

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

11

Veröffentlichungsnummer:

0 336 086
A2

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21

Anmeldenummer: 89102836.7

51

Int. Cl.4: **B06B 1/00 , G10K 11/34 , G10K 13/00**

22

Anmeldetag: 18.02.89

30

Priorität: 31.03.88 DE 3811052

71

Anmelder: **Messerschmitt-Bölkow-Blohm Gesellschaft mit beschränkter Haftung**
Robert-Koch-Strasse
D-8012 Ottobrunn(DE)

43

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
11.10.89 Patentblatt 89/41

72

Erfinder: **Kroy, Walter, Dr.**
Beethovenstrasse 30
D-8012 Ottobrunn(DE)
Erfinder: **Seidel, Helmut, Dr.**
Moosbichlstrasse 1
D-8130 Starnberg(DE)
Erfinder: **Bschorr, Oskar, Dr.**
Keplerstrasse 11
D-8000 München(DE)

84

Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB LI

54

Mikromechanischer Schallgeber.

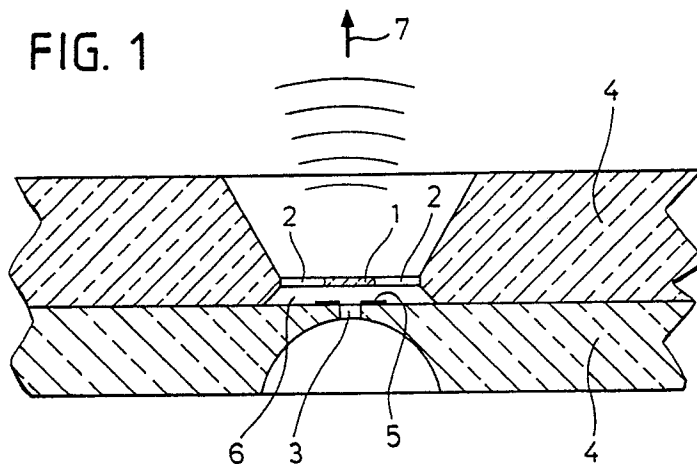
57

Es wird ein Schallerzeuger beschrieben, bei dem eine Anzahl von Mikro-Membranen in ein Substrat in vorbestimmter Anordnung direkt einzeln, parallel oder seriell ansteuerbar sind.

Mittels der Einstellung einer bevorzugten Abstrahlrichtung der Schallsignale wird die Richtcharakteristik bestimmt. Bevorzugte Anwendungen, Herstellverfahren und Ausgangsmaterialien sind ebenso angegeben, wie einige Ausbildungen und Abwandlungen einschließlich Integrationsmöglichkeiten.

EP 0 336 086 A2

FIG. 1



Xerox Copy Centre

Mikromechanischer Schallgeber

Die Erfindung betrifft einen Schallerzeuger mit membranartigem Bereich und daran wenigstens einseitig anschließendem Fluid, z.B. eine Luftmasse, das bei Erregung der Membran durch einen Antrieb Schallsignale abgibt.

Meist weisen bekannte Schallerzeuger eine dünne Membran oder Folie (Metall-) auf, die durchbiegbar - nach einer oder beiden Seiten - aufgelagert ist und von außen elektromagnetisch oder piezoelektrisch erregt werden kann. Für die Befestigung und/oder Halterung solch dünner Membranen oder Folien ist großer Fertigungsaufwand nötig.

Aus der deutschen Offenlegungsschrift 29 29 541 ist eine Ultraschallwandlerzuordnung bekanntgeworden, bei der einzelne Ultraschallschwinger durch Sägen mechanisch aufgetrennt werden. Dies bedingt relativ große Abstände (Sägeblattstärken) der einzelnen Schwinger zueinander. Durch die Zunahme der Spaltbreite bezogen auf die Fläche steigen die Schnittverluste entsprechend. Die Abstrahlung pro Flächeneinheit wird somit vermindert. Die Befestigung erfolgt durch Kleben.

Aus der deutschen Zeitschrift "Funkschau", 15/1986 vom 22.07.86, Seite 9 ist ein Mini-Mikrofon bekanntgeworden, das aus Siliziumnitrid gefertigt ist. Das Fertigungsverfahren ähnelt jedoch nur der IC-Produktion. Man wagt hier gerade nicht die Überahme dort üblicher Verfahren in die Produktion bei Schallempfängern.

