(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2022 201 420 A1** 2022.08.25

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2022 201 420.0**
(22) Anmeldetag: **11.02.2022**
(43) Offenlegungstag: **25.08.2022**

(51) Int Cl.: ***H03H 9/54*** (2006.01)
H03H 3/02 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
17/182,988 **23.02.2021** **US**

(71) Anmelder:
Qorvo US, Inc., Greensboro, US

(74) Vertreter:
isarpatent - Patent- und Rechtsanwälte Barth Charles Hassa Peckmann & Partner mbB, 80801 München, DE

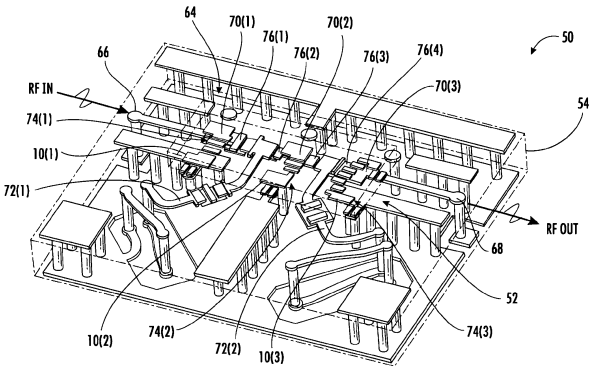
(72) Erfinder:
Galipeau, Jeffery, Apopka, US; Lear, Kelly M., Apopka, US

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **AUF EINER INTEGRIERTEN PASSIVEN VORRICHTUNG GESTAPELTER RESONATOR FÜR AKUSTISCHE VOLUMENWELLEN**

(57) Zusammenfassung: Offenbart ist eine Hilfsfilterstruktur für Akustische Volumenwellen (BAW) mit einem BAW-Resonator, der auf einer integrierten passiven Vorrichtung (IPD) gestapelt ist. In hier offenbarten beispielhaften Aspekten umfasst die BAW-Filterstruktur einen Wandler mit Elektroden und einer piezoelektrischen Schicht zwischen den Elektroden. Die IPD ist elektrisch mit dem BAW-Resonator gekoppelt und stellt eine hohe Betriebsfrequenz bereit. In einer solchen Konfiguration hat die BAW-Hilfsfilterstruktur eine geringe Einfügungsdämpfung und mildert den parasitären Verlust der elektrischen Länge aufgrund der engen elektrischen Nähe des BAW-Resonators, der auf die IPD gestapelt ist. Ferner ist die BAW-Hilfsfilterstruktur in der Lage, hohe Frequenzen zu filtern und stellt eine verbesserte Filterleistung und eine größere Flexibilität beim Entwurf einer Filterübertragungsfunktion bereit.



Beschreibung

Bereich der Offenlegung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Hilfsfilterstruktur für Akustische Volumenwellen (Bulk Acoustic Wave, BAW) mit mindestens einem BAW-Resonator, der auf einer integrierten passiven Vorrichtung zur Hochfrequenzverarbeitung gestapelt ist.

Hintergrund

[0002] Akustische Resonatoren und insbesondere Resonatoren für Akustische Volumenwellen (BAW) werden in vielen Hochfrequenz-Kommunikationsanwendungen verwendet. Insbesondere werden BAW-Resonatoren häufig in Filternetzwerken eingesetzt, die bei Frequenzen über 1,5 GHz arbeiten und einen flachen Durchlassbereich erfordern, haben außergewöhnlich steile Filterschürzen und eckige Schultern am oberen und unteren Ende des Durchlassbereichs und bieten eine hervorragende Unterdrückung außerhalb des Durchlassbereichs. BAW-basierte Filter haben auch eine relativ geringe Einfügungsdämpfung, neigen dazu, mit zunehmender Betriebsfrequenz an Größe abzunehmen, und sind über weite Temperaturbereiche relativ stabil. Daher sind BAW-basierte Filter die Filter der Wahl für viele drahtlose Geräte der 3. Generation (3G), 4. Generation (4G) und 5. Generation (5G). Die meisten dieser drahtlosen Geräte unterstützen Mobilfunk, Wireless Fidelity (Wi-Fi), Bluetooth und/oder Nahfeldkommunikation auf demselben drahtlosen Gerät und stellen daher äußerst anspruchsvolle Filteranforderungen. Während diese Anforderungen die Komplexität der drahtlosen Geräte weiter erhöhen, besteht ein ständiger Bedarf, die Leistung von BAW-Resonatoren und BAW-basierten Filtern zu verbessern sowie die damit verbundenen Kosten und die Größe zu verringern.

[0003] Gegenwärtig haben BAW-basierte Filter Schwierigkeiten beim Filtern von Signalen über etwa 6 GHz. Insbesondere steigen typischerweise mit zunehmender Frequenz auch die Verluste. Es bleiben Herausforderungen für das Filtern bei hohen Frequenzen mit BAW-basierten Filtern.

Zusammenfassung

[0004] Ausführungsformen der Offenbarung richten sich auf eine Akustische Volumenwellen-(BAW)-Hilfsfilterstruktur mit einem BAW-Resonator, der auf einer integrierten passiven Vorrichtung (IPD) gestapelt ist. In hier offenbarten beispielhaften Aspekten umfasst die BAW-Filterstruktur einen Wandler mit Elektroden und einer piezoelektrischen Schicht zwischen den Elektroden. Die IPD ist elektrisch mit dem BAW-Resonator gekoppelt und stellt eine hohe Betriebsfrequenz bereit. In einer solchen Konfiguration hat die BAW-Hilfsfilterstruktur eine geringe Einfügungsdämpfung und mildert den parasitären Verlust der elektrischen Länge aufgrund der engen elektrischen Nähe des BAW-Resonators, der auf die IPD gestapelt ist. Ferner ist die BAW-Hilfsfilterstruktur in der Lage, hohe Frequenzen zu filtern und eine verbesserte Filterleistung und größere Flexibilität beim Entwurf einer Filterübertragungsfunktion bereitzustellen.

[0005] Eine Ausführungsform der Offenbarung betrifft eine Filterstruktur zur Unterstützung akustischer Volumenwellen (BAW), einschließlich eines Laminats. Die BAW-Hilfsfilterstruktur umfasst ferner mindestens eine integrierte passive Vorrichtung (IPD) über dem Laminat. Die mindestens eine IPD umfasst einen elektrischen Schaltkreis. Die BAW-Hilfsfilterstruktur umfasst ferner mindestens einen BAW-Resonator über der IPD, einschließlich eines Substrats. Der mindestens eine BAW-Resonator umfasst ferner mindestens einen Wandler über dem Substrat. Der mindestens eine Wandler umfasst eine erste Elektrode, eine zweite Elektrode und eine piezoelektrische Schicht zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode. Die elektrische Schaltung der mindestens einen IPD ist elektrisch mit dem BAW-Resonator gekoppelt.

[0006] Eine weitere Ausführungsform der Offenbarung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen einer Filterstruktur zur Unterstützung akustischer Volumenwellen (BAW), umfassend das Positionieren mindestens einer integrierten passiven Vorrichtung (IPD) über einem Laminat. Das Verfahren umfasst ferner das Stapeln mindestens eines BAW-Resonators über der mindestens einen IPD, wobei der BAW-Resonator ein Substrat und mindestens einen Wandler über dem Substrat umfasst. Der mindestens eine Wandler umfasst eine erste Elektrode, eine zweite Elektrode und eine piezoelektrische Schicht zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode. Das Verfahren umfasst ferner das elektrische Koppeln des mindestens einen BAW-Resonators mit der elektrischen Schaltung der mindestens einen IPD.

[0007] Fachleute werden den Umfang der vorliegenden Offenbarung erkennen und zusätzliche Aspekte davon erkennen, nachdem sie die folgende detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungsfiguren gelesen haben.

Figurenliste

[0008] Die beigefügten Zeichnungsfiguren, die in diese Beschreibung aufgenommen sind und einen Teil davon bilden, veranschaulichen mehrere Aspekte der Offenbarung und dienen zusammen

mit der Beschreibung dazu, die Prinzipien der Offenbarung zu erläutern.

Fig. 1 zeigt einen herkömmlichen Resonator für Akustische Volumenwellen (BAW).

Fig. 2 ist ein Diagramm der Größe und Phase der Impedanz über den Frequenzgängen als Funktion der Frequenz für einen idealen BAW-Resonator.

Fig. 3A bis **Fig. 3C** sind Graphen von Phasenantworten für verschiedene BAW-Resonatorkonfigurationen.

Fig. 4 veranschaulicht einen herkömmlichen BAW-Resonator mit einem Grenzring.

Fig. 5A ist ein Schema eines herkömmlichen Leiternetzwerks.

Fig. 5B und **Fig. 5C** sind Graphen einer Frequenzantwort für BAW-Resonatoren in dem herkömmlichen Leiternetzwerk von **Fig. 5A** und eine Frequenzantwort für das herkömmliche Leiternetzwerk von **Fig. 5A**.

Fig. 6A bis **Fig. 6E** sind Schaltungsäquivalente für das Leiternetzwerk von **Fig. 5A** an den Frequenzpunkten 1, 2, 3, 4 und 5, die in **Fig. 5C** identifiziert sind.

Fig. 7 ist eine seitliche Querschnittsansicht einer BAW-Hilfsfilterstruktur mit einem BAW-Resonator, der auf eine integrierte passive Vorrichtung (IPD) gestapelt ist.

Fig. 8 ist eine perspektivische Ansicht einer beispielhaften Ausführungsform der BAW-Hilfsfilterstruktur von **Fig. 7**.

Fig. 9 ist ein Schaltplan, der die Verzweigung einer elektrischen Filterschaltung zwischen dem BAW-Resonator und der IPD der BAW-Hilfsfilterstruktur der **Fig. 7** und **Fig. 8** veranschaulicht.

Fig. 10 ist ein Graph, der die Leistungsverbesserung der BAW-Hilfsfilterstruktur der **Fig. 7** bis **Fig. 9** im Vergleich zu einer BAW-Filterstruktur ohne IPD veranschaulicht.

Fig. 11 ist ein Flussdiagramm von Schritten zum Herstellen der BAW-Hilfsfilterstruktur der **Fig. 7** bis **Fig. 10**.

Detaillierte Beschreibung

[0009] Die nachstehend dargelegten Ausführungsformen stellen die notwendigen Informationen dar, um es dem Fachmann zu ermöglichen, die Ausführungsformen zu praktizieren, und veranschaulichen die beste Art, die Ausführungsformen zu praktizieren. Beim Lesen der folgenden Beschreibung im Lichte der beigefügten Zeichnungsfiguren werden Fachleute die Konzepte der Offenbarung verstehen und Anwendungen dieser Konzepte erkennen, die hierin nicht besonders angesprochen werden. Es versteht sich, dass diese Konzepte und Anwendungen in den Umfang der Offenbarung und der beigefügten Ansprüche fallen.

[0010] Es versteht sich, dass, obwohl die Begriffe erster, zweiter usw. hier verwendet werden können, um verschiedene Elemente zu beschreiben, diese Elemente nicht durch diese Begriffe beschränkt werden sollen. Diese Begriffe werden nur verwendet, um ein Element von einem anderen zu unterscheiden. Beispielsweise könnte ein erstes Element als zweites Element bezeichnet werden, und in ähnlicher Weise könnte ein zweites Element als erstes Element bezeichnet werden, ohne vom Umfang der vorliegenden Offenbarung abzuweichen. Der Begriff „und/oder“, wie er hier verwendet wird, umfasst beliebige und alle Kombinationen von einem oder mehreren der zugeordneten aufgelisteten Elemente.

[0011] Es versteht sich auch, dass, wenn ein Element als mit einem anderen Element „verbunden“ oder „gekoppelt“ bezeichnet wird, es direkt mit dem anderen Element verbunden oder gekoppelt sein kann oder dass dazwischenliegende Elemente vorhanden sein können. Wenn im Gegensatz dazu ein Element als „direkt verbunden“ oder „direkt gekoppelt“ mit einem anderen Element bezeichnet wird, sind keine dazwischenliegenden Elemente vorhanden.

