

Instytut Fizyki UMCS

Zakład Fizyki Ogólnej i Dydaktyki Fizyki

Kierownik: doc. dr Maksymilian Piłat

Zdzisław WRÓŃSKI, Danuta STACHORSKA,  
Helena MURLAK-STACHURA**Rozkłady energetyczne jonów helu w jarzeniowym świetle**

Energy Distributions of Helium Ions in Glow Discharge Source

Энергетическое распределение ионов в тлеющем разряде источника

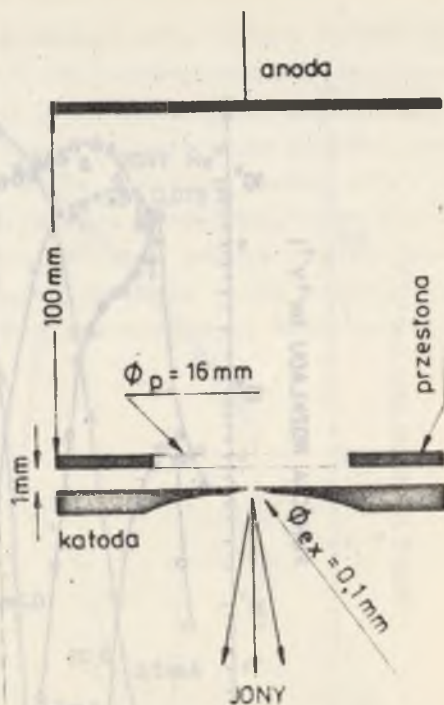
## WSTĘP

Jarzeniowe źródła z płaskimi elektrodami ustawionymi równoległe w odległości większej od długości ciemni Crookesa produkują jony kanalikowe w całym przedziale energii, odpowiadającym napięciu między anodą i katodą. W widmie energetycznym występuje charakterystyczny wierzchołek w pobliżu energii nabytej przez jony w spadku katodowym, patrz [1, 2]. Własność

ta sugeruje użycie takich źródeł w spektrometrii mas i w jono-  
wej obróbce powierzchni. Tego typu źródła cechują się małą wy-  
dajnością, której miarą jest stosunek prądu wiązki do całkowite-  
go prądu wyładowania. Wydajność takich źródeł można znacznie  
zwiększyć przez dobór odpowiedniej geometrii elektrod. Martin  
[4] używał w tym celu anody w postaci cylindra współosiowego  
z płaską katodą. Crockett [5] w źródle skonstruowanym do ob-  
róbki powierzchni stosował anodę w postaci tarczy z otworem  
stojącą bardzo blisko katody, równoległe do niej. Wyładowanie  
następowało wtedy przez otwór, między zewnętrzną stroną anody  
a niewielkim obszarem katody położonym przy otworze ekstrakcyj-  
nym. Źródła te cechowały się dużą wydajnością dochodzącą u  
Crocketta do 50%. Jednak widmo energetyczne odbiegało od kla-  
sycznego kształtu, pojawiały się kolejne wierzchołki, patrz  
[5]. Autor we wcześniejszej pracy [6] przedstawił jarzenio-  
we źródło, w którym przed płaską katodą umieszczona była równo-  
legle w niewielkiej odległości metalowa przesłona z otworem.  
Przesłona ogniskowała plamkę katodową na otworze ekstrakcyj-  
nym, co znacznie zwiększało wydajność. Anoda i katoda umiesz-  
czone były w odległości znacznie większej od długości ciemni  
Crookesa. Jony  $Ar^+$ , otrzymywane z takiego źródła pracującego  
na argonie, posiadały widmo energetyczne z jednym wierzchoł-  
kiem, bardzo bliskie "klasycznego kształtu". W tej pracy  
przedstawiono wyniki badań rozkładów energetycznych jonów he-  
lu wytwarzanych w tym źródle. Rozkłady jonów helu posiadają  
mniej regularną formę niż rozkłady jonów argonu.

