



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 25 660 T2 2007.10.04**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 180 494 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 25 660.3**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 306 284.9**

(96) Europäischer Anmeldetag: **20.07.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **20.02.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **03.01.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **04.10.2007**

(51) Int Cl.⁸: **B81B 3/00 (2006.01)**

H03H 9/17 (2006.01)

H03H 3/02 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

637069 11.08.2000 US

(73) Patentinhaber:

Agere Systems, Inc., Allentown, Pa., US

(74) Vertreter:

Klunker, Schmitt-Nilson, Hirsch, 80797 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

Chan, Edward, New Providence, New Jersey 07974, US; Kim, Jungsang, Basking Ridge, New Jersey 07920, US; Huggins, Harold Alexis, Watchung, New Jersey 07060, US; Soh, Hyongsok, Basking Ridge, New Jersey 07920, US

(54) Bezeichnung: **Herstellung von Dünnschichtresonatoren durch Freizätzung von Oberseiten darunterliegender Membranen**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

1. Gebiet der Erfindung:

[0001] Diese Erfindung bezieht sich auf elektrische Volumenresonatoren und insbesondere auf ein Verfahren für das Herstellen eines Dünnschichtresonators auf einer Membran über einer Ausnehmung auf einem Halbleitersubstrat als Teil einer monolithischen integrierten Schaltung.

2. Beschreibung der in Verbindung stehenden Technik:

[0002] In der Konstruktion von Funkempfängern, insbesondere von Funkrufempfängern, Mobilfunkgeräten und Mikrowellensatellitenkommunikationssystemen, ist es wünschenswert, dass die Komponenten, die das System bilden, so wenig Platz wie möglich einnehmen. Es ist wünschenswert, dass so viele Komponenten wie möglich in der Form von monolithischen Schaltungen in eine einzelne integrierte Schaltung integriert werden.

[0003] Ein monolithisches integriertes System erfordert weniger Platz, ist zuverlässiger, hat einen niedrigeren Energieverbrauch, hat eine präzise Temperatursteuerung und eine höhere Schocktoleranz als eines, das mehrere unabhängige Komponenten erfordert. Es ist auch leichter, passende Resonator- und Oszillatorschaltungen herzustellen, wenn sie auf demselben Substrat hergestellt werden, und typischerweise weisen monolithische Strukturen in jedem Konstruktions- und Produktionsschritt niedrigere Herstellungskosten auf. Folglich sind die Vorteile monolithischer Integration zahlreich.

[0004] Ein in dem Typ der oben erwähnten Gerätschaft verwendetes wichtiges Element ist ein elektronisches Filter. Der momentane Stand der Technik verwendet elektromechanische Resonanzstrukturen beim Konstruieren solcher Filter. Die Strukturen und verwendeten Materialien hängen von den Frequenzen der beteiligten Signale ab und können in drei Hauptkategorien eingeteilt werden, (a) mechanisch, (b) Quarzkristalle und (c) piezoelektrische Materialien.

[0005] Die letzteren sind besonders nützlich für Frequenzen über etwa 300 MHz, wo üblicherweise ein nicht-leitfähiger piezoelektrischer Dünnschichtresonator verwendet wird. Solche Resonatoren können einer von zwei Grundtypen sein, ein akustischer Oberflächenresonator (SAW) oder ein akustischer Volumenresonator (BAW). SAW-Resonatoren sprechen bei Frequenzen über 2 GHz nicht gut an und sind nicht in der Lage, Funkfrequenz(RF)-Signale bei hoher Energie zu handhaben.

[0006] BAW-Resonatoren auf der anderen Seite sind keinen solchen Beschränkungen unterworfen. BAW-Resonatoren weisen in ihrer Grundform ein zwischen zwei entgegengesetzten Elektroden angeordnetes piezoelektrisches Material auf. Solche Resonatoren erfordern jedoch, um mit der erforderlichen Effizienz zu arbeiten, eine ungestützte Struktur, was bedeutet, dass dann, wenn solche Resonatoren als ein Teil einer integrierten Schaltungsstruktur, wie z.B. CMOS, verwendet werden, diese auch entweder über einer Ausnehmung in dem Halbleiterträger positioniert werden sollten oder davon erhoben sein sollten. Außerdem sollten solche BAW-Resonatoren, um für den Handel nützlich zu sein, in der Lage sein, als Teil von normalen CMOS- und Silizium-Bipolar-Verarbeitungstechniken hergestellt zu werden.

[0007] Die Technik hat sowohl die Vorteile eines monolithischen BAW-Resonators als auch den Bedarf, einen solchen Resonator als eine ungestützte Struktur zu bauen, erkannt. Eine Lösung für dieses Konstruktionsproblem wird in dem US-Patent mit der Nummer 5 260 596, erteilt am 9. November 1993 an Dunn et al., vorgeschlagen.

