spektri təqdim olunur.



Şəkil 1. Politrifto xlorietilen polimerinin ikinci növ ion emissiyasının kütlə spektri.

- [1] *A.M. Həşimov.* SF₆ qaz mühitində elektrik qazboşalmasının təsiri şəraitində polietilenterefalat materialından emissiya prosesləri. *A.M. Həşimov, L.Ç. Süleymanova, K.B. Qurbanov.* Energetikanın problemləri. 2018, №1, s. 6-10.
- [2] *A.M. Həşimov.* Elektrik təsirlərinə məruz qalan polimerlərdə müşahidə olunan proseslərin mexanizmlərinin araşdırılması. *A.M. Həşimov, L.Ç. Süleymanova., K.B. Qurbanov* və b. Energetikanın problemləri, 2021, №1, s. 51.
- [3] *В.С. Дмитриевский.* Влияние некоторых параметров технологического процесса изготовления полиэтилена на его импульсную прочность. *В.С. Дмитриевский, В.Г. Сотников, И.И. Сквирская.* Электронная обработка материалов, 1973, №3, с.64-65.
- [4] *A.M. Hashimov, N.M. Tabatabaei, L.Ch. Suleymanova, K.B. Gurbanov, A.S. Huseynova, Z.A. Taghiyeva.* Study of temperature dependence of emission processes in polymer systems of linear structure. The 17th International Conference on Technical and physical Problems Engineering, İstanbul, Turkey:18-19 October, 2021, Number 20. p.94-98.
- [5] *А.А. Полякова.* Молекулярный масс-спектральный анализ органических соединений, Москва «Химия», 1983, 147 с.

**A.M. Гашимов, Л.Ч. Сулейманова, К.Б. Гурбанов, З.А. Тагиева, С.А. Гусейнова,
В.М. Гаджиева, С.С. Ахадова**

АНАЛИЗ ЭМИССИОННЫХ ПРОЦЕССОВ С ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Поскольку полимерно-диэлектрические материалы, широко используемые в качестве изоляционных материалов в высоковольтной аппаратуре и электротехнической промышленности, в процессе их эксплуатации подвергаются воздействию сильных электрических полей и электрических газовых разрядов, изучение физико-химических процессов, протекающих на поверхности и объеме материалов в результате этих воздействий является актуальной темой, имеющей большое научное и практическое значение.

**A.M. Hashimov, L.Ch. Suleymanova, K.B. Gurbanov, Z.A. Taghiyeva, S.A. Huseynova,
V.M. Hajiyeva, S.S. Ahadova**

ANALYSIS OF EMISSION PROCESSES FROM THE SURFACE OF POLYMER MATERIALS

Since polymer-dielectric materials, which are widely used as insulating materials in high-voltage equipment and electrical engineering industry, are exposed to the effects of strong electric fields and electric gas discharges during their operation, the study of physical-chemical processes that take place on the surface and volume of the materials as a result of these effects, and the changes in the important properties of the materials, is an urgent topic, is of great scientific and practical importance.