



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 689 879 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
03.01.1996 Patentblatt 1996/01

(51) Int. Cl.⁶: **B05B 17/06**

(21) Anmeldenummer: **95110003.1**

(22) Anmeldetag: **27.06.1995**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE ES FR GB IT LI NL SE

(30) Priorität: **29.06.1994 DE 4422822**

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
D-80333 München (DE)

(72) Erfinder:
• **Haack, Olaf, Dipl.-Phys.**
D-96231 Staffelstein (DE)
• **Mock, Randolph, Dr.**
D-81739 München (DE)
• **Van der Linden, Klaus, Dipl.-Ing.**
D-96450 Coburg (DE)

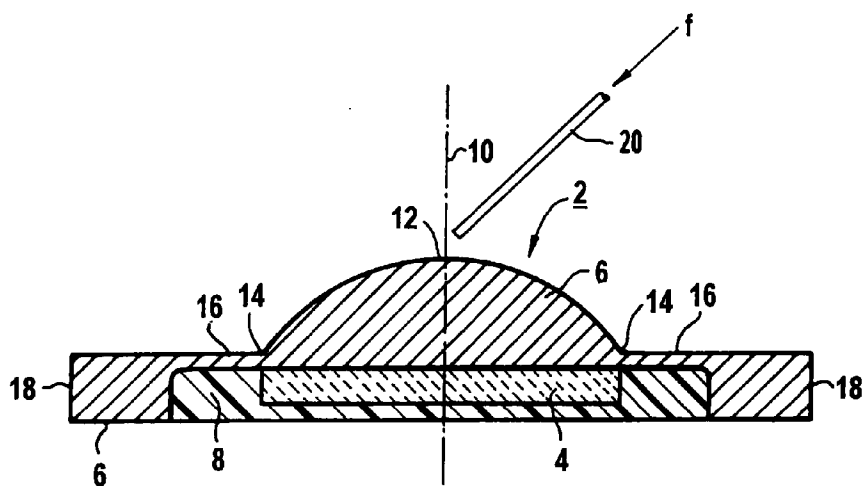
(54) **Ultraschallzerstäuber**

(57) Derzeit bekannte Ultraschallzerstäuber, insbesondere für medizinische Anwendungen, weisen üblicherweise einen hohlspiegelähnlichen Zerstäuberteller auf, der mit der zu zerstäubenden Flüssigkeit beaufschlagt wird. Es hat sich gezeigt, daß infolge der relativ großen Flüssigkeitshöhe im Zerstäuberteller erhebliche Energieverluste durch die Reflexion der Ultraschallwellen an der Grenzschicht Flüssigkeit/Luft auftreten. Diese sind für eine rasche Zerstäubung, insbesondere bei der Bildung eines lungengängigen Aerosols, nachteilig.

Zur Behebung dieses Nachteils sieht die Erfindung einen Ultraschallzerstäuber (2) vor, der eine elektrisch

anregbare Piezokeramik (4) und einen mit der Piezokeramik (4) in Wirkverbindung stehenden Koppelkörper (6) aufweist, wobei die mit einer zu zerstäubenden Flüssigkeit in Berührung kommende Oberfläche des Koppelkörpers (6) als hutförmige Erhebung (12) ausgebildet ist. Auf diese Weise ist sichergestellt, daß die Flüssigkeitshöhe der zu zerstäubenden Flüssigkeit auf dem Koppelkörper gerade nur so hoch ist, wie dies der Benetzung der Oberfläche des Koppelkörpers mit der zu zerstäubenden Flüssigkeit entspricht.

Die Erfindung ist prinzipiell bei allen Ultraschallzerstäubern, insbesondere bei medizinischen Anwendungen, wie z. B. der Inhalation, anwendbar.



EP 0 689 879 A1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf einen Ultraschallzerstäuber zur Flüssigkeitszerstäubung.

