



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

Numéro de publication :

**0 130 907  
B1**

## FASCICULE DE BREVET EUROPÉEN

Date de publication du fascicule du brevet :  
07.09.88

Int. Cl.<sup>4</sup> : **H 01 J 27/18**

Numéro de dépôt : 84401359.9

Date de dépôt : 26.06.84

Procédé de production d'ions multichargés.

Priorité : 30.06.83 FR 8310862

Date de publication de la demande :  
09.01.85 Bulletin 85/02

Mention de la délivrance du brevet :  
07.09.88 Bulletin 88/36

Etats contractants désignés :  
DE FR GB NL

Documents cités :  
GB-A- 2 069 230  
US-A- 3 476 968  
IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE, vol.  
NS-23, no. 2, avril 1976, pages 1035-1041, New York,  
US; B.N. MAKOV: "The multiply charged ion source  
with indirectly heated cathode"  
REVUE DE PHYSIQUE APPLIQUEE, vol. 15, no. 5, mai  
1980, pages 995-1005, Paris, FR; R. GELLER et al.:  
"Micromafios source d'ions multichargés basée sur  
la résonance cyclotronique des électrons"

Titulaire : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE  
31/33, rue de la Fédération  
F-75015 Paris (FR)

Inventeur : Jacquot, Bernard  
1, Boulevard Jomardiere  
F-38120 Saint Egreve (FR)

Mandataire : Mongrédién, André et al  
c/o BREVATOME 25, rue de Ponthieu  
F-75008 Paris (FR)

**EP 0 130 907 B1**

Il est rappelé que : Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

La présente invention a pour objet un procédé de production d'ions multichargés.

Ce procédé trouve de nombreuses applications dans le domaine biomédical et dans le domaine de la physique nucléaire pour l'équipement d'accélérateurs de particules.

Jusqu'à présent, on a produit des ions multichargés dans les sources d'ions, à résonance cyclotronique électronique, du type « Micromafios » par exemple, en introduisant dans l'enceinte de la source uniquement le gaz constitué des atomes neutres destinés à être ionisés. Par impact d'électrons, le gaz constitué par les atomes neutres est ionisé dans une cavité hyperfréquence, excitée par un champ électromagnétique de haute fréquence auquel est superposé un champ magnétique dont l'amplitude B satisfait à la condition de résonance cyclotronique électronique :

10

$$B = 2\pi f(m/e)$$

dans laquelle f est la fréquence du champ électromagnétique, m la masse de l'électron et e sa charge.

Pour de plus amples détails sur une source d'ions du type « Micromafios » et sur le procédé de production des ions multichargés, on peut se référer au brevet français n° 2 475 798 déposé le 13 février 1980 par le Commissariat à l'Energie Atomique. Cette source décrit la production en continu d'ions multichargés de carbone, d'azote, de néon, d'argon et de xénon.

Une telle source d'ions peut être utilisée en régime impulsif bref pour notamment équiper certains accélérateurs de particules, du type synchrotron par exemple, qui ne demandent qu'une impulsion de courant d'ions d'une durée de l'ordre de quelques dizaines de microsecondes dans un intervalle de l'ordre d'une seconde.

Malheureusement, le gain en courant et en état de charge, c'est-à-dire le degré d'ionisation, qui s'effectue en utilisant une source d'ions du type « Micromafios » classique en régime impulsif est à peine de l'ordre d'un facteur deux.

Or, l'intensité des courants d'ions multichargés que l'on peut extraire de ces sources est insuffisante pour certaines applications, et notamment dans le domaine biomédical, et pour l'équipement des accélérateurs de particules.

La présente invention a pour but de remédier à ces inconvénients. Pour cela, elle prévoit l'utilisation d'un mélange bien déterminé de gaz qui est introduit dans la cavité d'une source d'ions.

La présente invention a précisément pour objet un procédé de production d'ions multichargés par ionisation d'un premier gaz constitué des éléments choisis dans le groupe comprenant le carbone, l'azote, l'oxygène, le néon, l'argon et le krypton, introduit dans l'enceinte d'une source d'ions fonctionnant en régime impulsif, consistant à introduire, de plus, dans l'enceinte de la source d'ions un deuxième gaz, ce deuxième gaz étant de l'hélium lorsque l'on désire ioniser des atomes neutres de carbone (obtenu à partir de CO<sub>2</sub>), d'azote, d'oxygène ou de néon, et de l'azote ou de l'oxygène lorsque l'on désire ioniser des atomes neutres d'argon ou de krypton.

