

Institut Fizyki UMCS
Zespół Fizyki Stosowanej
Kierownik Zespołu: doc. dr hab. Bogdan Adamczyk

Leszek WÓJCIK, Krzysztof BEDERSKI,
Bogdan ADAMCZYK, Marek PLESZCZYŃSKI

**Przekroje czynne na wytwarzanie jonów O_2^+ , O^+ , O_2^{2+} i O^{2+}
przy bombardowaniu tlenu elektronami**

Сечения, активные на образование ионов O_2^+ , O^+ , O_2^{2+} и O^{2+} при бомбардировке
кислорода электронами

Cross-Sections for the Production of O_2^+ , O^+ , O_2^{2+} and O^{2+}
during Bombarding of Oxygen with Electrons

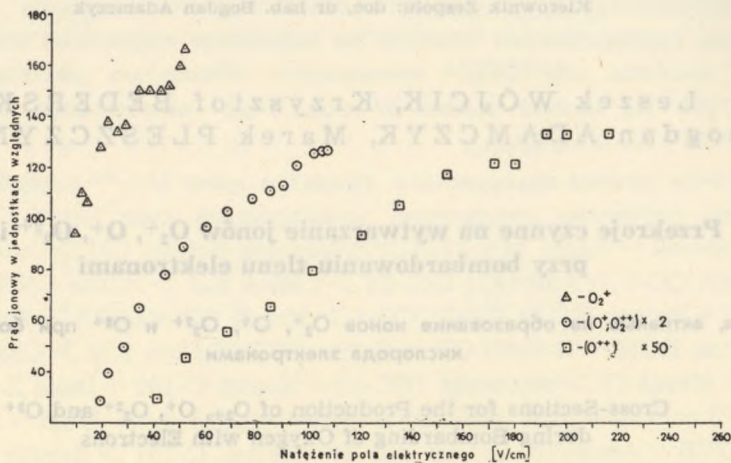
WSTĘP

Całkowite przekroje czynne na jonizację tlenu elektronami wyznaczyli Rapp i Englander-Golden [4] metodą kondensatorową. Autorzy niniejszej pracy, dysponując cykloidalnym spektrometrem mas o dużym współczynniku transmisji jonów, wyznaczyli względne wartości cząstkowych przekrojów czynnych na jonizację tlenu elektronami o energii 35—600 eV. Rejestrowano jony O_2^+ , nie rozdzielone jony O^+ i O_2^{2+} oraz jony O^{2+} . W poprzedzającym tę pracę komunikacie [2] autorzy donosili o wynikach pomiarów przekrojów na wytwarzanie jonów O_2^+ , O^+ i O_2^{2+} przy energii elektronów do 400 eV.

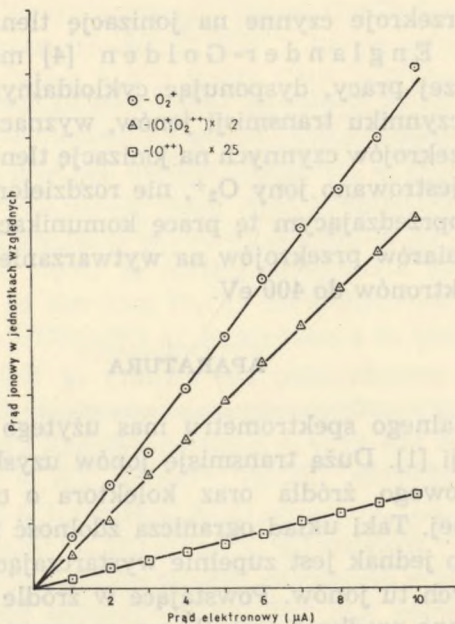
APARATURA

Opis cykloidalnego spektrometru mas użytego do pomiarów podany jest w publikacji [1]. Dużą transmisję jonów uzyskano dzięki zastosowaniu bezszczelinowego źródła oraz kolektora o odpowiednio dużej powierzchni czynnej. Taki układ ogranicza zdolność rozdzielczą spektrometru do ok. 30, co jednak jest zupełnie wystarczające do rozdzielenia wiązek wytworzonych tu jonów. Powstające w źródle jony posiadają pewną nie uporządkowaną prędkość początkową, co prowadzi do rozmycia wiązki i zmniejszenia liczby jonów osiagających kolektor. Aby uzyskać dużą transmisję jonów, czas ich przelotu na drodze od źródła do kolektora po-

