



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
24.11.2010 Patentblatt 2010/47

(51) Int Cl.:
H04R 25/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10159349.9**

(22) Anmeldetag: **08.04.2010**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA ME RS

(30) Priorität: **19.05.2009 EP 09160640**

(71) Anmelder:
• **Siemens Medical Instruments Pte. Ltd. Singapore 139959 (SG)**
• **Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg 91054 Erlangen (DE)**

(72) Erfinder:
• **Weidner, Tom 91056 Erlangen (DE)**
• **Weistenhöfer, Christian 91088 Bubenreuth (DE)**
• **Albach, Thorsten 91052 Erlangen (DE)**
• **Sutor, Alexander 91052 Erlangen (DE)**
• **Lerch, Reinhard 90562 Heroldsberg (DE)**

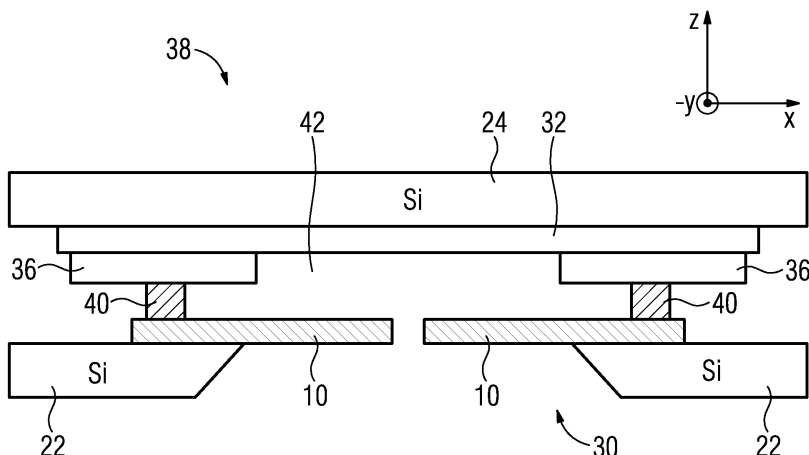
(74) Vertreter: **Maier, Daniel Oliver Siemens AG Postfach 22 16 34 80506 München (DE)**

(54) **Hörvorrichtung mit einem Schallwandler und Verfahren zum Herstellen eines Schallwandlers**

(57) Bei Hörvorrichtungen, insbesondere bei Hörgeräten, ist es erwünscht, einen Hörer zum Erzeugen von Schall im hörbaren Bereich möglichst klein ausbilden zu können. Ein solcher Hörer lässt sich dann bequem an einem Ohr oder in einem Gehörgang tragen. Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, für eine Hörvorrichtung einen Schallwandler bereitzustellen, welcher als mikroelektromechanisches System ausgebildet werden kann und mittels welchem sich ein akustisches Signal mit einer geringen Verzerrung erzeugen lässt. Erfindungsgemäß

wird dazu eine Hörvorrichtung mit einem Schallwandler (38) bereitgestellt, welche eine Felderzeugungseinrichtung (24) zum Erzeugen eines elektrischen oder magnetischen Felds und eine Abstrahleinrichtung (22) zum Erzeugen eines Schalls aufweist. Die Abstrahleinrichtung weist dabei eine Vielzahl von Fingern (10) auf, die von dem Feld der Felderzeugungseinrichtung (24) durchdrungen werden, wobei die Form der Finger (10) mittels des Felds der Felderzeugungseinrichtung (24) veränderbar ist, um den Schall zu erzeugen.

FIG 4



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Hörvorrichtung mit einem Schallwandler zum Erzeugen eines Luftschalls. Der Schallwandler umfasst eine Felderzeugungseinrichtung zum Erzeugen eines elektrischen oder magnetischen Felds und eine Abstrahleinrichtung zum Erzeugen eines Luftschalls. Unter dem Begriff Hörvorrichtung wird hier insbesondere ein Hörgerät verstanden. Darüber hinaus fallen unter den Begriff aber auch andere tragbare akustische Geräte wie Headsets, Kopfhörer und dergleichen.

[0002] Hörgeräte sind tragbare Hörvorrichtungen, die zur Versorgung von Schwerhörenden dienen. Um den zahlreichen individuellen Bedürfnissen entgegenzukommen, werden unterschiedliche Bauformen von Hörgeräten wie Hinter-dem-Ohr-Hörgeräte (HdO), Hörgerät mit externem Hörer (RIC: receiver in the canal) und In-dem-Ohr-Hörgeräte (IdO), z.B. auch Concha-Hörgeräte oder Kanal-Hörgeräte (ITE, CIC), bereitgestellt. Die beispielhaft aufgeführten Hörgeräte werden am Außenohr oder im Gehörgang getragen. Darüber hinaus stehen auf dem Markt aber auch Knochenleitungshörhilfen, implantierbare oder vibrotaktile Hörhilfen zur Verfügung. Dabei erfolgt die Stimulation des geschädigten Gehörs entweder mechanisch oder elektrisch.

[0003] Hörgeräte besitzen prinzipiell als wesentliche Komponenten einen Eingangswandler, einen Verstärker und einen Ausgangswandler. Der Eingangswandler ist in der Regel ein Schallempfänger, z. B. ein Mikrofon, und/oder ein elektromagnetischer Empfänger, z. B. eine Induktionsspule. Der Ausgangswandler ist meist als elektroakustischer Wandler, z. B. Miniaturlautsprecher, oder als elektromechanischer Wandler, z. B. Knochenleitungshörer, realisiert. Der Verstärker ist üblicherweise in eine Signalverarbeitungseinheit integriert. Dieser prinzipielle Aufbau ist in FIG 1 am Beispiel eines Hinter-dem-Ohr-Hörgeräts dargestellt. In ein Hörgerätegehäuse 1 zum Tragen hinter dem Ohr sind ein oder mehrere Mikrofone 2 zur Aufnahme des Schalls aus der Umgebung eingebaut. Eine Signalverarbeitungseinheit 3, die ebenfalls in das Hörgerätegehäuse 1 integriert ist, verarbeitet die Mikrofonsignale und verstärkt sie. Das Ausgangssignal der Signalverarbeitungseinheit 3 wird an einen Lautsprecher bzw. Hörer 4 übertragen, der ein akustisches Signal ausgibt. Der Schall wird gegebenenfalls über einen Schallschlauch, der mit einer Otoplastik im Gehörgang fixiert ist, zum Trommelfell des Geräteträgers übertragen. Die Energieversorgung des Hörgeräts und insbesondere die der Signalverarbeitungseinheit 3 erfolgt durch eine ebenfalls ins Hörgerätegehäuse 1 integrierte Batterie 5.

[0004] Ein Hörer ist ein elektroakustischer Schallwandler. Mit ihm ist es möglich, ein elektrisches Audiosignal in einen akustischen Luftschall zu wandeln. Im Zusammenhang mit Hörvorrichtungen ist man bestrebt, möglichst kleine Hörer zu entwickeln, die sich dann bequemer am Ohr oder sogar im Gehörgang tragen lassen.

Wünschenswert ist es deshalb, einen Lautsprecher bereitzustellen, welcher nicht größer als einige Millimeter ist und dessen Volumen lediglich einige Kubikmillimeter beträgt. Aus der Druckschrift DE 10 2007 030 744 A1 ist ein solcher Mikro-Lautsprecher bekannt, welcher in Form eines Mikrochips bereitgestellt ist.

[0005] Ein solcher Mikrochip ist ein integrierter Schaltkreis, bei welchem elektronische Bauelemente auf einem Trägersubstrat ausgebildet sind. Die Bauelemente sind bei dem Mikrochip dabei aus Schichten unterschiedlicher Materialien gebildet, die beim Herstellen des Mikrochips hintereinander auf das Trägersubstrat aufgetragen und anschließend teilweise, beispielsweise durch ein Ätz- oder Beizverfahren, wieder entfernt werden, um so die gewünschten Strukturen der Bauelemente zu bilden. Neben elektronischen Bauelementen lassen sich auch elektromechanische Aktuatoren in der gleichen Weise auf einem Trägersubstrat ausbilden. Ein entsprechender Mikrochip wird dann als mikro-elektro-mechanisches System (MEMS - micro electro-mechanical system) bezeichnet.

[0006] Der in der Druckschrift beschriebene Mikro-Lautsprecher weist eine Platte auf, die an zwei Stellen in einem Rahmen aufgehängt ist. Die Platte ist des Weiteren mit einem magnetostriktiven Material beschichtet. Die Platte bildet zusammen mit der magnetostriktiven Schicht eine Abstrahleinrichtung zum Erzeugen eines Luftschalls. Mittels einer Felderzeugungseinrichtung bestehend aus einer Spule und einem Spulenkern lässt sich ein Magnetfeld erzeugen. Wenn dieses Feld die magnetostriktive Schicht durchdringt, verformt sich diese gemäß des magnetostriktiven Effekts. Da die Schicht an der Platte haftet, entstehen dabei in der Platte mechanische Spannungen, durch welche die Platte gewölbt wird. Indem das Magnetfeld in Abhängigkeit von einem elektrischen Audiosignal verändert wird, wird die Platte entsprechend in Schwingung versetzt. Sie wirkt dann wie eine Membran und strahlt einen Luftschall in die Umgebung ab.

[0007] Bei der Entwicklung von Mikro-Lautsprechern muss darauf geachtet werden, dass ein Eigenschwingverhalten einer Abstrahleinrichtung eines Schallwandlers das akustische Signal nicht in unerwünschter Weise verzerrt.

