



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 06 795 A1** 2004.09.02

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 06 795.7**
(22) Anmeldetag: **18.02.2003**
(43) Offenlegungstag: **02.09.2004**

(51) Int Cl.7: **A61B 17/225**

(71) Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

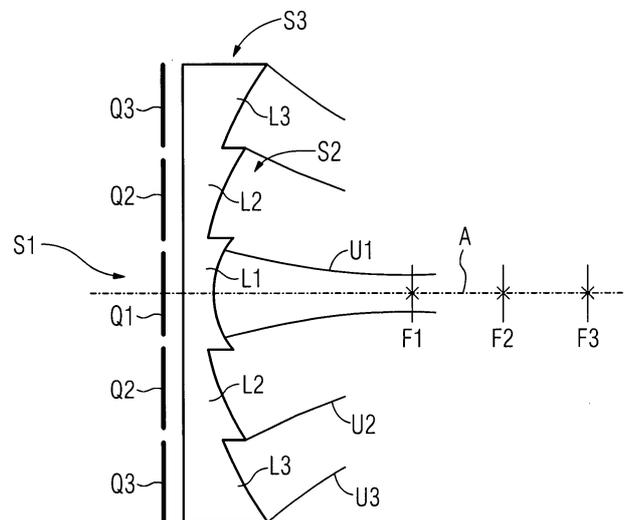
(72) Erfinder:
**Fehre, Jens, 91353 Hausen, DE; Granz, Bernd, Dr.,
90522 Oberasbach, DE; Nanke, Ralf, Dr., 91080
Spardorf, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Einrichtung zum Erzeugen von Ultraschallstrahlen für die Ultraschalltherapie**

(57) Zusammenfassung: Eine Einrichtung zum Erzeugen von Ultraschallstrahlen (U1, U2, U3) für die Ultraschalltherapie enthält eine Mehrzahl von getrennt voneinander ansteuerbaren Ultraschallsendern (S1, S2, S3), die Ultraschallstrahlen (U1, U2, U3) erzeugen, deren jeweilige Foki (F1, F2, F3) voneinander verschieden sind. Jeder der Ultraschallsender (S1, S2, S3) umfasst eine Ultraschallquelle (Q1, Q2, Q3), der zum Fokussieren der von ihr erzeugten Ultraschallstrahlen (U1, U2, U3) eine nahe an der Abstrahlfläche der Ultraschallquelle angeordnete Linse (L1, L2, L3) zugeordnet ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Einrichtung zum Erzeugen von Ultraschallstrahlen für die Ultraschalltherapie.

Stand der Technik

[0002] Beim therapeutischen Einsatz von Ultraschallstrahlen mit hoher Intensität, beispielsweise bei der Lithotripsie oder bei der Hyperthermie ist es erforderlich, die Tiefenlage des Fokus im Körper verändern zu können. Darüber hinaus besteht auch ein Bedarf, die Form des Fokus den jeweiligen Einsatzbedingungen – Größe des Konkrements oder des nekrotischen Gewächses – anzupassen, ohne dass es hierzu einer Änderung der Position der Ultraschallquelle relativ zum Körper oder eines mechanischen Austausches von abbildenden Komponenten bedarf.

[0003] Ein Lithotripter mit veränderbarem Fokus ist beispielsweise aus der DE 37 39 390 A1 bekannt. Bei diesem bekannten Lithotripter ist konzentrisch um eine erste Stoßwellenquelle mit kreisförmiger Abstrahlfläche eine zweite Stoßwellenquelle mit ringförmiger Abstrahlfläche angeordnet. Beabstandet von der ersten Stoßwellenquelle befindet sich in der Wasservorlaufstrecke eine akustische Linse, die die von der ersten Stoßwellenquelle erzeugten Stoßwellen in einem ersten Fokus fokussiert. Diese Linse ist von einem Parabolreflektor umgeben, der die von der zweiten Stoßwellenquelle emittierten Stoßwellen in einem zweiten Fokus bündelt. Erste und zweite Stoßwellenquelle können gemeinsam oder getrennt voneinander angesteuert werden, so dass Stoßwellen mit unterschiedlichen Fokuslagen erzeugt werden können. Um einen Fokus außerhalb des Lithotripters zu erzeugen und um einen möglichst großen Anteil der von der ringförmigen Stoßwellenquelle abgetrahteten Schallwellen zu erfassen, ist eine große axiale Ausdehnung des Parabolspiegels erforderlich. Da die von der ersten Stoßwellenquelle ausgehenden Ultraschallwellen sich in alle Raumrichtungen ausbreiten und sich nicht als paralleles Strahlenbündel fortpflanzen, ist die Qualität des von der zweiten Stoßwellenquelle erzeugten Fokus unbefriedigend.