L'addition d'un deuxième gaz au gaz à ioniser, selon l'invention, permet d'augmenter l'intensité de courant des ions formés d'environ un facteur dix par rapport à l'utilisation du seul gaz à ioniser.

Selon un mode préféré de mise en œuvre du procédé de l'invention, le premier gaz étant constitué d'atomes neutres de carbone, d'azote, d'oxygène, de néon ou d'argon, le deuxième gaz est introduit dans l'enceinte dans une proportion allant de 45 à 55 % en pression partielle du mélange gazeux. De façon avantageuse, cette proportion est voisine de 50 %.

Selon un autre mode préféré de mise en œuvre du procédé de l'invention, le premier gaz étant du krypton et le deuxième gaz de l'oxygène, on utilise un mélange gazeux contenant 94,5 à 95,5 % en pression partielle d'oxygène.

Les caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront mieux à l'aide de la description qui va suivre, donnée à titre explicatif et nullement limitatif, en référence à la figure unique annexée, sur laquelle on a représenté, schématiquement, un mode de réalisation d'une enceinte d'une source d'ions multichargés selon l'invention.

Les expériences avec une source d'ions multichargés du type « Micromafios » à résonance cyclotronique électronique ont montré que si on l'utilise en régime impulsif bref (de l'ordre de 50 microsecondes toutes les secondes environ), et si on introduit dans sa cavité hyperfréquence de l'hélium pour ioniser des atomes neutres de carbone, d'oxygène, d'azote ou de néon et de l'azote ou de l'oxygène pour ioniser des atomes neutres d'argon ou de krypton, on arrive à déculper les performances en état de charge et en courant.

Pour l'ionisation d'atomes de carbone, d'azote, d'oxygène ou de néon on utilise avantageusement un mélange gazeux contenant de 45 à 55 % en pression partielle d'hélium et de préférence 50 % d'hélium. De même, pour l'ionisation d'atomes neutres d'argon on utilise avantageusement un mélange gazeux contenant 45 à 55 % en pression partielle d'oxygène ou d'azote et de préférence 50 % d'oxygène ou d'azote.

On présente sous forme d'un tableau ci-après l'intensité des courants électriques d'ions pour les éléments carbone, azote, oxygène, néon et argon, extraits d'une source d'ions dans laquelle on a injecté

un mélange de gaz dans une proportion 50-50 en pression partielle.

Tableau

5	gaz additionnel : (proportion en pression partielle)	He (50%)	He (50%)	He (50%)	He (50%)	N <sub>2</sub> (50%)	O <sub>2</sub> (50%)
10	ions extraits	C <sup>+6</sup>	N <sup>+7</sup>	O <sup>+6</sup>	Ne <sup>+10</sup>	Ar <sup>+12</sup>	
15	courant électrique d'ions extraits	1,5 μA	1 μA	100 μA	0,03 μA	3 μA	

Pour l'ionisation d'atomes de krypton, on utilise avantageusement un mélange gazeux contenant 94,5 % à 95,5 % d'oxygène en pression partielle.

Un mélange gazeux contenant 5 % de krypton et 95 % d'oxygène permet par exemple d'obtenir un courant de 20 μA de Kr<sup>13+</sup> ou un courant de 1 μA de Kr<sup>18+</sup>.

Les valeurs élevées des intensités de courants d'ions extraits permettent des applications qui ne sont pas envisageables avec les courants faibles produits par des sources d'ions selon l'art antérieur.

Un courant de 1 μA de N<sup>+7</sup> est par exemple nécessaire pour les applications biomédicales comme le traitement des cancers et un courant de 3 μA de Ar<sup>+12</sup> permet, après ionisation supplémentaire, les mêmes applications biomédicales.

Le niveau de courant de 100 μA de O<sup>+6</sup> est très demandé pour certains accélérateurs de physique nucléaire.

Sur la figure unique, est représenté en détail, un mode de réalisation d'une source d'ions lourds multichargés à résonance cyclotronique des électrons permettant la mise en œuvre du procédé selon l'invention.

On voit une enceinte d'une source d'ions 1 où des impulsions d'une puissance hyperfréquence sont introduites au moyen d'un injecteur 2.

L'enceinte est reliée à deux entrées de gaz 3 et 4, une pour le premier gaz du mélange ou gaz à ioniser, une autre munie d'une vanne 5 asservie à la mesure de la pression dans l'enceinte 1 au moyen d'une boucle d'asservissement comprenant un dispositif de mesure 6 de la pression dans l'enceinte et un amplificateur du signal 7.

