

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 772 495 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**27.01.1999 Patentblatt 1999/04**

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **B05B 7/14**, B05B 17/06,  
B05B 5/16

(21) Anmeldenummer: **95925703.1**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/DE95/00947**

(22) Anmeldetag: **19.07.1995**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 96/03216 (08.02.1996 Gazette 1996/07)**

**(54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ERZEUGUNG UND DOSIERUNG EINES PULVERAEROSOLS**

PROCESS AND DEVICE FOR GENERATING AND METERING A POWDERED AEROSOL

PROCEDE ET DISPOSITIF PERMETTANT DE PRODUIRE ET DE DOSER UN AEROSOL PULVERULENT

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE FR GB IT**

(30) Priorität: **25.07.1994 DE 4426264**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**14.05.1997 Patentblatt 1997/20**

(73) Patentinhaber:  
**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
80333 München (DE)**

(72) Erfinder:  
• **LINS, Günter  
D-91056 Erlangen (DE)**

- **MICHELT, Berthold  
D-90762 Fürth (DE)**
- **SEEBÖCK, Robert  
D-91088 Bubenreuth (DE)**
- **VERLEGER, Jobst  
D-91052 Erlangen (DE)**
- **MOLL, Helmut  
D-91058 Erlangen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

<b>EP-A- 0 297 309</b>	<b>EP-A- 0 441 300</b>
<b>EP-A- 0 557 553</b>	<b>DE-A- 3 826 101</b>
<b>FR-A- 947 479</b>	<b>FR-A- 1 421 249</b>
<b>FR-A- 2 340 136</b>	<b>FR-A- 2 581 324</b>
<b>FR-A- 2 690 634</b>	<b>GB-A- 688 268</b>
<b>US-A- 2 105 275</b>	<b>US-A- 3 305 140</b>

**EP 0 772 495 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Erzeugung und Dosierung eines Pulveraerosols, bei dem Pulver mit Ultraschall beaufschlagt wird, wozu das Pulver in Verbindung mit einem Ultraschallschwingsystem steht und durch die Einwirkung des Ultraschalls aufgewirbelt sowie von einem Trägergas aufgenommen wird, mit einem Gefäß für das Pulver und wenigstens einem Ultraschallgeber, wobei dem Gefäß Anschlüsse einerseits eines Zuleitungsrohres für das Trägergas und andererseits eines Ausleitungsrohres für das Pulveraerosol zugeordnet sind.

Ausgangsmaterialien für eine Plasma-Kurzzeitverdampfung sind Pulver. Um Pulver in ein Plasma zu transportieren, bringt man es in ein Trägergas ein, so daß ein Aerosol entsteht, das in den Plasmabrenner geleitet werden kann. Zur vollständigen Verdampfung aller in das Plasma eingebrachten Pulverkörner dürfen bestimmte, maximale Korngrößen der Pulver nicht überschritten werden. Weiterhin sollen Zusammenballungen, d.h. Agglomerate, von Pulverkörnern verhindert werden, da solche Agglomerate infolge ihrer Masse nicht vollständig verdampfbar sind.

Induktiv gekoppelte Plasmabrenner können bei einem Gasdruck arbeiten, der erheblich unter dem Atmosphärendruck liegt, beispielsweise bei 250 mbar. Da das Pulverfördersystem zwangsläufig mit dem Plasmabrenner verbunden ist, muß dafür gesorgt werden, daß der Arbeitsdruck im Plasmabrenner durch den Einfluß des Pulverförderers nicht unzulässig ansteigt.

Bisher wurden für die Erzeugung des für die Plasma-Kurzzeitverdampfung benötigten Aerosols beispielsweise Bürstendosierer verwendet. Dabei wird das zu einem zylindrischen Körper gestopfte Pulver durch ein Rohr zu einer rotierenden Metallbürste vorgeschoben, die eine der Vorschubgeschwindigkeit proportionale Menge des Pulvers vom Stopfkörper abträgt. Ein den Bürstenraum durchsetzender Gasstrom nimmt dann das Pulver auf und transportiert es an den Ort, an dem es benötigt wird.

Weiterhin ist es auch bekannt, Pulverpartikel durch einen Gasstrom in einem Wirbelbett aufzuwirbeln. Hierbei sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich, die entweder zur Abscheidung oder zur Zertrümmerung von Agglomeraten führen.

Die Verwirbelung von Pulvern kann mittels Ultraschall erfolgen. Aus der DE-C 28 42 232 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Zerstauben von Flüssigkeiten, Suspensionen und Emulsionen, agglomerierten Stäuben bzw. Pulvern sowie Mischungen derselben bekannt, bei dem die zu zerstäubenden Stoffe bzw. Stoffgemische in die Druckknoten einer stehenden Schallwelle in einem gasförmigen Medium gefördert und dort ohne Kontakt mit den schallerregenden Teilen des Ultraschallwandlers dispergiert werden. Daneben ist aus der DE-A 30 49 244 eine Vorrichtung zur Erzeugung von Flüssigkeitsnebel mittels Ultraschall

bekannt, bei welcher eine piezoelektrisch erzeugte Schallschwingung in einem Flüssigkeitsgefäß eine Bodenplatte in Schwingungen hoher Frequenz versetzt, wodurch die im Gefäß enthaltene Flüssigkeit mit Ultraschall beaufschlagt wird. Diese Einrichtung dient speziell zur Vernebelung von medizinischen Flüssigkeiten.

Weiterhin ist aus der DE-A-38 26 101 eine Einrichtung, gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1, zum mechanischen Erregen eines in einem Behälter befindlichen fließfähigen Stoffes mittels Ultraschall bekannt, mit der insbesondere pulverförmige Stoffe zum Erzeugen therapeutischer Aerosole vernebelt werden sollen, bei der das Pulver in Kontakt mit einer Ultraschallquelle steht. Als Ultraschallquelle ist dabei ein Ultraschallschwinger unmittelbar in der Senke des Behälters vorgesehen. Eine ähnliche Anordnung wird in der EP-A-0 441 300 beschrieben, bei der eine Anzahl von Ultraschallschwingern im Behälter verteilt angeordnet sind. Bei dieser Einrichtung wird das Trägergas flächenhaft über eine Filterplatte dem Pulver zugeführt, während das Ausleitungsrohr für das Pulveraerosol in das Gefäß hineinragt.

