

CONFÉDÉRATION SUISSE  
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) CH 700 049 A2

(51) Int. Cl.: H05H 1/34 (2006.01)

**Demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein**

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

(12) **DEMANDE DE BREVET**

(21) Numéro de la demande: 01932/08

(71) Requéérant:  
Advanced Machines Sarl, rue Galilée 2 CP 1274  
1401 Yverdon-les-Bains (CH)

(22) Date de dépôt: 09.12.2008

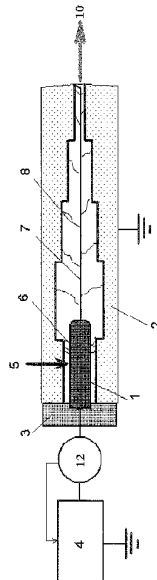
(72) Inventeur(s):  
Stanislav Begounov, 1400 Cheseaux-Noréaz (CH)  
Sergey Goloviatinski, 2016Cartailod (CH)  
Ioulia Tsvetkova, 1400 Cheseaux-Noréaz (CH)

(43) Demande publiée: 15.06.2010

(74) Mandataire:  
Stanislav Begounov, Le Pré Vulliemi 10B  
1400 Cheseaux-Noréaz (CH)

(54) **Procédé et dispositif de génération d'un flux de plasma.**

(57) Procédé et dispositif de génération d'un flux de plasma (10) y compris à pression atmosphérique, avec diminution simultanée du niveau d'équilibre dudit plasma ainsi que de la tension d'ignition en faisant l'interruption dans le temps du développement d'une arc électrique par moyen de modulation spécifique d'une source d'alimentation (4, 12) dudit arc ou encore par création du régime d'automodulation du système source d'alimentation – décharge électrique en gaz.



## Description

### Domaine technique

[0001] La présente invention concerne une méthode de génération et de stabilisation hydrodynamique d'un flux de plasma, y compris à pression atmosphérique, avec diminution simultanée du niveau d'équilibre dudit plasma ainsi que de la tension d'ignition.

[0002] Elle concerne également un dispositif de génération et de stabilisation hydrodynamique d'un flux de plasma, y compris à pression atmosphérique, permettant la réalisation de la méthode de génération et de stabilisation hydrodynamique d'un flux de plasma avec diminution simultanée du niveau d'équilibre dudit plasma ainsi que de la tension d'ignition.

### Exposé de l'invention

[0003] Puissance, dégagée d'une décharge électrique dans un gaz, est déterminée par une chute de tension électrique sur ladite décharge et par le courant électrique passant par ladite décharge. Dans le cas d'une décharge électrique à pression atmosphérique du type d'une arc développée et étant en état d'équilibre, la température moyenne massique pourrait atteindre plusieurs milliers de degrés. Pour obtenir le flux de plasma d'une puissance importante et de température basse, il est nécessaire d'augmenter le niveau de déséquilibre dudit plasma. Une des méthodes possibles de cet objectif est une formation d'une décharge électrique du type longue arc électrique au courant électrique faible ou encore par interruption dans le temps du développement de ladite arc électrique par moyen de modulation spécifique d'une source d'alimentation de ladite arc ou encore par création du régime d'auto modulation du système source d'alimentation - décharge électrique en gaze. La fréquence de ladite modulation est déterminée par la tension électrique d'ignition de ladite décharge, par le courant électrique passant par ladite décharge, par la géométrie de la chambre de décharge, par le débit et par la composition du gaze dans le quel ladite décharge se développe.

