

**KARAKTERISTIKE JEDNOG MAGNETSKOG JONSKOG IZVORA  
ZA ČVRSTA TELA**

*Branislava Perović i Ivan Ševarac*

Jonski izvor, koji radi na ovom principu objavio je prvi R. L. Maxwell 1931 g. u SAD. 1940 g. A. T. Finkelstein (SAD) razvio je vrlo intenzivan jonski izvor na ovom principu. Od tada su mnogi autori publikovali podatke o ovakvim izvorima, među kojima Smith 1947, Oppenheimer 1947, Bailey 1949, Setlow 1949, Veenstra 1949, Kistemaker 1950, Hoyaux 1954 gde je ekstrakcija jona u pravcu ose pražnjenja i Heil 1942, Von Ardenne 1942, Bernas-Nier 1948, Kistemaker 1951, Bernas 1952, Sommeria 1951, 1953, Keim 1953, Zilverschöon 1954 gde je ekstrakcija upravna na osu pražnjenja.

**Osnovni principi i uslovi funkcionisanja izvora.** Za stabilan rad jonskog izvora nužno je obezbediti dovoljnu količinu i pravilan tok gasa, odnosno pare, dovoljan broj jonizujućih sudara neutralnih čestica sa elektronima i podesno električno polje za ekstrakciju jona.

Molekuli pare izlaze iz peći u evakuisani prostor u snopu geometrički definisanom podesnim otvorom, praktično bez međusobnih sudara samo u slučaju kada je njihova srednja slobodna putanja veća od prečnika, odnosno širine otvora peći ( $\lambda > b$ ). Ovaj, tzv. molekularni protok može se po Estermanu odrediti izrazom

$$Q = 5,83 \cdot 10^{-2} (MT)^{-\frac{1}{2}} p \cdot a \text{ mol/sec}$$

gde su:  $p$  — pritisak u peći u mm Hg,  $a$  — površina otvora u  $\text{cm}^2$ ,  $M$  — molekularna težina,  $T$  — apsolutna temperatura. Ugaona raspodela molekula koji izlaze iz peći pod uglom  $2\pi$  podleže kosinusnom zakonu molekularnog isticanja što znači da je najintenzivniji snop u pravcu upravnom na površinu otvora peći. Intenzitet molekularnog zraka opada sa kvadratom rastojanja, slično intenzitetu svetlosnih radijacija. Za ostvarenje intenzivnog i u pogledu gasne potrošnje ekonomičnog jonskog izvora treba podesno izabrati gasni protok, odnosno temperaturu peći i veličinu otvora peći. Međutim, izbor ovih elemenata ograničen je ne samo uslovom  $\lambda > b$ , nego i snagom vakuum pumpi kao i opasnošću zagađivanja delova aparature i proboja među elektrodama. Osim toga elektronski zrak treba da prolazi što bliže otvoru peći u pravcu upravnom na otvor, tj. kroz najintenzivniji deo molekularnog mlaza.

Termojonskom emisijom iz vlakna obezbeđuje se dovoljan broj primarnih elektrona koji otpočinju jonizaciju. Broj primarnih elektrona može se samo približno odrediti prema poznatom Child-Langmuirovom zakonu za elektronsku

struju ograničenu prostornim tovarom, jer odstapanja dolaze zbog složenije geometrije elektronskog topa i defokusirajućeg dejstva anodnog procepa kroz koji prolazi elektronski mlaz. Optimum jonizujuće energije primarnih elektrona za većinu elemenata je u blizini 100 V. U uslovima udarne jonizacije struja koja protiče kroz pražnjenje, ustvari broj jona stvorenih u plazmi dat je Townsendovom relacijom

$$i = i_0 e^{\alpha l} A/\text{cm}^2$$

gde su:  $i_0$  — primarna elektronska struja u amperima po  $\text{cm}^2$  emitujuće površine,  $l$  — dužina elektronske putanje kroz gas u cm,  $\alpha$  — broj proizvedenih jona na jednom cm putanje elektrona. Analizirajući prirodu gornjih promenljivih faktora, može se videti da se na porast jonske struje najuspešnije može delovati produženjem putanje elektrona. Taj efekat je u ovom tipu izvora ostvaren upotrebom magnetnog polja i električnog polja za oscilovanje elektrona.

