

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 609 404 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

15.01.1997 Bulletin 1997/03

(21) Numéro de dépôt: **93911829.5**

(22) Date de dépôt: **28.04.1993**

(51) Int. Cl.⁶: **B05B 17/06**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR93/00411

(87) Numéro de publication internationale:
WO 93/22068 (11.11.1993 Gazette 1993/27)

(54) **DISPOSITIF DE MICROPULVERISATION GENeree PAR ONDES ULTRASONORES**

VORRICHTUNG ZUR DURCH ULTRASCHALLWELLEN ERZEUGTEN FEINZERSTÄUBUNG

ULTRASONIC MICROSPRAYING DEVICE

(84) Etats contractants désignés:

AT BE CH DE DK ES GB GR IE IT LI LU NL PT SE

(30) Priorité: **29.04.1992 FR 9205306**

(43) Date de publication de la demande:
10.08.1994 Bulletin 1994/32

(73) Titulaire: **CHRONOTEC S.A.R.L.**
F-06600 Antibes (FR)

(72) Inventeur: **HAUSER, Jean-Luc**
F-06600 Antibes (FR)

(74) Mandataire: **Bonneau, Gérard**

**Cabinet Bonneau,
Conseil en Propriété Industrielle,
7, Avenue Gazan
06600 Antibes (FR)**

(56) Documents cités:

DE-B- 1 003 147 US-A- 3 433 461

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 136 (C-347) 20 Mai 1986 & JP,A,60 261 568 (HEITAROU SEGAWA) 24 Décembre 1985 voir abrégé**

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 0 609 404 B1

Description

Domaine technique

La présente invention concerne un dispositif de micropulvérisation du type comportant un générateur d'ondes ultrasonores, un moyen de focalisation des ondes ultrasonores en au moins un point du liquide à micropulvériser et proche de sa surface, une chambre de formation de microgouttelettes et un moyen de diffusion des microgouttelettes ainsi formées.

Etat de la technique

La thérapie classique utilise largement les dispositifs de pulvérisation lorsqu'il est nécessaire d'appliquer des microgouttelettes sur la partie du corps à soigner qui est la plupart du temps une partie interne telle que le nez, la gorge, ou les bronches.

Les dispositifs de pulvérisation classiques basés sur une pulvérisation mécanique, tels que les vaporisateurs à buse sous pression ou les atomiseurs piézo-électriques à cône vibrant ne permettent pas d'obtenir des microgouttelettes d'un diamètre suffisamment petit pour être efficaces dans certaines thérapies. Ainsi, pour les applications en pneumologie, il est nécessaire de générer des aérosols formés de microgouttelettes.

Depuis quelques années on utilise la technique de pulvérisation par ultrasons pour générer un brouillard de microgouttelettes. Dans cette technique, des ondes ultrasonores sont générées à l'aide de transducteurs électromécaniques, tels que des transducteurs piézo-électriques, dans un bain de liquide. Le faisceau d'ondes ultrasonores est dirigé vers la surface du bain où la rupture d'impédance eau-air provoque un jet de liquide appelé "Fontaine acoustique". Ce phénomène s'accompagne d'un brouillard de microgouttelettes dont la taille est comprise entre 3 et 6 µm, créées par cavitation ou par mise en résonance des ondes capillaires du jet.

La technique ci-dessus est appliquée dans le brevet FR-89/16.424 qui décrit un procédé et un dispositif de micropulvérisation d'une solution liquide par ultrasons pour l'obtention de microgouttelettes destinées à former un brouillard de produits désinfectants pour asepsie des locaux médicaux. Mais les dispositifs du type de celui décrit dans le brevet ci-dessus, présentent l'inconvénient de nécessiter une grande quantité de liquide à micropulvériser du fait que les ondes ultrasonores sont transmises à l'intérieur même du liquide. A cause de cette quantité importante de liquide à micropulvériser, il est nécessaire de prévoir un système de pré-chauffage du liquide. Les dispositifs de ce type sont donc généralement des dispositifs encombrants, peu économes, et nécessitent une mise en oeuvre délicate (dosage, stérilisation, nettoyage, température de chauffage...).

Il a été remédié partiellement à l'inconvénient ci-dessus en prévoyant une focalisation des ondes ultra-

sonores dans un milieu de propagation différent du liquide à micropulvériser.

Ainsi, dans le brevet DE-B-1.003.147, la focalisation se fait par concentration des ondes grâce à un générateur d'ondes ayant une forme circulaire dont le centre coïncide avec le point où doit se faire la micropulvérisation.

Un autre type de focalisation consiste à utiliser un système de concentration des ondes ultrasonores par une lentille du type Fresnel tel que décrit dans le brevet US-A-3.433.461.