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, für eine Hörvorrichtung einen Schallwandler bereitzustellen, welcher sich als Miniatur-Lautsprecher ausbilden lässt und mittels welchem sich ein akustisches Signal mit einer geringen Verzerrung erzeugen lässt.

[0009] Die Aufgabe wird durch eine Hörvorrichtung gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Die Aufgabe wird auch durch ein Verfahren gemäß Patentanspruch 15 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Hörvorrichtung sind durch die Unteransprüche gegeben.

[0010] Bei der erfindungsgemäßen Hörvorrichtung ist ein Schallwandler mit einer Felderzeugungseinrichtung und einer Abstrahleinrichtung bereitgestellt. Mittels der Felderzeugungseinrichtung lässt sich ein elektrisches

oder ein magnetisches Feld erzeugen. Die Abstrahleinrichtung weist eine Vielzahl von Fingern auf, die von dem Feld der Felderzeugungseinrichtung durchdrungen werden. Mit einem Finger ist hier eine Struktur gemeint, die eine lange, flache und schmale Form aufweist. Ein solcher Finger ist eine freitragende Struktur, die lediglich an einer Schmalseite gehalten ist. Bildlich gesprochen lässt sich ein Finger mit einem Zinken eines Kammes vergleichen.

[0011] Die Form jedes Zinkens oder Fingers ist bei der erfindungsgemäßen Hörvorrichtung durch das Feld der Felderzeugungseinrichtung veränderbar. Dadurch lässt sich mittels der Abstrahleinrichtung ein Schall erzeugen.

[0012] Die Schallerzeugung beruht auf dem folgenden Prinzip: Die Form eines jeden Fingers hängt von dem den jeweiligen Finger durchdringenden elektrischen oder magnetischen Feld ab. Abhängig von der Feldstärke krümmen sich dabei die Finger, so dass frei bewegliche Enden der Finger beispielsweise in die Richtung der schmalsten Ausdehnung der Finger ausgelenkt werden. Durch Verändern des Felds der Felderzeugungseinrichtung lassen sich die Finger in eine Wedelbewegung versetzen, so dass die frei beweglichen Enden hin- und herschwingen. Dadurch lassen sich in einem die Finger umgebenden Medium Schallwellen erzeugen, die sich in der Umgebung ausbreiten und so von der Abstrahleinrichtung abgestrahlt werden. Die Finger bilden somit Aktuatoren der Abstrahleinrichtung. Bevorzugt wird mittels der Finger ein Schall in Luft erzeugt. Es kann aber auch ein Schall in Wasser oder in einem Knochen erzeugt werden.

[0013] Bei der Abstrahleinrichtung der erfindungsgemäßen Hörvorrichtung lässt sich eine akustische Eigenschaft, insbesondere das Eigenschwingverhalten, durch entsprechendes Dimensionieren der einzelnen Finger besonders einfach und genau festlegen. Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass sich der Schallwandler als Mikro-Lautsprecher bereitstellen lässt und dabei die akustischen Eigenschaften der Abstrahleinrichtung in einer gewünschten Weise gezielt festgelegt werden können.

[0014] Bei der erfindungsgemäßen Hörvorrichtung ist zumindest einer der Finger aus zumindest zwei parallel angeordneten Schichten gebildet. Zumindest eine dieser Schichten ist dabei durch den inversen piezoelektrischen Effekt oder durch den magnetostriktiven Effekt verformbar. Eine derart verformbare Schicht wird hier als aktive Schicht bezeichnet. Die andere Schicht kann dabei z. B. eine passive Schicht sein, die sich von selbst nicht signifikant verformt, wenn sie von einem elektrischen oder magnetischen Feld durchdrungen wird. Durch paralleles Anordnen und Verbinden beispielsweise einer passiven Schicht mit der mittels eines Felds verformbaren aktiven Schicht lassen sich diese beiden Schichten mittels eines Felds quer zur Ebene der Schichten krümmen. Ein derart geformter Finger ist in seiner Funktionsweise mit einem Bimetall vergleichbar, wobei sich ein Bimetall natürlich in Abhängigkeit von einer Temperatur krümmt.

[0015] Bei den zumindest zweischichtigen Fingern ergibt sich der Vorteil, dass eine Krümmung der Finger und

damit auch eine Auslenkung der frei beweglichen Enden der Finger besonders groß ist.

[0016] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Hörvorrichtung weist zumindest ein Finger zwei Schichten auf, welche durch den inversen piezoelektrischen oder den magnetostriktiven Effekt verformbar sind. Mit anderen Worten weist der Finger also zumindest zwei aktive Schichten auf. Die Schichten lassen sich dann derart ausbilden, dass mit ihnen eine Kraft in entgegengesetzten Richtungen erzeugt werden kann. Dann kann eine der beiden Schichten dafür verwendet werden, eine Kraft zu erzeugen, durch welche der Finger in eine Richtung gekrümmt wird. Die andere Schicht lässt sich dann dazu ausbilden, eine Rückstellkraft zu erzeugen, durch welche der Finger in die entgegengesetzte Richtung gekrümmt wird. Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass ein Schwingungsverhalten des Fingers besonders genau gesteuert werden kann. Die Schichten können auch derart beschaffen sein, dass sie sich durch Felder unterschiedlichen Typs verformen lassen.

[0017] Bei der Auslenkungseinrichtung ist bevorzugt eine Schicht mit einem Loch bereitgestellt, über welchem die Finger angeordnet sind. Die frei beweglichen Enden der Finger können dann frei in der Luft schwingen. Durch die Anordnung der Finger über dem Loch kann auch in vorteilhafter Weise ein Resonanzraum des Schallwandlers bereitgestellt werden.

[0018] In einer vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Hörvorrichtung weist die Abstrahleinrichtung eine Membran auf, welche die Finger bedeckt. Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass zwischen den einzelnen Fingern keine Luft hindurchströmen kann und somit ein akustischer Kurzschluss bei der Abstrahleinrichtung vermieden ist. Die Membran ist dabei vorzugsweise aus Polyethylen (PET) gebildet. Eine Membran aus PET ist besonders flexibel, so dass eine Kraft, die beim Verformen der Finger zusätzlich nötig ist, um auch die Membran zu verformen, besonders gering ist.

[0019] Eine andere, vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Hörvorrichtung ergibt sich, wenn bei der Abstrahleinrichtung zwei Reihen von parallel zueinander angeordneten Fingern bereitgestellt sind. Diese beiden Reihen lassen sich dann in einer Ebene einander gegenüber anordnen, so dass sich ein für die Schallerzeugung ausreichend großer Bereich bereitstellen lässt, in welchem Finger zum Erzeugen des Schalls in Abhängigkeit von dem elektrischen Audiosignal synchron ausgelenkt werden. Dadurch lässt sich die Vielzahl der Finger in vorteilhafter Weise zum gemeinsamen Erzeugen von Schallwellen miteinander betreiben.

[0020] Bei dieser Weiterbildung der erfindungsgemäßen Hörvorrichtung ergibt sich ein weiterer Vorteil, wenn die Finger einer Reihe gleich lang sind. Dann krümmen sich die Finger bei Erzeugen eines bestimmten Feldes auch ähnlich stark. Somit ändern sich auch die Abstände der frei beweglichen Enden der Finger zueinander nur geringfügig. Dadurch werden Spalte, die zwischen den einzelnen Fingern ausgebildet sind, beim Verformen der

Finger nicht signifikant aufgeweitet. Dies ermöglicht es, einen akustischen Kurzschluss zu vermeiden, wie er verursacht wird, wenn zuviel Luft zwischen den Fingern hindurchströmen kann.

[0021] In einer anderen vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Hörvorrichtung sind Finger unterschiedlicher Länge vorgesehen. Dadurch können Finger mit unterschiedlichen Eigenfrequenzen, d. h. mit unterschiedlichem mechanischen Eigenschwingverhalten, bereitgestellt werden. Dies ergibt den Vorteil, dass sich die akustischen Eigenschaften der Abstrahleinrichtung durch Anpassen der Längen einzelner Finger festlegen lassen.

[0022] Ein weiterer Vorteil ergibt sich, wenn die Finger versetzt zueinander angeordnet sind. Dann ergeben sich besonders kurze Spalte zwischen den Fingern. Dies erhöht in vorteilhafter Weise den akustischen Strahlungswiderstand der Abstrahleinrichtung und insbesondere denjenigen der Spalte.

[0023] Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Hörvorrichtung sind jeweils zwei gleichlange Finger einander gegenüber angeordnet. Wie schon im Zusammenhang mit einer parallelen Anordnung von gleichlangen Fingern erläutert worden ist, ergibt sich auch hier der Vorteil, dass sich für unterschiedlich starke Feldstärken stets ein geringer Abstand der frei beweglichen Fingerenden zueinander ergibt und hierdurch besonders wenig Luft an den beiden Fingerenden vorbeiströmen kann.

[0024] In einer anderen vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Hörvorrichtung weist die Felderzeugungseinrichtung einen Permanentmagneten auf. Dadurch lässt sich eine Form der Finger, d. h. deren Krümmung, für den Fall festlegen, dass kein akustisches Signal vorliegt, durch welches das Feld bestimmt wird. Mittels der Permanentmagneten kann also in vorteilhafter Weise ein Arbeitspunkt der Abstrahleinrichtung eingestellt werden.

