

# BƏRK CİSİMLƏRİN SƏTHİNDƏN İKİNCİ NÖV İON EMISSİYASININ KÜTLƏ SPEKTRLƏRİ HAQQINDA

HƏŞİMOV A.M., NURUBƏYLİ Z.K., NURİYEV K.Z<sup>1</sup>., HƏSƏNOV M.Ə.

*Azərbaycan MEA Fizika institutu  
Azərbaycan Milli Aerokosmik Agentlik.*

Məqalədə qıyıcım qaz boşalmasının təsiri nəticəsində bəzi metalların səthindən ikinci növ ion emissiyasının kütlə-spektrometrik tədqiqindən əldə edilmiş nəticələr verilmişdir. Kütlə-spektrində hər bir elementə aid maksimuma uyğun cərəyanın hesablanması daha dəqiq üsulu təklif edilmişdir.

Kütlə spektrometrik analiz fiziki metodlar içərisində ən həssas, ən dəqiq üsul kimi maddələrin istər kimyəvi, istərsə də element tərkibinin öyrənilməsində həm də texnoloji proseslərin araşdırılmasında özünəməxsus yer tutur.

Bəzən bərk cisimlərin (kəmiyyət analizi zamanı) ikinci növ ionlarının kütlə spektri onun kimyəvi tərkibi ilə uyğunluq təşkil etmir. Müxtəlif müəlliflərin gəldikləri nəticəyə görə buna səbəb bir tərəfdən müxtəlif elementlərin ikinci növ emissiyasının müxtəlifliyi o biri tərəfdən atomların ionlaşma xüsusiyyətidir. Bu uyğunsuzluğu nəzərə almaq üçün [1]-də həmin metodun təyin olunan elementə nəzərən nisbi həssaslığı adlanan anlayışdan istifadə olunması təklif olunur.

$$\gamma_{g.c}^x = \frac{I_x \cdot C_{g.c}}{C_x I_{g.c} \cdot F_{ch.}}$$

Burada  $I_x, I_{g.c}$  tədqiq olunan elementin və daxili standartın ölçülə bilən analitik siqnalları (cərəyanları),  $C_x$  və  $C_{g.c}$  həmin elementlərin uyğun konsentrasiyalardır.  $\gamma_{g.c}^x$  - daxili standartın nisbi həssaslıq və ya ionların nisbi çıxış əmsalı,  $F_{ch.}$  - ayırıcı və qeyd edici qurğuların cihaz faktorudur.

Nisbi həssaslıq əmsalını standart nümunələrin təcrübi yolla aparılan analizin nəticələri əsasında təyin etmək olar. Bunun üçün tədqiq olunan nümunənin çox ehtimal olunan hər hansı bir (və ya bir neçə) elementinin ikinci növ emissiya qabiliyyətini təcrübi yolla araşdıraraq  $I_{g.c}$  və  $C_{g.c}$  kəmiyyətlərini təyin etmək kifayətdir. Çoxsaylı təcrübələr göstərir ki, bu empirik və ya yarımempirik yolla əldə olunmuş (1) ifadəsinin və bəzi nəzəri müddələrin köməyi ilə ikinci növ ion emissiyası metoduna əsaslanan kütlə spektrometrik metodun sistematik xətlərini orta hesabla 0,2-yə qədər azaltmaq olar [2].

İşdə məqsəd bəzi bərk cisimlərin strukturunun öyrənilməsində əldə olunmuş ikinci növ ion kütlə spektrlərinin dəqiqləşdirilməsi və bunun əsasında ikinci növ ion emissiyasının yaranma mexanizmini dəqiqləşdirməkdir.

İşdə təqdim edilmiş kütlə spektrləri kimyəvi tərkibi tədqiq olunan bərk maddələrin müxtəlif yollarla ionlaşdırılması (neytral zərrəciklərlə bombardman, qıyıcım boşalması, lazer şüası və s. təsirlər) zamanı əldə edilmiş nəticələrdir.

Qeyd etmək lazımdır ki, müxtəlif təsirlər zamanı bərk cismin səthini tərk edən atomların emissiya qanunauyğunluğu katod tozlanması nəzəriyyəsi ilə izah olunmasına baxmayaraq ionlaşma mexanizmi dövrü mətbuatda olduqca zəif və mübahisəli işıqlandırılır. Bu baxımdan təklif olunan mexanizmləri iki qrupa ayırmaq olar.

1. Metalı tərk edən atomun səth elektronları ilə mübadilə prosesində ionlaşması ehtimalının kvant-mexanikası əsasında hesablanan kvant-mexaniki modellər. Bu modellər əsasən təmiz metallara və sadə ərintilərə tətbiq olunduqda daha qənaətbəxş nəticələr verir.

2. Çoxkomponentli nümunəni tərk edən nisbi çıxış əmsalını hesablamağa imkan verən empirik fenomenoloji modellər.

Bu cür modellərin tətbiqi çoxkomponentli sistemlər üçün nəzəri hesablamaların çətinliyi ilə izah olunur.

