

## Nowe źródło jonów cyklotronu AIC-144

E. Bakewicz, H. Doruch, A. Ryś, M. Tałach, L. Źródłowski

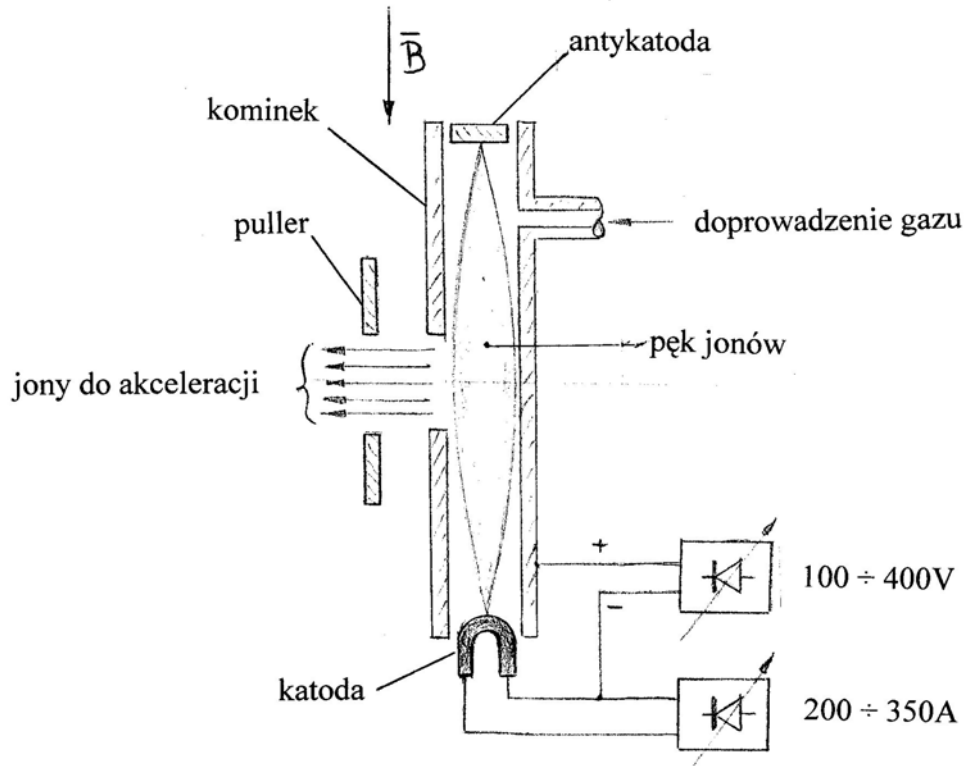
**Abstract.** A new ion source for the AIC-144 isochronous cyclotron is presented. The source is of the PIG-type for production protons, deuterons and helions. It is most convenient as an "old" source f.ex. filament of the cathod is exchanged only by pulling of a cathod's holder.

The source possess some new mechanisms for improving of exploitation.

W cyklotronie izochronicznym AIC-144 stosowane jest poziome źródło jonów typu PIG (Penning Ion Gauge). Jest to źródło jonów lekkich tj. protonów, deuteronów i helionów.

Źródło typu PIG cechuje się stosunkowo prostą konstrukcją, nieskomplikowanym zasilaniem, jest dość niezawodne i co najważniejsze posiada dużą wydajność dla protonów i deuteronów wynoszącą od kilku do kilkunastu miliamperów.

Podstawowym elementem źródła jonów jest głowica, produkująca strumień zjonizowanych atomów. Składa się ona z komory jonizacyjnej posiadającej szczelinę wylotową, żarzącej się katody i antykatody. Między katodę a komorę podaje się napięcie stałe wartości 100÷400V. Łuk elektryczny zapala się między katodą i antykatodą. Do komory jonizacyjnej doprowadzony jest odpowiedni gaz. Czynnikiem inicjującym zapalenie się łuku i podtrzymującym wyładowania w gazie są rozpędzone elektrony emitowane z żarzącej się katody. Katoda zasilana jest prądem stałym o wartości 200÷350A. Ponieważ głowica usytuowana jest w centralnej części cyklotronu, gdzie istnieje silne pole magnetyczne ( $B > 10$  kGs), składowe prędkości prostopadłe do kierunku pola mają małe wartości i otrzymuje się dobrze zogniskowaną wiązkę jonów w komorze jonizacyjnej. Jest to zjawisko korzystne z uwagi na pożądaną dużą wydajność źródła.