[0012] Es versteht sich, dass, obwohl die Begriffe „obere“, „untere“, „unterste“, „mittlere“, „mittelste“, „oberste“ und dergleichen hier verwendet werden können, um verschiedene Elemente zu beschreiben, diese Elemente dies nicht sein sollten durch diese Bedingungen beschränkt. Diese Begriffe werden nur verwendet, um ein Element von einem anderen zu unterscheiden. Beispielsweise könnte ein erstes Element als „oberes“ Element bezeichnet werden, und in ähnlicher Weise könnte ein zweites Element als „oberes“ Element bezeichnet werden, abhängig von den relativen Ausrichtungen dieser Elemente, ohne vom Umfang der vorliegenden Offenbarung abzuweichen.

[0013] Die hierin verwendete Terminologie dient lediglich dem Zweck der Beschreibung bestimmter Ausführungsformen und soll die Offenbarung nicht einschränken. Wie hierin verwendet, sollen die Singularformen „ein“, „eine“ und „der/die/das“ auch die Pluralformen einschließen, es sei denn, der Kontext gibt eindeutig etwas anderes an. Es versteht sich ferner, dass die Begriffe „umfasst“, „umfassend“, „umfasst“ und/oder „einschließlich“, wenn sie hierin verwendet werden, das Vorhandensein von angegebenen Merkmalen, ganzen Zahlen, Schritten, Vorgängen, Elementen und/oder Komponenten spezifizieren, aber schließen nicht das Vorhandensein oder

Hinzufügen von einem oder mehreren anderen Merkmalen, ganzen Zahlen, Schritten, Vorgängen, Elementen, Komponenten und/oder Gruppen davon aus.

[0014] Sofern nicht anders definiert, haben alle hierin verwendeten Begriffe (einschließlich technischer und wissenschaftlicher Begriffe) die gleiche Bedeutung, wie sie allgemein von einem Durchschnittsfachmann auf dem Gebiet, zu dem diese Offenbarung gehört, verstanden wird. Es versteht sich ferner, dass die hierin verwendeten Begriffe so interpretiert werden sollten, dass sie Bedeutungen haben, die mit ihren Bedeutungen im Kontext dieser Beschreibung und der relevanten Technik übereinstimmen, und nicht in einem idealisierten oder übermäßig formalen Sinne interpretiert werden, sofern dies hier nicht ausdrücklich so definiert ist.

[0015] Ausführungsformen der Offenbarung richten sich auf eine Hilfsfilterstruktur für Akustische Volumenwellen (Bulk Acoustic Wave, BAW) mit einem BAW-Resonator, der auf einer integrierten passiven Vorrichtung (IPD) gestapelt ist. In hier offenbarten beispielhaften Aspekten umfasst die BAW-Filterstruktur einen Wandler mit Elektroden und einer piezoelektrischen Schicht zwischen den Elektroden. Die IPD ist elektrisch mit dem BAW-Resonator gekoppelt und stellt eine Hochfrequenzoperation bereit. In einer solchen Konfiguration hat die BAW-Hilfsfilterstruktur eine geringe Einfügungsdämpfung und mildert parasitäre elektrische Längenverluste aufgrund der engen elektrischen Nähe des BAW-Resonators, der auf die IPD gestapelt ist. Ferner ist die BAW-Hilfsfilterstruktur in der Lage, hohe Frequenzen zu filtern und stellt eine verbesserte Filterleistung und größere Flexibilität beim Entwurf einer Filterübertragungsfunktion bereit.

[0016] Bevor auf die Details dieser Konzepte eingegangen wird, wird ein Überblick über BAW-Resonatoren und Filter bereitgestellt, die BAW-Resonatoren verwenden. BAW-Resonatoren werden in vielen Hochfrequenzfilteranwendungen verwendet. Ein beispielhafter BAW-Resonator 10 ist in **Fig. 1** dargestellt. Der BAW-Resonator 10 ist ein BAW-Resonator 10 vom Typ festmontierter Resonator (Solidly Mounted Resonator, SMR) und beinhaltet im Allgemeinen ein Substrat 12, einen Reflektor 14, der über dem Substrat 12 montiert ist, und einen Wandler 16, der über dem Reflektor 14 montiert ist. Der Wandler 16 ruht auf dem Reflektor 14 und beinhaltet eine piezoelektrische Schicht 18, die zwischen einer oberen Elektrode 20 und einer unteren Elektrode 22 eingebettet ist. Die oberen und unteren Elektroden 20, 22 können aus Wolfram (W), Molybdän (Mo), Platin (Pt) oder einem ähnlichen Material gebildet sein, und die piezoelektrische Schicht 18 kann aus Aluminiumnitrid (AIN), Zinkoxid (ZnO) oder einem anderen geeigneten piezoelektrischen Material gebildet sein. Obwohl in **Fig. 1** gezeigt, dass sie eine einzelne Schicht umfassen, enthalten die piezoelektrische Schicht 18, die obere Elektrode 20, und/oder die untere Elektrode 22 kann mehrere Schichten aus dem gleichen Material, mehrere Schichten, in denen mindestens zwei Schichten aus unterschiedlichen Materialien bestehen, oder mehrere Schichten, in denen jede Schicht aus einem anderen Material besteht, umfassen.

[0017] Der BAW-Resonator 10 ist in einen aktiven Bereich 24 und einen Außenbereich 26 unterteilt. Der aktive Bereich 24 entspricht im Allgemeinen dem Abschnitt des BAW-Resonators 10, wo sich die obere und untere Elektrode 20, 22 überlappen, und beinhaltet auch die Schichten unter den überlappenden oberen und unteren Elektroden 20, 22. Der Außenbereich 26 entspricht dem Abschnitt des BAW-Resonators 10, der den aktiven Bereich 24 umgibt.

[0018] Für den BAW-Resonator 10 regt das Anlegen elektrischer Signale über die obere Elektrode 20 und die untere Elektrode 22 Schallwellen in der piezoelektrischen Schicht 18 an. Diese akustischen Wellen breiten sich hauptsächlich vertikal aus. Ein primäres Ziel bei der Konstruktion von BAW-Resonatoren besteht darin, diese sich vertikal ausbreitenden akustischen Wellen im Wandler 16 zu begrenzen. Schallwellen, die sich nach oben ausbreiten, werden durch die Luft-Metall-Grenze an der oberen Oberfläche der oberen Elektrode 20 zurück in den Wandler 16 reflektiert. Nach unten laufende Schallwellen werden durch den Reflektor 14 oder durch einen Lufthohlraum, der direkt unterhalb des Wandlers in einem Film-BAW-Resonator (FBAR) vorgesehen ist, in den Wandler 16 zurückreflektiert.

[0019] Der Reflektor 14 wird typischerweise durch einen Stapel von Reflektorschichten (RL) 28A bis 28E (allgemein als Reflektorschichten 28 bezeichnet) gebildet, die sich in der Materialzusammensetzung abwechseln, um einen signifikanten Reflexionskoeffizienten an der Verbindungsstelle benachbarter Reflektorschichten 28 zu erzeugen. Typischerweise wechseln die Reflektorschichten 28A bis 28E zwischen Materialien mit hohen und niedrigen akustischen Impedanzen, wie etwa Wolfram (W) und Siliziumdioxid (SiO_2). Während nur fünf Reflektorschichten 28A bis 28E in **Fig. 1** dargestellt sind, wird die Anzahl der Reflektorschichten 28 und die Struktur des Reflektors 14 von einem Design zum anderen variieren.

[0020] Die Größe (Z) und Phase (ϕ) der elektrischen Impedanz als Funktion der Frequenz (GHz) für einen relativ idealen BAW-Resonator 10 sind in **Fig. 2** bereitgestellt. Die Größe (Z) der elektrischen Impedanz ist durch die durchgezogene Linie dargestellt, während die Phase (ϕ) der elektrischen Impedanz

durch die gestrichelte Linie dargestellt ist. Ein einzigartiges Merkmal des BAW-Resonators 10 besteht darin, dass er sowohl eine Resonanzfrequenz als auch eine Antiresonanzfrequenz hat. Die Resonanzfrequenz wird typischerweise als Reihenresonanzfrequenz (fs) bezeichnet, und die Antiresonanzfrequenz wird typischerweise als Parallelresonanzfrequenz (fp) bezeichnet. Die Serienresonanzfrequenz (fs) tritt auf, wenn sich die Größe der Impedanz oder Reaktanz des BAW-Resonators 10 Null nähert. Die Parallelresonanzfrequenz (fp) tritt auf, wenn die Größe der Impedanz oder Reaktanz des BAW-Resonators 10 einen Spitzenwert auf einem signifikant hohen Pegel erreicht. Im Allgemeinen ist die Reihenresonanzfrequenz (fs) eine Funktion der Dicke der piezoelektrischen Schicht 18 und der Masse der unteren und der oberen Elektrode 20, 22.

[0021] Für die Phase wirkt der BAW-Resonator 10 wie eine Induktivität, die eine 90°-Phasenverschiebung zwischen der Serienresonanzfrequenz (fs) und der Parallelresonanzfrequenz (fp) bereitstellt. Im Gegensatz dazu wirkt der BAW-Resonator 10 wie eine Kapazität, die eine -90°-Phasenverschiebung unterhalb der Serienresonanzfrequenz (fs) und oberhalb der Parallelresonanzfrequenz (fp) bereitstellt. Der BAW-Resonator 10 weist bei der Serienresonanzfrequenz (fs) einen sehr niedrigen Widerstand nahe Null und bei der Parallelresonanzfrequenz (fp) einen sehr hohen Widerstand auf. Die elektrische Beschaffenheit des BAW-Resonators 10 eignet sich zur Realisierung einer Induktivität mit sehr hohem Qualitätsfaktor (Q) über einen relativ kurzen Frequenzbereich, was sich in Hochfrequenzfilternetzwerken als sehr vorteilhaft erwiesen hat, insbesondere in solchen, die bei Frequenzen um 1,8 GHz und darüber arbeiten.

[0022] Leider ist die Phasenkurve (ϕ) von **Fig. 2** repräsentativ für eine ideale Phasenkurve. In Wirklichkeit ist es eine Herausforderung, sich diesem Ideal zu nähern. Eine typische Phasenkurve für den BAW-Resonator 10 von **Fig. 1** ist in **Fig. 3A** dargestellt. Anstatt eine glatte Kurve zu sein, enthält die Phasenkurve von **Fig. 3A** eine Welligkeit unterhalb der Serienresonanzfrequenz (fs), zwischen der Serienresonanzfrequenz (fs) und der Parallelresonanzfrequenz (fp) und oberhalb der Parallelresonanzfrequenz (fp). Die Welligkeit ist das Ergebnis von Störmoden, die durch Störresonanzen verursacht werden, die bei entsprechenden Frequenzen auftreten. Während sich die überwiegende Mehrheit der akustischen Wellen im BAW-Resonator 10 vertikal ausbreiten, führen verschiedene Randbedingungen um den Wandler 16 herum zur Ausbreitung lateraler (horizontaler) akustischer Wellen, die als laterale stehende Wellen bezeichnet werden. Das Vorhandensein dieser seitlichen stehenden Wellen verringert den potenziellen Qualitätsfaktor (Q), der mit dem BAW-Resonator 10 verbunden ist.

