(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 861 575 B1

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
05.07.2000 Bulletin 2000/27

(21) Numéro de dépôt: **96934313.6**

(22) Date de dépôt: **12.11.1996**

(51) Int Cl.[7]: **H05H 1/44**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/CH96/00401

(87) Numéro de publication internationale:
WO 97/18692 (22.05.1997 Gazette 1997/22)

(54) **GENERATEUR DE PLASMA A QUATRE BUSES POUR LA FORMATION D'UN JET ACTIVE**

VIERDÜSEN-PLASMAERZEUGUNGSVORRICHTUNG ZUR ERZEUGUNG EINES AKTIVIERTER STRAHLES

FOUR-NOZZLE PLASMA GENERATOR FOR FORMING AN ACTIVATED JET

(84) Etats contractants désignés:
CH DE ES FR GB IT LI NL

(30) Priorité: **13.11.1995 CH 320895**

(43) Date de publication de la demande:
02.09.1998 Bulletin 1998/36

(73) Titulaire: **IST Instant Surface Technology S.A.**
1442 Montagny-près-Yverdon (CH)

(72) Inventeurs:
- **KOULIK, Pavel**
  CH-1401 Yverdon-les-Bains (CH)
- **ZORINA, Evgenia**
  CH-1401 Yverdon-les-Bains (CH)
- **BEGOUNOV, Stanislav**
  CH-1401 Yverdon-les-Bains (CH)
- **ENGUELCHT, Vladimir**
  CH-1401 Yverdon-les-Bains (CH)
- **KONAVKO, Rudolph**
  CH-1401 Yverdon-les-Bains (CH)
- **SAITSHENKO, Anatolii**
  CH-1401 Yverdon-les-Bains (CH)
- **SAMSONOV, Mikhail**
  CH-1401 Yverdon-les-Bains (CH)
- **TSVETKOVA, Ioulia**
  CH-1401 Yverdon-les-Bains (CH)

(74) Mandataire: **Ganguillet, Cyril**
ABREMA
Agence Brevets & Marques
Ganguillet & Humphrey
Avenue du Théâtre 16
Case postale 2065
1002 Lausanne (CH)

(56) Documents cités:
EP-A- 0 368 547
EP-A- 0 522 842
FR-A- 2 678 467
GB-A- 2 271 044

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).

EP 0 861 575 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Description

[0001] L'invention concerne un générateur de plasma à quatre buses pour la formation d'un jet activé, selon le préambule de la revendication 1.

[0002] Ce générateur peut être utilisé notamment dans les processus de traitement de surfaces (stérilisation, nettoyage, décapage, modification, dépôt de recouvrement et de films), de matériaux dispersés et monolithes, ainsi que pour l'obtention de produits chimiques dans les domaines de l'électronique, l'automobile, l'alimentaire, la médecine, la chimie, la fabrication de machines et d'outils, etc.

[0003] On connaît des générateurs de plasma à quatre buses contenant deux chambres à électrodes anodes et cathodes, connectées à des sources de courant continu et qui génèrent quatre jets de plasma dont la forme et la trajectoire se créent à l'aide d'un champ magnétique extérieur de sorte que les jets de plasma, en convergeant, forment un flux unique de plasma dont la température dans la zone centrale, dans laquelle sont introduits les produits chimiques et/ou les matériaux à traiter, est surbaissée par rapport aux zones peripheriques. De tels dispositifs sont décrits dans le document "Bases de la réalisation de la méthode de traitement dynamique par plasma de la surface d'un corps solide" P. P. Koulik et autres, "Plasmochimie 87", Moscou 1987, partie 2, pp. 58 à 96, ainsi que dans les demandes de brevet FR 2 678 467 et GB 2 271 044.

[0004] La construction des chambres à électrodes (anode et cathode) est décrite dans le document "Plasmatron à deux jets Frounze", I.I. Lenbaïev, V.S. Enguelsht, "Ilim" ,1983.

