

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

②' Anmeldenummer: 89103112.2

⑤ Int. Cl.⁵: **B06B 1/06**

② Anmeldetaq: 22.02.89

④³ Veröffentlichungstag der Anmeldung:
29.08.90 Patentblatt 90/35

Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE FR GB LI NL

⑦ Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
Wittelsbacherplatz 2
D-8000 München 2(DE)

72 Erfinder: Kaarmann, Hans, Dr. rer. nat.
Eisenstrasse 15
D-8520 Erlangen(DE)

Erfinder: Wersing, Wolfram, Dipl.-Phys.
Weidenweg 4

D-8048 Kirchheim(DE)

Erfinder: Voigt, Martina, Dipl.-Phys.

Ronhoferweg 15

D-8510 Fürth(DE)

Erfinder: **Lerch, Reinhard, Dr.-Ing.**

Röthenbacher Strasse 47

D-8501 Heroldsberg(DE)

Erfinder: **Lubitz, Karl, Dr. Dipl.-Phys.**

Röntgenstrasse 20

D-8012 Ottobrunn(DE)

54 **Ultraschall-Array mit trapezförmigen Schwingerelementen sowie Verfahren und Vorrichtung zu seiner Herstellung.**

57 Das Array (2) umfaßt bevorzugt eine Anzahl nebeneinander liegender Schwingerelemente (4) mit trapezförmigem Querschnitt. Einschnitte (22) trennen die einzelnen Schwingerelemente (4) voneinander. Sie verlaufen von der Ankoppelschicht (24) über die erste Elektrode (8), das Piezomaterial (6), die zweite Elektrode (10) bis in den Dämpfungskörper (20). Die Einschnitte (22) werden bevorzugt mit einem Excimer-Laser (42) hergestellt, dessen Laserlicht (44) über eine Fokussiereinrichtung (46) in Form einer Zylinderlinse in einem Strichfokus (54) auf dem vorbereiteten, zu schneidenden Schichtenmaterial (40) fokussiert wird. Das Schichtenmaterial (40) enthält dabei eine Piezokeramik als Piezomaterial (6).

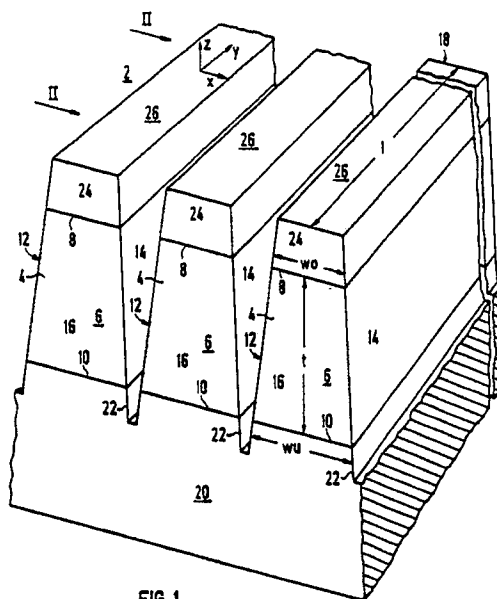


FIG 1

Ultraschall-Array mit trapezförmigen Schwingerelementen sowie Verfahren und Vorrichtung zu seiner Herstellung

Die Erfindung betrifft ein Ultraschall-Array mit einer Anzahl nebeneinander liegender Schwingerelemente, die an einer ersten und zweiten Elektrodenfläche, die einander gegenüberliegen, mit einem Elektrodenmaterial belegt sind, wobei alle Schwingerelemente mit ihrer zweiten Elektrodenfläche in einer Grundfläche angeordnet sind, und die eine erste und eine zweite Berandungsfläche aufweisen, die einander gegenüberliegen und nicht-parallel zueinander ausgerichtet sind. Die Erfindung bezieht sich weiter auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung eines solchen Arrays.

Ein Ultraschall-Array der genannten Art ist aus Fig. 5 der DE-PS 28 29 570 (= VPA 78 P 5065) bekannt. Hierbei handelt es sich um ein Ultraschall-Array, das auf einem Träger oder Dämpfungskörper eine Anzahl nebeneinander liegender Ultraschall-Wandler- oder Schwingerelemente von trapezförmigem Querschnitt aufweist. Die mit Elektrodenmaterial belegten, einander parallel gegenüberliegenden ersten und zweiten Elektrodenflächen sind jeweils rechteckig ausgebildet. Zwei ebene Berandungsflächen laufen jeweils keilförmig aufeinander zu. Bei diesem Ultraschall-Array werden zwei Typen von Schwingerelementen abwechselnd nebeneinander eingesetzt: solche, bei denen die als Abstrahlfläche dienende erste Elektrodenfläche größer ist als die dem Dämpfungskörper zugewandte oder in einer Grundfläche angeordnete zweite Elektrodenfläche, und solche, bei denen umgekehrt die als Abstrahlfläche dienende erste Elektrodenfläche kleiner ist als die dazu parallele zweite Elektrodenfläche. In dieser DE-PS 28 29 570 ist weiter angegeben, daß sich ein Ultraschall-Array, insbesondere ein solches mit Feinunterteilung der einzelnen Wandlerelemente, in einer Sägetechnik, z. B. mittels eines Laser-Schneidstrahls, herstellen läßt.