[0008] Gemäß Dunn et al. können ungestützte mechanische Resonatoren, Quarzresonatoren und piezoelektrische elektromechanische Resonatoren auf einem Träger, wie z.B. einer Siliziumhalbleiterscheibe, konstruiert werden, indem zuerst maschinell eine Ausnehmung in dem Substrat hergestellt wird und die Ausnehmung mit einem Nicht-Silizium-Opfer-Füllmaterial, wie z.B. einem Phosphorsilikatglas (PSG), gefüllt wird. Der Resonator wird danach auf dem Opferfüllmaterial gebaut und erstreckt sich über die Ausnehmungsgrenzen zu der Substratoberfläche. Das Füllmaterial schafft während der Herstellungsschritte Halt. Sobald die Resonatorstruktur fertig gestellt ist, wird das Opferfüllmaterial durch Ätzen entfernt. Das Ergebnis ist ein BAW-Resonator, der über einer Ausnehmung konstruiert ist und deshalb im Wesentlichen ungestützt ist.

[0009] Während der offenbarte Resonator Vorteile gegenüber vorherigen Resonatoren bietet, ist das Verfahren für seine Herstellung, das zuerst das Schaffen der Ausnehmung, dann das Füllen und letztendlich das Wegätzen des Füllmaterials unter dem Resonator selbst erfordert, kein Verfahren, das leicht in die traditionellen Herstellungstechniken integriert werden kann, die bei der Herstellung von monolithischen integrierten Schaltungen verwendet werden. Außerdem ist der Ätzprozess, um das in dem Stand der Technik offenbarte Füllmaterial zu entfernen, ein Flüssigätzprozess, der auch Aluminium angreift und manchmal kleine Teile der Schaltung wegwäscht.

[0010] Der Stand der Technik ist ferner durch die Europäische Patentanmeldung mit den Veröffentli-

chungsnummern 0 834 989 und 0 771 070 und die Patents Abstracts of Japan, Band 012, Nr. 153 (E-607), 11. Mai 1988 und JP 62266906 A repräsentiert.

[0011] Eindeutigerweise besteht immer noch ein Bedarf an einem Resonator, der monolithisch mit anderen Halbleitervorrichtungen integriert werden kann, in denen der Volumenstrukturresonator nicht in Kontakt mit irgendetwas ist, das eine Vibration hemmen würde. Jedoch besteht genau so eindeutig ein Bedarf an einem Verfahren für die Herstellung dieses Resonators, das leicht in die typischen Herstellungsprozesse für monolithische integrierte Schaltungen integriert werden kann und das weniger aggressiv zu den Materialien ist, die für die Konstruktion des Resonators verwendet werden.

[0012] Es ist deshalb eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und einen dadurch entstehenden Resonator zu schaffen, dessen Herstellungsschritte leicht in eine typische CMOS- oder Silizium-Bipolar-Verarbeitung integriert oder einem solchen Prozess als ein Post-Verarbeitungsschritt hinzugefügt werden können.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0013] Die oben genannte Aufgabe wird entsprechend dieser Erfindung durch einen neuen Volumenresonator gelöst, der in die bei der Herstellung von monolithischen integrierten Schaltungen auf einer Scheibe verwendeten traditionellen Herstellungstechniken integriert wird. Der Resonator wird durch eine Ausnehmung von der Scheibe entkoppelt, die mittels selektiven Ätzens durch Vorderöffnungen (Durchgangsöffnungen) unter dem Resonator in einer Resonatormembran geätzt wird.

[0014] Folglich ist gemäß der Erfindung ein Verfahren nach Anspruch 1 vorgesehen. Die Erfindung sieht ferner einen akustischen Volumenresonator nach Anspruch 14 vor.

[0015] Beispielsweise kann der Resonator ein Resonator vom Volumentyp, der auf einem Halbleiterscheibenträger unter Verwendung von vorzugsweise einem piezoelektrischen Material hergestellt wird, mit folgender Struktur sein:

- (a) Ein Halbleiterscheibenträger.
- (b) Eine Ausnehmung, die sich durch die Oberfläche der Scheibe teilweise in den Trägerkörper erstreckt;
- (c) eine piezoelektrische Membran, die sich über dem Träger und der Ausnehmung erstreckt. Die Membran hat einen Bereich über der Ausnehmung, wobei eine Unterseite der Trägeroberfläche zugewandt ist und eine Oberseite der Unterseite entgegengesetzt ist.
- (d) Eine erste Elektrode haftet an der Unterseite

der piezoelektrischen Membran über einem Teil des Membranbereichs, der sich über der Ausnehmung erstreckt.

(e) Es gibt eine zweite Elektrode, die sich auf der Oberseite der piezoelektrischen Membran über der ersten Elektrode befindet und im Wesentlichen mit ihr erstreckungsgleich ist.

(f) Es gibt auch mindestens eine Durchgangsöffnung in der piezoelektrischen Membran, die der ersten und der zweiten Elektrode benachbart ist.

[0016] Vorzugsweise gibt es auch eine Isolations- oder Trennschicht zwischen der Scheibenoberfläche und der Unterseite der piezoelektrischen Membran und ist die Ausnehmung wenigstens in der Trennschicht gebildet. Die Trennschicht kann eine Schicht mit einem hohen elektrischen Widerstand sein.