[0005] L'avantage de tels générateurs selon l'art antérieur est dû d'une part à la configuration spécifique des flux de plasma qui a la forme d'un entonnoir de plasma, ce qui permet d'introduire et de traiter de manière efficace différents produits. D'autre part, le courant électrique qui traverse le jet de plasma le chauffant et l'activant avec des pertes minimales, vu l'absence de parois refroidies, implique que le rendement de ce dispositif est haut.

[0006] Un tel dispositif peut être utilisé de manière efficace pour la stérilisation de surfaces, leur nettoyage, modification, décapage et dépôt de recouvrements et de films. Son exploitation a cependant permis d'observer les désavantages suivants :

1. La génération des jets et du flux de plasma s'accompagne de la formation de tourbillons toroïdes. Les flux de gaz chauds qui en résultent viennent échauffer les pièces des chambres à électrodes des éléments de fixation et d'alimentation, d'une part, et occasionnent des pertes sensibles de chaleur diminuant ainsi le rendement du générateur. D'autre part, dans certains cas le degré de turbulence du flux de plasma est augmenté et il apparaît des pertes des produits introduits dans la partie centrale du flux, donnant naissance à des effets secondaires néfastes pour le temps de vie du générateur, puisque ces produits se déposent sur la surface des chambres à électrodes, des pièces de fixation et d'alimentation. La radiation du plasma, qui est spécialement élevée lors de l'introduction dans le flux de plasma de produits chimiques, est aussi une source d'échauffement superflue des diverses pièces du générateur exposées à cette radiation.

   Le résultat de l'effet simultané des flux de convection et de radiation est, en fin de compte, que le temps de vie du générateur est diminué à cause de l'échauffement superflu de ses pièces et de la formation de couches de dépôts de faible conduction thermique, rendant difficile le refroidissement de ces pièces.

   En plus, de temps à autres, les couches de dépôt se détruisent et, emportées par les tourbillons de gaz, viennent souiller les surfaces traitées et le flux de plasma lui-même, rendant ce dernier de composition pratiquement incontrôlable.

2. Le flux de plasma ayant accompli son action d'échauffement et d'activation des produits qui y sont introduits, son rôle est terminé et sa présence à la périphérie du flux de produit activé n'est plus nécessaire. Quand le produit activé est un gaz (cas de beaucoup d'applications, notamment nettoyage, décapage, dépôt de films, modification de surface) la présence du plasma original à la périphérie du flux activé devient un obstacle à l'efficacité du traitement de surface. En effet, le plasma, toujours chaud, chauffe la surface traitée ce qui, en général, est à éviter. En outre, le plasma, à la surface n'est plus qu'une composante passive qui n'entre pas en action avec la surface, les seules particules agissantes étant celles que le plasma a activées et qui atteignent la surface par diffusion. Le plasma résiduel est un obstacle à cette diffusion, obstacle d'autant plus signifiant que la section efficace des particules corrigées composant le plasma est, en moyenne, d'un ordre de grandeur supérieur à celle des particules neutres (activées) et donc la présence de ces particules réduit très sensiblement le coefficient de diffusion des particules activées, donc le flux de diffusion, et en fin de compte l'efficacité du traitement.

[0007] Le but de l'invention est de proposer un générateur de plasma à quatre buses permettant d'obtenir un jet de gaz activé de composition contrôlable, de forme stable, à longue ressource de travail continu et d'action optimale sur les objets à traiter.

[0008] A cet effet, l'invention concerne un générateur de plasma à quatre buses comportant deux chambres à électrodes anodes et deux chambres à électrodes cathodes, connectées à des sources de courant continu et générant quatre jets de plasma dont la forme et la

trajectoire sont créés à l'aide d'un système de champs magnétiques extérieurs, de telle manière que les jets de plasma forment un flux de plasma unique présentant une zone centrale de température surbaissée dans laquelle est introduite la composante chimique et/ou le matériaux à traiter, les chambres à électrodes de ce générateur étant disposées dans une enceinte dans laquelle on introduit un gaz, cette enceinte étant composée d'une bride concave à laquelle sont fixées les chambres à électrodes et d'un premier diaphragme plat, refroidi à l'eau et pourvu d'un orifice central circulaire disposé à l'endroit de la jonction des jets de plasma issus des chambres à électrodes et traversés par le courant.