[0025] Bei einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Hörvorrichtung ist der Schallwandler als mikro-elektro-mechanisches System ausgebildet. Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass der Schallwandler besonders klein ausgestaltet werden kann.

[0026] Eine vorteilhafte Weiterbildung ergibt sich, wenn die Felderzeugungseinrichtung eine flache Spule aufweist. Dann lässt sich die Felderzeugungseinrichtung in vorteilhafter Weise als Mikrochip bereitstellen.

[0027] Bei einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Hörvorrichtung ist die Felderzeugungseinrichtung zumindest teilweise als ein erster Mikrochip und die Abstrahleinrichtung als ein zweiter Mikrochip ausgebildet. Hierbei ist der Schallwandler durch Verbinden der beiden Mikrochips gebildet. Bei dieser Ausführungsform ergeben sich mehrere Vorteile. Zum einen lassen sich die beiden Mikrochips unabhängig voneinander herstellen, so dass ein Herstellungsprozess für die Felderzeugungseinrichtung einerseits und die Abstrahleinrichtung andererseits speziell für die an die jeweiligen Ein-

richtungen gestellten Anforderungen optimiert werden kann. Zugleich lassen sich die Herstellungsprozesse auch vereinfachen, ohne dass dabei die Qualität einer der beiden Einrichtungen beeinträchtigt ist. Zudem können die beiden Mikrochips besonders flach und mit einer besonders geringen Anzahl von Schichten bereitgestellt werden. Es kann auch ein besonders großer Resonanzraum für die Abstrahleinrichtung bereitgestellt werden, indem die beiden Mikrochips bei der Abstrahleinrichtung entsprechend weit auseinander angeordnet werden. Schließlich lassen sich zwischen den beiden Mikrochips Permanentmagneten anordnen.

[0028] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Schallwandlers. Der Schallwandler weist dabei eine Vielzahl von Fingern zum Erzeugen eines Schalls auf. Gemäß dem Verfahren wird zunächst ein Substrat bereitgestellt. An einer Vorderseite des Substrats wird eine Schutzschicht angeordnet, wobei durch einen Verlauf eines Randes der Schutzschicht eine Gestalt der Finger bestimmt ist. Dann wird ein Mittel zum Auflösen des Substrats an der Vorderseite und an einer Rückseite des Substrats appliziert.

[0029] Durch das erfindungsgemäße Verfahren ergibt sich der Vorteil, dass sich damit eine Abstrahleinrichtung eines Schallwandlers für die erfindungsgemäße Hörvorrichtung als Mikrochip herstellen lässt.

[0030] Als Substrat kann ein Trägersubstrat mit darauf angeordneten Schichten zum Ausbilden der Finger bereitgestellt werden. Das Trägersubstrat besteht dabei bevorzugt aus Silizium mit der Kristallorientierung $\langle 100 \rangle$. Die Angabe der Kristallorientierung entspricht hier der im Zusammenhang mit der Herstellung von Mikrochips üblicherweise verwendeten Notation. Das Trägersubstrat kann beispielsweise ein Wafer mit der entsprechenden Orientierung sein. Die Schutzschicht wird dann bevorzugt derart angeordnet, dass eine Längsachse der jeweiligen Finger in einem Winkel von 45° zu den Kristallachsen des Trägersubstrats angeordnet ist. Insgesamt ergibt sich dadurch der Vorteil, dass das Mittel zum Auflösen besonders einfach unter die Finger gelangen kann und das Trägersubstrat dadurch unmittelbar unterhalb der Finger zuverlässig entfernt wird.

[0031] Die Schutzschicht kann aus einem Fotolack gebildet sein. Ein solcher Fotolack lässt sich mittels einer Lithographie-Maske bereichsweise belichten und anschließend mittels einer entsprechenden Lösung auswachen, so dass von dem Fotolack nur noch der als Schutzschicht dienende Teil mit der gewünschten Gestalt auf dem Substrat haften bleibt. Zum Herstellen des Schallwandlers kann dann in einem weiteren Schritt die Vorderseite des Substrats zusammen mit der Schutzschicht abgedeckt werden. Anschließend wird ein Mittel zum Auflösen des Substrats an einer Rückseite des Substrats appliziert, so dass an der Rückseite ein Loch in dem Substrat entsteht. Bevor durch das Mittel eine Durchgangsöffnung in dem Substrat gebildet wird, wird die Abdeckung an der Vorderseite entfernt, so dass die Schutzschicht und insbesondere auch die nicht von der

Schutzschicht bedeckten Bereiche des Substrats frei liegen. In einem weiteren Schritt wird ein Mittel zum Auflösen des Substrats an der Vorderseite des Substrats appliziert. In diesem Schritt ergibt sich dann ein Durchbruch zwischen der Vorder- und der Rückseite, wobei die Form der Durchgangsöffnung durch die Schutzschicht bestimmt ist. Mit anderen Worten werden in diesem Schritt die Finger als freistehende Strukturen in dem Substrat gebildet.

[0032] Das erfindungsgemäße Verfahren lässt sich entsprechend den Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Hörvorrichtung ebenfalls weiterbilden. Dann ergeben sich auch die im Zusammenhang mit den Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Hörvorrichtung erläuterten Vorteile.

[0033] Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Beispielen näher erläutert. Dazu zeigt:

- FIG 1 eine schematische Darstellung eines Aufbaus eines Hinter-dem-Ohr-Hörgeräts;
- FIG 2 eine Darstellung eines prinzipiellen Aufbaus eines einzelnen Fingers einer Abstrahleinrichtung, wie sie Bestandteil der erfindungsgemäßen Hörvorrichtung ist;
- FIG 3 eine schematische Darstellung einer Draufsicht auf zwei Mikrochips für einen Schallwandler einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Hörvorrichtung;
- FIG 4 eine schematische Darstellung einer Seitenansicht eines Schallwandlers mit zwei Mikrochips, wobei der Schallwandler Bestandteil einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Hörvorrichtung ist;
- FIG 5 schematische Darstellungen von Abstrahleinrichtungen, wie sie bei unterschiedlichen Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Hörvorrichtung möglich sind;
- FIG 6 ein Diagramm, durch welches eine Abhängigkeit einer Auslenkung eines Fingers von einem Magnetfeld bei einer Abstrahleinrichtung einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Hörvorrichtung gezeigt ist; und
- FIG 7 schematische Darstellungen von Abstrahleinrichtungen im Querschnitt, wobei die Abstrahleinrichtungen Bestandteil von unterschiedlichen Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Hörvorrichtung sind.

[0034] Durch die Beispiele sind bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung veranschaulicht.

[0035] Die im Zusammenhang mit den Beispielen erläuterten Merkmale der einzelnen Ausführungsformen

der erfindungsgemäßen Hörvorrichtung können auch in einer anderen als der in den jeweiligen Beispielen gezeigten Kombination oder auch in Alleinstellung bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung bereitgestellt sein.

[0036] In FIG 2 ist in einer perspektivischen Ansicht ein Finger 10 gezeigt, welcher als freitragende Struktur bei einem Mikrochip 12 ausgebildet ist. Der Mikrochip 12 ist hier lediglich zum Teil dargestellt, was durch geschwungene Bruchlinien angedeutet ist. Der Finger 10 weist die Form eines langen, flachen, schmalen Zinkens auf, d. h. der Finger 10 weist entlang einer x-Achse eine größere Abmessung auf als entlang einer y-Achse, wobei die beiden Abmessungen wiederum größer als eine Abmessung entlang einer z-Achse sind. Die Richtungen sind in FIG 2 und auch in den weiteren Figuren durch ein Koordinatenkreuz angedeutet. Die angegebenen Richtungen stimmen dabei zwischen den einzelnen Figuren überein.

[0037] Mittels des Fingers 10 lässt sich ein Schall im hörbaren Bereich erzeugen, indem ein frei bewegliches Ende 14 des Fingers 10 in die Richtung der kleinsten Ausdehnung des Fingers 10, d. h. entlang der z-Achse, ausgelenkt wird. Entsprechende Auslenkungsrichtungen 16, 16' sind in FIG 2 durch Pfeile angedeutet. Der Finger 10 ist mit anderen Worten ein Aktuator zum Erzeugen eines Luftschalls in Abhängigkeit von einem Feld, das ihn durchdringt. Zum Erzeugen eines Schalls muss der Finger 10 dabei natürlich mit einer entsprechend hohen Frequenz hin- und her schwingen.

[0038] Der Finger 10 ist aus zwei Schichten 18, 20 gebildet. Zumindest eine der Schichten 18, 20 ist eine aktive Schicht, die aus einem Material besteht, welches durch den inversen piezoelektrischen Effekt oder den magnetostriktiven Effekt verformbar ist. Für das in FIG 2 gezeigte Beispiel sei angenommen, dass die Schicht 18 eine solche aktive Schicht sei. Zum Verformen des Fingers 10 muss lediglich ein entsprechendes Feld erzeugt werden, dass die Schicht 18 durchdringt. Eine Felderzeugungseinrichtung kann beispielsweise eine Anordnung aus zwei elektrisch leitfähigen Platten umfassen, zwischen denen ein elektrisches Feld erzeugt werden kann. Zum Erzeugen eines magnetischen Felds kann eine Spule verwendet werden.

