



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 486 815 A1**

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

Anmeldenummer: **91117700.4**

Int. Cl.⁵: **A61B 17/22, G10K 11/30**

Anmeldetag: **17.10.91**

Priorität: **22.11.90 DE 4037160**

Anmelder: **DORNIER MEDIZINTECHNIK GMBH**
Postfach 1128
W-8000 München(DE)

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.05.92 Patentblatt 92/22

Erfinder: **Viebach, Thomas, Dipl.-Ing.**
Kapellanger 8
W-8081 Pischertshofen(DE)

Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR GB IT

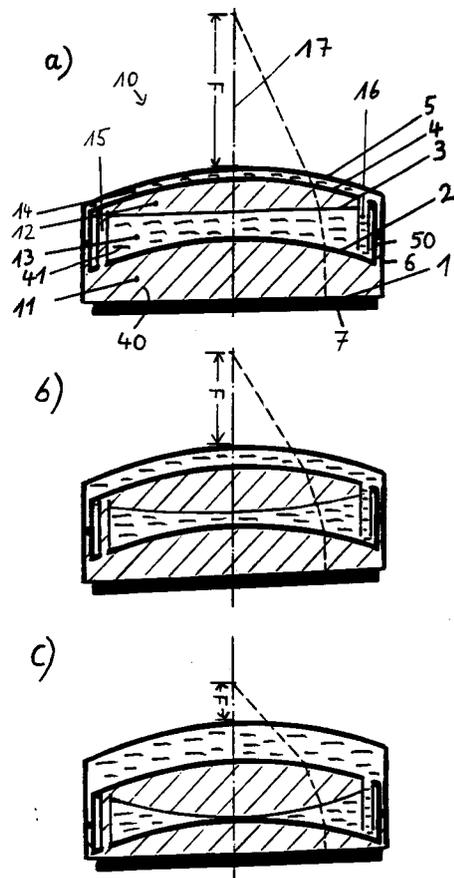
Vertreter: **Kasseckert, Rainer**
DORNIER GMBH Kleeweg 3
W-7990 Friedrichshafen 1(DE)

Akustische Fokussiereinrichtung.

Die Erfindung betrifft eine akustische Fokussiereinrichtung (10) zur Fokussierung von Ultraschall- und Stoßwellen, insbesondere zum berührungslosen Zerkleinern eines sich im Körper eines Lebewesens befindlichen Konkrements, wobei

- mehrere Grenzflächen (1,2,3,4,5) in Ausbreitungsrichtung der Schallwellen hintereinander angeordnet sind wobei benachbarte Zwischenräume (11,12,13,14) Flüssigkeiten (40,41) unterschiedlicher Schallgeschwindigkeiten enthalten
- mindestens ein Zwischenraum (11,13) mit einem nicht benachbarten Zwischenraum (12,14) in Verbindung steht
- mindestens eine der Grenzflächen (1,2,3,4,5) formflexibel ist
- mindestens eine (2,3,4) der Grenzflächen (1,2,3,4,5) parallel zur Ausbreitungsrichtung der Schallwellen bewegt werden kann
- durch diese Verschiebung Flüssigkeit zwischen verbundenen Zwischenräumen verdrängt und der Krümmungsradius mindestens einer (3) der formflexiblen Grenzflächen verändert wird.

Fig. 1



EP 0 486 815 A1

Die Erfindung betrifft eine akustische Fokussiereinrichtung, insbesondere zur Fokussierung von Ultraschall- und Stoßwellen zum berührungslosen Zerkleinern eines im Körper eines Lebewesens befindlichen Konkrements.

Zur Fokussierung von ebenen oder schwach gekrümmten Stoßwellenfronten, wie sie bei Lithotripsiegeräten erzeugt werden, die z.B. nach dem elektromagnetischen oder piezoelektrischen Wandlerprinzip arbeiten, wird ein akustisches Linsensystem benötigt. Die fokussierte Stoßwelle wird im Körper auf den zu behandelnden Stein ausgerichtet. Dabei sind je nach Lage des Steins verschiedene Eindringtiefen der Stoßwelle erforderlich.