[0023] Wie in **Fig. 4** dargestellt, ist ein Begrenzungs (BO)-Ring 30 auf oder innerhalb der oberen Elektrode 20 ausgebildet, um bestimmte Störmoden zu unterdrücken. Die Störmoden, die durch den BO-Ring 30 unterdrückt werden, liegen oberhalb der Serienresonanzfrequenz (fs), wie durch Kreise A und B in der Phasenkurve von **Fig. 3B** hervorgehoben. Kreis A zeigt eine Unterdrückung der Welligkeit und damit der Störmode im Durchlassbereich der Phasenkurve, der zwischen der Serienresonanzfrequenz (fs) und der Parallelresonanzfrequenz (fp) liegt. Kreis B zeigt die Unterdrückung der Welligkeit und damit der Störmoden oberhalb der Parallelresonanzfrequenz (fp). Insbesondere der Nebenmodus in der oberen Schulter des Durchlassbereichs, der knapp unter der Parallelresonanzfrequenz (fp) liegt, und die Störmoden oberhalb des Durchlassbereichs werden unterdrückt, wie durch die glatte oder im Wesentlichen welligkeitsfreie Phasenkurve zwischen der Serienresonanzfrequenz (fs) und der Parallelresonanzfrequenz (fp) und oberhalb der Parallelresonanzfrequenz (fp) gezeigt wird.

[0024] Der BO-Ring 30 entspricht einer Massenbelastung des Abschnitts der oberen Elektrode 20, der sich um den Umfang des aktiven Bereichs 24 erstreckt. Der BO-Ring 30 kann einem verdickten Abschnitt der oberen Elektrode 20 oder dem Aufbringen zusätzlicher Schichten aus einem geeigneten Material über der oberen Elektrode 20 entsprechen. Der Abschnitt des BAW-Resonators 10, der den BO-Ring 30 beinhaltet und sich unterhalb davon befindet, wird als ein BO-Bereich 32 bezeichnet. Dementsprechend entspricht der BO-Bereich 32 einem äußeren Umfangsabschnitt des aktiven Bereichs 24 und befindet sich innerhalb des aktiven Bereichs 24.

[0025] Während der BO-Ring 30 beim Unterdrücken von Störmoden oberhalb der Serienresonanzfrequenz (fs) wirksam ist, hat der BO-Ring 30 wenig oder keinen Einfluss auf diese Störmoden unterhalb der Serienresonanzfrequenz (fs), wie in **Fig. 3B** gezeigt. Eine als Apodisierung bezeichnete Technik wird häufig verwendet, um die Nebenmoden zu unterdrücken, die unter die Serienresonanzfrequenz (fs) fallen.

[0026] Die Apodisierung dient dazu, jede laterale Symmetrie in dem BAW-Resonator 10 oder zumindest in seinem Wandler 16 zu vermeiden oder zumindest signifikant zu reduzieren. Die seitliche Symmetrie entspricht der Grundfläche des Wandlers 16, und die Vermeidung der seitlichen Symmetrie entspricht der Vermeidung der mit den Seiten der Grundfläche verbundenen Symmetrie. Beispielsweise kann man statt einem Quadrat oder Rechteck einen Fußabdruck wählen, der einem Fünfeck entspricht. Das

Vermeiden von Symmetrie trägt dazu bei, das Vorhandensein seitlich stehender Wellen im Wandler 16 zu reduzieren. Der Kreis C in **Fig. 3C** veranschaulicht den Effekt der Apodisation, bei der die Störmoden unterhalb der Reihenresonanzfrequenz (fs) unterdrückt werden. Unter der Annahme, dass kein BO-Ring 30 vorgesehen ist, kann man leicht in **Fig. 3C** erkennen, dass die Apodisierung diese Störmoden oberhalb der Reihenresonanzfrequenz (fs) nicht unterdrückt. Als solcher verwendet der typische BAW-Resonator 10 sowohl Apodisation als auch den BO-Ring 30.

[0027] Wie oben erwähnt, werden BAW-Resonatoren 10 häufig in Filternetzwerken verwendet, die bei hohen Frequenzen arbeiten und hohe Q-Werte erfordern. Ein grundlegendes Leiternetzwerk 40 ist in **Fig. 5A** dargestellt. Das Leiternetzwerk 40 umfasst zwei Reihenresonatoren B_{SER} und zwei Nebenschlussresonatoren B_{SH}, die in einer herkömmlichen Leiterkonfiguration angeordnet sind. Typischerweise haben die Serienresonatoren B_{SER} denselben oder einen ähnlichen ersten Frequenzgang und die Nebenschlussresonatoren B_{SH} haben denselben oder einen ähnlichen zweiten Frequenzgang, der sich von dem ersten Frequenzgang unterscheidet, wie in **Fig. 5B** gezeigt. Die Querresonatoren B_{SH} sind in vielen Anwendungen eine verstimmte Version der Serienresonatoren B_{SER}. Dadurch sind die Frequenzgänge für die Serienresonatoren B_{SER} und die Querresonatoren B_{SH} im Allgemeinen sehr ähnlich, jedoch gegeneinander verschoben, so dass die Parallelresonanzfrequenz ($f_{P,SH}$) der Nebenschlussresonatoren sich der Serienresonanzfrequenz ($f_{S,SER}$) der Serienresonatoren B_{SER} annähert. Es ist zu beachten, dass die Serienresonanzfrequenz ($f_{S,SH}$) der Nebenschlussresonatoren B_{SH} kleiner ist als die Serienresonanzfrequenz ($f_{S,SER}$) der Serienresonatoren B_{SER}. Die Parallelresonanzfrequenz ($f_{P,SH}$) der Querresonatoren B_{SH} ist kleiner als die Parallelresonanzfrequenz ($f_{P,SER}$) der Serienresonatoren B_{SER}.

[0028] **Fig. 5C** ist **Fig. 5B** zugeordnet und veranschaulicht die Reaktion des Leiternetzwerks 40. Die Serienresonanzfrequenz ($f_{S,SH}$) der Nebenschlussresonatoren B_{SH} entspricht der niedrigen Seite der Schürze des Durchlassbereichs (Phase 2), und die Parallelresonanzfrequenz ($f_{P,SER}$) der Serienresonatoren B_{SER} entspricht der hohen Seite der Schürze des Durchlassbereichs (Phase 4). Die im Wesentlichen ausgerichtete Serienresonanzfrequenz ($f_{S,SER}$) der Serienresonatoren B_{SER} und die Parallelresonanzfrequenz ($f_{P,SH}$) der Nebenschlussresonatoren B_{SH} fallen in den Durchlassbereich.

[0029] Die **Fig. 6A** bis **Fig. 6E** stellen Schaltungsäquivalente für die fünf Phasen der Antwort des Leiternetzwerks 40 bereit. Während der ersten Phase (Phase 1, **Fig. 5C**, **Fig. 6A)** dient das Leiternetzwerk 40 dazu, das Eingangssignal zu dämpfen. Bei Annäherung an die Serienresonanzfrequenz ($f_{S,SH}$) der Nebenschlussresonatoren B_{SH} fällt die Impedanz der Nebenschlussresonatoren B_{SH} steil ab, so dass die Nebenschlussresonatoren B_{SH} bei der Serienresonanzfrequenz ($f_{S,SH}$) der Nebenschlussresonatoren (Phase 2, **Fig. 5C**, **Fig. 6B)** im Wesentlichen einen Erdschluss bereitstellen. Bei der Reihenresonanzfrequenz ($f_{S,SH}$) der Nebenschlussresonatoren B_{SH} (Phase 2) wird das Eingangssignal im Wesentlichen vom Ausgang des Leiternetzwerks 40 gesperrt.

[0030] Zwischen der Serienresonanzfrequenz ($f_{S,SH}$) der Nebenschlussresonatoren B_{SH} und der Parallelresonanzfrequenz ($f_{P,SER}$) der Serienresonatoren B_{SER}, was dem Durchlassbereich entspricht, wird das Eingangssignal mit relativ geringer oder gar keiner Dämpfung zum Ausgang geleitet (Phase 3, **Fig. 5C**, **Fig. 6C**). Innerhalb des Durchlassbereichs weisen die Serienresonatoren B_{SER} eine relativ niedrige Impedanz auf, während die Nebenschlussresonatoren B_{SH} eine relativ hohe Impedanz aufweisen, wobei die Kombination der beiden zu einem flachen Durchlassbereich mit steil abfallenden niedrigen und hohen Seitenschürzen führt. Bei Annäherung an die Parallelresonanzfrequenz ($f_{P,SER}$) der Serienresonatoren B_{SER} wird die Impedanz der Serienresonatoren B_{SER} sehr hoch, so dass sich die Serienresonatoren B_{SER} im Wesentlichen selbst als eine Öffnung bei der Parallelresonanzfrequenz ($f_{P,SER}$) der Serienresonatoren darstellen (Phase 4, **Fig. 5C**, **Fig. 6D**). Bei der Parallelresonanzfrequenz ($f_{P,SER}$) der Serienresonatoren B_{SER} (Phase 4) wird das Eingangssignal wieder im Wesentlichen vom Ausgang des Leiternetzwerks 40 gesperrt. Während der Endphase (Phase 5, **Fig. 5C**, **Fig. 6E)** dient das Leiternetzwerk 40 dazu, das Eingangssignal auf ähnliche Weise wie das in Phase 1 bereitgestellte zu dämpfen. Wenn die Parallelresonanzfrequenz ($f_{P,SER}$) der Serienresonatoren B_{SER} passiert wird, nimmt die Impedanz der Serienresonatoren B_{SER} ab und die Impedanz der Nebenschlussresonatoren B_{SER} normalisiert sich. Somit dient das Leiternetzwerk 40 dazu, einen Durchlassbereich mit hohem Q zwischen der Serienresonanzfrequenz ($f_{S,SH}$) der Nebenschlussresonatoren B_{SH} und der Parallelresonanzfrequenz ($f_{P,SER}$) der Serienresonatoren B_{SER} bereitzustellen. Das Leiternetzwerk 40 liefert eine extrem hohe Dämpfung sowohl bei der Serienresonanzfrequenz ($f_{S,SH}$) der Nebenschlussresonatoren B_{SH} als auch bei der Parallelresonanzfrequenz ($f_{P,SER}$) der Serienresonatoren. Das Leiternetzwerk 40 liefert unterhalb der Serienresonanzfrequenz ($f_{S,SH}$) der Nebenschlussresonatoren B_{SH} und oberhalb der Parallelresonanzfrequenz ($f_{P,SER}$) der Serienresonatoren B_{SER} eine gute Dämpfung.

[0031] Nachdem sie einen Überblick über BAW-Resonatoren und Filter gegeben haben, die BAW-

Resonatoren verwenden, erörtern die **Fig. 7A** bis **Fig. 11** Details einer BAW-Hilfsfilterstruktur.

[0032] Fig. 7 ist eine Querschnittsseitenansicht einer BAW-Hilfsfilterstruktur 50 mit einer BAW-Filterstruktur 52 (kann auch als ein BAW-Chip bezeichnet werden), die auf einer integrierten passiven Vorrichtung (IPD) 54 gestapelt ist. Die BAW-Filterstruktur 52 umfasst einen oder mehrere BAW-Resonatoren 10 (siehe **Fig. 1**). Insbesondere beinhaltet die BAW-Hilfsfilterstruktur 50 eine Basisschicht 56, die IPD 54 über der Basisschicht 56 und den BAW-Resonator 52 über der IPD 54. In bestimmten Ausführungsformen umfasst die Basisschicht 56 ein Laminat (z.B. Hochfrequenz(RF)-Laminat) oder eine gedruckte Schaltungsplatine (PCB). Ferner beinhaltet die BAW-Hilfsfilterstruktur in bestimmten Ausführungsformen eine Abdeckung 58 (z. B. Kunststoffabdeckung), die zumindest einen Teil der BAW-Filterstruktur 52, IPD 54 und/oder Basisschicht 56 bedeckt.