[0017] Eine solche Struktur kann, um eine Volumenresonatorstruktur auf einer Scheibe herzustellen, durch ein Verfahren hergestellt werden, das folgende Schritte aufweist:

- (A) Bilden einer Trennschicht auf einer oberen Oberfläche der Scheibe;
- (B) Niederschlagen einer ersten leitfähigen Schicht über der Trennschicht und in ein Muster Bringen der ersten leitfähigen Schicht, um eine erste Elektrode zu bilden;
- (c) Niederschlagen einer piezoelektrischen Schicht über der Trennschicht und der ersten Elektrode;
- (D) Bilden einer zweiten Elektrode über der piezoelektrischen Schicht und über der ersten Elektrode;
- (E) Öffnen von mindestens einer Durchgangsöffnung durch die piezoelektrische Schicht entlang mindestens einer Seite der ersten Elektrode und davon beabstandet; und
- (F) Verwenden eines Trockenätzprozesses, um eine Ausnehmung zu bilden, die unter der ersten Elektrode und der piezoelektrischen Schicht benachbart ist, durch das Wegätzen von wenigstens einem Teil der Trennschicht unter der ersten Elektrode und benachbarten Teilen der piezoelektrischen Schicht durch das Einführen eines Ätzmittels durch die Durchgangsöffnung, das so ausgewählt wird, dass es die Trennschicht ätzt und die piezoelektrische Schicht und die Elektroden nicht wesentlich angreift.

[0018] Typischerweise werden in Schritt (C) eine Merzhahl von Durchgangsöffnungen geöffnet, die die erste Elektrode umgeben und ist der Trockenätzschritt ein gasförmiger Ätzprozess. Wenn die Scheibe eine Siliziumhalbleiterscheibe ist und die Trennschicht eine über der Scheibenoberfläche niedergeschlagene aufgestäubte Siliziumschicht ist, verwendet der Ätzschritt vorzugsweise Xenondifluorid (XeF_2).

[0019] Bei der Anwendung des oben genannten Verfahrens kann während der in der Herstellung von monolithischen Schaltungen üblichen normalen Herstellungsschritte ein akustischer Volumenresonator auf einer Siliziumscheibe mit aus Al gemachten Elektroden und einer piezoelektrischen AlN-Membran hergestellt werden. Die Membran ist selbsttragend und erstreckt sich völlig über einer Ausnehmung, die unter den Elektroden in der tragende Scheibe geätzt wird. Die Membran ist durch eine aufgestäubte Siliziumschicht mit hohem elektrischen Widerstand von der Siliziumhalbleiterscheibenoberfläche getrennt, die zwischen der unteren Oberfläche der Membran und der Siliziumträgeroberfläche niedergeschlagen wird und eine Mehrzahl von Durchgangsöffnungen da hindurch aufweist, die sich den Elektroden benachbart und darum herum befinden.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0020] Die Erfindung kann vollständiger aus der folgenden Beschreibung davon in Verbindung mit den wie folgt beschriebenen begleitenden Zeichnungen verstanden werden.

[0021] [Fig. 1](#) zeigt in schematischer Draufsicht einen Teil einer Scheibe, auf der ein BAW-Resonator konstruiert werden soll, folgend einem ersten Schritt eines Prozesses, um einen solchen Resonator gemäß dieser Erfindung herzustellen.

[0022] [Fig. 2](#) zeigt in schematischer Draufsicht den gleichen in [Fig. 1](#) gezeigten Teil der Scheibe, folgend einem zweiten Schritt des Prozesses, um einen solchen Resonator gemäß dieser Erfindung herzustellen.

[0023] [Fig. 3](#) zeigt in schematischer Draufsicht den gleichen in [Fig. 2](#) gezeigten Teil der Scheibe, folgend einem dritten Schritt des Prozesses, um einen solchen Resonator gemäß dieser Erfindung herzustellen.

[0024] [Fig. 4](#) zeigt in schematischer Draufsicht den gleichen in [Fig. 3](#) gezeigten Teil der Scheibe, folgend einem vierten Schritt des Prozesses, um einen solchen Resonator gemäß dieser Erfindung herzustellen.

[0025] [Fig. 5](#) zeigt in schematischer Draufsicht den gleichen in [Fig. 4](#) gezeigten Teil der Scheibe, folgend einem fünften Schritt des Prozesses, um einen solchen Resonator gemäß dieser Erfindung herzustellen.

[0026] [Fig. 6](#) zeigt in schematischer Draufsicht den gleichen in [Fig. 5](#) gezeigten Teil der Scheibe, folgend einem sechsten Schritt des Prozesses, um einen solchen Resonator gemäß dieser Erfindung herzustellen.

[0027] [Fig. 7](#) zeigt in schematischer Draufsicht den gleichen in [Fig. 6](#) gezeigten Teil der Scheibe, folgend einem siebten Schritt des Prozesses, um einen solchen Resonator gemäß dieser Erfindung herzustellen.

[0028] [Fig. 8](#) zeigt in schematischer Draufsicht den gleichen Teil der Scheibe mit der fertig gestellten Resonatorstruktur.

[0029] [Fig. 9](#) ist eine schematische Draufsicht von oben auf die in [Fig. 8](#) beschriebene Resonatorstruktur.

[0030] [Fig. 10](#) stellt in schematischer Draufsicht einen Scheibenteil dar, der für die Verwendung bei der Herstellung eines Resonators gemäß einer anderen Ausführungsform dieser Erfindung vorbereitet ist.

[0031] [Fig. 11](#) zeigt in schematischer Draufsicht den gleichen in [Fig. 10](#) gezeigten Teil der Scheibe, folgend einem zweiten Schritt des Prozesses, um die andere Ausführungsform der Erfindung herzustellen.