Die Forderung nach variabler Eindringtiefe kann erfüllt werden durch festbrennweitige Systeme mit einer zusätzlichen variablen Vorlaufstrecke (z.B. balgförmiges Wasserkissen) oder durch ein System mit veränderlicher Brennweite.

Weitere Forderungen an eine Therapieeinheit für die Lithotripsie sind z.B. die Baugröße, Gewicht sowie möglichst geringer technischer Aufwand bei den Peripheriegeräten (z.B. lageunabhängige, sensible Druck-/Volumenregelung).

In der **DE 85 23 024 U1** ist ein Ultraschallgenerator angegeben, der zwischen Ankoppelfläche an den Patientenkörper und einem piezoelektrischen Wandler eine formflexible Grenzfläche enthält, deren Krümmung durch Änderung des Drucks in der angrenzenden Flüssigkeit verändert werden kann. Die Fokusverlagerung kann alternativ auch durch die Verschiebung einer zusätzlichen Festkörperlinse erreicht werden.

In der **DE 37 39 393 A1** ist ein Lithotripter mit verstellbarer Fokussierung beschrieben, bei der die Wandung einer Flüssigkeitslinse mit einem Teil einer Verstelleinrichtung verbunden ist. Durch Bewegen der Verstelleinrichtung in Stoßwellenausbreitungsrichtung ändert sich die Krümmung der Wandung.

In der **DE 33 28 051 A1** ist eine Vorrichtung zum berührungslosen Zertrümmern von Konkrementen beschrieben, bei der die Veränderung des Fokuspunkts durch Verschiebung einer oder mehrerer akustischer Linsen erreicht wird.

Aus der **DE 36 05 277 A1** ist eine Stoßwellentherapieeinrichtung bekannt, bei der eine Linse vom Koppelmedium umgeben ist, wobei die Flüssigkeitsbereiche vor und hinter der Linse miteinander in Verbindung stehen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, eine Fokussiereinrichtung sehr geringer Baugröße zu schaffen, dessen Fokusslänge (Schnittweite) in einem weiten Bereich veränderbar ist und darüberhinaus den technischen Aufwand bei den Therapiegeräten vermindert. Unter der Fokusslänge F bzw. Schnittweite eines Linsensystems wird hierbei und im folgenden der Abstand zwischen Fokus und

dem nächstliegenden Punkt der, von der Stoßwellenquelle aus gesehen, letzten brechenden Fläche des Linsensystems verstanden.

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruch 1 gelöst. Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstände von Unteransprüchen.

Erfindungsgemäß werden mehrere Grenzflächen in Ausbreitungsrichtung der Schallwellen hintereinander angeordnet, wobei benachbarte Zwischenräume Flüssigkeiten unterschiedlicher Schallgeschwindigkeiten enthalten. Diese Grenzflächen können dabei aus Materialien bestehen, die formfest sind, d.h. ihre Form wird insbesondere nicht durch Druckdifferenzen zwischen den auf beiden Seiten der Grenzfläche angrenzenden Flüssigkeiten beeinflusst. Mindestens eine der Grenzflächen jedoch ist aus formflexiblen Material, d.h. eine Verformung dieser Grenzfläche aufgrund Druckdifferenzen zwischen den angrenzenden Flüssigkeiten ist möglich. Mindestens eine der Grenzflächen kann parallel zur Ausbreitungsrichtung der Schallwellen verschoben und danach in ihrer Lage arretiert werden. Mindestens ein Zwischenraum steht in Verbindung mit einem nicht benachbarten Zwischenraum.

Durch Verschiebung der beweglichen Grenzflächen wird Flüssigkeit zwischen den verbundenen Zwischenräumen verdrängt und dadurch der Krümmungsradius mindestens einer der formflexiblen Grenzflächen verändert.

Eine Veränderung der brechenden Eigenschaften der gesamten Fokussiereinrichtung, als insbesondere Brechkraft und Fokusslänge F, resultiert somit letztlich aus zwei Effekten:

1. der Lageänderung einer oder mehrerer verschobener Grenzflächen
2. der Brechkraftänderung einer oder mehrerer formflexibler Grenzflächen aufgrund ihrer Verformung.

Ausführungen sowie weitere Vorteile der Erfindung werden im folgenden anhand von Zeichnungen beschrieben.