Dans tous ces systèmes, on utilise les non-linéarités du champ d'ondes ultrasonores pour avoir une bonne pulvérisation au point de focalisation. Or la répartition d'énergie entre la fréquence fondamentale (fréquence d'excitation du générateur), les harmoniques supérieurs et les sous-harmoniques est fonction de la distance de propagation dans le milieu de propagation. Il faut donc prévoir une distance de propagation des ondes ultrasonores minimale si on veut obtenir la meilleure efficacité possible au point de focalisation.

Par conséquent, les systèmes décrits dans les brevets mentionnés ci-dessus présentent l'inconvénient d'être encombrants et ne sont pas destinés à être utilisés de façon ambulatoire.

En outre, l'énergie nécessaire à la génération des ondes ultrasonores est élevée du fait qu'il faut prévoir une source relativement puissante d'ondes ultrasonores pour obtenir une énergie suffisante au point de focalisation des ondes après une atténuation importante par le liquide de propagation et, dans le cas du brevet US-A-3 433 461, aussi par la lentille Fresnel. C'est pourquoi les dispositifs décrits sont alimentés par une source extérieure et ne prévoient pas une source d'alimentation autonome qui les rendraient ambulatoires.

Exposé de l'invention

La présente invention a donc pour but de remédier aux inconvénients ci-dessus en fournissant un dispositif de micropulvérisation efficace, peu encombrant et ne nécessitant pas de préchauffage.

Un autre but de l'invention est de fournir un dispositif de micropulvérisation par ondes ultrasonores dans lequel l'atténuation des ondes est réduite au minimum.

Un autre but de l'invention est de s'affranchir des problèmes liés à l'utilisation d'un liquide comme milieu de propagation, en particulier des problèmes d'étalement et des problèmes dû à la présence de bulles d'air.

Encore un autre but de l'invention est de réaliser un dispositif de micropulvérisation tel que ci-dessus, ayant une source d'alimentation autonome rendant le dispositif ambulatoire.

L'objet de l'invention est un dispositif de micropulvérisation du type "Fontaine acoustique" tel que décrit dans le brevet US-A-3.433.461, sur lequel repose le préambule de la revendication 1, dans lequel le moyen de focalisation des ondes ultrasonores en au moins un point du liquide à micropulvériser et proche de sa sur-

face est un milieu de propagation des ondes ultrasonores présentant un coefficient d'atténuation des ondes inférieur à 1dB/cm. Le dispositif est caractérisé en ce que le milieu de propagation est un gel silicone, un gel acrylique, ou un poly-acrylamide, et présente un rapport de non-linéarité élevé et un coefficient de Poisson supérieur à 0,49.

Description de l'invention

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit faite en référence à la figure unique représentant un mode de réalisation préféré du dispositif de micropulvérisation selon l'invention.

Comme illustré sur la figure unique, le dispositif de micropulvérisation selon l'invention comprend un boîtier 10 qui comporte une cuve 12 contenant un milieu de propagation 13 des ondes ultrasonores sans atténuation. Une cavité 14 est fermée par un transducteur électromécanique 16 tel qu'un transducteur piézo-électrique. Le transducteur 16 est alimenté à une fréquence comprise entre 1 et 5 mégahertz par un circuit électronique 18 recevant son alimentation en énergie des piles 20. Le transducteur génère alors des ondes ultrasonores dans la cuve 12. Ces ondes représentées par les flèches sur la figure sont focalisées par une surface de réflexion appropriée 22, du type paraboloïde ou cylindre à directrice parabolique. Les ondes ultrasonores traversent une cassette 24 contenant le liquide à micropulvériser pour se concentrer en un point du liquide proche de sa surface. Une "Fontaine acoustique" 26 en forme de jet est ainsi formée à la surface du liquide à micropulvériser au-dessus de l'ouverture 28 de la cassette 24. Ce jet 26 génère un brouillard de microgouttelettes 30 relativement uniformes et d'un diamètre inférieur compris entre 3 et 6 μm . Le brouillard est transporté vers l'inhalateur ou le diffuseur 32 par un ventilateur 36.

Bien que la surface de réflexion 22 soit ici du type parabolique, il est possible d'optimiser la forme de cette surface en résolvant numériquement les équations intégrales de rayonnement associées à l'équation d'onde, quoique les fréquences utilisées (fondamentale et harmoniques) ne soient pas suffisamment élevées pour permettre l'emploi de la théorie des rayons (longueurs d'onde trop élevées par rapport aux rayons de courbure).