Rys. 1. Schemat głowicy źródła jonów

Głowica (Rys. 1.) wykonana jest z miedzi, szczelina z płytki tantalowej, włókno żarzenia z drutu tantalowego lub wolframowego o średnicy 2-3mm, antykatoda z krążka tantalowego odizolowana od potencjału ziemi. Najbardziej zużywającym się elementem źródła jonów jest katoda, której żywotność wynosi od kilku do około 100 godzin. Musi ona zatem być wymieniana na nową dość często.

Wymiana taka musi się odbywać w możliwie prosty sposób i stosunkowo szybko (z uwagi na promieniowanie aktywnych elementów cyklotronu).

W celu stworzenia optymalnych warunków akceleracji i ekstrakcji wiązki, musi być zachowana odpowiednia „geometria” w centrum cyklotronu. Chodzi tutaj o wzajemne usytuowanie szczeliny wylotowej źródła w stosunku do szczeliny wyciągającej (pullera) duantu oraz o ich współrzędne odnośnie środka komory akceleracyjnej (dla określonego rodzaju cząstki i określonej energii).

Przykłady tej geometrii dla deuteronów o energii końcowej 30MeV i protonów 60MeV oraz trajektorie jonów na pierwszych orbitach przedstawiono na rysunku 2.



Tę optymalną geometrię w centrum cyklotronu określa się w wyniku obliczeń dynamiki cząstek akcelerowanych w cyklotronie.

Konstrukcyjnie źródło jest pomyślane w ten sposób, że głowica (kominiek) umocowana jest na końcu 2 przesuwanych rur nośnych, górnej i dolnej długości ok. 2m, które z kolei przechodzą przez pokrywę układu uszczelnień próżniowych. W rurach nośnych prowadzone są ciągi chłodzenia, elektryczne i gazowe. Rury te zamocowane są w jednej rurze osłonowej o większej średnicy, wyposażonej w przegub kulowy i przystosowanej do montażu w śluźce próżniowej. Śluźca ta przytwierdzona jest do ściany prostokątnej komory cyklotronu, przeciwległej do krawędzi duantu.

Stare źródło jonów posiadało szereg niedogodności. Wysokość głowki wynosiła 72 mm tj. dokładnie tyle, ile wynosiła wysokość komory cyklotronu. Stąd przemieszczanie jej w płaszczyźnie  $x - y$  było utrudnione i nie zawsze możliwe do zrealizowania w sposób płynny.