Es zeigen:

- 45 Fig. 1 den Querschnitt einer Ausbildung der erfindungsgemäßen Fokussiereinrichtung 10 bei drei verschiedenen Einstellungen der Fokusslänge F (Fig. 1a, 1b, 1c)
- 50 Fig. 2 den Querschnitt einer Ausbildung der erfindungsgemäßen Fokussiereinrichtung 10 mit einem zusätzlichen Ultraschalltransducer 20 bei drei verschiedenen Einstellungen der Fokusslänge F (Fig. 2a, 2b, 2c).

In Fig. 1a ist der Querschnitt einer erfindungsgemäßen Fokussiereinrichtung 10 dargestellt. Eine Schallquelle 7, z.B. eine Stoßwellenquelle nach

dem elektromagnetischen oder piezomagnetischen Wandlerprinzip, bildet die Grundfläche **1** eines zylindrischen Rohrs **6**, das durch die Ankoppelfläche **4** an den Patientenkörper abgeschlossen wird. Durch das Bauteil **50**, im weiteren als Linsengruppe bezeichnet, das die Grenzflächen **2, 3, 4** umfaßt, wird das Volumen innerhalb des Rohres **6** in zwei Volumenbereiche unterteilt, die mit zwei Flüssigkeiten **40, 41** unterschiedlicher Schallgeschwindigkeit gefüllt sind. Diese beiden Volumenbereiche sind ihrerseits unterteilt in die Zwischenräume **11, 12** und **13, 14**, wobei die Zwischenräume **11, 12** über den Zugang **15** und die Zwischenräume **13, 14** über den Zugang **16** miteinander verbunden sind. Somit befindet sich in den Zwischenräumen **11, 12** die erste Flüssigkeit **40**, in den Zwischenräumen **13, 14** die zweite Flüssigkeit **41**.

Eine in der Schallquelle **7** erzeugte Wellenfront durchläuft nacheinander die Flüssigkeiten in den Zwischenräumen **11, 13, 12, 14**, bis sie über die Ankoppelfläche **5** an den Patientenkörper geführt wird. Dabei erfolgen an den Grenzflächen **2, 3, 4** Übergänge zwischen den beiden Flüssigkeiten **40, 41** unterschiedlicher Schallgeschwindigkeit.

Die Linsengruppe **50** läßt sich innerhalb des Rohres **6** parallel zu dessen Wänden verschieben. Durch Gleitdichtungen an den Berührungstellen von Linsengruppe **50** und der Rohrwand wird auch während der Verschiebung der Austausch zwischen den beiden Flüssigkeiten **40, 41** in den Zwischenräumen **11, 12** und **13, 14** unterbunden.

Die Flächen **2, 4** der Linsengruppe **50** sind formstabil, während die Fläche **3** aus elastischem Material besteht und somit formflexibel ist.

Bei einer Verschiebung der Linsengruppe **50** in Richtung der Schallquelle **7** wird Flüssigkeit **40** aus dem Zwischenraum **11** verdrängt und strömt durch den Zugang **15** in Zwischenraum **12**. Dadurch wird die formflexible Grenzfläche **3** aufgewölbt und verdrängt Flüssigkeit **41** aus dem Zwischenraum **13** durch den Zugang **16** in den Zwischenraum **14**. Die Stoffmengen jeder der beiden Flüssigkeiten **40, 41** in den Zwischenräumen **11, 12** bzw. **13, 14** bleiben vor, während und nach der Verschiebung gleich.

Um bei den hier dargestellten Krümmungsradien der Grenzflächen **2, 3, 4, 5** ein fokussierendes System zu erhalten, ist die Flüssigkeit **40** in den Zwischenräumen **11, 12** so zu wählen, daß sie eine geringere Schallgeschwindigkeit besitzt als die Flüssigkeit **41** in den Zwischenräumen **13, 14**. Ein Beispiel hierfür ist H₂O in den Zwischenräumen **11, 12** und Glycerin in den Zwischenräumen **13, 14**.