Aus der EP-A- 0 557 533 ist weiterhin ein Ultraschallzerstäuber für Flüssigkeiten bekannt, bei dem die Flüssigkeit direkt auf eine konkave Oberfläche einer mit einem Ultraschallwandler verbundenen Sonotrode getropft wird. Schließlich ist aus der FR-A 2 581 324 eine Vorrichtung zur Erzeugung eines Pulveraerosols bekannt, die nach dem Fließbettverfahren arbeitet und für die Oberflächenbearbeitung nach einem Sandstrahlverfahren vorgesehen ist. Dabei sind einem Gefäß für das Pulver Anschlüsse für ein Zuleitungsrohr für das Trägergas einerseits und ein in das Gefäß hineinragendes Ausleitungsrohr für das erzeugte Pulveraerosol zugeordnet.

Aufgabe der Erfindung ist es demgegenüber, Pulver speziell für die Plasma-Kurzzeitverdampfung derart aus einem Vorratsbehälter zu entnehmen, daß etwaig vorhandene Agglomerate bei der Entnahme zerstört werden, und es derart in den Plasmabrenner zu befördern, daß bei der Dosierung sowie auf dem Weg vom Vorratsbehälter zum Plasmabrenner keine erneute Agglomeration von Pulverkörnern zu unzulässig großen, nicht vollständig verdampfbaren Körpern eintritt.

Die Aufgabe ist erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das Gefäß eine Sonotrode mit einem Ultraschallgeber verbunden oder daß die Sonotrode selbst Teil des Gefäßes ist, und daß gleichermaßen das Zuleitungsrohr für das Trägergas und das Ausleitungsrohr für das Pulveraerosol in das Gefäß hineinragen, wobei die Abstände von der Gefäßwand jeweils derart vorgegeben sind, daß eine Selektion der Pulverteilchen nach ihrer Masse bewirkt wird. Beim zugehörigen Betriebsverfahren erfolgt die Anwendung des Trägergases mit Drücken unterhalb Atmosphärendruckes, wobei die Abstände von der Gefäßwand jeweils derart vorgegeben sind, daß eine Selektion der Pulverteilchen nach ihrer Masse bewirkt wird.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Figurenbeschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung. Es zeigen jeweils in schematischer Darstellung

- Figur 1 einen Pulverförderer mit Ultraschallankopplung durch eine Flüssigkeit im Schnitt,  
 Figur 2 eine Aufsicht auf einen solchen Pulverförderer,  
 Figur 3 eine alternative Ausführungsform zur Figur 1,  
 Figur 4 die zugehörige Aufsicht,  
 Figur 5 eine weitere Alternative zu Figur 1  
 Figur 6 einen Pulverförderer mit Ultraschallankopplung durch einen Festkörper und  
 Figur 7 die Komplettierung eines Pulverförderers mit Mitteln zur Überwachung der Pulverkonzentration.

Gleiche bzw. gleichwirkende Teile sind in den Figuren mit gleichen Bezugszeichen versehen.

In Figur 1 ist ein Pulverförderer mit 1 bezeichnet. In diesem Beispiel ist in eine Flüssigkeit 2 eines bekannten Ultraschallbades 4 ein Behälter 6 eingetaucht, auf dessen Boden ein zu förderndes Pulver 8 verteilt ist. Der Behälter 6 enthält ein Zuleitungsrohr 10 sowie ein Ausleitungsrohr 12 für das Trägergas 14. Auf dem Weg durch den Behälter 6 wird das durch Ultraschalleinwirkung aufgewirbelte Pulver durch das Ausleitungsrohr 12 aufgenommen. Eine weitere Öffnung, die in Figur 1 nicht konkret dargestellt ist, ermöglicht es, den Behälter 6 mit Pulver zu füllen.

In der Flüssigkeit 2 können Zusätze, beispielsweise Salze, gelöst sein, die die Schallgeschwindigkeit und damit die Ultraschalleinkopplung in den Behälter 6 beeinflussen. Die Ultraschallschwingungen können auch auf andere als die angegebene Weise in den Behälter 6 eingekoppelt werden. Beispielsweise kann ein Ultraschallgeber unmittelbar mechanisch mit dem Vorratsbehälter verbunden sein.

Aus Figur 2 ergibt sich, daß der Behälter einen kreisförmigen Querschnitt besitzt. Das Zuleitungsrohr 10 und das Ausleitungsrohr 12 sind dabei derart angeordnet, daß ihre Achsen b bzw. c Tangenten an bezüglich des Behälterquerschnittes konzentrische Kreise mit den Radien  $R_b$  bzw.  $R_c$  darstellen, wobei  $R_b > R_c$  ist. Im Extremfall kann das Zuleitungsrohr 10 unmittelbar tangential am Mantel des Behälters 6 angebracht sein.

Die tangentielle Anordnung des Zuleitungsrohres 10 bewirkt, daß das Trägergas zusammen mit dem aufgewirbelten Pulver 8 in eine Drehbewegung innerhalb des Behälters 6 versetzt wird. Durch die dabei auftretende, der Masse der Pulverteilchen proportionale Zentrifugalkraft werden etwa vorhandene unzulässig schwere Pulverbestandteile weiter in Richtung auf die Behälterwand abgelenkt als leichtere Pulverbestandteile. Die Anordnung des Ausleitungsrohres 12 an einer weiter innen liegenden Position ermöglicht die selektive

Entnahme von Pulverbestandteilen, deren Masse in einem bestimmten zulässigen Bereich liegt.

Speziell aus Figur 3 ergibt sich, daß die Enden des Zuleitungsrohres 10 und des Ausleitungsrohres 12 in unterschiedlichen Höhen  $h_{10}$  bzw.  $h_{12}$  bezüglich des Bodens des Behälters 6 angeordnet sein können. Insbesondere, wenn  $h_{10} > h_{12}$  ist, wird die Schwerkraft ausgenutzt, um eine Trennung der schweren und leichten Teilchen vorzunehmen.

In Figur 4 ist das Ende des Zuleitungsrohres 10 tangential bezüglich eines dem kreisförmigen Querschnitt des Behälters 6 konzentrischen Kreises mit dem Radius  $R_b$  angeordnet, so daß das Trägergas 14 mit dem von ihm aufgenommenen Pulver 8 in eine Drehbewegung versetzt wird. Das Zuleitungsrohr 10 ist dabei so positioniert, daß sein Ende unterhalb der Öffnung des Ausleitungsrohres 12 liegt, so daß leichte Pulverbestandteile bevorzugt von dem Ausleitungsrohr 12 aufgenommen werden. Das Ende des Ausleitungsrohres 12 hat dabei vom Mittelpunkt des kreisförmigen Querschnittes des Behälters 6 den Abstand  $R_{12}$  mit  $R_{12} > R_{10}$ . Bei den Beispielen gemäß Figur 1 bis 3 wurde davon ausgegangen, daß das Zuleitungsrohr 10 bzw. das Ausleitungsrohr 12 als zylindrische Rohre mit überall gleichem Durchmesser ausgeführt sind. Diese sind derart angeordnet, daß ihre Endstücke auf einer gemeinsamen Achse a liegen, die horizontal über dem Boden des Behälters 6 verläuft. Die Enden des Zuleitungsrohres 10 und des Ausleitungsrohres 12 können jedoch auch als Düsen ausgebildet sein.

