



(10) **DE 10 2014 105 949 B4** 2018.12.20

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 105 949.2**
(22) Anmeldetag: **28.04.2014**
(43) Offenlegungstag: **24.09.2015**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **20.12.2018**

(51) Int Cl.: **H03H 9/64 (2006.01)**
H03H 9/145 (2006.01)
H03H 9/54 (2006.01)
H03H 9/02 (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:
14/219,866 19.03.2014 US

(72) Erfinder:
Burak, Dariusz, Fort Collins, Col., US

(73) Patentinhaber:
**Avago Technologies General IP (Singapore) Pte.
Ltd., Singapore, SG**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	7 629 865	B2
US	2010 / 0 102 901	A1
US	2013 / 0 321 100	A1

(74) Vertreter:
**Dilg Haeusler Schindelmann
Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80636 München,
DE**

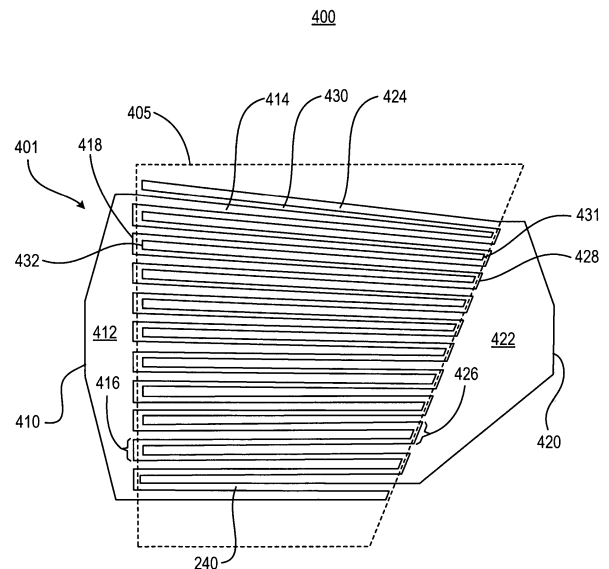
(54) Bezeichnung: **Lateral gekoppelter Resonatorfilter mit apodisierter Form**

(57) Hauptanspruch: Eine lateral gekoppelte Resonator-Fil-
tervorrichtung aufweisend:

eine Bodenelektrode (650) oder eine Bodenebene;
eine piezoelektrische Schicht (240), die auf der Bodenelektrode (650) oder auf der Bodenebene angeordnet ist; und
eine obere Umriselektrode (401), die auf der piezoelektrischen Schicht (240) angeordnet ist, wobei die obere Umriselektrode (401) folgendes aufweist:

eine erste obere Kammelektrode (410), die einen ersten Sammelleiter (412) und eine Mehrzahl von ersten oberen Fingern (414), die sich von dem ersten Sammelleiter (412) in einer ersten Richtung erstrecken, aufweist; und
eine zweite obere Kammelektrode (420), die einen zweiten Sammelleiter (422) und eine Mehrzahl von zweiten oberen Fingern (424), die sich von dem zweiten Sammelleiter (422) in einer zweiten Richtung erstrecken, aufweist, wobei die zweite Richtung entgegengesetzt zu der ersten Richtung ist, so dass die ersten und die zweiten oberen Finger (414 und 424) ein oberes ineinander geschachteltes Muster ausbilden, das einen akustischen Filter mit einer apodisierten Form bereitstellt,

wobei der erste obere Sammelleiter (412) einen ersten inneren Rand (418) aufweist, von dem die Mehrzahl der ersten oberen Finger (414) sich in der ersten Richtung erstrecken, und der zweite obere Sammelleiter (422) einen zweiten inneren Rand (428) aufweist, von dem die Mehrzahl der zweiten oberen Finger (424) sich in der zweiten Richtung erstrecken, dadurch gekennzeichnet, dass die apodisierte Form des akustischen ...



Beschreibung

HINTERGRUND

[0001] Ein akustischer Resonator kann als ein Transducer (oder Wandler) arbeiten, der elektrische Signale in akustische Signale und/oder umgekehrt umwandelt. Beispiele von akustischen Resonatoren umfassen akustische Volumenwellen (BAW, bulk acoustic wave)-Resonatoren, wie etwa akustische Dünnschicht-Volumenresonatoren (FBARs, film bulk acoustic resonators) und oberflächenmontierte Resonatoren (SMR, surface mounted resonators), ebenso wie akustische Oberflächenwellen (SAW, surface acoustic wave)-Resonatoren. Akustische Resonatoren können in einer breiten Vielzahl von elektronischen Anwendungen verwendet werden, wie etwa Mobiltelefonen, Organizern (PDA, personal digital assistant), elektronischen Spieleinrichtungen, Laptop-Computern und anderen tragbaren Kommunikationseinrichtungen. Beispielsweise werden FBARs häufig verwendet, um elektrische Filter, Duplexer und Spannungsumwandler in den obigen und anderen Anwendungen zu implementieren.

[0002] Ein akustischer Resonator umfasst typischerweise eine Schicht aus einem piezoelektrischen Material, die zwischen zwei leitfähigen Platten oder Elektroden, die eine dünne Membrane ausbilden können, angeordnet ist. Zwei akustische Resonatoren können akustisch gekoppelt werden, um einen elektrischen Filter auszubilden. Wenn es mit einem zeitlich variierenden Eingangssignal von einem Eingangsanschluss der Elektroden stimuliert wird, schwingt (oder vibriert) das piezoelektrische Material mit einer Resonanzfrequenz, die durch physikalische Eigenschaften des akustischen Resonators, wie etwa seine Geometrie und Zusammensetzung, bestimmt ist. Diese Schwingung (oder Vibration) erzeugt an einem Ausgangsanschluss der Elektroden ein zeitlich variierendes Ausgangssignal.

[0003] Eine Art eines elektrischen Filters, der als ein akustischer Resonator implementiert ist, ist ein lateral gekoppelter Resonatorfilter (LCRF, laterally coupled resonator filter), der typischerweise folgendes aufweist: eine Bodenebene (oder Bezugsebene), eine piezoelektrische Schicht und einen Satz interdigitaler oberer Kammelektroden, die ineinander geschachtelte kammartige Finger aufweisen. Allgemein wird an einer der oberen Kammelektroden eines LCRF ein elektrisches Signal beaufschlagt, das unter dieser Elektrode Mason (oder Kolben)-Moden anregt. Allgemein sind Mason-Moden einer Streuung an den Elektrodenrändern ausgesetzt und erzeugen unechte (oder falsche) Moden in den Fingern und entsprechenden Lücken zwischen den Fingern. Die unechten Moden in den Zwischenräumen breiten sich zu den Fingern der anderen oberen Kammelektrode aus, wodurch eine Bewegung angeregt wird.

Durch die angeregte Bewegung wird eine Spannung erzeugt, die als ein übertragenes Signal abgegriffen wird.

[0004] Es gibt eine Anzahl von Vorteilen, einen LCRF zu verwenden anstelle von anderen Arten von akustischen Resonatorfiltern, wie etwa Leiterfiltern (ladder filters), die aus Serien- und Abzweig (oder Shunt)-Resonatoren (z.B. FBARs) ausgebildet sind, die in einer leiterartigen Struktur miteinander verbunden sind. Beispielsweise ist der Vorgang zum Herstellen eines LCRF dadurch relativ einfach, dass er im Wesentlichen nur das Ausbilden von Mustern einer oberen Elektrode einbezieht. Auch besteht keine Notwendigkeit für ein Aufladen auf Masse von verschiedenen der Serien- und der Abzweig-Resonatoren, und es kann eine Verringerung des für den Filter erforderlichen physikalischen Raum geben. Jedoch sind LCRFs allgemein im Hinblick auf spezifische Durchlassbänder schwierig zu entwerfen. Im Vergleich dazu erfordert ein typischer Leiterfilter nur eindimensionale Mason-Modellsimulationen, wohingegen ein LCRF Modellsimulationen mit zweidimensionalen oder sogar dreidimensionalen finiten Elementverfahren (FEMs, finite element methods) erfordert. Auch können in verschiedenen spektralen Bereichen unechte (oder falsche) Durchlassbänder vorhanden sein. Die hierin beschriebenen Ausführungsformen sprechen diese und andere Probleme an, einschließlich der Unterdrückung von unechten Durchlassbändern, durch die Apodisierung (oder flächenmäßige Begrenzung) einer LCRF-Geometrie.

[0005] US 2013/0321100 A1 und US 2010/0102901 A1 offenbaren lateral gekoppelte Resonatoren mit kammartigen Elektrodenstrukturen, die apodisierte Formen aufweisen, wobei die apodisierte Form durch Variation der Breite der Finger und/oder durch Variation der Breite der Lücke zwischen zwei benachbarten Fingern, jeweils in der Längsrichtung der Finger, ausgebildet ist.

[0006] Es besteht ein Bedarf, lateral gekoppelte Resonatoren bereitzustellen, bei denen unechte Moden besser gedämpft bzw. unechte Durchlassbänder besser kompensiert werden.

ZUSAMMENFASSUNG

[0007] Wie beansprucht, wird eine lateral gekoppelte Resonator-Filtervorrichtung bereitgestellt, die folgendes aufweist: eine Bodenelektrode oder eine Bodenebene; eine piezoelektrische Schicht, die auf der Bodenelektrode oder auf der Bodenebene angeordnet ist; und eine obere Umrisslektrode, die auf der piezoelektrischen Schicht angeordnet ist. Die obere Umrisslektrode weist folgendes auf: eine erste obere Kammelektrode, die einen ersten Sammelleiter und eine Mehrzahl von ersten oberen Fingern, die sich von dem ersten Sammelleiter in einer ers-

ten Richtung erstrecken, aufweist; und eine zweite obere Kammelektrode, die einen zweiten Sammelleiter und eine Mehrzahl von zweiten oberen Fingern, die sich von dem zweiten Sammelleiter in einer zweiten Richtung erstrecken, aufweist. Dabei ist die zweite Richtung im Wesentlichen entgegengesetzt zu der ersten Richtung, so dass die ersten und die zweiten oberen Finger ein oberes ineinander geschachteltes Muster ausbilden, das einen akustischen Filter mit einer apodisierten Form bereitstellt. Der erste obere Sammelleiter hat einen ersten inneren Rand, von dem die Mehrzahl der ersten oberen Finger sich in der ersten Richtung erstrecken, und der zweite obere Sammelleiter hat einen zweiten inneren Rand, von dem die Mehrzahl der zweiten oberen Finger sich in der zweiten Richtung erstrecken. Erfindungsgemäß ist die apodisierte Form des akustischen Filters durch den ersten inneren Rand, der in Bezug zu dem zweiten inneren Rand verdreht ist, ausgebildet.

Figurenliste

[0008] Die offenbarten Ausführungsformen werden am besten aus der nachfolgenden ausführlichen Beschreibung verstanden, wenn diese zusammen mit den beigefügten Zeichnungen gelesen wird. Es wird betont, dass die verschiedenartigen Merkmale nicht notwendigerweise maßstabsgetreu gezeichnet sind. Tatsächlich können zur Klarheit der Darstellung die Abmessungen beliebig vergrößert oder verkleinert werden. Wo immer dies anwendbar und praktisch ist, bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente.

Fig. 1 ist eine Ansicht von oben auf eine herkömmliche, lateral gekoppelte Resonatorfilter (LCRF)-Vorrichtung.

Fig. 2 ist eine Ansicht von oben auf eine LCRF-Vorrichtung, die einen LCRF mit einer herkömmlichen, apodisierten Form aufweist.

Fig. 3 ist eine Ansicht von oben auf eine LCRF-Vorrichtung, die einen LCRF mit einer herkömmlichen, apodisierten Form aufweist.

Fig. 4 ist eine Ansicht von oben auf eine LCRF-Vorrichtung, die einen LCRF mit einer apodisierten Form aufweist, gemäß einer repräsentativen Ausführungsform.

Fig. 5 ist ein Schaubild, das einen allgemeinen Algorithmus zum Entwerfen einer LCRF-Vorrichtung mit einem LCRF mit einer apodisierten Form, gemäß einer repräsentativen Ausführungsform, zeigt.

Fig. 6A ist eine Ansicht von oben auf eine LCRF-Vorrichtung, die einen LCRF mit einer herkömmlichen, apodisierten Form und eine ebene Bodenelektrode aufweist.

Fig. 6B ist eine Querschnittsansicht des in der **Fig. 6A** gezeigten LCRF.

Fig. 7A ist eine Ansicht von oben auf eine LCRF-Vorrichtung, die einen LCRF mit einer apodisierten Form aufweist.

Fig. 7B ist eine Querschnittsansicht des in der **Fig. 7A** gezeigten LCRF.

Fig. 8 ist ein Schaubild, das eine simulierte Performanz eines akustischen Filters, der zwei lateral-gekoppelte Resonatoren aufweist, zeigt.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[0009] In der nachfolgenden ausführlichen Beschreibung werden für Zwecke der Erläuterung und nicht der Beschränkung repräsentative Ausführungsformen, die spezifische Einzelheiten offenbaren, dargestellt, um ein gründliches Verständnis einer Ausführungsform gemäß der vorliegenden Lehren bereitzustellen. Jedoch wird es für einen Fachmann, der den Vorteil der vorliegenden Offenbarung hat, offensichtlich, dass andere Ausführungsformen gemäß der vorliegenden Lehren, die von den spezifischen hierin offenbarten Einzelheiten abweichen, innerhalb des Schutzzumfangs der beigefügten Patentansprüche bleiben. Des Weiteren können Beschreibungen von wohl bekannten Vorrichtungen und Verfahren ausgelassen werden, um die Beschreibung der repräsentativen Ausführungsformen nicht zu verschleiern. Derartige Verfahren und Vorrichtungen sind klarerweise innerhalb des Umfangs der vorliegenden Lehren.

[0010] Die hierin verwendete Terminologie ist nur für Zwecke der Beschreibung von bestimmten Ausführungsformen und ist nicht dazu vorgesehen, beschränkend zu sein. Die definierten Ausdrücke sind zusätzlich zu den technischen und wissenschaftlichen Bedeutungen der definierten Ausdrücke, so wie diese in dem technischen Gebiet der vorliegenden Lehren allgemein verstanden werden und akzeptiert sind.

[0011] So wie diese in der Beschreibung und den beigefügten Patentansprüchen verwendet werden, umfassen die Ausdrücke „ein“, „eine“ und „der/die/das“ sowohl einzelne als auch mehrere Bezugsobjekte, außer wenn der Kontext dies in klarer Weise anderweitig vorschreibt. Dementsprechend umfasst beispielsweise der Ausdruck „eine Einrichtung“ eine Einrichtung und mehrere Einrichtungen. So wie diese in der Beschreibung und den beigefügten Patentansprüchen verwendet werden, und zusätzlich zu deren gewöhnlichen Bedeutungen, bedeuten die Ausdrücke „im Wesentlichen“ oder „wesentlich“, dass sie innerhalb von akzeptierbaren Begrenzungen oder Ausmaßen sind. So wie er in dieser Beschreibung und den beigefügten Patentansprüchen verwendet wird und zusätzlich zu seiner gewöhnlichen Bedeutung bedeutet der Ausdruck „näherungsweise“, dass etwas für einen Fachmann innerhalb einer akzeptablen

Begrenzung oder Ausmaß ist. Beispielsweise bedeutet „näherungsweise das Gleiche“, dass ein Fachmann die miteinander verglichenen Gegenstände als dieselben ansehen würde.

