

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

Anmeldenummer: 87115174.2

Int. Cl.4: **G10K 9/12**

Anmeldetag: 16.10.87

Priorität: 29.10.86 DE 3636834

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
25.05.88 Patentblatt 88/21

Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB NL

Anmelder: Siemens Aktiengesellschaft Berlin und München
Wittelsbacherplatz 2
D-8000 München 2(DE)

Erfinder: Reichenberger, Helmut, Dr.
Begonienstrasse 28
D-8501 Eckental(DE)
Erfinder: Schittenhelm, Rudolf, Dr.
von-Bezzel-Strasse 6
D-8520 Erlangen(DE)

Stosswellenquelle mit kurzem Anfangsimpuls.

Die Stosswellenquelle (1) umfaßt einen Spulenträger (3), eine ebene oder konkave Flachspule (5), eine Membran (9) und eine Folie (11). Die Membran (9) ist lose zwischen der Flachspule (5) und der Folie (11) angeordnet. Die Membran (9) besteht aus elektrisch gut leitendem Material, während die Folie (11) aus elektrisch nicht-leitendem Material besteht. Bei Entladung eines Kondensators (21) in die Flachspule (5) wird die Membran (9) schlagartig weg bewegt, wobei auf die Folie (11) lediglich die mechanischen Kräfte der Membran (9) und keine elektromagnetischen Kräfte seitens der Flachspule (5) wirken. In einem an die Folie (11) angrenzenden Übertragungsmedium wird der erzeugte akustische Impuls (P) zu einem Stosswellenimpuls aufgesteilt. Vorteil dieser Ausgestaltung der Stosswellenquelle (1) ist eine kurze Dauer des Ausgangsimpulses (P) mit den daraus resultierenden Vorteilen einer kurzen Vorlaufstrecke, einer kleinen Fokuszone, eines hohen Fokussierungsfaktors, einer geringen elektrischen und thermischen Belastung der Stosswellenquelle (1) und einer geringen in den Körper eines Patienten abgegebenen akustischen Energie.

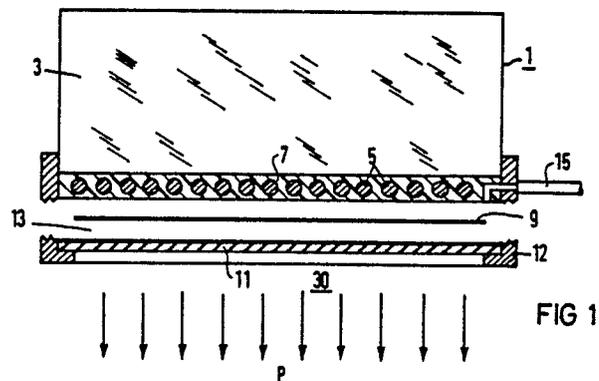


FIG 1

EP 0 268 082 A1

Stoßwellenquelle mit kurzem Anfangsimpuls

Die Erfindung betrifft eine Stoßwellenquelle mit einer elektromagnetischen Flachspule, vor der eine aus elektrisch leitfähigem Material bestehende Membran angeordnet ist.

Eine solche Stoßwellenquelle ("Stoßwellenrohr") ist beispielsweise aus der DE-OS 3,502,751 bekannt. Sie kann nach neueren Untersuchungen, wie z.B. in der DE-OS 3,312,014 angegeben, in der Medizintechnik zur Zertrümmerung von Konkrementen im Körper eines Patienten eingesetzt werden. Auf Grund des hohen abgegebenen Druckimpulses von z.B. 100 bar werden die Materialien eines solchen Stoßwellenrohres bei wiederholten Entladungen und Stoßwellenemissionen stark beansprucht. Besonders die Membran wird hohen elektromagnetischen und mechanischen Kräften ausgesetzt, die zu einer frühen Materialermüdung führen können.