#### OPIS APARATURY

Ideowy schemat źródła przedstawiony jest na ryc. 1. Wyła-  
dowanie zachodziło przez otwór w przesłonie, między dużą płas-  
ką anodą a niewielkim obszarem katody, wokół otworu ekstrakcyj-  
nego. W obszarze przykatodowym wyładowanie miało kształt wą-  
skiej kolumny z plamką katodową zogniskowaną na otworze ekstrak-  
cyjnym, jeśli przesłona miała potencjał elektrody swobodnej  
lub potencjał anody. Formowały się wtedy zniekształcone strefy

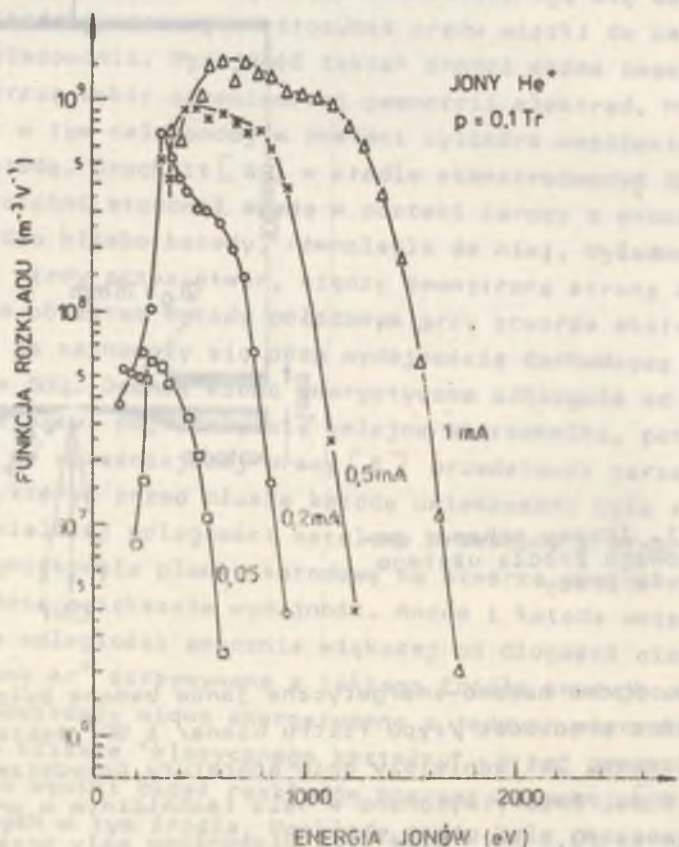


Ryc. 1. Ideowy schemat jarzeniowego źródła użytego w pracy

katodowe. Widmo masowo-energetyczne jonów badane było za pomocą analizatora prędkości /typu filtru Wienera/ i  $90^\circ$  sektora pola magnetycznego. Dokładniejszy opis aparatury przedstawiono w pracy [ 6 ]. Pomiary wykonano w helu technicznym w przedziale ciśnienia /0,1 Tr - 0,04 Tr/. Stosunkowo mały przedział ciśnienia warunkowany był wysokim napięciem zapłonu wyładowania w helu oraz ograniczoną możliwością pomiaru ciśnienia w źródle. Pomiary wykonano przy potencjale przesłony równym potencjałowi anody, co ma swoje uzasadnienie w wynikach badań przedstawionych w pracy [ 6 ].