[0009] Selon un mode d'exécution, le générateur comporte, en aval du premier diaphragme, un second diaphragme, refroidi à l'eau, dont l'orifice à un diamètre variable, inférieur à celui du flux de plasma, ce diaphragme étant fixé à l'enceinte par l'intermédiaire d'une paroi circulaire, permettant l'évacuation d'une partie du plasma et des gaz introduits dans l'enceinte.

[0010] La solution proposée par la présente invention consiste à modifier le générateur de plasma à quatre buses de l'art antérieur, de manière à créer un flux activé de composition contrôlée et d'action efficace sur la surface traitée, tout en augmentant le temps de vie du générateur. Cela revient à liquider les désavantages du générateur à quatre buses connu décrit plus haut, c'est-à-dire à supprimer les flux de convection et réduire les flux de radiation agissant sur les chambres à électrodes, leurs éléments de fixation et d'alimentation, tout en intensifiant l'action sur la surface traitée des composantes activées du flux créé par le générateur, en réduisant la quantité de plasma atteignant la surface à traiter.

[0011] On décrit ci-après le générateur selon l'invention, en se référant au dessin sur lequel:

- les figures 1a et 1b illustrent un premier exemple de générateur selon l'invention, respectivement selon une vue du côté du diaphragme (le diaphragme étant montré en traitillés) et en section latérale; les repères relatifs à ces deux figures sont les suivants:

  1. Chambres à électrodes
  2. Bride concave de l'enceinte, refroidie à l'eau
  3. Buse d'introduction des composantes chimiques et/ou des matériaux à traiter.
  4. Jets de plasma
  5. Diaphragme plat refroidi à l'eau
  6. Flux résultant de plasma
  7. Système magnétique
  8. Orifice circulaire du diaphragme
  9. Tuyères d'introduction du gaz.

- les figures 2a et 2b illustrent un second exemple de générateur selon l'invention, respectivement selon une vue du côté des diaphragmes (les diaphragmes étant montrés en traitillés) et en section latérale; les repères relatifs à ces deux figures sont les suivants:

  1. Chambres à électrodes
  2. Bride concave de l'enceinte, refroidie à l'eau
  3. Buse d'introduction des composantes chimiques et/ou des matériaux à traiter
  4. Jets de plasma
  5. Diaphragme plat refroidi à l'eau
  6. Flux résultant de plasma
  7. Système magnétique
  8. Orifice circulaire du diaphragme
  9. Tuyères d'introduction du gaz
  10. Deuxième diaphragme, ajustable, refroidi à l'eau
  11. Paroi circulaire
  12. Orifice d'évacuation du plasma et du gaz introduit dans l'enceinte
  13. Jet résultant de gaz activé

- la figure 3 est un schéma illustrant la fonction des diaphragmes d'après la distribution de la température (T) et de la composition (C) du flux issu du générateur, à différentes distances des chambres à électrodes.

[0012] Les générateurs à quatre buses représentés sur les figures 1 et 2 comportent, comme le prototype connu décrit plus haut, quatre chambres à électrodes 1, un système magnétique pour le contrôle de la forme et de la trajectoire des jets de plasma 7, un tube pour l'introduction des composantes chimiques et/ou des produits à activer dans l'entonnoir de plasma. Le nouvel élément de la construction du générateur est l'enceinte, ventilée par un gaz introduit par les tuyères 9, à laquelle sont fixées les chambres à électrodes 1.

[0013] L'enceinte est constituée d'une bride concave 2 refroidie à l'eau et du système de diaphragmes refroidis à l'eau.