[0012] Relative Ausdrücke, wie etwa „über“, „unter“, „oben“, „unten“, „obere“, „untere“, „links“ und „rechts“ können verwendet werden, um die Beziehungen der verschiedenartigen Elemente zueinander zu beschreiben, so wie diese in den beigefügten Zeichnungen veranschaulicht sind. Die relativen Ausdrücke sind dazu gedacht, verschiedene Orientierungen der Vorrichtung und/oder der Elemente zusätzlich zu der in den Zeichnungen dargestellten Orientierung zu umfassen. Wenn beispielsweise die Vorrichtung in Bezug auf die Ansicht in der Zeichnung invertiert wäre, dann wäre ein Element, das als „über“ einem anderen Element beschrieben wird, dann beispielsweise unter diesem Element.

[0013] Die verschiedenartigen Ausführungsformen beziehen sich allgemein auf akustische Resonatorfilter. In bestimmten Ausführungsformen umfasst eine lateral gekoppelte Resonator-Filtervorrichtung eine Bodenelektrode, eine piezoelektrische Schicht, die auf der Bodenelektrode angeordnet ist, und eine obere Umrissselektrode, die auf der piezoelektrischen Schicht angeordnet ist, wobei die obere Umrissselektrode eine erste und eine zweite obere Kammelektrode umfasst. Die erste obere Kammelektrode umfasst einen ersten oberen Sammelleiter und eine Mehrzahl von ersten oberen Fingern, die sich in einer ersten Richtung von dem ersten oberen Sammelleiter erstrecken. Die zweite obere Kammelektrode umfasst einen zweiten oberen Sammelleiter und eine Mehrzahl von zweiten oberen Fingern, die sich in einer zweiten Richtung von dem zweiten oberen Sammelleiter erstrecken, wobei die zweite Richtung im Wesentlichen entgegengesetzt zu der ersten Richtung ist, so dass die ersten und zweiten oberen Finger ein oberes ineinander geschachteltes Muster ausbilden, das einen akustischen Filter, der eine apodisierte Form hat, bereitstellt. In anderen Ausführungsformen umfasst eine LCRF-Vorrichtung eine Bodenelektrode, eine piezoelektrische Schicht, die auf der Bodenelektrode angeordnet ist, und eine obere Umrissselektrode, die auf der piezoelektrischen Schicht angeordnet ist. Die obere Umrissselektrode umfasst eine erste obere Kammelektrode, die einen ersten oberen Sammelleiter und eine Mehrzahl von ersten oberen Fingern, die sich in einer ersten Richtung von dem ersten oberen Sammelleiter erstrecken, und umfasst eine zweite obere Kammelektrode, die einen zweiten oberen Sammelleiter und eine Mehrzahl von zweiten oberen Fingern, die sich in einer zweiten Richtung von dem zweiten oberen Sammelleiter erstrecken, wobei die zweite Richtung im Wesentlichen entgegengesetzt zu der ersten Richtung ist, so dass die ersten und zweiten oberen Finger ein oberes ineinander geschachteltes Muster ausbilden, dass ei-

nen akustischen Filter, der eine apodisierte Form hat, bereitstellt. In noch anderen Ausführungsformen umfasst eine LCRF-Vorrichtung eine Bodenebene (oder Bodenplatte), eine piezoelektrische Schicht, die auf der Bodenebene angeordnet ist, und eine obere Umrissselektrode, die auf der piezoelektrischen Schicht angeordnet ist. Die obere Umrissselektrode umfasst einen Satz von ineinander geschachtelten ersten und zweiten kammartigen Fingern, die sich von einem ersten und einem zweiten oberen Sammelleiter, respektive, erstrecken. Die ersten kammartigen Finger sind dazu ausgebildet, ein elektrisches Signal zu empfangen, und die zweiten kammartigen Finger sind dazu ausgebildet, in Antwort darauf, dass die ersten kammartigen Finger das elektrische Signal empfangen, mitzuschwingen. Der Satz von ineinander greifenden ersten und zweiten kammartigen Finger hat eine apodisierte Form, die von zumindest einem der folgenden herrührt: Lücken, die sich zwischen benachbarten ersten und zweiten kammartigen Finger längsweise verändern, Breiten der ersten und zweiten kammartigen Finger, die sich längsweise verändern, und verdrehte Ränder von mindestens einem von dem ersten und zweiten oberen Sammelleiter. In noch anderen Ausführungsformen umfasst ein LCRF eine Mehrzahl von ersten oberen Fingern, die sich weg von einem ersten oberen Sammelleiter einer ersten oberen Kammelektrode, die über einer piezoelektrischen Schicht ausgebildet ist, erstrecken, wobei die ersten oberen Finger durch erste Räume, respektive, getrennt sind; und eine Mehrzahl von zweiten oberen Fingern, die sich weg von einem zweiten oberen Sammelleiter einer zweiten oberen Kammelektrode, die über der piezoelektrischen Schicht ausgebildet ist, erstrecken, wobei die zweiten oberen Finger durch zweite Räume, respektive, getrennt sind. Die ersten oberen Finger erstrecken sich von dem ersten oberen Sammelleiter in die zweiten Räume, und die zweiten oberen Finger erstrecken sich von dem zweiten oberen Sammelleiter in die ersten Räume, um ein oberes ineinander geschachteltes Muster auszubilden, das eine apodisierte Form hat.

[0014] Die beschriebenen Ausführungsformen können mehrere mögliche Vorteile in Bezug auf bekannte Technologien oder solche mit herkömmlichen, apodisierten Formen bereitstellen. Beispielsweise können nachfolgend beschriebene, repräsentative Ausführungsformen von akustischen Filtern mit einer kleineren Chip-Größe als im Vergleich zu herkömmlichen akustischen Filtern hergestellt werden. Dies führt zu einer Verringerung einer Anzahl von Faktoren, wie etwa eine Grundfläche (footprint), Leistungsverbrauch und Kosten. Bestimmte Ausführungsformen können auch verwendet werden, um herkömmliche Schaltkreisfunktionen, wie etwa unsymmetrische (single-ended)-in-differentielle Signalumwandlung oder Impedanz-Transformation, effizient zu implementieren. Des Weiteren können bestimmte Ausführungsformen verwendet werden, um elektrische

Komponenten für Breitbandanwendungen zu implementieren. Schließlich können in bestimmten Ausführungsformen die oben genannten und weitere Vorteile durch einen relativ einfachen Aufbau und entsprechende Herstellungsprozesse erzielt werden, so wie das aus der nachfolgenden Beschreibung offensichtlich werden wird.

[0015] Bestimmte Aspekte der vorliegenden Lehren beziehen sich allgemein auf akustische Resonatoren und akustische Resonatorfilter, die akustische Schichtvolumenwellenresonatoren (FBAR, film bulk acoustic wave resonators) oder fest montierte Resonatoren (SMR, solidly mounted resonators) umfassen können. Bestimmte Einzelheiten von akustischen Resonatoren, einschließlich der Materialien und Verfahren der Herstellung, können in einer oder mehreren der nachfolgenden, gemeinsam besessenen US-Patente und Patentanmeldungen gefunden werden: US 6,107,721 A, US 5,587,620 A, US 5,873,153 A, US 6,507,983 A, US 6,384,697 B1, US 7,275,292 B2 und US 7,629,865 B2, US 7,280,007 B2, US 2007/0205850 A1, US 7,388,454 B2, US 2010/0327697 A1, US 2010/0327994 A1, US 2014/0111288 A1, US 2014/0118091 A1, US 2014/0118088 A1, US 2013/0038408 A1, US 2008/0258842 A1, US 6,548,943 B2. Es wird betont, dass die Komponenten, Materialien und Herstellungsverfahren, die in diesen Patenten und Patentanmeldungen beschrieben sind, repräsentativ sind, und dass andere Herstellungsverfahren und Materialien innerhalb der Übersicht eines Fachmanns in Erwägung gezogen werden.

[0016] Fig. 1 ist eine Ansicht von oben auf eine herkömmliche, lateral gekoppelte Resonatorfilter (LCRF, laterally coupled resonator filter)-Vorrichtung mit ineinander geschachtelten Elektroden.

[0017] Mit Verweis auf Fig. 1 umfasst eine LCRF-Vorrichtung 100 eine erste obere Kammelektrode 110 und eine zweite obere Kammelektrode 120. Die erste obere Kammelektrode 110 umfasst einen ersten Sammelleiter 112 und mehrere erste obere Kammfortsetzungen oder kammartige Finger (angedeutet durch repräsentative erste obere Finger 114), die jeweils durch Räume (angedeutet durch einen repräsentativen ersten Raum 116) getrennt sind. Die ersten oberen Finger 114 erstrecken sich in einer ersten Richtung von dem ersten oberen Sammelleiter 112 (z.B. von links nach rechts in der veranschaulichenden Orientierung). Die zweite obere Kammelektrode 120 umfasst einen zweiten oberen Sammelleiter 122 und mehrere zweite obere Kammerweiterungen oder kammartige Finger (angedeutet durch einen repräsentativen zweiten oberen Finger 124), die jeweils durch Räume (angedeutet durch einen repräsentativen zweiten Raum 126) getrennt sind. Die zweiten oberen Finger 124 erstrecken sich in einer zweiten Richtung, die entgegengesetzt zu der ersten Rich-

tung ist, von dem zweiten oberen Sammelleiter 122 (z.B. von rechts nach links in der veranschaulichenden Orientierung). Die ersten oberen Finger 114 der ersten oberen Kammelektrode 110 erstrecken sich in die zweiten Räume 126 zwischen den zweiten oberen Fingern 124 der zweiten oberen Kammelektrode 120, und umgekehrt, wodurch ein oberes ineinander geschachteltes Muster der LCRF-Vorrichtung 100 ausgebildet wird, indem abwechselnd erste und zweite obere Finger 114 und 124 durch Lücken (oder Abstände) 130 getrennt sind.

[0018] Insbesondere sind die Ränder der ersten und der zweiten oberen Finger 114 und 124 parallel zueinander. Dies umfasst die Seitenränder der ersten und der zweiten oberen Finger 114 und 124, die sich längsweise entlang einer ersten und einer zweiten Richtung, respektive, erstrecken, ebenso wie die Endränder der ersten und der zweiten oberen Finger 114 und 124, die senkrecht zu den Seitenrändern, respektive, sind. Des Weiteren, wenn man die LCRF-Vorrichtung 100 als Ganzes betrachtet, gibt es auch parallele Ränder. Beispielsweise ist der Seitenrand des äußersten ersten oberen Fingers 114 (an der Unterseite der Fig. 1 gezeigt) parallel zu dem Seitenrand eines äußersten zweiten oberen Fingers 124 (an der Oberseite der Fig. 1 gezeigt). Demgemäß sind das ineinander geschachtelte Muster der ersten und der zweiten oberen Finger 114 und 124 und die LCRF-Vorrichtung 100 nicht apodisiert. „Apodisiert“ bedeutet in diesem Zusammenhang, dass keine der äußeren Ränder des Filters parallel zueinander sind. Allgemein können in einem herkömmlichen, nicht-apodisierten LCRF außerhalb des hauptsächlichsten Durchlassbands des Filters unechte (oder falsche) Resonanzen vorhanden sein. Jedoch kann eine Apodisierung der LCRF-Geometrie, wie in den unten besprochenen Ausführungsformen, eine Unterdrückung von derartigen, außerhalb des Bandes vorhandenen, unechten Resonanzen ermöglichen.

[0019] Fig. 2 ist eine Ansicht von oben auf eine LCRF-Vorrichtung, die einen LCRF, der eine herkömmlich apodisierte Form hat, umfasst, basierend auf sich verändernden Zwischenraumbreiten. Bestimmte Einzelheiten der Verwendung von Apodisierung in akustischen Resonatoren können in US 6,215,375 B1 und US 7,629,865 B2 gefunden werden.

[0020] Mit Verweis auf Fig. 2 umfasst eine LCRF-Vorrichtung 200 eine obere Umrisselektrode 201, die eine erste obere Kammelektrode 210 und eine zweite obere Kammelektrode 220 kombiniert. Die erste obere Kammelektrode 210 umfasst einen ersten oberen Sammelleiter 212 und mehrere erste obere Kammerweiterungen oder kammartige Finger (angedeutet durch einen repräsentativen ersten oberen Finger 214), die sich in einer ersten Richtung von dem ersten oberen Sammelleiter 212 weg erstrecken (z.B. allge-

mein von links nach rechts in der veranschaulichenden Orientierung). Genauer gesagt sind proximale Enden der ersten oberen Finger **214** mit dem ersten oberen Sammelleiter **212** verbunden und durch erste Räume (angedeutet durch einen repräsentativen ersten Raum **216**) voneinander getrennt. Distale Enden der ersten oberen Finger **214** sind nicht durch irgendeinen Sammelleiter, wie etwa den zweiten oberen Sammelleiter **222**, verbunden. Die zweite obere Kammelektrode **220** umfasst den zweiten oberen Sammelleiter **222** und mehrere zweite obere Kammerweiterungen oder kammartige Finger (angedeutet durch einen repräsentativen zweiten oberen Finger **224**), die sich in einer zweiten Richtung von dem zweiten oberen Sammelleiter **222** weg erstrecken (z.B. allgemein von rechts nach links in der veranschaulichenden Orientierung). Proximale Enden der zweiten oberen Finger **224** sind mit dem zweiten oberen Sammelleiter **222** verbunden und sind durch zweite Räume (angedeutet durch einen repräsentativen zweiten Raum **226**) voneinander getrennt. Distale Enden der zweiten oberen Finger **224** sind nicht durch irgendeinen Sammelleiter, wie etwa den ersten oberen Sammelleiter **212**, verbunden. In der gezeigten Ausführungsform ist die zweite Richtung im Wesentlichen entgegengesetzt zu der ersten Richtung (im Gegensatz zu exakt entgegengesetzt zu der ersten Richtung), weil die erste und die zweite Richtung aufgrund der apodisierten Geometrie in Bezug zueinander ein wenig verdreht sind, wie dies nachfolgend besprochen wird.

[0021] Die obere Umrissselektrode **201** ist dadurch interdigital (oder kammartig), dass sich die ersten oberen Finger **214** der ersten oberen Kammelektrode **210** in die zweiten Räume **226** erstrecken, die zwischen benachbarten zweiten oberen Fingern **224** ausgebildet sind, und dass sich die zweiten oberen Finger **224** der zweiten oberen Kammelektrode **220** in die ersten Räume **216** erstrecken, die zwischen benachbarten ersten oberen Fingern **214** ausgebildet sind, wodurch ein oberes ineinander geschachteltes Muster in der oberen Umrissselektrode **201** ausgebildet wird. Der erste und der zweite obere Sammelleiter **212** und **222** sind auf Masse aufgeladen, so dass sie andere Resonanzfrequenzen als die ersten und die zweiten oberen Finger **214** und **224** aufweisen. Dadurch bildet das obere ineinander geschachtelte Muster der ersten und der zweiten oberen Finger **214** und **224**, das zwischen den auf Masse aufgeladenen ersten und zweiten oberen Sammelleitern **212** und **222** angeordnet ist, einen akustischen Filter, der als ein Resonatorfilter LCRF **205** angedeutet ist. Das heißt, dass LCRF **205** umfasst alternierend (oder abwechselnd) erste und zweite obere Finger **214** und **224**, die längsweise durch Lücken (oder Abstände) **230** getrennt sind. Des Weiteren, weil die distalen Enden der ersten und der zweiten oberen Finger **214** und **224** den zweiten und den ersten oberen Sammelleiter **222** und **212**, respektive, nicht berühren, sind die dis-

talenden Enden der ersten oberen Finger **214** von dem zweiten oberen Sammelleiter **222** durch eine Endlücke **231** getrennt, und die distalen Enden der zweiten oberen Finger **224** sind von dem ersten oberen Sammelleiter **212** durch eine Endlücke **232** getrennt.

