

Z Katedry Fizyki Doświadczalnej Wydziału Mat. Fiz. Chem. UMCS
Kierownik: prof. dr Włodzimierz Żuk

Bogdan ADAMCZYK i Stanisław HAŁAS

**Jonizacja i dysocjacja cząsteczek azotu elektronami o energii
od 25 do 600 eV**

Ионизация и диссоциация молекул азота электронами с энергией
от 25 до 600 eV

Ionization and Dissociation of Nitrogen Molecules by Electrons from 25 to 600 eV

WSTĘP

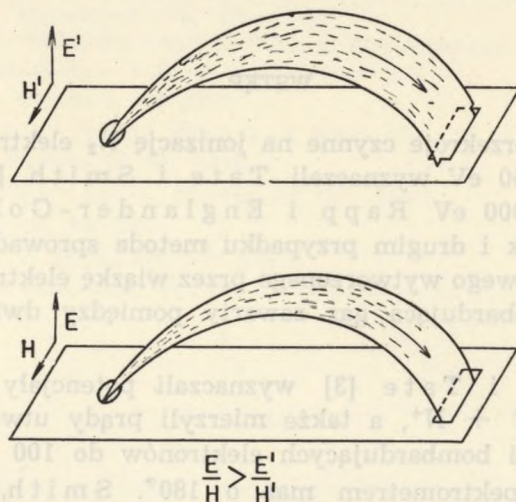
Sumaryczne przekroje czynne na jonizację N_2 elektronami o energii w zakresie do 750 eV wyznaczali Tate i Smith [1], a następnie w zakresie do 1000 eV Rapp i Englander-Golden [2]. Tak w pierwszym, jak i drugim przypadku metoda sprowadzała się do pomiaru prądu jonowego wytworzonego przez wiązkę elektronów o określonej energii, bombardującą gaz zawarty pomiędzy dwiema okładkami kondensatora.

Hagstrum i Tate [3] wyznaczali potencjały pojawiania się jonów N_2^+ , N_2^{++} + N^+ , a także mierzyli prądy utworzone przez te jony przy energii bombardujących elektronów do 100 eV. Posługiwali się przy tym spektrometrem mas o 180° . Smith, Caplinger, Neynaber, Rothe i Trujillo [4] mierzyli przekroje na wytworzenie jonów N^+ z wiązki atomów N bombardowanej elektrodami w zakresie energii do 750 eV. Jony wydzielane były przy pomocy spektrometru mas o 60° . Cook i Peterson [5], a następnie Peterson [6], wyznaczali przekroje czynne na jonizację i dysocjację azotu cząsteczkowego, a także dzięki wytworzeniu wiązki atomowej N mierzyli przekroje na wytworzenie jonów N^+ . Pomiarów wykonywali w zakresie energii elektronów do 500 eV. Jony analizowane były przy pomocy spektrometru mas o 60° .

METODA POMIARU

Wyznaczono przekroje czynne na wytworzenie jonów N_2^+ oraz N^{++} , a także sumaryczne przekroje na wytworzenie jonów N_2^{++} i N^+ (odpowiadające im wierzchołki znajdują się w tym samym miejscu na skali widma masowego). Jony wytwarzano przez bombardowanie N_2 elektronami o energii w zakresie do 600 eV, a analizowano przy pomocy specjalnie do tego celu zbudowanego cykloidalnego spektrometru mas z całkowitą transmisją jonów [7]. Dzięki temu w pomiarach wykluczony został efekt wybiórczy, na który mógłby mieć wpływ rodzaj jonów i przekrój czynny na ich wytworzenie.