[0004] Zum Verändern der axialen Lage des Fokus einer Ultraschall-Stoßwelle ist es aus der EP 0 486 815 A1 bekannt, eine Fokussiereinrichtung zu verwenden, die aus mehreren mit Flüssigkeit gefüllten Zwischenräumen besteht, deren Grenzflächen formflexibel sind, so dass deren Kontur und damit deren abbildende Eigenschaften durch die Menge der Füllung geändert werden kann.

[0005] Aus der EP 0 421 290 A1 ist ein Ultraschall-Stoßwellenwandler bekannt, der aus einer Mehrzahl von Segmenten besteht, die gegenseitig verkippt oder deren gegenseitiger Abstand verändert werden kann. Jedes dieser Segmente erzeugt einen punktförmigen Fokus, so dass sich bei Überlagerungen der von den Segmenten jeweils erzeugten Stoß-

wellen eine variable Ausdehnung des Fokusgebietes gibt.

[0006] Die beiden letztgenannten Einrichtungen haben den Nachteil, dass zur Veränderung des Fokus eine mechanische Veränderung der Abbildungsgeometrie erforderlich ist.

[0007] Alternativ hierzu ist aus J.Y. Chapelon et al., „The Feasibility of Tissue Ablation using High Intensity Electronically Focused Ultrasound“, Proceedings IEEE Ultrasonic Symposium, Seiten 1211–1214, ein ringförmiges Array bekannt, dessen einzelne Wandlerelemente phasenverzögert angesteuert werden können, so dass die Tiefenlage des Fokus elektronisch einstellbar ist. Die Ansteuerung eines solchen Phased Array ist jedoch technisch aufwendig.

Aufgabenstellung

[0008] Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zu Grunde, eine Einrichtung zum Erzeugen von Ultraschallstrahlen für die Ultraschalltherapie anzugeben, die auf einfache Weise eine Veränderung der Fokuslage oder der Fokusform bei zugleich hoher Fokusqualität ermöglicht.

[0009] Die genannte Aufgabe wird gelöst mit einer Einrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruches 1. Gemäß diesen Merkmalen enthält eine Einrichtung zum Erzeugen von Ultraschallstrahlen für die Ultraschalltherapie eine Mehrzahl von getrennt voneinander ansteuerbaren Ultraschallsendern, die Ultraschallstrahlen erzeugen, deren jeweilige Foki voneinander verschieden sind, d. h. sich an unterschiedlichen Orten befinden und/oder unterschiedlichen Durchmesser aufweisen. Jeder Ultraschallsender umfasst eine Ultraschallquelle, der zum Fokussieren der von ihr erzeugten Ultraschallstrahlen eine nahe an der Abstrahlfläche der Ultraschallquelle angeordnete Linse zugeordnet ist. Mit jedem Ultraschallsender können somit auch dann, wenn er allein angesteuert wird, zur Ultraschalltherapie geeignete fokussierte Ultraschallstrahlen mit hoher Fokusqualität erzeugt werden, da die Linsen nahe an den Abstrahlflächen der Ultraschallquellen angeordnet sind. Die Auswahl des jeweils verwendeten Ultraschallsenders hängt nur von den in der konkreten therapeutischen Situation gegebenen Anforderungen an die Eigenschaften des Fokus, d. h. in erster Linie seine Tiefenlage und Fokusausdehnung, ab. Da eine Mehrzahl von Ultraschallsendern mit voneinander verschiedenen Foki vorgesehen ist, können mit ein und derselben Einrichtung ohne die Notwendigkeit von zeitaufwendigen Umbaumaßnahmen unterschiedliche therapeutische Anforderungen erfüllt werden. Da außerdem jeder Ultraschallsender für sich einen therapeutisch nutzbaren fokussierten Ultraschallstrahl erzeugt, entfällt die Notwendigkeit einer aufwendigen phasenverzögerten Ansteuerung einer Vielzahl von Ultraschallsendern. Desweiteren können durch die Verwendung von Linsen zur Abbildung Ultraschallquellen verwendet werden, die eine

ebene Abstrahlfläche und somit einen konstruktiv einfachen Aufbau aufweisen.