Bei den bisher bekanntgewordenen elektromagnetischen Stoßwellenquellen ist diese Membran kompakt und besteht bevorzugt aus einem Material mit hoher elektrischer Leitfähigkeit und gleichzeitig hoher mechanischer Festigkeit. Sie ist als Ganzes am Rand fest eingespannt, wie z.B. in der DE-OS 35 02 751 beschrieben ist. Dabei kann diese Membran homogen sein. Sie kann aus einem Metall, wie z.B. aus Kupfer oder einer Legierung mit hoher Leitfähigkeit, z.B. einer Bronze wie Silberbronze, bestehen. Sie kann aber auch aus einem Träger, z.B. Berylliumbronze oder einem Polymer, mit einer aufgetragenen Beschichtung, z.B. einer galvanischen Schicht aus Silber oder Kupfer, bestehen.

Die Dauer des anfänglichen akustischen Druckimpulses ist bedeutend für verschiedene Faktoren. Eine Verkürzung der Dauer des Druckimpulses hätte zur Folge:

- eine Verkürzung der Vorlaufstrecke bis zur Ausbildung einer Stoßwelle;
- eine kleinere Fokuszona (-6dB-Zone);
- einen höheren Fokussierungsfaktor, d.h. einen höheren Spitzendruck im Fokus bei einem vorgegebenen anfänglichen Druck;
- eine zur Erzielung eines bestimmten Spitzendrucks geringere elektrische und thermische Belastung der Stoßwellenquelle und einen relativ geringen Betrag der in den Körper des Patienten abgegebenen akustischen Energie; sowie
- eine Änderung des überwiegend wirksamen Mechanismus der Steinzerstörung, in Richtung einer "Abtragung" des Konkrements, anstelle einer "Zertrümmerung" bei einem relativ langen Druckimpuls.

Eine Verkürzung der Dauer des anfänglichen

akustischen Impulses gegenüber der herkömmlichen Technik würde also eine Fülle von Vorteilen mitsichbringen.

Die Dauer des anfänglichen Druckimpulses wird durch die Dauer des Entladestroms eines an der Spule angeschlossenen Kondensators und damit durch die elektrischen Eigenschaften des Entladekreises sowie durch die Masse der leitfähigen Membran bestimmt. Wird bei Verwendung einer metallischen Membran die Impedanz des Entladekreises durch Verwendung eines Kondensators mit kleinerer Kapazität (z.B. 0,25 μF statt 1 μF) verringert, so ist zu beobachten, daß zwar der Entladestrom deutlich kürzer ist, jedoch die Membran wegen ihrer Trägheit die nach dem Stromverlauf zu erwartende Bewegung nicht mehr vollständig ausführen kann, so daß sich ein Druckimpuls längerer Dauer und niedrigerer Amplitude als im Idealfall ergibt. Bei Verwendung einer beschichteten Membran ist dagegen festzustellen, daß die gut leitende Schicht mit etwa 30 bis 50 μm Dicke nicht stark genug ist, um die von der Spule induzierten Wirbelströme in voller Stärke entstehen zu lassen, was ebenfalls einen geringeren Wirkungsgrad zur Folge hat. Die Herstellung einer deutlich dickeren galvanischen Schicht mit der guten Leitfähigkeit des kompakten Metalls ist aufwendig. Andere Verbindungstechniken als Galvanisieren zwischen dem Trägermaterial und dem leitfähigen Material (Schicht) sind mechanisch weniger belastbar. In der Regel stehen also Vorteile auf der elektrischen Seite gewisse gewichtige Nachteile bezüglich der mechanischen Funktion, und umgekehrt, gegenüber.

Die Erfindung geht aus von der Überlegung, daß die Nachteile umgangen werden können, wenn eine - auch materielle - Trennung von elektrischer und mechanischer Funktion der herkömmlichen Membran in eine Induktionsmembran (im folgenden genannt "Membran") und eine "Freie" vorgenommen wird.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Stoßwellenquelle der eingangs genannten Art unter Vermeidung nennenswerter Nachteile so auszubilden, daß ihr elektrischer Anfangsimpuls relativ kurz ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Membran lose, aber eng zwischen der Spule und einer randseitig befestigten Folie aus elektrisch schlecht leitendem Material angeordnet ist.

Die Membran liegt hierbei in Form einer elektrisch gut leitenden Schicht (Blech, Scheibe) vor.