Speziell in Figur 5 ist die komplette Einrichtung zur Zu- und Ableitung des Trägergases als Gasstrahlpumpe ausgelegt. Dabei wird ein Teil des Trägergases, welcher zur Aerosolbildung dient, durch ein weiteres Zuleitungsrohr 16 sowie durch Öffnungen 18 dem mit Ultraschall beaufschlagten Mischraum 20 innerhalb des Behälters 6 zugeführt. Gegebenenfalls können statt der Öffnungen 18 auch die Poren in einer Membran oder Fritte für den gleichen Zweck verwendet werden. Hierzu sind in Figur 5 das Zuleitungsrohr 10 und das Ableitungsrohr 12 an ihren Endbereichen mit Lavaldüsen 22 und 24 komplettiert. Dadurch wird beim Einströmen des Trägergases in den Mischraum Überschallgeschwindigkeit erreicht. Im Mischraum 20 expandiert das Trägergas weiter, bis Druckgleichheit mit dem umgebenen Gas-Pulver-Aerosol herrscht, wobei die Trägergasgeschwindigkeit weiter ansteigt. Letzteres führt zur intensiven Durchmischung des Aerosols mit dem Trägergas. Diese Mischung tritt dann in die Staudüse 24 ein, wobei der weitere Strömungsverlauf von dem im Ausgang herrschenden Gegendruck abhängt.

Bei einer durch die in Figur 5 angegebene Kombination der Prinzipien der Ultraschall-Aerosolbildung und der Gasstrahlpumpe ergibt sich eine optimale Eindüsung des zu fördernden Pulvers in den Trägergasstrom.

Bei spezifischen Abwandlungen der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen kann das Auslei-

tungsrohr 12 die Gestalt einer Spirale mit einer geeigneten Anzahl von Windungen erhalten.

Im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 6 wird das Pulver 8 durch einen Festkörper an den Ultraschallgeber 40 gekoppelt. Hierzu ist eine Sonotrode 38 vorhanden. Zur Aufnahme des Pulvers 8 ist die Sonotrode an ihrem dafür vorgesehenen Ende vorzugsweise kalottenförmig ausgehöhlt. Der Behälter 6 wird im wesentlichen durch einen Hohlkörper gebildet, dessen Boden eine Öffnung aufweist, durch die die Sonotrode 38 im Inneren des Behälters 6 hineinragt. Der Boden des Hohlkörpers ist vorteilhafterweise in der Ebene eines Schwingungsknotens der Sonotrode 38 angeordnet und am Umfang der Öffnung vakuumdicht mit der Sonotrode verbunden. In einem oberen, der Sonotrode abgewandten Teil ist der Behälter 6 an seiner Innenseite derart ausgebildet, daß seine Innenwandung beispielsweise den Mantel eines Kegelstumpfes bildet. Dabei ist der kleinere Durchmesser des Kegelstumpfes so gewählt, daß das mit der Wand in Berührung kommende Pulver 8 durch Einwirkung der Schwerkraft auf das kalottenförmig ausgebildete Ende der Sonotrode 38 zurückgeführt wird.

Wie bereits beschrieben, enthält der Behälter 6 in Figur 6 ein Zuleitungsrohr 10 sowie ein Ausleitungsrohr 12 für das Trägergas 14, das auf seinem Weg durch den Behälter das durch die Ultraschalleinwirkung aufgewirbelte Pulver 8 aufnimmt. Es ist eine dritte, vakuumdicht verschließbare Öffnung vorhanden, die in Figur 6 nicht im einzelnen dargestellt ist und es ermöglicht, den Behälter 6 mit Pulver zu füllen.

Bei den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen ist der Ultraschallgeber für den bestimmungsgemäßen Gebrauch mit einem Ultraschallgenerator 36 verbunden, der bei einer Frequenz im Bereich von beispielsweise 20 bis 40 kHz mit Ultraschallamplituden arbeitet, die als Funktion der Korngröße des Pulvers 8 sowie der gewünschten Förderrate einstellbar sind. Die Sonotrode 38 oder das Ultraschallbad 4 überträgt die Ultraschallschwingungen mit einer Amplitude im Bereich von einigen um. Das Pulver 8 wird dadurch aufgewirbelt und vom Strom des Trägergases 14 aufgenommen und mitgeführt.

Gemäß Figur 7 ist dem Behälter 6 eine optische Einrichtung zugeordnet. Dazu kann der Behälter 6 selbst vorzugsweise aus lichtdurchlässigem Material bestehen oder zumindest zwei lichtdurchlässige Fenster 26 und 28 aufweisen, welche derart angeordnet sind, daß eine Überwachung der Pulverkonzentration innerhalb des Behälters 6 durch Messung der Absorption oder der Streuung eingestrahlt Lichtes möglich ist. Eine hierfür vorhandene Lichtquelle ist vorzugsweise ein Laser. Das in einem Detektor 32 mit Hilfe einer in Figur nur angedeuteten Optik 34 erzeugte Meßsignal wird dazu verwendet, Leistung und/oder Frequenz des Ultraschallgenerators 36 zu regeln. Die Regelung kann auch durch ein Meßsignal erfolgen, das auf andere Weise gewonnen wurde. Beispielsweise

kann die Intensität der vom Plasmabrenner emittierten Linienstrahlung der im eingebrachten Pulver enthaltenen Elemente zur Regelung herangezogen werden.