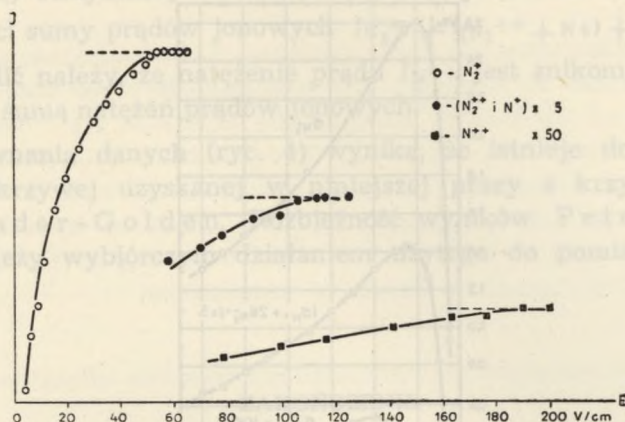
Jony wytwarzane w źródle posiadają pewną prędkość, co może spowodować rozmycie wiązki na drodze do kolektora i uniemożliwić pełną transmisję. Zapobiec temu można przez skrócenie czasu przelotu jonów ze źródła do kolektora. W cykloidalnym spektrometrze mas, gdzie analiza jonów odbywa się w skrzyżowanych polach — elektrycznym E i magnetycznym H , zwiększenie stosunku E/H skraca czas przelotu jonów (ryc. 1).



Ryc. 1. Wpływ E/H , a zatem i prędkości nadanej jonom przez te pola, na rozproszenie wiązki; E — natężenie pola elektrycznego, H — natężenie pola magnetycznego w cykloidalnym spektrometrze mas

Zależność natężenia prądów jonowych $I_{N_2^+}$, $I_{(N_2^{++} + N^+)}$ i $I_{N^{++}}$ od natężenia pola elektrycznego E przedstawia ryc. 2.

Pomiary przekrojów czynnych wykonywane były przy takich wartościach E/H , przy których badany prąd jonowy danej wiązki osiągnął nasycenie.



Ryc. 2. Zależność natężenia wiązki jonów azotu, docierających do kolektora, od natężenia pola elektrycznego w cykloidalnym spektrometrze mas

Aczkolwiek wykonywano względne pomiary przekrojów czynnych na powstawanie poszczególnych jonów, to jednak wyniki przedstawione zostały w jednostkach bezwzględnych. Wartości te otrzymane zostały na drodze normalizacji uzyskanych wyników z danymi z pracy Rapp i Engländer-Golden [2], którzy wyznaczyli wartości bezwzględne przekrojów sumarycznych dla azotu cząsteczkowego. Warunkiem dopuszczającym do przeprowadzenia takiej normalizacji jest:

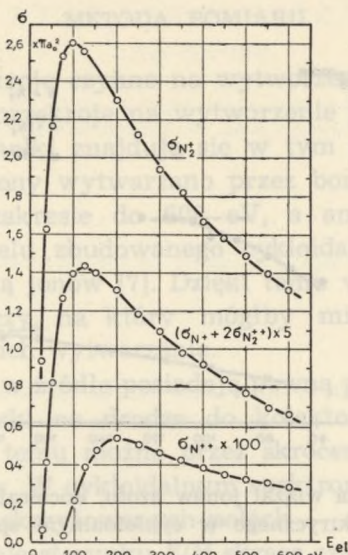
$$\frac{\sigma_T}{I_{N_2^+} + I_{(N_2^{++} + N^+)} + I_{N^{++}}} = \text{const}$$

dla całego przedziału energii elektronów, w którym Rapp i Engländer-Golden wyznaczyli przekroje sumaryczne σ_T i w którym to przedziale wyznaczano wartości natężeń prądów jonowych. Suma tych prądów znajduje się w mianowniku powyższego równania. Warunek ten został dobrze spełniony, co przedstawione jest na ryc. 4.

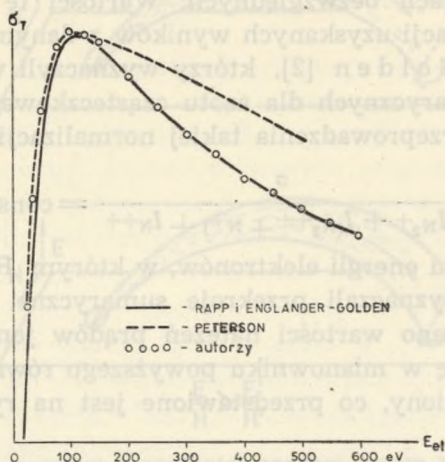
WYNIKI POMIARÓW

Wartości przekrojów czynnych na wytworzenie jonów N_2^+ , $(N_2^{++} + N^+)$ oraz N^{++} przedstawia ryc. 3. Wartości przekrojów czynnych σ podane są w jednostkach πa_0^2 , gdzie a_0 jest promieniem pierwszej orbity atomu wodoru Bohra i wynosi $5,29 \cdot 10^{-9}$ cm.