Fließt durch die Flachspule ein Strom, so wird die Membran auf Grund der Induktion von der

Flachspule weg beschleunigt, wobei wegen ihrer losen Anordnung praktisch keine radialen Kräfte, die den Verschleiß fördern würden, an ihr angreifen. Die Folie wird nur durch die Membran, aber nicht durch elektromagnetische Kräfte ausgelenkt, da in ihr kein Strom induziert wird. Die stärkste mechanische Belastung der Folie tritt dabei an ihrem Rand auf; sie kann auf Grund der Flexibilität und elastischen Dehnbarkeit der Folie ohne Schaden aufgefangen werden. Gegebenenfalls kann die Folie am Rand verstärkt werden.

Besonders günstig im Hinblick auf einen kurzen Druckimpuls und einen hohen Wirkungsgrad ist eine Membran aus Aluminium, die nur etwa 30 % der Masse einer gleich dicken Kupfer- oder Bronzembran hat, aber immerhin noch 60 % der Leitfähigkeit von Silber. Somit zeichnet sich eine besonders vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung dadurch aus, daß die Scheibe oder Membran einheitlich aus reinem Aluminium besteht.

Ein wichtiger Vorteil wird darin gesehen, daß der elektrische Anfangsimpuls in seiner Dauer mit geringem Aufwand variiert werden kann. Dies kann durch Austausch der Membran geschehen.

Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Figuren. Für gleiche oder äquivalente Bauteile sind dieselben Bezugszeichen verwendet. Es zeigen:

Fig. 1 eine ebene Stoßwellenquelle mit lose angeordneter Membran in aufgeschnittener Querschnittsdarstellung,

Fig. 2 eine konkave Stoßwellenquelle mit lose angeordneter Membran in seitlicher Schnittdarstellung und

Fig. 3 eine Stoßwellenquelle mit zentraler Aussparung in Spule und Membran in aufgeschnittener Querschnittsdarstellung.

In Fig. 1 ist eine Stoßwellenquelle 1 dargestellt, die einen Spulenträger 3 umfaßt, an dessen einer Stirnseite eine Flachspule 5 angebracht ist. Die Flachspule 5 ist beispielsweise mit einem Gießharz 7 vergossen und anschließend stirnseitig plangeschliffen. Die Windungen verlaufen spiralförmig.

Vor der Flachspule 5 ist lose eine Membran 9 angeordnet, die vorzugsweise aus einem Metall mit kleiner Masse und hoher elektrischer Leitfähigkeit, wie vorzugsweise Aluminium, besteht. Die Membran 9 hat eine Dicke etwa zwischen 50 und 500 μm . Der Durchmesser ist so bemessen, daß die Membran 9 randseitig nicht wesentlich von vorhandenen Gehäuseteilen in ihrer Bewegung beeinflusst wird. In Ausbreitungsrichtung der Stoßwellen P der Membran 9 ist eine Folie 11 aus einem elektrisch - schlecht leitenden Material angeordnet, insbesondere randseitig eingespannt. Die Folie 11 besteht beispielsweise aus einem polymeren Kunststoff, wie Polyimid oder Polyäthylen, der eine gewisse

Elastizität besitzt. Ihre Dicke kann bis ca. 200 μm betragen. Der Durchmesser der Membran 9 ist kleiner als der Durchmesser der Folie 11 und auch kleiner als der Durchmesser der Fassung 12, die die Folie 11 randseitig einspannt oder festhält.

In der Fig. 1 ist die Darstellung der Komponenten 5, 9 und 11 in Form einer Explosionszeichnung vorgenommen. Die Elemente Flachspule 5, Membran 9 und Folie 11 sind randseitig (wie bei Fig. 2 noch erläutert wird) mittels der Fassung 12 (z.B. in Form einer Überwurf-Mutter) so abgeschlossen, daß ein geschlossener Raum 13 entsteht, in welchen die Membran 9 beweglich eingebracht ist. Die Membran 9 liegt dabei lose, aber eng zwischen der Flachspule 5 und der Folie 11.

Eine Zuleitung 15 führt von außen in den geschlossenen Raum 13 hinein, um diesen mit einem Unterdruck beaufschlagen zu können. Vorliegend mündet die Zuleitung 15 von oben durch das Gießharz 7 in den Außenbereich des Raums 13.

