

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

Bogdan ADAMCZYK

Selekcja jonów wody polem o częstotliwości radiowej

Селективная экстракция ионов воды радиочастотным полем

Selective Extraction of Water-ions by a high Frequency Electric Field

Analizator jonów z polem o częstotliwości radiowej działa na zasadzie podobnej do akceleratora liniowego. Jony o określonym stosunku masy do ładunku, których ruch jest zsynchronizowany ze zmianami pola, ulegają przyspieszeniu i dochodzą do kolektora. Jony, które nie odpowiadają warunkom synchronizacji, zostają przed kolektorem zatrzymane przez hamujące pole elektryczne. Metoda takiej selekcji jonów została wprowadzona przez Bennetta (1), Redheada (2) i Crowella (3).

W budowanych analizatorach jony zanim wejdą w układ siatek przyspieszających posiadają już znaczną prędkość początkową, uzyskaną przez przebycie różnicy potencjałów większej na ogół o dwa rzędy od zmiennego napięcia międzysiatkowego. Dlatego też prędkość jonów zsynchronizowanych przyjmuje się za stałą, równą prędkości początkowej, a siatki przyspieszające ustawia się w równych odstępach.

Warunek synchronizacji ruchu jonów ze zmianami pola wyraża z dużym przybliżeniem wzór:

$$\frac{M}{n} = 0,48 \frac{V_0}{s^2 f^2} \quad [1]$$

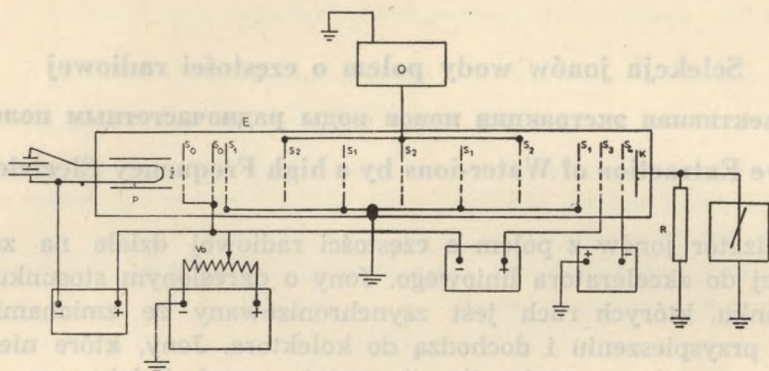
gdzie: M — masa jonu wyrażona w jednostkach masy atomowej,
 n — liczba ładunków elementarnych jonu,
 s — odległość pomiędzy siatkami wyrażona w centymetrach,
 f — częstota zmian pola wyrażona w megacyklach na sekundę.

W pracy tej zostaną podane wyniki pierwszych pomiarów wykonanych na prostym analizatorze zbudowanym przez autora. Ponieważ ampli-

tuda drgań przyłożonych do siatek była stosunkowo duża w porównaniu z napięciem początkowym, wzór [1] będzie wymagał odpowiedniej poprawki.

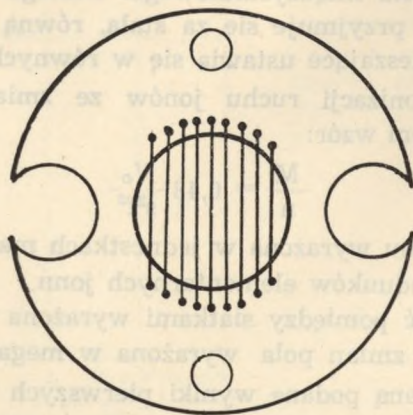
Aparatura

Rys. 1 przedstawia schemat układu analizującego. Katodą jest tutaj włókno wolframowe \bar{z} wraz z cylinderkiem p , osłaniającym emitowane elektrony przed polem wytworzonym pomiędzy katodą i uziemioną osłoną E . Katoda znajduje się na potencjale o około 100 V niższym od potencjału siatek S_0S_0 , pomiędzy którymi odbywa się jonizacja badanego gazu



Rys. 1.

lub pary. Wytwarzane jony są przyspieszane stałym napięciem V_0 , panującym pomiędzy siatką S_0 a uziemioną pierwszą siatką przyspieszającą S_1 . Zmienne napięcie z generatora drgań O doprowadzane jest do siatek S_2 . Pomiędzy ostatnią siatką S_1 a siatką S_3 panuje napięcie hamujące, o kilkadziesiąt woltów wyższe od napięcia początkowego V_0 . Siatka S_4



Rys. 2.