Pod kombinovanim dejstvom paralelnog magnetnog i električnog polja elektroni se kreću helikoidalnom putanjom čiji radijus daje izraz

$$r = \frac{3,37 \sqrt{V} \sin \theta}{H} \text{ cm}$$

gde su:  $V$  — ubrazački napon u voltima,  $H$  — magnetno polje u gausima. Ovim razvlačenjem elektronske putanje u helikoidu postignuta su dva efekta: a) povećana je gustina elektrona u mlazu, jer je suženjem snopa znatan broj elektrona sačuvan od anodnog zahvata i b) produžena je putanja, odnosno vreme tranzita pojedinog elektrona od katode ka anodi i time omogućen veći broj njegovih sudara sa neutralnim česticama pare. Međutim, opisano dejstvo magnetnog polja povećava prostorni tovar elektronskog snopa što dovodi do nepoželjnog dejstva smanjenja celokupne elektronske emisije.

Dalje produženje elektronske putanje postiže se uvođenjem reflektora nasuprot vlaknu koji se nalazi na katodnom potencijalu. Dejstvom električnog polja u sistemu katoda-anoda-reflektor omogućeno je elektronima iz pražnjenja da naprave veliki broj oscilacija pre nego što budu zahvaćeni od zidova komore

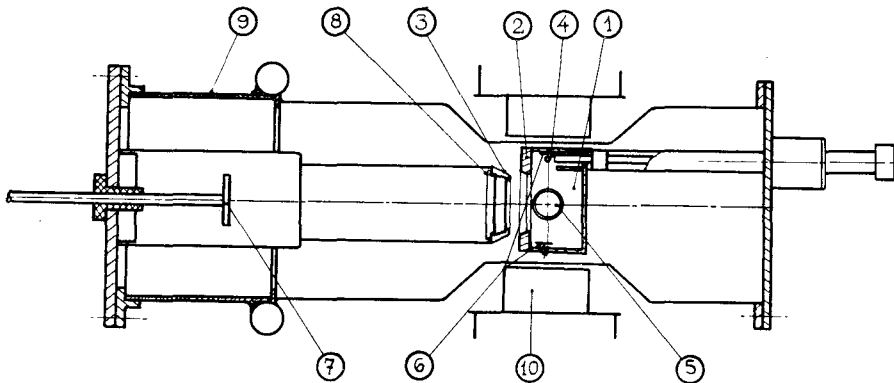
Joni, nastali u plazmi izvlače se električnim poljem, stvorenim visokim naponom između izvora i ekstrakcione elektrode. Upotrebljeni sistem ekstrakcije, napravljen prema Pierce-u daje teorijski paralelan, a praktično slabo divergentan jonski mlaz sa relativno malim gubicima na ekstrakcionoj elektrodi. Joni izlaze kroz procep jonizacione komore jednim delom usled lateralne difuzije iz pražnjenja, a drugim delom dejstvom ekstrakcionog polja koje prodire u oblast pražnjenja. Ako izvor radi u domenu jonskih struja ograničenih prostornim tovarom, tj. pri relativno niskim ekstrakcionim naponima, što je najpovoljnije za njegov stabilan rad, onda se prema Langmuirovoj relaciji za jonsku struju između dveju paralelnih ravnih elektroda

$$i = \frac{5,46 \cdot 10^{-8}}{d^2} \sqrt{\frac{V^3}{M}} A/\text{cm}^2$$

mogu proceniti intenziteti očekivanih jonskih struja. Ovde su:  $i$  — jonska struja u amperima po  $\text{cm}^2$  površine izlaznog otvora,  $V$  — ekstrakcioni napon u voltima,  $M$  — molekularna težina,  $d$  — rastojanje između elektroda u cm.

Pošto na pražnjenje u gasovima veoma mnogo utiču geometrijski i drugi konstruktivni faktori, pri izboru radnih parametara jonskog izvora mora se voditi računa o tome da stvarne vrednosti znatno odstupaju od vrednosti sračunatih po formulama koje su postavljene za jednostavne geometrijske uslove. Može se zaključiti da navedene i druge osnovne relacije gasne elektronike mogu dobro poslužiti samo za opštu sliku o zavisnosti jonske struje od električnih i gasnih parametara izvora i za proračun reda veličine pojedinih faktora.

**Opis aparature.** Iz priložene skice (sl. 1) vidi se opšta dispozicija delova izvora. Komora je od bakarnog lima 2 mm debljine. Ona je s prednje strane zatvorena bakarnom pločom (8 mm) u kojoj se nalazi procep  $40 \times 2$  mm za izlaz jona iz jonizacione komore. Izlaz je izveden tako da sa ekstrakcionom