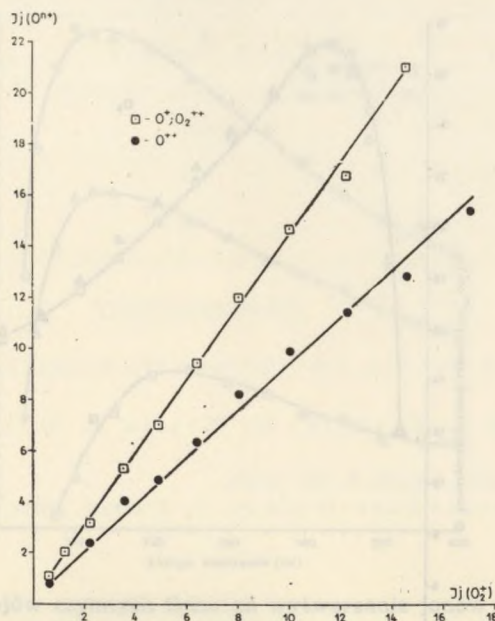
winien być dostatecznie krótki. Osiągnąć to można przy odpowiednio dużym natężeniu analizującego pola elektrycznego. Zależność natężenia prądów jonowych od natężenia pola elektrycznego wskazuje, że uzyskane prądy jonowe zbliżają się do wartości nasycenia (ryc. 1). Dalsze zwiększenie



Ryc. 1. Zależność natężenia prądów jonowych od natężeń pola elektrycznego w układzie analizującym spektrometru



Ryc. 2. Zależność natężenia prądu jonowego od natężenia wiązki elektronowej (energia 300 eV)



Ryc. 3. Zależność natężenia prądów jonowych od ciśnienia gazu w źródle jonów

natężenia pola elektrycznego wymagało zwiększenia natężenia pola magnetycznego, co było ograniczone parametrami elektromagnesu.

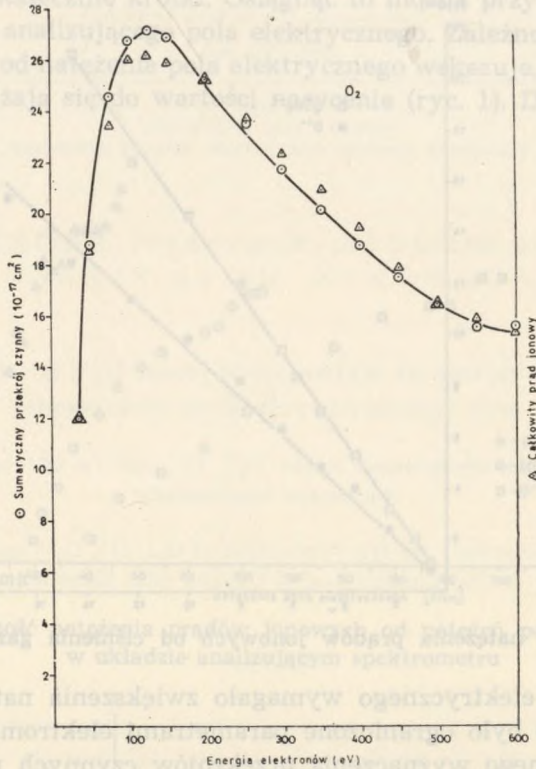
Dla poprawnego wyznaczenia przekrojów czynnych na jonizację wymagana jest wprost proporcjonalna zależność wartości prądów jonowych od natężenia wiązki elektronowej jonizującej gaz (ryc. 2). Jak widać z przebiegu krzywych, warunek ten został spełniony.