Bei einer Vielzahl von technischen Anwendungen ist es erforderlich, aus Flüssigkeiten Aerosole zu erzeugen. Insbesondere für medizinische Anwendungen ist es erforderlich, beispielsweise ein Medikament, wie z. B. ein Bronchospasmolytikum, zu einem lungengängigen Aerosol zu zerstäuben.

In der EP 0 246 515 A1 ist ein Ultraschall-MHz-Schwinger, insbesondere zur Flüssigkeitszerstäubung, offenbart, bei dem ein Amplitudentransformator auf einer Piezokeramikscheibe befestigt ist, wobei der Amplitudentransformator - ausgehend von der Piezokeramikscheibe - sich zunächst verjüngt und anschließend in einem sich verbreiternden Zerstäuberteller endet. Dieser Zerstäuberteller weist eine konkave Oberfläche ("Hohlspiegel") zur Aufnahme der zu zerstäubenden Flüssigkeit auf. Beim Betrieb eines solchen Ultraschallzerstäubers hat es sich gezeigt, daß hohe Energieverluste durch die Reflexion der Ultraschallwellen an der Grenzschicht Flüssigkeit/Luft bei nicht geeigneter Flüssigkeitshöhe im Zerstäuberteller auftreten.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Ultraschallzerstäuber anzugeben, bei dem die vorstehend angesprochenen Energieverluste durch die Reflexion der Ultraschallwellen an der Grenzschicht Flüssigkeit/Luft relativ klein gehalten werden und der relativ kleine Flüssigkeitsvolumina, z. B. ca. 50 µl, so zerstäubt, daß ein hoher Anteil von lungengängigen Tröpfchen mit einem Durchmesser kleiner als 10 µm entsteht.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch einen Ultraschallzerstäuber, der eine elektrisch anregbare Piezokeramik und einen mit der Piezokeramik in Wirkverbindung stehenden Koppelkörper aufweist, wobei die mit der zu zerstäubenden Flüssigkeit in Berührung kommende Oberfläche des Koppelkörpers als hutförmige Erhebung ausgebildet ist, und wobei die hutförmige Erhebung und der Koppelkörper aus einem metallischen Vollmaterial bestehen.

Hierbei ist mit hutförmiger Erhebung ganz allgemein eine Erhebung mit einer im wesentlichen konvexen Oberfläche gemeint. Unter "im wesentlichen konvex" soll auch verstanden sein, daß die Oberseite der Erhebung zu einem Plateau abgeflacht sein kann. Die Erhebung muß nicht zwingend rotationssymmetrisch ausgestaltet sein.

Auf diese Weise ist es möglich, den Ultraschall von der Piezokeramik in den Koppelkörper einzukoppeln und im oberen Bereich der Erhebung zu fokussieren. Bei der Benetzung der Oberfläche mit der zu zerstäubenden Flüssigkeit wird ein ausreichend hoher Anteil der Ultraschallenergie in die Flüssigkeit eingekoppelt, weil sich infolge der im wesentlichen konvexen Oberfläche eine während des Zerstäubungsprozesses besonders vorteilhafte Flüssigkeitshöhe (Benetzung) einstellt, so daß eine vollständige Zerstäubung eines relativ kleinen Flüssigkeitsvolumens mit einem hohen Anteil lungengängiger Tröpfchen erreicht wird. Desweiteren kann die mit der zu zerstäubenden Flüssigkeit in Berührung kommende Oberfläche des Koppelkörpers problemlos gereinigt werden, weil auf der hutförmigen Erhebung, d. h. auf der im wesentlichen konvexen Oberfläche der Erhebung, keine Vertiefungen und keine Hinterschnitte vorgesehen sind.

Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, den Koppelkörper an der Basis der hutförmigen Erhebung als über den Rand der Erhebung hinausreichende Scheibe auszubilden, wobei die Scheibe auf der von der Erhebung abgewandten Seite einen Ring zur Aufnahme der Piezokeramik aufweist. Auf diese Weise kann die Piezokeramik, die üblicherweise als Scheibe ausgebildet ist, in einfacher Weise fixiert werden. Die über den Rand der Erhebung hinausragende Scheibe stellt einen akustischen Engpaß für die Anregungsenergie dar.

Hierdurch ist zum einen der Energieverlust beim Übergang des Ultraschalls in ein umgebendes Gehäuse vernachlässigbar, und zum anderen wird die Anregungsenergie hierdurch mit einem besonders großen Anteil in die hutförmige Erhebung eingekoppelt und damit zur Flüssigkeitszerstäubung genutzt. Weil der Ring zur formschlüssigen Aufnahme des Piezokörpers auf der von der Erhebung abgewandten Seite vorgesehen ist, wird eine unerwünschte Flüssigkeitsansammlung an der Basis der hutförmigen Erhebung vermieden. Weiterhin kann dieser Ring als Einspannung beim Fertigungsprozeß des Koppelkörpers dienen, sofern dieser beispielsweise aus Metall gedreht wird.

Damit wurde bereits gesagt, daß der Koppelkörper in vorteilhafter Weise aus Metall, vorzugsweise aus Titan oder einer Titanlegierung, besteht.

Für eine gleichmäßige Verteilung der zu zerstäubenden Flüssigkeit auf der Erhebung ist es vorteilhaft, wenn die hutförmige Erhebung im wesentlichen rotationssymmetrisch ist. Sie kann vorzugsweise im Schnitt parabel- oder ellipsenförmig, aber auch exponentiell ausgestaltet sein.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand einer Figur näher erläutert. Dabei zeigt diese Figur in schematischer Darstellung einen Längsschnitt durch einen Ultraschallzerstäuber.

Der Ultraschallzerstäuber 2 umfaßt eine Piezokeramikscheibe 4, einen Koppelkörper 6 und einen Membrankörper 8. Die Piezokeramikscheibe 4 ist mit im Ausführungsbeispiel nicht weiter dargestellten Elektroden versehen, die an einen nicht weiter dargestellten, die Piezokeramik anregenden elektrischen Schwingkreis angeschlossen sind. Die Piezokeramikscheibe 4 wird im Ausführungsbeispiel in Dickenresonanz betrieben, d. h. die Schallwellen werden im wesentlichen parallel zur Rotationssymmetrieachse 10 abgestrahlt.

Der Koppelkörper 6 besteht aus einem einzigen metallischen Stück und ist aus Titan oder einer Titanlegierung hergestellt. Der Koppelkörper 6 weist drei verschiedene Abschnitte auf:

Den ersten Abschnitt stellt eine hutförmige, hier rotationssymmetrische parabelförmige Erhebung 12 dar, die im Ausführungsbeispiel eine Höhe von etwa 4 mm und einen Durchmesser von etwa 10 mm hat.

Der zweite Abschnitt beginnt an der Basis 14 der parabelförmigen Erhebung 12 und dehnt sich als Scheibe 16 deutlich über den Rand der Erhebung 12 hinaus aus.

Den dritten Abschnitt repräsentiert ein Ring 18, der auf der von der Erhebung 12 abgewandten Seite der Scheibe 16 angeordnet ist. In diesen Ring 18 sind ein Membrankörper 8 und die Piezokeramikscheibe 4 eingeklebt. Der Membrankörper 8 besteht bevorzugt aus Kunststoff. Abweichend von der Figur kann auch auf die Verwendung des Membrankörpers verzichtet werden. Der Ultraschallzerstäuber benötigt dann keinen zusätzlichen Wirkstoff, wodurch sich seine Funktion unter Umständen noch verbessern kann.