In weiterer Abwandlung der beschriebenen Ausführungsformen kann der Behälter 6 bzw. der Mischraum 20 Elektroden enthalten, die den Betrieb einer elektrischen Entladung im Aerosol ermöglichen. Eine solche elektrische Entladung kann auch gegebenenfalls elektrodenlos, beispielsweise durch Einkopplung von Mikrowellen, in einem den Behälter 6 umschließenden Hohlraumresonator erzeugt werden.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erzeugung und Dosierung eines Pulveraerosols, bei dem Pulver mit Ultraschall beaufschlagt wird, wozu das Pulver in Verbindung mit einem Ultraschallschwingensystem steht und durch die Einwirkung des Ultraschalls aufgewirbelt sowie von einem Trägergas aufgenommen wird, mit einem Gefäß (6) für das Pulver und wenigstens einem Ultraschallgeber (40), wobei am Gefäß (6) Anschlüsse einerseits eines Zuleitungsrohres (10) für das Trägergas und andererseits eines Ausleitungsrohres (12) zwecks Aufnahme des aufgewirbelten Pulvers vorhanden sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Gefäß (6) über eine Sonotrode (38) mit dem Ultraschallgeber (40) verbunden oder daß die Sonotrode (38) selbst Teil des Gefäßes (6) ist, und daß gleichermaßen das Zuleitungsrohr (10) für das Trägergas sowie das Ausleitungsrohr (12) für das Pulveraerosol in das Gefäß (6) hineinragen, wobei die Abstände (h<sub>10</sub>, h<sub>12</sub>) von der Gefäßwand jeweils derart vorgegeben sind, daß eine Selektion der Pulverteilchen nach ihrer Masse bewirkt wird.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Arbeitsfläche der Sonotrode (38) konkav ausgebildet ist und an das Gefäß (6) angepaßt ist oder gleichermaßen eine Aufnahme als Teil des Gefäßes (6) bildet.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei Anwendung von Ultraschallfrequenzen von 20 bis 40 kHz die Sonotrode (38) Ultraschallamplituden von einigen Mikrometern, insbesondere bis zu 10 µm, liefert.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Zuleitungsrohr (10) und das Ausleitungsrohr (12) tangential an bezüglich des Querschnittes des Behälters (6) konzentrischen Kreisen verlaufen.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Zuleitungsrohr (10) und das Ausleitungsrohr (12) mit ihren Enden in unter-

schiedlichen Höhen ( $h_{10}$  bzw.  $h_{12}$ ) bezüglich des Bodens des Behälters (6) angeordnet sind.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Zuleitungsrohr (10) und das Ausleitungsrohr (12) zylindrische Rohre mit gleichem, konstanten Durchmesser sind. 5
7. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Enden des Zuleitungsrohres (10) und des Ausleitungsrohres (12) als Düsen (22, 29) ausgebildet sind. 10
8. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Zuleitungs- und das Ausleitungsrohr (10, 12) für das Trägergas als Gasstrahlpumpe ausgelegt sind und ein Teil des Trägergases über ein zweites Zuleitungsrohr (16) und gegebenenfalls durch zusätzliche Öffnungen (18) dem mit Ultraschall beaufschlagten Mischraum (20) im Behälter (6) zugeführt wird. 15 20
9. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Zuleitungsrohr (10) und das Ableitungsrohr (12) als Lavaldüse (22, 29) ausgebildet sind. 25
10. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Ausleitungsrohr (12) eine Spirale mit einer geeigneten Anzahl von Windungen bildet. 30
11. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Aufnahmebehälter (6) für das Pulver aus einem lichtdurchlässigen Material besteht oder zumindest an zwei radial gegenüberliegenden Stellen lichtdurchlässige Fenster (26, 28) zwecks Einstrahlung und Empfang von Licht zur Überwachung der Pulverkonzentration aufweist. 35 40
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Lichtquelle (30) ein Laser ist.
13. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem Gefäß (6) bzw. dem Mischraum (20) Mittel für den Betrieb einer elektrischen Entladung im Aerosol zugeordnet sind. 45
14. Betriebsverfahren einer Vorrichtung nach Anspruch 1 oder einem der Ansprüche 2 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Gasdruck im Gefäß (6) unterhalb dem Atmosphärendruck liegt. 50

#### Claims

1. Device for generating and metering a powder aerosol, in which ultrasound is applied to the powder, for which purpose the powder is connected to an ultra-

sonic vibration system and is fluidised by the action of the ultrasound and taken up by a carrier gas, said device having a receptacle (6) for the powder and at least one ultrasonic transmitter (40), with connections for a supply pipe (10) for the carrier gas on the one hand and for an outlet pipe (12) for the purpose of receiving the fluidised powder on the other hand being allocated to the receptacle (6), characterised in that the receptacle (6) is connected to the ultrasonic transmitter (40) by way of a sonotrode (38) or in that the sonotrode (38) itself is a portion of the receptacle (6), and in that equally the supply pipe (10) for the carrier gas and the outlet pipe (12) for the powder aerosol protrude into the receptacle (6), with the distances ( $h_{10}$ ,  $h_{12}$ ) from the receptacle wall being in each case specified in such a way that a selection of the powder particles according to their mass is effected.

2. Device according to claim 1, characterised in that the working surface of the sonotrode (38) is concave and adapted to the receptacle (6) or equally forms a receiver as part of the receptacle (6).
3. Device according to claim 1, characterised in that in the case of the use of ultrasonic frequencies of 20 to 40 kHz, the sonotrode (38) delivers ultrasonic amplitudes of several micrometres, in particular up to 10  $\mu\text{m}$ .
4. Device according to claim 1, characterised in that the supply pipe (10) and the outlet pipe (12) extend tangentially to circles which are concentric with respect to the cross-section of the container (6).
5. Device according to claim 1, characterised in that the ends of the supply pipe (10) and the outlet pipe (12) are arranged at different heights ( $h_{10}$  and  $h_{12}$  respectively) in relation to the base of the container (6).
6. Device according to claim 1, characterised in that the supply pipe (10) and the outlet pipe (12) are cylindrical pipes having the same, constant diameter.
7. Device according to claim 1, characterised in that the ends of the supply pipe (10) and of the outlet pipe (12) are constructed as nozzles (22, 29).
8. Device according to claim 1, characterised in that the supply pipe (10) and the outlet pipe (12) for the carrier gas are designed as a gas jet pump, and a portion of the carrier gas is supplied by way of a second supply pipe (16) and possibly through additional openings (18) to the mixing chamber (20) in the container (6), to which mixing chamber ultrasound is applied.