Die Erfindung stellt sich die Aufgabe, Mikro-Membranen so zusammen- oder herzustellen, daß eine einfache Ansteuerung/Erregung derselben in gewünschter Phasenbeziehung erfolgen kann und der Aufbau (oder diese Integration) auf geringstem Raum möglich wird. Diese Aufgabe wird gelöst durch die Anwendung von - an sich bei Halbleitern bekannter - Ätztechniken für Substrate und eine bestimmte Anordnung/Schaltung der Mikromembranen gemäß Anspruch 1.

Vorteile des mikromechanischen Schallgebers:

Mit Hilfe des angegebenen mikromechanischen Fertigungsverfahren ist es möglich, sehr kleine Wandler-Bauelemente zu erzeugen, und eine Vielzahl solcher Bauelemente auf engstem Raum eines Substrats zu integrieren. Aufgrund dieser Fertigungsmöglichkeiten wird hier vorgeschlagen, eine Vielzahl von miniaturisierten Schallgebern in flächenhafter Anordnung und Verteilung auf dem Substrat in bestimmter Weise miteinander zu kombinieren. Als Substrat-Werkstoffe kommen insbesondere einkristalline Halbleitermaterialien wie Silizium oder GaAs in Anwendung, aber auch Gläser können

Verwendung finden. Dadurch kann z. B. durch eine gezielte Phasenverschiebung der einzelnen Schallgeber untereinander eine gerichtete Abstrahlung erzielt werden. Ferner bestehen interessante Anwendungsmöglichkeiten im Bereich des Antischalls.

Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung:

Die einzelnen Elemente des Schallwandlers können auf verschiedene Art aufgebaut werden. Eine Möglichkeit besteht darin, dünne Folien in der Art mikromechanische Elemente zu verwenden, wie sie z. B. aus Silizium herausgeätzt werden. Ein Ausführungsbeispiel ist in Figur 1 und 2 gezeigt. Es besteht aus einer im Silizium freigeätzten Membran 1, die an mehreren Federarmen 2 elastisch gelagert ist.

Diese Membran verschließt eine Ventilöffnung 3 in einem gegenüberliegenden Glas- oder Siliziumsubstrat 4. Die Ansteuerung der Membran erfolgt vorzugsweise elektrostatisch, mittels einer um die Öffnung herum angebrachten Gegenelektrode 5. Mit Hilfe dieser Anordnung kann ein unter Druck stehender Gasstrom gesteuert und somit ein Schallsignal erzeugt werden.

Für eine Mikromembran dieser Bauart ist mit einem Flächenbedarf von etwa 1 mm² zu rechnen. Auf einer in der Halbleitertechnik vielfach verwendeten Siliziumscheibe mit 100 mm Durchmesser könnten somit mehrere 1000 Einzelelemente integriert werden. Jedes Einzelelement kann individuell angesteuert werden. Es besteht die Möglichkeit, die dazu erforderliche Ansteuerlogik unmittelbar auf der Siliziumscheibe mit zu integrieren. Der prinzipielle Aufbau einer solchen Gesamtanordnung ist in Figur 3 dargestellt.

Die einzelnen Schallgeber können auch so ausgeführt werden, daß sie den Gasstrom nicht vollständig verschließen, sondern nur modulierend beeinflussen. Dazu kann die Membran in Figur 2 z.B. mit Öffnungen versehen werden.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die einzelnen Schallgeber als dünne Membranen auszuführen, die durch ihre Bewegung in Luft eine Schallwelle erzeugen. Ein Beispiel dafür ist in Figur 4 dargestellt. Die Membranen 1 können durch Gegenelektroden 5 angesteuert werden. Zur Reduzierung der Volumensteifigkeit des Zwischenbereiches 6 können Öffnungen 4 in das hintere Substrat eingebracht werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, auf die Öffnungen 3 zu verzichten, dafür aber den Zwischenraum 6 zwischen Teil 1

und Teil 4 zu evakuieren.