[0004] La fig. 1 représente une vue générale du dispositif destiné à la génération dudit flux de plasma. Electrode centrale 1 avec son support 3 et chambre/buse 2 de décharge sont alignés de façon symétrique à l'axe commune. Une source de haute tension électrique 4 peut travailler dans le régime continu ainsi que dans le régime de la modulation contrôlée. Tension de sortie de ladite source de haute tension peut être sous forme de la tension alternative - avec des fréquences se trouvant dans la plage entre 1 et 300 kHz ainsi que mono polaire, positive de préférence - dans ce cas l'électrode centrale 1 devient anode. Ceci augmente la tension d'ignition, mais procure un avantage incontestable. L'équivalent cathodique voltique de chaleur dépasse de beaucoup celui d'anodique - le dégagement et le flux de chaleur sur anode peut représenter 10 à 20% de celui de cathode seulement. Utilisation de l'électrode centrale en tant qu'anode en combinaison avec tension électrique d'alimentation en mode puse, permet réduire de façon significative l'encombrement dudit dispositif. En espace entre l'électrode centrale 1 et le paroi de chambre/buse de décharge 2 le flux tourbillonné d'un gaze 5. Dans une zone d'ignition 6 s'initie une décharge électrique qui se porte par ledit flux tourbillonné dans ladite chambre/buse de décharge 2. Un premier claquage apparaît entre l'électrode centrale 1 et l'électrode extérieure coaxiale. Les claquages suivants se produisent dans une atmosphère d'un gaz déjà partiellement ionisé. Le flux de gaz emporte les micro arcs 8, qui s'allonge avec le temps, sur toute la longueur de la chambre/buse 2 ce que fait que la tension électrique sur lesdites micro arcs s'augmente. En raison d'une stabilisation par tourbillon dudit flux de gaz en direction de l'axe de ladite chambre/buse de décharge 2, les dites micro arcs 8 forment un fil quasi stable 7 de l'arc, à partir du quel les dites micro arcs 8 partent vers les parois de ladite chambre/buse 2. En cas d'auto modulation, la décharge électrique, après avoir atteint le niveau maximum pré-réglé de la tension électrique, se replie de nouveau dans la zone d'ignition 6. En cas de modulation forcée contrôlée de la source d'alimentation, le développement - allongement - de ladite décharge se coupe après avoir atteint la longueur pré-réglée et de la tension correspondant à ladite longueur. Grâce à des puises courts ainsi qu'à l'interaction des micro arcs avec le flux quasi sonique du gaz, dans cet dispositif le très haut niveau de déséquilibre du plasma peut être atteint. La température moyenne massique d'un flux de gaz actif sortant peut être régler dans une plage entre 30° et 300°C en fonction des exigences technologiques.

[0005] Pendant que ladite arc électrique se développe, ces courant et tension électriques se changent. Le système 12 de mesure du courant et de la tension électriques donne le signal au système de contrôle de la source d'alimentation électrique 4, en faisant ça modulation et en coupant, par conséquent, le développement de ladite arc électrique et, donc, augmentation du niveau de non équilibre du plasma.

[0006] Distance entre électrode centrale 1 et le paroi interne de la chambre/buse 2 dans une zone 6 d'ignition peut être significativement plus petite par rapport au radius de la zone s'élargissant juste après de la zone 6 d'ignition de la chambre/buse 2. Ceci permet d'utiliser la tension d'ignition plus petite que la tension électrique sur ladite décharge.

[0007] La stabilisation gazodynamique de la décharge est déterminée, entre autre, par la vitesse du flux tourbillonné dans la chambre/buse 2. Cette vitesse se diminue en fonction de la distance parcourue dans ladite chambre/buse. Pour garder la vitesse dudit flux constante, le diamètre de ladite chambre/buse se réduise avec la distance.

### Description sommaire des dessins

[0008] La fig. 1 est un vue schématique du dispositif destiné à la génération dudit flux de plasma. La fig. 2 représente une vue schématique de la chambre/buse ayant une ouverture conique. La figure 3 (a) et b)) représente une variante du dis-

## CH 700 049 A2

positif dans lequel la chambre/buse 2 de décharge se termine par des canaux 9 transversaux qui peuvent former un angle plus petit ou égale à  $90^\circ$  avec à l'axe longitudinal de ladite chambre/buse. La Figure 3 c) représente schématiquement une méthode de traitement de surface filiformes 11 (tubes, câbles, etc.) passant le long des canaux 9. La figure 4 représente une vue schématique d'une chambre/buse d'un mode d'exécution dans lequel le plasma est dirigé perpendiculairement à l'axe de ladite chambre/buse par plusieurs canaux pour former un rideau plasma.

