

Instytut Fizyki UMCS
Zakład Fizyki Jądrowej

Kierownik: prof. dr Włodzimierz Żuk

Longin GŁADYSZEWSKI

Badanie rozkładów amplitud impulsowej termoemisji jonowej

Амплитудное распределение импульсной ионной эмиссии калия

Investigation of the Distribution of Thermal Emission of Ion Pulses Amplitudes

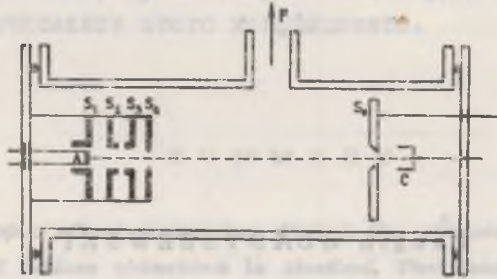
WSTĘP

W termoemisyjnych źródłach jonów, po odparowaniu z anody warstw potasu powierzchniowo zaadsorbowanych, obserwuje się emisję grup jonów potasu, powodującą powstanie w źródle jonów impulsów prądu jonowego, a w układzie pomiarowym - impulsów napięcia, wzmacnianych i rejestrowanych w kolejnych elementach aparatury elektronicznej. Szerokość impulsów wynosi około $10 \mu s$, a każdy z nich odpowiada zachodzącej w tym czasie emisji grupy 10^3 - 10^6 jonów potasu pojedynczo zjonizowanych [1, 2].

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki pomiarów rozkładów amplitud impulsów, przeprowadzonych za pomocą wielokanałowego analizatora amplitudy. Badano również zależność rozkładu amplitud od temperatury emitera.

APARATURA I METODA POMIARU

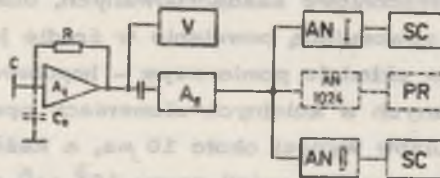
Pomiary zostały wykonane za pomocą specjalnie zbudowanej aparatury próżniowej i elektronicznej. Anodę termooemlajnego źródła



Ryc. 1. Schemat komory próżniowej z wmontowanym źródłem jonów; A - anoda źródła jonów, S_1, S_2, S_3, S_4 - szczeliny źródła formujące wiązkę jonową, ich potencjały wynoszą odpowiednio: $V_1 = 1500V, V_2 = 1350V, V_3 = 1350V, V_4 = 0, P$ - do układu pomp i mierników ciśnienia, C - kolektor jonów

jonów stanowiła taśma wolframowa o rozmiarach $0,8 \times 0,25$ mm. Na anodę tę nanoszono wodny roztwór soli potasowych. Po uzyskaniu w komorze próżniowej ciśnienia 10^{-7} tora zwiększono powoli temperaturę anody, rejestrując składową stałą natężenia prądu jonowego. Po wyparowaniu naniesionej próbki stwierdzano zanik emisji stacjonarnej, a pojawianie się emisji impulsowej.

Elektroniczny układ do rejestracji i analizy impulsów przedstawiony jest na ryc. 2. Impulsowa wiązka jonowa emitowana ze źródła



Ryc. 2. Schemat blokowy układu elektronicznego: A_1 - przedwzmacniacz elektrometryczny z wprowadzonym stuprocentowym ujemnym sprzężeniem zwrotnym, A_2 - wzmacniacz impulsowy Camac 1101, V - voltmierz cyfrowy do pomiaru składowej stacjonarnej, AN - analizator wielokanałowy typu AI 1024, PR - drukarka, AN I, AN II - analizatory jednokanałowe Camac 1201, SC - przeliczniki typu P44A

ła trafia na kolektor jonów połączony z szerokopasmowym wzmacniaczem prądu stałego A_1 , z tranzystorem polowym na wejściu. W wyniku wprowadzonego stuprocentowego ujemnego sprzężenia zwrotnego uzyskano szerokie pasmo przenoszonych przez wzmacniacz częstotliwości, potrzebne do nieznieskształconego wzmacniania krótkich impulsów. Składową stałą odczytywano za pomocą woltomierza cyfrowego V, impulsy zaś wzmacniane były w drugim wzmacniaczu, typu Camac 1101. Analizę amplitud impulsów przeprowadzono za pomocą 1024 kanałowego analizatora typu AI 1024.