Natężenie prądów jonowych uzależnione jest od względnego ciśnienia gazu w źródle (ryc. 3). Miarą tego ciśnienia jest natężenie prądu utworzonego przez jony O_2^+ . Pomiarów przekrojów wykonano w zakresie ciśnień, przy których stosunki natężeń poszczególnych prądów jonowych były stałe.

WYNIKI POMIARÓW

W niniejszej pracy rejestrowano prądy jonowe utworzone przez poszczególne produkty jonizacji tlenu. Zostały zatem zmierzone względne wartości cząstkowych przekrojów na wytworzenie jonów O_2^+ , nie rozdzielonych O^+ , O_2^{2+} oraz O^{2+} . Otrzymane wartości znormalizowano według bezwzględnych przekrojów sumarycznych otrzymanych przez Rappa i Engländer-Golden (ryc. 4).

Jak widać z przebiegu krzywych na ryc. 5, maksimum przekrojów czynnych dla jonów O_2^+ i znajdujących się w tej samej wiązce jonów O^+



Ryc. 4. Porównanie względnej wartości sumy prądów jonowych z sumarycznymi przekrojami czynnymi wyznaczonymi przez Rapp'a i Engländer-Golden

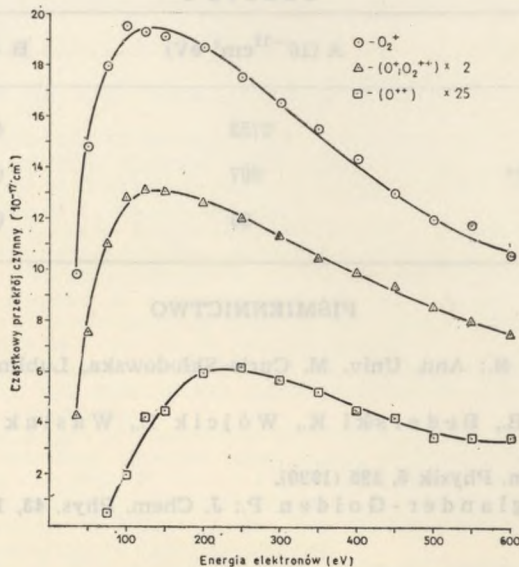
i O_2^{2+} otrzymano przy energii elektronów w zakresie 100—125 eV, a jonów O^{2+} przy energii ok. 230 eV. Energię elektronów jonizujących gaz zmieniano w zakresie 35—600 eV. Począwszy od energii 50 eV, przebieg krzywych obrazujących zależność przekrojów od energii elektronów można opisać funkcją podaną przez Bethego [3]:

$$\sigma_n = \frac{A \ln BE}{E_{el}}$$

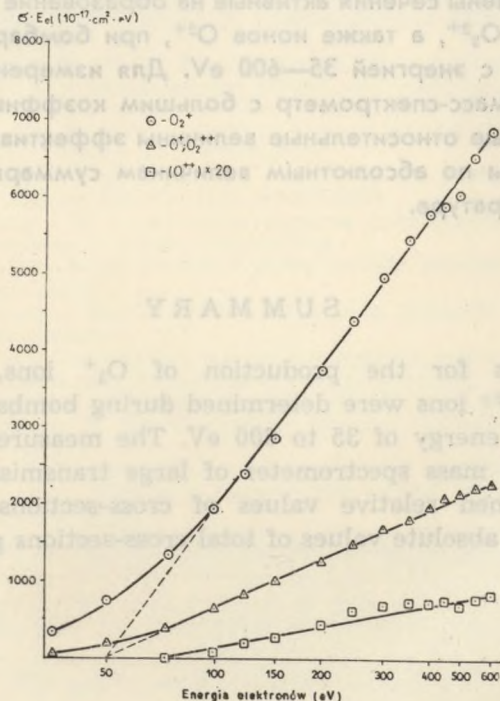
gdzie: σ_n — przekrój czynny na wytwarzanie określonego jonu, E_{el} — energia bombardujących elektronów, A, B — stałe.

Funkcja ta przedstawiona w układzie osi $\sigma_n E_{el}$ i $\ln E_{el}$ jest linią prostą. Na ryc. 6 przedstawiono w tym układzie punkty odpowiadające wartościom wyznaczonym przekrojów.