[0010] Insbesondere in Verbindung mit Ultraschallquellen mit planen Abstrahlflächen ist die Verwendung von plankonkaven Linsen von Vorteil, deren Planfläche jeweils der ihr zugeordneten Ultraschallquelle zugewandt ist. Dies ermöglicht einen kompakten Aufbau der Einrichtung, da die Linsen unmittelbar, d. h. flächenbündig an die Abstrahlfläche angeköpelt werden können.

[0011] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform sind die zu verschiedenen Ultraschallsendern gehörenden Linsen aus unterschiedlichen Werkstoffen aufgebaut.

[0012] Ein besonders kompakter Aufbau lässt sich dann verwirklichen, wenn die Ultraschallsender eine um eine gemeinsame Mittelnachse rotationssymmetrische Sendefläche aufweisen, und jeweils einen Fokus erzeugen, der auf dieser gemeinsamen Mittelnachse liegt.

[0013] Die genannte Aufgabe wird außerdem mit einer Einrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruches 5 gelöst. Anstelle der Verwendung von Linsen zum Erzeugen von fokussierten Stoßwellen ist gemäß Patentanspruch 5 die Verwendung von Ultraschallquellen vorgesehen, die von vornherein eine gekrümmte Abstrahlfläche derart aufweisen, dass die von ihnen emittierten Ultraschallwellen fokussiert sind.

Ausführungsbeispiel

[0014] Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Ausführungsbeispiele der Zeichnung verwiesen. Es zeigen:

[0015] **Fig. 1** eine Einrichtung gemäß der Erfindung in einer schematischen Prinzipdarstellung,

[0016] **Fig. 2** eine alternative Ausgestaltung der Erfindung mit einer aus Werkstoffen mit unterschiedlicher akustischer Ausbreitungsgeschwindigkeit zusammengesetzten akustischen Linse,

[0017] **Fig. 3** eine Ausführungsform, die lediglich eine Variation der Form des Fokusgebietes ermöglicht.

[0018] **Fig. 4** eine alternative Ausführungsform mit Ultraschallquellen, die eine gekrümmte Abstrahlfläche aufweisen.

[0019] Gemäß **Fig. 1** umfasst eine Einrichtung zum Erzeugen eines Ultraschallstrahls U1, U2, U3 für die Ultraschalltherapie eine Mehrzahl von Ultraschallsendern S1 bis S3, die konzentrisch um eine gemeinsame Mittelnachse A angeordnet sind und eine um diese Achse rotationssymmetrische Sendefläche aufweisen. Jeder Ultraschallsender S1 bis S3 enthält eine Ultraschallquelle Q1 bis Q3 mit einer planen Abstrahlfläche. Die innenliegende Ultraschallquelle Q1 hat eine kreisscheibenförmige Abstrahlfläche, während die außenliegenden Ultraschallquellen Q2 und Q3 jeweils ringförmige Abstrahlflächen haben. Jeder Ultraschallquelle Q1 bis Q3 ist eine plankonkave

akustische Linse L1 bis L3, zugeordnet, deren konkave Oberflächen voneinander verschiedene Krümmungsradien aufweisen, so dass die zu den Ultraschallsendern S1 bis S3 jeweils gehörenden Foki F1 bis F3 auf dieser gemeinsamen Mittelnachse A an räumlich voneinander verschiedenen Stellen liegen. Die außenliegenden Linsen L2, L3 sind ringförmig, während die innenliegende Linse L1 durch eine plankonkave Scheibe gebildet ist. Die Linsen L1 bis L3 sind mit ihren Planflächen nahe an den Abstrahlflächen der Ultraschallquellen Q1 bis Q3, d. h. in einem Abstand der kleiner als 10 cm ist, vorzugsweise in einem Abstandsbereich zwischen 0.1 und 4 cm angeordnet.