[0032] [Fig. 12](#) zeigt in schematischer Draufsicht den gleichen in [Fig. 11](#) gezeigten Teil der Scheibe mit der anderen Ausführungsform des fertig gestellten Resonators.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0033] In der gesamten folgenden detaillierten Beschreibung beziehen sich ähnliche Bezugszeichen auf ähnliche Elemente in allen Figuren der Zeichnungen. Die Zeichnungen sind nur darstellend und werden verwendet, um zu erklären, und nicht, um die Erfindung einzuschränken.

[0034] Jetzt wird mit Bezug auf [Fig. 1](#) ein Teil eines Halbleiterträgers **10** gezeigt, der vorzugsweise eine Siliziumscheibe ist. Auf einer Oberfläche **12** der Scheibe wird vorzugsweise mittels herkömmlicher Technologie, wie z.B. Aufstäuben, eine optionale Siliziumschicht niedergeschlagen, um eine Trennschicht **14** zu bilden. Vorzugsweise ist diese Schicht zwischen etwa $2 \cdot 10^{-6}$ und $5 \cdot 10^{-6}$ Meter dick.

[0035] Eine Kerbe **16** (oder eine Serie von Kerben) wird als Nächstes durch die Trennschicht **14** und in die Siliziumscheibe geätzt, wobei ein wie besser in [Fig. 2](#) und [Fig. 9](#) gezeigter erwünschter Bereich **17** abgegrenzt wird. Das Ätzen der Kerben wird vorzugsweise mittels der gut bekannten Technik des Reaktiven Ionen Ätzens (RIE von englisch ‚Reactive Ion Etching‘) ausgeführt. Die Kerben werden danach mit Niedertemperaturoxid (LTO von englisch ‚low temperature oxide‘) gefüllt, um eine Ätzgrenzbarriere **16'** zu erzeugen, die in einem späteren Schritt verwendet wird, um das Ätzen der Scheibe und der Trennschicht

auf innerhalb des Bereichs in dem erwünschten Bereich **17** einzugrenzen.

[0036] Eine leitfähige Schicht, wie z.B. Aluminium, wird als Nächstes mit einer typischen Dicke zwischen etwa $0,2 \cdot 10^{-6}$ und $0,3 \cdot 10^{-6}$ Metern über der Trennschicht niedergeschlagen und in ein Muster gebracht (unter Verwendung von Photolithographie entsprechend einem erwünschten Muster maskiert und geätzt), um eine erste Elektrode **18** auf der Oberfläche der Trennschicht in dem erwünschten Bereich **17** zu bilden, wie in [Fig. 4](#) gezeigt ist. Nachdem die erste Elektrode geschaffen wurde, wird über der Oberfläche der Trennschicht und über der ersten Elektrode **18** eine Schicht **20** aus einem piezoelektrischen Material, wie z.B. eine Schicht aus AlN, niedergeschlagen. Die piezoelektrische AlN-Schicht wird mit einer Dicke von etwa $1 \cdot 10^{-6}$ bis $5 \cdot 10^{-6}$ Metern, vorzugsweise $2,7 \cdot 10^{-6}$ Metern, niedergeschlagen. Jedoch kann die Dicke des piezoelektrischen Materials je nach der Frequenzkurve der jeweiligen Konstruktion des Resonators unterschiedlich sein.

[0037] Eine zweite leitfähige Schicht, wieder vorzugsweise eine Aluminiumschicht, wird über der piezoelektrischen Schicht niedergeschlagen und in ein Muster gebracht, um eine zweite Elektrode **22** zu bilden, die im Wesentlichen erstreckungsgleich mit der ersten Elektrode **18** und über ihr ist, wie in [Fig. 7](#) gezeigt. Zur gleichen Zeit werden auch Verbinder- oder Bondungskontaktflächen **24** und optional **24'** über dem piezoelektrischen Material vorzugsweise außerhalb des erwünschten Bereichs **17**, der von den mit LTO gefüllten Kerben begrenzt wird, gebildet. Diese Kontaktflächen werden mit der zweiten Elektrode über einen leitfähigen Pfad **23** bzw. **23'** verbunden, der vorzugsweise auch durch photolithographisches in ein Muster Bringen gleichzeitig mit der zweiten Elektrode und den Bondungskontaktflächen gebildet wird. Die Bondungskontaktflächen dienen als externe Verbindungspunkte für das Zugreifen auf den Resonator.

[0038] Sowohl die Elektroden, leitfähigen Pfade, Bondungskontaktflächen als auch die piezoelektrische Schicht werden vorzugsweise unter Verwendung von physischer Dampfniederschlagung oder Aufstäuben niedergeschlagen. Je nach den erwünschten Resonanzeigenschaften des BAW-Resonators variiert die Größe der Elektroden. Typische Abmessungen für ein viereckiges Elektrodenpaar sind zwischen $100 \cdot 10^{-6}$ und $400 \cdot 10^{-6}$ Meter für die Seiten.