In Fig. 2 sind gleiche Teile mit den gleichen Bezugszeichen versehen wie in Fig. 1. Die Stoßwellenquelle 1 umfaßt hier einen Spulenträger 3, der zylinderförmig ausgebildet ist und dessen eine Stirnfläche konkav gekrümmt ist. Auf der konkav gekrümmten Stirnfläche ist eine einlagige Flachspule 5 aufgelegt, die beispielsweise mit einem isolierenden Gießharz 7 vergossen ist. Die gekrümmte Flachspule 5 ist bei Auslösung einer Stoßwelle mit Hilfe einer elektrischen Leitung 17 über eine Funkenstrecke 19 mit einem Kondensator 21 verbunden.

Der Spulenträger 3 ist als ein erstes Gehäuseteil 23 ausgebildet, welches randseitig mit mehreren Bohrungen 25 versehen ist.

Vor die Flachspule 5 ist eine metallische Membran 9 gelegt, die die gleichen Eigenschaften wie in Fig. 1 beschrieben aufweist. Die Membran 9 ist ebenfalls sphärisch gekrümmt, so daß sie sich an die Form der Flachspule 5 gut anpaßt. Über der Membran 9 ist eine flexible nichtmetallische Folie 11 plaziert, deren Eigenschaften die gleichen sind wie in Fig. 1 beschrieben. Die Folie 11 ist so groß gewählt, daß ihr Rand bis zum ebenen Rand 24 des ersten Gehäuseteils 23 hinausragt. Auch hier liegt die Membran 9 lose, aber eng zwischen der Folie 11 und der Isolierung der Flachspule 5. Wichtig ist auch hier wieder die Trennung von elektrischer und mechanischer Funktion.

Ein zweites, ringförmiges Gehäuseteil 27 ist gegenüber dem ersten Gehäuseteil 23 angeordnet. Der Rand der Folie 11 befindet sich dabei zwischen dem ebenen Rand 24 des ersten und dem ebenen Rand 28 des zweiten Gehäuseteils 23 bzw. 27. Das zweite Gehäuseteil 27 weist weitere Bohrungen 25a auf, die den Bohrungen 25 passend gegenüberliegen. Die Bohrungen 25a sind mit Gewinden versehen, so daß Schrauben 29 das

zweite Gehäuseteil 27 gegen das erste Gehäuseteil 23 ziehen und somit die Folie 11 randseitig fest einspannen.

Die Membran 9 befindet sich auch hier in einem geschlossenen Raum 13, der gebildet wird von der Außenseite der Flachspule 5 samt Gießharz 7, der Innenseite der Folie 11 und einem randseitig inneren Abschnitt 23i des ersten Gehäuseteils 23. Zu dem Raum 13, insbesondere zum Abschnitt 23i oder zur Stirnfläche der Spule 5, führt eine Zuleitung 15, an welche eine Vakuumpumpe angeschlossen werden kann.

Im gezeigten Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 und 2 ist der Raum 13 evakuiert, so daß die Flachspule 5, die Membran 9 und die Folie 11 eng aneinander anliegen. Dieses ist der Ausgangszustand vor dem Auslösen einer Stoßwelle P. Zum Auslösen der Stoßwelle P wird durch den Entladestrom des Kondensators 21 die Membran 9 von der Flachspule 5 weg beschleunigt, wobei wegen der fehlenden Einspannung der Membran 9 praktisch keine radialen Kräfte, die einen Verschleiß fördern würden, an ihr angreifen. Die Folie 11 wird nur durch Berührung durch die Membran 9, aber nicht durch elektromagnetische Kräfte ausgelenkt. Die stärkste Belastung der Folie 9 tritt dabei am Rand auf und wird auf Grund der Flexibilität und Dehnbarkeit der Folie 11 ohne Schaden aufgefangen. Nach Auslösen der Stoßwelle P werden die Membran 9 und die Folie 11 auf Grund des im Raum 13 erzeugten Vakuums wieder in die beschriebene Ausgangsstellung zurückgezogen.