[0014] Les figures 1a et 1b illustrent le cas où le système de diaphragme comprend un diaphragme sous forme de bride annulaire refroidie 5, dont le diamètre intérieur est tel qu'il permet le passage du flux de plasma à l'intérieur duquel sont introduits par la buse 3 les produits à activer, et le flux périphérique de gaz introduit dans l'enceinte par les tuyères 9.

[0015] Ce gaz stabilise le flux de plasma et empêche la formation de tourbillons et leur contact avec les chambres à électrodes, leurs pièces de fixation et d'alimentation. Les jets de plasma issus des chambres à électrodes convergent et se joignent dans le plan du diaphragme 8. Le flux accompagnant de gaz, passant périphériquement à travers l'orifice du diaphragme 5 stabilise le flux de plasma, diminue le mélange de plasma avec les gaz environnants, diminue le transfert de chaleur radical du flux de plasma, ce qui allonge le jet résultant de plasma. Le diaphragme 5 dont l'orifice 8 est relativement petit, réduit fortement la radiation du flux de plasma 6 dirigée vers les chambres à électrodes.

[0016] Les figures 2a et 2b illustrent le cas où le système de diaphragmes comprend, outre le diaphragme

5 dont les fonctions sont exposées plus haut, un diaphragme 10 refroidi à l'eau, d'orifice ajustable, dont le diamètre est plus petit que celui du flux de plasma et qui laisse passer seulement le flux de gaz activé.

[0017] Le diaphragme 10 est fixé à l'enceinte par l'intermédiaire d'une paroi circulaire 11. Le gaz issu des tuyères (9) ainsi que le plasma activant sont évacués par l'intermédiaire d'orifices 12. Ce diaphragme permet d'éliminer les gaz de plasma périphériques et les gaz d'accompagnement qui sont un obstacle à la diffusion des particules activées vers la surface à traiter. Comme le montre le schéma de la figure 3, le diaphragme 10 permet aussi d'obtenir une distribution uniforme de la température et de la composition du flux activé issu du générateur proposé.

Revendications

1. Générateur de plasma à quatre buses comportant deux chambres à électrodes anodes (1) et deux chambres à électrodes cathodes (1), connectées à des sources de courant continu et générant quatre jets de plasma (4) dont la forme et la trajectoire sont créés à l'aide d'un système de champs magnétiques extérieurs (7), de telle manière que les jets de plasma forment un flux de plasma (6) unique présentant une zone centrale de température surbaissée dans laquelle est introduite la composante chimique et/ou le matériaux à traiter, caractérisé en ce que les chambres à électrodes sont disposées dans une enceinte dans laquelle on introduit un gaz, cette enceinte étant composée d'une bride concave (2) à laquelle sont fixées les chambres à électrodes et d'un premier diaphragme plat (5), refroidi à l'eau et pourvu d'un orifice central circulaire (8) disposé à l'endroit de la jonction des jets de plasma issus des chambres à électrodes et traversés par le courant.

2. Générateur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte, en aval du premier diaphragme, un second diaphragme (10), refroidi à l'eau, dont l'orifice à un diamètre variable, inférieur à celui du flux de plasma, ce diaphragme étant fixé à l'enceinte par l'intermédiaire d'une paroi circulaire (11), permettant l'évacuation d'une partie du plasma et des gaz introduits dans l'enceinte.

Patentansprüche

1. Ein Vierdüsen-Plasmagenerator der zwei Kammern mit Anodenelektroden (1) und zwei Kammern mit Kathodenelektroden (1) aufweist, welche mit Gleichstromquellen verbunden sind und vier Plasmastrahlen (4) erzeugen, deren Form und Bahn mit Hilfe eines äusseren Magnetfeldsystemes (7) in solcher Weise bestimmt werden, dass die Plasmastrahlen einen einzigen Plasmastrom (6) mit einer zentralen Zone mit verringerter Temperatur bilden, in welche die chemische Komponente und/oder das zu behandelnde Material eingeführt werden, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrodenkammern in einer Hülle angeordnet sind, in welche ein Gas eingeführt wird, wobei diese Hülle aus einem konkaven Flansch (2), an welchen die Elektrodenkammern befestigt sind, und aus einer ersten flachen wassergekühlten Blende (5), die eine zentrale kreisrunde Öffnung (8) an der Zusammenflussstelle der von den Elektrodenkammern stamenden Plasmastrahlen aufweist, durch welche der Strom fliesst, besteht.