Ein solches Ultraschall-Array ist nicht als Phased-Array-Applikator geeignet, da die beiden jeweils nebeneinanderliegenden Schwingerelement-Typen unterschiedliche Abstrahlcharakteristiken besitzen. Die Breite der Abstrahlfläche eines jeden Schwingerelementes muß kleiner oder gleich $\lambda/2$ sein, wobei λ die Wellenlänge des ausgesandten Ultraschalls im Ausbreitungsmedium ist. Diese Bedingung läßt sich in einem Ultraschall-Array mit zwei verschiedenen Schwingerelement-Typen nicht oder nur unvollkommen einhalten. Die Erfindung basiert daher auf der Forderung, daß in einem Ultraschall-Array mit Anwendung als Phased-Array-Applikator nur gleich ausgebildete Schwingerelemente eingesetzt werden sollten.

Die ältere deutsche Patentanmeldung P 37 39 226.3 gibt an, daß akustische Querkopplungen zwischen den einzelnen Ultraschallwandlern eines Ultraschallwandler-Arrays verringert werden können, wenn die dem Tragkörper zugewandten zweiten Elektrodengrundflächen größer sind als ihre vom Tragkörper abgewandten Stirnflächen oder ersten Elektrodenflächen. Bei einem linearen Array entstehen so Ultraschallwandler, deren parallel zur Längsrichtung des Arrays verlaufende Querschnittsfläche die Gestalt eines gleichschenkligen Trapezes hat. Die gegenüberliegenden Seitenflächen der zwischen den Ultraschallwandlern befindlichen Trennfugen sind dann nicht mehr parallel und die Querschnittsfläche der Trennfuge hat dann eine trapezförmige Gestalt. Die Herstellung derartiger Trennfugen mit trapezformigem Querschnitt kann beispielsweise mittels zweier zueinander in einem spitzen Winkel geneigter Sägeschnitte durchgeführt werden. Bei größeren Ultraschallwandler-Arrays ist jedoch der Anstellwinkel des Sägeblatts relativ zur Stirnfläche des Arrays begrenzt. Außerdem sind exakte Schrägschnitte nur mit größerem technischen Aufwand zu realisieren.

Die Erfindung hat sich zum Ziel gesetzt, ein aus einzelnen Schwingerelementen aufgebautes Ultraschall-Array anzugeben, das die Erzeugung von kurzen Ultraschallimpulsen mit einer Mittenfrequenz im Bereich von 1 bis 50 MHz mit hoher Bandbreite ermöglicht. Die Schwingerelemente, die aus einem beidseitig mit Elektrodenmaterial belegten piezoelektrischen Keramikmaterial bestehen, sollen dabei als Dickenschwinger arbeiten. Die Richtdiagramme der einzelnen Schwingerelemente, und zwar aller Schwingerelemente, sollen einen möglichst großen Öffnungswinkel besitzen, damit das Ultraschall-Array als lineare Phased-Array-Antenne eingesetzt werden kann, die dem Abtasten (Scannen) akustisch transparenter Medien mit Hilfe von Ultraschall-Impulsen dient, vorzugsweise zur Ultraschall-Untersuchung von Patienten. Natürlich sollen die einzelnen Schwingerelemente hohe Sende- und Empfangsübertragungsfaktoren aufweisen.

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein Ultraschall-Array der eingangs genannten Art anzugeben, das als Phased-Array-Antenne zum Abtasten akustisch transparenter Medien eingesetzt werden kann. Weiterhin sollen ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Ultraschall-Arrays sowie eine Vorrichtung für die Herstellung angegeben werden.

Die erstgenannte Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Schwingerelemente so ausgerichtet sind, daß sich ihr Querschnitt in Richtung von der ersten zur zweiten Elektrodenfläche in gleicher Weise ändert.

Es werden somit alles gleichartige Schwingerelemente mit nichtparallelen Berandungsflächen eingesetzt; Alle Schwingerelemente haben somit dieselbe Richtcharakteristik und - bei geeignet gewählter Dimensionierung - alle denselben Öffnungswinkel geeigneter Größe.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung wird die Anordnung so getroffen, daß die der Abstrahlfläche der Schwingerelemente zugewandte erste Elektrodenfläche jeweils kleiner ist als die dem Dämpfungskörper zugewandte zweite Elektrodenfläche.

Das Verfahren zur Herstellung eines solchen Ultraschall-Arrays geht aus von einer Methode, bei der ein piezoelektrisches Material mit einem Laser-Schneidstrahl an parallel beabstandeten Linien bestrahlt wird. Die zweitgenannte Aufgabe wird unter Zugrundelegung dieser Methode erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß eine piezoelektrische Keramik nur an einer Seite mit konvergierendem Laserlicht an den parallel beabstandeten Linien bestrahlt wird derart, daß in der Keramik nebeneinanderliegende Einschnitte mit nichtparallelen Wänden entstehen.

Eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens enthält einen Laser, dessen Laserstrahl auf ein piezoelektrisches Material lenkbar ist. Sie ist erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem piezoelektrischen Material und dem Laser eine Fokussiereinrichtung angeordnet ist, die auf dem piezoelektrischen Material einen konvergierenden Laserlicht-Schneidstrahl erzeugt.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden anhand von sechs Figuren näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 einen Ausschnitt eines Ultraschall-Arrays in perspektivischer Ansicht;

Fig. 2 einen zentralen Schnitt in Längsrichtung der Schwingerelemente des Ultraschall-Arrays nach Fig. 1 zur Illustration der Elektrodenanschlüsse;

Fig. 3 einen seitlichen Blick auf die Schwingerelemente des Ultraschall-Arrays nach Fig. 1 zur Illustration der Elektrodenanschlüsse;

Fig. 4 eine Vorrichtung mit einer Sammellinse zur Herstellung eines Arrays,

Fig. 5 eine Vorrichtung mit einer Zylinderlinse zur Herstellung eines Ultraschall-Arrays; und

Fig. 6 eine Vorrichtung mit einer Maske und einem Abbildungssystem zur Herstellung eines Ultraschall-Arrays.