[0039] Für die Erläuterung des Beispiels sei ferner angenommen, dass die Schicht 18 aus einem magnetostriktiven Material gebildet ist. Wird in einer Umgebung des Fingers 10 ein Magnetfeld erzeugt, welches den Finger 10 durchdringt, so kann bei der Schicht 18 dann bewirkt werden, dass sie sich beispielsweise entlang der x-Achse ausdehnt. Die Schicht 18 und die Schicht 20 sind fest miteinander verbunden. Für den Fall, dass die Schicht 20 ihre Länge nicht in gleicher Weise ändert, wie die Schicht 18, bildet sich in dem Finger 10 eine mechanische Spannung, durch welche der Finger 10 gekrümmt und dadurch das frei bewegliche Ende 14 in die Richtung 16' ausgelenkt wird. Durch schnelles Ändern des Magnetfeldes lassen sich somit mittels des Fingers 10

Schallwellen erzeugen, die von dem Finger 10 hauptsächlich entlang der z-Achse abgestrahlt werden.

[0040] Die Schicht 20 kann ebenfalls aus einem aktiven Material gebildet sein. Durch entsprechende Wahl der Materialien für die Schichten 18 und 20 kann dann erreicht werden, dass sich bei einem bestimmten Magnetfeld eine Schicht verlängert, während sich die andere verkürzt. Dadurch kann zum einen für ein bestimmtes Magnetfeld eine größere Auslenkung des frei beweglichen Endes 14 entlang der Richtungen 16 bzw. 16' ermöglicht werden. Bei den beiden Schichten 18 und 20 kann auch vorgesehen sein, dass eine mittels des inversen piezoelektrischen Effekts und die andere mittels des magnetostriktiven Effekts verformbar ist.

[0041] In FIG 3 sind zwei Mikrochips 22, 24 gezeigt, welche Komponenten eines Schallwandlers bilden. Die beiden Mikrochips 22 und 24 sind mikro-elektromechanische Systeme (MEMS). Durch den Mikrochip 22 ist eine Abstrahleinrichtung bereitgestellt; durch den Mikrochip 24 ist eine Felderzeugungseinrichtung bereitgestellt.

[0042] Ein Trägersubstrat der Mikrochips 22 und 24 kann aus Silizium (Si) gebildet sein. Auf dem Trägersubstrat des Mikrochips 22 sind aus weiteren Schichten zwei Reihen 26, 28 von parallel zueinander angeordneten Fingern 10 ausgebildet. Von den Fingern 10 sind in FIG 3 lediglich zwei mit einem Bezugszeichen versehen. Die Finger 10 des Mikrochips 22 sind im Prinzip in der gleichen Weise ausgestaltet wie der in FIG 2 gezeigte Finger. Bei dem Mikrochip 22 sind die Finger 10 in der x-y-Ebene angeordnet. In dem gezeigten Beispiel können sie durch den magnetostriktiven Effekt um eine Achse parallel zur y-Achse verbogen werden, so dass freie Enden der Finger 10 in die positive oder negative z-Richtung ausgelenkt werden. In dem Trägersubstrat ist ein Loch 30 ausgebildet, von dem in FIG 3 ein Verlauf einer das Loch begrenzenden Wandung des Trägersubstrats angedeutet ist.

[0043] Auf dem Trägersubstrat des Mikrochips 24 ist ein weichmagnetischer Kern 32 angeordnet. Der Spulenkern 32 weist zwei Sockel 34 auf, um welche jeweils Windungen von flachen Spulen 36 verlaufen. Die Spulen 36 können über in FIG 3 nicht gezeigte Zuleitungen mit einer Signalverarbeitungseinheit gekoppelt werden, durch welche ein elektrisches Audiosignal erzeugt werden kann. Durch das elektrische Audiosignal lässt sich dann mittels der Spulen 36 ein magnetisches Wechselfeld erzeugen. Anstelle der flachen Spulen 36 können auch zylindrische Spulen bereitgestellt sein. Es ist auch möglich, mehrere, aufeinander gestapelte flache Spulen mit mehr als einer Lage von Windungen und Lagen von Isolierungen zwischen den Windungen bereitzustellen.

[0044] Der weichmagnetische Kern 32 kann aus einer Nickel-Eisenlegierung (NiFe) gebildet sein. Der weichmagnetische Kern 32 und die Spulen 36 können durch einen Bedampfungsprozess und/oder durch Elektroplattieren bzw. Galvanisieren hergestellt sein.

[0045] In FIG 4 ist ein Schallwandler 38 gezeigt, der

aus den beiden in FIG 3 gezeigten Mikrochips 22 und 24 gebildet ist. Der Schallwandler 38 ist in FIG 4 im Querschnitt gezeigt. Zwischen den beiden Mikrochips 22 und 24 befinden sich zwei Permanentmagnete 40. Die Mikrochips 22 und 24 sowie die Permanentmagnete 40 können durch einen Kleber miteinander verbunden sein.

[0046] Die Permanentmagnete 40 erzeugen ein Dauermagnetfeld. Dieses Dauermagnetfeld bildet ein Offset-Magnetfeld, welches die Finger 10 auch in einer Ruhestellung durchdringt, wenn kein Strom durch die Spulen 36 fließt. Mittels dieses Offset-Magnetfelds ist ein Arbeitspunkt für den Schallwandler 38 festgelegt. Dies wird im Zusammenhang mit FIG 6 näher erläutert.

[0047] Des Weiteren sind die Finger 10 durch das Dauermagnetfeld der Permanentmagnete 40 in einer Weise gekrümmt, dass sie in der Ruhestellung eine gewünschte Form aufweisen. Durch Bestromen der Spulen 36, wie es durch die Signalverarbeitungseinheit möglich ist, wird ein zusätzliches Magnetfeld erzeugt, das von dem Kern 32 geführt und auf die Finger 10 gelenkt wird. Die Finger 10 ändern dann ihre Form in Abhängigkeit von dem Magnetfeld. Insbesondere werden die freien Enden der Finger 10 entlang der z-Achse ausgelenkt. Wird mittels der Spulen 36 ein magnetisches Wechselfeld erzeugt, dessen Feldstärke sich gemäß einem Audiosignal ändert, so ergibt sich bei den Fingern 10 eine entsprechende, erzwungene Schwingung. Durch das Schwingen der Finger 10 werden dann Schallwellen erzeugt. Ein Zwischenraum zwischen dem Mikrochip 22 und dem Mikrochip 24 bildet dabei einen Resonanzraum 42. Der erzeugte Schall wird durch das Loch 30 in dem Trägersubstrat des Mikrochips 22 nach in FIG 4 unten hin abgestrahlt.

[0048] Die Permanentmagnete 40 können als eigenständige Bauteile bereitgestellt sein. Sie können auch durch Erzeugen von hoch permeablen hartmagnetischen Schichten mittels einer MEMS-Technologie auf einem der beiden Mikrochips 22, 24 gebildet sein, wobei die Schichten während einer Herstellung des Mikrochips derart magnetisiert werden, dass sie als Permanentmagnete wirken.

[0049] In FIG 5 ist gezeigt, wie Finger zum Erzeugen von Schall in einer Abstrahleinrichtung angeordnet sein können. FIG 5 ist dazu in sechs Teilfiguren FIG 5a bis 5f unterteilt. In den einzelnen Teilfiguren ist jeweils eine Anordnung a) bis f) von Fingern gezeigt, d. h. FIG 5a zeigt Anordnung a) usw. Im Folgenden wird nicht auf die einzelnen Teilfiguren, sondern unmittelbar auf die darin gezeigten Anordnungen a) bis f) Bezug genommen. Die Darstellung der Finger stimmt dabei mit derjenigen Darstellung überein, wie sie bei dem Mikrochip 22 in FIG 3 zu sehen ist. Die Länge eines jedes Fingers, d. h. seine Abmessung entlang der x-Achse, beträgt in den in FIG 5 gezeigten Beispielen zwischen 0,5 und 5 mm. Zwischen jeweils zwei Fingern befindet sich ein Spalt 44. Jeder der langen schmalen Finger zum Erzeugen von Schall weist eine mechanische Eigenfrequenz auf, mit der er hin- und herfedert, wenn er einmal ausgelenkt wurde und dann keine äußere Kraft mehr auf ihn wirkt.

[0050] Bei den Anordnungen b), c), d) und f) sind jeweils zwei Finger versetzt zueinander angeordnet bzw. unterschiedlich lange Finger nebeneinander angeordnet, so dass die zwischen den einzelnen Fingern verlaufenden Spalte 44 kürzer sind als bei der Anordnung a). Dies erhöht einen akustischen Widerstand der Anordnungen.

[0051] In den Anordnungen c) bis f) sind Finger mit unterschiedlichen Längen bereitgestellt. Die Finger mit unterschiedlichen Längen weisen auch unterschiedliche Eigenfrequenzen auf. Durch eine entsprechende Wahl der Längen der einzelnen Finger ist bei den Anordnungen c) bis f) eine Frequenzcharakteristik der jeweiligen Anordnung derart angepasst, dass mit diesen Anordnungen ein Mikro-Lautsprecher mit einem bestimmten Übertragungsverhalten bereitgestellt werden kann. Dabei ist gezielt für ein bestimmtes Audioband eine gewünschte Frequenzcharakteristik bewirkt.

[0052] Bei der Anordnung e) sind jeweils zwei Finger gleicher Länge einander gegenüber angeordnet. Mit anderen Worten sind jeweilige Längsachsen zweier gleich langer Finger parallel zueinander und die Finger entlang der Richtung ihrer Längserstreckung hintereinander angeordnet. Dabei weisen die Finger mit ihren frei beweglichen Enden aufeinander.