9. Device according to claim 1, characterised in that the supply pipe (10) and the outlet pipe (12) are constructed as Laval nozzles (22, 29).
10. Device according to claim 1, characterised in that the outlet pipe (12) forms a spiral having a suitable number of turns.
11. Device according to claim 1, characterised in that the receiving container (6) for the powder consists of a transparent material or has transparent windows (26, 28) in at least two radially opposed positions, for the purpose of irradiation and reception of light for monitoring the powder concentration.
12. Device according to claim 11, characterised in that the light source (30) is a laser.
13. Device according to claim 1, characterised in that means for the operation of an electrical discharge in the aerosol are allocated to the receptacle (6) or to the mixing chamber (20).
14. Operating method of a device according to claim 1 or one of the claims 2 to 13, characterised in that the gas pressure in the receptacle (6) is below atmospheric pressure.

#### Revendications

1. Dispositif de production et d'addition de manière dosée d'un aérosol pulvérulent dans lequel la poudre reçoit des ultrasons, la poudre étant en liaison à cet effet avec un système oscillant à ultrasons et étant mise en tourbillonnement par l'action des ultrasons et étant prise par un gaz porteur, comprenant une enceinte (6) pour la poudre et au moins un générateur (40) d'ultrasons, des raccords d'une part d'un conduit (10) d'amenée du gaz porteur et d'autre part d'un conduit (12) de sortie en vue de la réception de la poudre mise en tourbillonnement étant prévus sur l'enceinte (6), caractérisé en ce que l'enceinte (6) communique par l'intermédiaire d'une sonotrode (38) avec le générateur (40) d'ultrasons ou en ce que la sonotrode (38) fait partie elle-même de l'enceinte (6) et en ce que le tube (10) d'amenée du gaz porteur ainsi que le tube (12) de sortie de l'aérosol pulvérulent font pareillement saillie dans l'enceinte (6), les distances (h10, h12) par rapport à la paroi de l'enceinte étant prescrites respectivement de manière à provoquer une sélection des particules de poudre en fonction de leur masse.
2. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la surface de travail de la sonotrode (38) est concave et est adaptée à l'enceinte (6) ou pareillement forme un logement faisant partie de l'enceinte (6).
3. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé en ce que, lorsque l'on utilise des fréquences d'ultrasons de 20 à 40 kHz, la sonotrode fournit des amplitudes d'ultrasons de quelques microns, notamment jusqu'à 10 µm.
4. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le tube (10) d'amenée et le tube (12) de sortie s'étendent tangentiellement à des cercles concentriques dans la section transversale de l'enceinte (6).
5. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le tube (10) d'amenée et le tube (12) de sortie ont leurs extrémités à des niveaux (h10 et h12) différents par rapport au fond de l'enceinte (6).
6. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le tube (10) d'amenée et le tube (12) de sortie sont des tubes cylindriques ayant un même diamètre constant.
7. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les extrémités des tubes (10) d'amenée et du tube (12) de sortie sont constituées en buses (22, 29).
8. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le tube (10) d'amenée et le tube (12) de sortie pour le gaz porteur sont constitués en éjecteurs à gaz et une partie du gaz porteur est envoyée par un second tube (16) d'amenée, le cas échéant par des orifices (18) supplémentaires, à la chambre de mélange de l'enceinte (6) qui est soumise aux ultrasons.
9. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le tube (10) d'amenée et le tube (12) de sortie sont constitués sous à forme de buses (22, 29) de Laval.
10. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le tube (12) de sortie forme une spirale ayant un nombre convenable de spires.
11. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé en ce que l'enceinte (6) de réception de la poudre est en un matériau transparent ou comporte au moins en deux endroits radialement opposés des hublots (26, 28) transparents, en vue de l'envoi et de la réception de lumière pour surveiller la concentration de poudre.
12. Dispositif suivant la revendication 11, caractérisé en ce que la source (30) lumineuse est un laser.

13. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'il est associé à l'enceinte (6) ou à la chambre (20) de mélange des moyens pour provoquer une décharge électrique dans l'aérosol.

5

14. Procédé pour faire fonctionner un dispositif selon la revendication 1 ou l'une des revendications 2 à 13, caractérisé en ce que la pression gazeuse dans l'enceinte (6) est inférieure à la pression atmosphérique.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

