

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets

(11)

Veröffentlichungsnummer:

0 108 190

A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21)

Anmeldenummer: 83106090.0

(51)

Int. Cl.³: **A 61 B 17/22**

(22)

Anmeldetag: 22.06.83

(30)

Priorität: 06.11.82 DE 3241026

(43)

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
16.05.84 Patentblatt 84/20

(84)

Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI NL

(71)

Anmelder: **DORNIER SYSTEM GmbH**
Postfach 1360
D-7990 Friedrichshafen(DE)

(72)

Erfinder: **Wess, Othmar, Dr.rer.nat.**
Hersbergweg 6
D-7997 Immenstaad(DE)

(74)

Vertreter: **Landsmann, Ralf, Dipl.-Ing.**
Kleeweg 3
D-7990 Friedrichshafen 1(DE)

(54)

Stoßwellenreflektor.

(57)

Reflektor zur Fokussierung von Stoßwellen zur berührungslosen Zerkleinerung von Konkrementen in Körpern von Lebewesen, bei dem durch geeignete Materialauswahl und Geometrie ein Voreilen einer Transversalwelle im Reflektormaterial vor der Stoßwellenfront im Koppelmedium verhindert wird.

EP 0 108 190 A2

1

DORNIER SYSTEM GMBH
7990 Friedrichshafen

Reg. S 435

Stoßwellenreflektor

Die Erfindung betrifft einen Reflektor zur Fokussierung von Stoßwellen zur berührungsfreien Zerkleinerung von Konkrementen in Körpern von Lebewesen gemäß der deutschen
5 Anmeldung P 23 51 247.

Der Reflektor besitzt die Form eines Ellipsoids und hat die Aufgabe, Stoßwellen, die an einer Funkenstrecke im
10 ersten Brennpunkt erzeugt werden und sich durch eine Flüssigkeit im Reflektor ausbreiten auf den zweiten Brennpunkt, in dem sich das zu zerstörende Konkrement z.B. ein Nierenstein befindet, zu fokussieren. Der Reflektor soll einen
möglichst hohen Anteil der im ersten Brennpunkt erzeugten
15 Wellenenergie möglichst phasenrichtig in den zweiten Brennpunkt übertragen.

Bekannt sind Reflektoren aus Messing mit einem Umschliessungswinkel von ca. 250° , wobei der volle Raumwinkel (4π) zu etwa 90% ausgenutzt wird und einem Achsverhältnis a:b von ungefähr 2:1 (E. Schmiedt: Beiträge zur Urologie, Bd. 2, 5 Seite 8-13, München 1980). Die Materialauswahl erfolgt aufgrund eines möglichst hohen Sprunges in der Schallimpedanz $z = \rho \cdot c$ (ρ = Dichte; c = Schallgeschwindigkeit) zwischen Flüssigkeit und Reflektormaterial, um einen hohen Reflexionskoeffizienten zu erhalten. Die weiteren Randbedingungen wie 10 Stabilität und leichte Bearbeitbarkeit haben bisher zur Verwendung von Messing geführt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Reflektor zu schaffen, der Stoßwellen mit einem höheren Wirkungsgrad 15 als die aus dem Stand der Technik bekannten Reflektoren fokussiert.

Gelöst wird diese Aufgabe von einem Reflektor mit den im Anspruch 1 genannten Merkmalen.

20

Ausbildungen der Erfindung sind Gegenstände von Unteransprüchen.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass nicht der 25 Sprung im Schallwellenwiderstand $\rho \cdot c$ allein die entscheidende Grösse für eine gute Fokussierung ist, sondern dass die Geschwindigkeiten der Schallwelle im Reflektormaterial

- und in der Flüssigkeit aufeinander abgestimmt sein müssen. Die auf die Oberfläche des Reflektors treffenden Wellen regen diesen u.a. zu Transversalschwingungen an, die sich mit charakteristischen Ausbreitungsgeschwindigkeiten im
- 5 Reflektormaterial und an dessen Oberfläche ausbreiten. Zu Störungen der reflektierten Wellenfront kommt es, wenn aufgrund von Laufzeitunterschieden die Reflexionsfläche bereits in Richtung der Flächennormalen schwingt, wenn die Primärwellenfront einläuft.
- 10 Eine phasenrichtige Fokussierung in den zweiten Brennpunkt wird dann erreicht, wenn sich die Welle in der Flüssigkeit schneller als im Reflektor ausbreitet. Die Wellenfront trifft dann stets auf eine ruhende Reflektoroberfläche.
- 15 Genäß der Erfindung können jedoch auch Materialien verwendet werden, deren transversale Oberflächengeschwindigkeit grösser als die Schallgeschwindigkeit im Koppelmedium z.B. Wasser ist, wenn nur die Voreilung der Oberflächenwelle durch die Geometrie des Reflektors durch Einhalten der im
- 20 Anspruch 1 genannten Bedingung verhindert wird. Die reflektierte Nutzwelle bleibt dann selbst ungestört und behält die ursprüngliche Flankensteilheit der Primärwelle bei. Alle übrigen Störungen - die z.B. durch die nachhinkende Oberflächenwelle erzeugt werden - folgen der Nutzwelle zeit-
- 25 lich verzögert und können den Fokussierungsvorgang nicht beeinträchtigen.