[0053] Werden hier zwei einander gegenüberliegende Finger mittels eines Magnetfelds gekrümmt, um ihre frei beweglichen Enden in eine Richtung entlang der z-Achse auszulenken, so ist die Auslenkung bei beiden Enden ungefähr gleich groß. Dabei wird dann die Breite eines zentralen Spalts 46, d. h. seine Abmessung entlang der x-Achse, nicht wesentlich vergrößert. Dadurch ist verhindert, dass beim Erzeugen von Schallwellen übermäßig viel Luft durch den zentralen Spalt 46 an den Fingern vorbeiströmt (akustischer Kurzschluss). Eine solche Anordnung weist deshalb einen besonders hohen Wirkungsgrad bei der Schallerzeugung auf.

[0054] Die Finger können mit einer Folie oder Membran abgedeckt sein, so dass die gesamte Anordnung der Finger mit einer geschlossenen Schicht überzogen ist. Die Membran verschließt dann die Spalte 44, so dass keine Luft mehr an den Fingern vorbeiströmen kann.

[0055] In FIG 6 ist ein Graph 48 gezeigt, durch welchen eine Abhängigkeit einer Auslenkung A eines Fingers von einer Feldstärke H eines Magnetfelds dargestellt ist, welches den Finger durchdringt. Der Finger ist Bestandteil einer Abstrahleinrichtung eines Schallwandlers. Das Feld lässt sich mit einer entsprechenden Felderzeugungseinrichtung des Schallwandlers erzeugen.

[0056] Die Auslenkung A kann beispielsweise als Betrag eines Abstands zweier Positionen ermittelt sein, welche ein bestimmter Punkt auf dem Finger im Raum einnimmt, wenn das Feld eine Feldstärke von Null einerseits und eine bestimmte Feldstärke H andererseits aufweist. Die Auslenkung A ist dabei derart normiert, dass die größtmögliche Auslenkung einen Wert von Eins ergibt. Der magnetostriktive Effekt ist nicht linear und zeigt in einigen Bereichen eine nahezu quadratische Abhängig-

keit der Auslenkung A von der Magnetfeldstärke H. Wünschenswert ist allerdings eine möglichst lineare Abhängigkeit - zumindest für kleine Änderungen von H.

[0057] Bei dem in FIG 4 gezeigten Beispiel wird deshalb mittels der Permanentmagnete 40 ein magnetisches Offset-Feld erzeugt.

[0058] Dieses lenkt die Finger derart aus, dass sich für eine weitere Auslenkung in Abhängigkeit von einem mittels der Spulen 36 erzeugten Magnetfeld eine nahezu lineare Beziehung ergibt. In FIG 6 ist ein solcher möglicher Arbeitspunkt 50 gezeigt, in welchem der Graph 48 einen nahezu linearen Verlauf 52 aufweist.

[0059] In FIG 7 ist eine Zusammenstellung von Beispielen a) bis c) davon gezeigt, wie Finger 10', 10'', 10''' aus unterschiedlichen Schichten gebildet sein können. FIG 7 ist dabei, ähnlich wie FIG 5, in Teilfiguren FIG 7a bis 7c unterteilt, wobei FIG 7a das Beispiel a) zeigt usw. Es wird im Folgenden wieder unmittelbar auf das jeweilige Beispiel und nicht auf die Figur, die das Beispiel zeigt, Bezug genommen.

[0060] Die Finger 10', 10'', 10''' sind Aktuatoren, die mittels des magnetostriktiven Effekts verformt werden können. Dazu weisen die Finger 10', 10'', 10''' jeweils eine aktive Schicht 54 auf, die aus einer Legierung aus Eisen und Kobalt (FeCo) gebildet ist. In allen Beispielen ist ein Trägersubstrat 22' aus Silizium (Si) gebildet. Neben den aktiven Schichten 54 weisen die Finger 10', 10'', 10''' jeweils eine passive Schicht 56', 56'', 56''' auf.

[0061] In dem Beispiel a) ist die passive Schicht 56' der Finger 10' aus Siliziumdioxid (SiO₂) gebildet. Die passive Schicht 56' befindet sich zwischen dem Trägersubstrat 22' und der aktiven Schicht 54. Zwischen der aktiven Schicht 54 und der passiven Schicht 56' befindet sich eine verhältnismäßig dünne Schicht Chrom (Cr), durch welche eine Haftung der aktiven Schicht 54 an der passiven Schicht 56' verbessert ist. Mittels eines Magnetfeldes ist es möglich, eine Verlängerung der aktiven Schichten 54 entlang der x-Achse zu bewirken. Dann krümmen sich die Finger 10' in FIG 7 nach unten, d. h. in die negative z-Richtung.

[0062] In dem Beispiel b) sind das Trägersubstrat 22' und die aktive Schicht 54 bei jedem der Finger 10'' durch eine dünne Schicht aus Chrom miteinander verbunden. Auf der aktiven Schicht 54 befindet sich jeweils eine passive Schicht 56'' aus SU8, einem Epoxidharz, das mittels einer MEMS-Technologie auf die aktive Schicht 54 aufgetragen werden kann. Wird mittels eines magnetischen Feldes eine Verlängerung der aktiven Schichten 54 entlang der x-Achse bewirkt, so biegen sich bei dem Beispiel b) die Finger 10'' in FIG 7 nach oben in die z-Richtung.

[0063] Das Material SU8 weist vorteilhafte Eigenschaften in Bezug auf Isolation und mechanische sowie chemische Eigenschaften auf. Eine Schicht aus SU8 als passive Schicht weist des Weiteren den Vorteil auf, dass das Material flexibler ist als Siliziumoxid. Es kann auch in einfacher Weise durch Schleudern (Spinning) auf die aktive Schicht 54 aufgetragen werden.

[0064] In dem Beispiel c) sind die Finger 10''' in der

gleichen Weise gebildet wie in dem Beispiel a). Zusätzlich sind die Finger 10''' mit einem Film oder einer Membran 58 abgedeckt. Die Membran 58 kann beispielsweise aus Polyethylen (PET) gebildet sein. Ein weiterer Unterschied zwischen den Beispielen a) und c) besteht darin, dass in dem Beispiel c) die Finger 10''' einen größeren Abstand 60 zueinander aufweisen. Durch die Membran 58 ist dabei dennoch ein akustischer Kurzschluss beim Erzeugen von Schallwellen verhindert.

[0065] In FIG 7 ist auch gezeigt, wie die Finger 10', 10'', 10''' über ein Loch 30 des Trägersubstrats 22' ragen. Die frei beweglichen Enden der Finger 10', 10'', 10''' können über dem Loch 30 frei entlang der z-Achse schwingen.

[0066] Das Loch 30 kann mittels eines anisotropen Ätz-Prozesses oder Beiz-Prozesses in dem Trägersubstrat 22' erzeugt werden. Unabhängig davon, ob bei diesem Prozess eine Säure, eine Lauge oder eine andere chemische Lösung als Mittel zum Auflösen verwendet wird, wird hier von Ätzen gesprochen. Ein Beispiel für einen solchen Prozess ist ein zweistufiges anisotropes Ätzen mittels Kaliumhydroxid (KOH).

[0067] Der Herstellungsprozess soll hier an dem Beispiel a) von FIG 7 näher erläutert werden. Das Trägersubstrat 22' kann beispielsweise durch einen Wafer aus Silizium bereitgestellt sein. Als Orientierung des Trägersubstrats 22' wird bevorzugt <100> gewählt. Die Lithografie-Masken für die Finger haben bevorzugt eine Orientierung von 45° in Bezug auf die Kristallachsen. Zum Erzeugen des Loches wird das gesamte Substrat bestehend aus den Schichten 22', 56', der Chrom-Schicht und der Schicht 54 auf einer Vorderseite 62, d. h. auf der Seite der Schicht 54, abgedeckt und das Ätzmittel auf einer Rückseite 64, d. h. an der Seite des Trägersubstrats 22', appliziert. Das Ätzmittel löst dann das Trägersubstrat auf, wodurch das Loch 30 entsteht. Bevor es zu einem Durchbruch kommt, wird die Abdeckung an der Vorderseite entfernt und das Ätzmittel auch an der Vorderseite 62 appliziert. In Bereichen von Aussparungen in der Lithografie-Maske kommt es dann zu einem Durchbruch im Substrat, so dass die freitragenden Strukturen der Finger 10' entstehen. Durch das Anordnen der Finger bezüglich der Kristallachsen und das Ätzen in der beschriebenen Weise lassen sich die gewünschten Strukturen besonders einfach und genau herstellen. Insbesondere ist es ermöglicht, dass das Trägersubstrat 22' in einem unmittelbar an die Schicht 56' angrenzenden Bereich durch den Ätz-Prozess zuverlässig entfernt wird. Dadurch ist sichergestellt, dass die Finger 10' frei schwingen können.