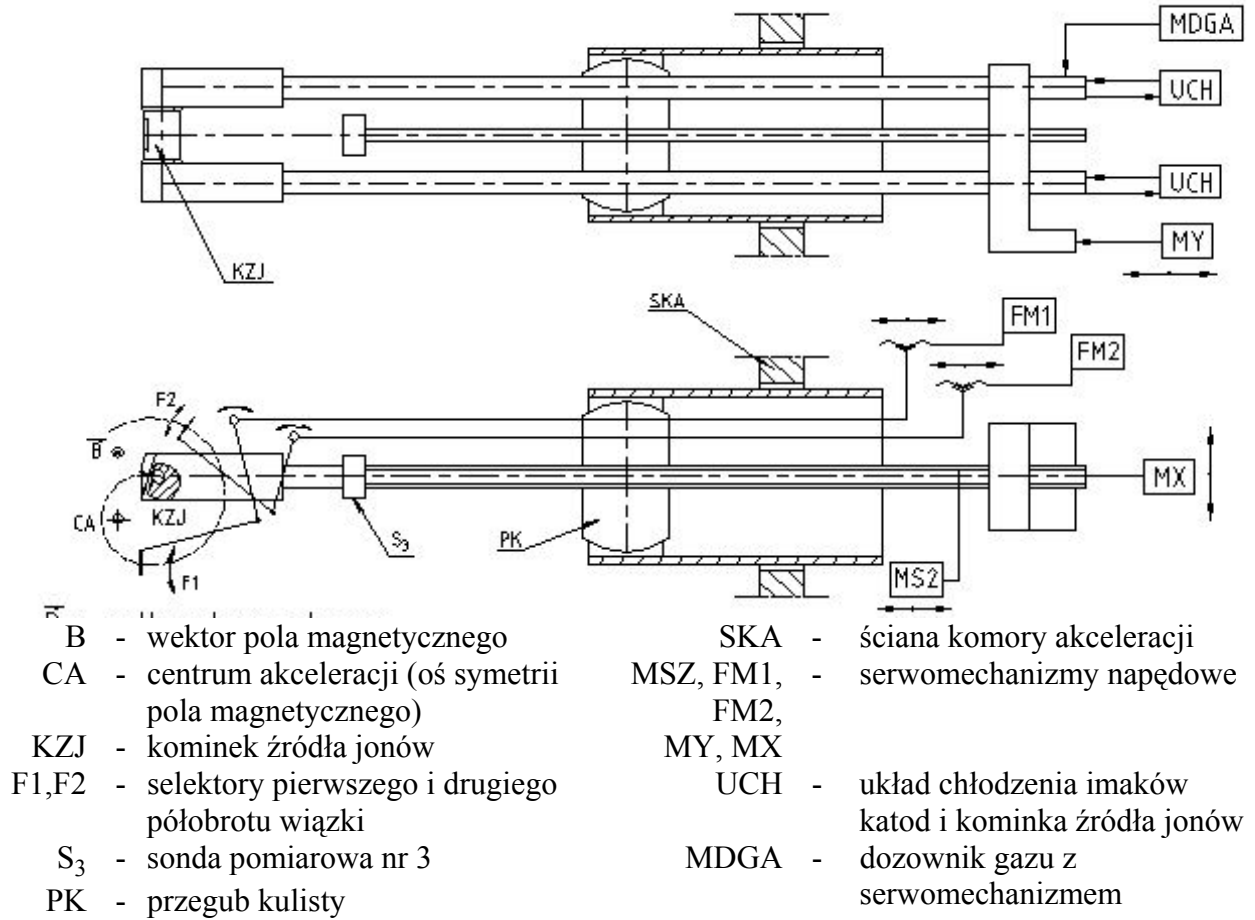
Główną wadą było jednak to, że przy wymianie zużytej katody na nową, trzeba było wyjmować z komory cyklotronu całe źródło. Wymagało to dużego wysiłku fizycznego (2 osób) i po wymontowaniu nowej katody, nie zawsze trafiało się głowicą w to samo miejsce w centrum cyklotronu. Poza tym trzeba było wycofywać także sondę pomiarową (długi czas operacji).

W nowym źródle wysokość głowicy wynosi 70 mm, a zatem przemieszcza się ona w płaszczyźnie  $x - y$  swobodnie. Przemieszczenie głowicy w kierunku pionowym „z” reguluje się specjalnym układem śrub.