Sl. 1 — Aparatura za ispitivanje

1. Komora izvora, 2. ekstrakciona ploča, 3. ekstrakciona elektroda, 4. vlakno, 5. peć,
6. reflektori, 7. kolektor, 8. kompenzaciona elektroda, 9. izolatorska cev, 10. magnet

elektrodom daje sočivo za izvlačenje paralelnog snopa jona prema Pierce-u. Vlakno je od volframa prečnika 0,5 mm namotano u zavojnicu prečnika 5 mm. Anodni procep je  $12 \times 14$  mm. Peć za isparavanje je od pireks stakla sa spiralnim grejačem od cekasa. Reflektori iza vlakna i nasuprot njemu napravljeni su od molibdenskog lima, debljine 0,5 mm. Ekstrakciona elektroda je od bakra i rastojanje između nje i izlaznog otvora izvora je 15 mm. Kolektor je na rastojanju 35 cm od izlaznog otvora i nalazi se na potencijalu za 100 V višem od ekstrakcione elektrode radi kočenja sekundarnih elektrona. Za kompenzaciju prostornog tovara jonskog zraka upotrebljena je jedna elektroda, smeštena iza ekstrakcione elektrode, koja se održava na potencijalu oko 100 V negativnijem od ekstrakcione elektrode. Cela dispozicija se nalazi u cevovodu prečnika 170 mm, a izolatorska cev, koja nosi ekstrakcionu elektrodu i kolektor je od pireks stakla. Komora se nalazi u polju elektromagneta koji može u centru vazdušnog procepa da da polje do 1000 Gs.

**Glavne karakteristike izvora.** Zbog veoma složene međusobne zavisnosti pojedinih konstruktivnih i fizičkih parametara izvora nije uvek moguće tačno

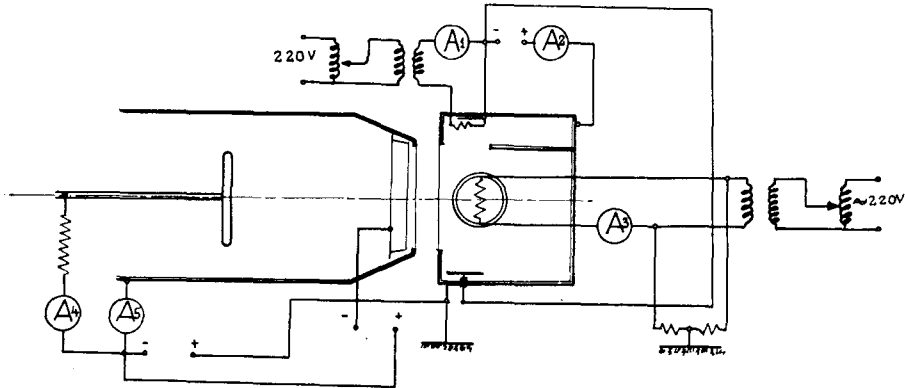
reprodukovati vrednosti dobijene ranijim merenjima. Iznesene karakteristike dobijene su merenjima u kojima se menjao samo odgovarajući parametar dok su ostali u toku celog eksperimenta držani konstantnim. Ove karakteristike uzete su iz rada sa optimalnom geometrijom te neće biti analiziran uticaj konstruktivnih faktora na vladanje izvora.

Fizički faktori koji uslovljavaju vladanje izvora svedeni su na sledeće glavne funkcionalne zavisnosti koje su ispitivane. Jonska struja iz izvora je funkcija:

- a) emisione elektronske struje, odnosno snage grejanja vlakna (temperature vlakna);
- b) energije jonizujućih elektrona, odnosno anodnog napona;
- c) dužine elektronske putanje i gustine elektronske struje, odnosno jačine magnetnog polja;
- d) gustina molekularnog mlaza, odnosno temperature peći za isparavanje.
- e) jačine električnog polja za izvlačenje jona, odnosno ekstrakcionog napona.

Šema merenja data je na sl. 2. U svim eksperimentima pritisak u sistemu bio je  $5-6 \cdot 10^{-5}$  mm Hg. Rađeno je kadmijumom.

a)  $i_i = f(i_f)$ , zavisnost jonske struje od struje grejanja vlakna. Videli smo da se jonska struja dobijena u procesu udarne jonizacije menja po eksponen-



Sl. 2  $A_1$  — ampermetar za merenje struje vlakna  
 $A_2$  — „ „ „ „ pražnjenja  
 $A_3$  — „ „ „ „ grejanja peći  
 $A_4$  — „ „ „ „ jonske struje na kolektoru  
 $A_5$  — „ „ „ „ „ „ „ „ ekstrakcionoj elektrodi

cijalnom zakonu koji uključuje zavisnost od primarne elektronske struje, dužine putanje elektrona i njihove energije kao i vrste gasa, odnosno pare koji su upotrebljeni. Za naše pražnjenje sa oscilujućim elektronima i magnetnim poljem

