



(10) **DE 10 2015 108 446 B4** 2018.12.06

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 108 446.5**

(22) Anmeldetag: **28.05.2015**

(43) Offenlegungstag: **03.12.2015**

(45) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung: **06.12.2018**

(51) Int Cl.: **H03H 9/17 (2006.01)**

**H03H 3/02 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:

**14/289,568                      28.05.2014      US**

(73) Patentinhaber:

**Avago Technologies General IP Pte. Ltd.,  
Singapur, SG**

(74) Vertreter:

**Dilg Haeusler Schindelmann  
Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80636 München,  
DE**

(72) Erfinder:

**Small, Martha K., Fort Collins, Col., US**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

**US                                      2013 / 0 147 319      A1**

(54) Bezeichnung: **Akustischer Resonator mit einer in einem unterliegenden Dielektrikum angeordneten, elektrischen Verbindung**

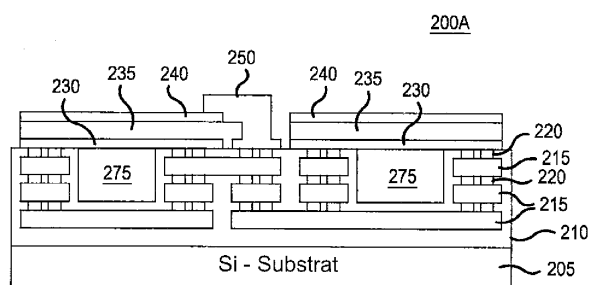
(57) Hauptanspruch: Eine Vorrichtung (200A, 200B, 200C), die folgendes aufweist:

ein Substrat (205),

ein Dielektrikum (210), das auf dem Substrat (205) angeordnet ist,

ein akustischer Resonator (285), der auf dem Dielektrikum (210) angeordnet ist und der auf einer Sockelstruktur innerhalb einer Luftvertiefung (275) in dem Dielektrikum (210) angeordnet ist, und

eine elektrische Verbindung (295), die in dem Dielektrikum (210) angeordnet ist und dazu ausgebildet ist, ein elektrisches Signal zu oder von zumindest einer Elektrode des akustischen Resonators (285) über einen Signalpfad, der zumindest teilweise unterhalb eines Niveaus des akustischen Resonators (285) angeordnet ist, zu übertragen, wobei der akustische Resonator (285) bei seiner Mitte eine Öffnung aufweist und eine obere Elektrode (240) des akustischen Resonators (285) durch die Öffnung mit der elektrischen Verbindung verbunden ist.



**Beschreibung**

## HINTERGRUND

**[0001]** Akustische Resonatoren werden verwendet, um elektrische Signale auf Radiofrequenz (RF) in verschiedenen elektronischen Anwendungen zu verarbeiten. Beispielsweise werden akustische Resonatoren häufig als Bandpassfilter verwendet in Mobiltelefonen, in Geräten des globalen Positionsbestimmungs-Systems (GPS, global positioning system), und in bildgebenden Anwendungen, um nur einige zu nennen. Gebräuchliche Formen von akustischen Resonatoren umfassen beispielsweise akustische Volumenwellen (BAW, bulk acoustic wave)-Einrichtungen, akustische Oberflächenwellen (SAW, surface acoustic wave)-Einrichtungen, akustische Dünnschichtvolumenresonator (FBAR, film bulk acoustic resonator)-Einrichtungen, akustische Doppelvolumenresonator (DBAR, double bulk acoustic resonator)-Einrichtungen und gekoppelte Resonatorfilter (CRF, coupled resonator filter)-Einrichtungen.

**[0002]** Die **Fig. 1A** bis **Fig. 1C** sind vereinfachte Schaubilder von FBAR-Einrichtungen und werden gezeigt, um bestimmte Prinzipien des Betriebs und des Aufbaus veranschaulicht, die bei akustischen Resonatoren allgemein verwendet werden. Insbesondere ist **Fig. 1A** eine Aufsicht von oben auf einen akustischen Resonator **100**, ist **Fig. 1B** eine Querschnittsansicht des akustischen Resonators **100** genommen entlang einer Linie A-A', und ist **Fig. 1C** eine Querschnittsansicht eines akustischen Resonators **100'**, der eine Variation des akustischen Resonators **100** ist.

**[0003]** Mit Verweis auf **Fig. 1A** umfasst ein akustischer Resonator **100** eine obere Elektrode **125**, die fünf (**5**) Seiten aufweist, mit einer Verbindungsseite **101**, die dazu ausgebildet ist, eine elektrische Verbindung zu einer elektrischen Verbindung **102** bereitzustellen. Die elektrische Verbindung **102** führt der oberen Elektrode **125** elektrische Signale zu, um gewünschte akustische Wellen in einer piezoelektrischen Schicht (in **Fig. 1A** nicht gezeigt) des akustischen Resonators **100** anzuregen. In alternativen Implementierungen kann der akustische Resonator **100** eine andere Anzahl von Seiten aufweisen, d.h. weniger als **5** oder mehr als **5**.

**[0004]** Mit Verweis auf **Fig. 1B** umfasst der akustische Resonator **100** einen akustischen Stapel, der aus einer zwischen einer unteren Elektrode **115** und einer oberen Elektrode **125** angeordnete, piezoelektrischen Schicht **120** ausgebildet ist. Die Bezeichnungen obere Elektrode und untere Elektrode sind zur Vereinfachung der Erläuterung, und sie bilden nicht irgendeine Beschränkung im Hinblick auf die räumliche Anordnung, Positionierung oder Orientierung des

akustischen Resonators **100**. Der akustische Stapel ist auf einem Substrat **105** über einer Luftvertiefung **110** angeordnet.

**[0005]** Während eines typischen Betriebs wird zwischen der unteren Elektrode **115** und der oberen Elektrode **125** des akustischen Resonators **100** ein elektrisches Feld angelegt. In Antwort auf dieses elektrische Feld bewirkt der reziproke, oder inverse, piezoelektrische Effekt, dass der akustische Resonator **100**, in Abhängigkeit von der Polarisation des piezoelektrischen Materials, sich mechanisch ausdehnt oder zusammenzieht. Das Vorhandensein der Luftvertiefung **110** verhindert, dass das Substrat **105** mechanische Energie der Ausdehnung oder Zusammenziehung absorbiert. Wenn das elektrische Feld mit der Zeit variiert, werden in der piezoelektrischen Schicht **120** akustische Wellen erzeugt, und diese akustischen Wellen breiten sich durch den akustischen Resonator **100** aus.

**[0006]** Die Frequenzantwort des akustischen Resonators **100** ist durch Resonanzfrequenzen von diesen sich ausbreitenden Wellen bestimmt, wobei diese Wellen von den physikalischen und elektrischen Eigenschaften des akustischen Stapels und des Substrats **105** beeinflusst werden, wie etwa deren Abmessungen, Zusammensetzung, Impedanz, mechanische Stabilität usw. Dementsprechend haben, in einer Bemühung, die Performanz von akustischen Resonatoren zu verbessern, Forscher vielfältige alternative Wege zum Einstellen von diesen und anderen Eigenschaften erforscht. Als ein Beispiel zeigt **Fig. 1C** eine Variation des akustischen Resonators **100**, in der ein akustischer Stapel auf einem Sockel innerhalb einer Luftausnehmung **110'** ausgebildet ist. Die Sockelstruktur isoliert den akustischen Stapel mechanisch und thermisch von umgebenden Strukturen, was den Einfluss von mechanischer Spannung auf die Membran verringert.