[0022] Zum Zweck der Veranschaulichung zeigt **Fig. 2** ein nicht beschränkendes Beispiel, das elf erste obere Finger **214** und elf zweite obere Finger **224**, die sich mit den elf ersten oberen Fingern **214** abwechseln, zeigt. Benachbarte erste und zweite obere Finger **214** und **224** sind jeweils getrennt durch einundzwanzig Lücken (oder Abstände) **230**. Selbstverständlich können die Anzahlen der ersten und der zweiten oberen Finger **214** und **224** sowie die entsprechenden Lücken **230**, die das LCRF **205** ausbilden, variieren, ohne vom Umfang der vorliegenden Lehren abzuweichen.

[0023] In der dargestellten Ausführungsform wird die apodisierte Form des LCRF **205** dadurch ausgebildet, dass die Breiten von mindestens einem der Zwischenräume **230** entlang einer Längsrichtung variieren, wohingegen konstante Breiten der ersten und der zweiten oberen Finger **214** und **224** aufrechterhalten werden. Das heißt, die mindestens eine Lücke **230** kann schmaler werden, wenn sie sich von dem ersten oberen Sammelleiter **212** in der ersten Richtung (wie in dem Beispiel der **Fig. 2** gezeigt) erstreckt, oder die zumindest eine Lücke **230** kann schmaler werden, wenn sie sich von dem zweiten oberen Sammelleiter **222** in der zweiten Richtung erstreckt. Anders ausgedrückt, kann die zumindest eine Lücke **230** breiter werden, wenn sie sich von dem zweiten oberen Sammelleiter **222** in der zweiten Richtung erstreckt (wie in dem Beispiel der **Fig. 2** gezeigt), oder die mindestens eine Lücke **230** kann breiter werden, wenn sie sich von dem ersten oberen Sammelleiter **212** in der ersten Richtung erstreckt. Die Enden (proximal und distal) von jedem der ersten und der zweiten oberen Finger **214** und **224** können unter rechten Winkeln in Bezug auf die Seiten der entsprechenden ersten und zweiten oberen Finger **214** und **224** ausgebildet sein.

[0024] Zum Zweck der Veranschaulichung und zur Erleichterung der Beschreibung zeigt die **Fig. 2** ein gleichförmiges Muster, in dem jede der Lücken **230**, die benachbarte erste und zweite obere Finger **214** und **224** trennen, die gleichen Breiten und Breitenveränderungen entlang der Längsrichtung aufweisen. Das heißt, jede der Lücken ist in der Nähe des ersten oberen Sammelleiters **212** breiter und verschmälert sich linear in der Längsrichtung, wenn sie sich in Richtung zu dem zweiten oberen Sammelleiter **222** fortsetzt. Auch haben zum Zwecke der Veranschaulichung und zur Erleichterung der Beschreibung die Endabstände **231** und **232** dieselben Breiten. Die sich verändernden Breiten der Lücken **230** bewirken, dass sich aufeinanderfolgende erste und zweite obere Fin-

ger **214** und **215** nach oben verdrehen, so dass die Seitenränder des untersten ersten oberen Fingers **214** und des obersten zweiten oberen Fingers **224** (entsprechend den äußeren Rändern des LCRF **205**) nicht parallel sind. Des Weiteren sind die distalen Enden von jedem der ersten und der zweiten oberen Finger **214** und **224**, was auch den Außenrändern des LCRF entspricht, unter Winkeln ausgebildet, die parallele äußere Ränder, respektive, vermeiden. Beispielsweise können die Ende von jedem der ersten und der zweiten oberen Finger **214** und **224** unter rechten Winkeln in Bezug auf die Seiten der entsprechenden ersten und zweiten oberen Finger **214** und **224** ausgebildet sein, so dass sie gleichermaßen in Bezug zueinander verdreht sind. Dementsprechend weist das LCRF **205** eine apodisierte Form auf.

[0025] In veranschaulichenden Konfigurationen kann beispielsweise jeder der ersten und der zweiten oberen Finger **214** und **224** eine konstante Breite von näherungsweise $3,0\ \mu\text{m}$ aufweisen, jede der Zwischenräume **230** kann eine sich verändernde Breite aufweisen, die sich im Wesentlichen linear von näherungsweise $3,5\ \mu\text{m}$ bei dem ersten oberen Sammelleiter **212** auf näherungsweise $2,5\ \mu\text{m}$ bei dem zweiten oberen Sammelleiter verändert, und jede der Endlücken **231** und **232** kann eine Breite von näherungsweise $2,5\ \mu\text{m}$ aufweisen. Selbstverständlich können diese Abmessungen variieren, um einzigartige Vorteile für irgendeine bestimmte Situation bereitzustellen oder um anwendungsspezifische Entwurfsanforderungen von verschiedenen Implementierungen zu erfüllen, so wie das für einen Fachmann offensichtlich wäre. Des Weiteren kann die Anzahl der Lücken **230**, deren Breite sich verändert, ebenso wie das Ausmaß der Veränderung(en), sich in verschiedenartigen Konfigurationen unterscheiden, ohne vom Umfang der vorliegenden Lehren abzuweichen. Gleichermaßen können die Breiten und Orientierungen (oder Ausrichtungen) der Endlücken **231** und **232** in Bezug zueinander oder untereinander variieren, ohne vom Umfang der vorliegenden Lehren abzuweichen, um die apodisierte Form aufrecht zu erhalten.

[0026] Die obere Umrissselektrode **201** ist über einer piezoelektrischen Schicht **240**, von der in der **Fig. 2** Teile durch die Lücken **230** sichtbar sind, ausgebildet. Die piezoelektrische Schicht **240** ist entweder auf einer einzelnen Bodenelektrode oder einer Bodenplatte (z.B. wie etwa die in **Fig. 6B** gezeigte Bodenelektrode) oder auf einer Bodenumrissselektrode (z.B. wie etwa die in **Fig. 7B** gezeigte Bodenelektrode) ausgebildet, was die ersten und die zweiten Bodenkammerelektroden in verschiedenen ähnlichen Arten kombiniert, einschließlich der oben beschriebenen Konfiguration im Hinblick auf die obere Umrissselektrode **201**. Die Bodenelektrode/Umrissselektrode kann auf einem Substrat (nicht gezeigt) ausgebildet sein.

[0027] Im Hinblick auf alle der verschiedenen Ausführungsformen, einschließlich derjenigen, die in den **Fig. 2** bis **Fig. 7B** dargestellt sind, kann das Substrat beispielsweise aus verschiedenen Arten von Halbleitermaterialien, die mit Halbleiterprozessen kompatibel sind, wie etwa Silizium (Si), Galliumarsenid (GaAs), Indiumphosphid (InP) oder dergleichen, ausgebildet sein, was zum Integrieren von Verbindungen und Elektronik, was die Größe und die Kosten verringert, nützlich ist. Das Substrat kann alternativ ausgebildet sein aus, oder anderenfalls umfassen, ein isolierendes Material, wie etwa beispielsweise Glas, Saphir, Aluminium oder dergleichen. Die Grundplatten-elektrode (Umrissselektrode) kann auf dem Substrat durch Sputter-Ablagerung, chemische Dampfablagerung (CVD, chemical vapor deposition) oder andere Prozesse, unter Verwendung von einem oder mehreren elektrisch leitfähigen Metallmaterialien, wie etwa beispielsweise Wolfram (W), Molybdän (Mo), Kupfer (Cu) oder Aluminium (Al), ausgebildet sein.

[0028] Die piezoelektrische Schicht (z.B. die piezoelektrische Schicht **240**) kann auf der Bodenplatteelektrode (Umrissselektrode) durch Sputter-Ablagerung oder andere Prozesse, unter Verwendung von irgendeinem piezoelektrischen Material, das mit Halbleiterprozessen kompatibel ist, wie etwa beispielsweise Aluminiumnitrid (AlN), Zinkoxid (ZnO) oder Bleizirkonattitanat (PZT), ausgebildet sein. Selbstverständlich können in der piezoelektrischen Schicht andere Materialien aufgenommen sein, ohne vom Umfang der vorliegenden Lehren abzuweichen. Des Weiteren kann in verschiedenen Ausführungsformen die piezoelektrische Schicht „dotiert“ sein mit einem oder mehreren Seltenerden, wie etwa beispielsweise Scandium (Sc), Yttrium (Y), Lanthan (La) oder Erbium (Er). Beispiele des Dotierens von piezoelektrischen Schichten mit einem oder mehreren Seltenerden zum Verbessern des elektromechanischen Kopplungskoeffizienten K_{t2} , beispielsweise, sind durch US 2014/0118089 A1 und US 2014/0118090 A1 bereitgestellt.

[0029] Die obere Umrissselektrode (z.B. obere Umrissselektrode **201**, **301**, **401**) kann auf einer oberen Oberfläche der piezoelektrischen Schicht durch Sputter-Ablagerung, chemische Dampfabscheidung (CVD) oder andere Prozesse, unter Verwendung von einem oder mehreren elektrisch leitfähigen Metallmaterialien, wie etwa beispielsweise Wolfram (W), Molybdän (Mo), Kupfer (Cu) oder Aluminium (Al), ausgebildet sein. Allgemein wird auf die obere Oberfläche der piezoelektrischen Schicht eine Fotolackschicht aufgebracht, und dann das Muster ausgebildet, um ein Fotolackmuster oder eine Fotomaske entsprechend dem gewünschten Muster der oberen Umrissselektrode (z.B. umfassend die ersten und zweiten oberen Finger) bereitzustellen. Die Fotomaske kann durch eine Bearbeitung oder durch chemisches Ätzen der Fotolackschicht unter Verwendung von Foto-

lithographie ausgebildet werden, obwohl verschiedene alternative Techniken aufgenommen werden können. Teilbereiche des Materials der oberen Umrissselektrode werden durch die Fotomaske, beispielsweise unter Verwendung eines Fluorplasma-Ätzprozesses, weg geätzt, obwohl andere Arten von Ätzen aufgenommen werden können, z.B. in Abhängigkeit von der Art des Materials, um das gewünschte Muster der oberen Umrissselektrode bereitzustellen. Ein ähnlicher Prozess würde aufgenommen, um eine unterseitige Umrissselektrode oder eine Bodenoberfläche der piezoelektrischen Schicht (z.B. unter Verwendung von Flip-Chip-Technologie) in dem Fall, dass eine Bodenplattenelektrode oder eine Bodenplatte nicht verwendet wird, herzustellen.

[0030] Fig. 3 ist eine Ansicht von oben auf eine LCRF-Vorrichtung, die einen LCRF mit einer anderen herkömmlich apodisierten Form aufweist, auf der Grundlage von sich verändernden Elektrodenfingerbreiten.

[0031] Mit Verweis auf Fig. 3 umfasst eine LCRF-Vorrichtung 300 eine obere Umrissselektrode 301, die eine erste obere Kammelektrode 310 und eine zweite obere Kammelektrode 320 kombiniert. Die erste obere Kammelektrode 310 umfasst einen ersten oberen Sammelleiter 312 und mehrere erste obere Kammerweiterungen oder kammartige Finger (angedeutet durch einen repräsentativen ersten oberen Finger 314), die sich in einer ersten Richtung von dem ersten oberen Sammelleiter 312 weg erstrecken (z.B. allgemein von links nach rechts in der veranschaulichenden Orientierung). Genauer gesagt, sind proximale Enden der ersten oberen Finger 314 mit dem ersten oberen Sammelleiter 312 verbunden und durch erste Räume (angedeutet durch einen repräsentativen ersten Raum 316) voneinander getrennt. Distale Enden der ersten oberen Finger 314 sind nicht mit irgendeinem Sammelleiter, wie etwa dem zweiten oberen Sammelleiter 322, verbunden. Die zweite obere Kammelektrode 320 umfasst den zweiten oberen Sammelleiter 322 und mehrere zweite obere Kammerweiterungen oder kammartige Finger (angedeutet durch einen repräsentativen zweiten oberen Finger 324), die sich in einer zweiten Richtung von dem zweiten oberen Sammelleiter 322 weg erstrecken (z.B. allgemein von rechts nach links in der veranschaulichenden Orientierung). Proximale Enden der zweiten oberen Finger 324 sind mit dem zweiten oberen Sammelleiter 322 verbunden und sind durch zweite Räume (angedeutet durch einen repräsentativen zweiten Raum 326) voneinander getrennt. Distale Enden der zweiten oberen Finger 324 sind nicht mit irgendeinem Sammelleiter, wie etwa dem ersten oberen Sammelleiter 312, verbunden. In der gezeigten Ausführungsform ist die zweite Richtung im Wesentlichen entgegengesetzt zu der ersten Richtung (im Gegensatz zu exakt entgegengesetzt zu der ersten Richtung), weil die erste und zweite Richtung aufgrund der apodisier-

ten Geometrie ein wenig verdreht zueinander sind, wie das unten besprochen wird.

[0032] Die obere Umrissselektrode 301 ist interdigital (oder kammartig) dadurch, dass die ersten oberen Finger 314 der ersten oberen Kammelektrode 310 sich in die zweiten Räume 326, die zwischen benachbarten zweiten oberen Fingern 324 ausgebildet sind, erstrecken, und dass die zweiten oberen Finger 324 der zweiten oberen Kammelektrode 320 sich in die ersten Räume 316, die zwischen benachbarten ersten oberen Finger 314 ausgebildet sind, erstrecken, wodurch ein oberes ineinander geschachteltes Muster in der oberen Umrissselektrode 301 ausgebildet wird. Wie das oben besprochen wurde, sind der erste und der zweite obere Sammelleiter 312 und 322 auf Masse aufgeladen, so dass diese andere Resonanzfrequenzen als die ersten und zweiten oberen Finger 314 und 324 aufweisen. Dadurch bildet das obere ineinander geschachtelte Muster der ersten und zweiten oberen Finger 314 und 324, das zwischen den auf Masse aufgeladenen ersten und zweiten oberen Sammelleitern 314 und 324 angeordnet ist, einen akustischen Filter, der als Resonatorfilter LCRF 305 angedeutet ist. Das heißt, dass LCRF 305 umfasst alternierende erste und zweite obere Finger 314 und 324, die längsweise durch Lücken (oder Abstände) 330 getrennt sind. Des Weiteren, weil die distalen Enden der ersten und der zweiten oberen Finger 314 und 324 den zweiten und den ersten oberen Sammelleiter 322 und 312, respektive, nicht berühren, sind die distalen Enden der ersten oberen Finger 314 von dem zweiten oberen Sammelleiter 322 durch Endlücken 331 getrennt und sind die distalen Enden der zweiten oberen Finger 324 von dem ersten oberen Sammelleiter 312 durch Endlücken 332 getrennt.

[0033] Zum Zweck der Veranschaulichung stellt Fig. 3 ein nicht beschränkendes Beispiel dar, das elf obere Finger 314 und elf zweite obere Finger 324, die sich mit den elf ersten oberen Fingern 314 abwechseln, zeigt. Benachbarte erste und zweite obere Finger 314 und 324 sind jeweils durch einundzwanzig Lücken 330 getrennt. Selbstverständlich können die Anzahlen der ersten und der zweiten oberen Finger 314 und 324 sowie die der entsprechenden Lücken 330 variieren, ohne vom Umfang der vorliegenden Lehren abzuweichen.