dobili smo karakteristike kao na sl. 3 koje pokazuju zavisnost jonske struje na kolektoru od struje grejanja vlakna. Rađeno je sa strujama grejanja od 15—19 A (primarna anodna struja  $i_a = 10\text{--}20\text{ mA}$ , pri  $U_a = 100\text{ V}$  i  $H = 150\text{ G}$ ). Krivulje su uzete za nekoliko vrednosti anodnog napona. Na kraju krivulja vidimo veliki porast jonske struje, mada primarna elektronska struja nema odgovarajuće povećanje, jer se tu već nalazimo u domenu zasićenja emisione karakteristike vlakna za dotični anodni napon. Budući da su svi parametri izvora, uključivši tu i temperaturu peći držani konstantnim, ovaj porast bi se verovatno mogao objasniti pojačanim isparavanjem ranije već nataloženog metala na zidovima komore. Zbog povišene temperature usled intenzivnijeg pražnjenja ustvari nije mogao da se održi konstantnim pritisak, odnosno gustina pare u jonizacionoj komori. Kod karakteristika za niže napone, koje su snimane u početku eksperimenta jasno se uočava tendencija ka zasićenju od domena gde počinje zasićenje kod primarne struje. Ovaj domen nije dalje ispitivan, jer aparatura za napajanje na visokom naponu nije bila predviđena za te intenzitete jonskih struja.

b)  $i_i = f(U_a)$ , zavisnost jonske struje od anodnog napona. Rađeno je sa anodnim naponima od 60 do 140 V. Krivulje na sl. 4 pokazuju kako se menja jonska struja na kolektoru u zavisnosti od anodnog napona. Krivulje su uzete za različite snage grejanja vlakna. Jasno se vidi da postoji optimalna jonizujuća energija elektrona između 60 i 100 V koja se pomera ka većim vrednostima kada idemo ka većim intenzitetima primarne struje. Sličan tok pokazuje i jonska struja na ekstrakcionoj elektrodi, celokupna jonska struja iz izvora i struja pražnjenja u izvoru.

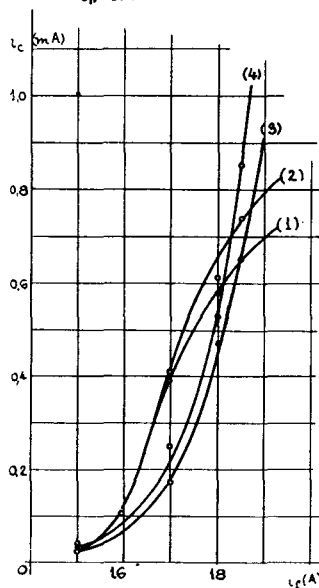
c)  $i_i = f(H)$ , zavisnost jonske struje od jačine magnetnog polja. Upotrebljena su polja od 100 do 700 Gs. Sl. 5 pokazuje zavisnost celokupne jonske struje od struje magneta. Krivulje su uzete za nekoliko vrednosti snage grejanja vlakna. Kod krivulja se vidi tendencija ka zasićenju što je još mnogo izrazitije dobijeno na dijagramu za jonsku struju kolektora i struju pražnjenja. U ovom domenu nije nađen nikakav optimum proizvodnje jona. Sličan tok imaju karakteristike ako se uzimaju familije krivih za razne vrednosti anodnog napona. Odnos korisne jonske struje (koja pada na kolektor) i nekorisne (koja pada na ekstrakcionu elektrodu) —  $i_c (i_{ex})$ , koji daje meru iskorišćenja jonske struje iz izvora ima tok prikazan na sl. 6 gde pojedine krivulje odgovaraju raznim vrednostima anodnog napona. Postepeni pad krivulja može se objasniti disperzijom izlaznog jonskog snopa usled povećanja prostornog tovara koji raste