Bisher wurden in der Praxis vorwiegend Schwingerelemente mit gleicher quaderförmiger Geometrie in phasengesteuerten Ultraschall-Antennen (Phased Arrays) eingesetzt. Die parallelen geometrischen Begrenzungsflächen der Schwingerelemente führen nachteiligerweise zu sehr definierten und ausgeprägten Resonanzen der Querschwingungsmoden. Die Resonanzstellen solcher Wandler- oder Schwingerelemente ergeben sich unmittelbar aus der Schallausbreitungsgeschwindigkeit und der geometrischen Länge oder Breite nach folgender Gleichung (1):

$$f_{\text{res}} = \frac{c}{2w} (2n + 1) \quad (1)$$

mit

$n = 0, 1, 2, 3, \dots$ und

f_{res} : Resonanzfrequenz der Schwingerelemente,

c : Schallausbreitungsgeschwindigkeit,

w : Breite (bzw. Länge) des Schwingers.

Diese ausgeprägten Resonanzen sind zwar in Dickenrichtung z durchaus erwünscht. In Querrichtung (x und/oder y) jedoch haben solche Moden parasitären Charakter. Sie deformieren das Ultraschallfeld und reduzieren den Wirkungsgrad. Die Unterdrückung dieser parasitären Schwingungsmoden ist daher wesentlich.

Nach Fig. 1 enthält ein als Phased-Array für medizinische Zwecke geeignetes Ultraschall-Array 2 eine Anzahl nebeneinanderliegender Schwingerelemente 4. Kern jedes Schwingerelementes 4 ist ein piezoelektrisches Material 6, insbesondere eine Piezokeramik wie z. B. vom PZT-5 Typ, das an einander parallel gegen überliegenden ersten und zweiten Elektrodenflächen mit einem Elektrodenmaterial 8 bzw. 10 belegt ist. Alle (nicht quaderförmigen) Schwingerelemente 4 sind gleich und sind so ausgerichtet, daß sich ihr Querschnitt in Richtung von der ersten zur zweiten Elektrodenfläche 8 bzw. 10 in derselben Weise kontinuierlich ändert, hier ist die erste Elektrodenfläche 8 kleiner als die zweite Elektrodenfläche 10. Alle Schwingerelemente sind mit ihrer zweiten Elektrodenfläche 10 in einer Grundfläche angeordnet. Zur Vermeidung definierter Querresonanzen werden Schwingerelemente 4 mit einander gegenüberliegenden, nicht parallelen ersten und zweiten Berandungsflächen 12 bzw. 14 in Querrichtung x verwendet. Auch die dritten und vierten Berandungsflächen in Längsrichtung y jedes Schwingerelementes 4, die in Fig. 1 mit 16 und 18 bezeichnet sind, sind vorzugsweise nicht-parallel zueinander. Dies hat zur Folge, daß obige Resonanzbedingung (1) für diese Raumrichtungen x , y nicht mehr erfüllt ist.

Beispielsweise eignet sich dazu jeweils ein Schwingerelement 4 mit trapezförmigem Querschnitt, wie in Fig. 1 gezeigt. Die seitlichen Berandungslinien des Trapezes kann man sich zur Veranschaulichung durch

eine Treppenfunktion approximiert denken. Für jede dieser Treppenstufen gilt die obige Resonanzbedingung (1). Man erreicht durch den trapezförmigen Schwingerquerschnitt also die Verschmierung einer definierten Querresonanz, die bei parallelen Wänden aufträte, auf das Frequenzband, das durch f_{resu} und f_{reso} gegeben ist:

$$f_{\text{resu}} = \frac{c}{2w_u} (2n+1) \quad \text{mit} \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

und

$$f_{\text{reso}} = \frac{c}{2w_o} (2n+1) \quad \text{mit} \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots, \text{ wobei}$$

w_u : Länge der unteren Trapezkante und

w_o : Länge der oberen Trapezkante bedeutet, wobei

Auch/oder der jeweilige Längsschnitt kann trapezförmig ausgebildet sein.

Durch Schwingerelementgeometrien mit nicht-parallelen Berandungsflächen 12, 14 und/oder 16, 18 werden die parasitären Schwingungsmoden unterdrückt, während der Nutzmode (= Dickenmode) angehoben wird.