[0034] In der gezeigten Ausführungsform wird die apodisierte Form des LCRF 305 durch Variieren der Breiten von mindestens einem der ersten oberen Finger 314 und/oder mindestens einem der zweiten oberen Finger 324 entlang einer Längsrichtung ausgebildet, während konstante Breiten der Lücken 330, die zwischen den ersten und zweiten Fingern 314 und 324 ausgebildet sind, respektive, aufrechterhalten werden. Das heißt, die ersten und die zweiten oberen Finger 314 und 324 weisen entsprechende erste und zweite Breiten, respektive, auf. Die apodi-

sierte Form kann folglich dadurch, dass zumindest eine von den ersten und den zweiten Breiten entlang einer von der ersten und der zweiten Richtung verändert wird, ausgebildet werden. Allgemein jedoch verändern sich die erste und die zweite Breite der ersten und der zweiten oberen Finger **314** und **324**, respektive, in entgegengesetzten Richtungen. Beispielsweise kann sich die erste Breite von mindestens einem der ersten oberen Finger **314** verringern, wenn der mindestens eine erste obere Finger **314** sich von dem ersten oberen Sammelleiter **312** entlang der ersten Richtung weg erstreckt, während die zweite Breite von dem zumindest einen zweiten oberen Finger **324** zunehmen kann, wenn der mindestens eine zweite obere Finger **324** sich von dem zweiten oberen Sammelleiter **322** entlang der zweiten Richtung weg erstreckt (z.B. wie in **Fig. 3** gezeigt). Alternativ kann die erste Breite des mindestens einen ersten oberen Fingers **314** sich entlang der ersten Richtung vergrößern, während die zweite Breite von dem mindestens einen zweiten oberen Finger **324** entlang der zweiten Richtung abnehmen kann.

[0035] Zum Zweck der Veranschaulichung und zur Erleichterung der Beschreibung zeigt **Fig. 3** ein gleichförmiges Muster, bei dem die ersten und die zweiten oberen Finger **314** und **324** die gleichen Breiten und Breitenvariationen entlang der Längsrichtungen aufweisen, respektive, und die Lücken **332**, die die ersten und zweiten oberen Finger **314** und **324** trennen, dieselbe Breite entlang der Längsrichtung aufweisen. Mit Verweis auf das in **Fig. 3** gezeigte Beispiel, wird die erste Breite von jedem der ersten oberen Finger **314** schmaler, wenn der erste obere Finger **314** sich von dem ersten oberen Sammelleiter **312** in der ersten Richtung weg erstreckt, und die zweite Breite von jedem der zweiten oberen Finger **324** wird breiter, wenn der zweite obere Finger **324** sich von dem zweiten oberen Sammelleiter **322** in der zweiten Richtung weg erstreckt. Das heißt, jeder der ersten oberen Finger **314** ist in der Nähe des ersten oberen Sammelleiters **312** breiter und verengt sich linear in der Längsrichtung, wenn er in Richtung zu dem zweiten oberen Sammelleiter **322** weitergeht, und jeder der zweiten oberen Finger **324** ist in der Nähe des zweiten oberen Sammelleiters **322** schmaler und erweitert sich linear in der Längsrichtung, wenn er in Richtung zu dem ersten oberen Sammelleiter **312** weitergeht. Jede der Lücken **330** hält in der Längsrichtung eine konstante Breite aufrecht. Folglich sind die entsprechenden Breiten der ersten und der zweiten oberen Finger **314** und **324** und die Raten, mit denen die entsprechenden Breiten sich verändern, komplementär. Auch haben zum Zwecke der Veranschaulichung und zur Erleichterung der Beschreibung die Endlücken **331** und **332** die gleichen Breiten. Dementsprechend bewirken die sich verändernden Breiten der ersten und der zweiten oberen Finger **314** und **324**, dass aufeinanderfolgende erste und zweite obere Finger **314** und **315** sich nach

außen verdrehen, so dass die Seitenränder des zu-unterst angeordneten ersten oberen Fingers **314** und des zuoberst angeordneten zweiten oberen Fingers **324** (entsprechend den äußeren Rändern des LCRF **305**) nicht parallel sind. Des Weiteren sind die distalen Enden von jedem der ersten und der zweiten oberen Finger **314** und **324**, die auch den äußeren Rändern des LCRF **305** entsprechen, gleichermaßen unter Winkeln ausgebildet, um parallele äußere Ränder, respektive, zu vermeiden. Demgemäß weist das LCRF **305** eine apodisierte Form auf.

[0036] In einer veranschaulichenden Konfiguration kann jede der Lücken **330** eine konstante Breite von näherungsweise $3,0\ \mu\text{m}$ aufweisen, kann jeder der ersten oberen Finger **214** eine variierende Breite aufweisen, die sich im Wesentlichen linear von näherungsweise $6,0\ \mu\text{m}$ an dem proximalen Ende (bei dem ersten oberen Sammelleiter **312**) auf näherungsweise $3,0\ \mu\text{m}$ an dem distalen Ende (in der Nähe des zweiten oberen Sammelleiters **322**) verändert, kann jeder der zweiten oberen Finger **314** eine variierende Breite aufweisen, die sich im Wesentlichen linear von näherungsweise $3,0\ \mu\text{m}$ an dem proximalen Ende (bei dem zweiten oberen Sammelleiter **322**) auf näherungsweise $6,0\ \mu\text{m}$ an dem distalen Ende (in der Nähe des ersten oberen Sammelleiters **312**) verändert, und kann jede der Endlücken **331** und **332** eine Breite von näherungsweise $2,5\ \mu\text{m}$ aufweisen. Selbstverständlich können diese Abmessungen variieren, um einzigartige Vorteile für irgendeine bestimmte Situation bereitzustellen oder um anwendungsspezifische Entwurfsanforderungen von verschiedenen Implementierungen zu erfüllen, wie das für einen Fachmann offensichtlich wäre. Selbstverständlich können die Anzahlen der ersten und/oder der zweiten oberen Finger **314** und **324**, deren Breite sich verändern, ebenso wie das Ausmaß der Veränderung(en), in verschiedenen Konfigurationen variieren, ohne vom Umfang der vorliegenden Lehren abzuweichen. Gleichermäßen können sich die Breiten der Endlücken **331** und **332** in Bezug zueinander oder untereinander verändern, ohne vom Umfang der vorliegenden Lehren abzuweichen.

[0037] Die obere Umrissselektrode **301** ist über einer piezoelektrischen Schicht **240**, von der Teile durch die Lücken **330** in **Fig. 3** sichtbar sind, ausgebildet. Die piezoelektrische Schicht **240** wird entweder auf einer einzelnen Bodenelektrode oder Bodenplatte (nicht gezeigt) oder auf einer Bodenumrissselektrode (nicht gezeigt), die eine erste und eine zweite Bodenelektrode in einer ähnlichen Weise kombiniert, wie das oben im Hinblick auf die obere Umrissselektrode **301** beschrieben ist, ausgebildet.

[0038] **Fig. 4** ist eine Ansicht von oben auf eine LCRF-Vorrichtung, die einen LCRF mit einer apodisierten Form aufweist, auf der Grundlage von sich

ändernden Sammelleiterrändern, gemäß einer repräsentativen Ausführungsform.

[0039] Mit Verweis auf **Fig. 4** umfasst eine LCRF-Vorrichtung **400** eine obere Umrissselektrode **401**, die eine erste obere Kammelektrode **310** und eine zweite obere Kammelektrode **420** kombiniert. Die erste obere Kammelektrode **410** umfasst einen ersten oberen Sammelleiter **412** und mehrere erste obere Kammerweiterungen oder kammartige Finger (angedeutet durch einen repräsentativen ersten oberen Finger **414**), der sich in einer ersten Richtung von dem ersten oberen Sammelleiter **412** weg erstreckt (z.B. allgemein von links nach rechts in der veranschaulichenden Orientierung). Genauer gesagt sind proximale Enden der ersten oberen Finger **414** mit dem ersten oberen Sammelleiter **412** verbunden und sind durch erste Räume (angedeutet durch einen repräsentativen ersten Raum **416**) voneinander getrennt. Distale Enden der ersten oberen Finger **414** sind nicht mit irgendeinem Sammelleiter, wie etwa einem zweiten oberen Sammelleiter **422**, verbunden. Die zweite obere Kammelektrode **420** umfasst einen zweiten oberen Sammelleiter **422** und mehrere zweite obere Kammerweiterungen oder kammartige Finger (angedeutet durch einen repräsentativen zweiten oberen Finger **424**), die sich in einer zweiten Richtung von dem zweiten oberen Sammelleiter **422** weg erstrecken (z.B. allgemein von rechts nach links in der veranschaulichenden Orientierung). Proximale Enden der zweiten oberen Finger **424** sind mit dem zweiten oberen Sammelleiter **422** verbunden und sind durch zweite Räume (angedeutet durch einen repräsentativen zweiten Raum **426**) voneinander getrennt. Distale Enden der zweiten oberen Finger **424** sind nicht mit irgendeinem Sammelleiter, wie etwa dem ersten oberen Sammelleiter **412**, verbunden. In der gezeigten Ausführungsform ist die zweite Richtung im Wesentlichen entgegengesetzt zu der ersten Richtung (im Gegensatz zu exakt entgegengesetzt zu der ersten Richtung), weil die erste und die zweite Richtung in Bezug zueinander aufgrund der apodisierten Geometrie ein wenig verdreht sind, wie dies unten beschrieben wird.

[0040] Die obere Umrissselektrode **401** ist interdigital (oder kammartig) dadurch, dass die ersten oberen Finger **414** der ersten oberen Kammelektrode **410** sich in die zweiten Räume **426**, die zwischen benachbarten zweiten oberen Fingern **424** ausgebildet sind, erstrecken, und dadurch, dass die zweiten oberen Finger **424** der zweiten oberen Kammelektrode **420** sich in die ersten Räume, die zwischen benachbarten ersten oberen Finger **414** ausgebildet sind, erstrecken, wodurch ein oberes ineinander geschachteltes Muster der oberen Umrissselektrode **401** ausgebildet wird. Wie dies oben beschrieben ist, sind der erste und der zweite obere Sammelleiter **412** und **422** auf Masse aufgeladen, so dass sie andere Resonanzfrequenzen als die ersten und zweiten oberen Finger

414 und **424** aufweisen. Daher bildet das ineinander geschachtelte Muster der ersten und zweiten oberen Finger **414** und **424**, die zwischen den auf Masse aufgeladenen ersten und zweiten oberen Sammelleitern **412** und **422** angeordnet sind, einen akustischen Filter, der als Resonatorfilter LCRF **405** angedeutet ist. Das heißt, der LCRF **405** umfasst abwechselnd erste und zweite obere Finger **414** und **424**, die längsweise durch Lücken (oder Abstände) **430** getrennt sind. Des Weiteren, weil die distalen Enden der ersten und der zweiten oberen Finger **414** und **424** den zweiten und den ersten oberen Sammelleiter **422** und **412**, respektive, nicht berühren, sind die distalen Enden der ersten oberen Finger **414** von dem zweiten oberen Sammelleiter **422** durch Endlücken **431** getrennt und sind die distalen Enden der zweiten oberen Finger **424** von dem ersten oberen Sammelleiter **412** durch Endlücken **432** getrennt.

[0041] Zum Zweck der Veranschaulichung zeigt **Fig. 4** ein nicht beschränkendes Beispiel, das elf erste obere Finger **411** und elf zweite obere Finger **422** abwechselnd mit den elf ersten oberen Fingern **414** zeigt. Benachbarte erste und zweite obere Finger **414** und **424** sind jeweils durch einundzwanzig Lücken **430** getrennt. Selbstverständlich können die Anzahlen der ersten und der zweiten oberen Finger **414** und **424** sowie die der entsprechenden Lücken **430** variieren, ohne vom Umfang der vorliegenden Lehren abzuweichen.

[0042] In der gezeigten Ausführungsform wird die apodisierte Form des LCRF **405** ausgebildet, indem ein zweiter innerer Rand **428** des zweiten oberen Sammelleiters **422** in Bezug zu einem ersten inneren Rand **418** des ersten oberen Sammelleiters **412** variiert oder verdreht ist. In dem in **Fig. 4** gezeigten Beispiel zeigt der zweite innere Rand **428** des zweiten oberen Sammelleiters unter einem Winkel weg von dem ersten inneren Rand **418** des ersten oberen Sammelleiters **412**, so dass die Längen von benachbarten ersten und zweiten oberen Fingern **414** und **424** länger sind, wenn über der oberen Umrissselektrode **401** weitergehen (z.B. allgemein von unten nach oben in der veranschaulichenden Orientierung). Jedoch halten weder die ersten noch die zweiten oberen Finger **414** und **424** eine konstante Breite aufrecht, wenn sie sich längsweise von dem ersten und dem zweiten oberen Sammelleiter, respektive, erstrecken und die Lücken **430** halten eine konstante Breite aufrecht, wenn sie sich längsweise zwischen den ersten und den zweiten oberen Fingern **414** und **424** erstrecken. Die apodisierte Form kann somit durch einen gedrehten Winkel des zweiten inneren Randes **428** des zweiten oberen Sammelleiters **422** ausgebildet werden. Alternativ dazu kann die apodisierte Form durch Verdrehen des Winkels des ersten inneren Randes **418** des ersten oberen Sammelleiters **412** oder durch Verdrehen von sowohl dem ersten als auch dem zweiten inneren Rand **418** und

428 ausgebildet werden, ohne vom Umfang der vorliegenden Lehren abzuweichen.

[0043] Zum Zweck der Veranschaulichung und zur Erleichterung der Beschreibung stellt **Fig. 4** ein gleichförmiges Muster dar, bei dem jeder der ersten oberen Finger **414** und der zweiten oberen Finger **424** eine konstante Breite entlang der Längsrichtung aufweist, und jede der Lücken **430**, die benachbarte erste und zweite obere Finger **414** und **424** trennen, eine konstante Breite entlang der Längsrichtung aufweist. Des Weiteren hat jeder der ersten und der zweiten oberen Finger **414** und **424** die gleiche Fläche, so dass wenn sich die Länge der ersten und der zweiten oberen Finger **414** und **424** ändert, auch ihre entsprechenden Breiten sich entsprechend ändern, so dass sie diese gleiche Fläche aufrechterhalten. Derweil haben die Lücken **430** die gleichen Breiten. Ebenfalls zum Zweck der Veranschaulichung und Erleichterung der Beschreibung weisen die Endlücken **431** und **432** die gleichen Breiten auf und sind im Wesentlichen unter rechten Winkeln zu den Seiten der ersten und der zweiten oberen Finger **414** und **424**, respektive, ausgebildet. Dementsprechend bewirkt der verdrehte zweite innere Rand **428** des zweiten oberen Sammelleiters **422**, dass die aufeinanderfolgenden ersten und zweiten oberen Finger **414** und **424** nach außen verdreht sind, so dass die Seitenränder des zuunterst angeordneten ersten oberen Fingers **414** und des zuoberst angeordneten zweiten oberen Fingers **424** (die äußeren Rändern des LCRF **405** entsprechen) nicht parallel sind. Des Weiteren sind die distalen Enden von jedem der ersten und der zweiten oberen Finger **414** und **424** (die ebenfalls äußeren Rändern des LCRF **405** entsprechen) gleichermaßen unter Winkeln ausgebildet, um parallele äußere Ränder, respektive, zu vermeiden. Demgemäß weist der LCRF **405** eine apodisierte Form auf.

[0044] In einer veranschaulichenden Konfiguration kann jede der Lücken **430** eine konstante Breite von näherungsweise 3,0 µm aufweisen, kann jeder der ersten und der zweiten oberen Finger **414** und **424** eine konstante Breite von näherungsweise 3,5 µm aufweisen und kann jede der Endlücken **431** und **432** eine Breite von näherungsweise 2,5 µm aufweisen. Selbstverständlich können diese Abmessungen variieren, um einzigartige Vorteile für irgendeine bestimmte Situation bereitzustellen oder um spezifische Anwendungserfordernisse von verschiedenartigen Implementierungen zu erfüllen, so wie das für einen Fachmann offensichtlich wäre.