Jony N_2^{++} i N^+ , chociaż powstają w wyniku różnych procesów, to jednak znajdują się w tej samej wiązce (stosunek $m/e = 14$). Dlatego przekroje na wytworzenie tych jonów nie zostały określone oddzielnie.



Ryc. 3. Wartości przekrojów czynnych na wytworzenie jonów N_2^+ , N^{++} oraz razem występujących w wiązce jonów N^+ i N_2^{++}



Ryc. 4. Porównanie względnej wartości sumy prądów jonowych azotu z sumarycznymi przekrojami czynnymi, wyznaczonymi przez Rappa i Englander-Golden.

Wszystkie krzywe są między sobą znormalizowane wierzchołkami

Następnie porównano przebieg trzech krzywych znormalizowanych ze sobą wierzchołkami: 1) Rappa i Englander-Golden, dotyczącej sumarycznych przekrojów na jonizację i dysocjację N_2 ; 2) Petersona [6], określającej wartości sumy przekrojów $\sigma_{N^+} + \sigma_{N^{++}}$

+ $2\sigma_{N_2^{++}}$; 3) otrzymanej w niniejszej pracy, a charakteryzującej przebieg wartości sumy prądów jonowych $I_{N_2^+} + I_{(N_2^{++} + N^+)} + I_{N^{++}}$ (ryc. 4).

Podkreślić należy, że natężenie prądu $I_{N^{++}}$ jest znikomo małe w porównaniu z sumą natężeń prądów jonowych.

Z porównania danych (ryc. 4) wynika, że istnieje dobra zgodność przebiegu krzywej uzyskanej w niniejszej pracy z krzywą Rappa i Engländer-Golden. Rozbieżność wyników Petersona tłumaczyć należy wybiórczym działaniem użytego do pomiarów spektrometru.

ZAKOŃCZENIE

Przedstawione wyżej wartości przekrojów czynnych na jonizację elektronami azotu cząsteczkowego, dzięki zastosowaniu spektrometru o całkowitej transmisji jonów, wydają się bardziej prawdopodobne od poprzednich. A zatem stanowią mogą podstawę do rozważań teoretycznych.

PIŚMIENNICTWO

1. Tate J. T., Smith P. T.: Phys. Rev., **39**, 270 (1932).
2. Rapp D., Engländer-Golden P.: J. Chem. Phys., **43**, 1464 (1965).
3. Hagstrum H. D., Tate J. T.: Phys. Rev., **59**, 354 (1941).
4. Smith A. C. H., Caplinger E., Neynaber R. H., Rothe E. W., Trujillo S. N.: Phys. Rev., **127**, 1647 (1962).
5. Cook C. J., Peterson J. R.: Phys. Rev. Letters, **9**, 164 (1962).
6. Peterson J. R.: Proc. Third Int. Conf. Phys. of Electronic and Atomic Collisions. London 1963; Nord Holland Publ., Amsterdam 1964.
7. Adamczyk B.: Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Lublin, sectio AA, **24** (1969).

РЕЗЮМЕ

Работа содержит результаты измерений сечений ионов N_2^+ , (N_2^{++} и N^+) и N^{++} , образованных из молекул N_2 , бомбардированных электронами с энергией от 25 до 600eV. Для измерений пользовались специально сконструированным масспектрометром с полной трансмиссией ионов, в котором были исключены селективные эффекты, принимая во внимание вид ионов и их сечения.

SUMMARY

The paper describes the measurements of the ionization and dissociation cross sections of nitrogen. The molecules N_2 were bombarded with the electrons of 25—600 eV energy. The ions N_2^+ , N_2^{++} together with N^+ and N^{++} ions were registered. The measurements were performed by means of an especially built mass spectrometer with the total transmission of ions and compared with those obtained by other authors. Attention was paid to the selective effect occurring in the conventional spectrometers of a small coefficient of transmission.