[0033] Wie oben angemerkt, beinhaltet jeder BAW-Resonator 10 der BAW-Filterstruktur 52 ein Substrat 12 und einen Wandler 16 über dem Substrat 12. Der Wandler 16 beinhaltet eine obere Elektrode 20, eine untere Elektrode 22 und eine piezoelektrische Schicht 18 zwischen der oberen Elektrode 20 und der unteren Elektrode 22. Die BAW-Resonatoren 10 der BAW-Filterstruktur 52 können sich ein gemeinsames Substrat 12, eine obere Elektrode 20, eine untere Elektrode 22 und/oder eine piezoelektrische Schicht 18 teilen. Ferner beinhaltet die BAW-Filterstruktur 52 leitfähige Säulen 60 zum elektrischen Koppeln mit der IPD 54. In bestimmten Ausführungsformen umfasst die BAW-Filterstruktur 52 einen fest montierten BAW-Resonator (SMR). In bestimmten Ausführungsformen wird die BAW-Filterstruktur 52 auf einem Chip hergestellt, der einen Siliziumträgerwafer mit mehreren BAW-Resonatoren 10 (z. B. BAW-SMR-Resonatoren) umfasst, wobei der Chip ferner die leitfähigen Säulen 60 (z. B. Kupfersäulen) umfasst.

[0034] Die IPD 54 beinhaltet eine elektrische Schaltung, die elektrisch mit der BAW-Filterstruktur 52 gekoppelt ist. In bestimmten Ausführungsformen beinhaltet die IPD 54 leitfähige Anschlussflächen (Anschlusspads) 62 (die auch als leitfähige Durchkontaktierungen bezeichnet werden können), die dazu konfiguriert sind, elektrisch mit der BAW-Filterstruktur 52 zu koppeln. Insbesondere sind die leitfähigen Anschlussflächen 62 (z.B. Kupferanschlussflächen) der IPD 54 mit den leitfähigen Säulen 60 der BAW-Filterstruktur 52 ausgerichtet und kontaktieren sie (z.B. durch Löten verbunden). In bestimmten Ausführungsformen umfasst das IPD 54 ein Glas-IPD; jedoch können andere Materialien mit hohem Q verwendet werden. In bestimmten Ausführungsformen umfasst die IPD 54 LC-Elemente (Induktor- und Kondensatorelemente), die auf einem Chip aus fotodefiniertem und ätzbarem Glas hergestellt sind.

[0035] In bestimmten Ausführungsformen wird die BAW-Filterstruktur 52 auf eine IPD 54 geklappt, um einen gestapelten Chip 64 zu bilden. Die internen elektrischen Knoten der BAW-Filterstruktur 52 (z.B. der BAW-Resonatoren 10 davon) und/oder der IPD 54 sind leicht zugänglich, was eine Flexibilität von Filtertopologien ermöglicht. Der gestapelte Chip 64 kann dann an eine Basisschicht 56 wie etwa ein Laminat (z.B. ein Hochfrequenz(HF)-Laminat) oder eine gedruckte Schaltungsplatine (PCB) gelötet werden (kann auch als lötgebondet bezeichnet werden).

[0036] Der gestapelte Chip 64 der BAW-Filterstruktur 52 und die IPD 54 sind in der Lage, höhere Frequenzen (z. B. über 6 GHz) zu handhaben, als die BAW-Resonatoren 10 selbst handhaben könnten. Insbesondere reduziert das Stapeln der BAW-Filterstruktur 52 auf der IPD 54 die Übertragungsleitungen von der BAW-Filterstruktur 52 zu der IPD 54, was Q erhöht. Dementsprechend ist die BAW-Hilfsfilterstruktur 50 in der Lage, hohe Frequenzen mit hohem Q zu filtern. In bestimmten Ausführungsformen umfasst der gestapelte Chip 64 (z.B. BAW-Filterstruktur 52 und/oder IPD 54) einen elliptischen Filter. Ein elliptischer Filter ist ein Signalverarbeitungsfilter mit ausgeglichenem Welligkeitsverhalten sowohl im Durchlassbereich als auch im Sperrbereich. Die Höhe der Welligkeit in jedem Band ist unabhängig einstellbar. In bestimmten Ausführungsformen ist die IPD 54 ein Bandpassfilter, einschließlich eines Hochpassfilters oder eines Tiefpassfilters (z.B. eines elliptischen Hochpassfilters, eines elliptischen Tiefpassfilters usw.).

[0037] Fig. 8 ist eine perspektivische Ansicht einer beispielhaften Ausführungsform der BAW-Hilfsfilterstruktur von **Fig. 7**. Insbesondere wird, wie oben erörtert, eine BAW-Filterstruktur 52 auf die IPD 54 gestapelt, um einen gestapelten Chip 64 zu bilden. Wie oben angemerkt, beinhaltet die BAW-Filterstruktur 52 leitende Säulen 60 (siehe **Fig. 7**), die mit den leitenden Anschlussflächen 62 (siehe **Fig. 7**) der IPD 54 ausgerichtet und elektrisch gekoppelt sind. Die IPD 54 ist konfiguriert, um eine HF-Signaleingabe 66 (z.B. an einem planaren Eingangswellenleiter) zu empfangen und eine HF-Signalausgabe 68 (z.B. an einem planaren Ausgangswellenleiter) zu senden. Die BAW-Filterstruktur 52 ist an zwei oder mehr Verbindungsstellen 70(1)-70(3) stromabwärts von der HF-Signaleingabe 66 (zwischen der HF-Signaleingabe 66 und der HF-Signalausgabe 68) elektrisch mit der IPD 54 gekoppelt. Insbesondere umfasst die BAW-Filterstruktur 52 BAW-Resonatoren 10(1)-10(3), die jeweils an jedem der Übergänge 70(1)-70(3) elektrisch gekoppelt sind.

[0038] In bestimmten Ausführungsformen, sind die BAW-Resonatoren 10(1)-10(3) der BAW-Filterstruktur 52 Nebenschluss-BAW-Resonatoren 10(1)-10(3) in elektrischer Verbindung mit Nebenschluss-LC-Schwingkreisen 72(1), 72(2) (einschließlich einer Induktivität und eines Kondensators). Die BAW-Resonatoren 10(1)-10(3) bilden jeweils BAW-Resonatorzweige 74(1)-74(3). Der Nebenschluss-BAW-Resonator 10(1)-10(3) und/oder Nebenschluss-LC-Schwingkreise 72(1), 72(2) sind konfiguriert, um einen niederohmigen Pfad für elektrischen Strom zu erzeugen.

[0039] Die IPD umfasst einen Serienkondensator 76 (1)-76(4) (z.B. einen Kondensator mit hohem Q) zwischen jedem der BAW-Resonatorzweige 74(1)-74 (3). Der Reihenkondensator 76(1)-76(4) koppelt die Energie zwischen dem HF-Eingang 66 und dem HF-Ausgang 68.

[0040] In bestimmten Ausführungsformen beinhaltet die IPD 54 Durchkontaktierungen (z.B. Durchkontaktierungen durch Glas), die eine Ausbreitung von HF-Signalen von der Oberseite der IPD 54 zur Unterseite der IPD 54 ermöglichen. Ferner leiten die Durchkontaktierungen Wärme und/oder stellen einen hohen Q für Induktoren bereit.

[0041] **Fig. 9** ist ein Schaltplan, der die Verzweigung einer elektrischen Filterschaltung zwischen der BAW-Filterstruktur 52 und der IPD 54 der BAW-Hilfsfilterstruktur 50 der **Fig. 7** und **Fig. 8** veranschaulicht.

[0042] Wie oben angemerkt, wird die BAW-Filterstruktur 52 auf die IPD 54 gestapelt, um einen gestapelten Chip 64 zu bilden. Die IPD 54 ist dazu konfiguriert, eine HF-Signaleingabe 66 zu empfangen, und die BAW-Filterstruktur 52 ist an drei Verbindungsstellen 70(1)-70(3) stromabwärts von der HF-Signaleingabe 66 elektrisch mit der IPD 54 gekoppelt. Mit anderen Worten, die Kopplung der leitfähigen Anschlussflächen 62 (siehe **Fig. 7**) mit den Säulen 60 (siehe **Fig. 7**) erfolgt an jeder der Verbindungen 70(1)-70(3). Ferner sind die BAW-Resonatoren 10 der BAW-Filterstruktur 52 Nebenschluss-BAW-Resonatoren in elektrischer Verbindung mit Nebenschluss-LC-Schwingkreisen 72(1), 72(2) (einschließlich einer Spule und eines Kondensators), die in der IPD 54 vorgesehen sind. Die IPD 54 umfasst einen Reihenkondensator 76(1)-76(4) zwischen jedem der BAW-Resonatorzweige 74(1)-74(3).

[0043] Der resultierende Signalweg beinhaltet ein HF-Eingangssignal 66, das sich zu der ersten Verbindungsstelle 70(1) ausbreitet, wo sich ein erster Signalteil durch die ersten BAW-Resonatorzweige 74(1) zur Masse ausbreitet und ein verbleibender Hauptsignalteil sich durch den ersten Reihenkondensator 76(1) ausbreitet. Ein zweiter Signalteil breitet sich dann durch den ersten Nebenschluss-LC-Schwingkreis 72(1) aus, und ein verbleibender Hauptsignalteil breitet sich durch den zweiten Reihenkondensator 76(2) aus. Ein dritter Signalteil breitet sich dann durch den zweiten BAW-Resonatorzweig 74(2) zur Masse aus, und ein verbleibender Hauptsignalteil breitet sich durch den dritten Reihenkondensator 76 (3) aus. Ein vierter Signalteil breitet sich dann durch den zweiten Nebenschluss-LC-Schwingkreis 72(2) aus, und ein verbleibender Hauptsignalteil breitet sich durch den vierten Reihenkondensator 76(4) aus. Ein fünfter Signalteil breitet sich dann durch den dritten BAW-Resonatorzweig 74(3) zur Masse aus, und ein verbleibender Hauptsignalteil breitet sich als ein HF-Ausgangssignal 68 aus.

[0044] Als Ergebnis weist die BAW-Hilfsfilterstruktur eine geringe Einfügungsdämpfung auf. Insbesondere kann eine Induktor- und Kondensatorstruktur mit hohem Q einer Glas-IPD 54 beim Design wirksam eingesetzt und in den internen Knoten des Filternetzwerks effizient und in enger elektrischer Nähe zu den BAW-Resonatoren 10 mit hohem Q aufgrund des Stapelns verteilt werden. Die BAW-Hilfsfilterstruktur hat eine hohe Betriebsfrequenz. Insbesondere können Eigenschaften der hohen Eigenresonanz (SRF) der Glas-IPD 54 und der dreidimensionalen Induktorstruktur in der Entwurfstopologie genutzt werden, was zu Filtern mit höherer Frequenz (z.B. über 6 GHz) führt.

[0045] Die BAW-Hilfsfilterstruktur 50 hat eine Nützlichkeit für eine Übertragungsfunktion. Insbesondere wurde eine parasitäre Abschwächung der elektrischen Länge aufgrund des Stapelns von Chips und einer kurzen Verbindungslänge erreicht. HF-Erdung und HF-Erdungskopplung werden in Hochfrequenzbereichen dominant, in denen die elektrische Länge von Verbindungen die HF-Übertragungsfunktion des Filters erheblich beeinflusst.

[0046] Die BAW-Hilfsfilterstruktur 52 stellt flexible Filtertopologien bereit, da das Stapeln der Chips eine größere Flexibilität beim Design der Filterübertragungsfunktion ermöglicht. Die BAW-Filterstruktur ermöglicht quasielliptische Hochpass- und Tiefpassfiltertopologien und eine größere erreichbare Bandbreite. Dies ist ein Vorteil gegenüber Bandbreitenbeschränkungen anderer Bandpassleiterstrukturen von BAW-Resonatoren, wobei die feste Impedanzcharakteristik von akustischen Resonatoren intrinsisch ist, wobei Nebenschluss- und Serienresonanz durch den akustischen Kopplungsfaktor (k2eff) festgelegt sind.