2. Generator gemäss Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass er, Stromabwärts der ersten Blende, eine zweite wassergekühlte Blende (10) aufweist, deren Öffnung einen veränderbaren Durchmesser hat, welcher kleiner als der des Plasmastromes ist, wobei diese Blende an der Hülle über eine kreisrunde Wandung (11) befestigt ist, und den Ablass eines Teiles des Plasmas und der in die Hülle eingeführten Gase erlaubt.

Claims

1. A four-nozzle plasma generator comprising two anode electrode chambers and two cathode electrode chambers connected to DC power sources and generating four plasma jets of which the shape and the trajectory are determined by an external magnetic field system, such that the plasma jets form a single plasma stream with a central zone of lowered temperature into which the chemical component and/or materials to be treated are introduced, characterised in that the electrode chambers are arranged in an enclosure into which a gas is introduced, this enclosure consisting of a concave flange to which the electrode chambers are fixed and a first flat water-cooled diaphragm provided with a central circular aperture positioned at the point of convergence of the plasma jets from the electrode chambers and through which the current passes.

2. Generator according to claim 1, characterised in that it comprises, downstream of the first diaphragm, a second water-cooled diaphragm, with an aperture of variable diameter, smaller than that of the plasma stream, this diaphragm being fixed to the enclosure by means of a circular wall, enabling evacuation of a part of the plasma and gases introduced into the enclosure.