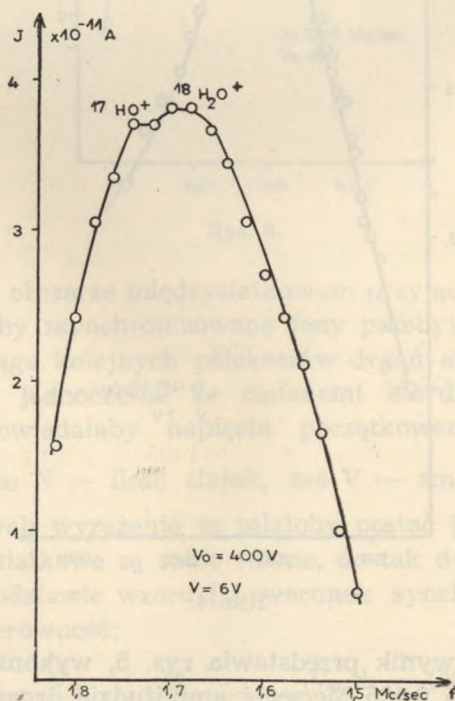
znajduje się na potencjale -12 V i zabezpiecza kolektor K przed wtórną emisją elektronową. Kolektor jest połączony z elektrometrem listkowym El oraz wysokoomowym oporem R .

Siatkę (rys. 2) stanowi płaska płyta z otworem o średnicy 15 mm wykonana z blachy mosiężnej o grubości $0,50\text{ mm}$ oraz rozpięty na otworze drut nikielinowy o grubości $0,10\text{ mm}$.

Ostłona E wykonana jest z rury mosiężnej o średnicy 45 mm . Długość całego układu wynosi 36 cm . Całość znajduje się w szklanej rurze próżniowej, połączonej z pompą dyfuzyjną rtęciową za pośrednictwem wymrażarki. Do wymrażania używano mieszaniny dwutlenku węgla z alkoholem. Pomiaru ciśnienia wewnątrz aparatury dokonywano przy pomocy manometru jonizacyjnego.

Analiza jonów wody

Pomiary robione były przy ciśnieniu 10^{-4} mm Hg . Zestawiona w wymrażarce para wodna sublimowała i przedostawała się do obszaru jonizacji. Rys. 3 przedstawia wynik analizy przy zastosowaniu 12 siatek analizujących, ustawionych w odstępach co 20 mm . Analizę przeprowadzono drogą

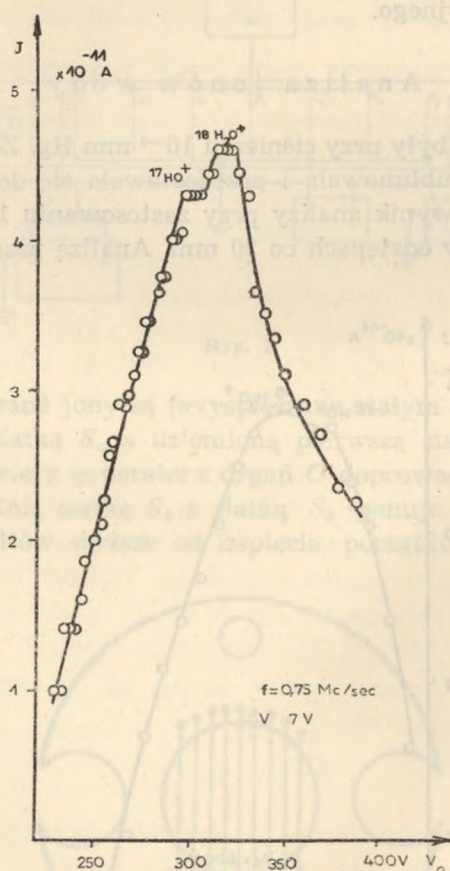


Rys. 3.

zmiany częstości drgań od 1,50 do 1,82 Mc/sec. Amplituda drgań wynosiła 6 V, zaś napięcie początkowe 400 V. Przegięcie na wykresie odpowiada jonom 17OH^+ , zaś maksimum jonom $18\text{H}_2\text{O}^+$.