[0047] **Fig. 10** ist ein Graph, der die Leistungsverbesserung der BAW-Hilfsfilterstruktur der **Fig. 7** bis **Fig. 9** im Vergleich zu einer BAW-Filterstruktur ohne IPD darstellt. Insbesondere veranschaulicht der Graph eine Übertragungsfunktion, die große Bandbreiten und eine hohe Betriebsfrequenz der BAW-Fil-

terstruktur 78 relativ zu dem LC-Hochpassfilter 80 ähnlicher Ordnung veranschaulicht. Wie dargestellt, stellt die BAW-Hilfsfilterstruktur eine steilere Schürze mit einer breiteren Bandbreite bereit. In bestimmten Ausführungsformen hat die BAW-Hilfsfilterstruktur eine Teilbandbreite zwischen 15-25 %. In bestimmten Ausführungsformen liegt die Teilbandbreite zwischen 18-22 %. In bestimmten Ausführungsformen beträgt die Teilbandbreite etwa 21 %. Die BAW-Hilfsfilterstruktur bietet geringe Verluste und steile Übergänge.

[0048] Fig. 11 ist ein Flussdiagramm von Schritten zum Herstellen der BAW-Hilfsfilterstruktur der **Fig. 7** bis **Fig. 10**. Schritt 1100 umfasst das Stapeln mindestens eines BAW-Resonators über der IPD. Der BAW-Resonator umfasst ein Substrat, mindestens einen Wandler, wobei der mindestens eine Wandler eine erste Elektrode, eine zweite Elektrode und eine piezoelektrische Schicht zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode umfasst. Schritt 1102 umfasst das elektrische Koppeln des mindestens einen BAW-Resonators mit der IPD.

[0049] In bestimmten Ausführungsformen umfasst die mindestens eine IPD eine Glas-IPD. In bestimmten Ausführungsformen enthält die IPD einen Reihenkondensator. In bestimmten Ausführungsformen umfasst die IPD einen Nebenschluss-LC-Schwingkreis. In bestimmten Ausführungsformen umfasst die IPD einen Serienkondensator und einen Nebenschluss-LC-Schwingkreis. In bestimmten Ausführungsformen umfasst das IPD leitende Anschlussflächen zum elektrischen Koppeln mit dem mindestens einen BAW-Resonator. In bestimmten Ausführungsformen umfasst der mindestens eine BAW-Resonator Säulen zum elektrischen Koppeln mit der IPD. In bestimmten Ausführungsformen umfasst die IPD leitfähige Anschlussflächen, und der mindestens eine BAW-Resonator umfasst Säulen, die mit den leitfähigen Anschlussflächen der IPD ausgerichtet und elektrisch mit diesen gekoppelt sind. In bestimmten Ausführungsformen ist die IPD konfiguriert, um eine HF-Signaleingabe zu empfangen, und der mindestens eine BAW-Resonator ist an zwei oder mehr Verbindungsstellen stromabwärts von der HF-Signaleingabe elektrisch mit der IPD gekoppelt.

[0050] Fachleute werden Verbesserungen und Modifikationen an den bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung erkennen. Alle diese Verbesserungen und Modifikationen werden als innerhalb des Umfangs der hierin offenbarten Konzepte und der folgenden Ansprüche betrachtet.

Patentansprüche

1. Hilfsfilterstruktur für Akustische Volumenwellen (BAW), umfassend:
mindestens eine integrierte passive Vorrichtung (IPD) mit einer elektrischen Schaltung;
mindestens einen BAW-Resonator über der IPD und umfassend:
ein Substrat;
mindestens einen Wandler über dem Substrat, wobei der mindestens eine Wandler Folgendes umfasst:
eine erste Elektrode;
eine zweite Elektrode; und
eine piezoelektrische Schicht zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode,
und wobei die elektrische Schaltung der mindestens einen IPD elektrisch mit dem BAW-Resonator gekoppelt ist.

2. BAW-Hilfsfilterstruktur nach Anspruch 1, wobei die mindestens eine IPD eine Glas-IPD umfasst.

3. BAW-Hilfsfilterstruktur nach Anspruch 1, wobei die mindestens eine IPD einen elliptischen Filter umfasst.

4. BAW-Hilfsfilterstruktur nach Anspruch 1, wobei die mindestens eine IPD mindestens eines von einem Hochpassfilter und einem Tiefpassfilter umfasst.

5. BAW-Hilfsfilterstruktur nach Anspruch 1, wobei die IPD einen Reihenkondensator umfasst.

6. BAW-Hilfsfilterstruktur nach Anspruch 1, wobei die IPD einen Nebenschluss-LC-Schwingkreis umfasst.

7. BAW-Hilfsfilterstruktur nach Anspruch 1, wobei die IPD einen Reihenkondensator und einen Nebenschluss-LC-Schwingkreis umfasst.

8. BAW-Hilfsfilterstruktur nach Anspruch 1, wobei die IPD leitfähige Anschlussflächen zum elektrischen Koppeln mit dem mindestens einen BAW-Resonator umfasst.

9. BAW-Hilfsfilterstruktur nach Anspruch 1, wobei der mindestens eine BAW-Resonator Säulen zum elektrischen Koppeln mit der IPD umfasst.

10. BAW-Hilfsfilterstruktur nach Anspruch 1,
wobei die IPD leitfähige Anschlussflächen umfasst;
wobei der mindestens eine BAW-Resonator Säulen umfasst, die mit den leitenden Anschlussflächen der IPD ausgerichtet und elektrisch mit diesen gekoppelt sind.

11. BAW-Hilfsfilterstruktur nach Anspruch 1, wobei die IPD dazu konfiguriert ist, eine HF-Signaleingabe zu empfangen, und der mindestens eine BAW-Resonator an zwei oder mehr Verbindungs-

stellen stromabwärts von der HF-Signaleingabe elektrisch mit der IPD gekoppelt ist.

12. Verfahren zum Herstellen einer Hilfsfilterstruktur für Akustische Volumenwellen (BAW), umfassend:
Stapeln mindestens eines BAW-Resonators über der mindestens einen integrierten passiven Vorrichtung (IPD), wobei der BAW-Resonator ein Substrat, mindestens einen Wandler über dem Substrat umfasst, wobei der mindestens eine Wandler eine erste Elektrode, eine zweite Elektrode und eine piezoelektrische Schicht zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode umfasst; und
elektrisches Koppeln des mindestens einen BAW-Resonators mit der elektrischen Schaltung der mindestens einen IPD.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei die mindestens eine IPD eine Glas-IPD umfasst.

14. Verfahren nach Anspruch 12, wobei die IPD einen Reihenkondensator umfasst.

15. Verfahren nach Anspruch 12, wobei die IPD einen Nebenschluss-LC-Schwingkreis umfasst.

16. Verfahren nach Anspruch 12, wobei die IPD einen Reihenkondensator und einen Nebenschluss-LC-Schwingkreis umfasst.

17. Verfahren nach Anspruch 12, wobei die IPD leitfähige Anschlussflächen zum elektrischen Koppeln mit dem mindestens einen BAW-Resonator umfasst.

18. Verfahren nach Anspruch 12, wobei der mindestens eine BAW-Resonator Säulen zum elektrischen Koppeln mit der IPD umfasst.

19. Verfahren nach Anspruch 12,
wobei die IPD leitfähige Anschlussflächen umfasst;
wobei der mindestens eine BAW-Resonator Säulen umfasst, die mit den leitenden Anschlussflächen der IPD ausgerichtet und elektrisch mit diesen gekoppelt sind.

20. Verfahren nach Anspruch 12, wobei die IPD dazu konfiguriert ist, eine HF-Signaleingabe zu empfangen, und der mindestens eine BAW-Resonator an zwei oder mehr Verbindungsstellen stromabwärts von der HF-Signaleingabe elektrisch mit der IPD gekoppelt ist.