Erfindungsgemässe Reflektoren realisieren eine wesentlich bessere Fokussierung als bisher, da alle Wellenanteile sich phasenrichtig überlagern. Die Flankensteilheit des Druckanstiegs, die für eine Zerkleinerung wesentlich ist, bleibt hoch. Die Zerkleinerungsleistung steigt, es sind weniger Applikationen als bisher notwendig, wodurch der Patient entlastet wird und die Standzeit der Funkenstrecke erhöht wird.

- 10 Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand der einzigen Figur erklärt:

Die Figur zeigt schematisch einen menschlichen Körper 1 mit einem Nierenstein 6 in einer wassergefüllten Wanne 2.

15 An der Unterseite der Wanne 2 ist ein ellipsoidförmiger Reflektor 3 mit den beiden Brennpunkten 4 und 5 befestigt, der ebenfalls mit Wasser gefüllt ist. Im Brennpunkt 4 im Inneren des Reflektors 3 befindet sich eine Funkenstrecke (nicht gezeigt), die durch Unterwasserentladung Stosswellen

20 erzeugen kann. Im zweiten Brennpunkt 5, ausserhalb des Reflektors, liegt das zu zerstörende Konkrement, z.B. der Nierenstein 6. Durch die Reflektorgeometrie ist der Grenzwinkel $\varphi_{\max}$ definiert. Wenn im Brennpunkt 4 eine Unterwasserentladung gezündet wird, entsteht eine Stosswellen-

25 front 7, die sich kugelförmig ausbreitet und vom Reflektor 3 als reflektierte Stosswellenfront 9 auf den Nierenstein geleitet wird. Durch die hohen Druck- und Zugamplituden werden Teile des Nierensteins zum Abplatzen gebracht. Einge-

zeichnet ist die Stosswellenfront 7, die gerade an den Punkten 8 die Reflektoroberfläche erreicht. Sie trifft momentan unter einem Winkel ψ auf die Reflektoroberfläche. Die auftretende Stosswellenfront 7 wird zum grössten Teil reflektiert (Front 9), erzeugt aber auch eine transversale Oberflächenwelle 10 (nicht maßstäblich gezeichnet), die sich in der Reflektoroberfläche ausbreitet (Pfeil). Bei erfindungsgemässer Material- und Geometrieauswahl läuft die Primärwelle 7 schneller über die Reflektoroberfläche als die störende Transversalwelle 10. Die Primärwelle 7 trifft daher immer auf ruhendes Oberflächenmaterial, sie wird ungestört reflektiert. Die reflektierte Wellenfront 9 behält die ursprüngliche Flankensteilheit im Druckanstieg. Alle reflektierten Anteile überlagern sich phasenrichtig.

15 Für die Zerkleinerung des Steins 6 geht kaum Energie verloren. Werden die erfindungsgemässen Bedingungen nicht eingehalten, so trifft die Primärwelle 7 auf schon von der Oberflächenwelle 10 angeregte Teile des Reflektors. Durch Wechselwirkung der Primärwelle 7 mit der Oberflächen-

20 welle 10 wird die reflektierte Welle 9 in Amplitude und Phase gestört. Die Folge ist, dass Energie für die Zerkleinerung des Konkrements fehlt oder dass der Druckanstieg am Ort des Konkrements durch die nicht phasenrichtige Überlagerung der einzelnen Anteile zu langsam erfolgt.