**[0007]** Mit Verweis auf **Fig. 1C**, hat ein Substrat **105'** eine Luftvertiefung **110'**, die um einen Sockel herum ausgebildet ist, und der akustische Stapel umfasst eine untere Elektrode **115'**, eine piezoelektrische Schicht **120'**, und eine obere Elektrode **125'**. Entlang einer unteren Oberfläche der Luftvertiefung **110'** erstreckt sich eine Verbindungsschicht **130'**, um eine Verbindung des akustischen Stapels mit externen Kontakten, z.B. an der Verbindungsseite **101**, zu ermöglichen.

**[0008]** Im Allgemeinen können elektrische Verbindungen, wie etwa diejenige, die durch die ausgehende untere Elektrode **115'** gebildet ist, oder alternativ Verbindungen zwischen verschiedenen Elektroden einer Vorrichtung oder zwischen verschiedenen Vorrichtungen, einen unerwünschten hohen Anteil des verfügbaren Geräteraums einnehmen, und

sie können auch die Performanz des akustischen Resonators nachteilig beeinflussen.

**[0009]** Im Hinblick auf diese und andere Nachteile von herkömmlichen Verbindungstechnologien besteht ein allgemeiner Bedarf an elektrischen Verbindungsstrukturen, die ein verringertes Ausmaß an Raum einnehmen und einen negativen Einfluss auf die Performanz vermeiden.

#### Figurenliste

**[0010]** Die beispielhaften Ausführungsformen werden am besten aus der nachfolgenden ausführlichen Beschreibung verstanden, wenn diese zusammen mit den beigefügten Zeichnungen der Figuren gelesen wird. Es wird betont, dass die verschiedenen Merkmale nicht notwendigerweise maßstabsgetreu gezeichnet sind. Tatsächlich können die Abmessungen zur Klarheit der Besprechung willkürlich vergrößert oder verkleinert werden. Wo immer dies anwendbar und praktisch ist, bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente.

**Fig. 1A** ist eine Ansicht von oben einer Vorrichtung, die einen FBAR umfasst.

**Fig. 1B** ist eine Querschnittsansicht der Vorrichtung aus **Fig. 1A**.

**Fig. 1C** ist eine Querschnittsansicht einer anderen Vorrichtung, die einen FBAR umfasst.

**Fig. 2A** ist eine Querschnittsansicht einer Vorrichtung, die mehrere FBARs umfasst, gemäß einer repräsentativen Ausführungsform.

**Fig. 2B** ist eine Querschnittsansicht einer Vorrichtung, die mehrere FBARs umfasst, gemäß einer repräsentativen Ausführungsform.

**Fig. 2C** ist eine Querschnittsansicht einer Vorrichtung, die einen FBAR umfasst, gemäß einer repräsentativen Ausführungsform.

**Fig. 3** ist eine Querschnittsansicht einer Vorrichtung, die einen FBAR umfasst, gemäß einer repräsentativen Ausführungsform.

**Fig. 4** ist ein elektrisches Schaltbild eines Leiterfilters, der mehrere FBARs umfasst, gemäß einer repräsentativen Ausführungsform.

**Fig. 5** ist ein Ablaufdiagramm, das ein Verfahren der Herstellung einer einen FBAR umfassenden Vorrichtung veranschaulicht, gemäß einer repräsentativen Ausführungsform.

#### AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

**[0011]** Die beschriebene Ausführungsformen beziehen sich allgemein auf Vorrichtungen, die akustische Resonatoren umfassen, sowie damit in Beziehung stehende Verfahren zur Herstellung. In bestimmten Ausführungsformen sind eine oder mehrere Elektro-

den eines akustischen Resonators mit einem oder mehreren anderen elektrisch leitfähigen Merkmalen über eine Verbindungsstruktur verbunden, die in einem Dielektrikum (z.B. Siliziumdioxid) unterhalb des akustischen Resonators angeordnet ist. Die Verbindungsstruktur und das Dielektrikum können mittels typischer Verarbeitungstechnologien von integrierten Schaltkreisen (IC, integrated circuit) ausgebildet werden, wie etwa durch eine Metallisierung mit Aluminium von mit Wolfram gefüllten Durchkontaktierungen oder tauschierende Metallisierungsprozesse (damascene metallization).

**[0012]** Einige Ausführungsformen werden mit Verweis auf eine Vorrichtung, die einen FBAR umfasst, beschrieben. Jedoch können die beschriebenen Konzepte auf akustische Resonatoren von verschiedenen Formen und Ausbildungen, wie beispielsweise etwa FBARs, BAWs, DBARs und CRFs, angewendet werden. Des Weiteren können in bestimmten Ausführungsformen mehrere akustische Resonatoren in Kombination verwendet werden, um Vorrichtungen, wie etwa elektrische Filter (z.B. Leiterfilter), auszubilden.

**[0013]** Bestimmte Einzelheiten von akustischen Resonatoren, die akustischen Resonatoren ausbildende Materialien sowie damit in Beziehung stehende Herstellungsverfahren können in einer oder mehreren der nachfolgenden, gemeinsam besessenen US-Patente, Patentanmeldungs-Veröffentlichungsschriften und Patentanmeldungen gefunden werden: US Patent 6,107,721 an Lakin, US Patente 5,587,620, 5,873,153 und 6,507,983 an Ruby et al., US Patent 7,629,865 an Ruby, US Patent 7,280,007 an Feng et al., US Patentanmeldungsoffenlegungsschrift 20070205850 an Jamneala et al., US-Patent 7,388,454 an Ruby et al., US Patentanmeldungsoffenlegungsschrift 2010/0327697 an Choy et al. und US Patentanmeldungsoffenlegungsschrift 2010/0327994 an Choy et al. Die Offenbarungen dieser Patente und Patentanmeldungen werden hierin spezifisch durch Verweis aufgenommen, so als wenn diese hierin dargelegt wären. Es wird betont, dass die in diesen Patenten und Patentanmeldungen beschriebenen Komponenten, Materialien und Herstellungsverfahren repräsentativ sind, und dass andere Herstellungsverfahren und Materialien innerhalb des Bereichs oder Überblicks eines Fachmannes in Betracht gezogen werden können.