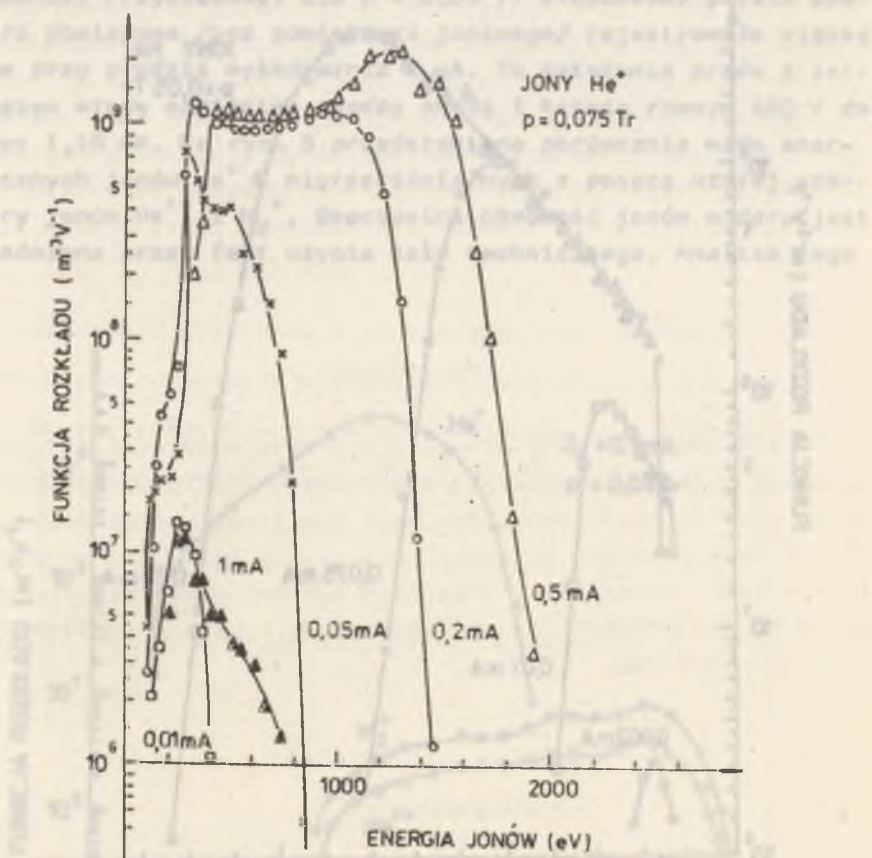
#### WYNIKI EKSPERYMENTU

Na kolejnych rysunkach 2, 3, 4 przedstawione są rozkłady energetyczne jonów F/U/ dla różnych prądów wyładowania i różnych ciśnień. Widać, że ze wzrostem prądu wyładowania rośnie



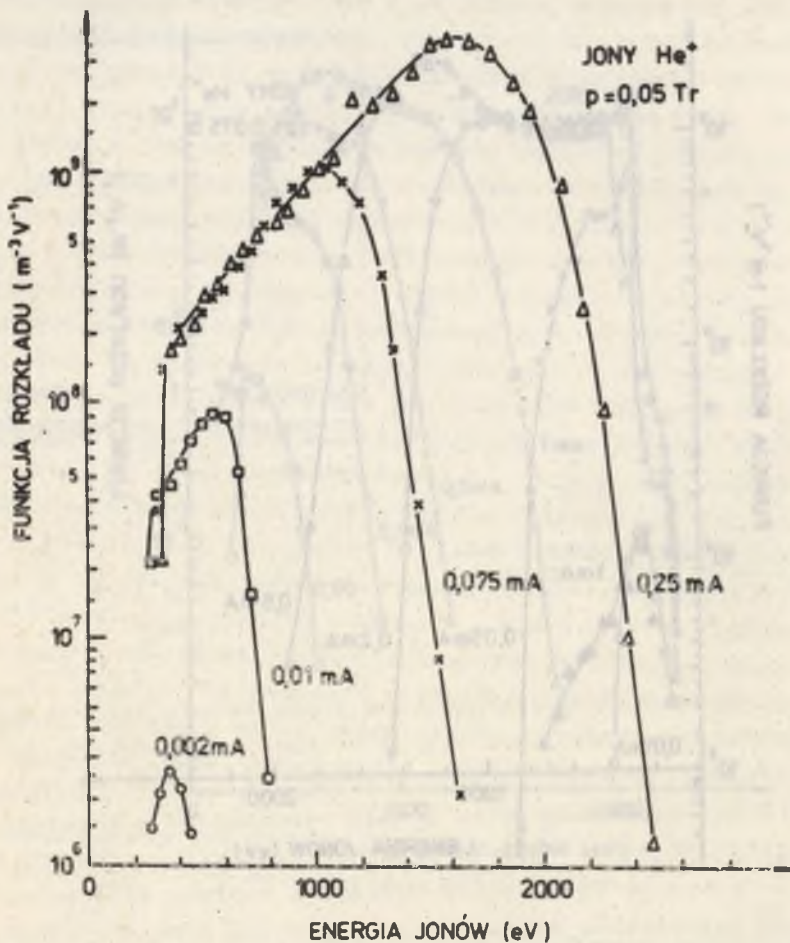
Ryc. 2. Rozkłady energetyczne jonów helu. Przy poszczególnych krzywych podano natężenie prądu wyładowania w źródle