Durch Verwendung einer Membran 9 speziell aus Aluminium wird eine sehr gute Leitfähigkeit bei gleichzeitig geringem Gewicht der Membran 9 erreicht. Im Vergleich zu einer Membran 9 aus Silber oder aus einer Bronzelegierung wird auf Grund der unterschiedlichen Massen (bei sonst gleichen Bedingungen für die Stoßwellenquelle 1) ein kürzerer anfänglicher akustischer Impuls erzeugt. Diese Verkürzung hat die eingangs genannten Vorteile einer kleineren Vorlaufstrecke (bei ebener Stoßwellenquelle mit Linse) bis zur Bildung einer Stoßwelle, eine kleinere Fokuszone, einen höheren Fokussierungsfaktor, eine kleinere elektrische und thermische Belastung der Stoßwellenquelle 1, eine Verringerung der in den Patientenkörper abgegebenen akustischen Energie und eine Änderung des Zerstörungsmechanismus eines Konkrements von "Zertrümmern" in "Abtragen" zur Folge. Neben diesen Vorteilen, die unmittelbar mit der Verkürzung des Anfangsimpulses verbunden sind, besteht bei einem Wunsch nach Austausch der Flachspule 5 und/oder vor allem der Membran 9 zur Variation der Eigenschaften der erzeugten Stoßwelle die Möglichkeit, durch Demontage des Körpers oder Spulenträgers 3 von der Rückseite her diesen Austausch vorzunehmen, ohne daß eine

Wasserfüllung in der an die Folie 11 anschließenden Vorlaufstrecke 30 entleert und die gesamte Stoßwellenquelle 1 demontiert werden muß. Die mechanische Gestaltung dafür ist im einzelnen nicht in den Figuren dargestellt.

Außerdem kann ausgehend von einer kurzen Impulsdauer bei Verwendung eines Kondensators 21 von z.B. 0,25 μF bei entsprechender klinischer Notwendigkeit durch Wechsel zu einem Kondensator 21 mit größerer Kapazität, z.B. von 1,0 μF , ein längerer Anfangsdruckimpuls mit entsprechend größerer Fokuszone und akustischer Energie erzeugt werden.

In Fig. 3 ist die Stoßwellenquelle 1 gemäß Fig. 1 dargestellt, zusätzlich aber mit einer zentralen Aussparung 31 im Spulenträger 3 samt Gießharz 7 und einer zentralen Aussparung 31a in der Membran 9. Durch die Öffnungen oder Aussparungen 31, 31a ist der Sende-/Empfangskopf 33 eines Ultraschallortungsgeräts geschoben. Durch dieses Gerät, beispielsweise einen Sektor-Scanner, kann entlang der Zentrumsachse Z der Stoßwellenquelle 1 die Konkrementortung vorgenommen werden. Dieses wird als ein besonders interessantes Ausführungsbeispiel der Erfindung angesehen. Die Zuleitung 15 mündet hier in die Öffnung 31.

Es kann auch ohne Verwendung eines Ultraschall-Ortungsgeräts zweckmäßig sein, (nur) die Membran 9 aus gut leitendem Material mit einer zentralen, bevorzugt runden Öffnung 31a zu versehen. Es hat sich nämlich in Experimenten gezeigt, daß dann, wenn die Membran 9 mit einer zentralen Ausnehmung 31a von etwa 10 bis 30 % ihres Durchmessers versehen wird, die Möglichkeit von Spannungsüberschlägen zwischen der Spule 5 und der Membran 9 erheblich verringert wird. Dies ist ein besonders wichtiger Aspekt. Auch hat sich eine zentrale Ausnehmung 31a in der Membran 9 als vorteilhaft in Verbindung mit einer konkaven Flachspule 5 (wie z.B. in Fig. 2 gezeigt) erwiesen. Die Membran 9 und die Folie 11 sind dann - auch bedingt durch ihre Flexibilität - besonders gut an das Profil der Spule 5 samt isolierender Gießharzschicht 7 anpaßbar.

Es soll noch erwähnt werden, daß die Folie 11 am Umfang, an dem sie eingespannt ist, gegenüber ihrem zentralen Bereich verstärkt ausgebildet sein kann. Dies kann zu einer verlängerten Lebensdauer beitragen.

Ansprüche

1. Stoßwellenquelle mit einer elektromagnetischen Flachspule, vor der eine aus elektrisch leitfähigem Material bestehende Membran angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Membran (9) lose, aber eng zwischen der Spule

(5) und einer am Umfang befestigten Folie (11) aus elektrisch schlecht leitendem Material angeordnet ist.