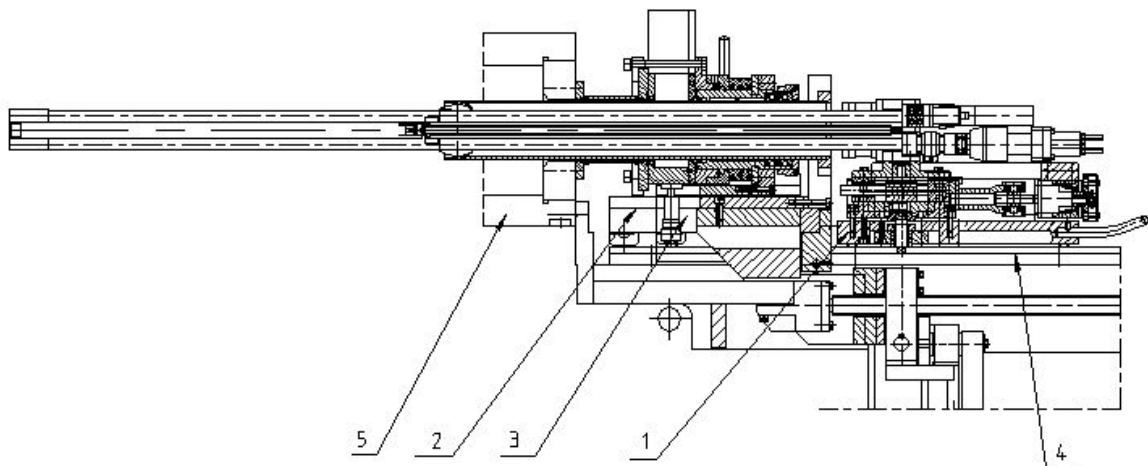
Wymiana katody na nową odbywa się przy zachowaniu dotychczasowego położenia źródła, a tylko wysuwa się imak katody dla dokonania wymiany włókna żarzenia przez miniaturową śluźkę próżniową, zamykaną zaworem kulistym. Szybkozłączami odłącza się przewody chłodzenia wodnego i zasilania prądowego. Źródło wyposażone jest w sondę pomiarową akcelerowanej wiązki wraz z mechanizmem przemieszczania jej wzdłuż promienia akceleracji. Tarcza sondy posiada 3 pomiarowe segmenty poziome, umożliwiające określenie położenia wiązki w pionie.

Niezależnie od tego istnieją mechanizmy 2 selektorów wiązki w obszarze przyźródłowym (Rys. 3.). Selektory te to szczeliny eliminujące z wiązki cząstki o fazie nieoptymalnej dla dalszej akceleracji i ekstrakcji. Ich użycie zmniejsza obciążenie cieplne i aktywację elementów cyklotronu.

Źródło zainstalowane jest na solidnej podstawie z torem jezdny, po którym przesuwają się trzy wózki mechanizmów, sterowanych zdalnie z centralnej sterowni. Podstawa ta jest przytwierdzona do ścianki komory cyklotronu. Gwarantuje to niezmienność i powtarzalność zadanego położenia głowicy źródła względem pullera (Rys.4.).



Rys. 3. Szkic źródła jonów



- 1- wózek przesuwu głowki źródła jonów
- 2- wózek przesuwu rury z przegubem kulistym
- 3- wózek przesuwu sprzęgła śluzy
- 4- tor
- 5- komora akceleracji