Wartości stałych A i B wyznaczonych w tej pracy dla jonów O_2^+ , nie rozdzielonych O^+ i O_2^{2+} oraz O^{2+} zestawiono w tab. 1.



Ryc. 5. Wartości przekrojów czynnych tlenu na wytwarzanie jonów O_2^+ , nie rozdzielonych O^+ i O_2^{2+} oraz O^{2+} przy energii elektronów w zakresie do 600 eV



Ryc. 6. Zależność $\sigma_n E_{el}$ od $\ln E_{el}$ dla jonów O_2^+ , O^+ i O_2^{2+} oraz O^{2+}

Tabela 1

Jon	A ($10^{-17} \text{cm}^2 \text{ eV}$)	B (eV^{-1})
O_2^+	2752	0,020
$\text{O}^+, \text{O}_2^{2+}$	907	0,020
O^{2+}	20	0,013

PIŚMIENNICTWO

1. Adamczyk B.: Ann. Univ. M. Curie-Skłodowska, Lublin, sectio AA, **20**, 141 (1969/1970).
2. Adamczyk B., Bederski K., Wójcik L., Wasiak A.: Fol. Soc. Lub. (w druku).
3. Bethe H.: Ann. Physik **5**, 325 (1930).
4. Rapp D., Englander-Golden P.: J. Chem. Phys. **43**, 1464 (1965).

РЕЗЮМЕ

Были определены сечения активные на образование ионов O_2^+ , неразделенных O^+ и O_2^{2+} , а также ионов O^{2+} , при бомбардировке молекул O_2 электродами с энергией 35—600 eV. Для измерений использовался циклоидальный масс-спектрометр с большим коэффициентом передачи ионов. Полученные относительные величины эффективных сечений были нормализованы по абсолютным величинам суммарных сечений, приведенным в литературе.

SUMMARY

Cross-sections for the production of O_2^+ ions, inseparable O^+ and O_2^{2+} , and O^{2+} ions were determined during bombardment of O_2 molecules with an energy of 35 to 600 eV. The measurements were made with a cycloidal mass spectrometer of large transmission coefficient of ions. The obtained relative values of cross-sections were normalised according to the absolute values of total cross-sections given in literature.

Tabela 1

Jon	$A \cdot 10^{-17} \text{ cm}^2 \text{ eV}^{-1}$	$\frac{\sigma}{\sigma_0}$	$B \text{ (eV}^{-1}\text{)}$
O_2^+	2732	0,935	
O^+ , O_2^{2+}	907	0,880	
O^{2+}	20	0,013	

PIŚMIENNICTWO

1. Adamczyk H.: *Ann. Univ. M. Curie-Skłodowska, Lublin, sectia AA*, **26**, 303 (1966/1970).
2. Adamczyk H., Bedarziński K., Wójcik L., Wójcik A.: *Pol. Soc. Sci.* (w druku).
3. Heise H.: *Ann. Physik* **5**, 325 (1930).
4. Rapp D., Englender-Golden P.: *J. Chem. Phys.* **43**, 1404 (1965).

РЕЗЮМЕ

Были определены сечения эффективные на образование ионов O_2^+ , неразделенных O^+ и O_2^{2+} , а также иона O^{2+} , при бомбардировке молекул O_2 электродами с энергией 35—600 эВ. Для измерений использовался циклоидальный масс-спектрометр с большим коэффициентом передачи ионов. Полученные относительные величины эффективных сечений были нормализованы по абсолютным величинам суммарных сечений, приведенным в литературе.

SUMMARY

Cross-sections for the production of O_2^+ ions, inseparable O^+ and O_2^{2+} , and O^{2+} ions were determined during bombardment of O_2 molecules with an energy of 35 to 600 eV. The measurements were made with a cycloidal mass spectrometer of large transmission coefficient of ions. The obtained relative values of cross-sections were normalised according to the absolute values of the total cross-sections given in literature.