In einer vorteilhaften Ausführung wird die Ankoppelfläche **5** formfest gewählt. Ihre brechende Wirkung bestimmt sich allgemein aus der Schallgeschwindigkeit in der angrenzenden Flüssigkeit **41** in Zwischenraum **14** im Verhältnis zu der im Patientenkörper. Wird die Flüssigkeit **41** im Zwischen-

raum **14** so gewählt, daß diese beiden Schallgeschwindigkeiten gleich sind, so hat die Ankoppelfläche **5** keine brechende Wirkung.

Unterdieser Bedingung ist es besonders vorteilhaft, sie aus formflexiblen Materialien herzustellen, da hierdurch die Ankopplung an den Patientenkörper erleichtert wird.

Für die Steuerung der Fokussierlänge **F** ist nur die Lage der beweglichen Linsengruppe **50** maßgebend. In Fig. 1b und 1c ist dieselbe Fokussiereinrichtung **10** wie in Fig. 1a abgebildet, wobei jedoch die bewegliche Linsengruppe **50** sich innerhalb des zylindrischen Rohres **6** in anderen Positionen befindet. Daraus resultiert jeweils eine andere Krümmung der formflexiblen Grenzfläche **3**, was wiederum eine andere Brechkraft dieser Grenzfläche **3** und somit auch der gesamten Fokussiereinrichtung **10** zur Folge hat. Zur Veränderung der Fokussierlänge **F** trägt sowohl diese Brechkraftänderung wie auch die Änderung der Lage der Grenzflächen **2, 3, 4** innerhalb des Rohres **6** bei.

Neben der hier gezeigten Fokussiereinrichtung **10**, bei der die Grenzfläche **3** formflexibel ausgebildet ist, ist es zur Erzielung der beschriebenen vorteilhaften Eigenschaften auch möglich, stattdessen Grenzfläche **2** oder **4** formflexibel zu wählen.

Durch die Erfindung werden die folgenden Vorteile erzielt:

- geringe Baugröße

Da die Veränderung der Fokussierlänge **F** aus der Verschiebung der Linsengruppe **50** und der Brennweitenänderung der flexiblen Grenzfläche **3** resultiert, ergibt bereits ein kleiner Verschiebungsweg eine deutliche Fokussierlängenänderung. Die Gesamtlänge der Therapieeinheit wird gegenüber einem System mit fester Brennweite und Wasservorlaufstrecke oder einem System mit festbrennweitiger verschiebbarer Linse deutlich geringer.

- Druck- und Volumenregelung entfallen vollständig, da die im System enthaltene Flüssigkeitsmenge konstant bleibt.

- unkomplizierte Steuerung der Fokussierlage

Die Fokussierlage ist eine eindeutige Funktion des Verschiebungswegs der Linsengruppe **50**. Eine Messung des Befüllungsgrads in der flexiblen Linse (innerhalb des Zwischenraums **13**) ist nicht notwendig.

- Bei kurzen Fokussierlängen **F** vergrößert sich die Apertur der Fokussiereinrichtung **10**, das heißt die Energiedichte an der Hautoberfläche - auch bei dünnen Patienten - bleibt gering.

In einer besonders vorteilhaften Ausführung wird ein Ultraschalltransducer **20** in die Fokussiereinrichtung **10** integriert. Fig. 2 zeigt den Quer-

schnitt einer Fokussiereinrichtung **10**, die der in Fig.1 gezeigten entspricht, jedoch mit zusätzlichem Ultraschalltransducer **20**, bei drei verschiedenen Einstellungen der Fokuslänge **F** (Fig. 2a, 2b, 2c).

Der Ultraschalltransducer **20** ist über eine Haltearm **21** an der Linsengruppe **5** befestigt, so daß er bei deren Verschiebung mitbewegt wird. Bevorzugt wird der Ultraschalltransducer **20** auf der Hauptachse **17** (die in diesem Falle der Rohrachse entspricht) der Fokussiereinrichtung **10** angeordnet.

Durch die Verbindung mit der Linsengruppe **50** wird erreicht, daß bei kurzer Fokuslänge **F** (Fig 2c) die Abschattung der Stoßwelle durch das Transducergehäuse gering bleibt und bei großen Fokuslängen **F** (Fig. 2a) sich der Ultraschalltransducer sehr nahe am Körper des Patienten befindet, so daß dessen Eindringtiefe optimal genutzt werden kann.