Die einzelnen Schwingerelemente 4 befinden sich auf einem gemeinsamen Dämpfungskörper 20, dessen Oberfläche die Grundfläche darstellt, in der die zweiten Elektrodenflächen 10 der Schwingerelemente 4 angeordnet sind. Dieser kann bekanntermaßen aus einem mit Teilchen gefüllten Kunststoff, der z. B. auf Epoxid-oder Polyurethan basiert, bestehen. Die einzelnen Schwingerelemente 4 mit im wesentlichen glatten Berandungsflächen 12, 14 sind dabei durch V-förmige Spalte oder Einschnitte 22 voneinander getrennt. Es ist bemerkenswert, daß sich die V-förmigen Einschnitte 22 bei der vorliegenden Ausführung jeweils bis in den Dämpfungskörper 20 hinein erstrecken. Jedes Schwingerelement 4 ist abstrahlseitig mit einer Ankoppelschicht 24 versehen. Es ist also hervorzuheben, daß bei der vorliegenden Ausführung nicht eine gemeinsame, alle Schwingerelemente 4 überdeckende Ankoppelschicht eingesetzt wird. Vielmehr sind vorliegend die einzelnen Ankoppelschichten 24 ebenfalls durch den V-förmigen Spalt 22 voneinander getrennt. Dies gewährleistet eine gute akustische Entkopplung. Der für alle Schichten 24, 8, 6, 10 und 20 gemeinsame Einschnitt 22 wird bei der Herstellung des Ultraschall-Arrays 2 jeweils in einem Arbeitsgang hergestellt. Die Ultraschall-Abstrahlfläche auf jeder Ankoppelschicht 24 ist jeweils mit 26 bezeichnet.

Es hat sich gezeigt, daß ein Keilwinkel von 2° bis 3° des Einschnitts 22 für die Verhinderung von Quermoden ausreichend ist. Dieser Keilwinkel ist durch die Nichtparallelität der Berandungsflächen 12, 14 bestimmt.

Vorliegend ist also die der Abstrahlfläche der Schwingerelemente 4 zugewandte erste Elektrodenfläche 8 kleiner als die der Dämpfungsschicht 20 zugewandte wirksame zweite Elektrodenfläche 10.

In einem realisierten Ausführungsbeispiel betrug der Keilwinkel $2,5^\circ$, die Dicke t des einzelnen Schwingerelements 4 $t = 0,4$ mm, die Länge $l = 12$ mm und die Breite $w_u = 0,2$ mm. Anzumerken ist, daß die zu verwendende Dicke t vom Piezomaterial und die Breite w_u vom Medium, in dem sich nach der Ankopplung der Ultraschall ausbreitet, abhängig ist. Die Breite w_u sollte kleiner oder gleich $\lambda/2$ sein, wobei λ die Wellenlänge ist. Die Dicke t und die Breite w_u sollten sich um einen Faktor 2 oder größer unterscheiden. Vorliegend wurde bei der Dimensionierung ein Faktor von ziemlich genau 2 gewählt.

In der verkleinerten Seitenansicht von Fig. 2 ist schematisch dargestellt, daß die abstrahlseitige erste Elektrode 8 seitwärts an beiden Rändern umgebogen und von den Rändern über eine Masseleitung 28 elektrisch zu einem gemeinsamen Punkt 30, z. B. zu einem geerdeten Anschluß 32, geführt ist. Die rückseitige zweite Elektrode 10 hat einen Mittelabgriff, der über eine Leitung 34 mit einem weiteren Anschluß 36 verbunden ist.

Aus Fig. 3 ergibt sich, daß seitwärts eine Anzahl von nach unten geführten Leitungen 34 aus dem Ultraschall-Array 2 herausragen.

Schwingerelemente 4 mit nicht-parallelen Berandungsflächen 12, 14 und/oder 16, 18 sind mit den üblichen Bearbeitungsverfahren (mechanisches Sägen oder Trennschleifen) nur unter großen Schwierigkeiten herzustellen. Deshalb wird dieses Problem vorliegend durch den Einsatz einer Einrichtung mit Lasersägetechnik ("Lasersäge") gelöst. Prinzipiell können hierfür verschiedene Arten von Lasern verwendet

werden, wie z. B. Argon-Ionen- und Nd-YAG-Laser. Dabei ist allerdings Voraussetzung, daß die Energie zum Schneiden in sehr kurzen energiereichen Impulsen dem vorbereiteten Schichtenpaket 40 (bestehend aus den Schichten 24, 8, 6, 10, 20 mit Piezokeramik 6) zugeführt wird, so daß in der Umgebung der Schnittkante oder Rille keine größere Erhitzung des Materials eintritt. Diese würde eine hohe Bleiverarmung in der PZT-Keramik 6 hervorrufen, so daß die Keramik 6 in der entsprechenden Umgebung des jeweiligen Schnittes, z. B. des Einschnitts 22, inaktiv würde.

Da die Keramik 6 für das Licht der obengenannten Laser prinzipiell durchsichtig ist, erfolgt die Absorption der Laserstrahlung nur aufgrund nichtlinearer Effekte. Dies bedingt, daß die Schnittoberflächen nicht sehr glatt werden und an den Kanten 22 Wülste entstehen.

Nach den Vorrichtungen von Fig. 4 bis 6 kommt deshalb zur Vermeidung von Überhitzungen und zur Erzielung glatter Flächen ein Excimer-Laser 42 zum Einsatz, dessen im ultravioletten Bereich liegendes Licht direkt von der Piezokeramik 6 im Schichtenpaket 40 absorbiert wird.

Nach Fig. 4 wird die aus dem Laser 42 austretende Strahlung 44 mit einer Fokussiereinrichtung 46, die einen Punktfokus 48 erzeugt, also vorzugsweise mit einer Sammellinse, fokussiert und auf die abzutragende Stelle der Keramik 6 im Paket 40 eingestrahlt. Durch die Fokussiereinrichtung 46 kann die gewünschte V-Form der Einschnitte 22 und damit die Trapezform der Schwingerelemente 4 gewählt werden. Die Einschnitte 22 entstehen nun durch eine relative Bewegung der piezoelektrischen Keramik 6 und des Laserlichts mit dem Punktfokus 48 während der Bestrahlung zueinander. Vorzugsweise wird nur das Schichtenpaket 40 zur Erzeugung der Einschnitte 22 bewegt. Dazu ist das Schichtenpaket 40 auf einen Halter 50 montiert, der in Pfeilrichtung 52 bewegt wird.