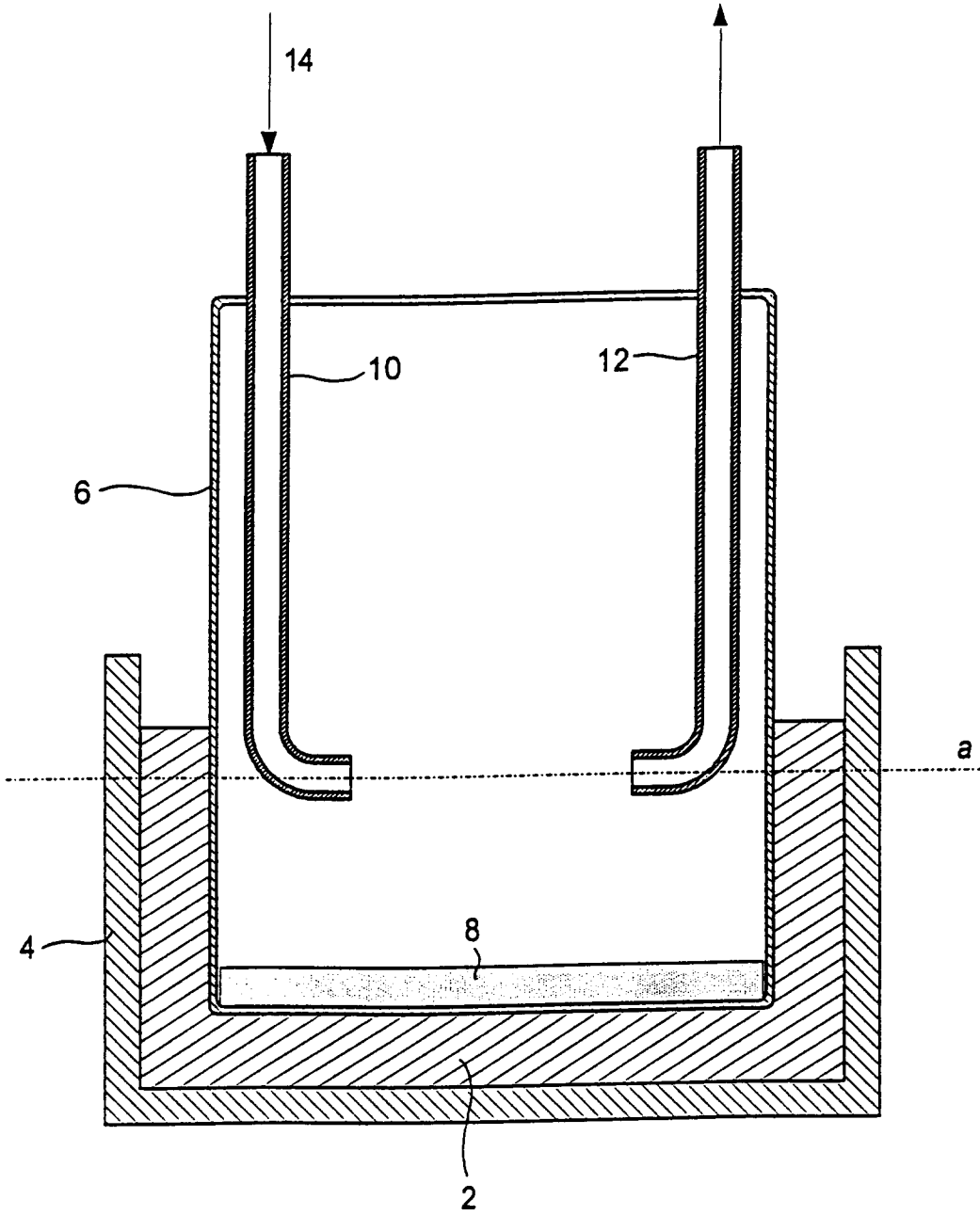


FIG 1

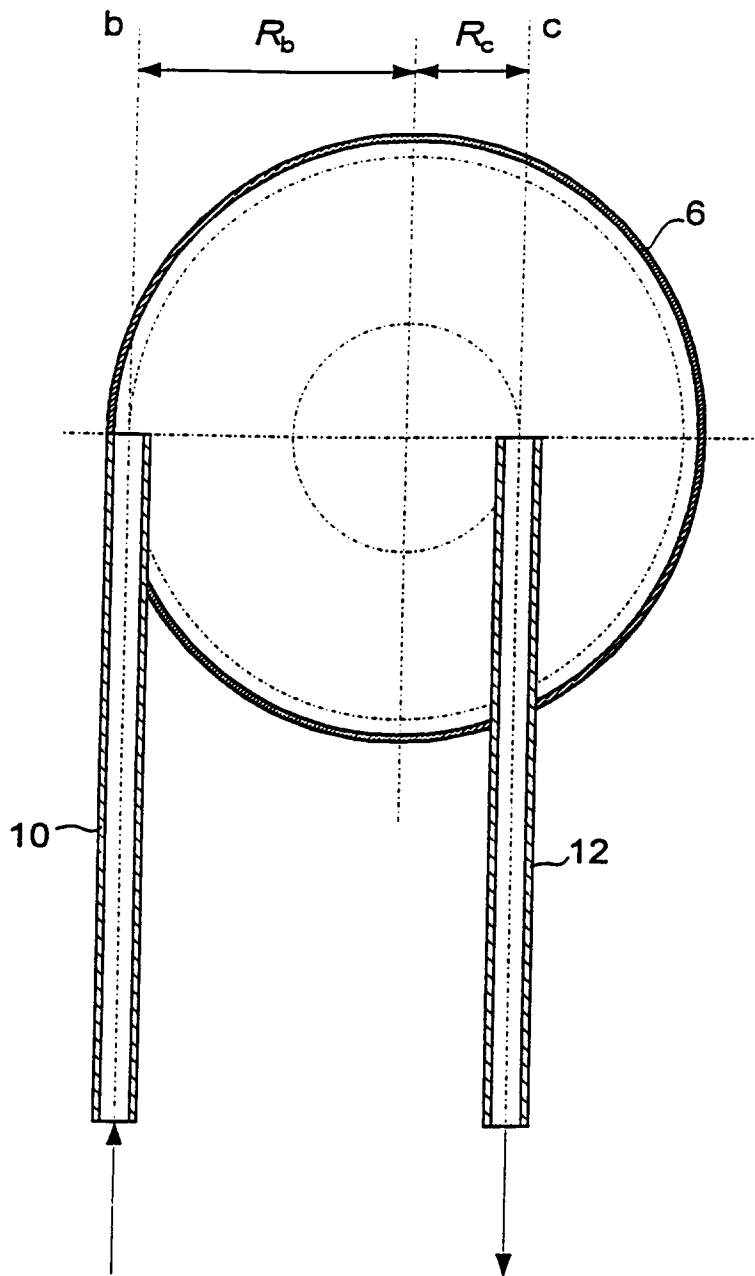


FIG 2