**[0014]** Gemäß einer repräsentativen Ausführungsform umfasst eine Vorrichtung ein Substrat mit hohem Widerstand, typischerweise Silizium, ein auf dem Substrat angeordnetes Dielektrikum, einen auf dem Dielektrikum angeordneten akustischen Resonator (z.B. einen FBAR), und eine elektrische Verbindung, die in dem Dielektrikum angeordnet ist und dazu ausgebildet ist, ein elektrisches Signal zu oder von zumindest einer Elektrode des akustischen Resona-

tors über (oder durch) einen Signalpfad, der zumindest teilweise unterhalb des Niveaus des akustischen Resonators angeordnet ist, zu übertragen. Die elektrische Verbindung kann beispielsweise eine Mehrzahl von Metallschichten und Durchkontaktierungen (oder Vias), die innerhalb des Dielektrikums gestapelt sind, umfassen, und sie kann unter Verwendung von CMOS- oder tauschierenden Prozesstechnologien hergestellt werden.

**[0015]** Die elektrische Verbindung kann eine Elektrode des akustischen Resonators mit einer Elektrode eines anderen, auf dem Dielektrikum angeordneten akustischen Resonators verbinden. Der akustische Resonator und der andere akustische Resonator können beispielsweise Teil eines Leiterfilters sein, der mehrere auf dem Dielektrikum angeordnete akustische Resonatoren umfasst.

**[0016]** In bestimmten damit zusammenhängenden Ausführungsformen ist der akustische Resonator auf einer Sockelstruktur in einer Luftausnehmung in dem Dielektrikum angeordnet. In derartigen Ausführungsformen kann die elektrische Verbindung über (oder durch) den Sockel mit dem akustischen Resonator verbunden sein. Des Weiteren kann der akustische Resonator eine ringförmige Form mit einer Öffnung bei seiner Mitte aufweisen, und eine obere Elektrode des akustischen Resonators kann durch die Öffnung mit der elektrischen Verbindung verbunden sein.

**[0017]** In einer anderen repräsentativen Ausführungsform umfasst ein Verfahren folgendes: Ausbilden eines Dielektrikums auf einem Halbleiter-Substrat, Ausbilden eines akustischen Resonators (z.B. eines FBAR) auf dem Dielektrikum, und Ausbilden einer elektrischen Verbindung in dem Dielektrikum, wobei die elektrische Verbindung dazu ausgebildet ist, ein elektrisches Signal zu oder von zumindest einer Elektrode des akustischen Resonators über (oder durch) einen Signalpfad, der zumindest teilweise unterhalb des Niveaus des akustischen Resonators angeordnet ist, zu übertragen. Das Ausbilden des Dielektrikums kann beispielsweise folgendes umfassen: Ablagern von aufeinanderfolgenden Schichten des dielektrischen Materials über dem Halbleiter-Substrat, um aufeinanderfolgende Schichten der elektrischen Verbindung zu umgeben. Das Ausbilden der elektrischen Verbindung in dem Dielektrikum kann beispielsweise das Ausbilden von aufeinanderfolgenden Metallschichten (z.B. Aluminium oder Kupfer) und von dazwischentretenden Metall-Durchkontaktierungen (z.B. Wolfram oder Kupfer) umfassen.

**[0018]** In bestimmten damit zusammenhängenden Ausführungsformen umfasst das Ausbilden des akustischen Resonators auf dem Dielektrikum folgendes: Ausbilden eines Opfermaterials innerhalb einer Vertiefung in dem Dielektrikum, Ausbilden des akustischen Resonators auf dem Dielektrikum und

dem Opfermaterial, und Entfernen des Opfermaterials, um eine Vertiefung unter dem akustischen Resonator zu erzeugen. Das Entfernen des Opfermaterials kann beispielsweise das Eintauchen des Dielektrikums und des akustischen Resonators in eine Säure, wie etwa Flusssäure (Fluorwasserstoffsäure (HF)) umfassen. Ein Opfermaterial aus Polysilizium könnte durch ein Plasmaätzen mit Xenondifluorid ( $\text{XeF}_2$ ) entfernt werden.

**[0019]** In bestimmten damit zusammenhängenden Ausführungsformen kann das Verfahren ferner das Ausbilden eines anderen akustischen Resonators auf dem Dielektrikum umfassen, wobei die elektrische Verbindung eine Elektrode des akustischen Resonators mit einer Elektrode des anderen akustischen Resonators verbindet. Der akustische Resonator und der andere akustische Resonator können beispielsweise ein Teil von einem Leiterfilter, sein, der mehrere auf dem Dielektrikum angeordnete akustische Resonatoren umfasst.

**[0020]** Die **Fig. 2A** bis **Fig. 2C** sind Querschnittsansichten von verschiedenen Vorrichtungen, die mehrere FBARs umfassen, gemäß repräsentativer Ausführungsformen. **Fig. 2A** ist eine Querschnittsansicht einer Vorrichtung **200A**, die zwei über einem Substrat angeordnete FBARs und eine zwischen den FBARs und dem Substrat angeordnete, untere elektrische Verbindung umfasst. **Fig. 2B** ist eine Querschnittsansicht einer Vorrichtung **200B**, die eine Variation der Vorrichtung **200A** ist, mit einer Mikroabdeckungsstruktur und rückseitigen Durchkontaktierungen (Vias). **Fig. 2C** ist eine Querschnittsansicht einer Vorrichtung **200C**, die eine Variation der Vorrichtung **200A** ist, in der zwei FBARs durch zwischentretende Strukturen getrennt sind.

**[0021]** Mit Verweis auf **Fig. 2A** umfasst die Vorrichtung **200A** ein Substrat **205**, ein Dielektrikum **210**, das eine Luftvertiefung **275** aufweist, eine untere elektrische Verbindung, die Metallschichten **215** und Durchkontaktierungen **220** aufweist, zwei FBARs, die jeweils eine untere Elektrode **230**, eine piezoelektrische Schicht **235** und eine obere Elektrode **240** aufweisen, und eine obere elektrische Verbindung **250**, die auf einem Abschnitt von einem der beiden FBARs angeordnet ist. Jeder der beiden FBARs ist über einer anderen Luftvertiefung **275** abgelegt.

**[0022]** Das Substrat **205** ist ein elektrischer Isolator. Es ist zur Vereinfachung der Verarbeitung typischerweise aus Silizium hergestellt, weil es allgemein preiswert ist und einen hohen Widerstand aufweisen kann, obwohl andere Ausführungsformen eine andere Art eines Substrats mit hoher Impedanz verwenden können. In der veranschaulichten Ausführungsform wird das Silizium nicht wegen seiner Halbleitereigenschaften verwendet. Tatsächlich stellen diese Eigenschaften eine mögliche Anfälligkeit (oder Bür-

de) dar, weil jegliche Leitfähigkeit in dem Substrat die Performanz des Resonators verschlechtern kann.

**[0023]** Die unteren und oberen Elektroden **230** und **240** können aus irgendeinem von verschiedenen, einem Fachmann bekannten Arten von verfügbaren leitfähigen Materialien ausgebildet werden, wie etwa Al, Cu, W, Mo, Pd, Ru, Mb oder Hf, um nur einige zu nennen. Des Weiteren können die Elektroden und andere Merkmale der FBARs modifiziert werden oder durch zusätzliche Merkmale, die in den Zeichnungen nicht gezeigt sind, begleitet werden, wie etwa Temperaturkompensationsmerkmale, Luftbrücken, Manschetten, Rahmen und andere, so wie das von Fachleuten gewertschätzt werden kann.