[0068] Durch die Beispiele ist gezeigt, wie sich Schallwellen mithilfe von langen, schmalen Fingern erzeugen lassen, die in Mikrosystemtechnik hergestellt sind. Durch Anordnen der Finger nahe beieinander lassen sich mit einer Anordnung aus einer Vielzahl von Fingern Schallwellen im Audiofrequenzbereich in ähnlicher Weise erzeugen wie mit einer geschlossenen Membran. Indem als Aktuatoren lange und schmale Finger verwendet wer-

den, können mittels des piezoelektrischen oder magnetostruktiven Effekts besonders große Auslenkungen der Aktuatoren erreicht werden. Ein weiterer Vorteil, der sich durch Bereitstellen einzelner Finger ergibt, ist darin zu sehen, dass jeder Finger eine mechanische Eigenfrequenz hat, die von seiner Länge abhängt. Es ist somit möglich, durch Bereitstellen von Fingern unterschiedlicher Länge einen Mikro-Lautsprecher herzustellen, bei dem eine Frequenzcharakteristik durch Festlegen der einzelnen Längen der Finger in einer gewünschten Weise eingestellt werden kann. Bei einem Lautsprecher mit einer einzelnen Membran ist dies nicht so einfach möglich.

Patentansprüche

1. Hörvorrichtung mit einem Schallwandler (38), welcher eine Felderzeugungseinrichtung (24) zum Erzeugen eines elektrischen oder magnetischen Felds und eine Abstrahl-einrichtung (22) zum Erzeugen eines Schalls aufweist,
dadurch gekennzeichnet, dass die Abstrahleinrichtung (22) eine Vielzahl von Fingern (10, 10', 10'', 10''') aufweist, die von dem Feld der Felderzeugungseinrichtung (24) durchdrungen werden, wobei die Form der Finger (10, 10', 10'', 10''') mittels des Felds der Felderzeugungseinrichtung (24) veränderbar ist, um den Schall zu erzeugen.
2. Hörvorrichtung nach Anspruch 1, wobei zumindest einer der Finger (10, 10', 10'', 10''') aus zumindest zwei parallel angeordneten Schichten (18, 20, 54, 56', 56'', 56''') gebildet ist, von denen zumindest eine (18, 54) durch den inversen piezoelektrischen Effekt oder durch den magnetostruktiven Effekt verformbar ist.
3. Hörvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei zumindest einer der Finger zwei Schichten umfasst, welche jeweils durch einen der Effekte verformbar ist.
4. Hörvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher die Abstrahleinrichtung (22) eine Schicht (22') mit einem Loch (30) aufweist und die Finger (10, 10', 10'', 10''') über dem Loch (30) angeordnet sind.
5. Hörvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher die Abstrahleinrichtung eine Membran (58) aufweist, welche die Finger (10''') bedeckt, wobei die Membran (58) vorzugsweise aus Polyethylen gebildet ist.
6. Hörvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zwei Reihen (26, 28) von parallel zu-

einander angeordneten Fingern (10) bereitgestellt sind.

7. Hörvorrichtung nach Anspruch 6,
wobei die Finger einer Reihe (26, 28) gleich lang sind. 5
8. Hörvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei Finger unterschiedlicher Länge vorgesehen sind. 10
9. Hörvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei Finger versetzt zueinander angeordnet sind. 15
10. Hörvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei jeweils zwei gleich lange Finger einander gegenüber angeordnet sind.
11. Hörvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Felderzeugungseinrichtung (24) einen Permanentmagneten (40) umfasst. 20
12. Hörvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Schallwandler (38) als mikroelektromechanisches System ausgebildet ist. 25
13. Hörvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Felderzeugungseinrichtung (24) eine flache Spule (36) aufweist. 30
14. Hörvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Felderzeugungseinrichtung zumindest teilweise als ein erster Mikrochip (24) und die Abstrahleinrichtung als ein zweiter Mikrochip (22) ausgebildet ist. 35
15. Verfahren zum Herstellen eines Schallwandlers, der zum Erzeugen eines Schalls eine Vielzahl von Fingern (10, 10', 10'', 10''') aufweist, mit den Schritten: 40
 - Bereitstellen eines Substrats (54, 56', 56'', 56''', 22'),
 - Anordnen einer Schutzschicht auf einer Vorderseite (62) des Substrats, wobei durch einen Verlauf eines Randes der Schutzschicht eine Gestalt der Finger (10, 10', 10'', 10''') bestimmt ist,
 - Applizieren eines Mittels zum Auflösen des Substrats an der Vorderseite (62) und an einer Rückseite (64) des Substrats. 50
16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei als Substrat ein Trägersubstrat (22') mit darauf angeordneten Schichten (54, 56', 56'', 56''') zum Ausbilden der Finger bereitgestellt wird und wobei das Trägersubstrat aus Silizium mit der Kristallori-

entierung <100> besteht und wobei die Schutzschicht derart angeordnet wird, dass eine Längsachse der jeweiligen Finger in einem Winkel von 45° zu den Kristallachsen des Trägersubstrats angeordnet ist.

FIG 1

(Stand der Technik)