[0045] Die obere Umrissselektrode **401** ist über einer piezoelektrischen Schicht **240**, von der Teile durch die Lücken **430** in **Fig. 4** sichtbar sind, ausgebildet. Die piezoelektrische Schicht **240** ist entweder auf einer einzelnen Bodenelektrode oder Bodenplatte (nicht gezeigt) oder auf einer Bodenumrissselektrode (nicht gezeigt), die eine erste und eine zweite untere

Kammelektrode in einer ähnlichen Weise kombiniert, wie das oben im Hinblick auf die obere Umrissselektrode **401** beschrieben ist, ausgebildet.

[0046] **Fig. 5** ist ein Schaubild, das einen allgemeinen Algorithmus zeigt zum Entwerfen einer LCRF-Vorrichtung, die einen LCRF mit einer apodisierten Form aufweist, auf der Grundlage von verdrehten inneren Rändern der Elektrodensammelleiter, wie etwa bei dem oben besprochenen LCRF **405**, gemäß einer repräsentativen Ausführungsform.

[0047] Mit Verweis auf **Fig. 5** ist eine anfänglich nicht-apodisierte Umrissform eines LCRF durch das Bezugszeichen **503** angedeutet. Zum Zweck der Veranschaulichung und Erleichterung der Beschreibung ist die anfänglich nicht-apodisierte Form **503** als ein Rechteck gezeigt, das zwei Sätze von parallelen Rändern mit der gleichen Länge aufweist. Der rechte Rand **528'** der anfänglich nicht-apodisierten Form **503** kann dem inneren Rand eines Sammelleiters eines nicht-apodisierten LCRF, wie etwa die in **Fig. 1** gezeigte LCRF-Vorrichtung **100**, entsprechen. Der rechte Rand **528'** erstreckt sich zwischen einem anfänglich unteren Eckpunkt **P1'** und einem anfänglich oberen Eckpunkt **P2'**.

[0048] Um einen LCRF mit einer apodisierten Form zu erhalten, wird der anfänglich untere Eckpunkt **P1'** an dem unteren Eckpunkt **P1**, angedeutet durch Koordinaten (**P1X**, **P1Y**) neu angeordnet, und der anfänglich obere Eckpunkt **P2'** wird an dem oberen Eckpunkt **P2**, angedeutet durch Koordinaten (**P2X**, **P2Y**), neu angeordnet. Die entsprechenden Koordinaten können beispielsweise nutzerbestimmte Werte sein. In der gezeigten Veranschaulichung sind die Koordinaten **P1X** und **P1Y** des unteren Eckpunkts **P1** beide negative Zahlen (bei Verwendung des anfänglich unteren Eckpunkts **P1'** als Referenz) und die Koordinaten **P2X** und **P2Y** des oberen Eckpunkts **P2** sind positive und negative Zahlen, respektive (bei Verwendung des anfänglich oberen Eckpunkts **P2'** als die Referenz). Dann kann eine Linie, die durch den unteren und den oberen Eckpunkt **P1** und **P2** verläuft, berechnet werden, wobei die Linie einem verdrehten rechten Rand **528** entspricht. Nachdem beispielsweise die Koordinaten des unteren und des oberen Eckpunkts **P1** und **P2** bestimmt sind, werden dann alle anderen Punkte, die die rechte Seite des LCRF begrenzen (oder definieren), berechnet, indem sie auf der Linie angeordnet werden, und zwar unter der Randbedingung, dass die Fläche von jedem Finger des apodisierten LCRF festgesetzt ist und gleich ist wie die Fläche des entsprechenden Fingers des ursprünglichen LCRF, der die nicht-apodisierte Form **503** aufweist. Der verdrehte rechte Rand **528** kann einem inneren Rand eines verdrehten Sammelleiters des apodisierten LCRF entsprechen, wie etwa dem zweiten inneren Rand **428** des zweiten oberen Sammelleiters **422**, der in **Fig. 4** gezeigt ist.

[0049] Die **Fig. 6A** und **Fig. 6B** sind auf eine LCRF-Vorrichtung mit einer einzelnen Bodenelektrode gerichtet und die **Fig. 7A** und **Fig. 7B** sind auf eine LCRF-Vorrichtung mit einer interdigitalen Boden-umrissselektrode gerichtet. Zum Zwecke der Veranschaulichung und zur Erleichterung der Beschreibung haben die in den **Fig. 6A** und **Fig. 6B** und den **Fig. 7A** und **Fig. 7B** gezeigten LCRF-Vorrichtungen LCRFs mit herkömmlich apodisierten Formen, auf der Grundlage von sich verändernden Lückenbreiten, wovon ein Beispiel oben mit Verweis auf die **Fig. 2** besprochen ist. Es wird jedoch verstanden, dass die allgemeinen Beschreibungen auf irgendeine hierin besprochene Ausführungsform anwendbar sind, z.B. wo ebenfalls herkömmlich apodisiert geformte LCRFs durch Verändern der Breiten von Elektrodenfingern in der Längsrichtung erhalten werden, so wie das oben mit Verweis auf die **Fig. 3** besprochen ist, und/oder durch erfindungsgemäßes Verdrehen der LCRF-Ränder (im Wesentlichen entsprechend den inneren Rändern von zumindest einem von dem ersten und dem zweiten oberen Sammelleiter), wie das oben mit Verweis auf die **Fig. 4** und **Fig. 5** besprochen ist.

[0050] Genauer gesagt ist **Fig. 6A** eine Ansicht von oben auf einen LCRF, der ein oberes verschachteltes Muster von den ersten und den zweiten oberen Fingern, das eine herkömmlich apodisierte Form hat, aufweist und **Fig. 6B** ist eine Querschnittsansicht des LCRF in **Fig. 6A**, die entlang der Linie **A-A'** genommen ist. Die **Fig. 6A** und **Fig. 6B** zeigen folglich eine unsymmetrische (single-ended) Filterkonfiguration.

[0051] Mit Verweis auf die **Fig. 6A** und **Fig. 6B** umfasst eine LCRF-Vorrichtung **600** eine obere Umrissselektrode **601**, die eine erste obere Kammelektrode **610** und eine obere Kammelektrode **620** kombiniert. Die erste obere Kammelektrode **610** umfasst einen ersten oberen Sammelleiter **620** und zwei erste obere Finger **614**, die sich in einer ersten Richtung von dem ersten oberen Sammelleiter **612** erstrecken. Die ersten oberen Finger **614** sind durch einen ersten Raum **616** voneinander getrennt. Die zweite obere Kammelektrode **620** umfasst einen zweiten oberen Sammelleiter **624** und zwei zweite obere Finger **624**, die sich in einer zweiten Richtung von dem zweiten oberen Sammelleiter **622** erstrecken, wobei die zweite Richtung im Wesentlichen entgegengesetzt zu der ersten Richtung ist. Die zweiten oberen Finger **624** sind durch einen zweiten Raum **626** voneinander getrennt. Die ersten oberen Finger **614** erstrecken sich in den zweiten Raum **626** und die zweiten oberen Finger **624** erstrecken sich in den ersten Raum **616**, um ein oberes ineinander geschachteltes Muster entsprechend dem LCRF **605** auszubilden. Der LCRF **605** umfasst folglich abwechselnd erste und zweite obere Finger **614** und **624**, die durch Lücken (oder Abstände) **630** getrennt sind. Wie oben erwähnt, hat der LCRF **605** eine apodisierte Form, indem die Brei-

ten der Lücken **630** in einer Längsrichtung variieren. Es können jedoch auch andere Mittel zum Erhalten einer apodisierten Form, für die oben Beispiele beschrieben sind, aufgenommen werden, ohne vom Umfang der vorliegenden Lehren abzuweichen.

[0052] In der gezeigten Ausführungsform ist der erste obere Sammelleiter **612** mit „Signal“ bezeichnet und ist der zweite obere Sammelleiter **622** mit „potentialfrei“ bezeichnet. Dies deutet an, dass ein elektrisches Signal an dem ersten oberen Sammelleiter **612** angelegt wird, das unter den ersten oberen Fingern **614** der ersten oberen Kammelektrode **610** Mason-Moden anregt. Wie oben erwähnt, sind die Mason-Moden einer Streuung an den Rändern der ersten und der zweiten oberen Kammelektrode **610** ausgesetzt, und erzeugen unechte (oder falsche) Moden in den ersten oberen Fingern **614** und deren Lücken **630**. Die unechten Moden in den Lücken **630** breiten sich zu den potentialfreien zweiten oberen Fingern **624** der zweiten oberen Kammelektrode **620** aus, was in den zweiten oberen Fingern **624** eine Bewegung anregt. Das heißt, die Bewegung wird durch Stapel-Eigenmoden (stack eigen-modes) in den Lücken **630** zwischen den ersten oberen Fingern **614**, die sich zu den zweiten oberen Fingern **624** ausbreiten, angeregt. Durch die angeregte Bewegung der piezoelektrischen Schicht **240** wird eine Spannung erzeugt, die als ein übertragenes Signal abgegriffen wird.

[0053] Die obere Umrissselektrode **601** ist auf einer piezoelektrischen Schicht **240** ausgebildet, die auf einer Bodenelektrode **650** ausgebildet ist, wie insbesondere in **Fig. 6B** gezeigt. Wenn man von der oberen Ebene aus betrachtet, wie in **Fig. 6A**, ist ein Umriss der Bodenelektrode **650** (durch die obere Umrissselektrode **602** und die piezoelektrische Schicht **240**) als eine Umrisslinie gezeigt. Die Querschnitte der ineinander verschachtelten ersten und zweiten oberen Finger **614** und **624** sind in der Reihenfolge eines ersten oberen Fingers **614** (was ein Signal tragender Elektrodenfinger ist), einer Lücke **630**, eines zweiten oberen Fingers **624** (was ein potentialfreier Elektrodenfinger ist), einer Lücke **630**, eines ersten oberen Fingers **614**, einer Lücke **630** und eines zweiten oberen Fingers **624** angeordnet. In der gezeigten Ausführungsform ist die Bodenelektrode **650** eine einzelne Elektrode, die eine Ebene ausbildet, auf der eine piezoelektrische Schicht **240** ausgebildet ist. Die Bodenelektrode **640** kann beispielsweise eine Bodenplatte sein. Das Ausbilden der Bodenelektrode **650** vereinfacht den Herstellungsprozess, weil das Musterbilden und die Ätzschritte nur auf der oberen Oberfläche der piezoelektrischen Schicht **240** ausgeführt zu werden brauchen, um die verschiedenen Merkmale der oberen Umrissselektrode **601** auszubilden.

[0054] In ähnlicher Weise ist **Fig. 7A** eine Ansicht von oben auf einen LCRF, der ein oberes verschach-

teltes Muster von den ersten und den zweiten oberen Fingern aufweist (und von dem angenommen wird, dass er eine herkömmlich apodisierte Form hat), und **Fig. 7B** ist eine Querschnittsansicht des LCRF in der **Fig. 7A**, die entlang der Linie **A-A'** genommen ist. Wie in **Fig. 7B** gezeigt, ist jedoch die Unterplatten-elektrode (oder Bodenplatte) durch ein anderes (unteres) verschachteltes Muster ersetzt, wie das unten besprochen wird. Die **Fig. 7A** und **Fig. 7B** zeigen somit eine differentielle Filterkonfiguration.

[0055] Mit Verweis auf die **Fig. 7A** und **Fig. 7B** umfasst eine LCRF-Vorrichtung **700** eine obere Umriss-elektrode **701**, die eine erste Kammelektrode **710** und eine zweite Kammelektrode **720** kombiniert. Die erste obere Kammelektrode **710** umfasst einen ersten oberen Sammelleiter **712** und zwei erste obere Finger **714**, die sich in einer ersten Richtung von dem ersten oberen Sammelleiter **712** erstrecken. Die ersten oberen Finger **714** sind durch einen ersten Raum **716** voneinander getrennt. Die zweite obere Kammelektrode **720** umfasst einen zweiten oberen Sammelleiter **722** und zwei zweite obere Finger **724**, die sich in einer zweiten Richtung von dem zweiten oberen Sammelleiter **722** erstrecken, wobei die zweite Richtung im Wesentlichen entgegengesetzt zu der ersten Richtung ist. Die zweiten oberen Finger **724** sind durch einen zweiten Raum **726** voneinander getrennt. Die ersten oberen Finger **714** erstrecken sich in den zweiten Raum **726**, und die zweiten oberen Finger **724** erstrecken in den ersten Raum **716**, um ein oberes ineinander geschachteltes Muster entsprechend dem LCRF **705** auszubilden. Der LCRF **705** umfasst folglich abwechselnd erste und zweite obere Finger **714** und **724**, die durch Zwischenräume **730** getrennt sind. Wie oben erwähnt, hat der LCRF **705** eine apodisierte Form, dadurch dass Breiten der Lücken **730** in einer Längsrichtung verändert werden. Es können jedoch andere Mittel zum Erhalten einer apodisierten Form, wovon Beispiele oben beschrieben sind, aufgenommen werden, ohne vom Umfang der vorliegenden Lehren abzuweichen.

[0056] In der gezeigten Ausführungsform ist der erste obere Sammelleiter **712** mit „Signal“ bezeichnet und ist der zweite obere Sammelleiter **722** mit „potentialfrei 1“ bezeichnet. Dies deutet an, dass ein elektrisches Signal an dem ersten oberen Sammelleiter **712** angelegt ist, das unter den ersten oberen und unteren Fingern **712** und **764** Mason-Moden anregt, und letztendlich zu einer angeregten Bewegung in den zweiten oberen und unteren Fingern **724** und **774** führt, wie oben besprochen.

[0057] Die obere Umriss-elektrode **701** ist auf einer piezoelektrischen Schicht **240** ausgebildet, die auf einer unteren Umriss-elektrode **705** ausgebildet ist, wie insbesondere in **Fig. 7B** gezeigt, obwohl Merkmale der unteren Umriss-elektrode **705** auch durch die obere Umriss-elektrode **701** in der **Fig. 7A** gezeigt sind.

Die Querschnitte der ineinander verschachtelten ersten und zweiten oberen Finger **714** und **724** sind auf einer oberen Oberfläche der piezoelektrischen Schicht **240** in der Reihenfolge eines ersten oberen Fingers **714** (der ein Signal tragender Elektrodenfinger ist), einer Lücke **730**, eines zweiten oberen Fingers **724** (der ein potentialfreier Elektrodenfinger ist), einer Lücke **730**, eines ersten oberen Fingers **714**, einer Lücke **730** und eines zweiten oberen Fingers **724** angeordnet.

[0058] In der gezeigten Ausführungsform kombiniert auch die untere Umriss-elektrode **750** mehrere Kammelektroden, die als erste untere Kammelektrode **760** und zweite untere Kammelektrode **770** gezeigt sind. Die erste untere Kammelektrode **760** umfasst einen ersten unteren Sammelleiter **762** und einen ersten unteren Finger **764**, der sich von dem ersten unteren Sammelleiter **762** erstreckt und dann unter einem der ersten oberen Finger **714** unter einem Winkel verläuft. Die zweite untere Kammelektrode **770** umfasst einen zweiten unteren Sammelleiter **772** und einen zweiten unteren Finger **774**, der sich von dem zweiten unteren Sammelleiter **772** weg erstreckt und dann unter einem der zweiten oberen Finger **724** unter einem Winkel verläuft. Der erste und der zweite untere Finger **764** und **774** sind durch eine Lücke **780** getrennt, die im Wesentlichen die gleiche ist wie die Lücke **730**, die benachbarte erste und zweite obere Finger **714** und **724** trennt, um ein unteres ineinander geschachteltes Muster entsprechend der oberen Umriss-elektrode **701** des LCRF **705** auszubilden. Mit anderen Worten, jeder der ersten oberen Finger **714** und der ersten unteren Finger **764** haben im Wesentlichen die gleiche Form und überlappen im Wesentlichen miteinander, und jeder der zweiten oberen Finger **724** und der zweiten unteren Finger **774** haben ebenfalls im Wesentlichen die gleiche Form und überlappen im Wesentlichen miteinander.