**[0024]** Die piezoelektrische Schicht **235** kann eine dünne Schicht sein, die eines oder mehrere von verschiedenen alternativen Materialien umfasst. Beispielsweise kann sie Aluminiumnitrid (AlN) oder Zinkoxid (ZnO) umfassen. Des Weiteren kann in bestimmten Ausführungsformen die piezoelektrische Schicht **235** mit Scandium oder einem anderen Seltenerd-Element dotiert sein, um bestimmte Aspekte seiner Performanz zu verbessern. Der Atomprozentsatz von Scandium in einer Aluminiumnitrid-Schicht kann näherungsweise 0,5% bis weniger als näherungsweise 10% sein. Allgemeiner ist der Atomprozentsatz von Scandium in der piezoelektrischen Schicht **235**, die eine Aluminiumnitrid-Schicht umfasst, in bestimmten Ausführungsformen näherungsweise 0,5% bis näherungsweise 44%. In noch anderen Ausführungsformen ist der Atomprozentsatz von Scandium in einer Aluminiumnitrid-Schicht näherungsweise 2,5% bis weniger als näherungsweise 5,0%. Wenn hierin die Prozentsätze von Dotierelementen in einer piezoelektrischen Schicht besprochen werden, so geschieht dies mit Verweis auf die gesamten Atome der piezoelektrischen Schicht. Insbesondere, wenn hierin der Prozentsatz von Dotierelementen (z.B. Sc) in einer dotierten AlN-Schicht besprochen wird, geschieht dies mit Verweis auf die gesamten Atome (Stickstoff nicht umfassend) der piezoelektrischen Schicht **235**. Somit und wie dies beispielsweise in der US Patentanmeldung Nr. 14/161,564, die hierin durch Verweis aufgenommen wird, beschrieben ist, wenn das Al in der piezoelektrischen Schicht einer repräsentativen Ausführungsform einen Atomprozentsatz von näherungsweise 95,0% hat und das Sc einen Atomprozentsatz von näherungsweise 5,0% hat, dann kann die atomare Zusammensetzung der piezoelektrischen Schicht als  $Al_{0,95}Sc_{0,05}N$  dargestellt werden.

**[0025]** Es wird angemerkt, dass die Verwendung von Scandium als das Dotierelement lediglich veranschaulichend ist, und es können andere Seltenerd-Elemente zur Verwendung als das Dotierelement der piezoelektrischen Schicht **227** vorgesehen werden. Insbesondere andere Seltenerd-Elemente vorgese-

hen werden, einschließlich Yttrium (Y), Lanthan (La), Cer (Ce), Praseodym (Pr), Neodym (Nd), Promethium (Pm), Samarium (Sm), Europium (Eu), Gadolinium (Gd), Terbium (Tb), Dysprosium (Dy), Holmium (Ho), Erbium (Er), Thulium (Tm), Ytterbium (Yb) und Lutetium (Lu), so wie das einem Fachmann bekannt ist. Obwohl hierin nur spezifische Beispiele besprochen werden, sehen die verschiedenen Ausführungsformen den Einbau von irgendeinem oder mehreren Seltenerd-Elemente vor.

**[0026]** Die untere (oder bodenseitige) elektrische Verbindung kann dazu ausgelegt sein, Signale zu einer bestimmten Stelle zu leiten (oder zu führen). Beispielsweise kann sie dazu ausgelegt sein, Signale von unteren Elektroden **225** zu einer Verbindungsseite von entsprechenden FBARs oder zu Elektroden von anderen FBARs zu leiten. Darüber hinaus kann sie verwendet werden, um die Signale zu nahegelegenen Stellen, wie etwa benachbarten Komponenten, zu leiten, oder sie kann verwendet werden, um die Signale zu weiter entfernten Stellen zu leiten.

**[0027]** Die untere elektrische Verbindung kann unter Verwendung von CMOS-Verarbeitungstechniken hergestellt werden, wie etwa verschiedenen Formen der Abscheidung, des Ätzens, der Planarisierung usw. In dem veranschaulichten Beispiel können Metallschichten **215** aus einem Metallmaterial, wie etwa Aluminium, ausgebildet werden, und Durchkontaktierungen **220** können aus einem Metallmaterial, wie etwa Wolfram, ausgebildet werden. In bestimmten alternativen Ausführungsformen (z.B. solchen, die tauschierende Metallisierung verwenden), können die Schichten aus Aluminium und die Durchkontaktierungen aus Wolfram durch Kupferschichten und Kupferdurchkontaktierungen ersetzt werden. So wie das von Fachleuten gewertschätzt werden wird, können Strukturen, die durch tauschierende Metallisierung oder andere alternative Techniken ausgebildet werden, verschiedene Verarbeitungsschritte als die veranschaulichten Ausführungsformen erfordern.

**[0028]** Das Dielektrikum **210** umgibt die untere elektrische Verbindung und ist aus einem nicht-ätzbaren Material ausgebildet, das die elektrische Verbindung vor Beschädigung schützt, wenn die Luftvertiefungen **275** ausgebildet werden oder wenn andere Verarbeitungsschritte ausgeführt werden. Zusätzlich (oder als eine Alternative) zu dem Ausbilden des Dielektrikums **210** aus einem nicht-ätzbaren Material kann auch eine Schicht eines Schutzmaterials über dem Dielektrikum **210** ausgebildet werden, um zu verhindern, dass das Dielektrikum während der Entfernung des Opfermaterials oder anderer Verarbeitungsschritten, die zum Herstellen der FBARs verwendet werden, degradiert wird. Beispiele von derartigem Schutzmaterial umfassen hochdotiertes Borsilikatglas oder Siliziumcarbid.

[0029] Luftausnehmungen **275** werden typischerweise durch Abscheiden eines Opfermaterials in entsprechenden Räumen vor der Ausbildung der in **Fig. 2A** veranschaulichten FBARs, und anschließendes Entfernen des Opfermaterials nach dem Ausbilden der FBARs ausgebildet. Das Entfernen des Opfermaterials umfasst typischerweise ein Eintauchen der Struktur, die die FBARs umfasst, in ein Säurebad, z.B. HF (Fluorwasserstoff). Dementsprechend und um die untere elektrische Verbindung zu schützen, sollte das Dielektrikum **210** allgemein aus einem Material ausgebildet sein, das durch das HF oder eine andere zum Entfernen des Opfermaterials verwendete Substanz nicht geätzt wird. Beispiele von derartigen Materialien umfassen Borsilikatglas mit einer hohen Bor-Konzentration.

[0030] Die Ausbildung der Luftvertiefungen **275** kann durch bekannte Verfahren erzielt werden, wobei bestimmte relevante Konzepte in dem US Patent Nr. 6,384,697 an Ruby et al. beschrieben sind, das hierin durch Verweis aufgenommen wird. Als eine Alternative zu Luftvertiefungen **275** können die Vorrichtung **200A** oder andere Ausführungsformen einen oder mehrere akustische Isolatoren (nicht gezeigt) umfassen, wie etwa akustische Spiegel oder Bragg-Reflektoren. Derartige akustische Isolatoren können unter Verwendung von Techniken, die für einen Fachmann offensichtlich wären, ausgebildet werden, wobei bestimmte relevante Konzepte zum Herstellen von akustischen Spiegeln für eine Resonator-Vorrichtung in der US Patentanmeldungsoffenlegungsschrift Nr. 2011/0121916 an Barber et al., die hierin durch Verweis aufgenommen ist, beschrieben sind.