koncentracja jonów w wiązce wychodzącej z otworu. Miarą koncentracji jest całka  $n_1 = \int F/U/dU$  w granicach  $/0 - \infty /$ . Koncentracja ta rośnie również przy zmniejszaniu się ciśnienia, jeśli prąd wyładowania jest stały. Łatwo zauważyć że podobny charakter zmian jest dla średniej energii jonów  $E_1$ , której miarą jest całka  $E_1 = \int UF/U/ dU$  w granicach  $/0 - \infty /$ . W widmie energetycznym jony pojawiały się powyżej pewnej pro-



Ryc. 3. Rozkłady energetyczne jonów helu przy różnej pracy źródła. Znaki puste - przesłona zwarta z anodą, wypełnione trójkęty - przesłona zwarta z katodą

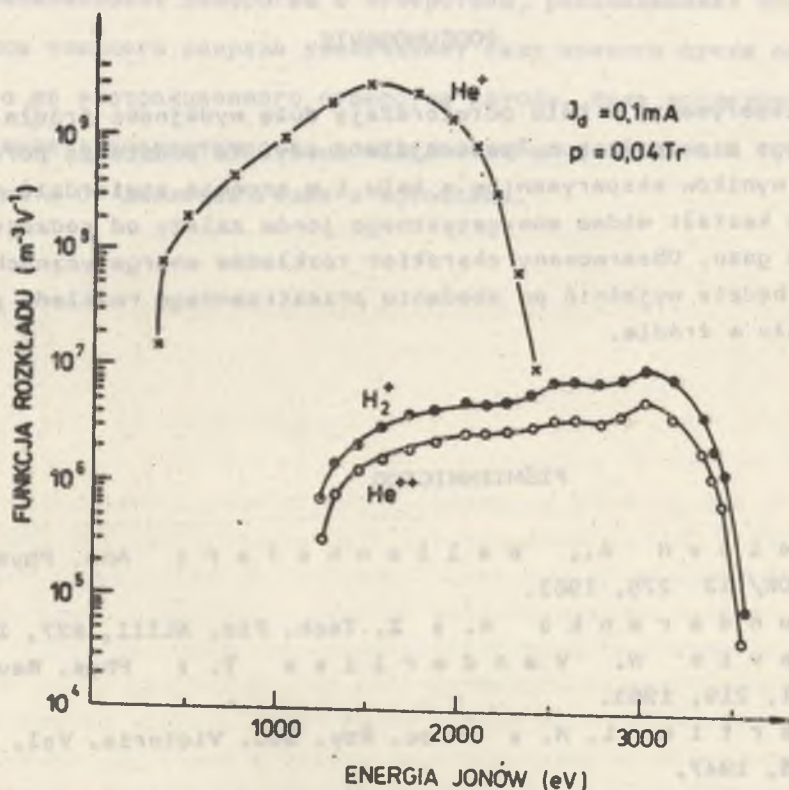
gowej energii. Ponadto nie było praktycznie jonów o energiach większych od energii odpowiadającej spadkowi napięcia między anodą i katodą, patrz [2, 4]. Na wykresach rozkładów energetycznych sugeruje się obecność dwu wierzchołków. Niskoenergetyczny wierzchołek występuje wyraźniej dla większych ciśnień i mniejszych prądów wyładowania. Drugi, wysokoenergetyczny, występuje przy niższych ciśnieniach i większych prądach wyła-