W drugiej wersji pomiarowej zrezygnowano z pomiaru składowej stałej, zamieniając wzmacniacz elektrometryczny na impulsowy przedwzmacniacz ładunkowy typu Camac 1001, w miejsce zaś analizatora wielokanałowego wstawiono dwa analizatory jednokanałowe Camac 1201 z podłączonymi do nich przelicznikami elektronicznymi.

W celu identyfikacji rodzaju jonów odpowiedzialnych za impulsową termoenisję jonową przeniesiono źródło jonów do spektrometru mas, a aparaturę elektroniczną podłączono do kolektora jonów spektrometru.

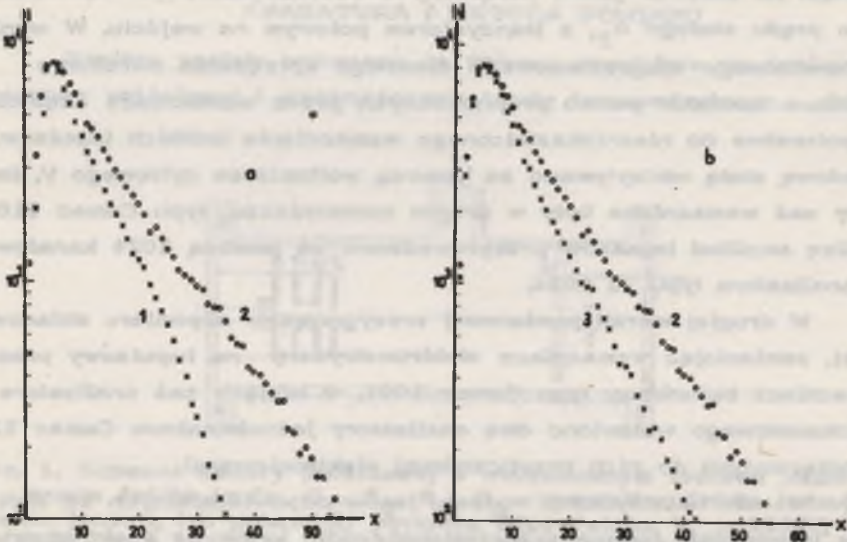
Stwierdzono, że główny udział w impulsowej emisji mają jony potasu I, w mniejszym stopniu, jony sodu, stanowiące domieszki zawierające mikroszczeliny i defekty w polikrystalicznej anodzie wolframowej.

WYNIKI POMIARÓW

Rycina 3a przedstawia wykreślone w skali półlogarytmicznej widmo amplitudowe dla dwu temperatur: 1320 K i 1590 K, zaś ryc. 3b dla temperatur 1590 K i 2090 K. Z przedstawionych widm oraz z wielokrotnie powtórzonych pomiarów wynika, że prawdopodobieństwo emisji w jednym impulsie n jonów można opisać w następujący sposób:

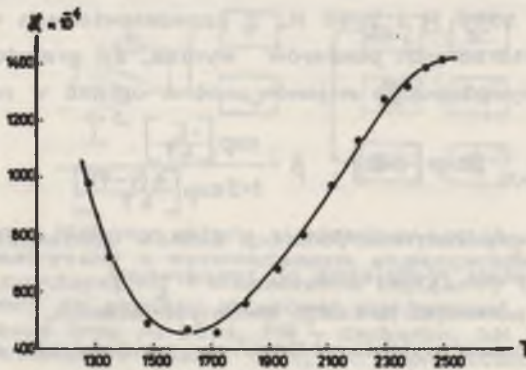
$$P_{in, n} = \beta \exp[-n\chi], \quad \beta = \frac{\exp\left[\frac{-E}{kT}\right]}{1 + 2 \exp\left[\frac{e(V-\phi)}{kT}\right]}$$

- gdzie:
- β - współczynnik jonizacji atomów domieszki,
 - A - stała niezależna od temperatury,
 - V - potencjał jonizacji badanych atomów,
 - $e\phi$ - praca wyjścia elektronu z powierzchni emitera,
 - E - energia aktywacji dyfuzji,
 - k - stała Boltzmanna,
 - T - temperatura emitera jonów.