2. Stoßwellenquelle nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Membran (9) aus Aluminium besteht. 5

3. Stoßwellenquelle nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Membran (9) zwischen 50 µm und 500 µm dick ist.

4. Stoßwellenquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Folie (11) aus einem polymeren Kunststoff, wie z.B. Polyimid oder Polyäthylen, besteht. 10

5. Stoßwellenquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 4 mit einem zylinderförmigen Gehäuse, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Folie (11) randseitig in dem Gehäuse (23, 27) eingespannt ist. 15

6. Stoßwellenquelle nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Gehäuse zwei Teilgehäuse (23, 27) aufweist, zwischen denen die Folie (11) eingeklemmt ist (Fig. 2). 20

7. Stoßwellenquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Spule (5), die Membran (9) und die Folie (11) konkav ausgebildet sind (Fig. 2). 25

8. Stoßwellenquelle nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Durchmesser der Membran (9) geringer ist als der Innendurchmesser des Gehäuses (23, 27). 30

9. Stoßwellenquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Membran (9) eine zentrale Öffnung (31a) besitzt.

10. Stoßwellenquelle nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Durchmesser der zentralen Öffnung (31a) etwa 10 bis 20 % des Durchmessers der Membran (9) beträgt. 35

11. Stoßwellenquelle nach einem der Ansprüche 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die elektromagnetische Spule (5) und die Membran (9) je eine zentrale Öffnung (31, 31a) aufweisen, in welche der Abtastkopf (33) eines Ultraschallortungsgerätes einführbar ist (Fig. 3). 40

12. Stoßwellenquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Membran (9) in einem Raum (13) untergebracht ist, in dem ein Unterdruck erzeugbar ist. 45

13. Stoßwellenquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 12 **dadurch gekennzeichnet**, daß die Folie (11) am Umfang, an dem sie befestigt ist, verstärkt ist. 50