Es folgen 12 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

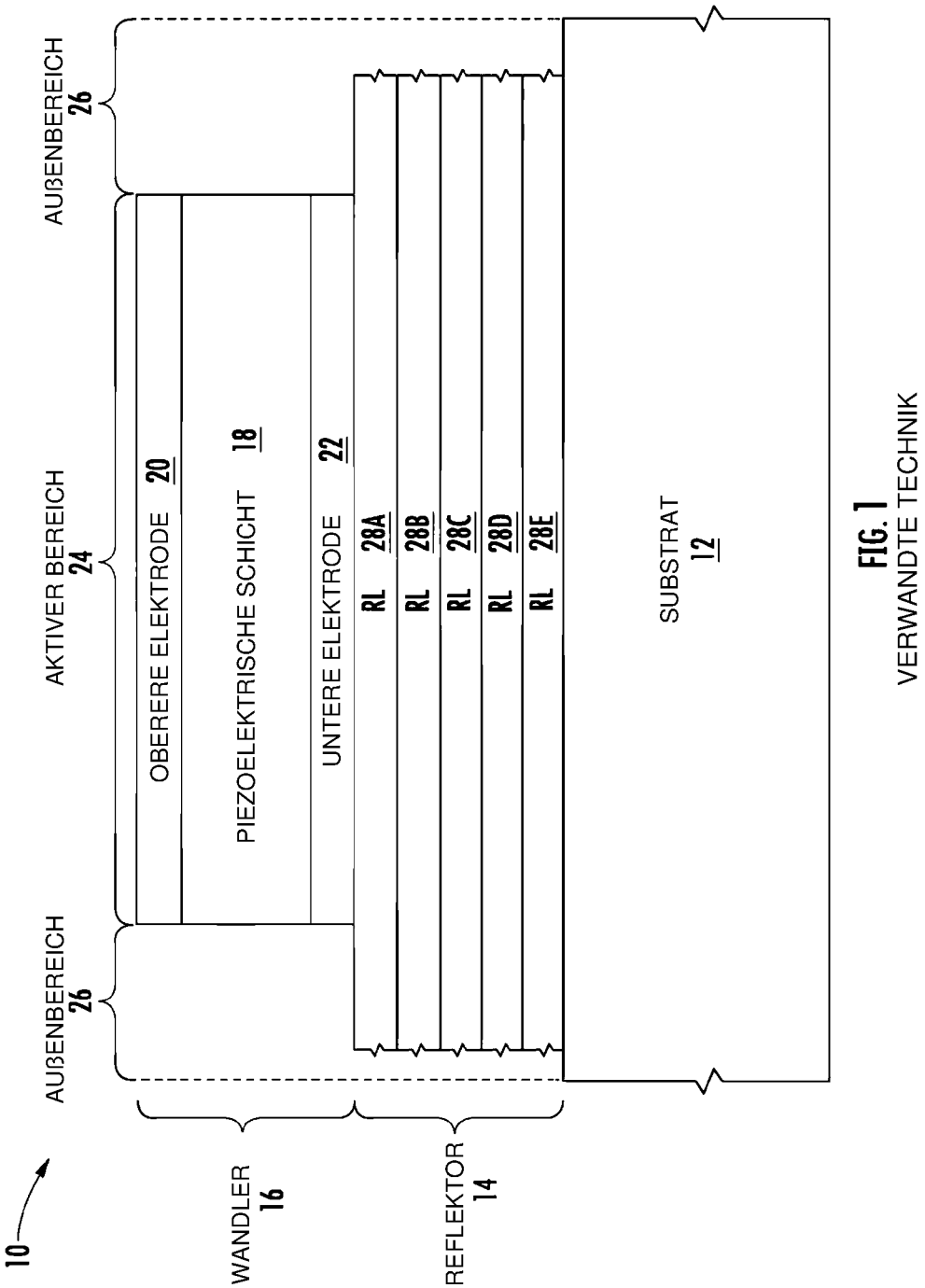


FIG. 1
VERWANDTE TECHNIK

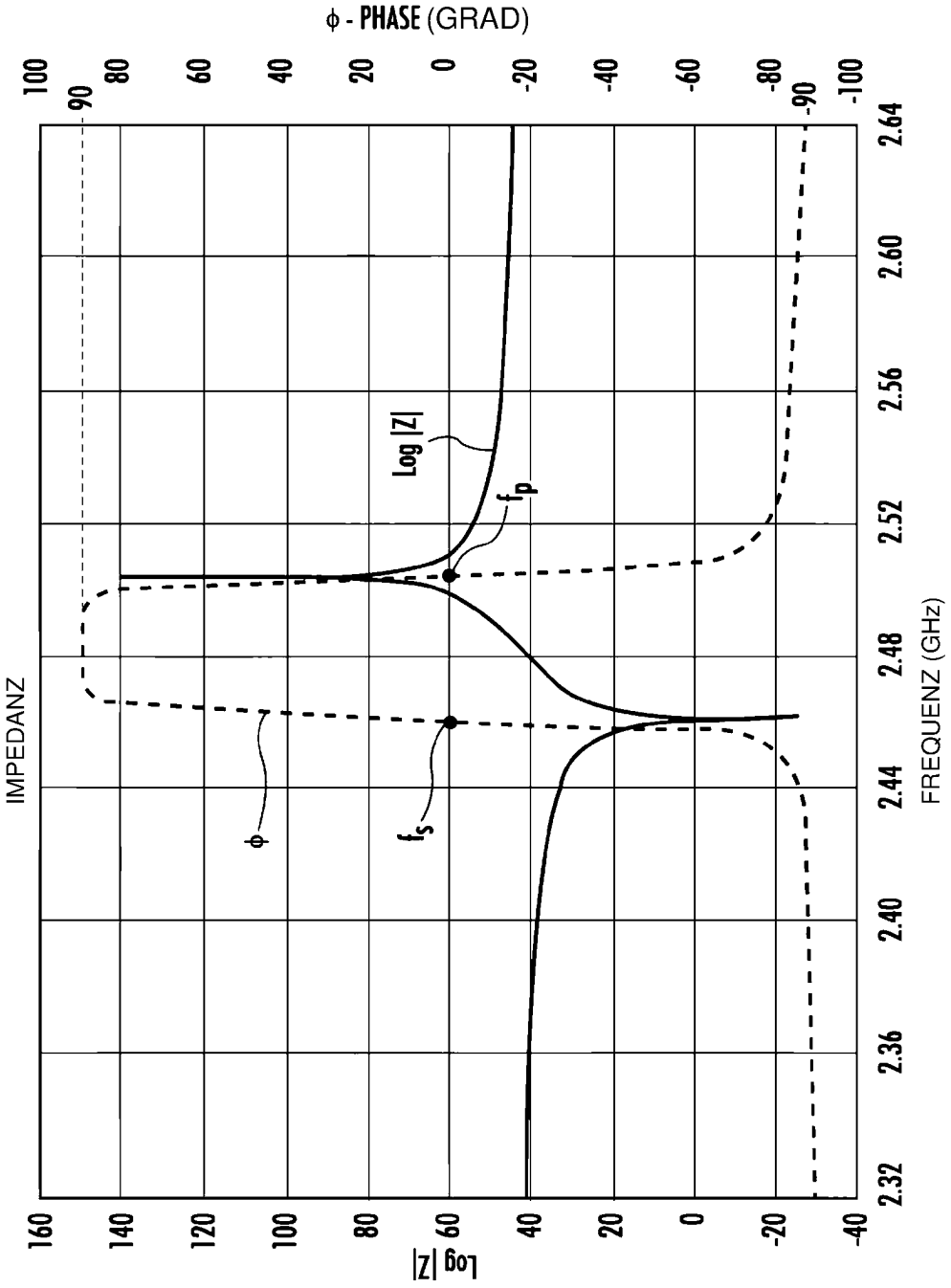

ϕ - PHASE (GRAD)
100
90
80
60
40
20
0
-20
-40
-60
-80
-90
-100
Log |Z|
f_p
f_s
ϕ
IMPEDANZ
160
140
120
100
80
60
40
20
0
-20
-40
Log |Z|
2.64
2.60
2.56
2.52
2.48
2.44
2.40
2.36
2.32
FREQUENZ (GHz)

FIG. 2

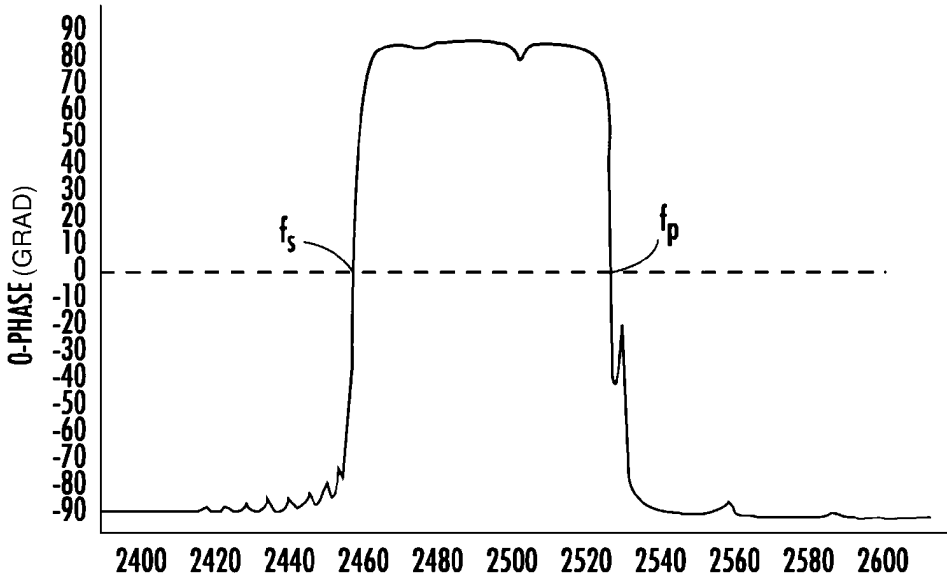

90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
-70
-80
-90
0-PHASE (GRAD)
f_s
f_p
2400 2420 2440 2460 2480 2500 2520 2540 2560 2580 2600

FIG. 3A

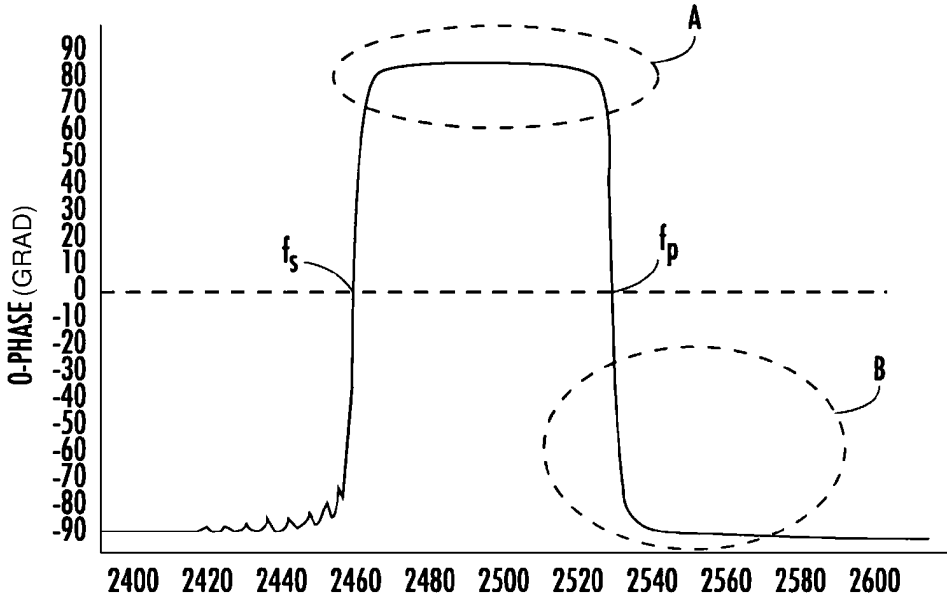

A
B
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
-70
-80
-90
0-PHASE (GRAD)
f_s
f_p
2400 2420 2440 2460 2480 2500 2520 2540 2560 2580 2600

FIG. 3B

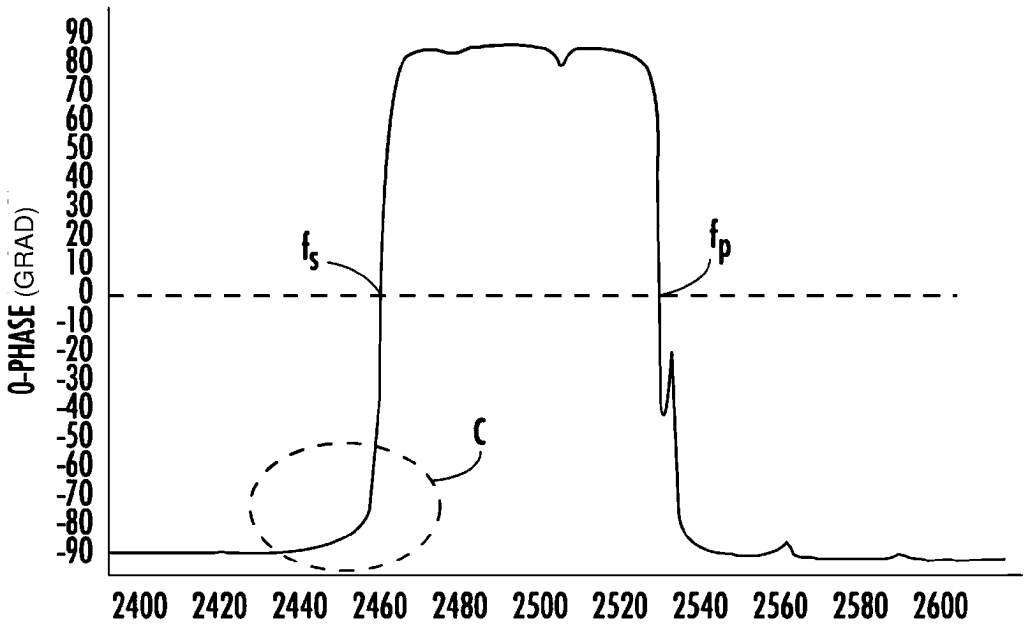

0-PHASE (GRAD)
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
-70
-80
-90
f_s
f_p
C
2400
2420
2440
2460
2480
2500
2520
2540
2560
2580
2600