$$i_c = f(i_f) \text{ za } U_a = 60, 80, 100, 120, \dots$$

$$U_a = 10\text{ kV}$$

$$H = 150\text{ G}$$

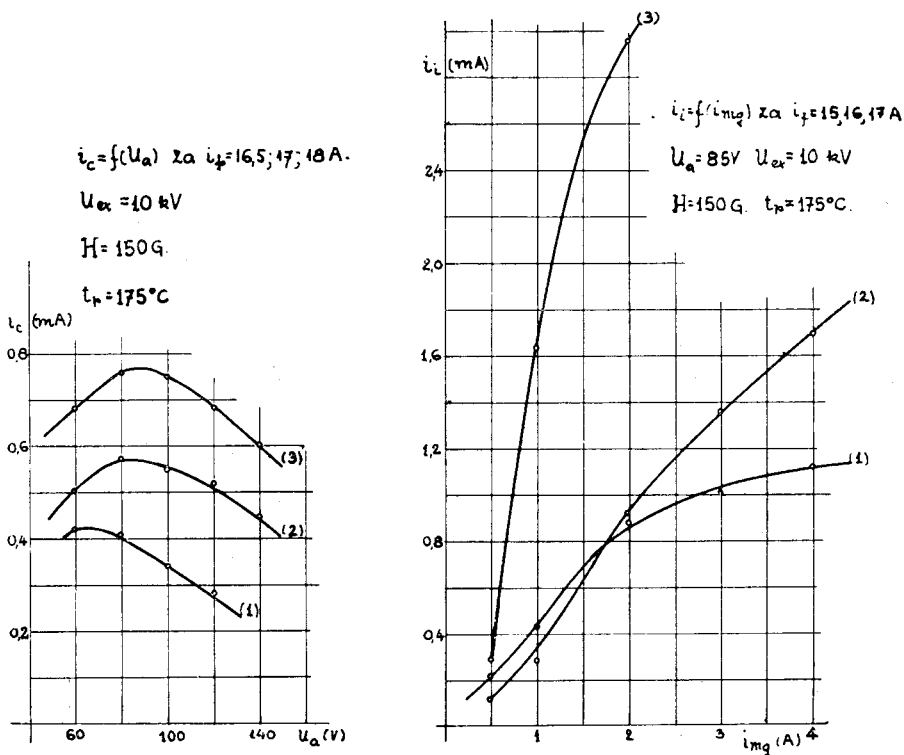
$$t_p = 175^\circ\text{C}$$



Sl. 3. — Struja na kolektoru kao funkcija struje grejanja vlakna

sa intenzitetom snopa, a takođe i dejstvom promene magnetnog polja na lokaciju ose pražnjenja prema izlaznom, ekstrakcionom otvoru.

d)  $i_i = f(t_p)$ , *zavisnost jonske struje od temperature peći za isparavanje*. Merenja su vršena u domenu od 140 do 200° C, gde metali sa kojima smo radili za dati pritisak isparavaju u količinama koje dozvoljavaju normalan rad izvora. Karakteristike prikazane na sl. 7 daju zavisnost kolektorske struje (pune linije) od struje na ekstrakcionoj elektrodi (tačkaste linije) od temperature peći.

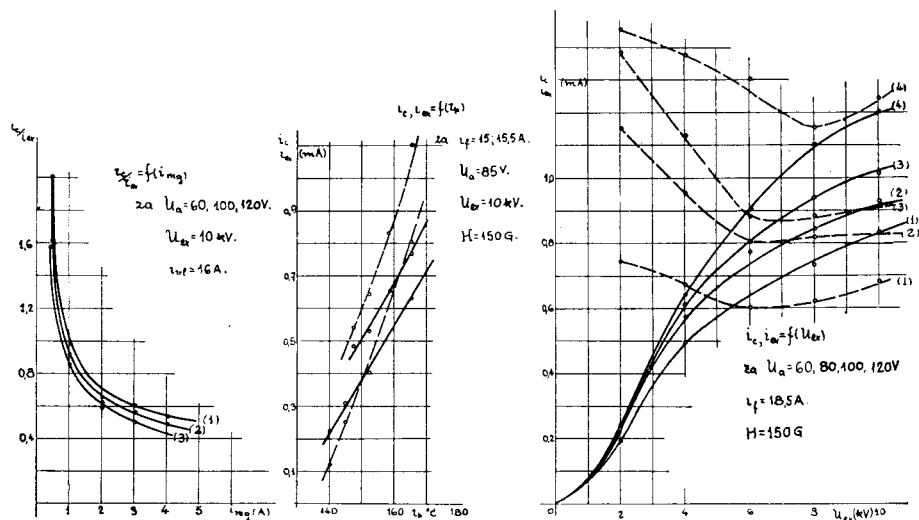


Sl. 4. — Struja na kolektoru kao funkcija anodnog napona  
 Sl. 5. — Celokupna jonska struja kao funkcija struje magnetna

Krivulje su uzete za dve vrednosti primarne elektronske struje. Kako se vidi, promena jonske struje u ovom domenu je skoro linearna. Iza ove oblasti brzo dolazi do preskoka i neželjenog pražnjenja usled velike količine istekle pare.

e)  $i_i = f(U_{ex})$ , *zavisnost jonske struje od ekstrakcionog napona*. Rađeno je u domenu do 10 kV. Sl. 8 (pune linije) pokazuje kako se menja kolektorska jonska struja u zavisnosti od ekstrakcionog napona. Tačkaste linije daju tok nekorisne jonske struje na ekstrakcionoj elektrodi. Vidimo da se zbog fokusirajućeg dejstva ekstrakcionog polja ta struja u početku naglo smanjuje, a kod većih intenziteta ustaljuje pa čak ima i tendenciju porasta zbog pojačane disperzije snopa pod dejstvom jačeg prostornog tovara u njemu. Sl. 9 pokazuje tok

celokupne jonske struje iz izvora. Pojedine krivulje, kao i na sl. 8 uzete su za razne vrednosti anodnog napona. Vidi se da smo još uvek u domenu prostornim tovarom ograničenih jonskih struja. Odnos  $i_c$  ( $i_{ex}$ ) sl. 10 raste najpre naglo,