[0039] Nachdem die zweite Elektrode gebildet wurde, wird, vorzugsweise durch Ätzen in dem erwünschten Bereich **17**, eine Anzahl von Durchgangsöffnungen **26** durch das piezoelektrische Material hindurch gebildet. Die Durchgangsöffnungen werden den Elektroden benachbart und vorzugsweise gleich-

mäßig um alle Elektroden herum beabstandet platziert. Typische Durchgangsöffnungsdurchmesser sind zwischen $5 \cdot 10^{-6}$ und $20 \cdot 10^{-6}$ Meter, vorzugsweise etwa $10 \cdot 10^{-6}$ Meter, und erstrecken sich durch die piezoelektrische Schicht zu der Oberfläche der Trennschicht **14**.

[0040] Der nächste in [Fig. 8](#) dargestellte Schritt ist das Ätzen einer Ausnehmung **28** unter der ersten und der zweiten Elektrode, um den von der dreischichtigen Kombination der ersten Elektrode **18**, der piezoelektrischen Schicht **20** und der zweiten Elektrode **22** gebildeten Volumenresonator von dem Träger **10** zu trennen. Dies wird in einem Trockenätzprozess durch das Einführen eines Ätzmittels durch die Durchgangsöffnungen **26** erreicht, das vorzugsweise ein gasförmiges Ätzmittel ist, das die Trennschicht angreift und möglicherweise auch den zugrunde liegenden Träger angreift, aber nicht das piezoelektrische Material oder die Elektroden angreift. In einer bevorzugten Resonatorstruktur wird ein akustischer Volumenresonator unter Verwendung von Aluminium als das leitfähige Material für die erste und zweite Elektrode und Aluminiumnitrid (AlN) als das piezoelektrische Material gebildet. Der Träger ist eine Siliziumscheibe und die Trennschicht ist eine Schicht mit einem hohen elektrischen Widerstand, wie z.B. eine Siliziumschicht, zwischen der piezoelektrischen Schicht und der Scheibenoberfläche. Das verwendete Ätzmittel ist XeF_2 -Gas, das das Silizium angreift, aber nicht das Aluminium, das AlN oder die LTO-Barrieren angreift. Folglich ätzt die Einführung von XeF_2 einen Bereich unter der AlN Schicht ab, um eine Ausnehmung **28** zu bilden, was eine AlN-Membran hinterlässt, die sich über der Ausnehmung zu der Oberfläche der Trennschicht auf der Trägerscheibe erstreckt und über der geätzten Ausnehmung einen ungestützten Bereich hat, der den BAW Resonator aufweist. Die Ausnehmung **28** kann sich oder kann sich nicht ganz durch die gesamte Trennschicht erstrecken. Normalerweise beträgt die Ausnehmungtiefe von etwa $2 \cdot 10^{-6}$ Metern bis etwa $10 \cdot 10^{-6}$ Meter. Elektrische Verbindungen zu den Bondungskontaktflächen vollenden den Resonator.

[0041] In einer teilweise in den [Fig. 10](#), [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) dargestellten Variation des oben genannten Prozesses kann die Größe der Ausnehmung **28'** dadurch ziemlich genau konstruiert werden, dass mit einer Scheibe **10'** begonnen wird, die schon eine untere Ätzbarriere **30** aufweist. In dem oben gegebenen Beispiel, in dem der Träger eine Siliziumscheibe ist, kann eine solche Barriere geschaffen werden, indem eine SiO_2 -Schicht **30** über der Siliziumscheibenoberfläche zuerst gezüchtet oder niedergeschlagen wird. Die Trennschicht **14**, typischerweise wieder eine Siliziumschicht mit hohem elektrischen Widerstand, wird als Nächstes über der SiO_2 -Schicht niedergeschlagen, vorzugsweise wieder unter Verwendung von Aufstäuben.

[0042] Eine solche Scheibenstruktur hat eine SiO₂-Schicht **30**, die zu ihrer Oberfläche im Wesentlichen parallel ist, wie in den Figuren gezeigt. Der Rest des Herstellungsprozesses ist der gleiche wie zuvor bei den Barrierekerben **17** beschrieben, die sich wenigstens bis zu der SiO₂-Schicht erstrecken. Die SiO₂-Schicht kann thermisch gezüchtet oder niedergeschlagen (LTO) werden. Auf diese Weise wird, da die SiO₂-Schicht auch nicht von dem XeF₂-Gas angegriffen wird, der Teil des Trägers, der oben von der piezoelektrischen Schicht **20** und der ersten Elektrode **18**, entlang der Seiten von den LTO-gefüllten Kerben **17'** und unten von der SiO₂-Schicht **30** umgeben ist, völlig weggeätzt, was einen BAW-Resonator über einer gut definierten Ausnehmung **28'** hinterlässt, wie in [Fig. 12](#) gezeigt.

[0043] Das Endergebnis des oben genannten Prozesses ist eine BAW-Resonatorstruktur, die in schematischer Darstellung in [Fig. 8](#), [Fig. 9](#) und [Fig. 12](#) gezeigt ist, in der der Resonator von einer Membran getragen wird, die in Trennung von einem zugrunde liegenden Trägerelement gehalten wird, wobei der eigentliche BAW-Resonator eine erste Elektrode, eine piezoelektrische Schicht und eine zwischen der ersten und zweiten Elektrode angeordnete zweite Elektrode aufweist, die über dem Trägerelement und nicht in Kontakt mit dem Trägerelement getragen werden.