FIG. 3C

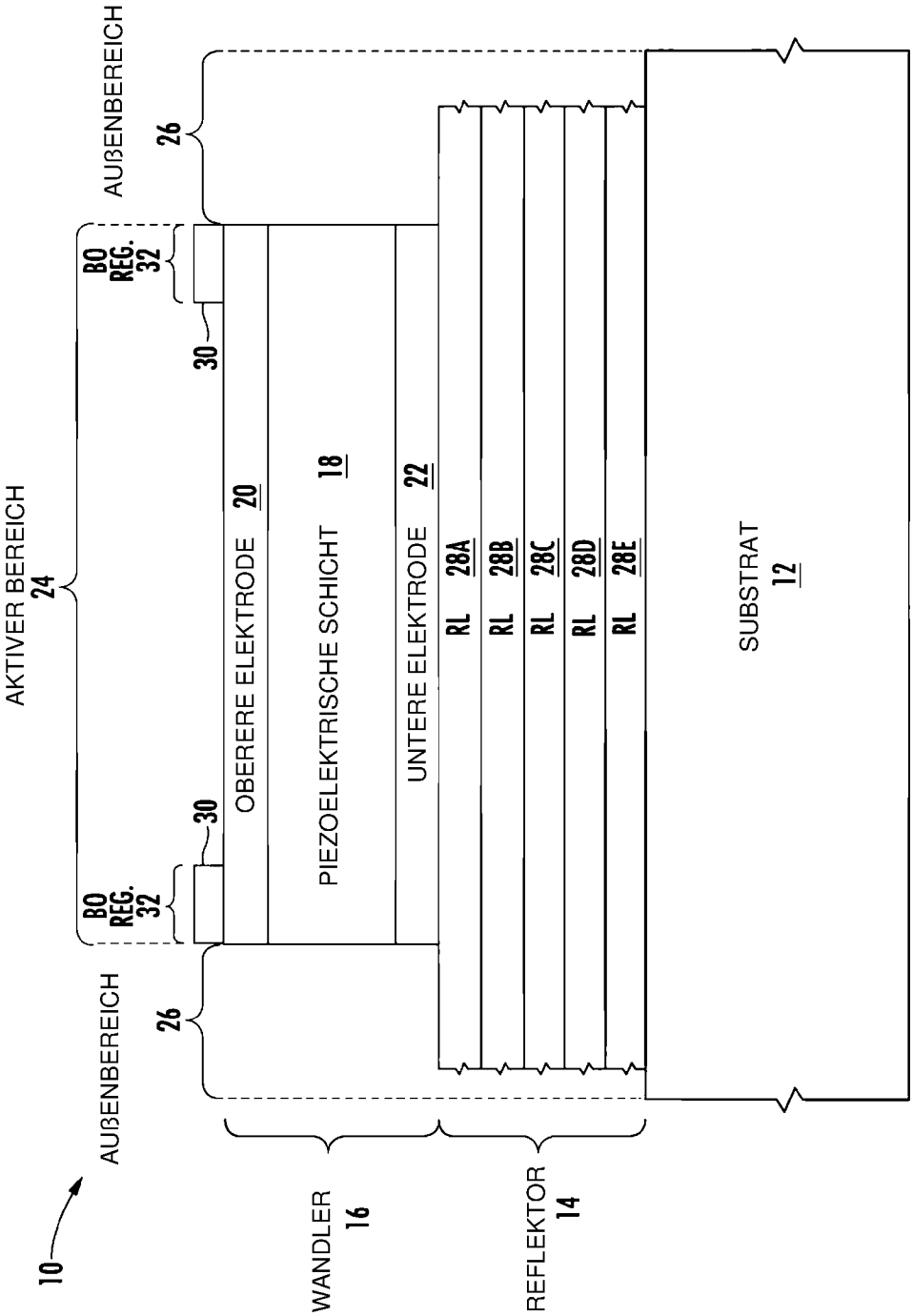


FIG. 4
VERWANDTE TECHNIK

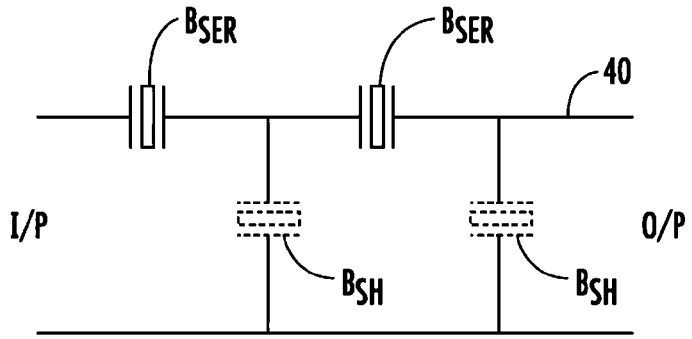


FIG. 5A

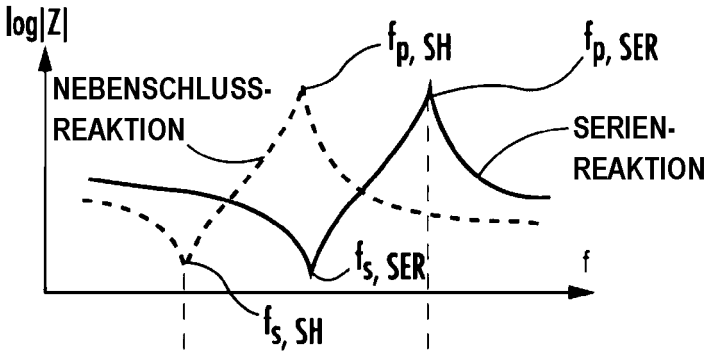


FIG. 5B

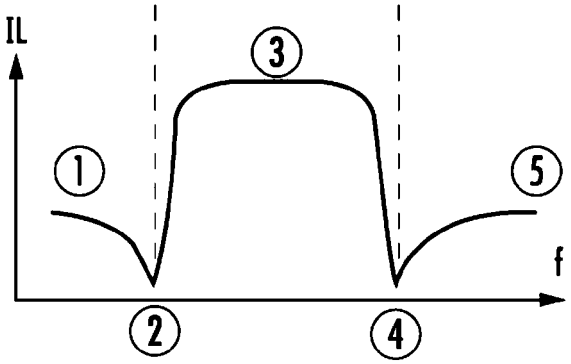


FIG. 5C

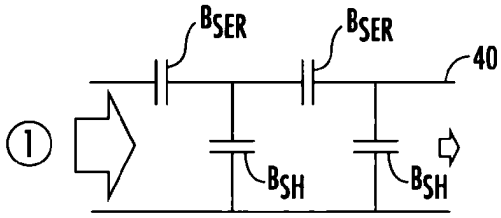


FIG. 6A

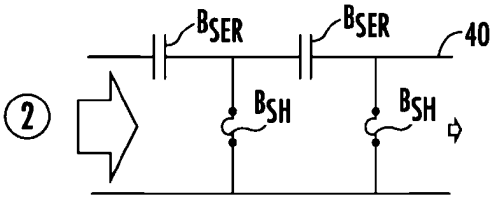


FIG. 6B

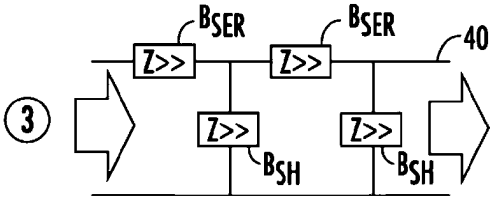


FIG. 6C

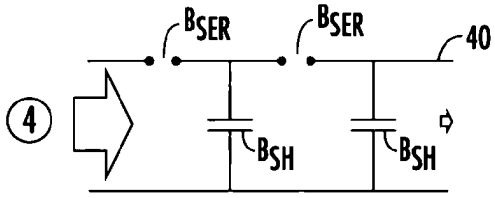


FIG. 6D

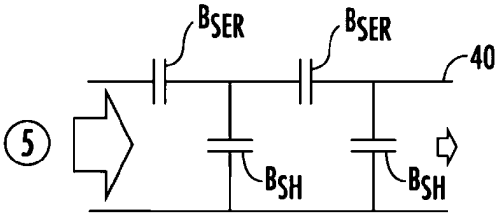


FIG. 6E

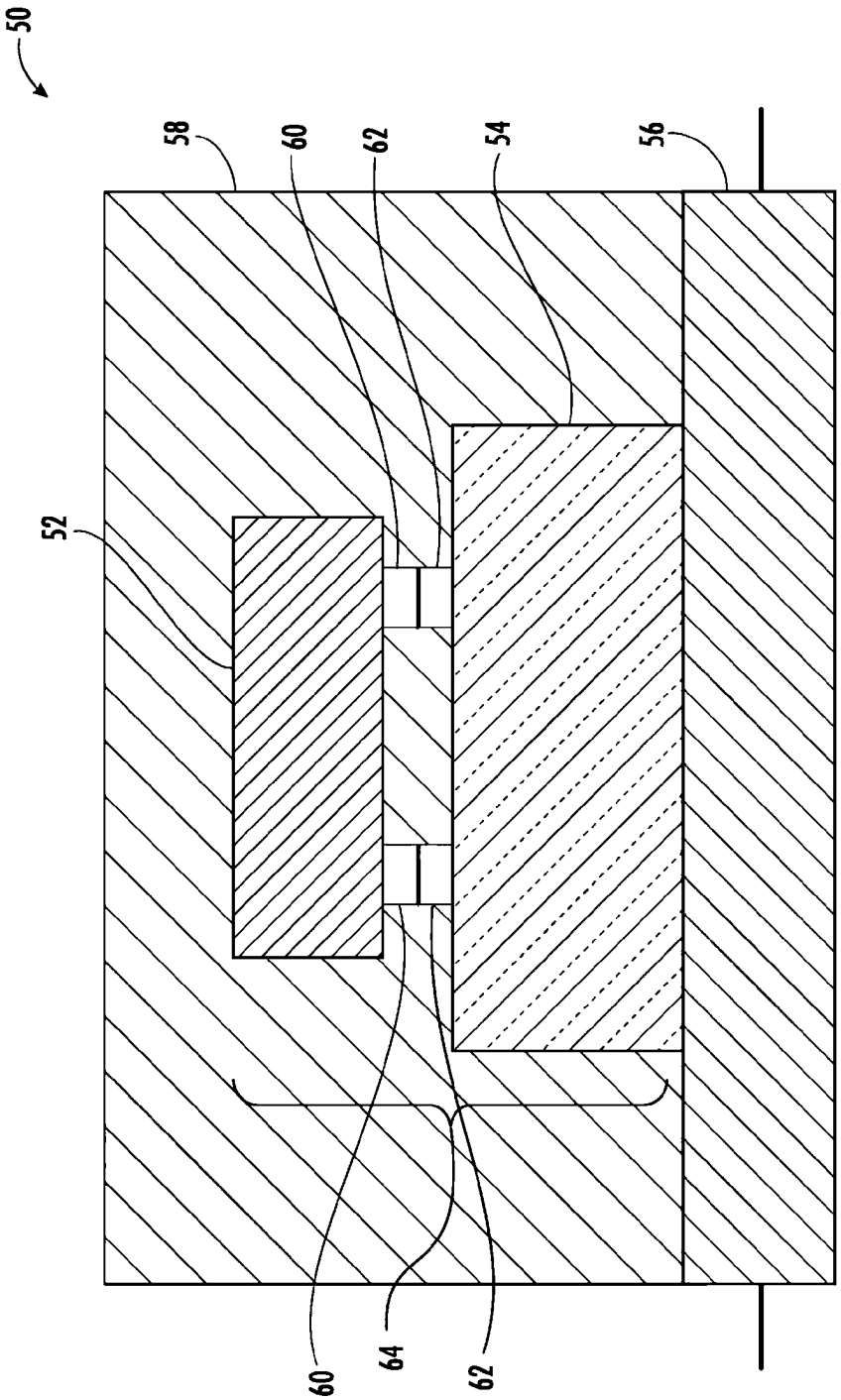