Beim Betrieb des Ultraschallzerstäubers 2 wird eine (bei medizinischen Anwendungen meist relativ geringe) Menge an Flüssigkeit f über eine Zuführung 20 auf die höchste Stelle der Erhebung 12 geträufelt. In Abhängigkeit von der Viskosität der Flüssigkeit f und der Adhäsion der Flüssigkeit f an der metallischen Oberfläche des Koppelkörpers 6 im Bereich der Erhebung 12 verteilt sich die Flüssigkeit f mit einer relativ gleichmäßigen und etwa gleich dicken Flüssigkeitshöhe über die Oberfläche der Erhebung 12, d.h. es kommt zu einer Benetzung der Oberfläche mit der zu zerstäubenden Flüssigkeit f. Bei eingeschalteter Anregung der Piezokeramikscheibe 4 wird die gleichmäßig über die Oberfläche der Erhebung 12 verteilte Flüssigkeit f zerstäubt. Es ergibt sich dabei ein großer Anteil Tröpfchen mit einem Durchmesser kleiner 10 µm, wenn im Megahertzbereich angeregt wird. Aufgrund der nur geringen Flüssigkeitshöhe auf der Oberfläche der Erhebung 12 treten so gut wie keine Energieverluste durch die Reflexion der Ultraschallwellen an der Grenzfläche Flüssigkeit/Luft auf. Dies führt zu einer schnellen Bildung eines lungengängigen Aerosols. Dieses Aerosol kann beispielsweise von Asthmatikern in Form eines aerosolisierten Bronchospasmolytikums inhaliert werden. Weil der Koppelkörper 6 bevorzugt aus Titan oder einer Titanlegierung besteht, weisen der Koppelkörper 6 und die zu zerstäubende Flüssigkeit f nur einen geringen Schallwiderstandsunterschied auf, was sich günstig auf den Reflexionsfaktor des Schalldrucks auswirkt.

Zur Form der Erhebung 12 sei angemerkt, daß sie nicht notwendigerweise rotationssymmetrisch sein muß. Die Erhebung 12 kann ebenso an der höchsten Stelle abgeflacht sein, ohne daß ein "Hohlspiegel" existiert, der als Sammelbecken für die zu zerstäubende Flüssigkeit wirkt.

Patentansprüche

1. Ultraschallzerstäuber (2), der eine elektrische anregbare Piezokeramik (4) und einen mit der Piezokeramik (4) in Wirkverbindung stehenden Koppelkörper (6) aufweist, wobei die mit einer zu zerstäubenden Flüssigkeit (f) in Berührung kommende Oberfläche des Koppelkörpers (6) als hutförmige Erhebung (12) ausgebildet ist, und wobei die hutförmige Erhebung (12) und der Koppelkörper (6) aus einem metallischen Vollmaterial bestehen.
2. Ultraschallzerstäuber (2) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Koppelkörper (6) an der Basis (14) der hutförmigen Erhebung (12) als über den Rand der Erhebung (12) hinausgehende Scheibe (16) ausgebildet ist, die auf der von der Erhebung (12) abgewandten Seite einen Ring (18) zur Aufnahme der Piezokeramik (4) aufweist.
3. Ultraschallzerstäuber nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Koppelkörper (6) aus Titan oder einer Titanlegierung besteht.
4. Ultraschallzerstäuber nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die hutförmige Erhebung (12) im wesentlichen rotationssymmetrisch ist.
5. Ultraschallzerstäuber nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die hutförmige Erhebung (12) im Schnitt ellipsenförmig ausgebildet ist.
6. Ultraschallzerstäuber nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die hutförmige Erhebung (12) im Schnitt parabelförmig ausgebildet ist.
7. Ultraschallzerstäuber nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die hutförmige Erhebung (12) im Schnitt nach einer Exponentialfunktion ausgebildet ist.
8. Ultraschallzerstäuber nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die hutförmige Erhebung (12) eine Höhe von etwa 4 mm und einen Durchmesser von etwa 10 mm besitzt.
9. Ultraschallzerstäuber nach einem der Ansprüche 1 bis 8, der eine Zuführung (20) für die Flüssigkeit (f) aufweist, die etwa am höchsten Punkt der hutförmigen Erhebung (6) endet.