Sl. 6. —  $i_c$  ( $i_{ex}$ ) kao funkcija struje magneta

Sl. 7. — Struja kolektora i struja na ekstrakcionoj elektrodi kao funkcija temperature peći

Sl. 8. — Struja kolektora i struja na ekstrakcionoj elektrodi kao funkcija ekstrakcionog napona

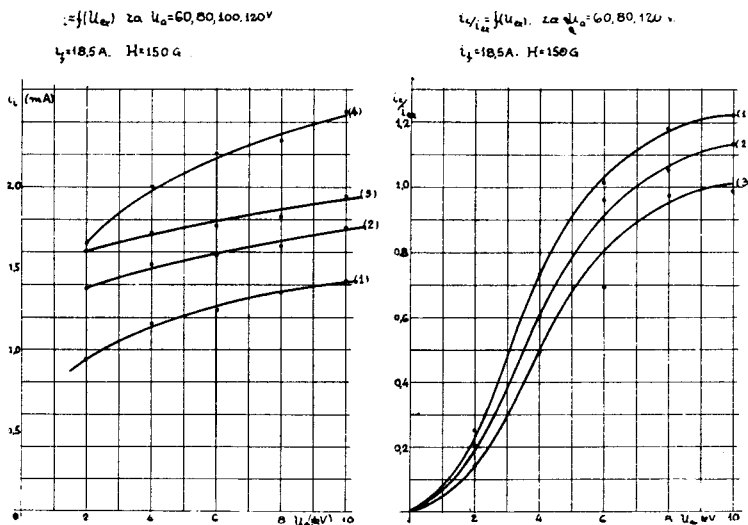
zatim sporije i kod većih intenziteta zbog gore navedenih razloga pokazuje tendenciju ustaljenja.

Sa aparaturom koja je mogla da izdrži opterećenja daleko manja od graničnih vrednosti za stabilno pražnjenje u ovom izvoru, uz struju pražnjenja od 1 A dobijena je jonska struja iz izvora do 3 mA, a na kolektoru preko 1 mA sa izlaznim otvorom  $40 \times 2$  mm i 10 kV ekstrakcionog napona. Metalni film na kolektoru bio je zadovoljavajuće čistote, jer je pored na pr. kadmijuma na kolektoru hemiskom analizom ustanovljen samo bakar u tragovima. U granicama ovde upotrebljenih vrednosti izvor je radio vrlo stabilno u svom normalnom stanju. Kod većih vrednosti bilo magnetnog polja, bilo temperature peći ili anodnog napona dešavalo se da je izvor skokovito prelazio u visoko intenzivno stanje rada, tzv. „superstate“, opisan kod nekoliko citiranih autora. Ovo stanje rada izvora nije ispitivano.

**Glavne teškoće u radu i mogućnosti poboljšanja rada izvora.** — Jedna od najvećih smetnji tokom čitavog rada bio je problem regularnog dovođenja i odvođenja toplote u jonizacionoj komori. Zbog teškoća oko disipacije anodne snage dolazilo je do neželjenog isparavanja sa zidova jonizacione komore. Vlakno malog prečnika, na koje smo bili ograničeni iz istih razloga brzo je stradalo od jonskog bombardovanja i njegova česta zamena usporavala je rad i dovođila do neželjenih promena u geometriji elektronskog topa. — Izolatorski delovi oko vlakna i reflektora su se dosta brzo metalizirali. Osim toga nije

bilo mogućnosti preciznog centriranja sistema pod vakuumom što je takođe usporavalo rad. Uređaji za napajanje dozvoljavali su rad samo u pomenutom domenu.

Izvor je konstruisan i ispitivan kao probni izvor za elektromagnetni separator izotopa Instituta za nuklearne nauke „Boris Kidrič“ u Vinči. U definitivnom izvoru za separator očekuje se znatno povećanje izdašnosti i poboljšanje



Sl. 9. — Celokupna jonska struja kao funkcija ekstrakcionog napona

Sl. 10. —  $i_c (i_{ex})$  kao funkcija ekstrakcionog napona

njegovog rada, pod uslovom konstruktivnih poboljšanja i upotrebe boljeg materijala kao i povećanja snage napajanja i bolje disipacije snage iz jonizacione komore.