Le milieu 13 de propagation des ondes ultrasonores doit être un fluide de faible densité proche de 1 pour obtenir une bonne célérité des ondes acoustiques, et aussi ne pas alourdir le dispositif. Ce milieu doit présenter un rapport de non-linéarité élevé pour obtenir la meilleure efficacité possible au point de focalisation en utilisant une distance de propagation des ondes dans le milieu de propagation la plus courte possible. Il doit être incompressible, avec un coefficient de Poisson supérieur à 0,49, et doit présenter une faible atténuation des ondes, inférieure ou égale à 1 dB/cm. Ainsi, si la distance parcourue par les ondes dans le milieu est de 4

cm (distance souhaitable pour un dispositif ambulatoire), l'atténuation sera de 4 dB. Un matériau répondant à ces caractéristiques peut être un gel silicone du type poly-diméthyl-siloxane tel que le gel Q7 2167 de Dow Corning associé au gel Q7 2168 ou le gel Q7 2218 de Dow Corning également, ou un gel acrylique type "éponge" acrylique, ou encore un poly-acrylamide.

Il est à noter qu'un liquide présentant les caractéristiques mentionnées ci-dessus, donc pouvant être utilisé comme milieu de propagation, est à éviter pour s'affranchir des problèmes d'étanchéité et des problèmes liés à la présence de bulles d'air néfastes pour la propagation des ondes acoustiques par les réflexions qu'elles provoquent.

Bien que le dispositif de micropulvérisation illustré sur la figure unique ne comporte qu'un seul réservoir de liquide à micropulvériser, le dispositif pourrait comporter plusieurs réservoirs de liquide à micropulvériser contenant des liquides à micropulvériser différents et plusieurs transducteurs de caractéristiques différentes, sans sortir du cadre de l'invention. De même, on peut concevoir un dispositif de micropulvérisation dans lequel le générateur d'ondes ultrasonores est un transducteur large bande de façon à permettre au dispositif de s'adapter à une large gamme de liquides à micropulvériser.

Il est à noter que les ondes ultrasonores générées par le transducteur 16 et réfléchies par la surface 22, traversent le fond de la cassette 24 par une membrane 34 faite d'un matériau dont l'impédance acoustique est identique ou très proche de celle du milieu de propagation se trouvant dans la cuve 12. Cette membrane est de préférence en un élastomère silicone monocomposant mis en oeuvre par moulage en compression ou en élastomère silicone mis en oeuvre par injection. Ainsi, la seule atténuation des ondes ultrasonores ne peut se produire qu'à l'intérieur de la cassette 24 à la traversée du liquide à micropulvériser. Les ondes ultrasonores gardent donc une grande efficacité au point de focalisation, ce qui évite de procéder à un pré-chauffage du liquide à micropulvériser. En outre, l'existence d'une cuve séparée du liquide à micropulvériser, contenant un matériau permettant la transmission des ondes ultrasonores évite d'avoir une grande quantité du liquide à micropulvériser.

On voit donc que le dispositif selon l'invention est autonome, peu encombrant du fait de la moindre quantité de liquide à pulvériser et à l'absence de pré-chauffage, et peut donc être utilisé de façon ambulatoire. Il ne nécessite aucune stérilisation et nettoyage du fait de l'existence d'un matériau de propagation des ondes ultrasonores à demeure dans l'appareil. En outre, il permet, grâce au remplacement aisé d'une cassette par une autre, d'être utilisé pour la micropulvérisation de liquides variés. Il est particulièrement adapté aux applications pneumologiques et oto-rhino-laryngologiques qui exigent des microgouttelettes uniformes et d'un diamètre inférieur à 5 μm

Revendications

1. Dispositif de micropulvérisation destiné à la formation de microgouttelettes comprenant un générateur d'ondes ultrasonores (16), un moyen de focalisation(22) des ondes ultrasonores, un milieu (13) ayant un coefficient d'atténuation des ondes ultrasonores inférieur à 1dB/cm servant à la propagation desdites ondes ultrasonores vers au moins un point d'un liquide à micropulvériser et proche de sa surface, une chambre de formation de microgouttelettes (30) et un moyen de diffusion (32) des microgouttelettes ainsi formées, ledit liquide à micropulvériser se trouvant dans un réservoir (24) indépendant du réservoir (12) contenant ledit milieu de propagation (13);
 ledit dispositif étant caractérisé en ce que ledit milieu de propagation (13) des ondes ultrasonores est un gel silicone, un gel acrylique, ou un poly-acrylamide, et présente un rapport de non-linéarité élevé et un coefficient de Poisson supérieur à 0,49.
2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit réservoir (24) contenant le liquide à micropulvériser est situé au dessus de la cuve (12) contenant le milieu de propagation (13) des ondes ultrasonores et comporte une paroi (34) faite d'un matériau de même impédance acoustique que ledit milieu de propagation à l'endroit où les ondes ultrasonores traversent le fond dudit réservoir.
3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que ledit réservoir (24) contenant le liquide à micropulvériser est une cassette remplaçable.
4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit générateur d'ondes ultrasonores est un transducteur piézo-électrique (16).
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte plusieurs réservoirs (24) de liquide à micropulvériser contenant des liquides à micropulvériser différents, et plusieurs transducteurs de caractéristiques différentes.
6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit générateur d'ondes ultrasonores (16) est un transducteur large bande de façon à permettre audit dispositif de s'adapter à une large gamme de liquides à micropulvériser.
7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel ledit générateur d'ondes ultrasonores (16) est alimenté par une source d'alimentation autonome telle que des piles

(20), rendant le dispositif ambulateur.