[0044] Wer den Vorteil der vorhergehenden Beschreibung meiner Erfindung hat, kann Modifikationen der hierin beschriebenen Ausführungsform wie Größe und Form des Resonators, der Ausnehmung, der Durchgangsöffnungen usw. vorsehen oder kann Filter schaffen, die mehr als einen Resonator enthalten, die einander benachbart und elektrisch verbunden sind. Diese und andere Modifikationen sollen so ausgelegt werden, dass sie in dem Geltungsbereich der vorliegenden Erfindung liegen, wie er in den anhängenden Ansprüchen dargelegt ist.

Patentansprüche

1. Verfahren für das Herstellen eines akustischen Volumenresonators auf einem Träger über einer in den Träger geätzten Ausnehmung (**28**), wobei der Resonator eine erste (**18**) und eine zweite (**22**) Elektrode aufweist, die einander entgegengesetzt auf beiden Seiten einer piezoelektrischen Schicht (**20**) liegen, die piezoelektrische Schicht (**20**) eine Membran bildet, die sich über die Elektroden hinaus über mindestens einen Teil des Trägers erstreckt und das Verfahren ferner das Bilden einer Mehrzahl von Durchgangsöffnungen (**26**) in der den Elektroden (**18**, **22**) benachbarten piezoelektrischen Schicht (**20**) und das Anwenden von selektivem Trockenätzen aufweist, um die Ausnehmung (**28**) in dem Träger direkt unter der ersten Elektrode (**18**) zu bilden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, ferner aufweisend

zuerst das Bilden einer Isolationsschicht (**14**) auf einer oberen Oberfläche des Trägers in der gegebenen Reihenfolge;

(a) Niederschlagen einer ersten leitfähigen Schicht über der Isolationsschicht (**14**) und in ein Muster Bringen der ersten leitfähigen Schicht, um die erste Elektrode (**18**) zu bilden;

(b) Niederschlagen der piezoelektrischen Schicht (**20**) auf der ersten Elektrode (**18**), wobei sich die piezoelektrische Schicht auf mindestens einem Teil der Isolationsschicht (**14**) erstreckt;

(c) Bilden der zweiten Elektrode (**22**) auf der piezoelektrischen Schicht (**20**) und über der ersten Elektrode (**18**);

(d) Öffnen von mindestens einer Durchgangsöffnung durch die piezoelektrische Schicht (**20**) entlang mindestens einer Seite der ersten Elektrode (**18**) und davon beabstandet; und

(e) Bilden der Ausnehmung (**28**) durch das Wegätzen der Isolationsschicht unter der ersten Elektrode und benachbarten Teilen der piezoelektrischen Schicht durch das Einführen des Ätzmittels für selektives Trockenätzen durch die Durchgangsöffnung.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Isolationsschicht eine Schicht mit einem hohen elektrischen Widerstand ist.

4. Verfahren nach Anspruch 2, wobei sich in Schritt (e) die Ausnehmung durch das Wegätzen eines Teil des Trägers zusätzlich zu der Isolationsschicht durch die Isolationsschicht in einen Teil des Trägers erstreckt.

5. Verfahren nach Ansprüchen 2 bis 4, wobei Schritt (d) das Öffnen einer Mehrzahl von Durchgangsöffnungen aufweist und wobei die Mehrzahl von Durchgangsöffnungen die erste Elektrode umgeben.

6. Verfahren nach Ansprüchen 2 bis 5, wobei der Träger eine Siliziumscheibe ist.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei die Schicht mit dem hohen elektrischen Widerstand durch Aufstäuben von Silizium niedergeschlagen wird, um eine Siliziumschicht zu bilden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei der Schritt des Bildens der ersten Elektrode (**18**) die Verwendung von Aluminium aufweist.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei der Schritt des Bildens der piezoelektrischen Schicht (**20**) die Verwendung von AlN aufweist.

10. Verfahren nach Anspruch 2, ferner aufweisend das Bilden von mindestens einer Ätzbeschränkungsbarriere in der Scheibe und der Isolationsschicht.

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei die Scheibe eine Siliziumscheibe ist und die Isolationsschicht Silizium ist und die Ätzbeschränkungsbarriere ein Niedertemperaturoxid ist.

12. Verfahren nach Anspruch 11, ferner aufweisend das Bilden von mindestens einem leitfähigen Pfad, der mit der zweiten Elektrode verbunden ist.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei der leitfähige Pfad über der piezoelektrischen Schicht gebildet ist und die zweite Elektrode mit einer Drahtbondungskontaktfläche verbindet.

14. Akustischer Volumenresonator, aufweisend:

- (a) einen Träger mit einer Oberfläche;
- (b) eine Ausnehmung (**28**), die sich von der Oberfläche des Trägers in den Träger erstreckt;
- (c) eine piezoelektrische Membran (**20**), die sich auf dem Träger über der Ausnehmung erstreckt und einen Bereich über der Ausnehmung hat, wobei die piezoelektrische Membran eine Unterseite hat, die der Trägeroberfläche zugewandt ist, und eine Oberseite, die der Unterseite entgegengesetzt ist;
- (d) eine erste Elektrode (**18**), die an der Unterseite der piezoelektrischen Membran über einem Teil des Bereichs direkt über der Ausnehmung haftet;
- (e) eine zweite Elektrode (**22**), die sich auf der Oberseite der piezoelektrischen Membran über der ersten Elektrode befindet und im Wesentlichen mit der ersten Elektrode erstreckungsgleich ist;
- (f) mindestens eine Durchgangsöffnung in der piezoelektrischen Membran (**20**), die der ersten und der zweiten Elektrode benachbart ist.