- 10.** Ultraschallzerstäuber nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Piezokeramik (4) von einem Membrankörper (8) eingefast ist.

5

10

15

20

25

30

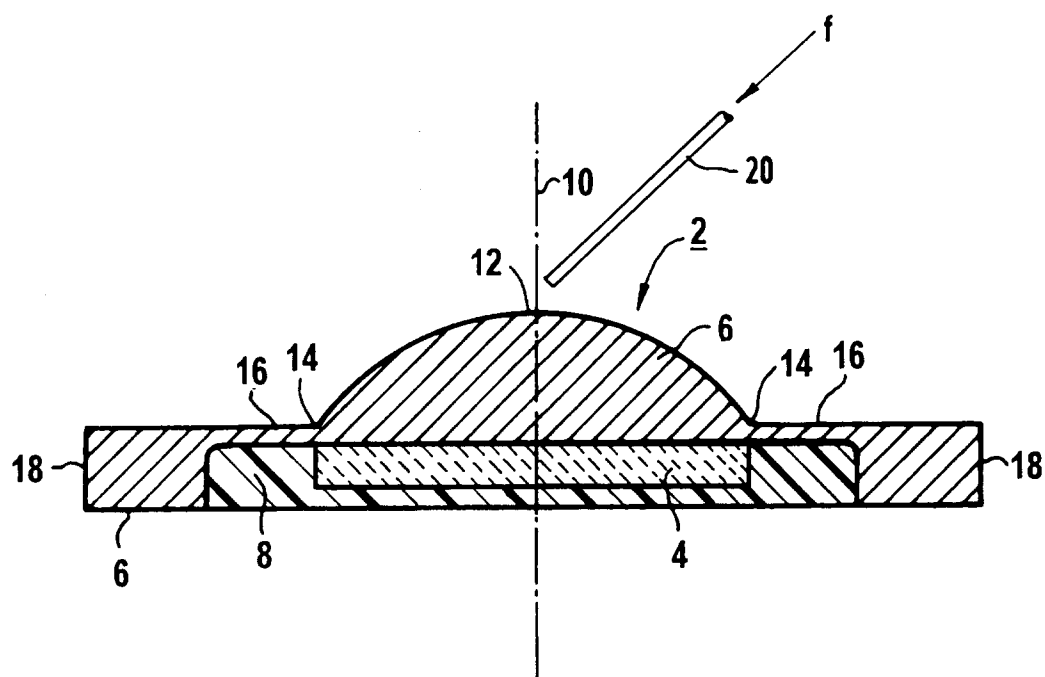
35

40

45

50

55





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 95 11 0003

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
X	US-A-4 085 893 (DURLEY) * Spalte 3, Zeile 10 - Zeile 47; Abbildung 10 *	1,4	B05B17/06
X	ULTRASONICS, Juli 1988 GUILDFORD, SURREY, GR. BRITAIN, Seiten 216-217, P. KRUUS 'PRODUCTION OF ZINC DUST USING ULTRASOUND' * Seite 217, linke Spalte, Absatz 5; Abbildung 1 *	1,4,9	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 15 no. 353 (C-865), 6. September 1991 & JP-A-03 137957 (TONEN CORP.) 12. Juni 1991, * Zusammenfassung *	1,4,5	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 15 no. 297 (C-854), 29. Juli 1991 & JP-A-03 109960 (TONEN CORP.) 9. Mai 1991, * Zusammenfassung *	1,4	
A	GB-A-2 073 616 (BATTELLE-INSTITUT E.V.) * Abbildung 5 *	1	
A	US-A-3 561 444 (R. M. GUT BOUCHER) * Spalte 5, Zeile 19 - Zeile 24 *	3	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 12. Oktober 1995	Prüfer Brévier, F
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)