Na kraju, želeli bismo da se zahvalimo Dr. R. Walenu za prva uputstva i potsticaj u radu, kolegi ing. R. Protiću za njegovu stalnu spremnost za diskusiju i sugestije u radu, kolegi ing. B. Dunjiću za pomoć oko izgradnje aparature za napajanje, a naročito Georgiju Josimovu, tehničaru za njegovu svakodnevnu saradnju na prepravkama i montaži izvora kao i na svim merenjima.



## RÉSUMÉ

LES CARACTÉRISTIQUES D'UNE SOURCE D'IONS  
POUR CORPS SOLIDES

B. Perović — I. Ševrač

Les auteurs décrivent dans l'article le principe de fonctionnement et donnent les courbes caractéristiques de fonctionnement d'une source d'ions magnétique à électrons oscillants, avec extraction perpendiculaire à l'axe de la décharge.

Pour le fonctionnement stable de la source d'ions il est nécessaire de produire une quantité suffisante et régulière de vapeur ou de gaz, un nombre suffisant de collisions ionisantes des particules neutres et des électrons ainsi qu'un champ électrique d'extraction convenable.

Le choix du débit gazeux, ou bien de la température du four et l'ouverture de sortie du four sont limités par la condition que le libre parcours moyen des particules neutres doit être plus grand que la largeur d'ouverture du four. ( $\lambda > b$ ) ainsi que de la vitesse de pompage des pompes à vide, le danger du dépôt sur les surfaces internes de l'appareillage, ainsi que des claquages entre les électrodes.

Les électrons primaires nécessaires pour l'ionisation sont fournis par émission thermoionique d'un filament.

Analysant les différents facteurs entrant dans la relation de Townsend concernant le nombre d'ions obtenus dans le plasma, ou bien le courant dans la décharge sous les conditions de ionisation par choc

$$i = i_0 e^{\alpha l} \text{ A/cm}^2$$

( $i_0$  = courant électronique primaire en ampères par  $\text{cm}^2$  de la surface d'émission,  $l$  = longueur de la trajectoire électronique dans le gaz en cm,  $\alpha$  = le nombre d'ions produit par cm de longueur de la trajectoire électronique) il suit qu'on puisse agir le plus efficacement sur l'augmentation du courant d'ions par un prolongement de la trajectoire de l'électron. Ceci est obtenu dans la source par l'emploi d'un champ magnétique par la contraction du faisceau et un champ électrique pour la production d'oscillations d'électrons.

Sous l'influence combinée des champ magnétique et électrique les trajectoires des électrons deviennent enroulées en spirales et par ce fait la densité électronique est accrue dans le faisceau, parce qu'avec l'amincissement du faisceau un nombre considérable d'électrons ne sera pas captée par l'anode. En même temps la trajectoire d'un électron quelconque est prolongée, et par ce fait le nombre de ses collisions avec des particules neutres est accru.

Une prolongation ultérieure de la trajectoire électronique est obtenue par l'emploi d'un réflecteur en face du filament, se trouvant au potentiel de la cathode. L'action du champ électrique du système cathode anode réflecteur, permet aux électrons de la décharge à faire un grand nombre d'oscillations avant d'être captés par les parois de la chambre.

Les ions créés dans la décharge sont extraits par un champ électrique obtenu au moyen du système électrostatique de Pierce, qui donne théoriquement un faisceau d'ions parallèle, mais pratiquement un faisceau d'ions légèrement divergent, avec des pertes minimales sur l'électrode d'extraction.

Sur les figures on voit la disposition générale de l'appareillage ainsi que les schémas de mesure.

On donne des courbes expérimentales exprimant l'action de cinq différents facteurs sur le fonctionnement de la source.

a) Courant ionique en fonction du courant électronique, c'est à dire du courant de chauffage du filament [ $i_i = f(i_f)$ ]. Les mesures sont effectuées avec des courants de chauffage de 15 à 19 Amp. (le courant anodique primaire  $i_a = 10-20$  mA. avec  $U_a = 100$  V et  $H = 150$  Gauss). On a obtenu des courbes d'un caractère exponentiel pour quelques valeurs de la tension anodique.

b) Le courant ionique en fonction de la tension anodique [ $i_i = f(U_a)$ ]. Les mesures sont faites à des tensions de 60 à 140 V pour différentes puissances de chauffage. Il existe une énergie d'ionisation optimum pour les électrons entre 60 et 100 V. se déplaçant vers les valeurs plus grandes lorsque on augmente l'intensité du courant primaire.

c) Le courant ionique en fonction de l'intensité du champ magnétique [ $i_i = f(H)$ ]. Des champs de 100 à 700 Gauss ont été utilisés. Des courbes sont tracées pour différentes valeurs de la puissance de chauffage et de tension anodique. Dans ce domaine il n'existe aucun optimum de production d'ions, mais on voit une tendance à la saturation.

d) Le courant ionique en fonction de la température du four [ $i_i = f(t_p)$ ]. Les mesures ont été faites dans le domaine de 140 à 200° C pour différentes valeurs du courant électronique primaire. La fonction est linéaire dans ce domaine.

e) Le courant ionique en fonction de la tension d'extraction [ $i_i = f(U_{ex})$ ]. Les mesures ont été faites jusqu'à la tension de 10 kV. pour différentes valeurs de la tension anodique. Dans ce cas la source se trouve encore toujours dans le domaine des courants limités par la charge d'espace.