15. Resonator nach Anspruch 14, wobei der Träger eine Scheibe und eine Isolationsschicht (**14**) in Kontakt mit der Unterseite der piezoelektrischen Membran aufweist.

16. Resonator nach Anspruch 15, wobei die Isolationsschicht (**14**) eine auf der Scheibe niedergeschlagene Siliziumschicht ist.

17. Resonator nach Anspruch 16, aufweisend eine Mehrzahl von Durchgangsöffnungen in der piezoelektrischen Membran, wobei die Mehrzahl von Durchgangsöffnungen die erste Elektrode umgibt.

18. Resonator nach Anspruch 16, wobei die Scheibe eine Siliziumscheibe ist.

19. Resonator nach Anspruch 17, wobei die erste Elektrode (**18**) Aluminium aufweist.

20. Resonator nach Anspruch 14 bis 17, wobei die piezoelektrische Schicht (**20**) AIN aufweist.

21. Resonator nach Anspruch 14, wobei der Träger eine Siliziumscheibe mit einer Scheibenoberflä-

che aufweist, die erste und die zweite Elektrode aus Al sind, die piezoelektrische Membran aus AIN ist und eine Mehrzahl von sich dadurch erstreckenden Durchgangsöffnungen aufweist, die sich in der Nachbarschaft der Elektroden und um die Elektroden herum befinden und es eine Isolationsschicht zwischen mindestens einem Teil der unteren Oberfläche der Membran und der Scheibenoberfläche gibt.

22. Resonator nach Anspruch 21, wobei die Durchgangsöffnungen einen Durchmesser zwischen etwa $5 \cdot 10^{-6}$ und etwa $20 \cdot 10^{-6}$ Meter haben.

23. Resonator nach Anspruch 14, ferner aufweisend mindestens eine Ätzbeschränkungsbarrierenkerbe in der Isolationsschicht.

24. Resonator nach Anspruch 23, wobei der Träger eine Siliziumscheibe mit einer Scheibenoberfläche aufweist, die Isolationsschicht eine Siliziumschicht über der Scheibenoberfläche ist und die Ätzbeschränkungsbarrierenkerbe ein Niedertemperaturoxid aufweist.

25. Resonator nach Anspruch 24, ferner aufweisend eine Ätzbarrierenschicht, die sich im Wesentlichen parallel zu der Scheibenoberfläche in dem Träger unter der piezoelektrischen Schicht erstreckt.

26. Resonator nach Anspruch 14, ferner aufweisend mindestens einen leitfähigen Pfad, der sich von der zweiten Elektrode über die piezoelektrische Membran zu einem Drahtbondungspfad außerhalb des Membranbereichs über der Ausnehmung erstreckt.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