Ryc. 3. Widmo amplitud impulsowej termoemisji jonowej; a: 1 - temperatura emitera 1320 K, 2 - temperatura 1590 K, X - numer kanału; w warunkach eksperymentu jeden kanał odpowiadał $6 \cdot 10^3$ jonom; b: 2 - temperatura emitera 1590 K, 3 - temperatura 2090 K, X - numer kanału; jeden kanał analizatora odpowiadał w warunkach eksperymentu $6 \cdot 10^3$ jonom

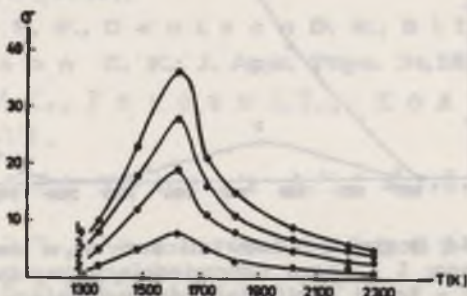
Występująca we wzorze wielkość \mathcal{H} jest współczynnikiem kierunkowym prostych przedstawionych na ryc. 3 (a i b) i stanowi złożoną funkcję temperatury (ryc. 4).



Ryc. 4. Współczynnik \mathcal{H} jako funkcja temperatury (podany w jednostkach; na kanał)

Obserwowane przy temperaturze około 1600 K minimum nachylenia oznacza, że w tej temperaturze pojawiają się bardzo liczne impulsy wysokoamplitudowe, tzn. emitowane są grupy zawierające bardzo dużo jonów przypadających na jeden impuls.

Podobnie dobrze charakteryzuje przebieg widma amplitudowego ryc. 5, na której przedstawiono termiczną zależność szerokości widma, mierzonej na poziomach $1/2$, $1/5$, $1/10$ i $1/20$ wysokości maksymalnej.



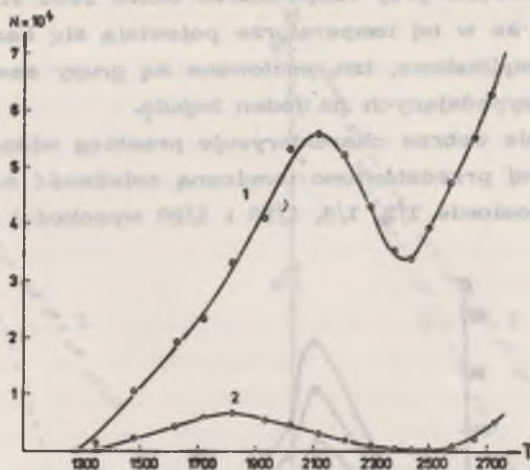
Ryc. 5. Szerokość widma amplitudowego σ w zależności od temperatury emitera, mierzona na poziomach: $1/2$ (krzywa 1), $1/5$ (krzywa 2), $1/10$ (krzywa 3), $1/20$ (krzywa 4); jednostką σ jest liczba kanałów analizatora

Liczba zebranych impulsów w danym kanale zależy od temperatury. Przedstawiona na ryc. 6 zależność jest bardzo podobna do typowego przebiegu stacjonarnej emisji jonowej w obecności domieszek i zainicjowanych na powierzchni emitera silnie elektroujemnych atomów deniu (ciężnienie gazów resztkowych w aparaturze: 10^{-7} tora [6]).

MECHANIZM PRODUKCJI IMPULSÓW

Wprowadzone na powierzchnię anody atomy potasu, w pierwszym etapie pracy źródła (emisja stacjonarna) dyfundują do wnętrza emitera, zajmując mikroszczeliny i defekty polikrystalicznej anody wolframowej.

Po wyparowaniu warstw powierzchniowych zachodzi dyfuzja atomów potasu z wnętrza ku powierzchni. Uwolnienie dyfundującej grupy atomów następuje tym gwałtowniej, im wyższą temperaturę posiada emiter. Wniosek ten potwierdza fakt, że w niskich temperaturach, rzędu 1000 K do 1200 K, obserwowane impulsy są szerokie, o czasie trwania około 100 μ s, podczas gdy w temperaturze 2500 K są wąskie, a ich czas trwania jest mniejszy od 10 μ s.



Ryc. 6. Zależność liczby impulsów zliczanych w dwu kanałach od temperatury emitera; 1 - kanał odpowiadający impulsom zawierającym $6 \cdot 10^3$ jonów, 2 - kanał analizatora odpowiadający impulsom zawierającym $1,8 \cdot 10^5$ jonów