[0020] Die Ultraschallsender S1 bis S3 sind einzeln ansteuerbar, so dass sich je nach Auswahl des angesteuerten Ultraschallsenders (in der Figur S1) eine unterschiedliche Tiefenlage des Fokus (in der Figur Ultraschallstrahl U1 mit Fokus F1) ergibt. Werden mehrere Ultraschallsender S1 bis S3 gleichzeitig angesteuert, so ergibt sich je nach Auswahl der Ultraschallsender S1 bis S3 eine Veränderung der räumlichen Lage und Ausdehnung des Fokusgebietes.

[0021] In der alternativen Ausgestaltung gemäß **Fig. 2** ist anstelle einer konzentrischen Linsenanordnung mit unterschiedlichen Krümmungsradien eine konzentrische Anordnung von Linsen M1, M2 vorgesehen, deren konkave Oberflächen denselben Krümmungsradius aufweisen, die jedoch aus Werkstoffen bestehen, in denen sich der Ultraschall mit unterschiedlicher Geschwindigkeit ausbreitet, so dass sich auch in diesem Fall die räumliche Lage der von ihnen erzeugten Foki F1 bzw. F2 unterscheidet.

[0022] Im Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 3** ist eine konzentrische Anordnung von Ultraschallsendern S1 und S2 vorgesehen, deren Ultraschallquellen Q1 und Q2 eine einzige plankonkave Linse L zugeordnet ist. Mit dieser Einrichtung ist zwar die Tiefenlage der Foki F1 bzw. F2 der von den Ultraschallsendern S1 und S2 jeweils erzeugten Ultraschallstrahlen U1 bzw. U2 identisch, jedoch ist deren Ausdehnung (Fokusbereich und Fokusbereich) verschieden und somit durch Auswahl oder Kombination der angesteuerten Ultraschallsender S1 und S2 veränderbar. Wird nur der innerste Ultraschallsender S1 aktiviert, so ergibt sich ein Fokus F1 mit größerem Durchmesser d1 als bei Aktivierung des äußeren Ultraschallsenders S2, der einen Ultraschallstrahl U2 mit einem Fokus mit kleinerer Fokusbereich und kleinerem Durchmesser d2 erzeugt.

[0023] Anstelle der Verwendung von Abbildungseinrichtungen ist es grundsätzlich auch möglich, die schallabstrahlenden Flächen der Ultraschallquellen Q1 bis Q3 selbst mit einem Krümmungsradius zu versehen, um die gewünschte Fokussierung zu erzielen, wie dies in **Fig. 4** schematisch veranschaulicht ist.

[0024] Die Erfindung ist außerdem nicht auf konzentrische, ringförmige Anordnungen der Ultraschallsender beschränkt. Vielmehr ist es ausreichend, wenn die Einrichtung eine Mehrzahl von Ultraschallsen-

dem enthält, die getrennt voneinander angesteuert werden können, und die Ultraschallstrahlen erzeugen, deren jeweilige Foki unterschiedliche Eigenschaften (Fokuslage, Fokuslänge oder Fokusdurchmesser) aufweisen.

nen Fokus (F1, F2, F3) erzeugen, der auf dieser gemeinsamen Mittenachse (A) liegt.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Patentansprüche

1. Einrichtung zum Erzeugen von Ultraschallstrahlen (U1, U2, U3) für die Ultraschalltherapie, mit einer Mehrzahl von getrennt voneinander ansteuerbaren Ultraschallsendern (S1, S2, S3), die Ultraschallstrahlen (U1, U2, U3) erzeugen, deren jeweilige Foki (F1, F2, F3) voneinander verschieden sind, wobei jeder Ultraschallsender (S1, S2, S3) eine Ultraschallquelle (Q1, Q2, Q3) umfasst, der zum Fokussieren der von ihr erzeugten Ultraschallstrahlen (U1, U2, U3) eine nahe an der Abstrahlfläche der Ultraschallquelle angeordnete Linse (L1, L2, L3) zugeordnet ist.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, bei der die zu verschiedenen Ultraschallsendern (S1, S2, S3) gehörenden Linsen (L1, L2, L3) aus unterschiedlichen Werkstoffen aufgebaut sind.

3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei der die Ultraschallquellen (Q1, Q2, Q3) der Ultraschallsender (S1, S2, S3) eine ebene Abstrahlfläche aufweisen.