[0059] Die gemusterte untere Umriss-elektrode **750** kann durch Ablagern und Muster ausbilden in einer Schicht eines Metallmaterials auf dem geformten Substrat, das, beispielsweise eine Luft-Ausnehmung aufweist, ausgebildet werden. Die gemusterte untere Umriss-elektrode **750** kann eingeebnet werden, die piezoelektrische Schicht **240** kann auf der eingeebneten unteren Umriss-elektrode **750** abgelagert werden und die obere Umriss-elektrode **701** kann auf der piezoelektrischen Schicht **240** abgelagert und gemustert werden. Beispielsweise können in einer Ausführungsform die Herstellungsschritte ein Ätzen einer Ausnehmung (swimming pool) in dem Substrat, ein Ausfüllen der Ausnehmung mit Opfermaterial (z.B. Phosphosilikat-Glas (PSG)) und ein Einebnen des Substrats und des Opfermaterials umfassen. Ein leitfähiges Material (z.B. Molybdän (Mo)) wird auf dem eingeebneten Substrat und dem Opfermaterial abgelagert und gemustert, um die unteren Finger auszubilden. Zwischenräume zwischen den unteren Fin-

gern werden beispielsweise mit PSG aufgefüllt, und das Mo und das PSG werden eingeebnet. Ein piezoelektrisches Material (z.B. Aluminiumnitrid (AlN)) wird auf der unteren Umrissselektrode **705** abgelagert, um die piezoelektrische Schicht auszubilden. Ein leitfähiges Material (z.B. Mo) wird auf der piezoelektrischen Schicht **240** abgelagert, und gemustert, um die oberen Finger auszubilden. Das PSG in der Vertiefung (swimming pool) wird ausgelöst (Auslösen der Membrane), was auch das PSG von zwischen den unteren Fingern entfernt, wodurch das Elektrodenmuster der unteren Umrissselektrode **705** erzeugt wird, wie dies in der **Fig. 7** gezeigt ist. Verschiedenartige illustrative Herstellungstechniken für eine Luftausnehmung in einem Substrat sind in US 7,345,410 B2 beschrieben.

[0060] In der gezeigten Ausführungsform ist der erste untere Sammelleiter **762** mit „Erde“ bezeichnet und der zweite untere Sammelleiter **772** ist mit „potentialfrei 2“ bezeichnet. Dies deutet an, dass der erste untere Sammelleiter elektrisch geerdet wird, während das elektrische Signal an dem ersten oberen Sammelleiter **712** angelegt wird. Das elektrische Signal regt Mason-Moden zwischen den ersten oberen und unteren Finger **714** und **764** an und führt letztendlich zum Anregen einer Bewegung in dem Gebiet, wo die zweiten oberen und unteren Finger **724** und **774** überlappen. Eine mechanische Bewegung erzeugt ein differentielles elektrisches Signal in den zweiten oberen und unteren Fingern **724** und **774**, das auf dem zweiten oberen und unteren Sammelleiter **722** und **772** gesammelt wird, was durch potentialfrei 1 und potentialfrei 2 in den **Fig. 7A** und **Fig. 7B** angedeutet ist, respektive. Weil die gezeigte Ausführungsform eine Metallschicht umfasst, welche die untere Umrissselektrode **750** ausbildet, sind zum Zweck der Veranschaulichung die Verbindungen der oberen Umrissselektrode **701** und der unteren Umrissselektrode **750** zu der Oberseite und der Unterseite der LCRF-Vorrichtung **700** gezogen. Dementsprechend umfasst die LCRF-Vorrichtung **700** einen apodisierten LCRF (LCRF **705**), zu dem von der oberen Umrissselektrode **701** und der unteren Umrissselektrode **750** beigetragen wird.

[0061] Ebenso, wie oben erwähnt und gemäß verschiedenartiger Ausführungsformen, kann der LCRF **705** eine apodisierte Form aufweisen, die beispielsweise erzielt wird, indem die Breiten der Lücken **730** und **780** in einer Längsrichtung gleichzeitig variiert sind, wie dies in den **Fig. 7A** und **Fig. 7B** gezeigt ist. Jedoch können andere Mittel zum Erhalten einer apodisierten Form, wovon Beispiele oben beschrieben sind, aufgenommen werden, ohne vom Umfang der vorliegenden Lehren abzuweichen.

[0062] **Fig. 8** ist ein Schaubild, das eine Simulation veranschaulicht, die ein 3D-Finite-Elemente-Verfahren (3D-FEM) verwendet, wobei ein Einfügungsverlust (IL, insertion loss) als eine Funktion der Fre-

quenz dargestellt ist, für einen herkömmlichen LCRF im Vergleich zu einem LCRF mit einer apodisierten Form, gemäß einer repräsentativen Ausführungsform, in einer herkömmlichen Anordnung mit einem Band-1 Empfänger (Rx)- und einem Transmitter (Tx)-Durchlassband. Das heißt, **Fig. 8** veranschaulicht allgemein hohe IL-Werte in einem Rx-Band (Durchlassband) und niedrige IL-Werte in einem Tx-Band (Stopp-Band) eines herkömmlichen, nicht-apodisierten LCRF und eines apodisierten LCRF, der entwickelt wurde, um eine RF-Signalfilterung vor einem Band-1 Rx-Leistungsverstärker bereitzustellen, gemäß einer repräsentativen Ausführungsform. IL ist auf der y-Achse in Dezibel (dB) dargestellt, und Frequenzen der Signale, die in den LCRFs eingegeben werden, sind auf der x-Achse in GHz dargestellt.

[0063] In dem Beispiel der **Fig. 8** deutet die Kurve **810** ein ideales Tx-Spektrum an und die Kurve **820** deutet ein ideales Rx-Spektrum von beispielsweise Duplexer-Filtern an. Die Kurven **830** und **840** zeigen Spektren von LCRFs, die als Empfangssignalfilter verwendet werden, die allgemein Signale mit Frequenzen in einem Empfangsdurchlassband (z.B. etwa 2,01 GHz bis etwa 2,28 GHz) durchlassen und Signale mit Frequenzen außerhalb des Empfangsdurchlassbandes blockieren. Die blockierten Signale umfassen allgemein Signale, die Frequenzen in dem Übertragungsdurchlassband (z.B. etwa 1,80 GHz bis etwa 2,09 GHz) umfassen. Die Kurve **830** entspricht einem herkömmlichen LCRF und die Kurve **840** entspricht einem LCRF mit einer apodisierten Form, gemäß einer repräsentativen Ausführungsform.

[0064] Jede der LCRF-Vorrichtungen, die zum Erzeugen der **Fig. 8** verwendet wurden, umfasst eine ebene Bodenelektrode, die aus Mo mit einer Dicke von näherungsweise 3000 Å ausgebildet ist, und eine piezoelektrische Schicht, die aus AlN mit einer Dicke von näherungsweise 10.300 Å ausgebildet ist. Eine obere Umrissselektrode ist auf der piezoelektrischen Schicht ausgebildet und umfasst erste und zweite Kammelektroden. Die erste und die zweite Kammelektrode enthalten elf erste obere Finger und elf zweite obere Finger, die sich von ersten und zweiten oberen Sammelleitern, respektive, erstrecken, um ein ineinander verschachteltes Muster gemäß den LCRFs auszubilden. Die ersten und die zweiten oberen Finger sowie der erste und der zweite obere Sammelleiter können beispielsweise aus Mo ausgebildet sein. In dem herkömmlichen LCRF hat jeder von den ersten und den zweiten oberen Fingern eine Breite von näherungsweise 3,0 µm, und jede Lücke, die die ersten und die zweiten oberen Finger trennt, hat eine Breite von näherungsweise 3,0 µm. In dem LCRF mit einer apodisierten Form, gemäß einer repräsentativen Ausführungsform (z.B. ähnlich wie der oben mit Verweis auf die **Fig. 2** besprochene LCRF **205**) hat jeder von den ersten und den zweiten oberen Fingern eine (konstante) Breite von nähe-

rungsweise 3,0 µm, und jede Lücke, die die ersten und zweiten oberen Finger trennt, hat eine Breite, die sich entlang der Länge der ersten und der zweiten oberen Finger von näherungsweise 3,0 µm auf näherungsweise 2,5 µm verändert.

[0065] Wie das durch die Kurven **830** und **840** in **Fig. 8** gezeigt wird, stellen der herkömmliche LCRF und der apodisierte LCRF ähnliche Durchlassbänder bereit. Wie das von der Kurve **830** angezeigt wird, erzeugt jedoch der herkömmliche LCRF eine Anzahl von Spitzen (bzw. Peaks) außerhalb des Durchlassbandes (d.h. in dem Stopp-Band), insbesondere in einem Bereich, der durch das Bezugszeichen **850** angedeutet ist. Im Vergleich dazu und wie das durch die Kurve **840** angezeigt wird, unterdrückt der apodisierte LCRF diese Spitzen, so dass ein effizienteres und zuverlässigeres Filtern von ungewünschten Signalen, die von dem Tx-Leistungsverstärker herrühren, bereitgestellt ist.

[0066] In verschiedenen Ausführungsformen können die Größen und/oder Materialien der verschiedenen Merkmale variieren, um einzigartige Vorteile für eine bestimmte Situation bereitzustellen oder um anwendungsspezifische Entwurfsanforderungen von verschiedenartigen Implementierungen zu erfüllen, wie das für einen Fachmann offensichtlich wäre. Des Weiteren, während hierin verschiedene Ausführungsformen offenbart sind, würde es ein Fachmann wertschätzen, dass viele Variationen gemäß der vorliegenden Lehren möglich sind und innerhalb des Schutzzumfangs des beigefügten Anspruchssatzes bleiben. Daher sollte verstanden werden, dass die obigen Ausführungsformen nicht beschränkend, sondern veranschaulichend sind.

Patentansprüche

1. Eine lateral gekoppelte Resonator-Filtervorrichtung aufweisend:
eine Bodenelektrode (650) oder eine Bodenebene;
eine piezoelektrische Schicht (240), die auf der Bodenelektrode (650) oder auf der Bodenebene angeordnet ist; und
eine obere Umrissselektrode (401), die auf der piezoelektrischen Schicht (240) angeordnet ist, wobei die obere Umrissselektrode (401) folgendes aufweist:
eine erste obere Kammelektrode (410), die einen ersten Sammelleiter (412) und eine Mehrzahl von ersten oberen Fingern (414), die sich von dem ersten Sammelleiter (412) in einer ersten Richtung erstrecken, aufweist; und
eine zweite obere Kammelektrode (420), die einen zweiten Sammelleiter (422) und eine Mehrzahl von zweiten oberen Fingern (424), die sich von dem zweiten Sammelleiter (422) in einer zweiten Richtung erstrecken, aufweist, wobei die zweite Richtung entgegengesetzt zu der ersten Richtung ist, so dass die ersten und die zweiten oberen Finger (414 und 424)

ein oberes ineinander geschachteltes Muster ausbilden, das einen akustischen Filter mit einer apodisierten Form bereitstellt,

wobei der erste obere Sammelleiter (412) einen ersten inneren Rand (418) aufweist, von dem die Mehrzahl der ersten oberen Finger (414) sich in der ersten Richtung erstrecken, und der zweite obere Sammelleiter (422) einen zweiten inneren Rand (428) aufweist, von dem die Mehrzahl der zweiten oberen Finger (424) sich in der zweiten Richtung erstrecken, **dadurch gekennzeichnet**, dass die apodisierte Form des akustischen Filters durch den ersten inneren Rand (418), der in Bezug zu dem zweiten inneren Rand (428) verdreht ist, ausgebildet ist.

2. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die ersten und die zweiten oberen Finger (414 und 424) erste und zweite Breiten, respektive, aufweisen, und wobei die apodisierte Form des akustischen Filters durch zumindest eine von der ersten und der zweiten Breite, die entlang einer entsprechenden einen von der ersten und der zweiten Richtung variiert, ausgebildet ist.

3. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 2, wobei die zumindest eine von der ersten und der zweiten Breite in der entsprechenden einen von der ersten und der zweiten Richtung zunimmt.

4. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 2, wobei die zumindest eine von der ersten und der zweiten Breite in der entsprechenden einen von der ersten und der zweiten Richtung abnimmt.

5. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die ersten und die zweiten oberen Finger (414 und 424) durch Lücken (430), respektive, getrennt sind, und wobei die apodisierte Form des akustischen Filters durch zumindest eine Lücke (430), deren Breite zwischen benachbarten ersten und zweiten oberen Fingern (414 und 424) entlang einer von der ersten und der zweiten Richtung variiert, ausgebildet ist.

6. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die apodisierte Form des akustischen Filters ferner durch zumindest eine von der ersten und der zweiten Breite, die entlang einer entsprechenden einen von der ersten und der zweiten Richtung variiert, oder durch zumindest eine Lücke (430), deren Breite zwischen benachbarten ersten und zweiten oberen Fingern (414 und 424) entlang einer von der ersten und der zweiten Richtung variiert, ausgebildet ist.

7. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die erste und die zweite obere Sammelschiene (412 und 422) auf Masse aufgeladen sind, so dass die erste und die zweite obere Sammelschiene (412 und 422) Resonanzfrequenzen aufweisen, die von einer Resonanzfrequenz der ersten und der zweiten oberen Fin-

ger (414 und 424), die das ineinander geschachtelte Muster ausbilden, verschieden sind.

8. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die erste obere Elektrode eine Signalelektrode ist, an der ein elektrisches Signal angelegt wird, und die zweite Elektrode eine potentialfreie Elektrode ist, in der eine Bewegung in Lücken (430) zwischen den ersten oberen Fingern (414) durch Stapel-Eigenmoden, die sich zu den zweiten oberen Fingern (424) ausbreiten, angeregt wird.