Təklif olunan işdə aparılan hesablamaların əsasını Kvant mexaniki model təşkil edir. Bu mexanizmə əsasən nümunə üzərinə düşən ilkin neytral atom dəstəsi (ion dəstəsi, boşalma impulsu və ya kvantı) onun səthindəki atomlarla qarşılıqlı təsirdə olaraq onlarla bir sıra toqquşmalar zamanı öz enerjisini kristal qəfəsin atomları ilə bölüşür, onlara müəyyən hərəkət momenti verir. Bu zaman həyəcanlanmış atomların əldə etdikləri hərəkət momenti səthə yönəlsə, onlar səth ilə əlaqə qüvvəsinə üstün gələrək səthi tərk edə bilirlər. Hesablamalar göstərir ki, ilkin ionun (atomun) maddə ilə qarşılıqlı təsir və ikinci növ ionun maddəni tərk etmə müddəti  $10^{-12}$ - $10^{-10}$  saniyədən çox olmur. Bu müddət həyəcanlanmış atomun ionlaşması üçün kifayətdir. İlkin ionun (atomun) səth ilə qarşılıqlı təsir sahəsinin ölçüləri atomun ölçüləri tərtibində olduğundan çox ehtimal ki, bu lokal oblastın fiziki-kimyəvi xassələri maddənin həcm üzrə xassələrindən fərqlənsin. Ona görə də ionlaşmanın dərəcəsi maddənin atomlarının həyəcanlanma ehtimalı və onun qarşılıqlı təsir müddətində relaksasiya ehtimalının hasili ilə təyin olunur. Bu zaman həyəcanlanmış atomların ionlaşmasını təmin edən əsas amillər onun ionlaşma potensialı, atomun hərəkət sürəti, səthdən çıxış işi və ondakı elektronların strukturudur. Qeyd etmək lazımdır ki, axırıncı iki amil elektronların atomdan emissiya edərək ionları neytrallaşdırmaq ehtimalını təyin edir.

İkinci növ ion emissiyası prosesi olduqca mürəkkəb olduğundan, təcrübi nəticələrin araşdırılması zamanı işdə riyazi hesablamaların sadəliyi məqsədilə [1]-də təklif olunan kvazibərabər ehtimallı adlanan modeldən istifadə edilmişdir. Bu mexanizmin başqalarından fərqi ondadır ki, burada ilkin ionun bərk maddənin səthinin dağıtması və maddənin atomlarının ionlaşma proseslərinin statistik çəkilişi eyni qəbul edilir. Bu cür aşağı tərtibli yaxınlaşmaya səbəb, adları çəkilən proseslərin mürəkkəbliyindən və tam öyrənilməməsindən irəli gəlir.

Yuxarıda qeyd edildiyi kimi təcrübi nəticələrin dəqiqliyini artırmaq məqsədi ilə ikinci növ ion emissiyası metodunun nisbi həssaslığını, başqa sözlə spektrə daxil olan elementlərin ionlaşmasının nisbiliyini nəzərə almaq lazımdır. Təcrübə göstərir ki, [3] nisbi həssaslığı xarakterizə edən ayrı-ayrı elementlərin ionlarının yaranma əmsalı  $\gamma_{g,c}^x$  onların birqat ionlaşma potensialı  $\varphi_x^1$  və həmin elementin  $D_x^0$  xüsusi atomlaşma, başqa sözlə biratomlu buxar almaq üçün lazım olan enerjisindən kəsgin asılıdır.

$$\gamma_{g,c}^x = A \exp\left(-\frac{D_x^0 - D_{g,c}^0}{kTa}\right) \times \exp\left(-\frac{\varphi_x^1 - \varphi_{g,c}^x}{kTa}\right) \text{ və ya}$$

$$\ln(\gamma_{g,c}^x) = a_1(D_x^0 - D_{g,c}^0) + a_2(\varphi_x^1 - \varphi_{g,c}^x)$$

$$\text{Burada } a_1 = -\frac{1}{kTa}, a_2 = -\frac{1}{kTc} \quad (Ta, Tc \text{ elementin atomlaşma və ionlaşma}$$

«temperaturları»,  $k$ -Bolsman sabitidir.) Nəhayət ikinci növ ionların yaranma əmsalının dəqiqləşdirilmiş orta qiyməti aşağıdakı kimi olar.

$$\bar{\Delta\gamma}^x = \frac{\sum_{i=1}^n I(\gamma_i^x)_{\text{eks}} - (\gamma_i^x)_{\text{nöz}}}{n}$$

Beləliklə, təklif olunan üsulla aparılmış hesablamalar qığılcım boşalması üsulu ilə ikinci növ ionların kütlə spektrində hər bir elementin maksimumuna uyğun cərəyanın (və ya konsentrasiyasının) qiyməti dəqiqləşdirilmişdir. Bir neçə bərk cisim halında olan maddələrin kütlə spektrinə daxil olan elementlərin dəqiqləşdirilmiş müqayisəli qiymətləri aşağıdakı cədvəldə verilmişdir.

Qeyd etmək lazımdır ki, cədvəldə verilmiş hər bir rəqəm onlarca spektrin riyazi işlənilməsindən əldə edilmişdir.