4. Einrichtung nach Anspruch 3, bei der die den Ultraschallquellen (Q1, Q2, Q3) jeweils zugeordneten Linsen (L1, L2, L3) plankonkav sind, wobei deren Planfläche jeweils der Ultraschallquelle (Q1, Q2, Q3) zugewandt ist.

5. Einrichtung zum Erzeugen von Ultraschallstrahlen (U1, U2, U3) für die Ultraschalltherapie, mit einer Mehrzahl von getrennt voneinander ansteuerbaren Ultraschallsendern (S3, S4, S5), die Ultraschallstrahlen (U1, U2, U3) erzeugen, deren jeweilige Foki (F1, F2, F3) voneinander verschieden sind, wobei jeder Ultraschallsender (S1, S2, S3) eine Ultraschallquelle (Q1, Q2, Q3) umfasst, der zum Fokussieren der von ihr erzeugten Ultraschallstrahlen (U1, U2, U3) eine gekrümmte Abstrahlfläche aufweist.

6. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der sich die Durchmesser der Foki (F1, F2, F3) unterscheiden.

7. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der sich die Foki (F1, F2, F3) an verschiedenen Orten befinden.

8. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Ultraschallsender (S1–S6) eine um eine gemeinsame Mittenachse (A) rotations-symmetrische Sendefläche aufweisen und jeweils ei-