Durch das Verschieben der Linsengruppe **50** ändert sich die Fokuslage relativ zum Transducer **20** weniger stark als die Fokuslänge **F** der Fokussiereinrichtung **10**, d.h. die Lage des Fokus bleibt im mittleren Bildbereich des Transducers **20** bei guter Abbildungsqualität.

Patentansprüche

1. Akustische Fokussiereinrichtung (10) zur Fokussierung von Ultraschall- und Stoßwellen für medizinische Anwendungen, dadurch **gekennzeichnet, daß**
 - mehrere Grenzflächen (1,2,3,4,5) in Ausbreitungsrichtung der Schallwellen hintereinander angeordnet sind wobei benachbarte Zwischenräume (11,12,13,14) Flüssigkeiten (40,41) unterschiedlicher Schallgeschwindigkeiten enthalten
 - mindestens ein Zwischenraum (11,13) mit einem nicht benachbarten Zwischenraum (12,14) in Verbindung steht
 - mindestens eine der Grenzflächen (1,2,3,4,5) formflexibel ist
 - mindestens eine (2,3,4) der Grenzflächen (1,2,3,4,5) parallel zur Ausbreitungsrichtung der Schallwellen bewegt werden kann
 - durch diese Verschiebung Flüssigkeit zwischen verbundenen Zwischenräumen verdrängt und der Krümmungsradius mindestens einer (3) der formflexiblen Grenzflächen verändert wird.
2. Akustische Fokussiereinrichtung (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Grenzflächen (2,3,4) gemeinsam bewegt werden können.
3. Akustische Fokussiereinrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Fokussiereinrichtung (10) fünf Grenzflächen (1,2,3,4,5) mit entsprechend vier Zwischenräumen (11,12,13,14) umfaßt, wobei der in Ausbreitungsrichtung gesehen erste Zwischenraum (11) mit dem dritten Zwischenraum (12) in Verbindung steht, und der zweite Zwischenraum (13) mit dem vierten Zwischenraum (14) in Verbindung steht.
4. Akustische Fokussiereinrichtung (10) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die in Ausbreitungsrichtung gesehen 2.,3. und 4. Grenzfläche (2,3,4) parallel zur Ausbreitungsrichtung unabhängig voneinander oder gemeinsam bewegt werden können.
5. Akustische Fokussiereinrichtung (10) nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die 2., 3. und 4. Grenzfläche (2,3,4) auf einem Bauteil (50) angeordnet sind, das parallel zur Ausbreitungsrichtung bewegt werden kann.
6. Akustische Fokussiereinrichtung (10) nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß von der 2.3. und 4. Grenzfläche (2,3,4) mindestens eine formflexibel ist.
7. Akustische Fokussiereinrichtung (10) nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die 3. Grenzfläche (3) formflexibel ist.
8. Akustische Fokussiereinrichtung (10) nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die 2. Grenzfläche (2) formflexibel ist.
9. Akustische Fokussiereinrichtung (10) nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die 4. Grenzfläche (4) formflexibel ist.
10. Akustische Fokussiereinrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Stoffmengen aller Flüssigkeiten innerhalb der Fokussiereinrichtung (10) vor, während und nach der Verschiebung konstant sind.
11. Akustische Fokussiereinrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die in Ausbreitungsrichtung gesehen letzte Grenzfläche (Ankoppelfläche an den Patientenkörper,5) formstabil ist.
12. Akustische Fokussiereinrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet,

zeichnet, daß die in Ausbreitungsrichtung gesehen letzte Grenzfläche (Ankoppelfläche an den Patientenkörper,5) formflexibel ist.

13. Akustische Fokussiereinrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sich innerhalb der Fokussiereinrichtung (10) ein Ultraschalltransducer (20) befindet.