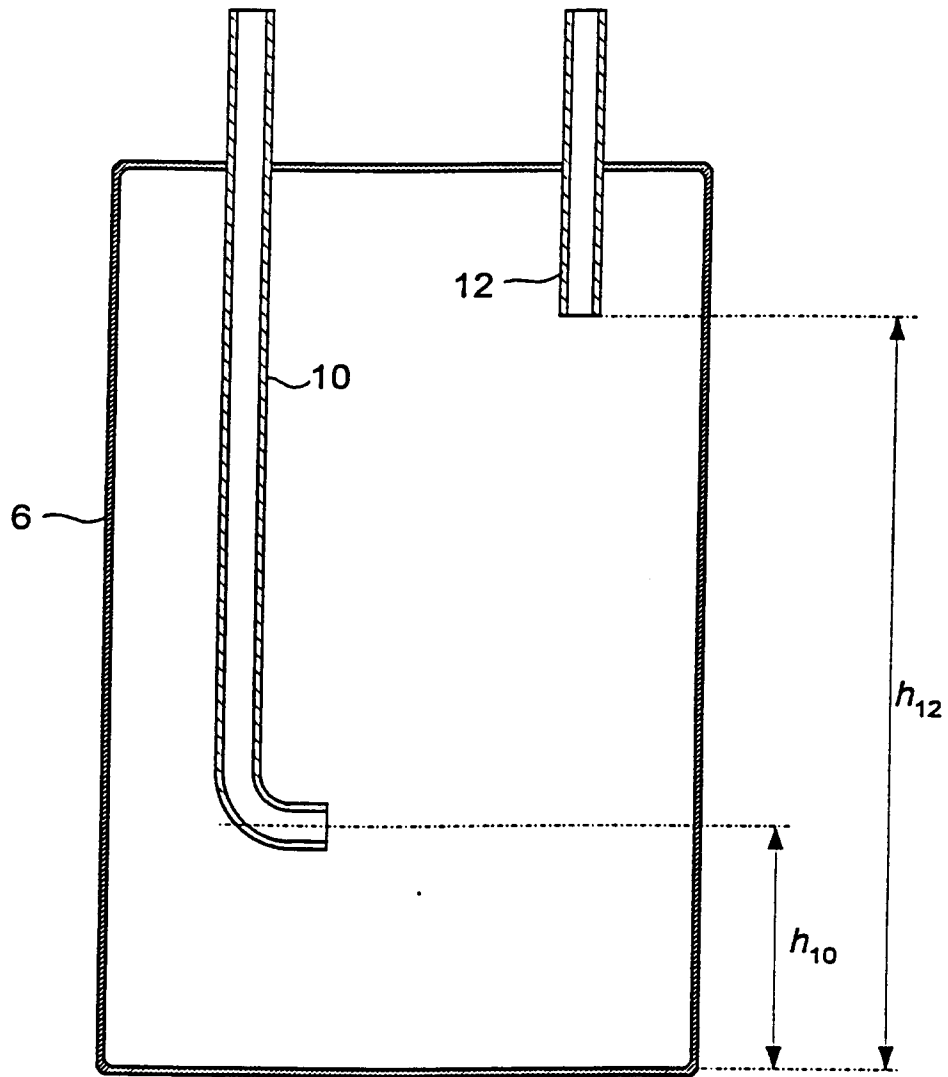


FIG 3

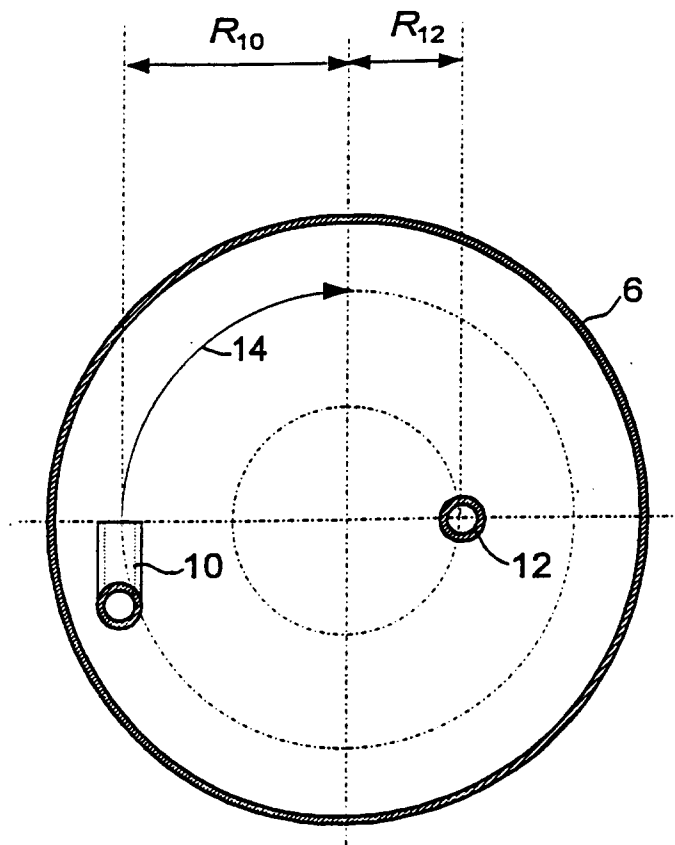


FIG 4

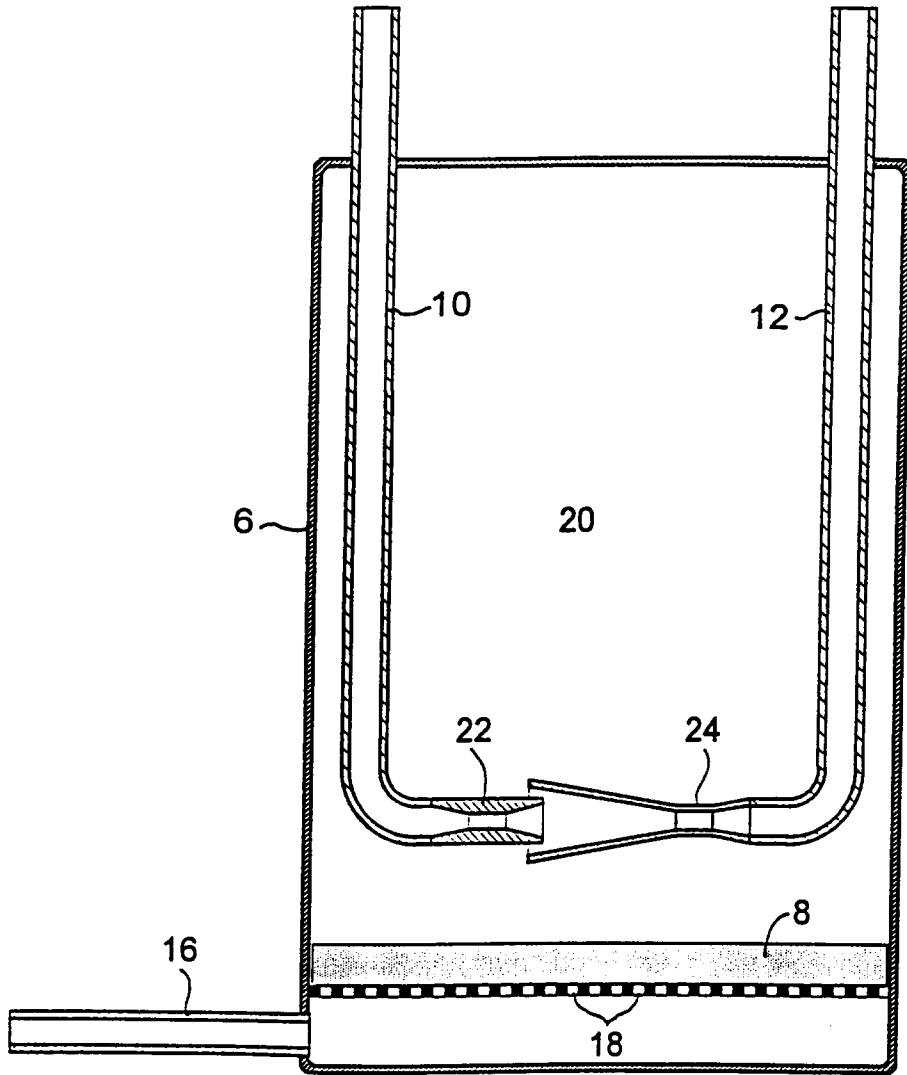