FIG.1a

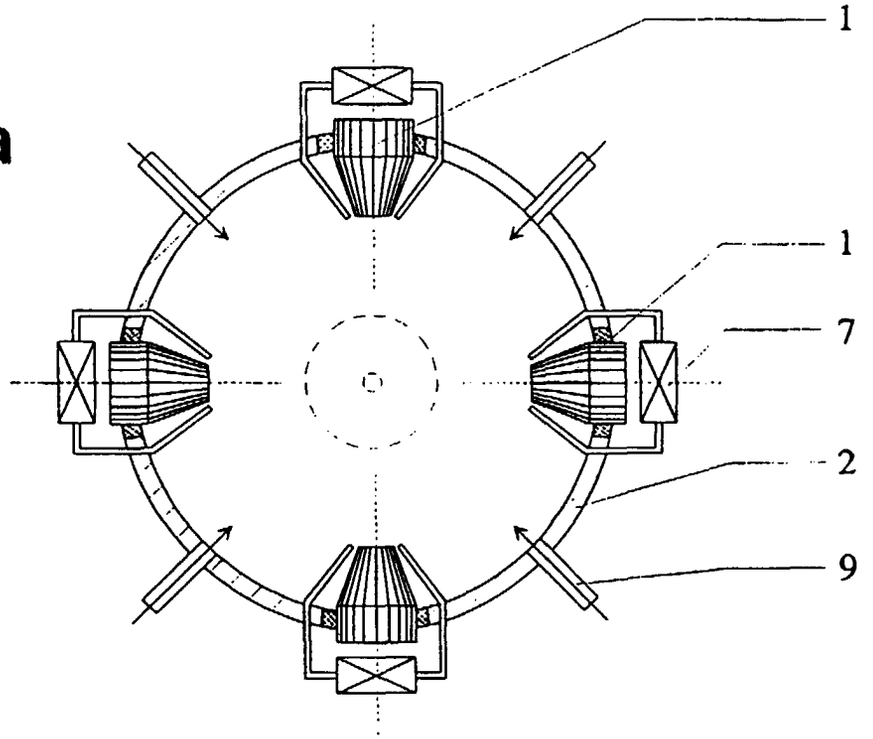


FIG.1b

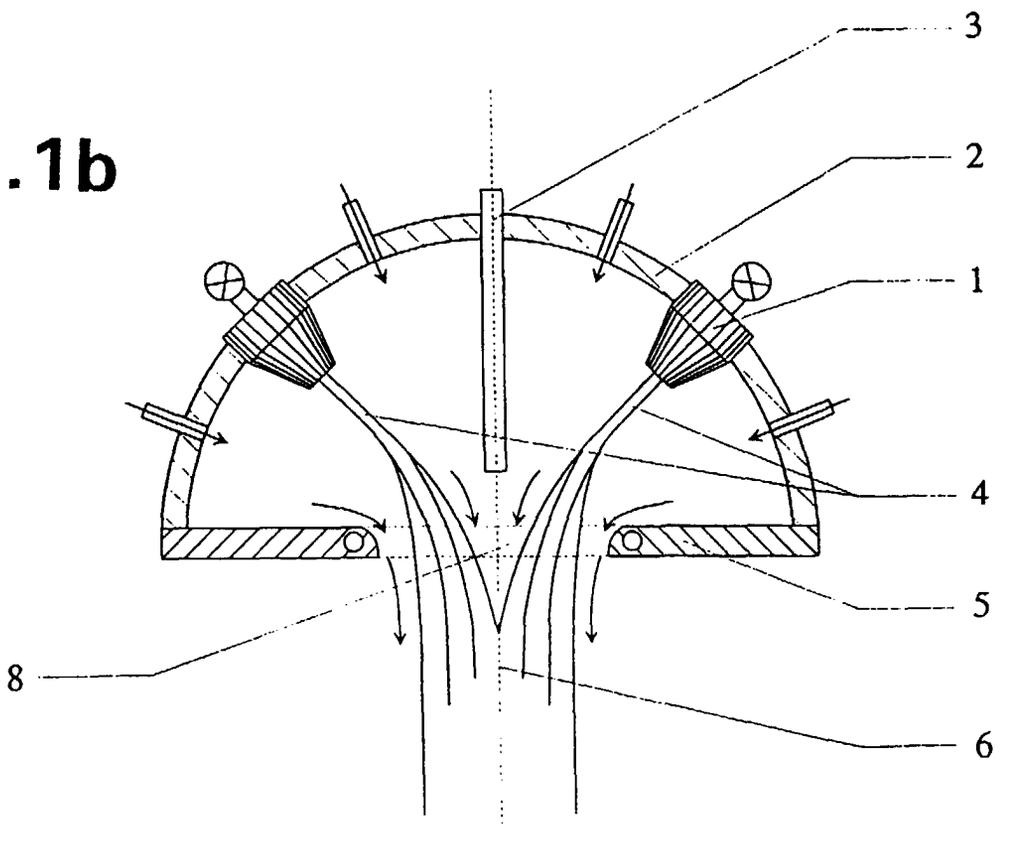