Dans tous ces expériences la pression dans le système a été de 5-6 fois  $10^{-5}$  mm Hg. L'élément utilisé a été du Cadmium.

Avec l'appareillage utilisée dans ces recherches pouvant supporter des charges qui se trouvent loin au dessous de la limite d'une décharge stable, on est arrivé à obtenir avec un courant dans la décharge de 1 mA., une fente de  $40 \times 2$  mm. et une tension d'extraction de 10 kV.; un courant de 3 mA. de la source et plus d' 1 mA. au collecteur.

Dans le domaine des mesures effectuées la source à été stable.

Les difficultés rencontrées aux cours des mesures concernent les difficultés de dissipation de la puissance anodique, la durée de vie du filament, métallisation d'isolants dans la source et l'impossibilité de centrage du système sous vide.

La source à été construite et essayée comme source d'essai pour le séparateur électromagnétique d'isotopes de l'Institut des Sciences Nucléaires „Boris Kidrič“ à Vinča.

## L I T E R A T U R A

M. VON ARDENNE:

*Phys. Zeitsch.*, 43, 1942, 91; *Zeitsch. f. Phys.*, 121, 1943, 236.

C. BAILEY, D. DRUKEY, F. OPPENHEIMER:

*Rev. Sc. Instr.*, 20/1, 1949, 189.

C. J. BAKKER, J. KISTEMAKER:

*Helv. Phys. Acta*, 23, suppl. 3, 1950, 46.

J. BERGSTRÖM, S. THULIN, N. SVARTHOLM, K. SIEGBAHN:

*Ark. f. Fys.*, 1, 4, 1949, 281.

R. BERNAS:

*Journ. Phys. Rad.*, 14, 1, 1953, 34.

R. BERNAS, A. O. NIER:

*Rev. Sc. Instr.*, 19, 12, 1948, 895.

J. A. CROWTHER:

*Ions, electrons and ionizing radiations*, London, 1949.

I. ESTERMAN:

*Rev. Mod. Phys.*, 18, 3, 1946, 300.

A. T. FINKELSTEIN:

*Rev. Sc. Instr.*, 11, 1940, 94.

W. W. HARMANN:

*Fundamentals of electronic motion*, New York, 1953.

H. HEIL:

*Zeitsch. f. Phys.*, 120, 1942—43, 212.

M. HOYAUX:

*Journ. Phys. Rad.*, 15, 4, 1954, 264.

M. HOYAUX, I DUJARDIN:

*Nucleonics*, 4/I, 1949; 4/II 1949.

M. HOYAUX, R. LEMAITRE, P. GANS:

*Journ. Phys. Rad.*, 15, suppl. 5, 1954, 80. A

C. P. KEIM:

*Ann. Rev. of Nucl. Sc.*, 1, 1952, 263; *Journ. App. Phys.* 24, 10, 1953, 1255.

J. KISTEMAKER, H. DOUWERS DEKKER:

*Physica*, 16, 3, 1950, 198.

J. KISTEMAKER, C. J. ZILVERSCHOON:

*Physica*, 17, 1, 1951, 43.

I. LANGMUIR, K. T. COMPTON:

*Rev. Mod. Phys.*, 3, 2, 1931, 191.

L. R. MAXWELL:

*Rev. Sc. Instr.*, 2, 1931, 129.

F. OPPENHEIMER, A. HUDGINS:

*Report MDDC 782, AEC, 1947.*

J. R. PIERCE:

*Journ. App. Phys.*, 11, 1940, 548.

R. SETLOW:

*Rev. Sc. Instr.*, 20/II, 1949, 558.

L. SMITH, W. PARKINS, A. FORRESTER:

*Phys. Rev.*, 72/I, 1947, 989.

J. SOMMERIA:

*Journ. Phys. Rad.*: 12, 1951, 563; *ibid*, 14, 1953, 555.

K. R. SPANGENBERG:

*Vacuum tubes*, New York, 1948.

P. C. VEENSTRA, J. M. W. MILATZ:

*Physica*, 16, 6, 1950, 528.

C. J. ZILVERSCHOON:

*Thesis*, Amsterdam 1954.