**[0009]** Le flux de gaz non pas seulement emporte les micro arcs 8, qui s'allongent avec le temps, suivant la longueur de la chambre/buse 2, mais, par sa composante tourbillonnant, fait les tourner autour de l'axe de ladite chambre/buse. Si la sortie de la chambre/buse a une forme conique comme ceci est montré sur fig. 2, les micro arcs suivent la surface du conducteur d'électricité et couvrent uniformément la surface conique de la sortie de la chambre/buse. La meilleure uniformité et meilleur niveau de non équilibre du plasma assurés par utilisation d'une source d'alimentation par tension alternative.

**[0010]** S'élargissant, la partie conique de la chambre/buse augment de façon significative la surface de coupe du flux de plasma. Rapport entre le diamètre de l'ouverture au sommet du con et le diamètre extérieur du con peut atteindre 20. La forme hyperbolique du con est préférable pour prévenir le plasma se contracter vers l'axe de la chambre/buse.

**[0011]** La fig. 3 (a) et b)) représente une variante du dispositif dans lequel la chambre/buse 2 de décharge se termine par des canaux 9 transversaux qui peuvent former un angle plus petit ou égale à  $90^\circ$  avec à l'axe longitudinal de ladite chambre/buse. L'axe 8 desdits canaux est déplacé par rapport de l'axe de la chambre/buse 2, ce que procure un tourbillon supplémentaire dans les canaux 9 ce que stabilise encore plus le flux 10 de plasma sortant.

**[0012]** La fig. 3 (c) représente schématiquement un dispositif de traitement de surface filiformes 11 (tubes, câbles, etc.) passant le long des canaux 9. Le flux de plasma se tourbillonne autour de ladite surface filiforme 11 en passant par l'espace entre ladite surface filiforme et le paroi des canaux 9. Ce que procure le contact de toute ladite surface filiforme avec ledit flux de plasma 10 sur toute la longueur et à la sortie des canaux 9.

**[0013]** La fig. 4 représente une variant du dispositif dans lequel la chambre/buse 2 a une multitude des ouvertures 12 perpendiculaire à l'axe longitudinal de ladite chambre/buse par lesquelles sortent les flux de plasma 10, en créant une sorte d'une «peigne» de plasma, permettant le traitement des surfaces larges. La surface totale de toutes les ouvertures 12 ne doit pas dépasser significativement la surface de l'ouverture au début de la chambre/buse 2. Pour exclure un effet de bouchon, qui provoque la non uniformité des flux de plasma perpendiculaires - les flux se trouvant plus loin de l'ouverture de la chambre/buse sont plus faibles par rapport à ceux qui se trouvent plus près de ladite ouverture - dans le bout de la chambre/buse 2 une ouverture supplémentaire 13 a été faite. Cette ouverture 13 permet au tourbillon du flux de plasma de ne pas perdre la force, par conséquence, soutenir la densité identique des flux 10 du plasma.

**[0014]** Exemple 1 (Fig. 1)

Le diamètre extérieur de l'électrode centrale 1 est de 3 mm, le diamètre interne de la chambre/buse dans la zone d'ignition est de 4 mm, la zone de la chambre/buse suivant la zone d'ignition a le diamètre 8 mm qui se diminue en suite jusqu'au 2 mm sur la longueur de 140 mm. Le gaz utilisé est l'air, débit de l'air jusqu'aux 60 L/min. Pression extérieure -atmosphérique. Puissance de la source d'alimentation - réglable avec maximum de 3,5 kW. Tension de sortie > 3kV - puissant, mono polaire avec fréquence 130 kHz. La fréquence d'auto modulation se trouve entre 2 et 8 kHz en fonction du débit d'air et de la puissance.