FIG. 7

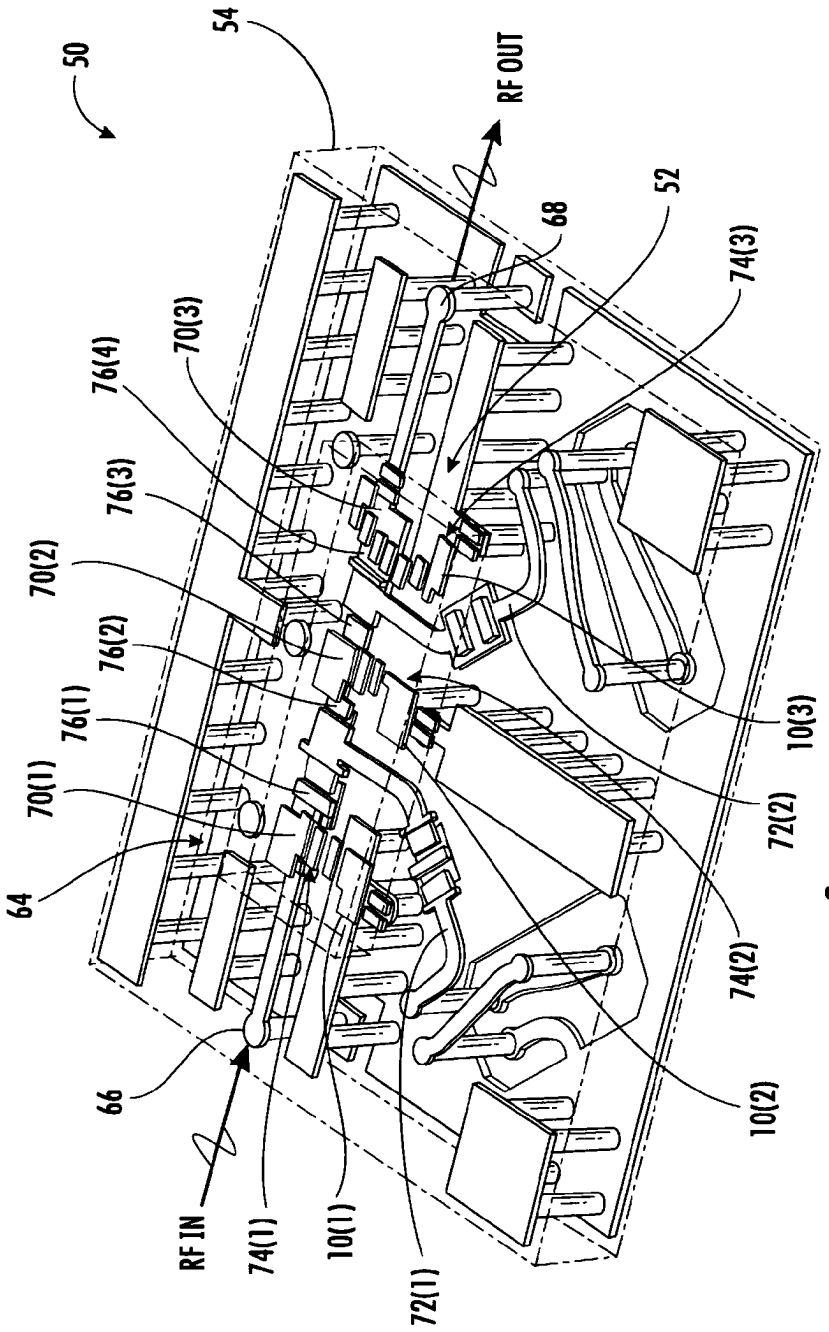

50
54
RF OUT
52
68
74(3)
70(3)
76(4)
76(3)
70(2)
76(2)
76(1)
70(1)
64
66
RF IN
74(1)
10(1)
72(1)
10(2)
74(2)
72(2)
10(3)

FIG. 8

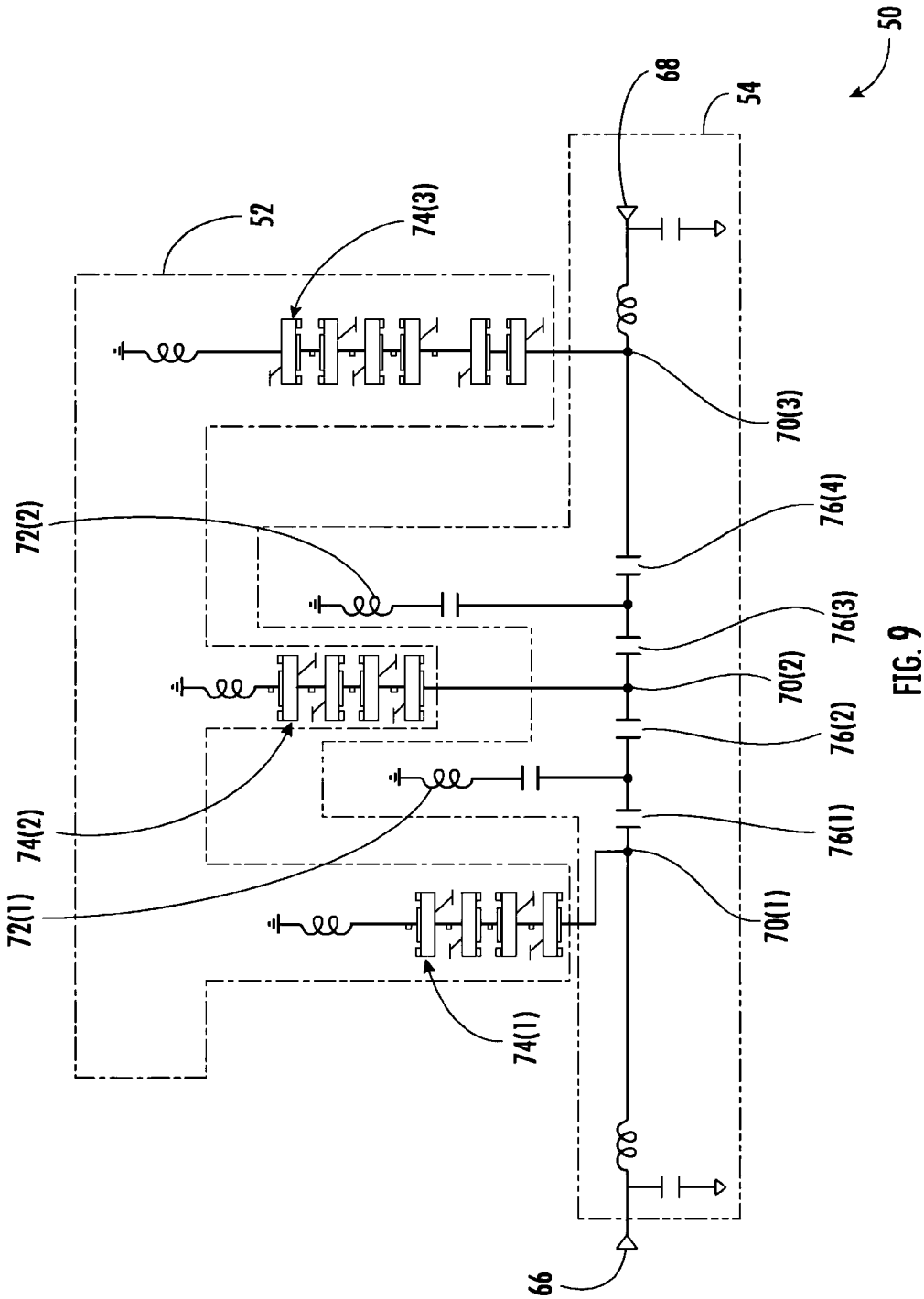


FIG. 9

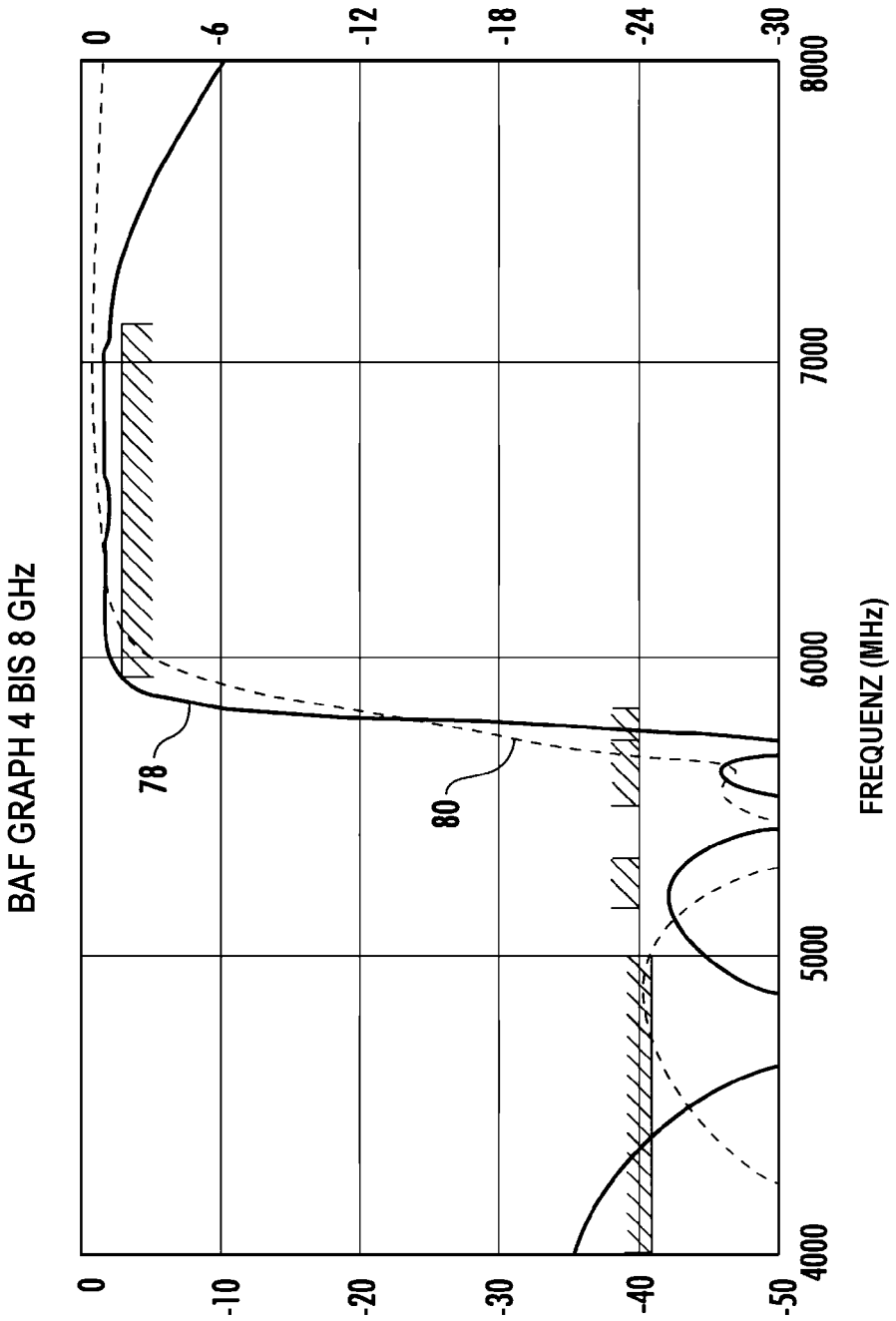

BAF GRAPH 4 BIS 8 GHz
0
-6
-12
-18
-24
-30
0
-10
-20
-30
-40
-50
4000
5000
6000
7000
8000
FREQUENZ (MHz)
78
80

FIG. 10

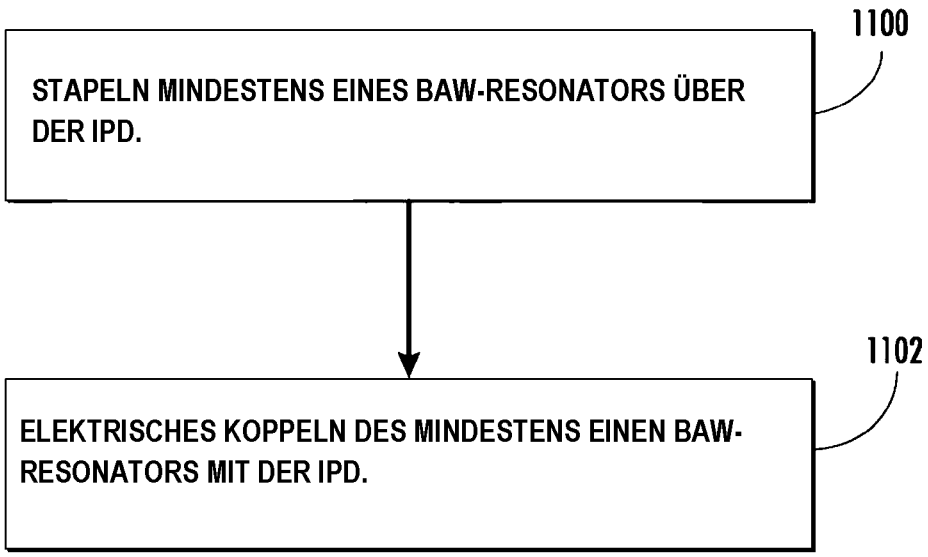


FIG. 11

 Das Dokument wurde durch die Firma Luminess hergestellt.