Rys. 4. Podstawowe mechanizmy źródła jonów

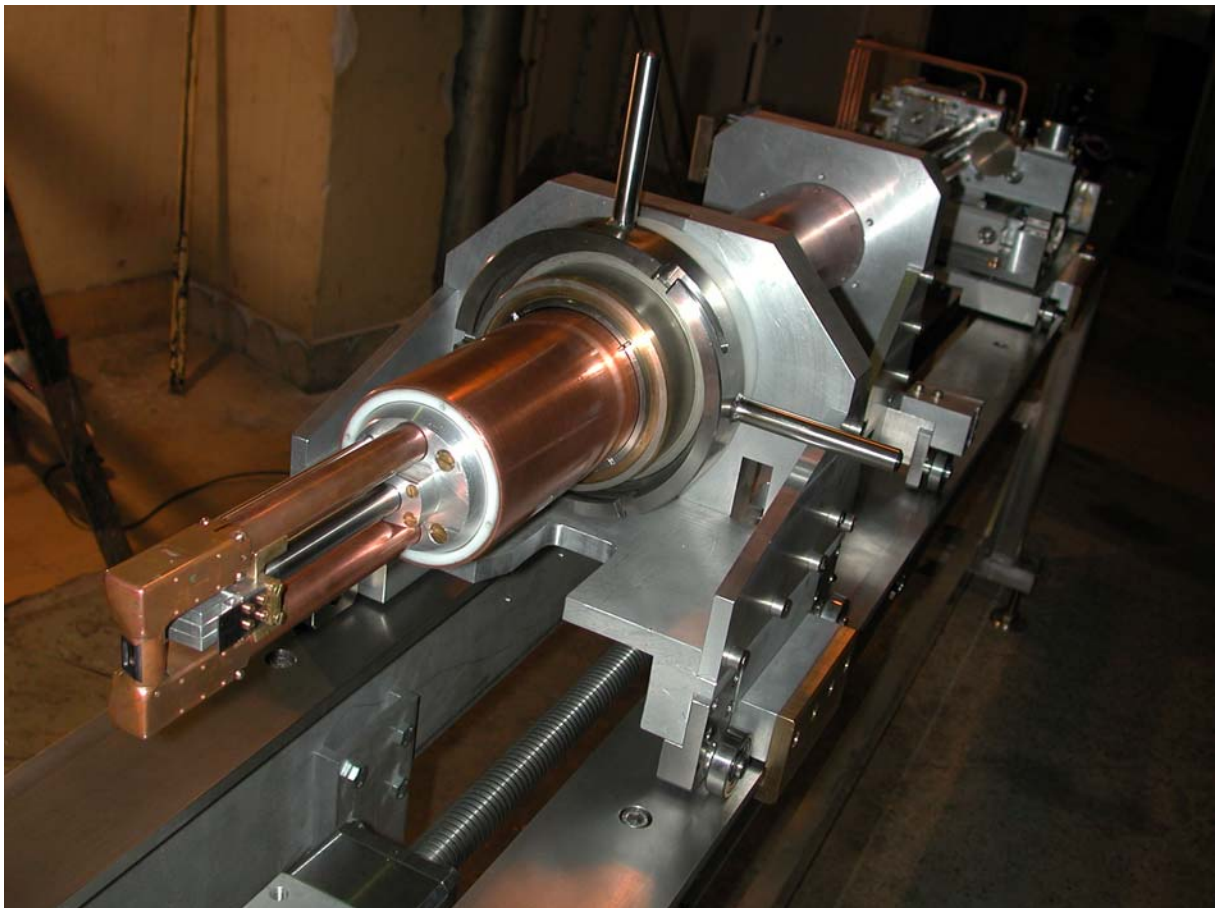
Wyjmowanie całego źródła odbywa się z użyciem elektromechanizmu, a nie siły fizycznej ludzi.

Załączone zdjęcia przedstawiają widok ogólny źródła po montażu mechanicznym.