**[0015]** Exemple 2 (Fig.1)

Le dispositif identique à l'exemple 1. Le gaz utilisé est former gaz avec débit de jusqu'aux 20 L/min. Pression extérieure - atmosphérique. Puissance de la source d'alimentation -réglable avec maximum de 2 kW. Tension de sortie > 2 kV - puissant, mono polaire avec fréquence 40 kHz. La fréquence de modulation se trouve entre 1 et 2 kHz avec rapport longueur de prise/fréquence réglable.

**[0016]** Exemple 3 (Fig. 2)

Diamètre de l'ouverture au sommet du con est de 3 mm et le diamètre extérieur du con est de 35 mm. Le gaz utilisé est l'air, débit de l'air jusqu'aux 50 L/min. Pression extérieure -atmosphérique. Puissance de la source d'alimentation - réglable avec maximum de 2 kW. Tension de sortie > 3kV alternative avec fréquence 22 kHz.

**[0017]** Exemple 4 (Fig. 3)

Diamètre de l'ouverture au bout de la chambre/buse 2 est de 4 mm, diamètre du canal traversant 9 est de 4 mm, entre axe de ladite chambre/buse et dudit canal est de 2 mm. Le gaz utilisé est l'air, débit de l'air jusqu'aux 50 L/min. Pression extérieure - atmosphérique. Puissance de la source d'alimentation - réglable avec maximum de 2 kW. Tension de sortie > 6 kV puissée mono polaire avec fréquence 40 kHz.

**[0018]** Exemple 5 (Fig. 4)

Diamètre intérieur de chambre/buse 2 est de 5 mm avec longueur étant de 150 mm, diamètre des canaux perpendiculaires 12 est de 1 mm, l'épaisseur des parois de la chambre/buse 2-2 mm, quantité de canaux 12 - 20, distance entre les axes desdits canaux est de 6 mm, Diamètre de l'ouverture 13 au bout de chambre/buse 2 est de 1.5 mm. Le gaz utilisé est l'air, débit de l'air jusqu'aux 60 L/min. Pression extérieure - atmosphérique. Puissance de la source d'alimentation - réglable avec maximum de 3.5 kW. Tension de sortie > 6 kV puissée mono polaire avec fréquence 40 kHz.

## Revendications

1. Méthode de formation d'une décharge électrique du type longue arc électrique au courant électrique faible par interruption dans le temps du développement de ladite arc électrique par moyen de modulation spécifique d'une source d'alimentation de ladite arc.
2. Méthode de formation d'une décharge électrique du type longue arc électrique au courant électrique faible par création du régime d'auto modulation du système source d'alimentation - décharge électrique en gaze.
3. La fréquence de ladite modulation est déterminée par la tension électrique d'ignition de ladite décharge, par le courant électrique passant par ladite décharge, par la géométrie de la chambre de décharge, par le débit et par la composition du gaze dans le quel ladite décharge se développe.
4. En cas de modulation forcée contrôlée de la source d'alimentation, le développement - allongement - de ladite décharge se coupe après avoir atteint la longueur pré réglée et la tension correspondant à ladite longueur, se replie de nouveau dans la zone d'ignition 6.
5. En cas d'auto modulation, la décharge électrique, après avoir atteint le niveau maximum pré réglé de la tension électrique, se replie de nouveau dans la zone d'ignition 6.
6. Dispositif destiné à la génération dudit flux de plasma contenant une électrode centrale 1 avec son support 3 et chambre/buse 2 de décharge qui sont alignés de façon symétrique à l'axe commune.
7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que la source d'alimentation en haute tension électrique 4 travaillant en régime de courant continu mono polaire, positive de préférence.
8. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que la source d'alimentation en haute tension électrique 4 travaillant en régime de courant alternative - avec des fréquences se trouvant dans la plage entre 1 et 300 kHz.
9. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que le système 12 de mesure du courant et de la tension électriques donne le signal au système de contrôle de la source d'alimentation électrique 4, en la modulant et en coupant, par conséquent, le développement de ladite arc électrique et, donc, augmentation du niveau d'équilibre du plasma.
10. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que la distance entre électrode centrale 1 et le paroi interne de la chambre/buse 2 dans une zone 6 d'ignition est significativement plus petite par rapport au radius de la zone se trouvant juste après la zone 6 d'ignition de la chambre/buse 2.
11. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que la stabilisation gazodynamique de la décharge est déterminée par la vitesse du flux tourbillonné dans la chambre/buse 2.
12. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que le diamètre de ladite chambre/buse 2 se réduise avec la distance pour garder ladite vitesse dudit flux constante.
13. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que la sortie de la chambre/buse 2 a une forme conique.
14. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que la partie conique de la chambre/buse a un rapport entre le diamètre de l'ouverture au sommet du con et le diamètre extérieur du con allant jusqu'au 20.
15. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que la forme hyperbolique du con est préférable.
16. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que la chambre/buse 2 de décharge se termine par des canaux 9 transversaux.
17. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que lesdits canaux forment un angle plus petit ou égal à 90° avec à l'axe longitudinal de ladite chambre/buse.
18. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'axe 8 desdits canaux est déplacé par rapport de l'axe de la chambre/buse 2.
19. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que la chambre/buse 2 a une multitude des ouvertures 12 perpendiculaire à l'axe longitudinal de ladite chambre/buse par lesquelles sortent les flux de plasma 10, en créant une sorte d'une «peigne» de plasma, permettant le traitement des surfaces larges.
20. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que la surface totale de toutes les ouvertures 12 ne doit pas dépasser significativement la surface de l'ouverture au début de la chambre/buse 2.
21. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que dans le bout de la chambre/buse 2 une ouverture supplémentaire 13 a été faite pour uniformiser la densité des flux de plasma sortants par les ouvertures 12.