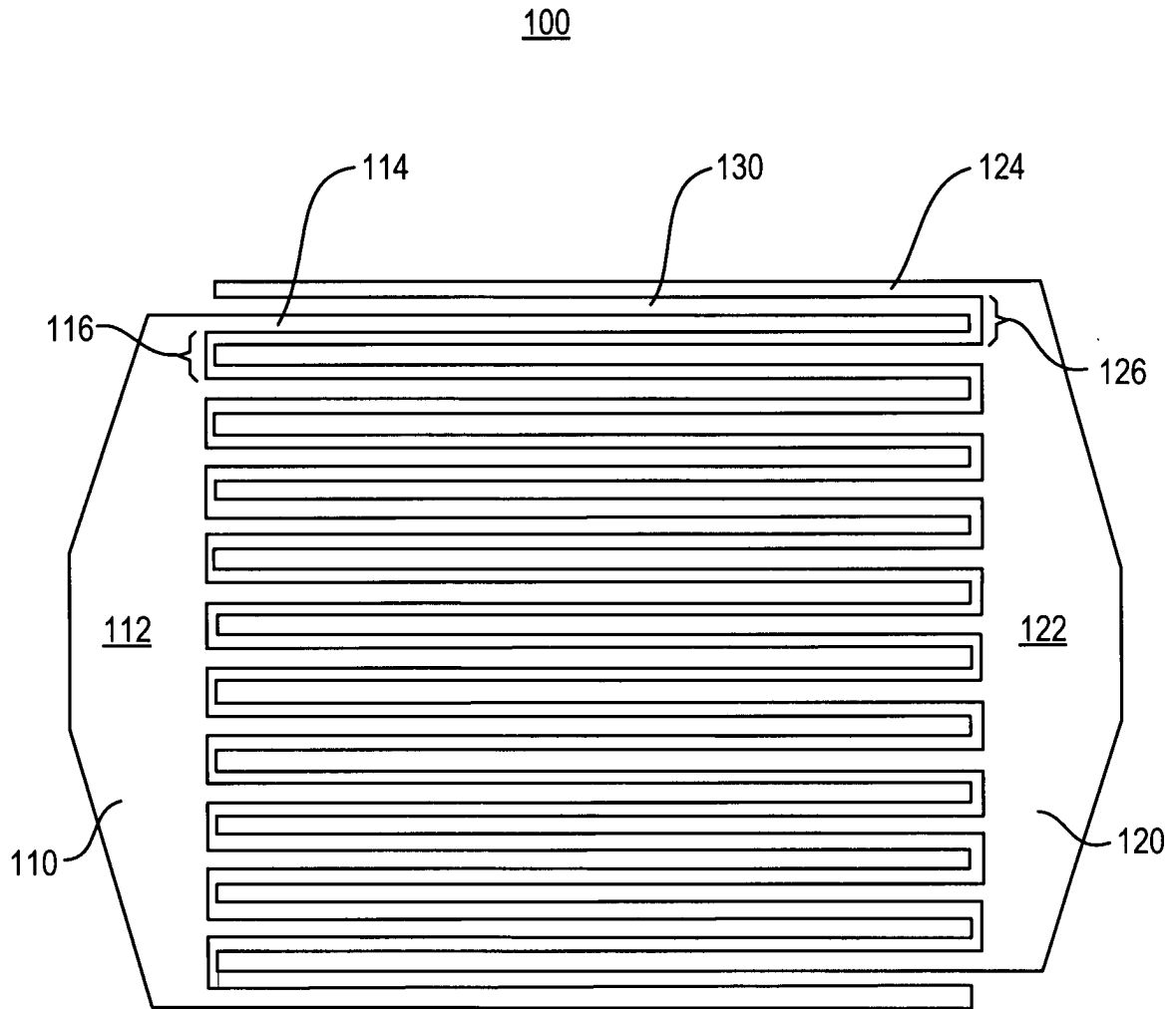
9. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die Bodenelektrode (650) eine Bodenebene aufweist, so dass die Vorrichtung ein unsymmetrischer Filter ist.

10. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die untere Umrisslektrode (750) folgendes aufweist:
eine erste untere Kammelektrode (760), die einen ersten unteren Sammelleiter (762) und mindestens einen ersten unteren Finger (764), der sich in der ersten Richtung parallel zu mindestens einem von der Mehrzahl der ersten oberen Finger (414) erstreckt, aufweist; und
eine zweite untere Kammelektrode (770), die einen zweiten unteren Sammelleiter (772) und mindestens einen zweiten unteren Finger (774), der sich in der zweiten Richtung parallel zu mindestens einem von der Mehrzahl der zweiten oberen Finger (424) erstreckt, aufweist, so dass die ersten und die zweiten unteren Finger (764 und 774) ein unteres ineinander geschachteltes Muster ausbilden, welches das obere ineinander geschachtelte Muster überlappt und den akustischen Filter mit der apodisierten Form bereitstellt.

11. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 10, wobei die Vorrichtung ein differentieller Filter ist.

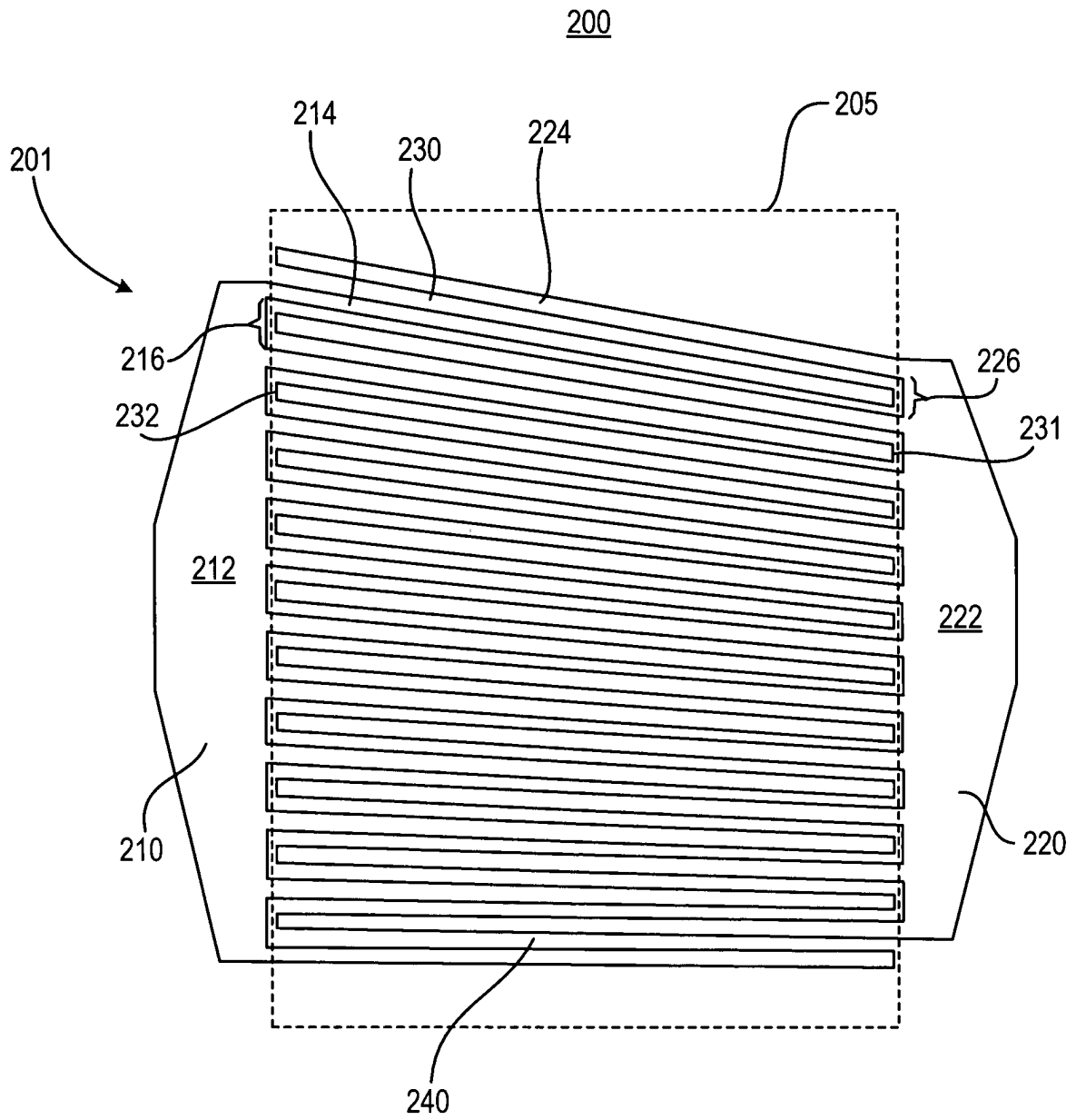
Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



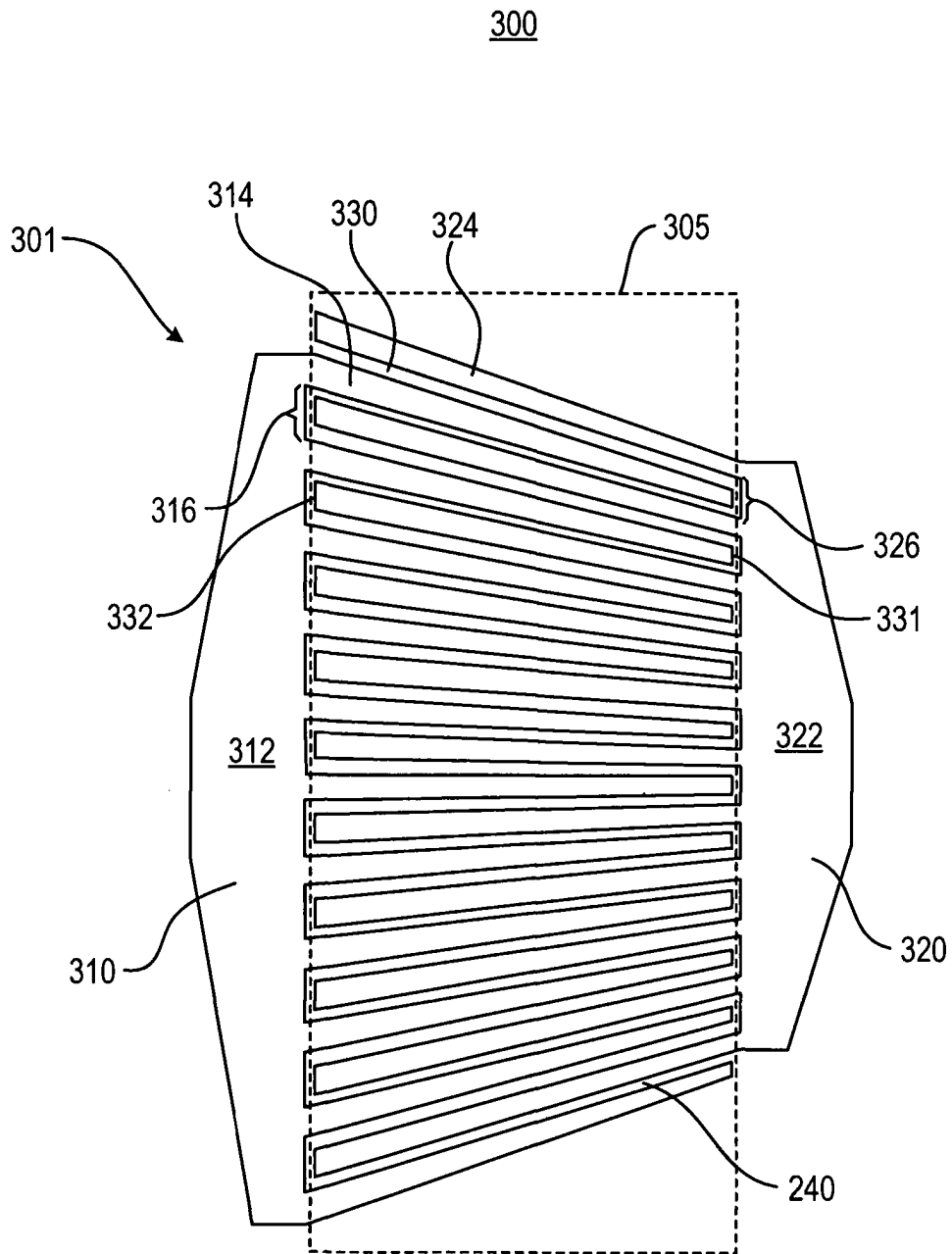
(Stand der Technik)