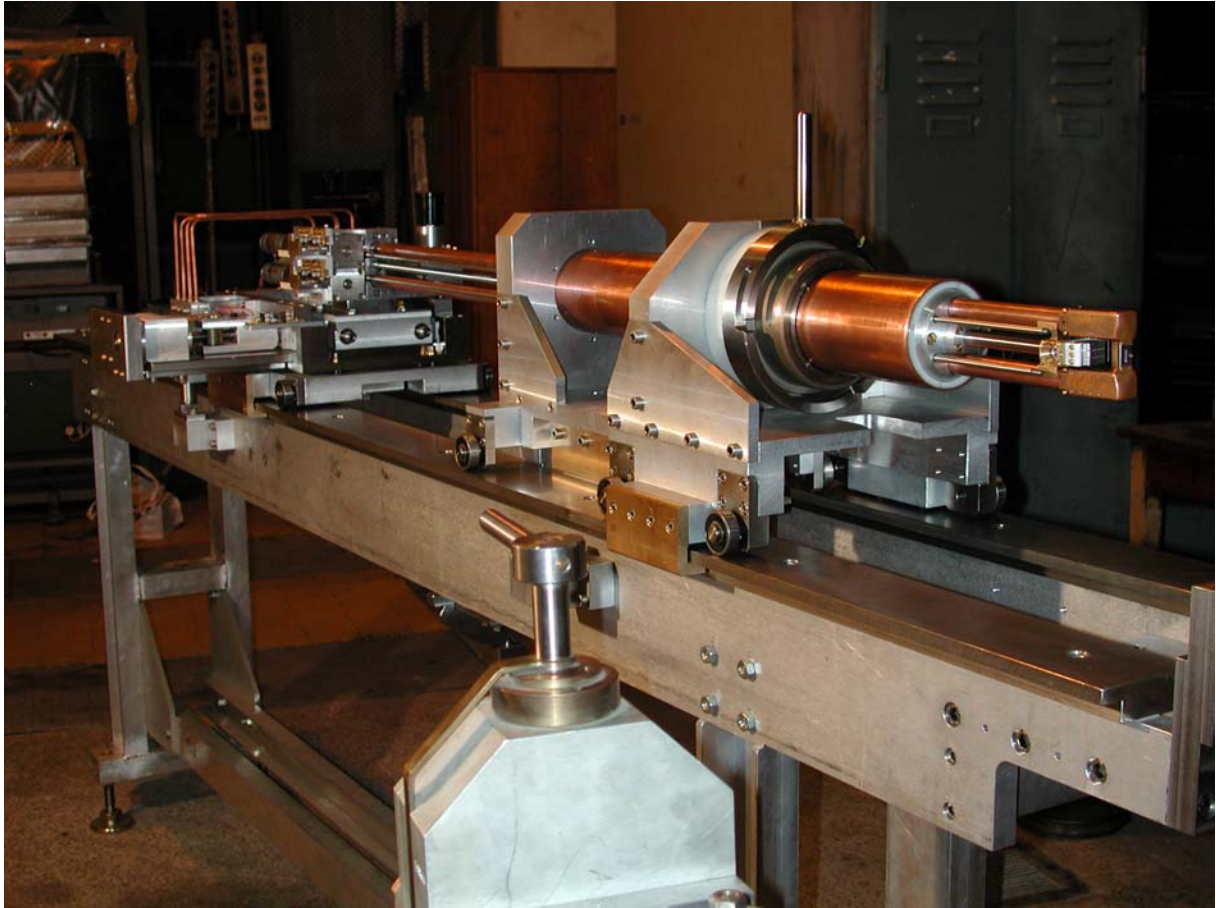
Po niezbędnych pracach testowych, źródło zostało włączone do eksploatacji.

Pierwsze prace przy zastosowaniu nowego źródła jonów z wiązką protonów wyprowadzoną do pomieszczenia terapii oka przeprowadzono dnia 22.09.2004r. a pierwsze naświetlania przy produkcji izotopów dnia 25.10.2004r.

Autorzy dziękują Panu prof. dr hab. Andrzejowi Budzanowskiemu Dyrektorowi Instytutu Fizyki Jądrowej za pomoc w realizacji budowy nowego źródła jonów.



Zdjęcie 1. Źródło jonów, ujęcie 1



Zdjęcie 2. Źródło jonów, ujęcie 2.

### Literatura

1. T. Karasawa, The Institute of Physical and Chemical Research – Japan Cyclotron Progress Report, 1978, Vol 12.
2. N. Hazewindus et al, „The magnetic method as used in the study of a cyclotron central region”, NIM,118 (1974), p.125.
3. L. Źródłowski – Materiały nie publikowane (2001).
4. A. Jakubowski, T. Jaworski, A. Pietrzak, W. Wiczorek, G. Woźnica, Prace nad źródłami jonów typu PIG, Annual Report 1989, str.14, Warsaw University, Heavy Ion Laboratory.
5. W. Scharf, Akceleratory cząstek elementarnych, PWN, 1960.
6. K. Morozow, E. Samsonow – Private communication (2001).