[0031] Mit Verweis auf **Fig. 2B** umfasst die Vorrichtung **200B** eine Mikroabdeckungsstruktur **260**, die auf dem Dielektrikum **210** über der Vorrichtung **200A** angeordnet ist, und rückseitige Durchkontaktierungen **265**, die das Substrat **205** durchdringen und eine elektrische Verbindung zwischen den Metallschichten **215** und rückseitigen Pads **280** bereitstellen. Zusätzliche Einzelheiten von Verfahren, Materialien und dem Ausbilden einer Mikroabdeckungsstruktur auf einem Basissubstrat können beispielsweise in einem oder mehreren der gemeinsam besessenen US Patente Nrn. 6,228,675, 6,265,246, 6,429,511, 6,787,897, 6,919,222, 6,979,597 und 7,161,283 gefunden werden, deren Offenbarungen hierin durch Verweis aufgenommen werden.

[0032] Mit Verweis auf **Fig. 2C** kann eine elektrische Verbindung **295** innerhalb eines Dielektrikums **298** verwendet werden, um Signale von einem ersten akustischen Resonator **285** zu einem zweiten akustischen Resonator **290** oder irgendeiner anderen auf dem Dielektrikum **210** angeordneten Einrichtung zu leiten. So wie das in **Fig. 2C** durch Ellipsen angedeutet ist, können die beiden akustischen Resonatoren

durch einen beliebigen Abstand und dazwischentrete Strukturen getrennt sein.

[0033] **Fig. 3** ist eine Querschnittsansicht einer Vorrichtung **300**, die einen FBAR umfasst, gemäß einer repräsentativen Ausführungsform.

[0034] Mit Verweis auf **Fig. 3** weist die Vorrichtung **300** viele Merkmale auf, die ähnlich zu derjenigen der Vorrichtung **200A** sind, mit der Ausnahme, dass sie anstelle von zwei FBARs sie nur einen einzelnen FBAR aufweist, der an seinem Mittelpunkt getragen wird und der auf einem durch einen Abschnitt des Dielektrikums **210** ausgebildeten Sockel und der elektrischen Verbindung angeordnet ist. Der einzelne FBAR umfasst eine untere Elektrode **330**, eine piezoelektrische Schicht **335** und eine obere Elektrode **340**. Die untere Elektrode **330** ist über die untere elektrische Verbindung mit auf dem Dielektrikum **210** angeordneten Verbindungs-Pads **325** verbunden. Bestimmte Prinzipien des Entwurfs des Sockels und der Herstellung sind in der gemeinsam besessenen US Patentanmeldung Nr. 2013/0049888 bereitgestellt, die am 28. Februar 2013 eingereicht worden ist und deren Offenbarung hierin durch Verweis aufgenommen wird.

[0035] **Fig. 4** ist ein elektrisches Schaltbild eines Leiterfilters **400**, der mehrere FBARs umfasst, gemäß einer repräsentativen Ausführungsform. Der Leiterfilter **400** könnte beispielsweise in einem Duplexer-Schaltkreis eines Mobiltelefons verwendet werden. Der Leiterfilter **400** stellt nur ein Beispiel dar von einer Struktur, die durch eine Anordnung, in der mehrere Strukturen mittels einer unteren elektrischen Verbindung in einem darunter liegenden Dielektrikum verbunden werden, ausgebildet werden könnte. Eine derartige Struktur könnte beispielsweise in einer in **Fig. 2C** veranschaulichten Konfiguration implementiert werden.

[0036] Mit Verweis auf **Fig. 4** umfasst der Leiterfilter **400** eine Mehrzahl von Serienresonatoren **405** und eine Mehrzahl von Abzweigresonatoren **410**, die zwischen einem Eingangsanschluss und einem Ausgangsanschluss verbunden sind, wobei die Serienresonatoren **405** höhere Resonanzfrequenzen als die Abzweigresonatoren **410** aufweisen. Demgemäß ermöglichen sie, dass höhere Frequenzen hindurchlaufen, während niedrigere Frequenzen abgezweigt werden. Eine oder mehrere elektrische Verbindungen zwischen akustischen Resonatoren **405** und **410** können durch Strukturen, die unter den Resonatoren liegen, ausgebildet werden, wie dies etwa die in den **Fig. 2 bis Fig. 3** veranschaulicht ist.

[0037] **Fig. 5** ist ein Ablaufdiagramm, das ein Verfahren **500** zum Herstellen einer Vorrichtung, die einen FBAR aufweist, veranschaulicht, gemäß einer repräsentativen Ausführungsform. Das veranschaulichte Verfahren kann verwendet werden, um eine Vorrich-

tung auszubilden, so wie diese oben mit Verweis auf die **Fig. 2** bis **Fig. 4** beschrieben worden ist, obwohl es nicht auf diese Vorrichtungen beschränkt ist.

**[0038]** Mit Verweis auf **Fig. 5** umfasst das Verfahren das Ausbilden eines Dielektrikums (z.B. Dielektrikum **210**) auf einem Substrat aus Silizium (z.B. Substrat **205**) (**S505**). Das Dielektrikum umfasst typischerweise Siliziumcarbid oder ein vergleichbares Material. Im Allgemeinen kann das Ausbilden des Dielektrikums eine Sammlung (oder Auswahl) von vielzähligen Prozessen (oder Verfahrensschritten) umfassen, wie diese von einem Fachmann gewertschätzt werden würden. Beispielsweise kann es das Abscheiden von aufeinanderfolgenden Schichten von dielektrischem Material über dem Halbleiter-Substrat umfassen, um aufeinanderfolgende Schichten der elektrischen Verbindung zu umgeben.

**[0039]** Das Verfahren umfasst ferner das Ausbilden einer elektrischen Verbindung in dem Dielektrikum, wobei die elektrische Verbindung dazu ausgebildet ist, ein elektrisches Signal zu oder von zumindest einer Elektrode eines akustischen Resonators über einen Signalpfad, der zumindest teilweise unterhalb eines Niveaus des akustischen Resonators angeordnet ist, zu übertragen (**S510**). So wie bei dem Dielektrikum kann das Ausbilden der elektrischen Verbindung eine Sammlung von vielzähligen Prozessschritten umfassen, wie dies für Fachleute offensichtlich ist. Beispielsweise kann es das Ausbilden von aufeinanderfolgenden Metallschichten und dazwischenkommenden Durchkontaktierungen aus Metall umfassen.