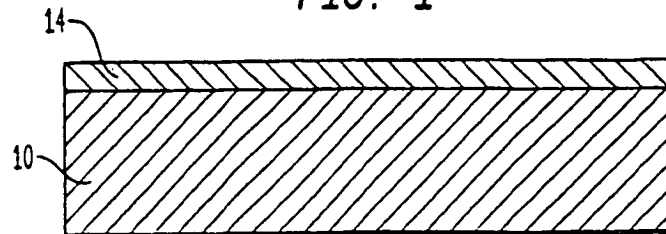


FIG. 2

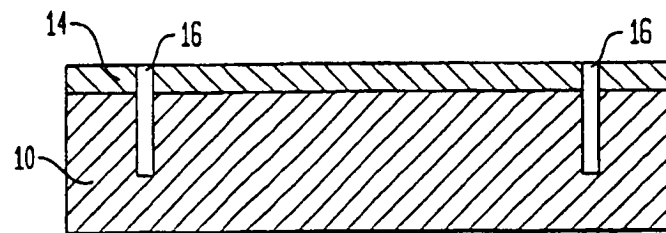


FIG. 3

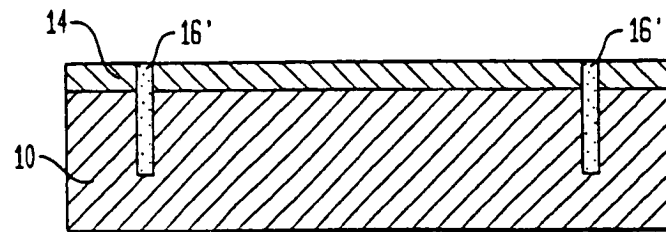


FIG. 4

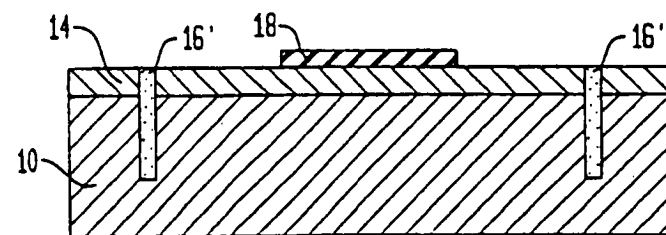


FIG. 5

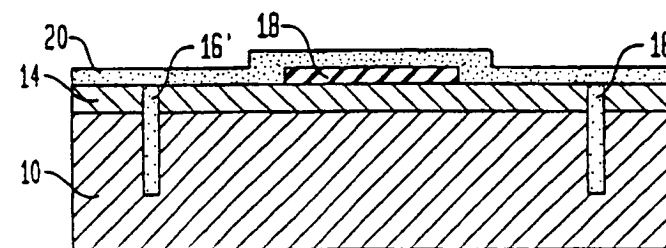


FIG. 6

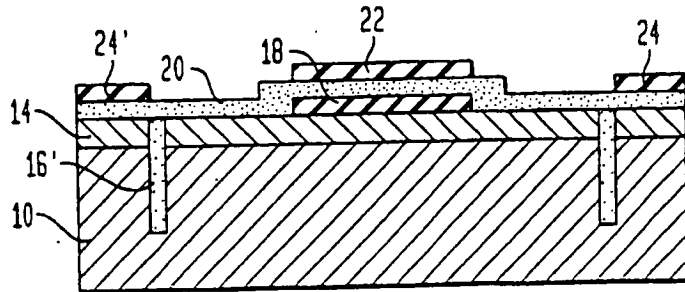


FIG. 7

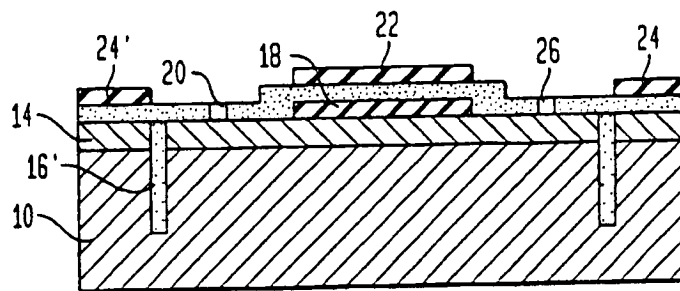


FIG. 8

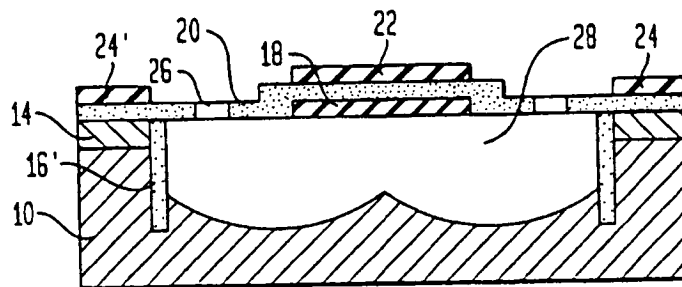


FIG. 9

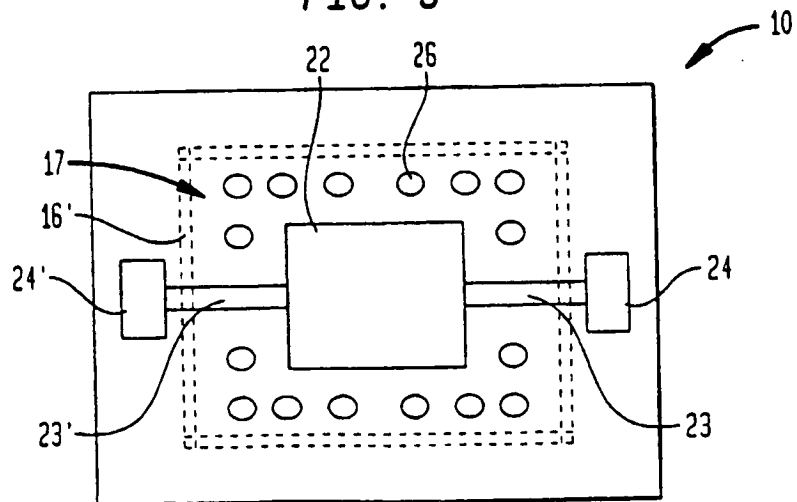


FIG. 10

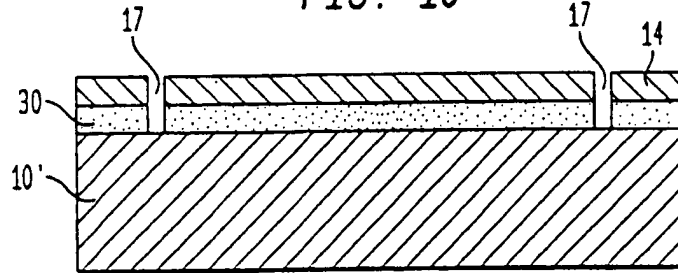


FIG. 11

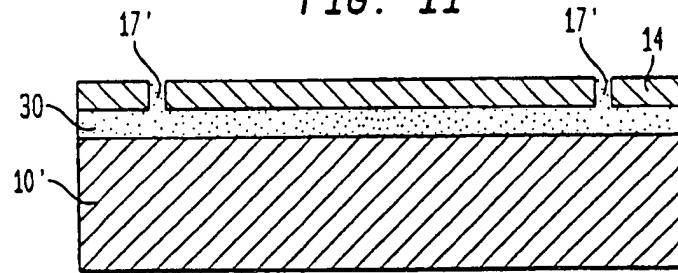


FIG. 12