ANNALES UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA

Nakład 575 egz.+25 nadbitek. Ark. wyd. 32, ark. druk. 27,5. Papier druk. sat. kl. III, B5, 80 g. Oddano do składu w lipcu 1973 r., podpisano do druku w marcu 1977 r., wydrukowano w kwietniu 1977 r. Cena zł 96,—

Tłoczono w Drukarni UMCS w Lublinie, nr zam. 255/73, D-4

- Ce, Pr, Er oraz mieszaniny dwuskładnikowe itru, neodymu, samaru i erbu.
The Influence of Composition of the Rare Earths Mixture on the Intensity of their Spectral Lines in the Indirect Current Arc. II. Binary Mixtures of Gadolinium with Y, Nd, Sm, La, Ce, Pr and Er and Binary Mixtures of Y, Nd, Sm and Er.
17. J. Wysocka-Lisek: Wpływ składu mieszaniny pierwiastków ziem rzadkich na intensywność ich linii spektralnych w łuku prądu zmiennego. III. Mieszaniny dwuskładnikowe Y, La, Ce, Pr, Sm, Gd i Er.
The Influence of Composition of the Rare Earths Mixture on the Intensity of their Spectral Lines in the Indirect Current Arc. III. Binary Mixtures of Y, La, Ce, Pr, Sm, Gd and Er.
18. J. Wysocka-Lisek, M. Martyniuk: Wpływ lantanu i ceru na intensywność linii spektralnych manganu i wanadu przy wzbudzeniu w łuku prądu zmiennego.
The Influence of Lanthanum and Cerium on the Intensity of Manganese and Vanadium Spectral Lines during Indirect Current Arc Excitation.
19. J. Wysocka-Lisek, F. Kosmala: Zastosowanie niklu jako wzorca wewnętrznego przy spektrograficznym oznaczaniu lantanowców lekkich. Application of Nickel as the Internal Standard in the Spectrographic Determination of Light Lanthanons.
20. W. Hubicki, J. Wysocka-Lisek: Ilościowe spektrograficzne oznaczenie Mg, Ca i Ba w węglanie strontu.
Quantitative Spectrographic Determination of Mg, Ca and Ba in Strontium Carbonate.
21. A. Waksmundzki, Z. Hubicki: Wymiana jonowa Co, Ni, Zn i Fe³ na kationicie Zerolit 225×8 w rozpuszczalniku mieszanym DMSO—H₂O—4%NH₄SCN.
Ion Exchange of Co, Ni, Cu, Zn and Fe³ on Zerolite 225×8 with Application of a Mixed Solvent DMSO—H₂O—4%NH₄SCN.
22. A. Waksmundzki, Z. Hubicki: Wyznaczanie współczynników podziału Co, Ni, Cu, Zn i Fe w układzie kationit Zerolit 225×8 — rozpuszczalnik mieszany DMSO—H₂O—4%NH₄SCN.
Determination of Separation Factors in the System: Zerolite 225×8 — Mixed Solvent DMSO—H₂O—4%NH₄SCN.
23. J. Krupowicz i K. Sapięcha: Synteza dwu(2-karweolo)etynylenu.
Die Synthese di(2-karveol)ethynylen.
24. L. Pawłowski: Ciągłe przeciwprądowe metody rozdzielcze w chromatografii jonowymiennej.
Continuous Counter-Current Separation Methods in the Ion-Exchange Chromatography.
25. L. Pawłowski: Zagadnienie regulacji przepływu jonitu w ciągłych metodach przeciwprądowej chromatografii jonowymiennej.
The Problem of Regulation of the Outflow of an Ion Exchanger from the Column in the Continuous Counter-Current Ion-Exchange Chromatography.
26. W. Hubicki, B. Frank: Rozdział lantanowców lekkich metodą jonowymienną za pomocą NTA przy zastosowaniu kadmu jako jonu spowalniającego lub wypierającego.
Separation of Light Lanthanons by Ion Exchange with NTA as an Eluent and Cadmium as a Retaining or Displacing Ion.
27. W. Hubicki, B. Frank, J. Wysocka-Lisek: Rozdział lantanowców ciężkich metodą jonowymienną za pomocą NTA przy zastosowaniu kadmu jako jonu spowalniającego lub wypierającego.
Separation of Heavy Lanthanons by Ion Exchange with NTA as an Eluent and Cadmium as a Retaining or Displacing Ion.
28. W. Hubicki, B. Frank: Oddzielanie itru od lantanowców lekkich metodą jonowymienną za pomocą NTA przy zastosowaniu kadmu jako jonu spowalniającego lub wypierającego.