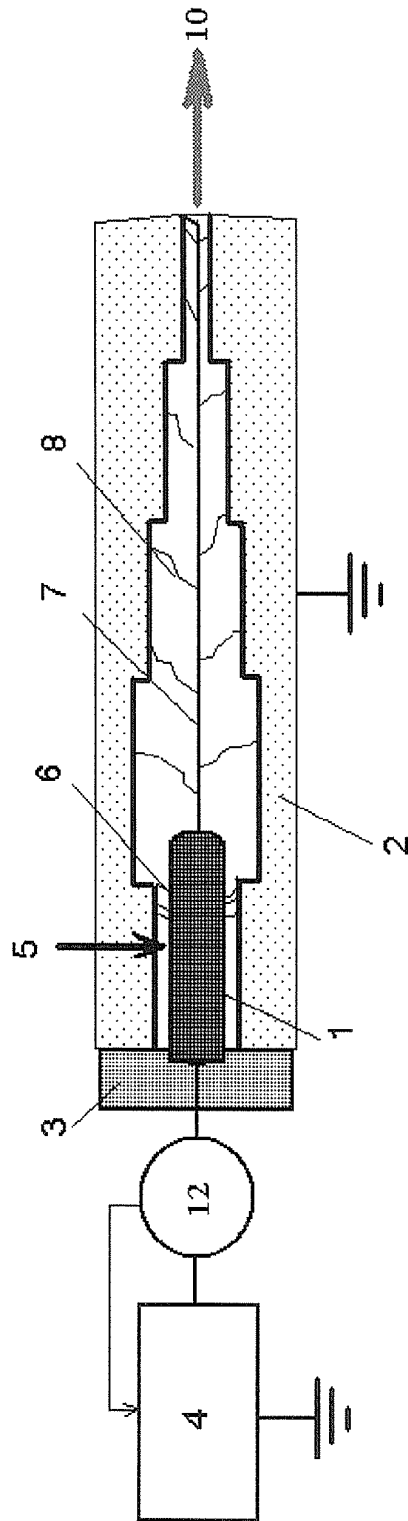


Fig. 1.