10

14. Akustische Fokussiereinrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Ultraschalltransducer (20) sich auf der axialen Hauptachse (17) der Fokussiereinrichtung (10) befindet und mit einer der beweglichen Grenzflächen (2,3,4) verbunden ist.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

5

Fig. 1

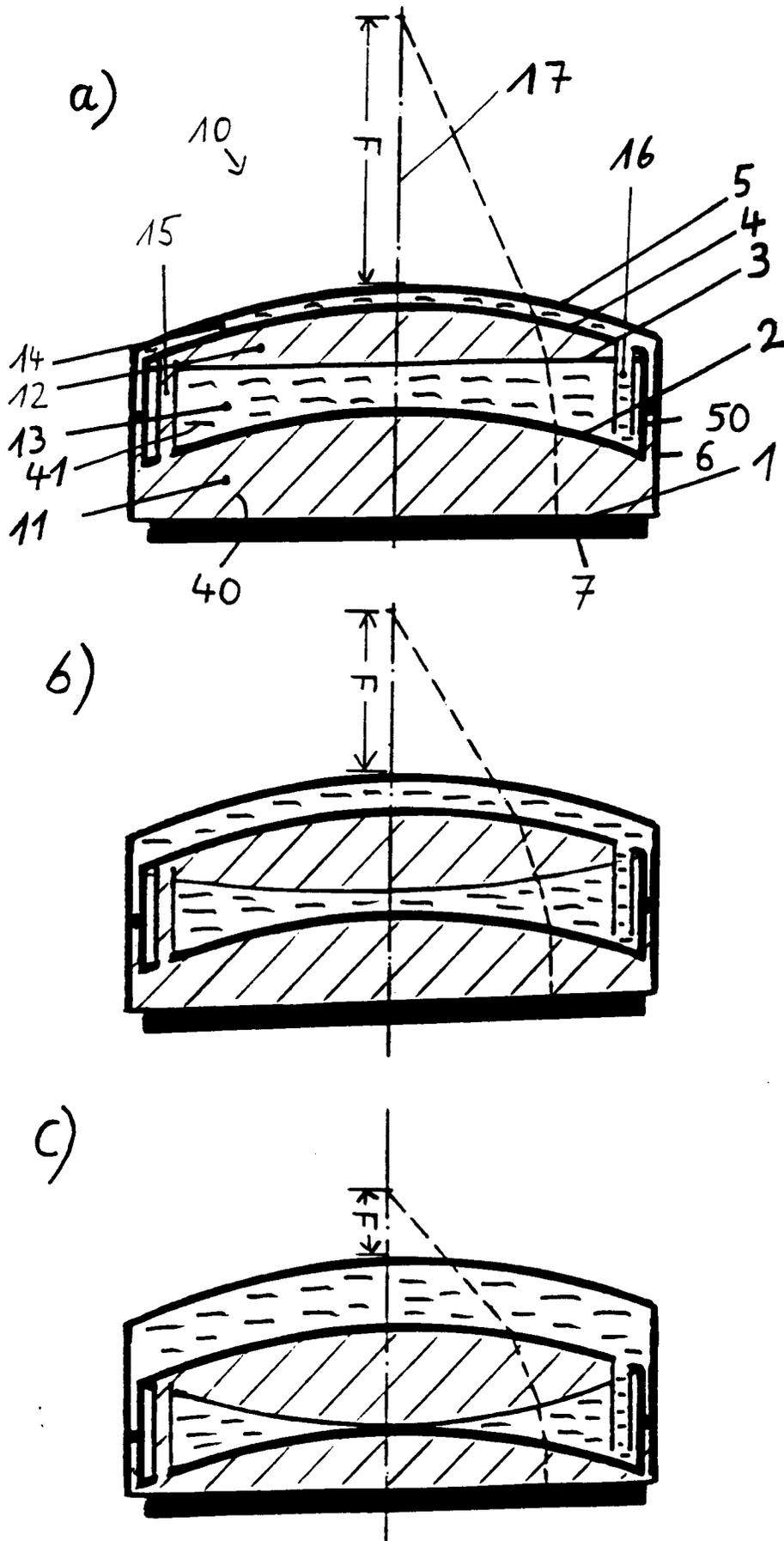
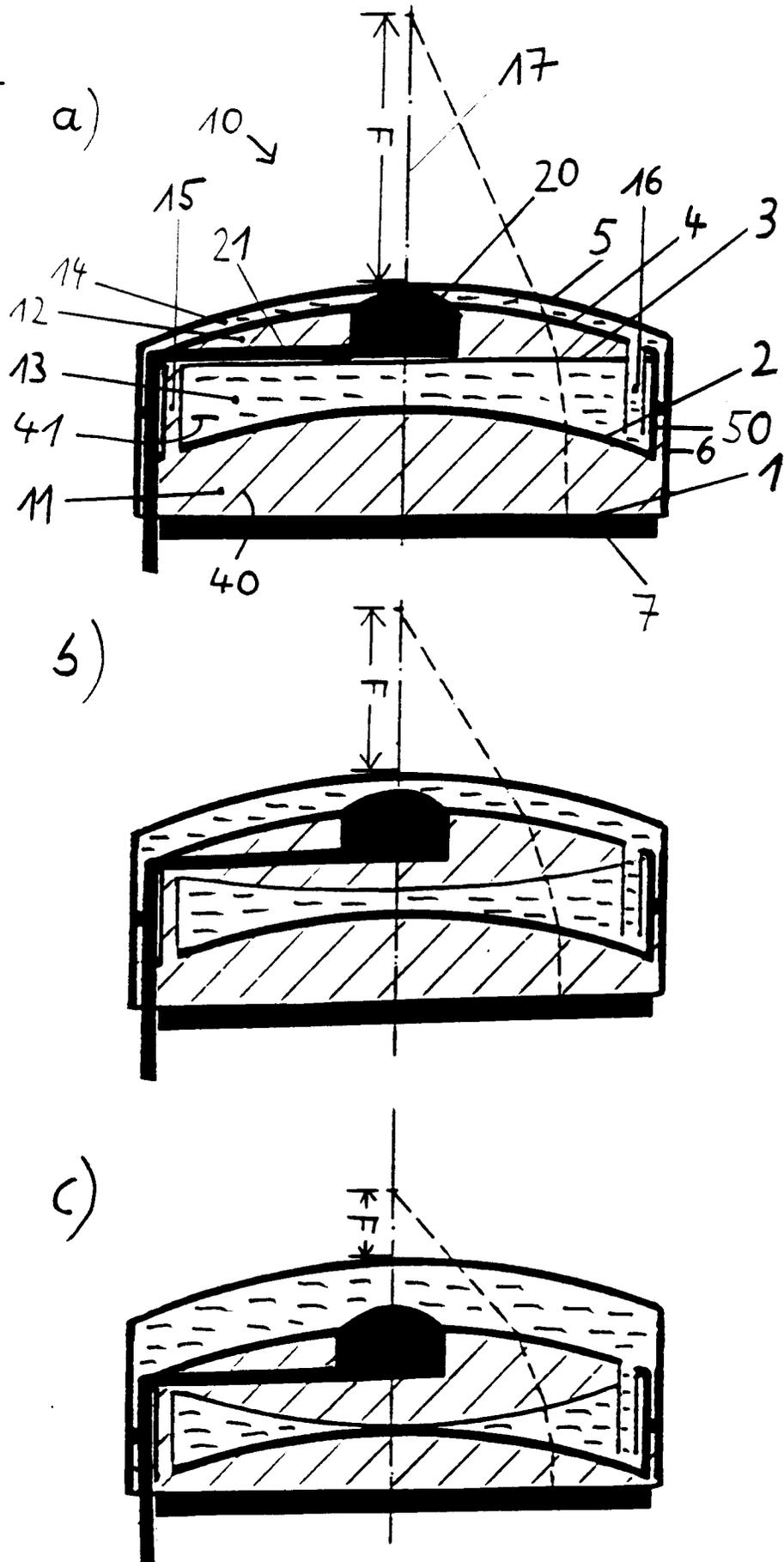


Fig 2





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 91 11 7700

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
A	US-A-3 168 659 (BAYRE ET AL.) * Spalte 2, Zeile 10 - Zeile 55; Abbildungen 1-3 *	1	A61B17/22 G10K11/30
A, D	DE-U-8 523 024 (SIEMENS) * Seite 3, Zeile 16 - Zeile 31; Abbildung 1 *	1	
A, D	DE-A-3 739 393 (SIEMENS) * Anspruch 1; Abbildungen 1,2 *	1	
A, D	EP-A-0 133 665 (SIEMENS) * Seite 6, Zeile 19 - Seite 7, Zeile 8; Abbildung 1 *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			A61B G10K G02B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 13 FEBRUAR 1992	Prüfer MOERS R.
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	