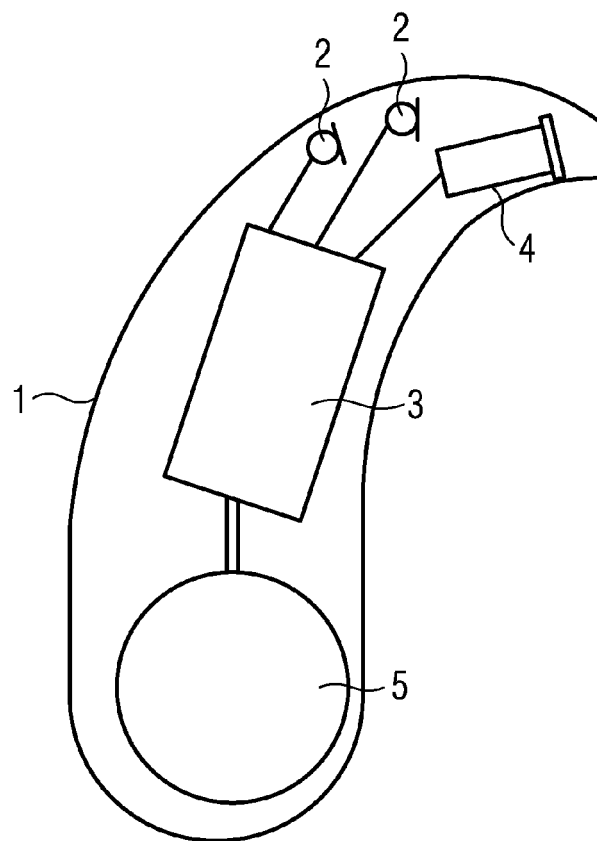


FIG 2

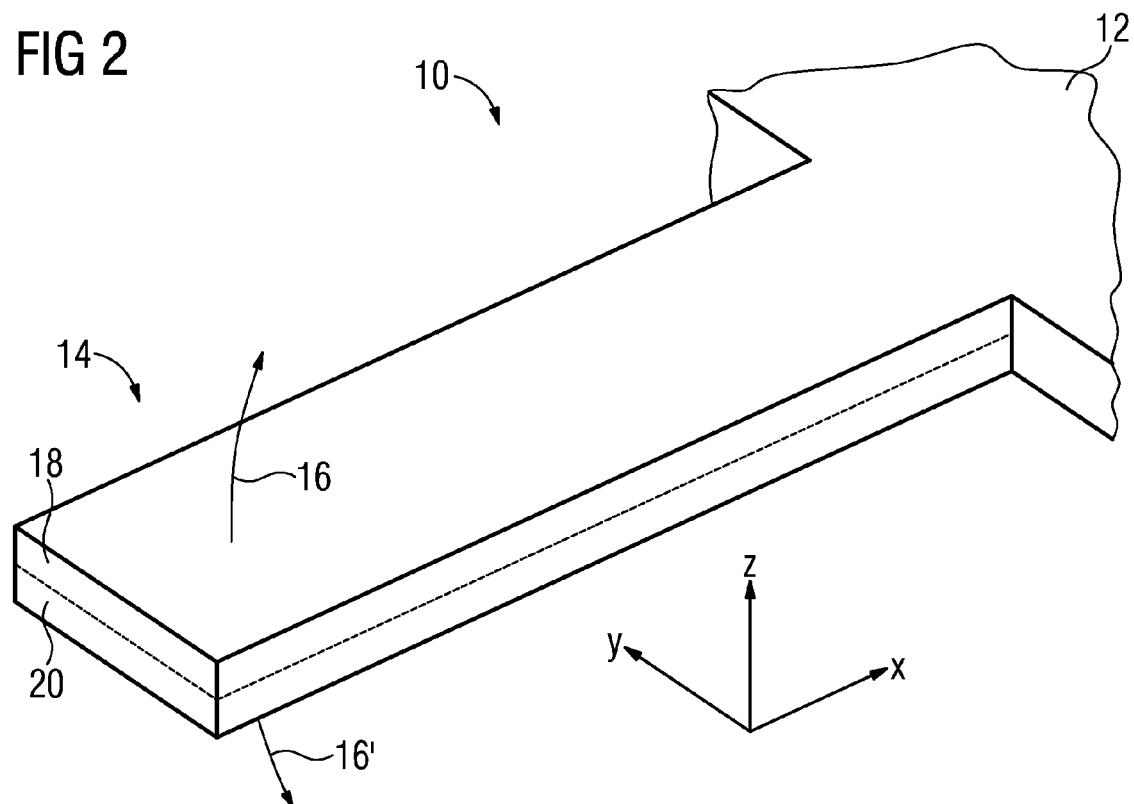


FIG 3

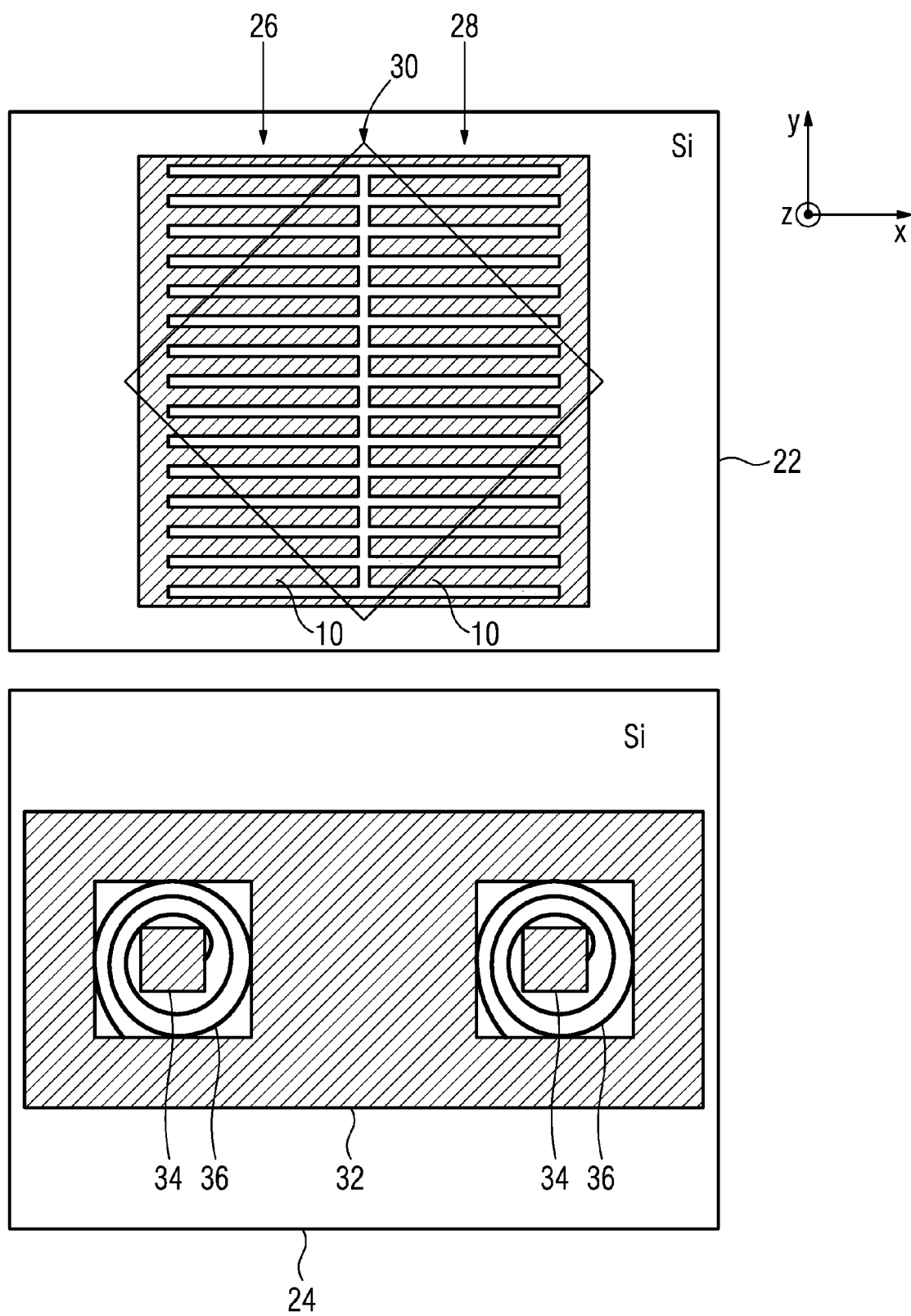


FIG 4

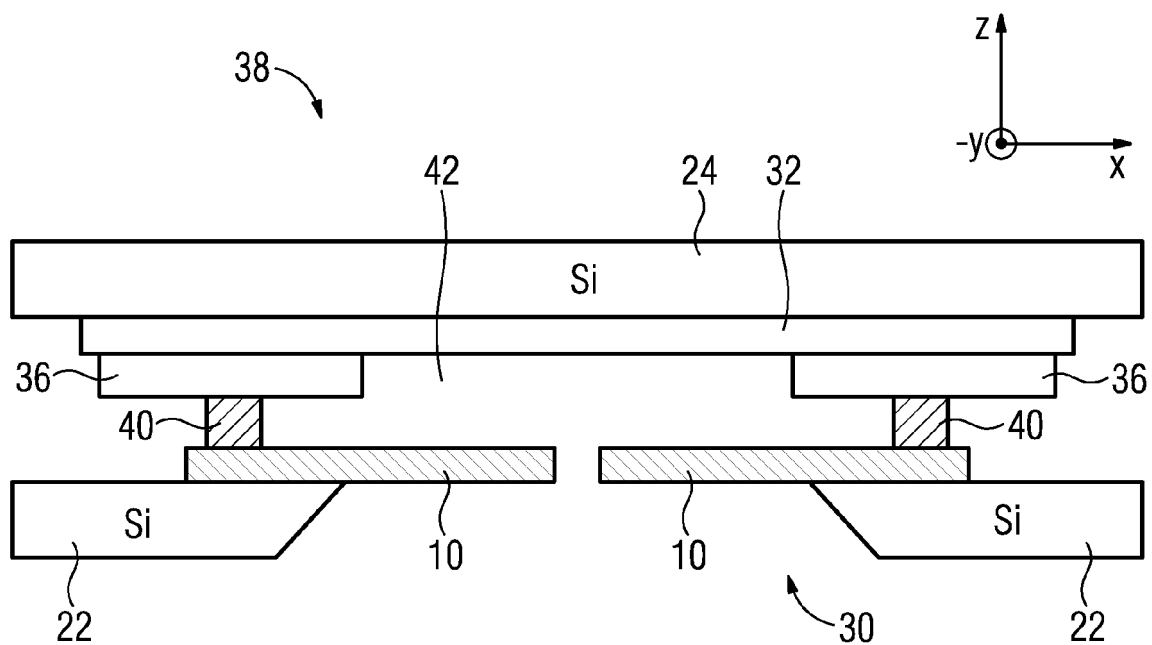


FIG 6

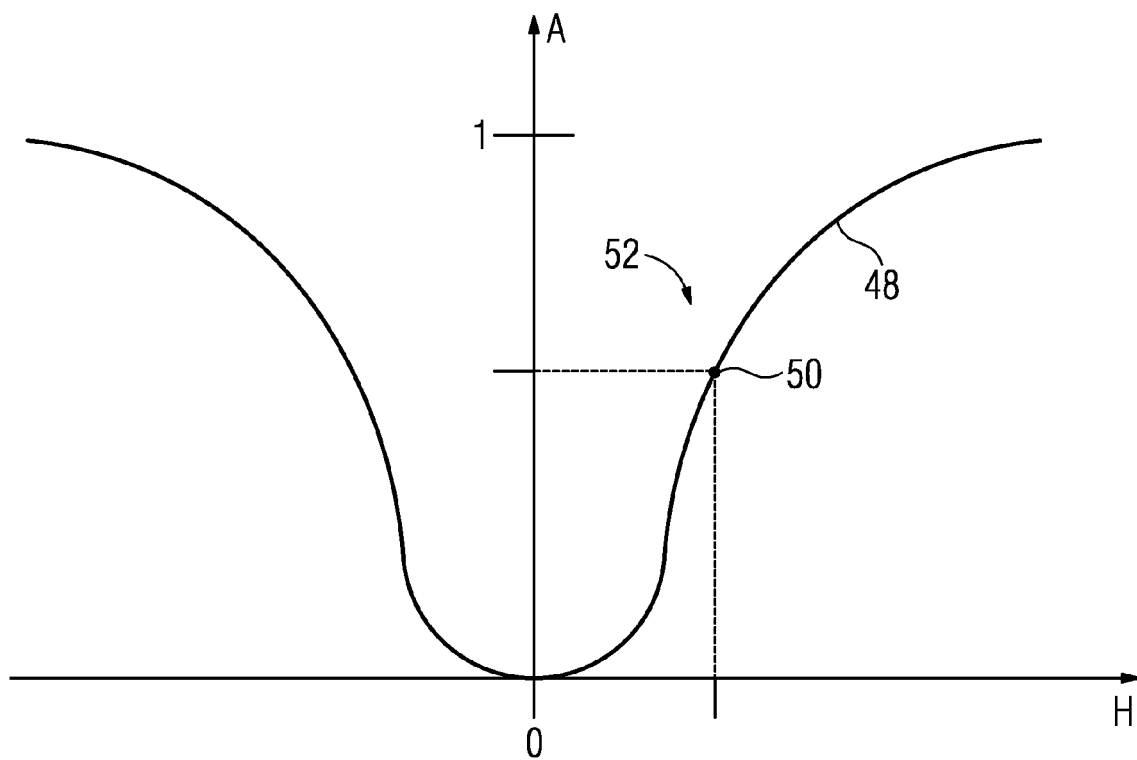


FIG 5a

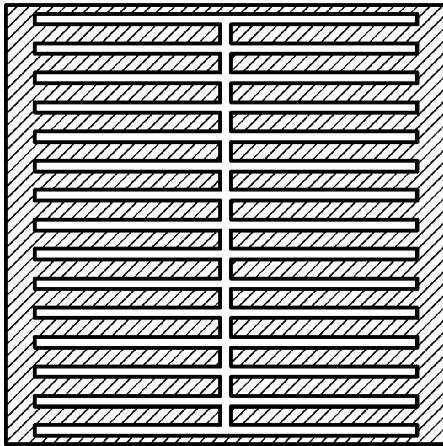


FIG 5b

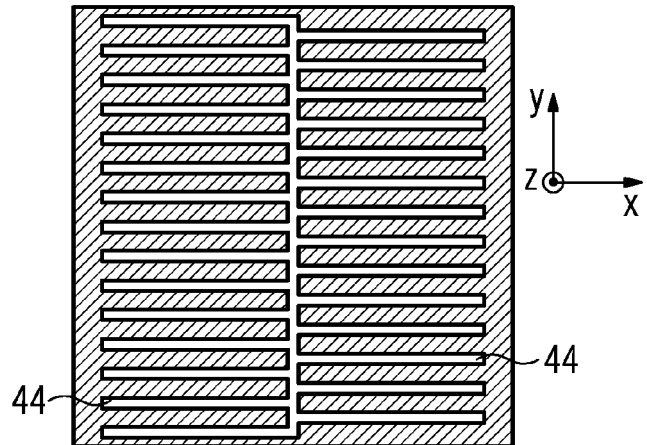


FIG 5c

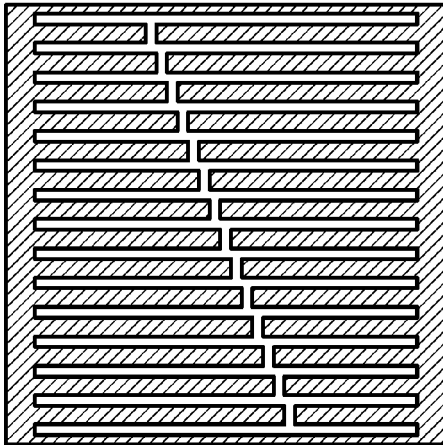