**[0040]** Das Verfahren umfasst noch ferner das Ausbilden eines akustischen Resonators auf dem Dielektrikum (**S515**). Der akustische Resonator kann, beispielsweise, ein FBAR sein, so wie das in den **Fig. 2** oder **Fig. 3** veranschaulicht ist, oder er kann irgendeine andere Art eines akustischen Resonators sein. Das Verfahren kann ferner folgendes aufweisen: das Ausbilden von zusätzlichen akustischen Resonatoren, z.B. in einem Leiterfilter, so wie diese in **Fig. 4** veranschaulicht sind, oder das Ausbilden von einigen anderen Strukturen, die mit dem akustischen Resonator über eine Verbindung verbunden werden sollen. Das Ausbilden des akustischen Resonators auf dem Dielektrikum kann folgendes umfassen: das Ausbilden eines Opfermaterials innerhalb einer Vertiefung in dem Dielektrikum, das Ausbilden des akustischen Resonators auf dem Dielektrikum und dem Opfermaterial, und das Entfernen des Opfermaterials, um unter dem akustischen Resonator eine Vertiefung zu erzeugen. Das Entfernen des Opfermaterials kann beispielsweise das Eintauchen des Dielektrikums und des akustischen Resonators in Säure umfassen.

**[0041]** So wie das im Vorgehenden angedeutet ist, kann eine Vorrichtung einen akustischen Resonator mit einer elektrischen Verbindung, die in einem unterliegenden Dielektrikum angeordnet ist, aufweisen. Die elektrische Verbindung kann ein verringertes Ausmaß an Raum einnehmen im Vergleich zu anderen Arten von Verbindungen, die mit akustischen Resonatoren verwendet werden, und sie kann möglicherweise verschiedene Arten der Streckenführung oder das Führen zu verschiedenen Arten von Komponenten ermöglichen.

### Patentansprüche

1. Eine Vorrichtung (200A, 200B, 200C), die folgendes aufweist:  
ein Substrat (205),  
ein Dielektrikum (210), das auf dem Substrat (205) angeordnet ist,  
ein akustischer Resonator (285), der auf dem Dielektrikum (210) angeordnet ist und der auf einer Sockelstruktur innerhalb einer Luftvertiefung (275) in dem Dielektrikum (210) angeordnet ist, und  
eine elektrische Verbindung (295), die in dem Dielektrikum (210) angeordnet ist und dazu ausgebildet ist, ein elektrisches Signal zu oder von zumindest einer Elektrode des akustischen Resonators (285) über einen Signalpfad, der zumindest teilweise unterhalb eines Niveaus des akustischen Resonators (285) angeordnet ist, zu übertragen, wobei der akustische Resonator (285) bei seiner Mitte eine Öffnung aufweist und eine obere Elektrode (240) des akustischen Resonators (285) durch die Öffnung mit der elektrischen Verbindung verbunden ist.
2. Die Vorrichtung (200A, 200B, 200C) gemäß Anspruch 1, wobei der akustische Resonator ein akustischer Schichtvolumenwellen-Resonator (285), FBAR, film bulk acoustic resonator, ist.
3. Die Vorrichtung (200A, 200B, 200C) gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei das Substrat (205) ein elektrischer Isolator ist.
4. Die Vorrichtung (200A, 200B, 200C) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die elektrische Verbindung eine Elektrode des akustischen Resonators (285) mit einer Elektrode eines anderen akustischen Resonators (290), der auf dem Dielektrikum (210) angeordnet ist, verbindet.
5. Die Vorrichtung (200A, 200B, 200C) gemäß Anspruch 4, wobei der akustische Resonator (285) und der andere akustische Resonator (290) Teile eines Filters sind, der mehrere auf dem Dielektrikum (210) angeordnete akustische Resonatoren umfasst.
6. Die Vorrichtung (200A, 200B, 200C) gemäß einem der Ansprüche 2 bis 5, ferner aufweisend eine Schicht aus Siliziumcarbid, die zwischen dem Dielek-

trikum (210) und der Luftvertiefung (275) angeordnet ist.

7. Die Vorrichtung (200A, 200B, 200C) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Dielektrikum (210) Siliziumdioxid umfasst.

8. Die Vorrichtung (200A, 200B, 200C) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die elektrische Verbindung eine Mehrzahl von Metallschichten und Durchkontaktierungen (265), die innerhalb des Dielektrikums (210) geschichtet sind, umfasst.

9. Die Vorrichtung (200A, 200B, 200C) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die elektrische Verbindung über der Sockelstruktur mit dem akustischen Resonator (285) verbunden ist.

10. Die Vorrichtung (200A, 200B, 200C) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, ferner aufweisend eine Mikroabdeckung (260), die auf dem Dielektrikum (210) über dem akustischen Resonator (285) angeordnet ist.

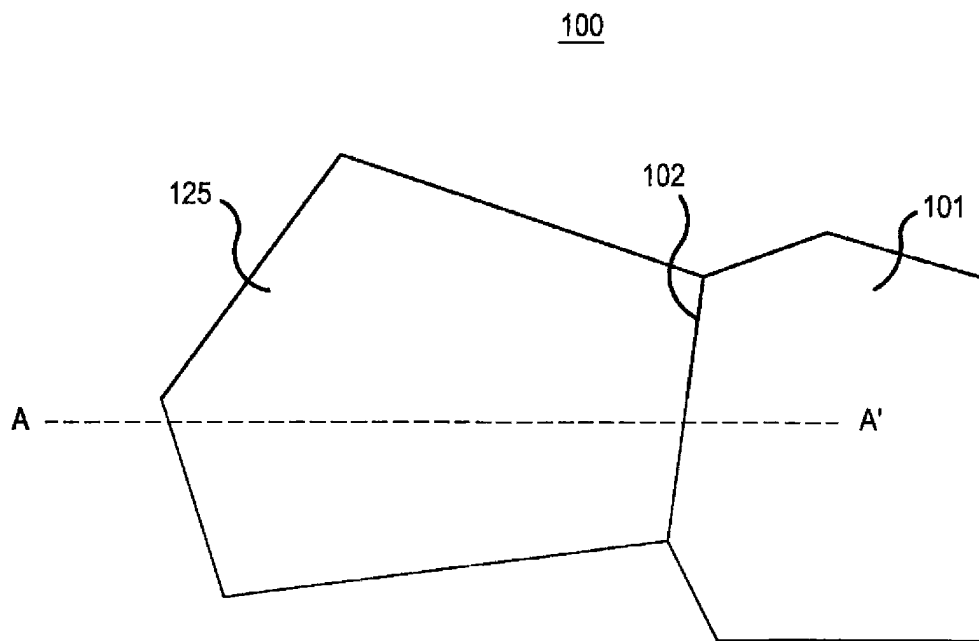
11. Die Vorrichtung (200A, 200B, 200C) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, ferner aufweisend zumindest eine rückseitige Durchkontaktierung (265), die das Substrat (205) durchdringt und eine elektrische Verbindung zwischen zumindest einer Elektrode des akustischen Resonators (285) und zumindest einem rückseitigen Pad (280) auf dem Substrat (205) bereitstellt.

12. Die Vorrichtung (200A, 200B, 200C) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei der akustische Resonator (28) eine piezoelektrische Schicht (235) aufweist, die Scandium dotiertes Aluminiumnitrid aufweist.