W wielu publikacjach stwierdzono istnienie wpływu ciśnienia gazów na ilość emitowanych impulsów [3, 4, 5]. Autor niniejszej pracy przypuszcza, że istotną rolę w emisji impulsowej odgrywa stan powierzchni emitera. Wskazuje na to nieprzypadkowa zbieżność maksimum liczby impulsów, przypadającego na temperatury 1800 K–2000 K, z maksimum pracy wyjścia elektronu występującym w tym zakresie temperatur i związanym z adsorpcją tlenu [6]. Przy ciśnieniu 10^{-7} tora stopień pokrycia wolframu tlenem $\theta < 0,3$ (np. vide wyniki zawarte w pracy autora [6]), a praca wyjścia elektronu wzrasta do wartości 6 eV. Dyfundujące ku powierzchni emitera atomy potasu zmniejszają lokalnie pracę wyjścia do wartości 1,7 eV na ściankach 110 [7]. W tych warunkach powierzchnia wolframu stanowi układ bardzo złożony, z pracą wyjścia silnie zmieniającą się w zależności od miejsca zaistniałych adsorpcji oraz od czasu, ponieważ w tak wysokich temperaturach adsorpcja jest ruchliwa. Lokalna praca wyjścia w miejscu uwolnienia domieszek decyduje o wielkości stopnia jonizacji.

Zaobserwowany podczas pomiarów wyraźny wpływ pola elektrycznego w pobliżu emitera na liczbę impulsów o małej amplitudzie oraz praktyczny brak tego wpływu na impulsy o amplitudzie dużej pozwala przypuszczać, że emisja impulsów wielojonowych następuje głównie z obszarów dużej pracy wyjścia.

Przedstawione powyżej eksperymenty będą kontynuowane i rozszerzone na badania impulsowej termoemisji jonowej z innych metali, np. renu i tantalu.

PIŚMIENNICTWO

1. Minturn R. E., Datz S., Taylor E. H.: J. Appl. Phys. 31, 876 (1960).
2. Winters H. F., Denison D. R., Bills D. G., Donaldson E. K.: J. Appl. Phys. 34, 1810 (1963).
3. Логель А.М., Рекова Л.П., Колот В.А.: А.Т.Ф. 33, 1959 (1969).
4. Рекова Л.П., Логель А.М.: А.Т.Ф. 33, 1980 (1969).
5. Рекова Л.П., Мозгин В.В., Звягинцева Л.Н., Бондаренко В.Н., Логель А.М.: А.Т.Ф. 3, 616 (1975).
6. Gładyszewski L.: Materiały Elektroniczne 2, 31 (1973).
7. Schmidt L. D., Gomer R.: J. Chem. Phys. 45, 1605 (1966).

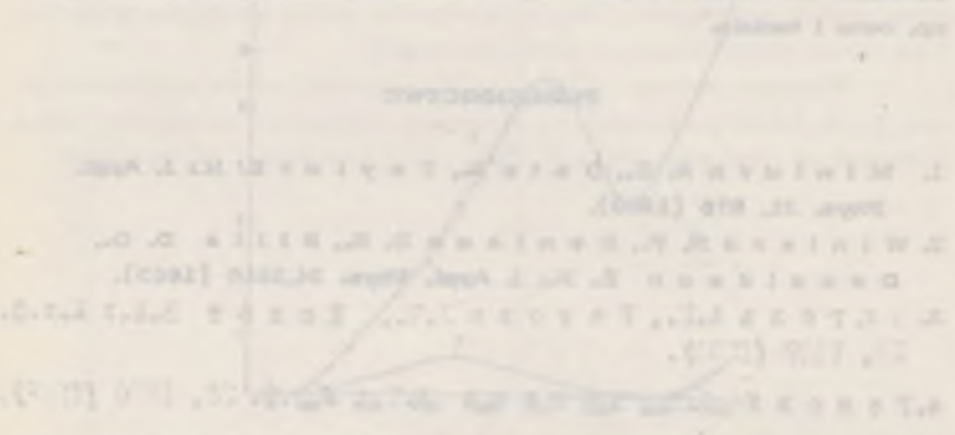
РЕЗЮМЕ

В работе представлены результаты исследования амплитудного распределения импульсной ионной эмиссии при нагреве калия из вольфрама. Исследовано также влияние температуры эмиссии на распределение импульсов.

SUMMARY

The distribution of the pulse amplitudes corresponding to a simultaneous emission of the ion potassium groups was investigated by using a multi-channel amplitude analyser. The ion potassium groups were desorbed at a high temperature from a tungsten anode of the source of thermal ion emission. The influence of the ion emitter temperature on the distribution parameters of the amplitudes was also studied.

...the ... of the ...



...the ... of the ...

...the ... of the ...

...the ... of the ...

...the ... of the ...

...the ... of the ...

...the ... of the ...

...the ... of the ...

...the ... of the ...

...the ... of the ...

...the ... of the ...

...the ... of the ...