FIG.2a

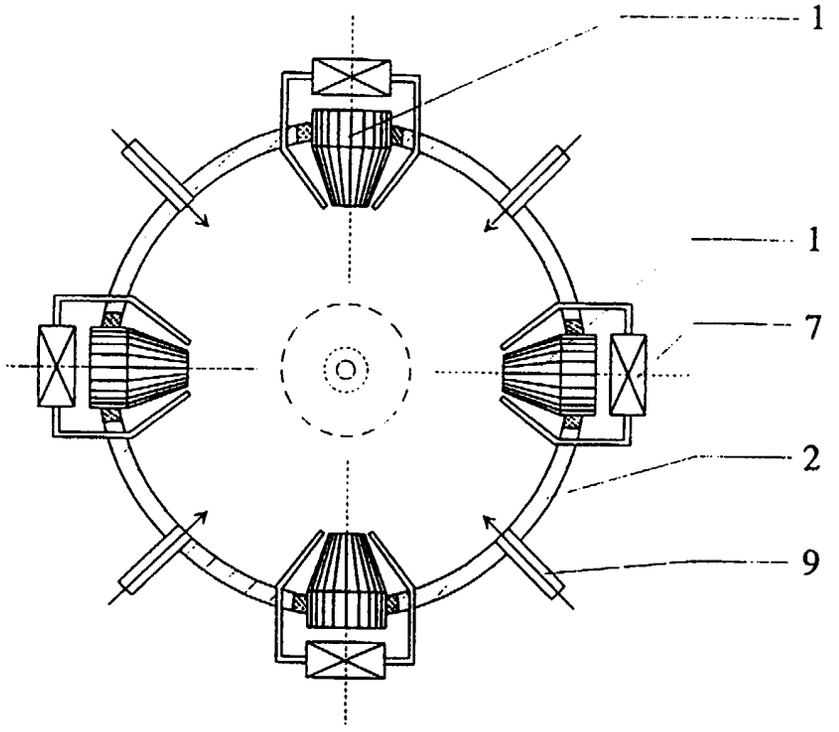
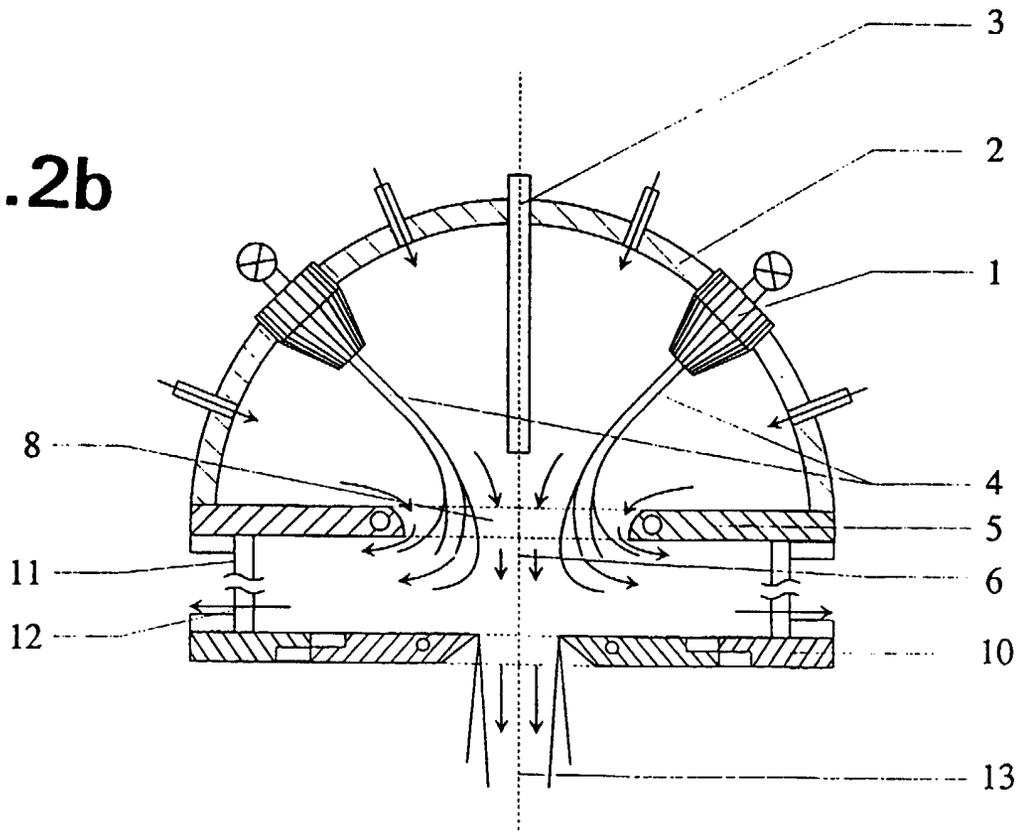