Cədvəl. Kütlə spektrinə daxil olan elementlərin dəqiqləşdirilmiş konsentrasiyası.

| Atom<br>çəkisi<br>a k v     | Element        | Xüsusi<br>atomlaşma<br>enerjisi<br>eV/at | İonlaşma<br>potensial<br>V | Uyğun elementin<br>konsentrasiyası, m <sup>-3</sup> |                      | $\bar{\Delta}\gamma^x$ | Dəqiqləş<br>mə,% |
|-----------------------------|----------------|------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------|------------------------|------------------|
|                             |                |                                          |                            | Eksperim.                                           | Nəzəri               |                        |                  |
| Paslanmayan poladın tərkibi |                |                                          |                            |                                                     |                      |                        |                  |
| 51                          | Cr             | 2,56                                     | 6,764                      | $2,33 \cdot 10^{14}$                                | $1,2 \cdot 10^{14}$  | $1,13 \cdot 10^{14}$   | 48,4             |
| 56                          | Fe             | 2,71                                     | 7,896                      | $8,82 \cdot 10^{14}$                                | $11,2 \cdot 10^{14}$ | $-2,9 \cdot 10^{14}$   | 26,0             |
| 58                          | Ni             | 3,11                                     | 7,613                      | $0,1 \cdot 10^{14}$                                 | $0,15 \cdot 10^{14}$ | $-0,05 \cdot 10^{14}$  | 50,0             |
| 63                          | Cu             | 2,44                                     | 7,723                      | $0,8 \cdot 10^{14}$                                 | $0,3 \cdot 10^{14}$  | $0,5 \cdot 10^{14}$    | 62,5             |
| 107                         | Ag             | 2,97                                     | 7,574                      | $1,5 \cdot 10^{14}$                                 | $2,1 \cdot 10^{14}$  | $0,6 \cdot 10^{14}$    | 40,0             |
| 118                         | Sn             | 3,05                                     | 7,332                      | $2,7 \cdot 10^{14}$                                 | $2,3 \cdot 10^{14}$  | $0,4 \cdot 10^{14}$    | 14,4             |
| 121                         | S <sub>6</sub> | 3,25                                     | 8,64                       | $0,3 \cdot 10^{14}$                                 | $0,45 \cdot 10^{14}$ | $-0,15 \cdot 10^{14}$  | 50,3             |
| Mis ərintisinin tərkibi     |                |                                          |                            |                                                     |                      |                        |                  |
| 63                          | Cu             | 2,44                                     | 7,723                      | $7,8 \cdot 10^{13}$                                 | $8,3 \cdot 10^{13}$  | $-1,5 \cdot 10^{13}$   | 19,0             |
| 65                          | Zn             | 3,75                                     | 9,391                      | $1,1 \cdot 10^{13}$                                 | $0,9 \cdot 10^{13}$  | $0,2 \cdot 10^{13}$    | 145,0            |
| 75                          | As             | 4,05                                     | 9,85                       | $0,7 \cdot 10^{13}$                                 | $0,5 \cdot 10^{13}$  | $0,2 \cdot 10^{13}$    | 28,0             |
| 118                         | Sn             | 3,05                                     | 7,332                      | $2,0 \cdot 10^{13}$                                 | $2,7 \cdot 10^{13}$  | $-0,7 \cdot 10^{13}$   | 35,0             |
| 121                         | Sb             | 3,25                                     | 8,64                       | $1,5 \cdot 10^{13}$                                 | $1,7 \cdot 10^{13}$  | $0,2 \cdot 10^{13}$    | 13,3             |
| 207                         | Pb             | 3,35                                     | 7,415                      | $0,6 \cdot 10^{13}$                                 | $0,33 \cdot 10^{13}$ | $-0,233 \cdot 10^{13}$ | 38,8             |

[1] Рамендик Г.И.; Манзон Б.М.; Тюрин Д.А. Журн.Анальт.химии 1989 т.44 №6 с.996

[2] Файнберг В.С.; Рамендик Г.И. Журн. Анальт.химии 1991 том 46 №2 с.241.

[3] Барабашев С.В.; Тюрин Д.А. Журн. Анальт.химии 1990 т.45 в.10 с.1922

### МАСС-СПЕКТРЫ ВТОРИЧНЫХ ИОНОВ, ЭМИТИРУЕМЫХ С ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДЫХ ВЕЩЕСТВ

ГАШИМОВ А.М., НУРУБЕЙЛИ З.К., НУРИЕВ К.З., ГАСАНОВ М.А.

Проведен анализ масс-спектров вторичных ионов, эмитируемых с поверхности некоторых металлов. Предложен более точный метод расчета токов отдельных элементов в массовом спектре на основе квазистационарной модели выхода вторичных ионов.

## **THE SECONDARY IONS OF MASS-SPECTERS EMITTED FROM SURFACE OF SOLID SUBSTANCES**

**HASHIMOV A.M., NURUBEYLI Z.K., NURIYEV K.Z., HASANOV M.A.**

Analysis of the mass-specters' secondary ions, emitted from the several metals. More accurate method of current's estimate of separate elements in mass specters on the base of quasistationary model the secondary ions formation was suggested.