Die Vorrichtung nach Fig. 5 ist ähnlich aufgebaut wie die Vorrichtung nach Fig. 4. Die Fokussiereinrichtung 46 besteht hier aus einer Zylinderlinse, die das Laserlicht 44 zu einem Strichfokus 54 konvergiert, der die Länge des Einschnitts 22 aufweist. Durch die Verwendung des Strichfokus 54 zur Erzeugung der Einschnitte 22 kann die Relativbewegung, die durch den Pfeil 52 in Fig. 4 angedeutet ist, vermieden werden.

Der Abstand der Einschnitte (22, d. h. die Breite w der Schwingerelemente 4, wird in Fig. 4 und 5 durch entsprechenden mechanischen (schrittweisen) Vorschub des Pakets 40 quer zur Hauptstrahlrichtung s des Laserstrahls eingestellt. Dazu wird dieses Paket 40 mit dem Halter 50 schrittweise in Pfeilrichtung 56 bewegt.

Eine weitere Vorrichtung zur Herstellung von V-förmigen Einschnitten zeigt Fig. 6. Die aus dem Laser 42 austretende Strahlung 44 wird über die Strahlaufweitungseinrichtung 58 verbreitert, so daß der aufgeweitete Laserstrahl 59 die gesamte Array-Fläche bestrahlt. Der Laserstrahl 59 passiert dann eine Maske 60, die mit Schlitzfenstern 62 versehen ist. Die Anordnung der Schlitzfenster 62 stellt ein Abbild der nebeneinanderliegenden Einschnitte 22 in der Keramik 6 dar. Diese Maske 60 wird mit der Fokussiereinrichtung 46, die nun ein abbildendes System darstellt, auf der Oberfläche des Schichtenpakets 40 abgebildet, so daß aus dem aufgeweiteten Laserstrahl 59 ebenso viele Linienfokusse gleichzeitig erzeugt werden, wie Einschnitte 22 in die Keramik 6 einzubringen sind. Die Vorrichtung nach Fig. 6 erlaubt somit die Herstellung aller parallel beabstandeten Einschnitte 22 im Ultraschall-Array 2 in einem Arbeitsgang.

Bei den Herstellungsverfahren nach Fig. 4 bis 6 wird durch die Anzahl der Laserimpulse die Schnitttiefe der Einschnitte 22 eingestellt. Dies ist mit sehr hoher Wiederholgenauigkeit möglich.

Ansprüche

1. Ultraschall-Array (2) mit einer Anzahl nebeneinanderliegender Schwingerelemente (4), die an einer ersten und einer zweiten Elektrodenfläche, die einander gegenüberliegen, mit einem Elektrodenmaterial (8 bzw. 10) belegt sind, wobei alle Schwingerelemente (4) mit ihrer zweiten Elektrodenfläche (8) in einer Grundfläche angeordnet sind, und die eine erste und eine zweite Berandungsfläche (12 bzw. 14; 16 bzw. 18) aufweisen, die einander gegenüberliegen und nicht-parallel zueinander ausgerichtet sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schwingerelemente (4) so ausgerichtet sind, daß sich ihr Querschnitt in Richtung von der ersten Elektrodenfläche (8) zur zweiten Elektrodenfläche (10) in gleicher Weise ändert.

2. Ultraschall-Array nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die als Abstrahlflächen dienenden ersten Elektrodenflächen (8) kleiner sind als die in der Grundfläche angeordneten zweiten Elektrodenflächen (10).

3. Ultraschall-Array nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß auch eine dritte und eine vierte Berandungsfläche (16, 18), die einander gegenüberliegen, nicht-parallel zueinander ausgebildet sind.

4. Ultraschall-Array nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die nicht-parallelen Berandungsflächen (12, 14; 16, 18) im wesentlichen eben ausgebildet sind.

5. Ultraschall-Array nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schwingerelemente (4) einen trapezförmigen Längsschnitt und/oder einen trapezförmigen Querschnitt aufweisen.

6. Ultraschall-Array nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schwingerelemente (4) auf einem gemeinsamen Dämpfungskörper (20) angeordnet und jeweils durch einen im
5 Schnitt V-förmigen Einschnitt (22) voneinander getrennt sind.

7. Ultraschall-Array nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß jedes Schwingerelement (4) abstrahlseitig mit einer Ankoppelschicht (24) versehen ist, und daß die Ankoppelschichten (24) nebeneinanderliegender Schwingerelemente (4) voneinander durch einen V-förmigen Einschnitt (22) getrennt sind.

10 8. Verfahren zur Herstellung eines Ultraschall-Arrays nach einem der Ansprüche 4 bis 7, bei dem ein piezoelektrisches Material mit einem Laser-Schneidstrahl an parallel beabstandeten Linien bestrahlt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine piezoelektrische Keramik (6) nur an einer Seite mit konvergierendem Laserlicht (44) an den parallel beabstandeten Linien bestrahlt wird derart, daß in der Keramik (6) nebeneinanderliegende Einschnitte (22) mit nicht-parallelen Wänden (12, 14; 16, 18) entstehen.

15 9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Laserlicht (44) in einem Punktfokus (48) konvergiert und daß der Einschnitt (22) durch eine relative Bewegung der piezoelektrischen Keramik (6) und des Laserlichts während der Bestrahlung zueinander entsteht.

10. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Laserlicht (44) in einem Strichfokus (54) konvergiert, der die Länge des Einschnitts (22) aufweist.

20 11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß nach jedem Bestrahlen die Keramik (6) um einen Schritt quer zur Hauptstrahlungsrichtung (s) des konvergierenden Laserlichtes verschoben wird.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Erzeugung des in den Strichfokus (54) konvergierenden Laserlichts ein Laser (42) vorgesehen ist, dessen Laserstrahl (44) auf eine
25 Zylinderlinse gelenkt ist.

13. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Laserlicht (59) über eine Maske (60) gelenkt wird, die mit Schlitzen (62) versehen ist, wobei die Anordnung der Schlitze (62) ein Abbild der nebeneinanderliegenden Einschnitte (22) in der Keramik (6) ist und daß diese Maske (60) während des Bestrahlens auf der Keramik (6) so abgebildet wird, daß nebeneinanderliegende Einschnitte (22) entstehen.

30 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß an jeder der parallel beabstandeten Linien mehrere Laserlichtimpulse in die Keramik (6) eingestrahlt werden.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Erzeugung des Laserlichts ein Laser (42) vorgesehen ist, dessen Laserlicht (44) im ultravioletten Bereich liegt.

16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Laser (42) ein Excimer-Laser ist,
35 dessen Laserlicht (44) von der piezoelektrischen Keramik (6) absorbiert wird.

17. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 8 bis 16 mit einem Laser (42), dessen Laser strahl auf ein piezoelektrisches Material lenkbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen dem piezoelektrischen Material und dem Laser (42) eine Fokussiereinrichtung (46) angeordnet ist, die auf dem piezoelektrischen Material einen konvergierenden Laserlicht-Schneidstrahl erzeugt.

40

Patentansprüche für folgenden Vertragsstaat; DE

1. Verfahren zur Herstellung eines Ultraschall-Arrays, bei dem ein piezoelektrisches Material mit einem Laser-Schneidstrahl an parallel beabstandeten Linien bestrahlt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine
45 piezoelektrische Keramik (6) nur an einer Seite mit konvergierendem Laserlicht (44) an den parallel beabstandeten Linien bestrahlt wird derart, daß in der Keramik (6) nebeneinanderliegende Einschnitte (22) mit nicht-parallelen Wänden (12, 14; 16, 18) entstehen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Laserlicht (44) in einem Punktfokus (48) konvergiert und daß der Einschnitt (22) durch eine relative Bewegung der piezoelektrischen Keramik (6) und des Laserlichts während der Bestrahlung zueinander entsteht.
50

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Laserlicht (44) in einem Strichfokus (54) konvergiert, der die Länge des Einschnitts (22) aufweist.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß nach jedem Bestrahlen die Keramik (6) um einen Schritt quer zur Hauptstrahlungsrichtung (s) verschoben wird.

55 5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Erzeugung des in dem Strichfokus (47) konvergierenden Laserlichts ein Laser (42) vorgesehen ist, dessen Laserstrahl (44) auf eine Zylinderlinse gelenkt ist.

6. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Laserlicht (44) über eine Maske

(60) gelenkt wird, die mit Schlitzten (62) versehen ist, wobei die Anordnung der Schlitzte (62) ein Abbild der nebeneinanderliegenden Einschnitte (22) in der Keramik (6) ist und daß diese Maske (60) während des Bestrahleins auf der Keramik (6) so abgebildet wird, daß nebeneinanderliegende Einschnitte (22) entstehen.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß an jeder der parallel
5 beabstandeten Linien mehrere Laserlichtimpulse in die Keramik (6) eingestrahlt werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Erzeugung des Laserlichts ein Laser (42) vorgesehen ist, dessen Laserlicht (44) im ultravioletten Bereich liegt.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Laser (42) ein Excimer-Laser ist, dessen Laserlicht (44) von der piezoelektrischen Keramik (6) absorbiert wird.

10. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 mit einem Laser
10 (42), dessen Laserstrahl auf ein piezoelektrisches Material (6) lenkbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen dem piezoelektrischen Material und dem Laser (42) eine Fokussiereinrichtung (46) angeordnet ist, die auf dem piezoelektrischen Material (40) einen konvergierenden Laserlicht-Schneidstrahl erzeugt.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