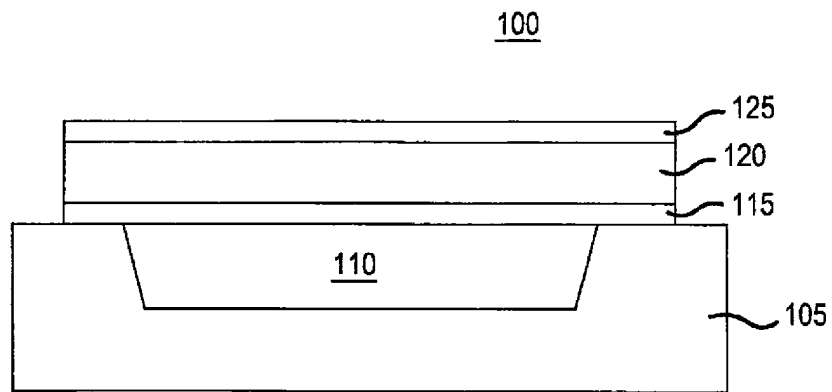
Es folgen 9 Seiten Zeichnungen



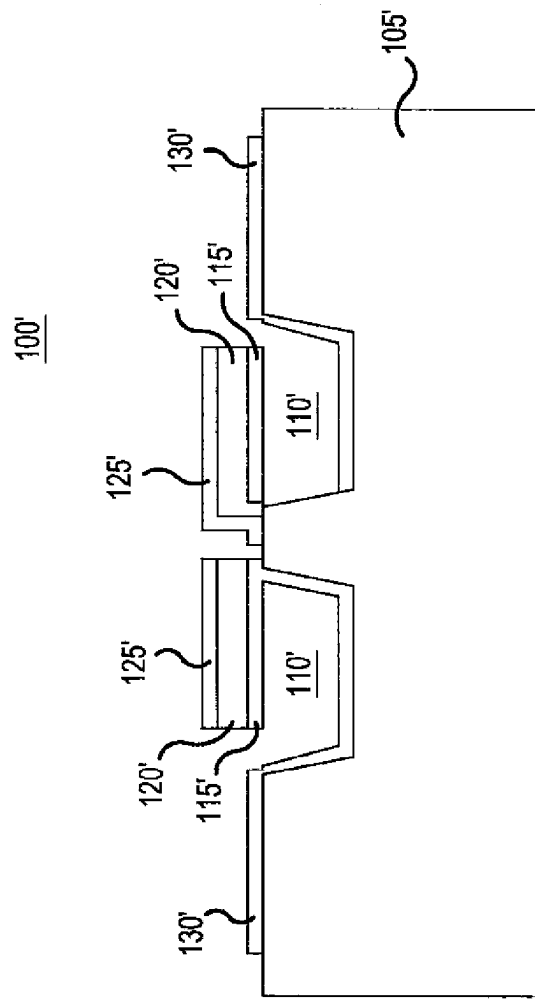
Anhängende Zeichnungen



**FIG.1A**  
Stand der Technik



**FIG.1B**  
Stand der Technik



**FIG.1C**  
Stand der Technik

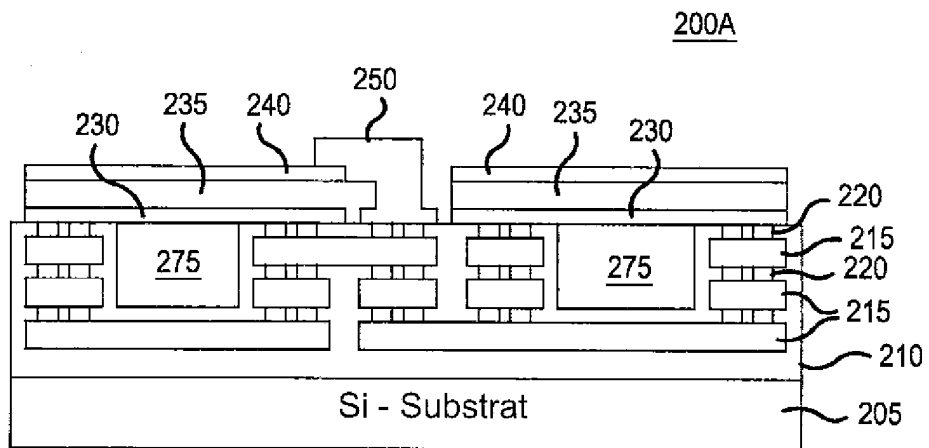


FIG.2A

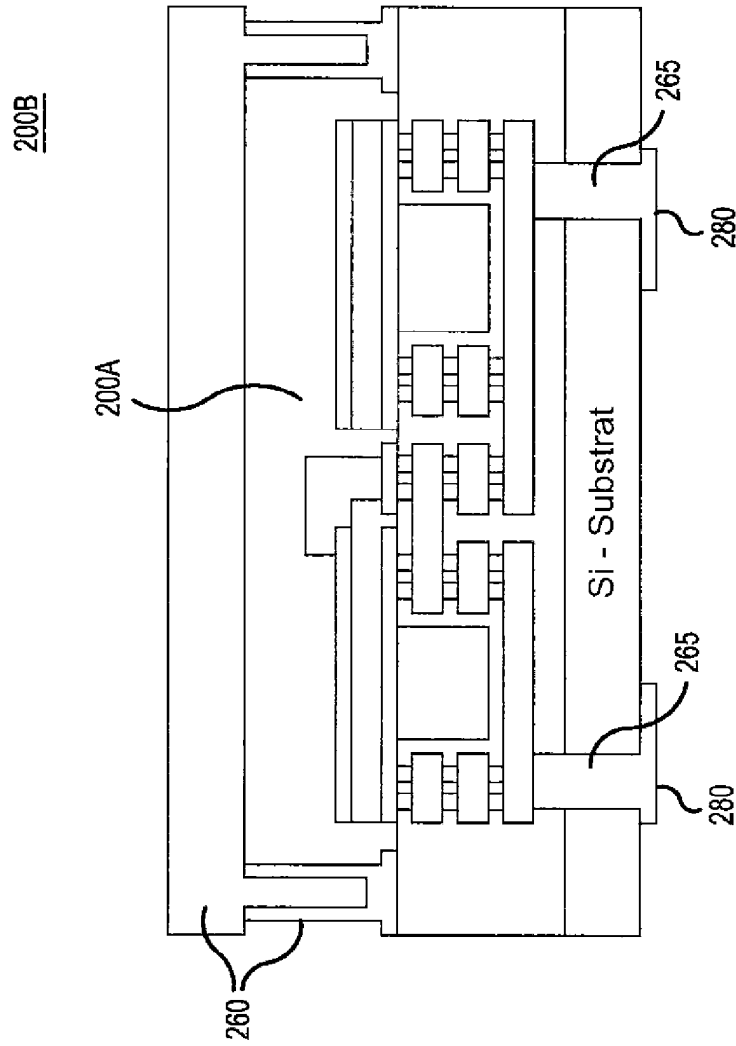
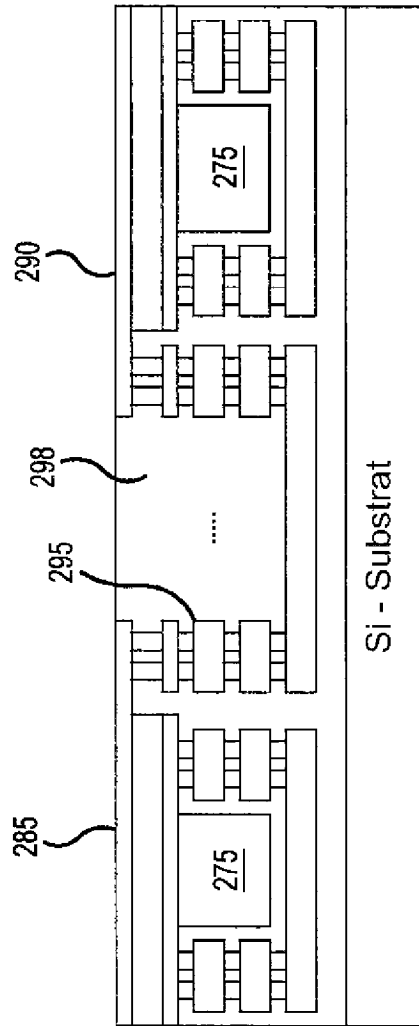