FIG 5d

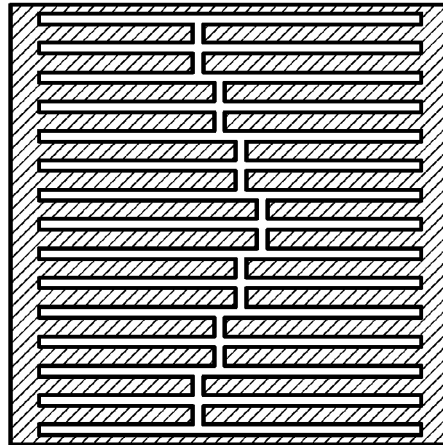
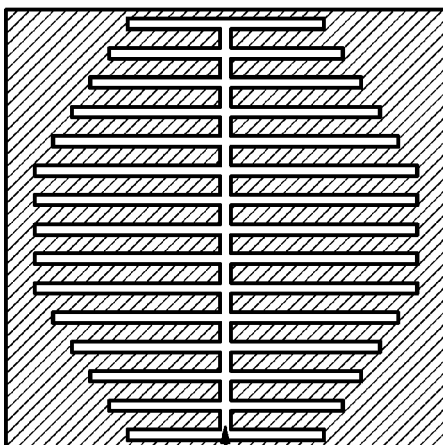


FIG 5e



46

FIG 5f

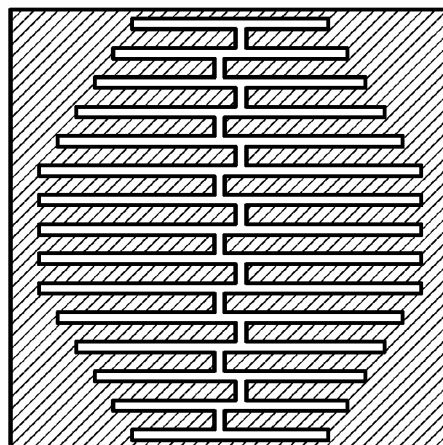


FIG 7a

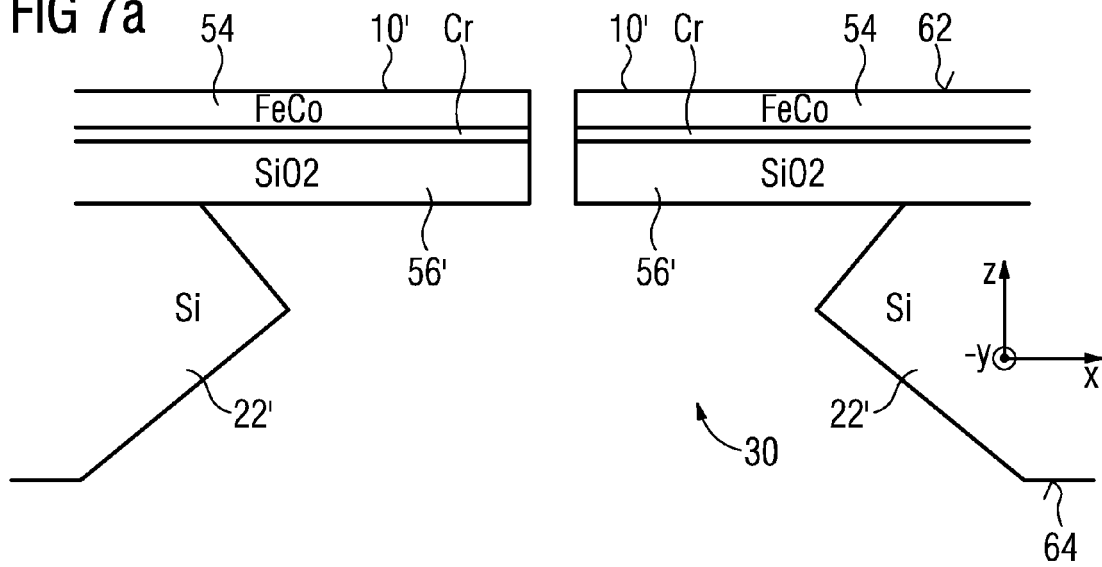


FIG 7b

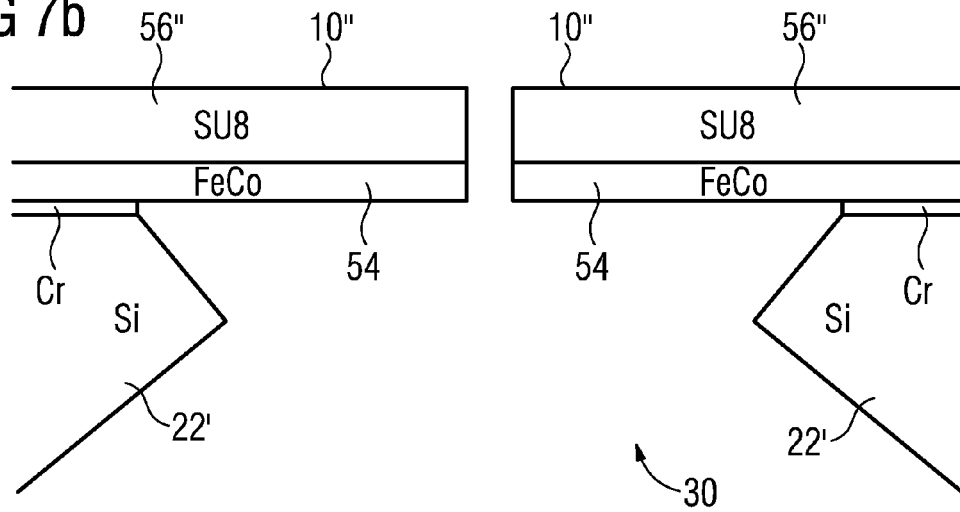
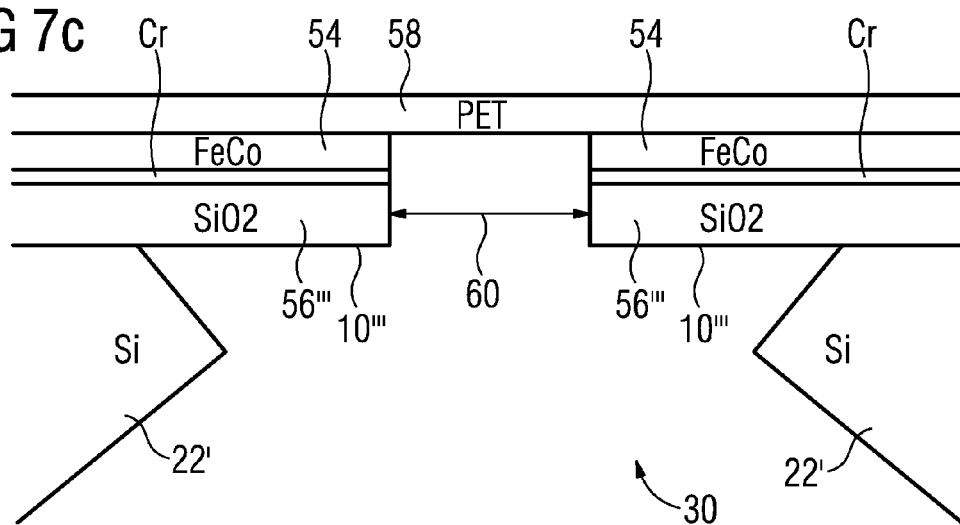


FIG 7c



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102007030744 A1 [0004]