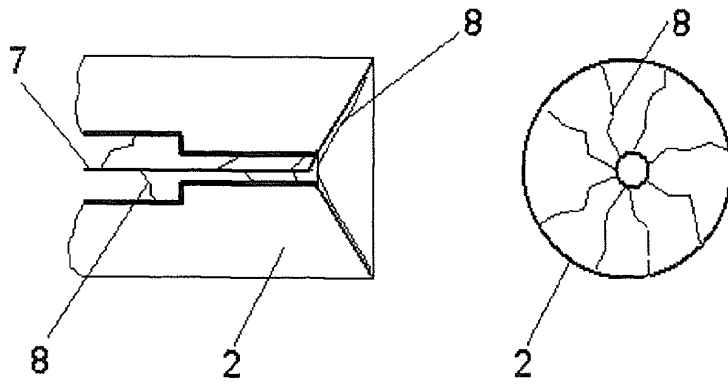


Fig. 2.

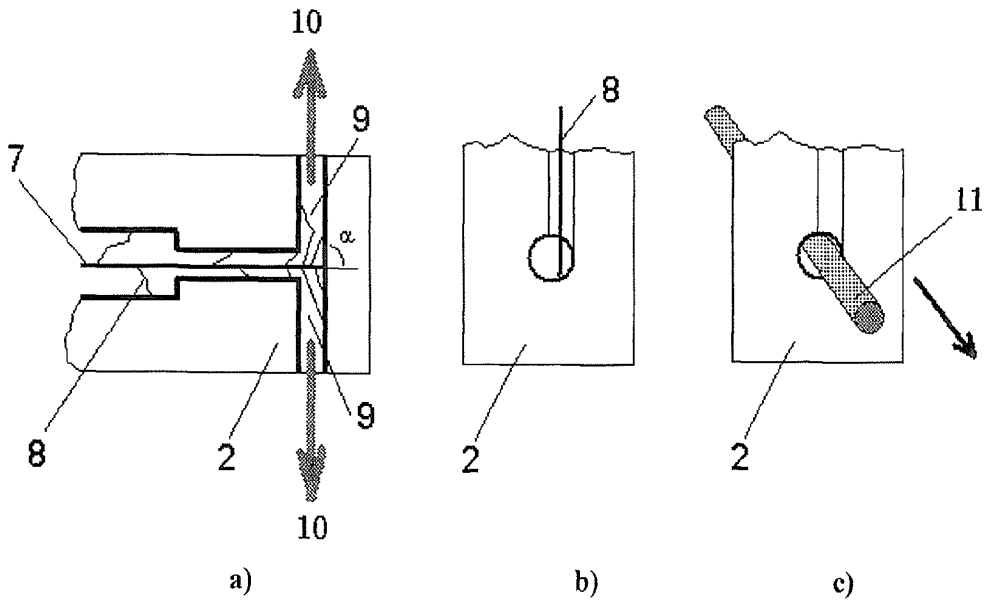


Fig. 3.

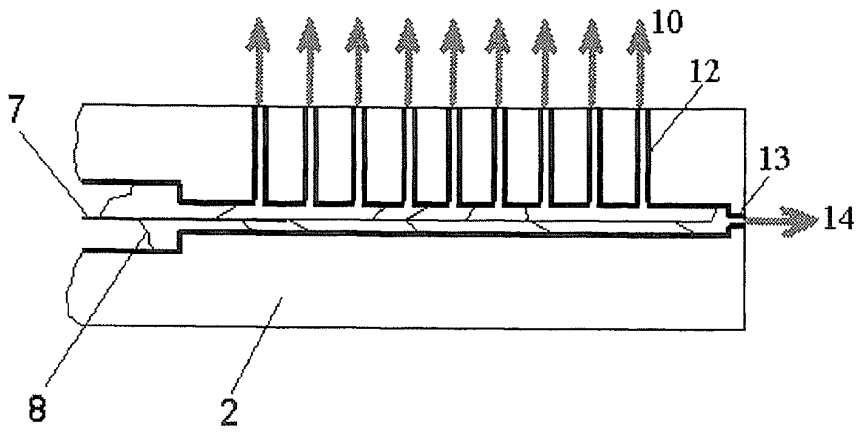


Fig. 4.