Anhängende Zeichnungen

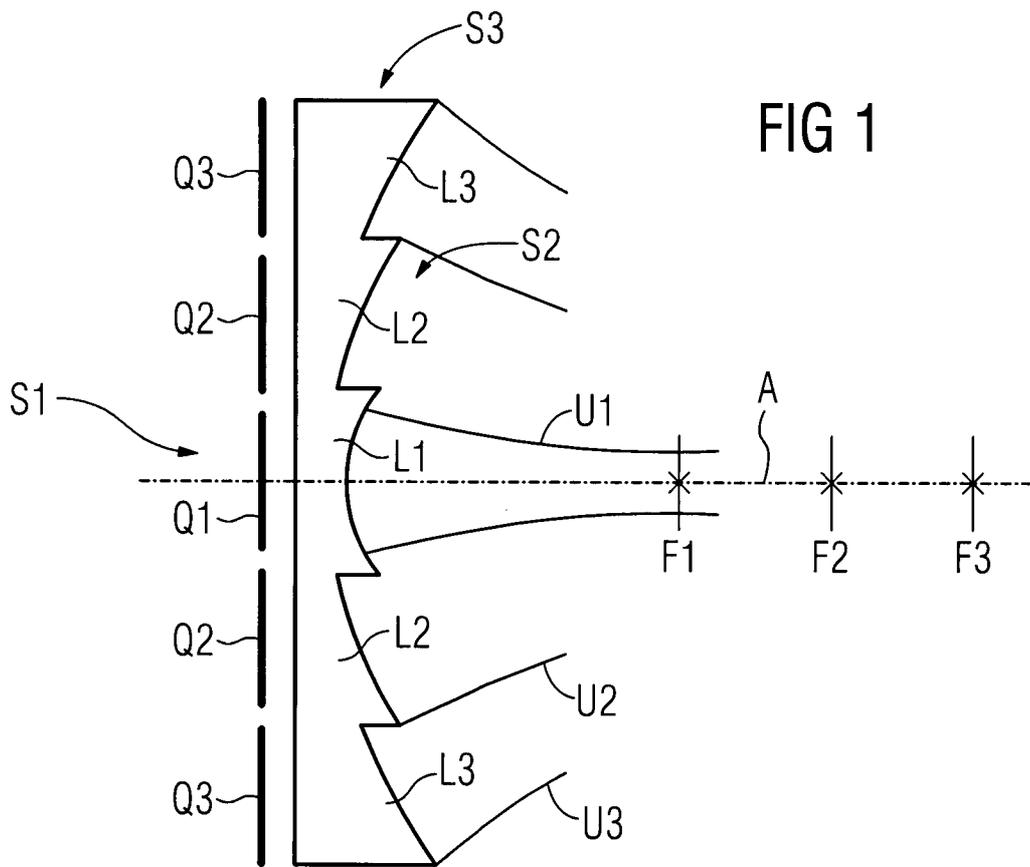


FIG 2

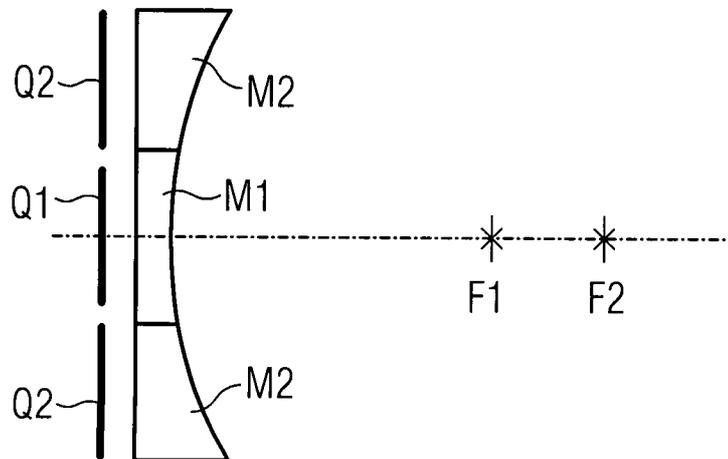


FIG 3

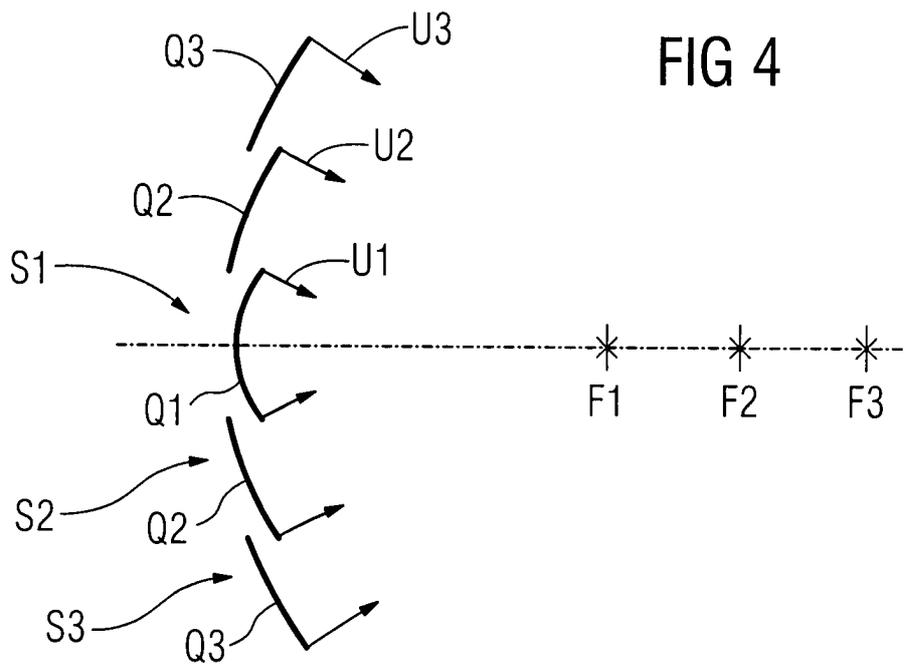
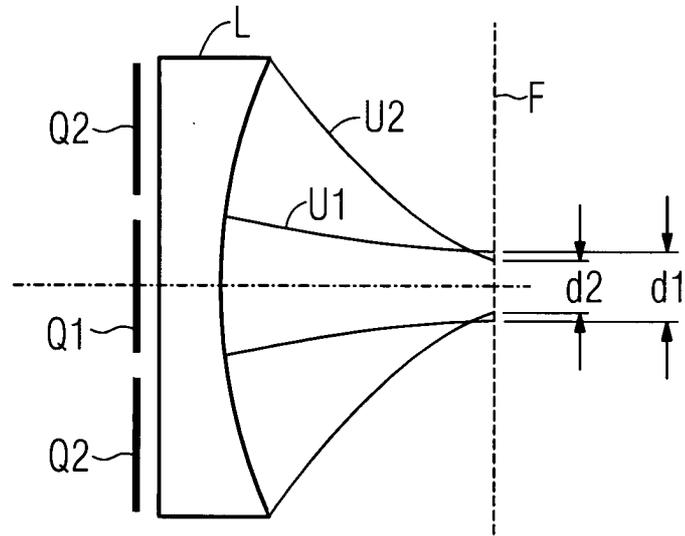


FIG 4