Ponieważ siatki analizujące można było ustawić w jednakowych odległościach od siebie z dokładnością nie większą niż 0,2 mm, dalsze pomiary robione były przy odległościach międzysiatkowych znacznie większych, bo wynoszących 39,5 mm. Przy takim rozstawieniu konieczne było zredukowanie liczby siatek do 7-miu.

Wyniki przedstawione na rys. 4 otrzymano przy stałej częstości, wynoszącej 0,75 Mc/sec i amplitudzie drgań 7 V. Analizę przeprowadzono drogą zmiany napięcia początkowego od 230 do 390 V.

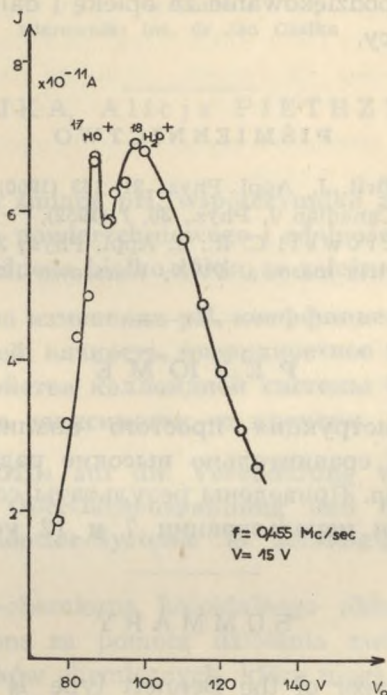


Rys. 4.

Analiza, której wynik przedstawia rys. 5, wykonana była przy częstości stałej, równej 0,455 Mc/sec i amplitudzie drgań 15 V. Drgania te wytwarzane były przez generator kwarcowy. Napięcie początkowe

zmieniano od 80 do 130 V. Tutaj jonom $17\text{H}_3\text{O}^+$ i $18\text{H}_2\text{O}^+$ odpowiadają dwa wyraźne maksima.

Do opisanych wyżej wyników, zwłaszcza przedstawionych na rys. 5, wzór [1] w tym sformułowaniu nie może być zastosowany. Amplituda drgań w porównaniu z napięciem początkowym jest zbyt duża, ażeby



Rys. 5.

prędkość jonów w obszarze międzysiatkowym przyjąć za równą prędkości początkowej. Gdyby zsynchronizowane jony przebywały odległości międzysiatkowe w ciągu kolejnych półokresów drgań oraz momenty mijania siatek byłyby jednoczesne ze zmianami kierunku pola, prędkość tych jonów odpowiadałaby napięciu początkowemu, powiększonemu o $\frac{2}{\pi} [N-1] V$, gdzie N — ilość siatek, zaś V — amplituda drgań. (Dla drgań prostokątnych wyrażenie to miałoby postać $[N-1] V$). Ponieważ odległości międzysiatkowe są sobie równe, do tak dużego przyspieszenia nie dojdzie. Na podstawie wzoru [1] warunek synchronizacji może być zapisany przez nierówność:

$$0,48 \frac{V_0}{s^2 f^2} < \frac{M}{n} < 0,48 \frac{V_0 + \frac{2}{\pi} (N-1) V}{s^2 f^2} \quad [2]$$

Wyniki pomiarów, przedstawione na powyższych wykresach, spełniają ten warunek.

A zatem przy selekcji jonów dużymi amplitudami drgań następuje przesunięcie widma masowego w kierunku mas większych.

Miłym obowiązkiem jest dla autora złożyć Panu Docentowi Dr Włodzimierzowi Żukowi podziękowanie za opiekę i daleko idącą pomoc przy wykonywaniu tej pracy.

PIŚMIENNICTWO

1. Bennett W. H.: Brit. J., Appl. Phys., 21, 143 (1950).
2. Redhead P. A.: Canadian J. Phys., 30, 1 (1952),
3. Redhead P. A.; Crowell C. R.: J. Appl. Phys., 24, 331 (1953).
4. Żuk W.: Spektrometria masowa. PWN, Warszawa 1956.

РЕЗЮМЕ

Описывается конструкция простого анализатора ионов типа Беннетта. Применяя сравнительно высокие радиочастотные между-сеточные напряжения. Приведены результаты селективного извлечения ионов воды при использовании 7 и 12 ускорительных сеток.

SUMMARY

A simple ion-analyzer of the Bennett type is described. Relatively high alternating voltages were used on the grids. The results of the selection of ions of water, obtained with 7 and 12 accelerating grids, are reported.