Zum Betreiben aller vorgeschlagenen Schallerger ist neben dem bereits erwähnten, elektrostatischen Antrieb auch ein Betrieb mit magnetischen, piezoelektrischen oder thermischen Kräften (Bimetall) möglich.

Hinsichtlich der Auslegung des Gesamtsystems bestehen zwei Möglichkeiten. Zum einen können die einzelnen Schallerger (Membran) im Frequenzumfang breitbandig ausgelegt werden. Somit überträgt jeder einzelne Geber das gesamte zu übertragende Signal. Durch Einstellung definierter Phasenbeziehungen der Einzelgeber untereinander kann die Abstrahlrichtung des Schallsignals gezielt eingestellt werden.

Eine andere Möglichkeit besteht darin, jeden Einzelgeber (Membran) schmalbandig nur in seiner Eigenresonanz zu betreiben. Dazu müssen die Geber mit gestaffelten Eigenfrequenzen ausgelegt werden. Die Notwendigkeit, den Frequenzgang der Geber zu glätten, entfällt damit und es sind geringere Kräfte zum Ansteuern erforderlich. Der Aufwand an Steuerkräften läßt sich weiter verringern, wenn die Geber auf Selbsterregung bei Luftdurchströmung ausgelegt sind (Harmonika-Prinzip). Das wiederzugebende, im allgemeinen Fall, breitbandige Signal, läßt sich nach der Theorie der Fourier-Synthese aus den monofrequenten Einzelsignalen synthetisieren. Notwendig ist dazu eine individuelle Amplituden- und Phasensteuerung der Einzelgeber.

Um den Abstrahlungsgrad zu erhöhen, ist es vorteilhaft, mehrere gleich abgestimmte Geber zu verwenden und diese gleichmäßig über die abstrahlende Fläche zu verteilen. Der gegenseitige Abstand sollte kleiner als $\lambda/2$ sein (λ = Schallwellenlänge). Bei dieser Auslegung vergrößert sich der Strahlungswiderstand und damit die Effektivität.

Durch die vorgeschlagene Erfindung können sehr kompakte, flache Schallgeber erzeugt werden. Aufgrund der einstellbaren Phasenbeziehungen der Einzelgeber kann eine gezielte Richtcharakteristik des Schallwandlers erreicht werden (Phasen-Array-Prinzip). Ferner könnte diese Anordnung als Antischallgeber verwendet werden.

Ansprüche

1. Schallerzeuger mit membranartigem Bereich und daran wenigstens einseitig anschließendem Fluid, das bei Erregung der Membran durch einen Antrieb Schallsignale abgibt, wobei in einem platten- oder scheibenförmigen Körper eine Vielzahl von einzelnen Schwingern, gebildet sind, die matrixförmig über die Fläche mit der größten Ausdehnung des Körpers verteilt sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß er einen einzigen Substratkörper aufweist, in dem in einem Array ohne Trennflä-

chen Mikro-Membrane freigeätzt sind, die - insbesondere federnd - gelagert, vom Antrieb bewegbar sind und daß der Antrieb und seine Ansteuerung auf dem Substratkörper integriert sind.

2. Schallerzeuger nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß er einen Siliziumhalbleiter oder einen anderen Halbleiter oder Glas als Substratkörper aufweist.

3. Schallerzeuger nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Mikromembranen einzeln, parallel oder seriell ansteuerbar sind.

4. Schallerzeuger nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Antrieb für die Erregung der jeweiligen Mikro-Membranen elektrostatisch, elektromagnetisch, piezoelektrisch, thermisch (Bimetall) oder fluidisch erfolgt.

5. Schallerzeuger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Mikro-Membranen auf verschiedene Resonanzfrequenzen abgestimmt sind und bei Resonanzfrequenz betrieben werden, so daß das Schallsignal durch Fouriersynthese gebildet wird.

6. Schallerzeuger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Mikro-Membranen in einer einstellbaren Phasenbeziehung zueinander (Phasen-Array) angesteuert werden, so daß der Schall in eine bestimmte Vorzugsrichtung abgegeben wird.