Fig. 1



Stand der Technik

Fig. 2



Stand der Technik

Fig. 3

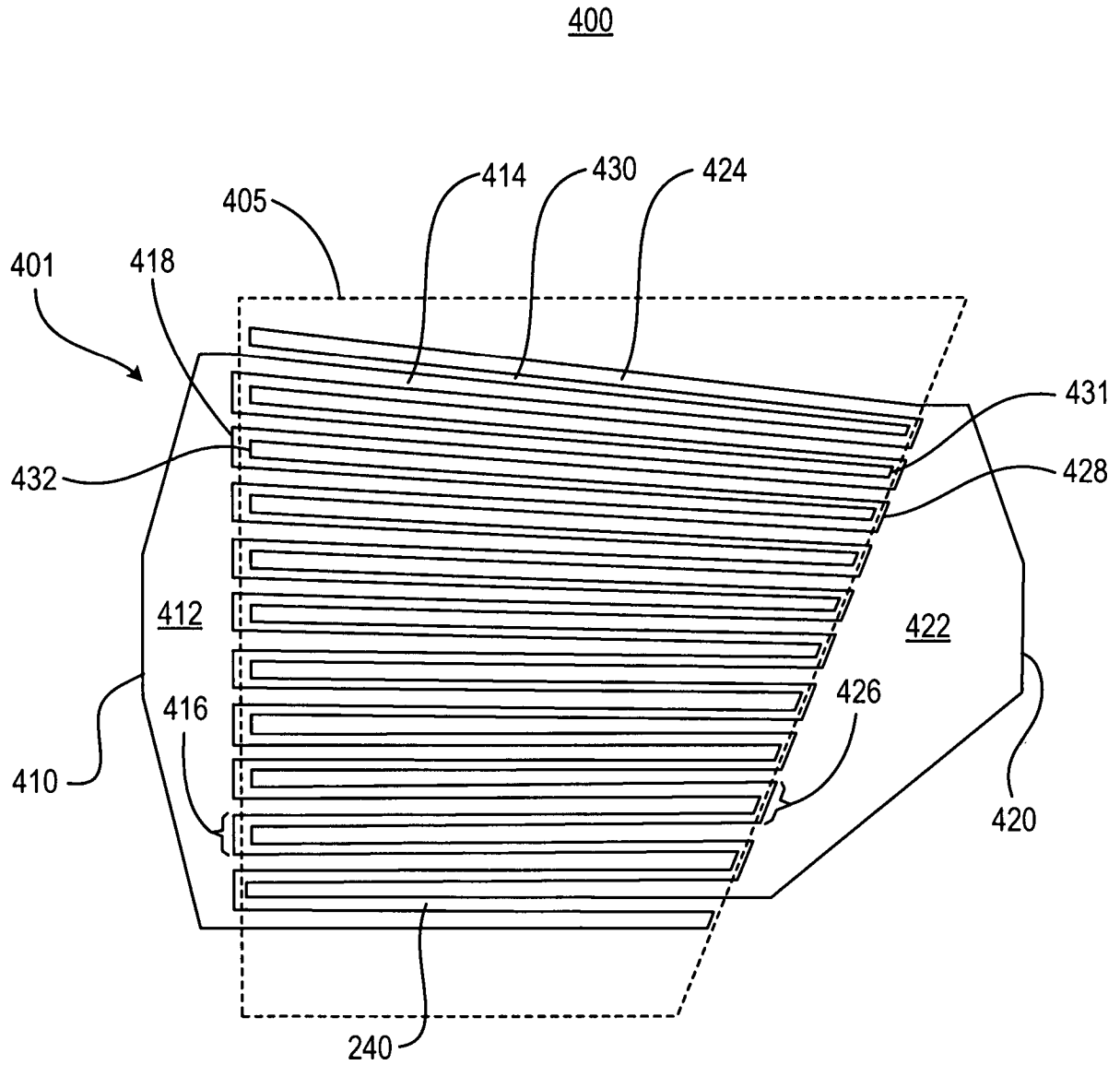


Fig. 4

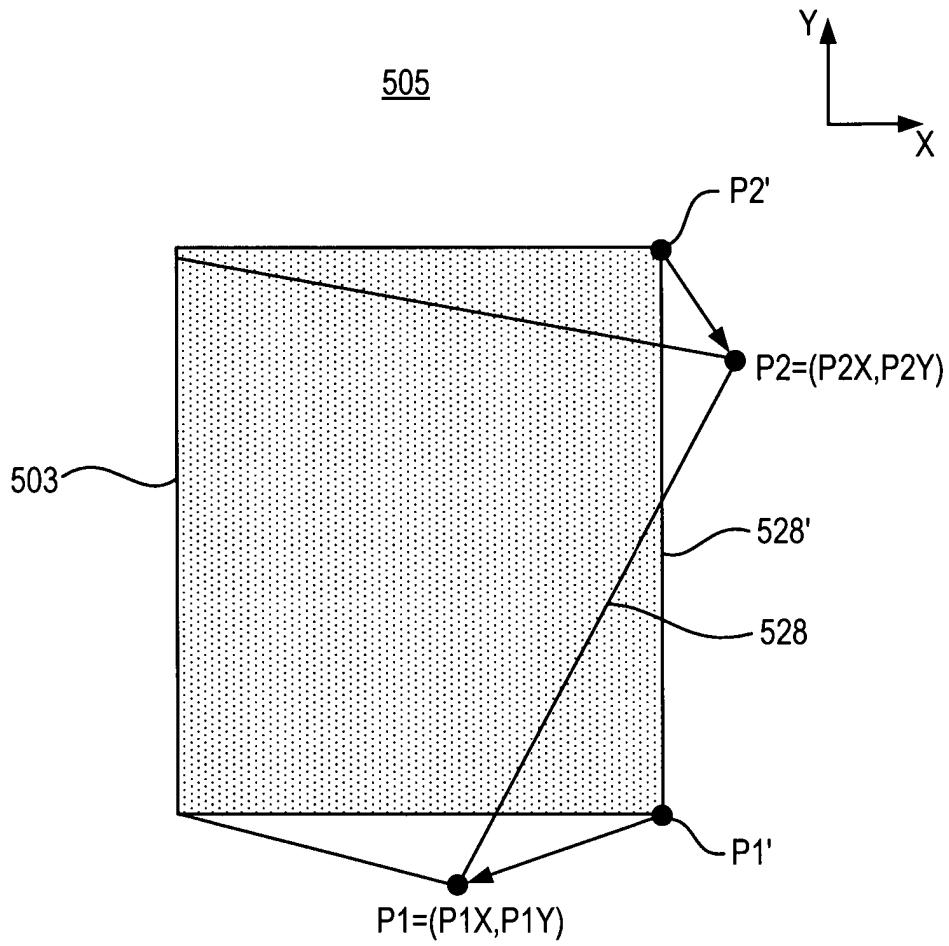


Fig. 5

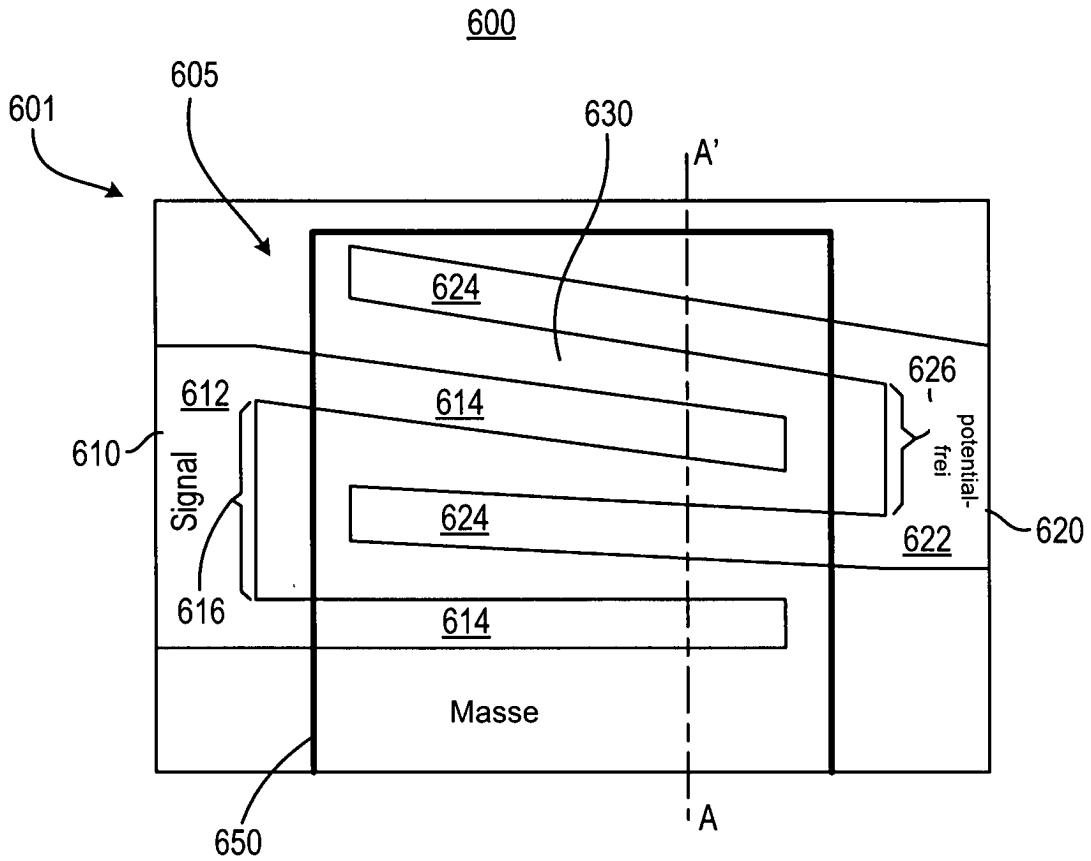


Fig. 6A Stand der Technik

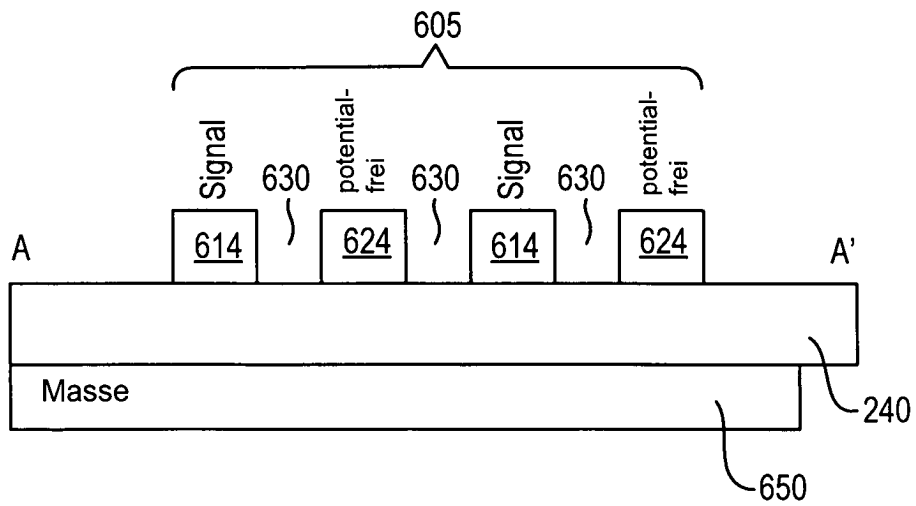


Fig. 6B Stand der Technik

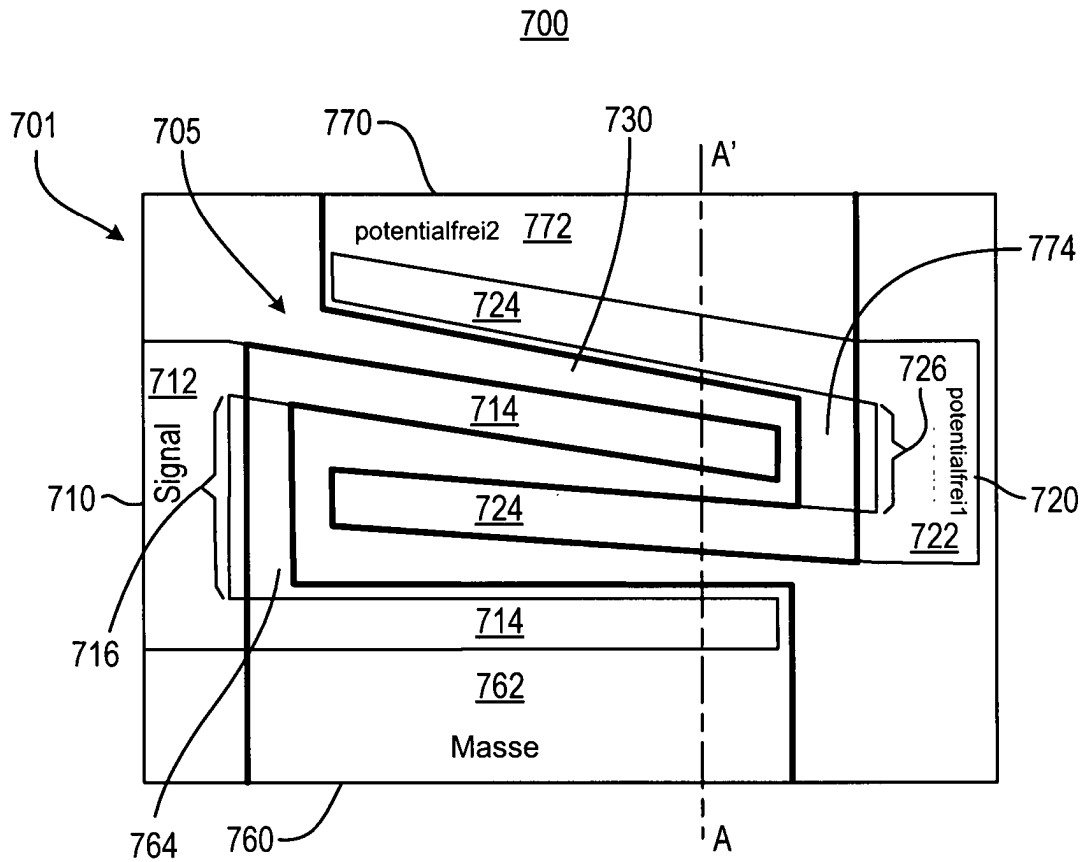


Fig. 7A

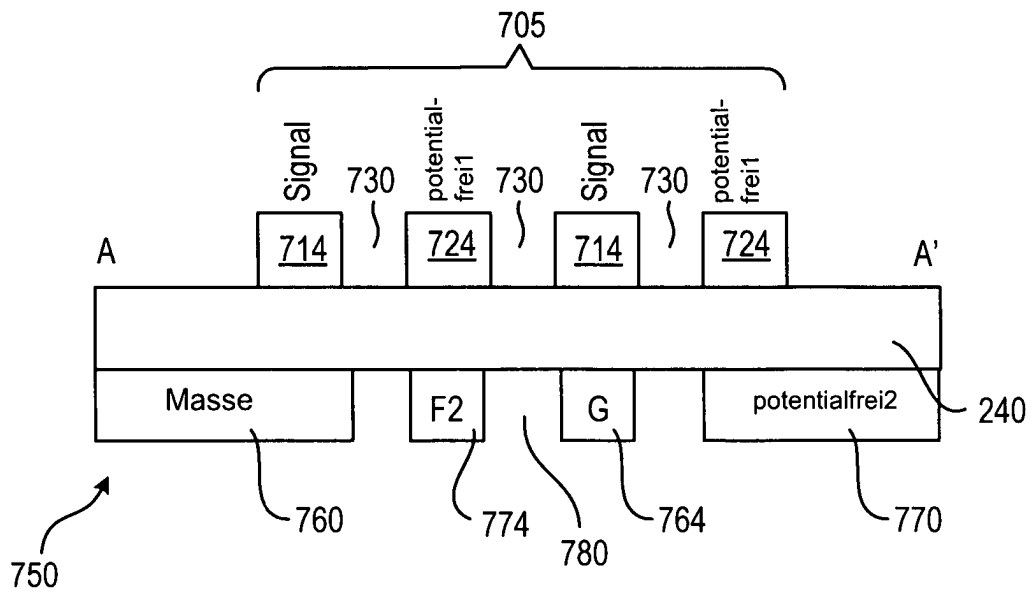


Fig. 7B

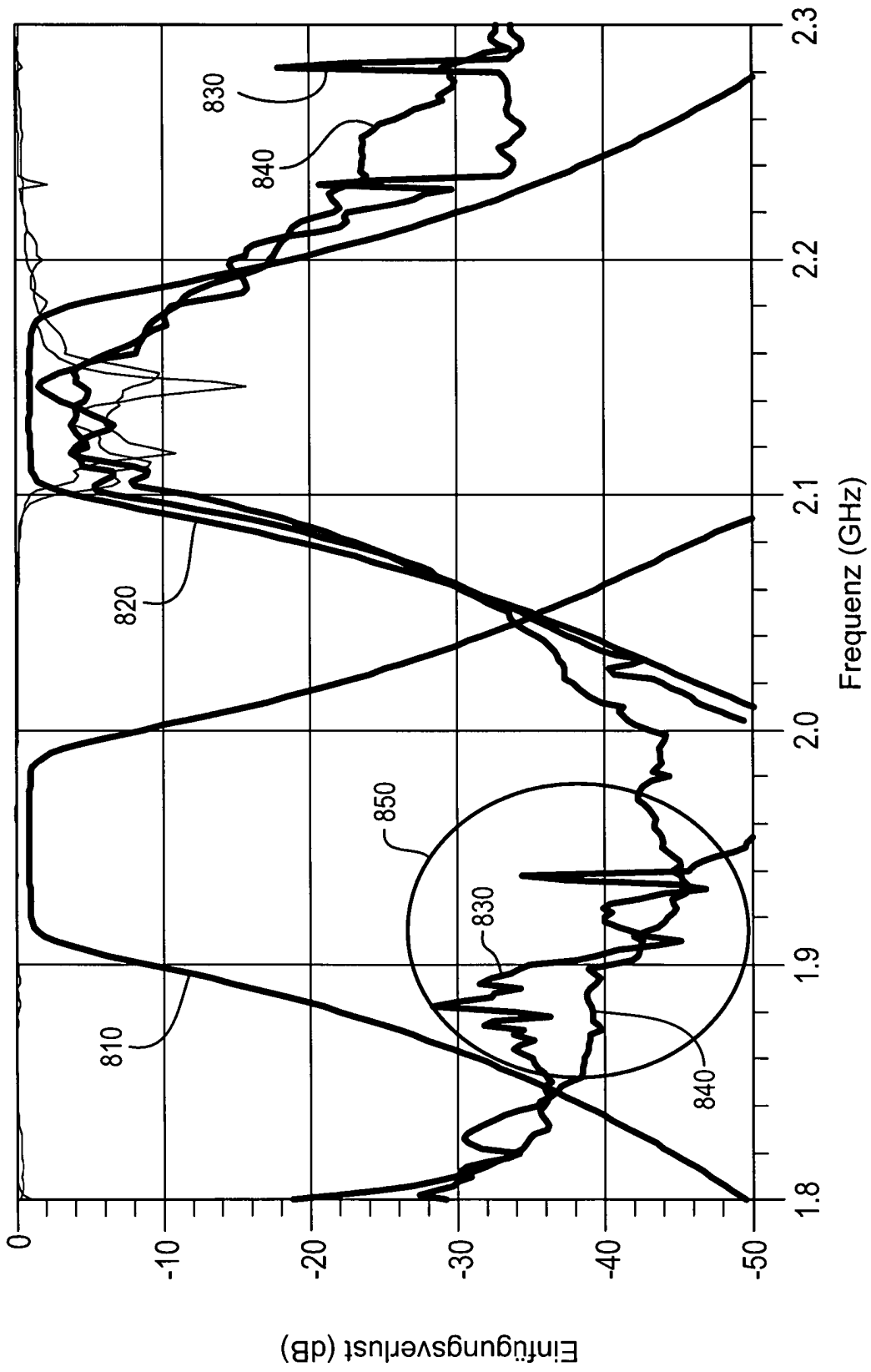


Fig. 8