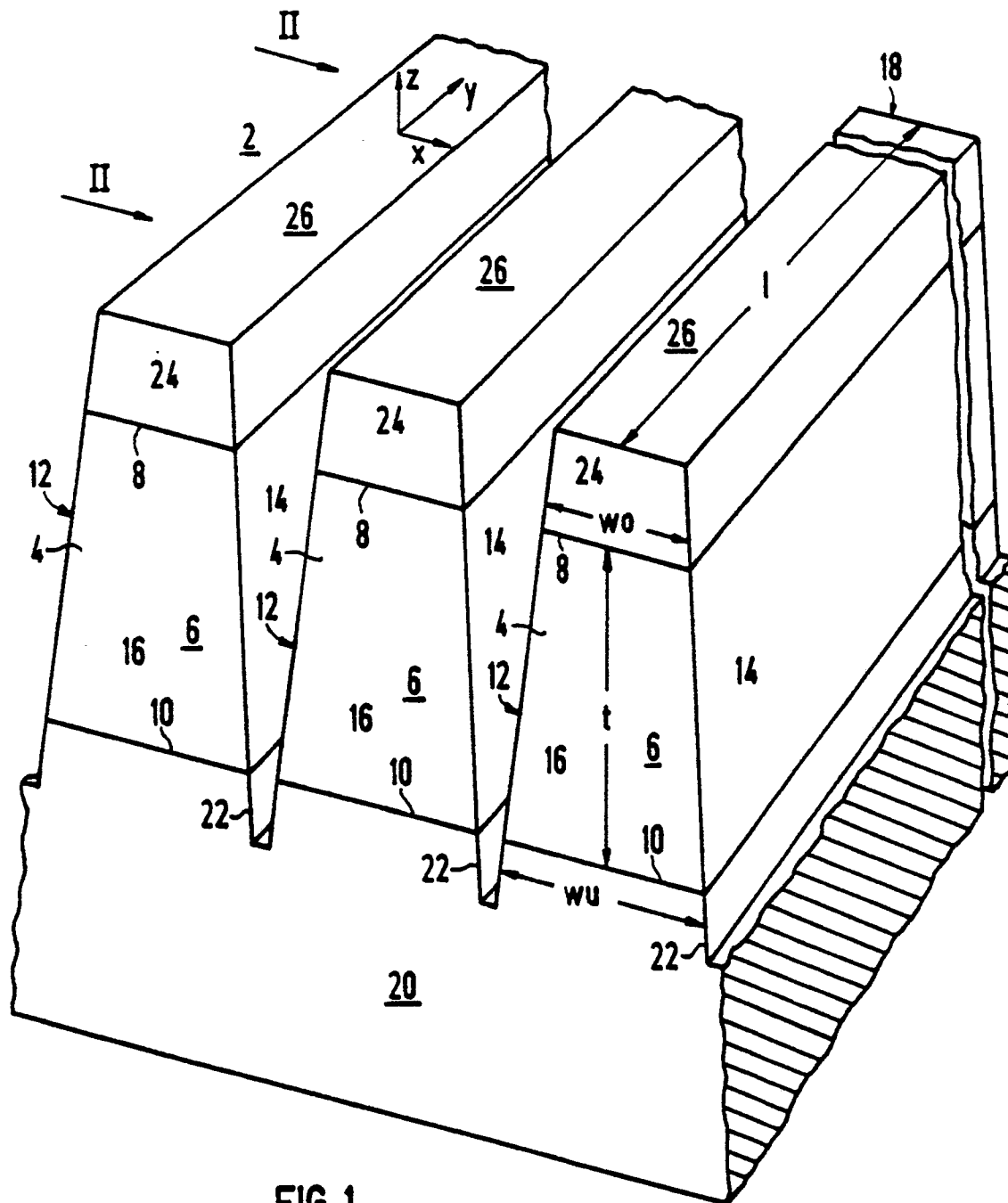


FIG 1

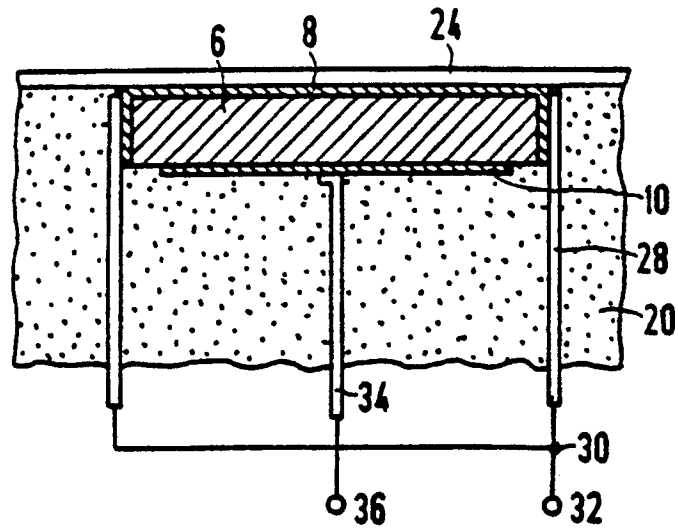


FIG 2

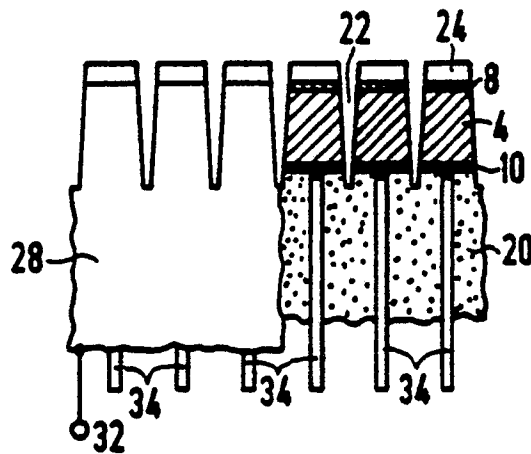


FIG 3

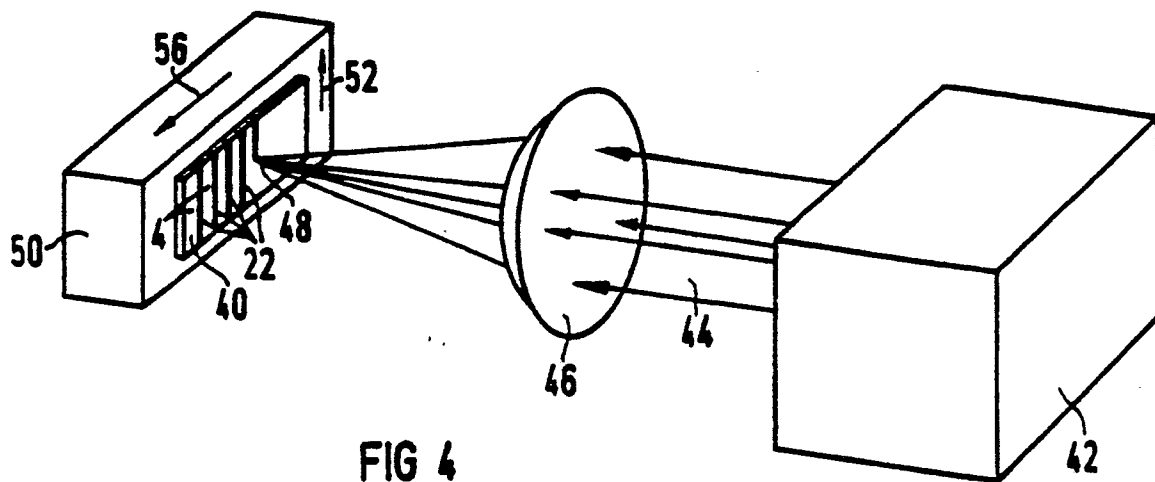


FIG 4

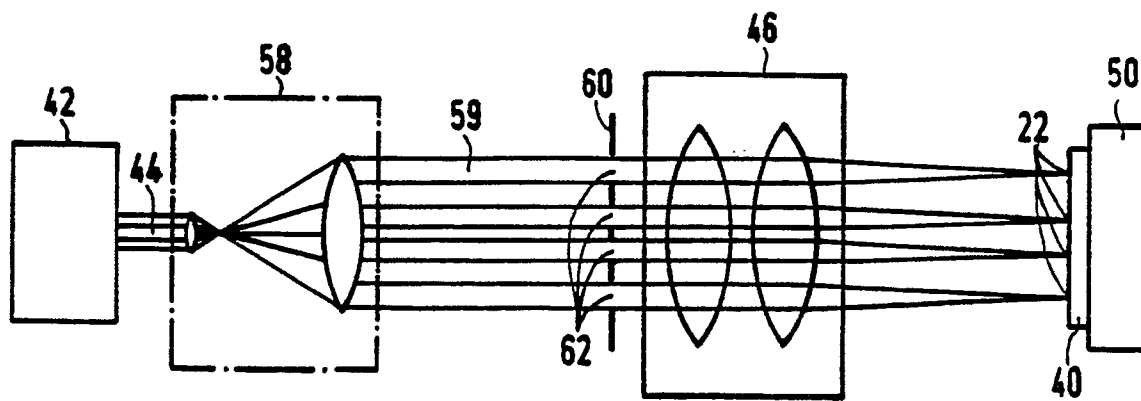
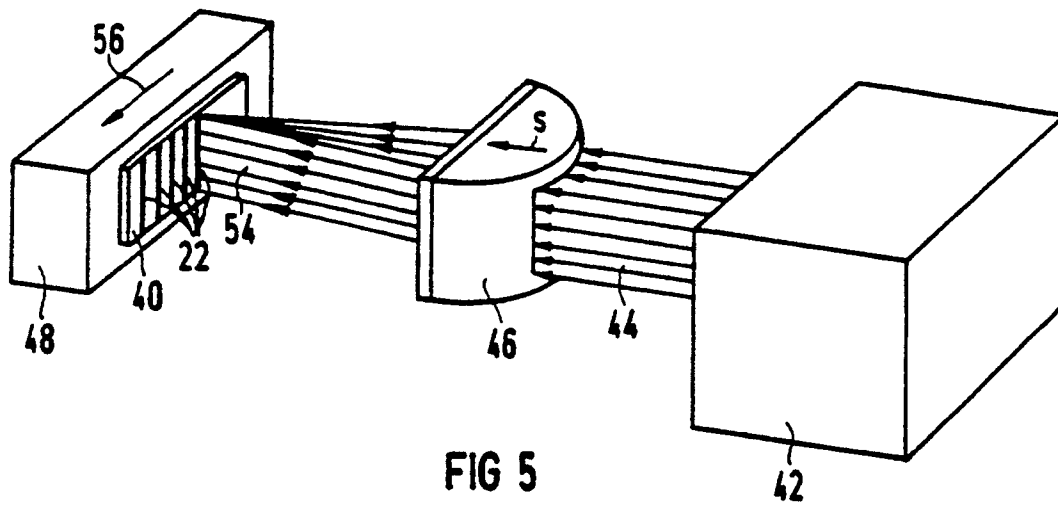


FIG 6



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 89 10 3112

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Band 6, Nr. 132 (E-119)[1010], 17. Juli 1982; & JP-A-57 58 498 (HITACHI SEISAKUSHO K.K.) 08-04-1982 * Zusammenfassung *	1,2,5	B 06 B 1/06
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Band 6, Nr. 205 (E-136)[1083], 16. Oktober 1982; & JP-A-57 113 700 (NIHON DENPA KOGYO K.K.) 15-07-1982 * Zusammenfassung *	1	
A	GB-A- 595 154 (SUBMARINE SIGNAL CO.) * Seite 1, Zeilen 71-72; Anspruch 6; Figur 3 *	1	
D,E	DE-A-3 739 226 (SIEMENS)		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			B 06 B G 10 K
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 26-10-1989	Prüfer HAASBROEK J.N.
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 Patendokument, 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	