Ausführungsbeispiele:

1. Die Bedingung $c_{TO} < c_S$ wird erfüllt, wenn als Reflektormaterial Blei und als Koppelflüssigkeit Wasser verwendet wird. Da die transversale Schallgeschwindigkeit in Blei mit 710 m/sec kleiner als die Schallgeschwindigkeit in Wasser mit 1480 m/sec ist, ist die sich ausbreitende Primärwelle 7 immer schneller als die Oberflächenwelle 10. Die Bedingung ist daher unabhängig von der Reflektorgeometrie immer erfüllt. Ein kritischer Winkel φ_K tritt nicht auf. Es ist nicht notwendig, dass der ganze Reflektorkörper aus Blei hergestellt wird. Es reicht, wenn die innere Oberfläche des Reflektors aus einer Bleischicht besteht.
2. Die erfindungsgemäße Bedingung kann auch von Reflektoren aus einem Material erfüllt werden, dessen $c_{TO} > c_S$ ist. Ein wassergefüllter Reflektor aus Zinn ($c_{TO} = 1670$ m/sec) mit den Halbachsen $a = 12,5$ cm und $b = 7,5$ cm erfüllt die erfindungsgemäße Bedingung, wenn der maximal auftretende Einfallswinkel φ_{max} kleiner als der kritische Winkel $\varphi_K = 62,4^\circ$ ist.
3. Der zum Stand der Technik gehörende Messingreflektor ($c_{TO} = 2120$ m/sec) besitzt bei Wasserfüllung einen kritischen Winkel von $44,8^\circ$, jedoch einen maximalen Einfallswinkel von $53,1^\circ$. Er erfüllt die erfindungsgemäße

Bedingung nicht, eine optimale Fokussierung ist nicht gegeben. Die Fokussierung kann bei gleichem Material verbessert werden durch Wahl des Achsenverhältnisses des Ellipsoids näher an 1 oder durch Verzicht auf Rand-
5 zonen (kleinerer Umschliessungswinkel). Die Randzonen sind aber für die Übertragung äusserst wichtig und sollten nicht weggelassen werden.

In Analogie zur Schallmauer ergibt sich beim kritischen
10 Winkel φ_K die Situation, dass die Quelle der Oberflächen-
schwingung (die einlaufende Primärfront) sich auf der Re-
flektorfläche mit der Ausbreitungsgeschwindigkeit c_{TO} der
Oberflächenwelle selbst ausbreitet und damit phasenrichtig
Energie in die Oberflächenwelle einkoppelt. Erst wenn nach
15 einer gewissen gemeinsamen zurückgelegten Strecke sich auf-
grund der veränderten Reflektorgeometrie der Einfallswinkel
 φ vergrössert, kann die jetzt energiereiche Oberflächen-
welle der einfallenden Stoßwellenfront vorausseilen und ihre
Energie nach Art des Mach'schen Kegels (modifiziert durch
20 die gekrümmte Reflektorfläche) ausstrahlen und u.a. teil-
weise noch vor der eigentlichen Nutzwelle in den Fokus-
bereich einbringen.

DORNIER SYSTEM GMBH
7990 Friedrichshafen

Reg. S 435

P a t e n t a n s p r ü c h e :

1. Reflektor zur Fokussierung von Stoßwellen in einer
Koppelflüssigkeit, z.B. Wasser, zur berührungslosen
5 Zerkleinerung von Konkrementen in Körpern von Lebe-
wesen, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausbreitungs-
geschwindigkeit c_{TO} einer transversalen Oberflächen-
welle im reflektierenden Material kleiner ist als die
Schallgeschwindigkeit c_S in der den Reflektor füllen-
10 den Koppelflüssigkeit, oder dass die Geometrie und die
Auswahl des reflektierenden Materials folgender Un-
gleichung genügen:

$$\varphi_{\max} < \varphi_K = \arcsin \frac{c_S}{c_{TO}}$$

15

wobei

$\varphi_{\max}$ = maximal auftretender Einfallswinkel

φ_K = kritischer Winkel

c_S = Ausbreitungsgeschwindigkeit der
Stoßwelle im Inneren des Reflektors

c_{TO} = Ausbreitungsgeschwindigkeit der
transversalen Oberflächenwelle im
Reflektormaterial.

5

2. Reflektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
der Reflektor oder seine innere reflektierende Ober-
fläche aus Blei, Zinn oder Tantal besteht.

10 3. Reflektor nach den Ansprüchen 1 bis 2, dadurch gekenn-
zeichnet, dass der Reflektor ein Teilellipsoid dar-
stellt, dessen Grenzwinkel $\varphi_{\max}$ wegen eines relativ
kleinen Umschliessungswinkels kleiner als der Winkel
 φ_K ist.

15

4. Reflektor nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekenn-
zeichnet, dass die Exzentrizität des Reflektorkörpers
nahe bei 1 liegt.

16. Juni 1983
Ka/Ht.

Fig. 1