4051 | 28

CZASOPISMA

1973

- Separation of Yttrium from LNTA as an Eluent and Cadmium
29. W. Hubicki, B. Frank: Rozdział lantanu za pomocą NTA przy zastosowaniu wypierającego.
Separation of Light Lanthanoid Eluent and Zinc as a Retaining or Displacing Ion.
30. B. Frank: Rozdział lantanowców lekkich metodą jonowymienną za pomocą NTA przy zastosowaniu kobaltu jako jonu spowalniającego lub wypierającego.
Separation of Light Lanthanoids by Ion Exchange with NTA as an Eluent and Cobalt as a Retaining or Displacing Ion.
31. B. Frank: Rozdział lantanowców lekkich metodą jonowymienną za pomocą NTA przy zastosowaniu niklu jako jonu spowalniającego lub wypierającego.
Separation of Light Lanthanoids by Ion Exchange with NTA as an Eluent and Nickel as a Retaining or Displacing Ion.
32. J. Wysocka-Lisek: Wpływ składu mieszaniny pierwiastków ziem rzadkich na intensywność linii spektralnych manganu w łuku prądu zmiennego.
The Influence of Composition of the Rare Earths Mixture on the Intensity of Manganese Spectral Lines in the Indirect Current Arc.
33. W. Rudziński: Jedno- i dwucząstkowe funkcje dystrybucji w ciekłych fazach adsorpcyjnych.
One- and Two-Body Distribution Functions in Liquid Adsorbate Phases.
34. L. Pawłowski, Z. Hubicki, J. Harkot, Z. Sikora: Wpływ stężenia jonów różnowartościowych na ich podział pomiędzy fazy jonit — roztwór.
The Influence of Concentration of Ions of Different Valencies on their Distribution between Phases Ion Exchanger — Solution.
35. T. Bany, M. Dobosz: Badania w dziedzinie pochodnych 1,2,4-triazolotionu-5. I. Podstawienie w układzie N₃-karboetoksy-1,2,4-triazolotionu-5.
Studies on the Derivatives of 1,2,4-Triazolethion-5. I. Substitution in the N₃-Carboethoxy-1,2,4-Triazolethion-5 Ring System.
36. K. Sykut, J. Szczerbiec: Aparatura do zmiennoprądowych pomiarów polarograficznych.
Apparatur für wechselstrompolarographische Messungen.
37. M. Sowa, J. Sielanko: Temperature Dependence of Thermal Diffusion in Ne—CO₂ Mixture.
Zależność stałej termodyfuzji od temperatury dla mieszaniny Ne—CO₂.
38. M. Dąbkowska, M. Kalbowskiak: Derywatograficzne badania termicznej dysocjacji węglanów lantanowców lekkich.
Derivatographic Investigations of the Thermal Dissociation of Light Lanthanoid Carbonates.
39. M. Dąbkowska, M. Kalbowskiak: Derywatograficzne badania termicznej dysocjacji octanów lantanowców lekkich.
Derivatographic Investigations of the Thermal Dissociation of Light Lanthanoid Acetates.
40. T. Bany, M. Dobosz: Badania w dziedzinie pochodnych 1,2,4-triazolotionu-5. II. Przegrupowanie allilowe w pochodnych układu 1,2,4-triazolotionu-5.
Studies on the Derivatives of 1,2,4-Triazolethion-5. II. Allylic Rearrangement in the Derivatives of 1,2,4-Triazolethion-5 Ring System.

Adresse:

UNIWERSYTET MARII CURIE-SKŁODOWSKIEJ

BIURO WYDAWNICTW

Plac Litewski 5

20-080 LUBLIN

POLOGNE

Cena zł 96,—