FIG. 1

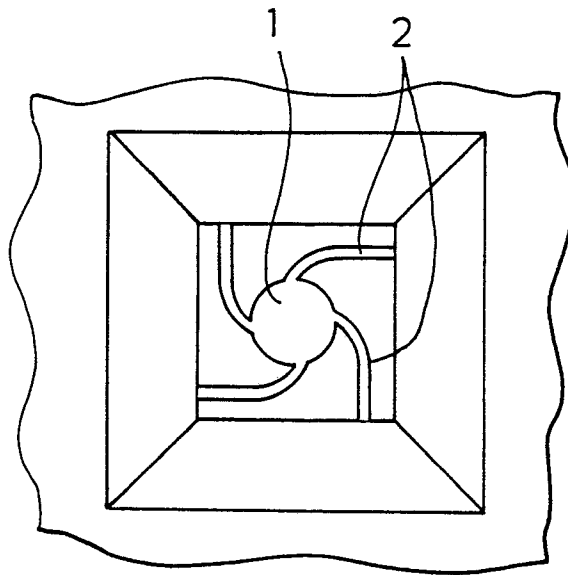
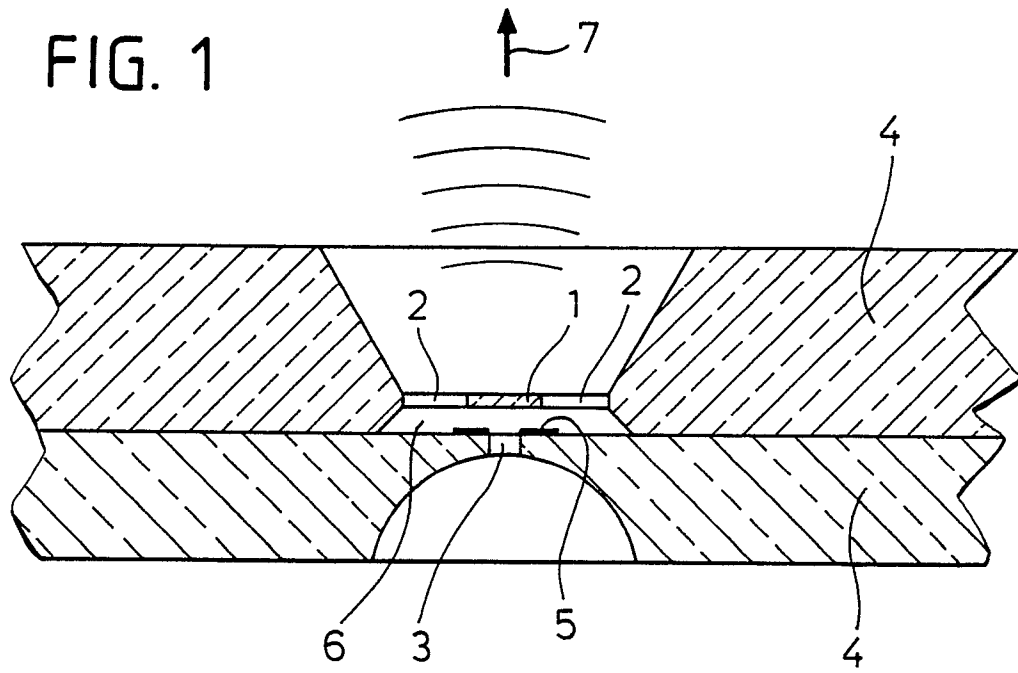