FIG. 2B

200C



**FIG.2C**

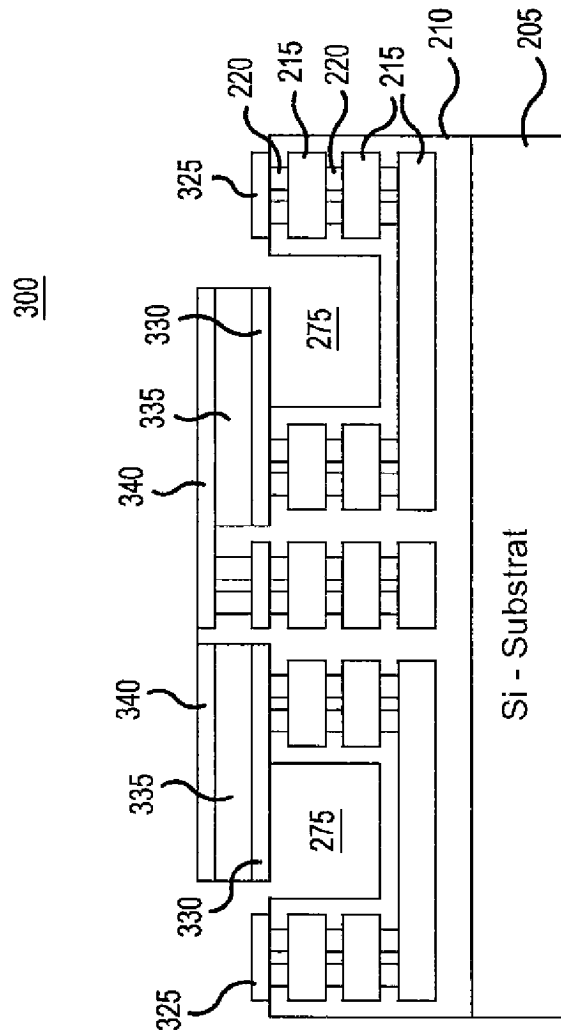


FIG.3

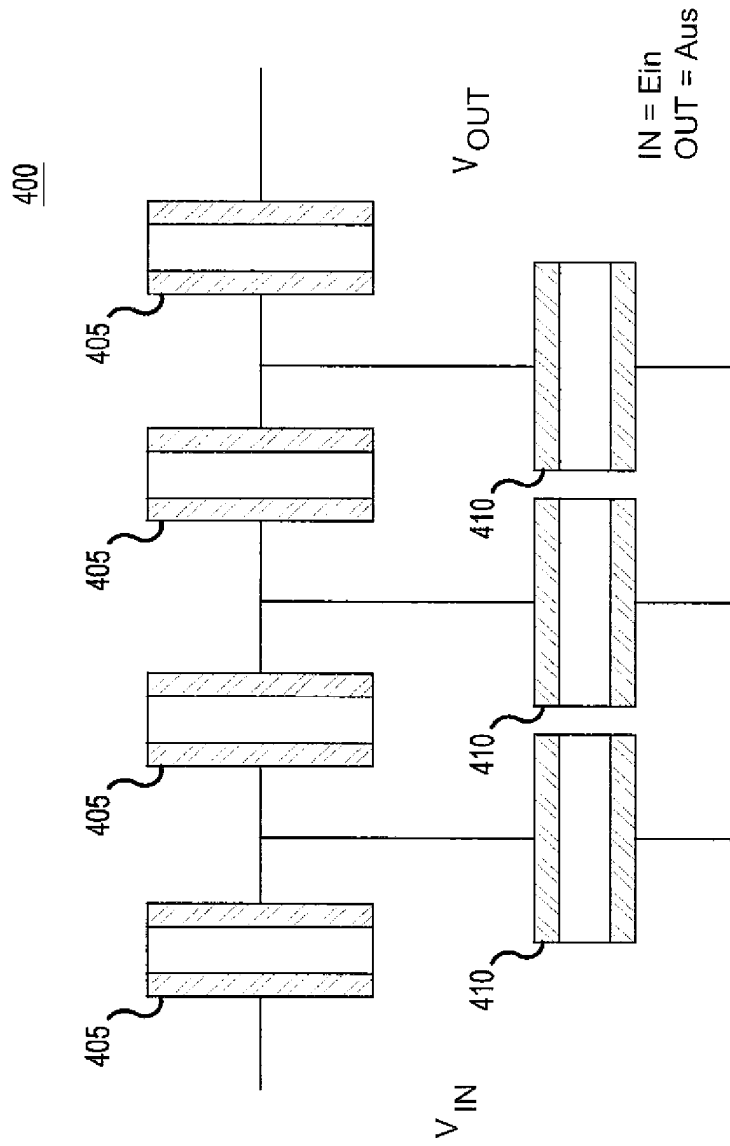


FIG.4



500

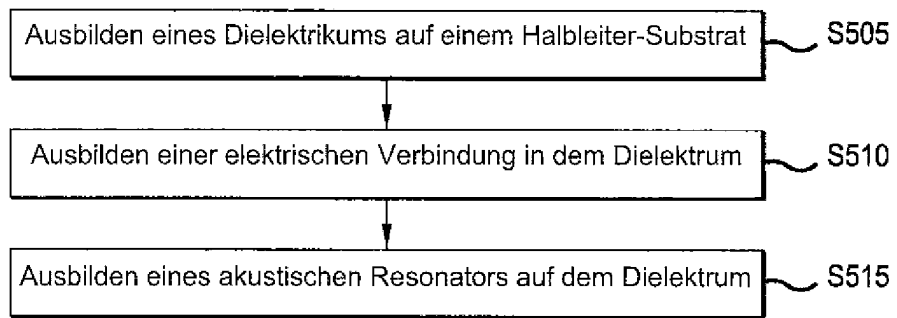


FIG.5