Ryc. 4. Rozkłady energetyczne jonów helu przy różnych prądach wyładowania

dowania. Na ryc. 3 przedstawiono dodatkowo rozkład jonów w przypadku pracy źródła z przesłoną zwartą z katodą /"klasyczne wyładowanie" z dużymi płaskimi elektrodami/. Widać, że w tym przypadku koncentracje jonów w wiązce dopiero przy prądzie wyładowania około 1 mA dorównują odpowiednim koncentracjom przy prądzie wyładowania 10  $\mu$ A w obecności efektu ogniskującego przesłony. Z przedstawionych wyników widać również, że źródło z prze-

sionę na potencjale anody może pracować przy małych mocach wyładowania. Przykładowo: dla  $p = 0,05 \text{ Tr}$  stosunkowo prosta aparatura pomiarowa /bez powielacza jonowego/ rejestrowała wiązkę jonów przy prądzie wyładowania  $2 \mu\text{A}$ . To natężenie prądu z istniejącym wtedy napięciem między anodą i katodą równym  $580 \text{ V}$  daje moc  $1,16 \text{ mW}$ . Na ryc. 5 przedstawiono porównanie widm energetycznych jonów  $\text{He}^+$  i nierozróżnialnych z pomocą użytej aparatury jonów  $\text{He}^{++}$  i  $\text{H}_2^+$ . Ewentualna obecność jonów wodoru jest uzasadniona przez fakt użycia helu technicznego. Analiza tego



Ryc. 5. Porównanie rozkładów energetycznych pojedynczo i podwójnie zjonizowanych atomów helu

gazu na spektrometrze cykloidalnym z jonizacją monoenergetyczną wiązką elektronów wskazywała na 2% zanieczyszczenia wodą. Wymrażanie gazu przed wejściem do jarzeniowego źródła niewiele zmieniało względną zawartość jonów  $H_2O^+$  a tym samym względną zawartość jonów  $H_2^+$ . Z danych fig. 5 wynika, że w opisywanym źródle jony podwójne, ewentualnie jony domieszek występują raczej w obszarze wysokoenergetycznym widma. Fakt ten jest charakterystyczny dla źródeł jarzeniowych, patrz prace [2, 7].

#### PODSUMOWANIE

Eksperymenty w helu potwierdzają dużą wydajność źródła pracującego z przesłoną na potencjale anody. Na podstawie porównania wyników eksperymentów w helu i w argonie stwierdzić można, że kształt widma energetycznego jonów zależy od rodzaju użytego gazu. Obserwowany charakter rozkładów energetycznych można będzie wyjaśnić po zbadaniu przestrzennego rozkładu potencjału w źródle.

#### PIŚMIENNICTWO

1. Heisen A., Wellenhofer: Ann. Phys. /DDR/ 12 275, 1963.
2. Bondarenko A.: Z. Tech. Fiz. XLIII, 827, 1973.
3. Davis W., Vanderlise T.: Phys. Rev. vol. 131, 219, 1963.
4. Martin L. H.: Proc. Roy. Soc. Victoria. Vol. 58, 135, 1947.
5. Crockett C.G.; Vacuum, vol. 23, 11, 1973.
6. Wroński, Stachórska D., Karwowski J.: Folia Societatis Scientiarum Lublinensis, Sec C. Oddano do druku w 1983 r.



## S U M M A R Y

The metallic screen, having the orifice in centre, placed in front of the cathode of glow discharge increases the intensity of the ion beam which leaves the extract hole. The dependence of the ion energy distributions on the discharge current and the gas pressure was studied for helium filled source.

## Р Е З Ю М Е

Металлическая диафрагма с отверстием, расположенная перед катодом тлеющего разряда увеличивает силу ионного пучка выходящего из экстракционного отверстия катода. Была исследована зависимость энергетических распределений ионов от силы тока разряда и от давления гелия в источнике.