Claims

1. Micropulverization device for the formation of microdroplets including an ultrasound wave generator (16), a means for focusing ultrasound waves, a medium (13) having an ultrasound attenuation coefficient less than 1 dB/cm for the propagation of said ultrasound waves towards at least one point in the liquid to be micropulverized near the surface thereof, a chamber (30) for the formation of microdroplets and a means for diffusing (32) the microdroplets thus formed, said liquid to be micropulverized being in a reservoir (24) independent of the cell (12) containing said propagation medium (13);
 said device being characterized in that said medium (13) for the propagation of the ultrasound waves is a silicon gel, an acrylic gel or a polyacrylamide, and has a high non-linearity ratio and a Poisson's ratio greater than 0.49.
2. Device according to claim 1, characterized in that the reservoir (24) containing the liquid to be micropulverized is located above the cell (12) containing the medium for propagating ultrasound waves (13), and includes a wall (34) made of material with the same acoustic impedance as said propagation medium where the ultrasound waves cross the bottom of said reservoir.
3. Device according to claim 1 or 2, characterized in that said reservoir (24) containing the liquid to be micropulverized is a replaceable cassette.
4. Device according to any of the above claims characterized in that the ultrasound wave generator is a piezoelectric transducer (16).
5. Device according to any one of the above claims characterized in that it includes several reservoirs (24) containing different liquids to be micropulverized, and several transducers having various characteristics.
6. Device according to any of the above claims characterized in that said ultrasound wave generator (16) is a broad-band transducer so as to enable said device to be adapted to a wide range of liquids to be micropulverized.
7. Device according to any one of the preceding claims wherein said ultrasound generator (16) is energized by an autonomous power supply such as batteries (20), making the device ambulatory.

Patentansprüche

1. Mikrozerstäubungsvorrichtung zur Bildung von Mikrotröpfchen, umfassend einen Ultraschallwellengenerator (16), eine Einrichtung (22) zur Fokussierung der Ultraschallwellen, ein Medium (13) mit einem Ultraschallwellendämpfungskoeffizienten von unter 1dB/cm zur Ausbreitung der Schallwellen zu mindestens einem Punkt einer der Mikrozerstäubung zu unterziehenden Flüssigkeit nahe ihrer Oberfläche, eine Kammer (30) zur Bildung von Mikrotröpfchen und eine Einrichtung (32) zur Diffusion der so gebildeten Mikrotröpfchen, wobei die der Mikrozerstäubung zu unterziehende Flüssigkeit sich in einem Behälter (24) befindet, der von dem das Ausbreitungsmedium (13) enthaltenden Behälter (12) unabhängig ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Medium (13) zur Ausbreitung der Ultraschallwellen ein Silicongel, ein Acrylgel oder ein Polyacrylamid ist und ein hohes Nichtlinearitätsverhältnis und einen Poisson-Koeffizienten von über 0,49 hat.

5
10
15
20
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Behälter (24), der die der Mikrozerstäubung zu unterziehende Flüssigkeit enthält, oberhalb des das Medium (13) zur Ausbreitung der Ultraschallwellen enthaltenden Behälters (12) angeordnet ist und eine Wand (34) aufweist, die aus einem Werkstoff mit derselben akustischen Impedanz wie das Ausbreitungsmedium besteht, und zwar an der Stelle, an der die Ultraschallwellen den Boden dieses Behälters durchqueren.

25
30
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Behälter (24), der die der Mikrozerstäubung zu unterziehende Flüssigkeit enthält, eine austauschbare Kassette ist.

35
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Ultraschallwellengenerator ein piezoelektrischer Wandler (16) ist.

40
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie mehrere Behälter (24) für der Mikrozerstäubung zu unterziehende Flüssigkeit, die verschiedene der Mikrozerstäubung zu unterziehende Flüssigkeiten enthalten, und mehrere Wandler mit verschiedenen Merkmalen aufweist.

45
50
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Ultraschallwellengenerator (16) ein Breitbandwandler ist, so daß die Vorrichtung sich an einen breiten Bereich von der Mikrozerstäubung zu unterziehenden Flüssigkeiten anpassen kann.

55
7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Ultraschallwellengenerator (16) durch eine selbständige Versorgungsquelle wie Batterien (20) versorgt wird, so daß die Vorrichtung zur ambulanten Behandlung verwendbar ist.

5