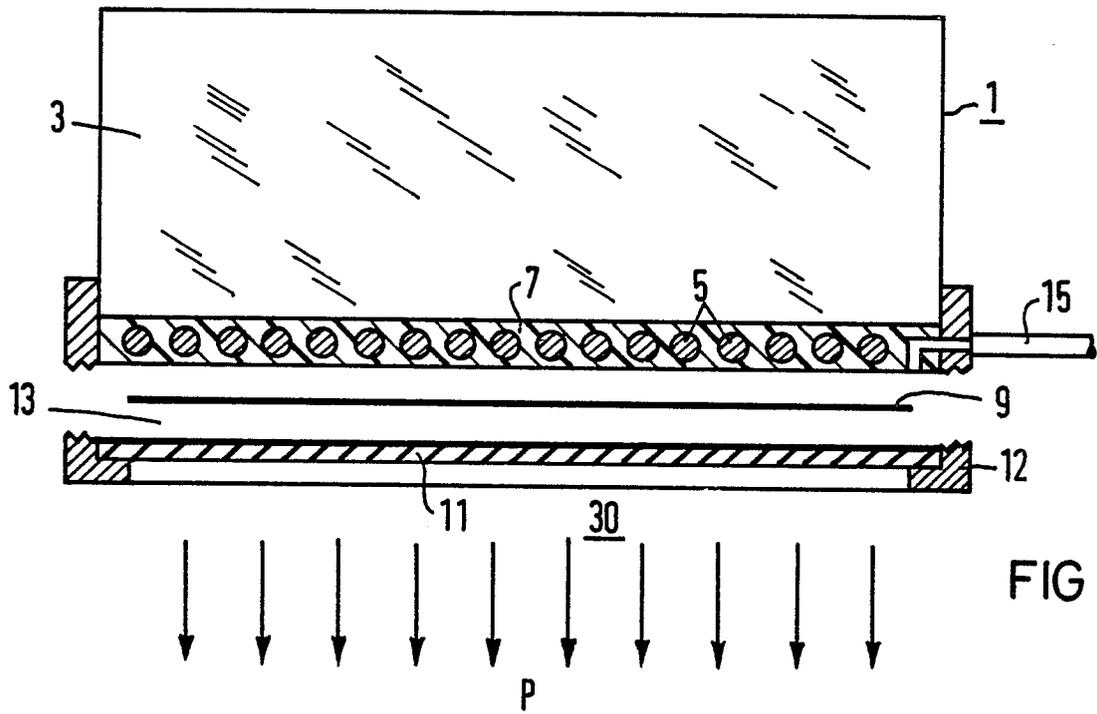


FIG 1

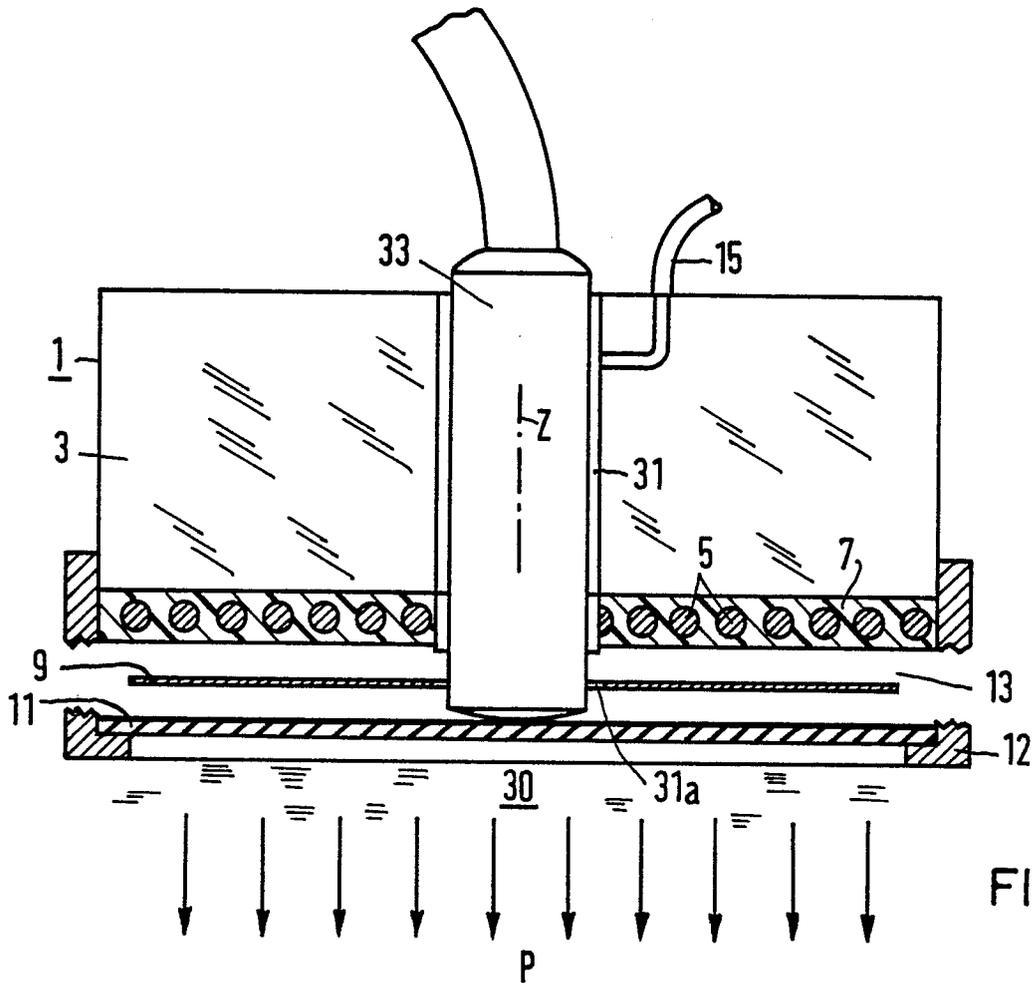


FIG 3



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.4)
A	EP-A-0 183 236 (EISENMENGER) * Seite 8, Zeilen 20-23; Figur 2 * ----	1	G 10 K 9/12
A	DE-U-8 322 427 (SIEMENS AG) * Seite 10, Zeilen 3-18; Figur 3 * ----	11	
A,D	EP-A-0 189 780 (SIEMENS AG) * Figur 1 * & DE-A-3 502 751 ----	1	
A,D	DE-A-3 312 014 (EISENMENGER) * Figur 1 * -----	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.4)
			G 10 K A 61 B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 09-02-1988	Prüfer ANDERSON A. TH.
<p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur</p> <p>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</p>			