FIG 5

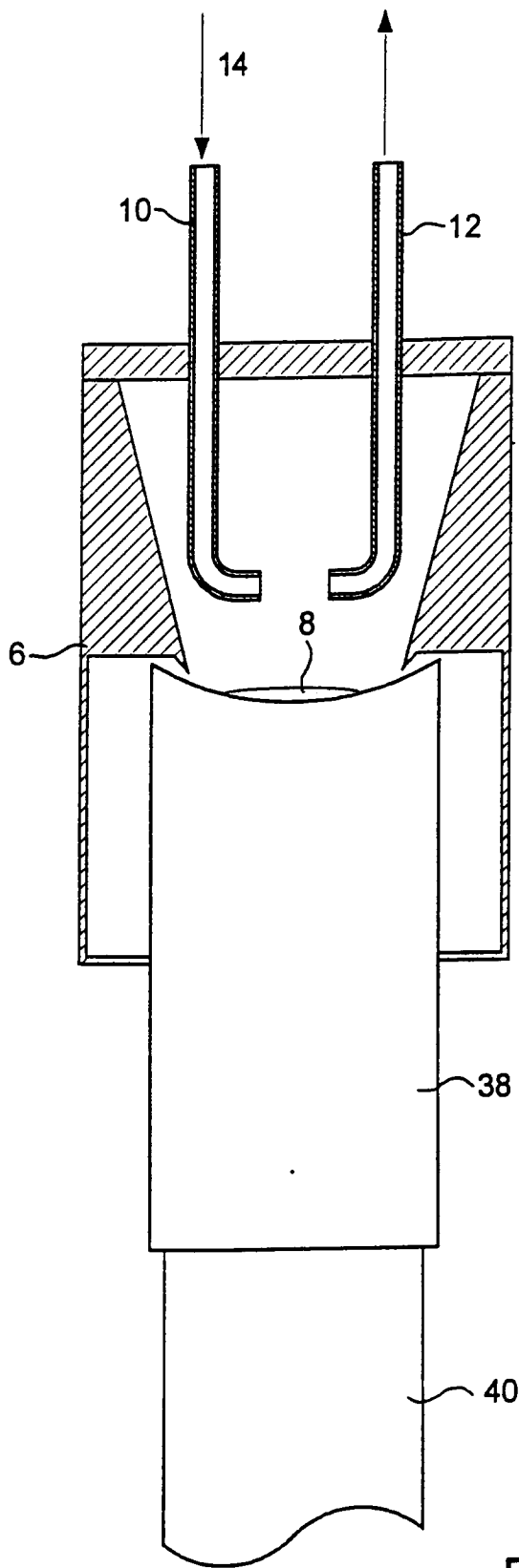


FIG 6

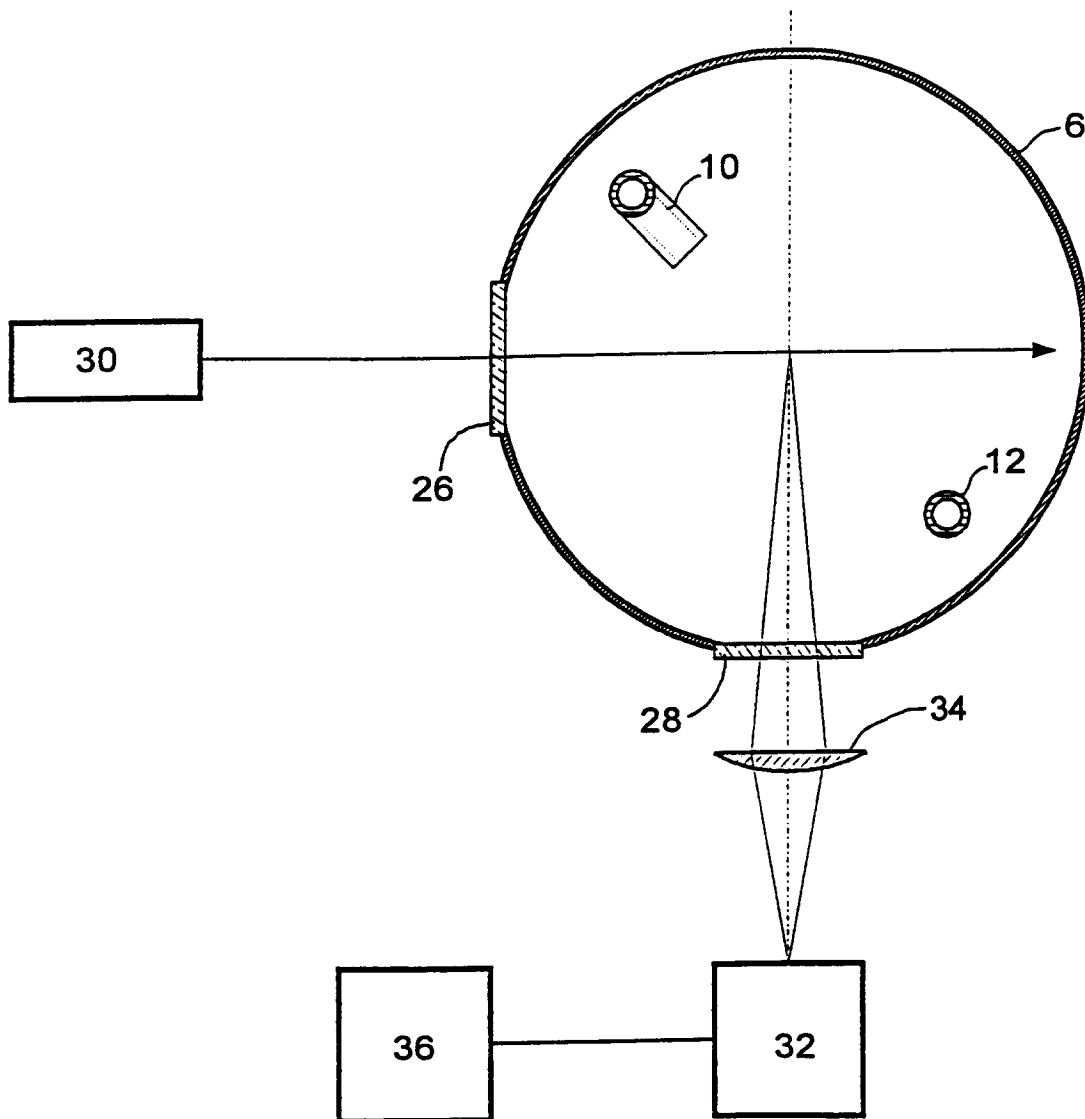


FIG 7