La vanne asservie 5 assure la proportion des composants du mélange de gaz introduit dans l'enceinte. On a représenté une cavité hyperfréquence d'une source d'ions à résonance cyclotronique des électrons mais la source d'ions peut être aussi bien d'un autre type.

La manière selon laquelle le plasma est créé dans la cavité n'a aucun rapport avec l'effet d'augmentation de la performance en état de charge et en courant d'une source d'ions, qui s'effectue en introduisant un mélange de gaz.

La forme de l'enceinte peut être quelconque pourvu qu'elle soit adaptée au fonctionnement de la source, les entrées de gaz peuvent se trouver par exemple aux extrémités ou sur la paroi de la cavité.

Dans le cas où le deuxième gaz est de l'hélium à 50 % en pression partielle, une pompe cryogénique à 20 °K environ est nécessaire pour obtenir les performances indiquées. A cette température la vitesse de pompage de l'hélium est rigoureusement nulle.

## 50 Revendications

1. Procédé de production d'ions multichargés par ionisation d'un premier gaz, constitué d'atomes neutres des éléments choisis dans le groupe comprenant le carbone, l'azote, l'oxygène, le néon, l'argon et le krypton, introduit dans l'enceinte (1) d'une source d'ions fonctionnant en régime impulsif, consistant à introduire de plus, dans l'enceinte (1) de la source d'ions un deuxième gaz, ce deuxième gaz étant de l'hélium lorsque l'on désire ioniser des atomes neutres de carbone, d'azote, d'oxygène ou de néon et de l'azote ou de l'oxygène lorsque l'on désire ioniser des atomes neutres d'argon ou de krypton.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, le premier gaz étant constitué d'atomes neutres de carbone, d'azote, d'oxygène, de néon ou d'argon, le deuxième gaz est introduit dans l'enceinte (1) dans une proportion allant de 45 à 55 % en pression partielle du mélange gazeux.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que la proportion est voisine de 50 %.

4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, le premier gaz étant du krypton et le deuxième gaz de l'oxygène, on utilise un mélange gazeux contenant 94,5 à 95,5 % en pression partielle d'oxygène.

## Claims

1. Process for the production of multicharged ions by ionization of a first gas constituted by neutral atoms of elements chosen from the group including carbon, nitrogen, oxygen, neon, argon and krypton, introduced into the enclosure (1) of an ion source operating under pulse-like conditions, comprising also introducing into the ion source enclosure (1) a second gas, which is helium when it is wished to ionize neutral atoms of carbon, nitrogen, oxygen or neon, and nitrogen or oxygen when it is wished to ionize the neutral atoms of argon or krypton.
2. Process according to claim 1, characterized in that the first gas being constituted by neutral atoms of carbon, nitrogen, oxygen, neon or argon, the second gas is introduced into the enclosure in a proportion between 45 and 55 % in partial pressure of the gaseous mixture.
3. Process according to claim 2, characterized in that the proportion is approximately 50 %.
4. Process according to claim 1, characterized in that the first gas being krypton and the second gas oxygen, a gaseous mixture containing 94.5 to 95.5 % oxygen in partial pressure is used.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Erzeugen von mehrfach geladenen Ionen durch Ionisation eines ersten Gases, welches von neutralen Atomen der Elemente gebildet ist, die aus der Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Neon, Argon und Krypton umfassenden Gruppe ausgewählt sind, und in die Kammer (1) einer im Pulsbetrieb arbeitenden Ionenquelle eingebracht ist, wobei jenes darin besteht, daß zusätzlich in die Kammer (1) der Ionenquelle ein zweites Gas eingebracht wird, wobei dieses zweite Gas Helium ist, wenn man neutrale Kohlenstoff-, Stickstoff-, Sauerstoff- oder Neon-atome ionisieren möchte, und Stickstoff oder Sauerstoff ist, wenn man neutrale Argon- oder Kryptonatome ionisieren möchte.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Gas von neutralen Kohlenstoff-, Stickstoff-, Sauerstoff-, Neon- oder Argonatomen gebildet ist, das zweite Gas in die Kammer (1) mit einem Anteil von 45 bis 55 % des Partialdrucks der Gasmischung eingebracht wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Anteil nahe bei 50 % liegt.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß, wenn das erste Gas Krypton und das zweite Gas Sauerstoff ist, man eine Gasmischung verwendet, die 94,5 bis 95,5 % Partialdruck Sauerstoff enthält.