FIG. 2

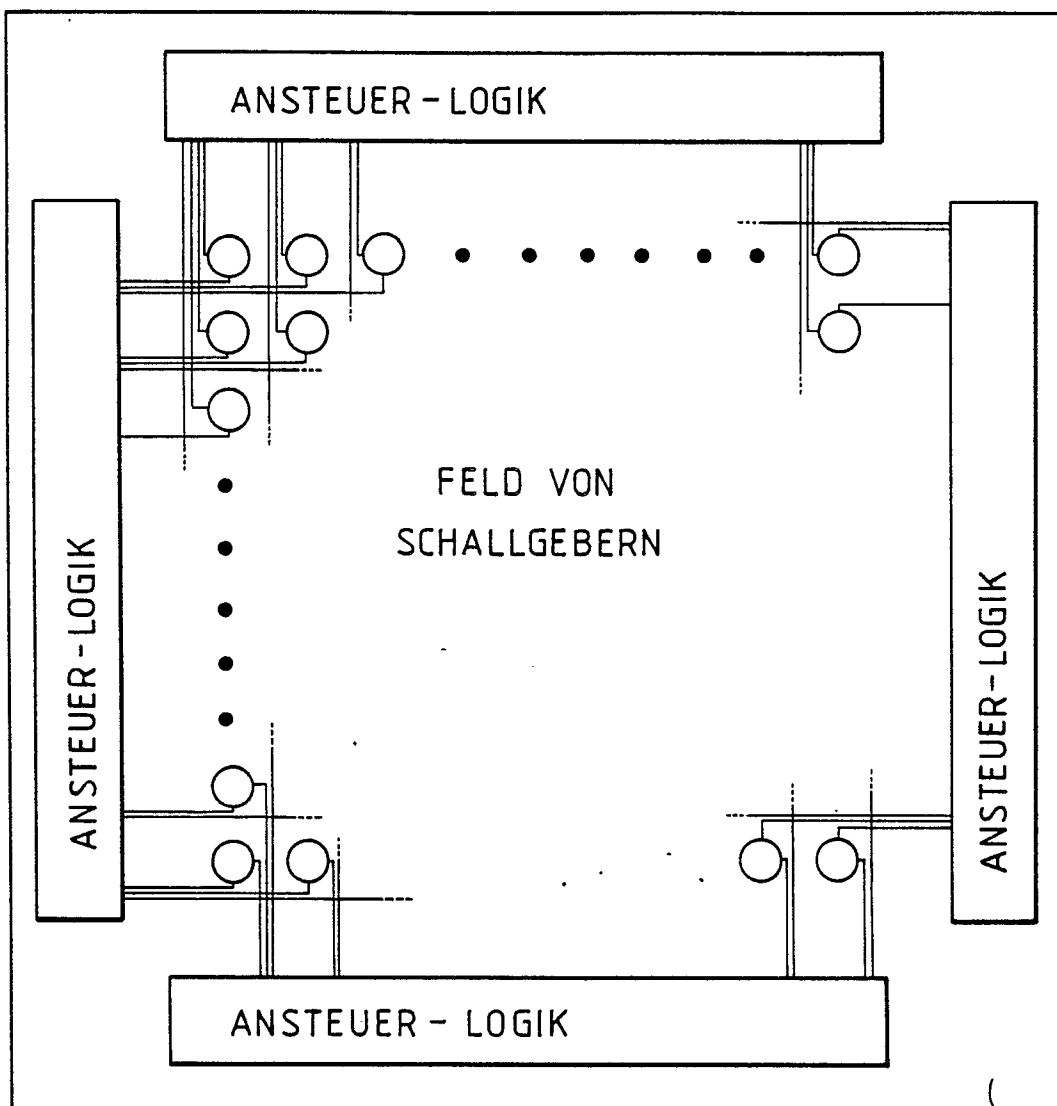


FIG. 3

8

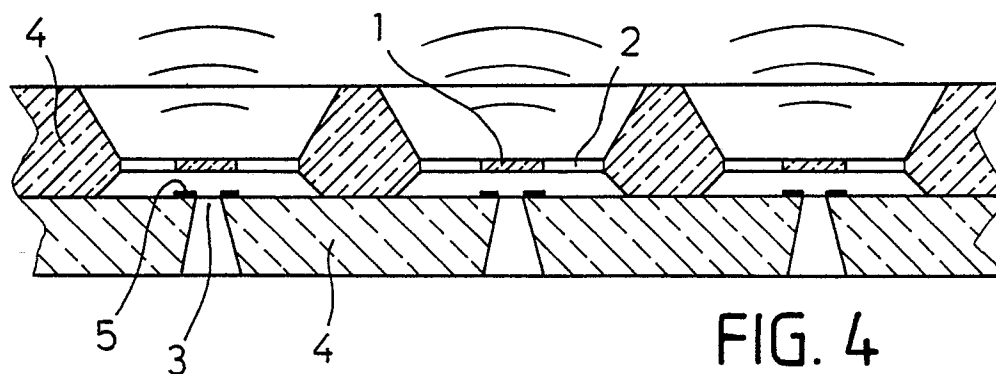


FIG. 4