FIG.2b



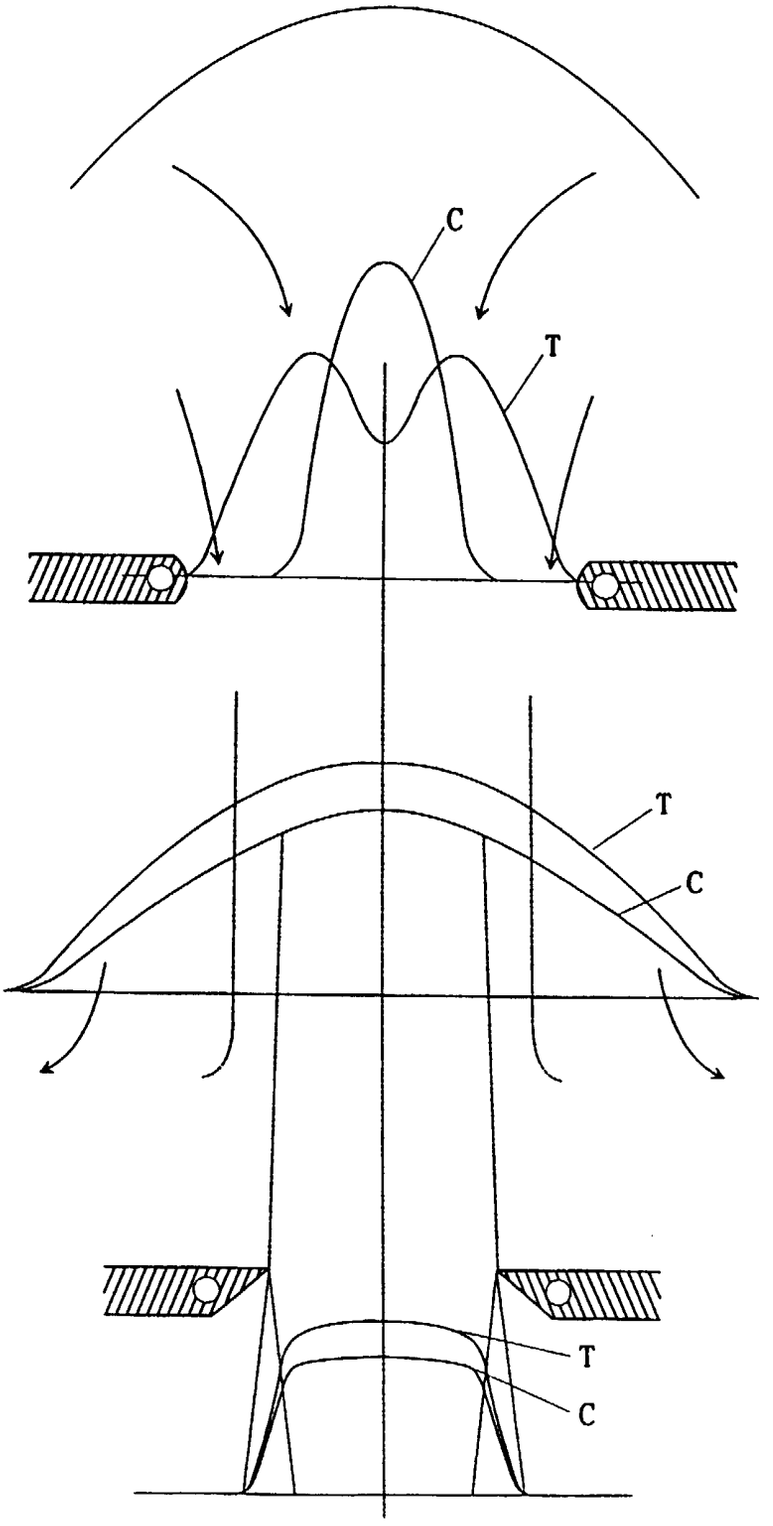


FIG.3