



(10) **DE 10 2017 127 713 B3** 2019.02.28

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2017 127 713.7**

(22) Anmeldetag: **23.11.2017**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **28.02.2019**

(51) Int Cl.: **H03H 9/58 (2006.01)**

H03H 9/64 (2006.01)

H03H 3/08 (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).

(73) Patentinhaber:
RF360 Europe GmbH, 81671 München, DE

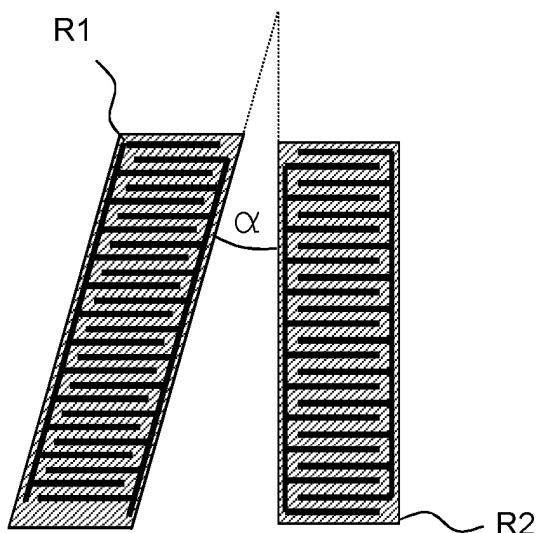
(74) Vertreter:
**Epping Hermann Fischer
Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80639 München,
DE**

(72) Erfinder:
**Dadgar Javid, Gholamreza, Dr., 81737 München,
DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:
US 2007 / 0 090 898 A1
US 2009 / 0 224 852 A1

(54) Bezeichnung: **Elektroakustisches Filter mit einer verringerten akustischen Kopplung, Verfahren zum Verringern der akustischen Kopplung und Multiplexer**

(57) Zusammenfassung: Es ist ein elektroakustisches Filter mit einer verringerten akustischen Kopplung vorgesehen. Das Filter umfasst zwei elektroakustische Resonatoren. Zwei entgegengesetzte Seiten der elektroakustischen Resonatoren sind unparallel ausgerichtet.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft das Verringern der akustischen Kopplung zwischen elektroakustischen Resonatoren, die in elektroakustischen Filtern oder Multiplexern verwendet werden können.

[0002] Elektroakustische Filter, beispielsweise Multiplexer, können in Drahtloskommunikationssystemen verwendet werden. In elektroakustischen Filtern sind elektroakustische Resonatoren in einer Filtertopologie angeordnet. Elektroakustische Resonatoren verwenden den piezoelektrischen Effekt zum Wandeln zwischen HF-Signalen und akustischen Wellen. Typische elektroakustische Resonatoren sind SAW-Resonatoren (SAW = oberflächenakustische Welle („surface acoustic wave“)), BAW-Resonatoren (BAW = akustische Volumenwelle („bulk acoustic wave“)) und GBAW-Resonatoren (GBAW = geführte akustische Volumenwelle („guided bulk acoustic wave“)). Bei SAW-Resonatoren sind kammförmige Elektrodenstrukturen mit ineinander eingreifenden Elektrodenfingern auf einem piezoelektrischen Material angeordnet. Angeregte akustische Wellen breiten sich an der Oberfläche des piezoelektrischen Materials aus. Bei BAW-Resonatoren ist ein piezoelektrisches Material sandwichförmig zwischen einer unteren Elektrode und einer oberen Elektrode angeordnet. Diese Sandwichkonstruktion kann auf einem Hohlraum oder einem akustischen Spiegel angeordnet werden.

[0003] Gewöhnlich umfasst die Filtertopologie zwei oder mehr in der Nähe zueinander angeordnete elektroakustische Resonatoren.

[0004] Allerdings können gewünschte akustische Wellenmoden und nicht gewünschte akustische Störwellenmoden einen elektroakustischen Resonator verlassen und in einen anderen elektroakustischen Resonator des Filters eintreten. Eine solche akustische Kopplung zwischen den Resonatoren verschlechtert die Gesamtfunktionsweise des Filters. Insbesondere verschlechtert die Interferenz zwischen akustischen Eigenwellenmoden eines elektroakustischen Resonators und empfangenen akustischen Wellen von einem anderen elektroakustischen Resonator die Funktionsweise des elektroakustischen Resonators.

[0005] Aus der US 2007/0090898 A1 sind gegeneinander verdrehte elektroakustische Resonatoren bekannt.

[0006] Aus der US 2009/0224852 A1 sind Filtertopologien mit gegeneinander verdrehten akustischen Spuren bekannt.

[0007] Der andauernde Trend zur Miniaturisierung erfordert kleinere Resonatorstrukturen, woraus sich

gewöhnlich kleinere Abstände zwischen den Resonatoren ergeben. Kleinere Abstände zwischen Resonatoren führen jedoch zu einer erhöhten Kopplung zwischen den Resonatoren.

[0008] Demgemäß ist ein elektroakustisches HF-Filter mit einer verringerten akustischen Kopplung zwischen den Resonatoren des Filters erwünscht.

[0009] Zu diesem Zweck sind gemäß den unabhängigen Ansprüchen ein elektroakustisches Filter mit einer verringerten akustischen Kopplung, ein Verfahren zum Verringern der akustischen Kopplung und ein Multiplexer vorgesehen. Die abhängigen Ansprüche sehen bevorzugte Ausführungsformen vor.

[0010] Ein elektroakustisches Filter mit einer verringerten akustischen Kopplung umfasst einen ersten elektroakustischen Resonator und einen zweiten elektroakustischen Resonator. Der erste elektroakustische Resonator weist eine erste Seite auf. Der zweite elektroakustische Resonator weist eine zweite Seite auf. Die erste Seite des ersten elektroakustischen Resonators und die erste Seite des zweiten elektroakustischen Resonators sind unparallel ausgerichtet.

[0011] Bei einem solchen elektroakustischen Filter kann die akustische Kopplung zwischen den Resonatoren verringert werden, d.h. die akustische Entkopplung zwischen den Resonatoren kann verbessert werden.

[0012] Der Begriff „Seite“ eines elektroakustischen Resonators bezeichnet den Bereich des Resonators, von dem akustische Wellen emittiert werden können. Eine unparallele Ausrichtung einer Seite des ersten elektroakustischen Resonators und einer Seite des zweiten elektroakustischen Resonators ermöglicht eine Verringerung der akustischen Kopplung, wenngleich sie dem Trend zur Miniaturisierung widerspricht, weil sie nicht mit dem Konzept der höchstmöglichen Dichte von Resonatorstrukturen eines elektroakustischen Filters übereinstimmt.

[0013] Falls akustische Wellen eine erste Position der ersten Seite des ersten elektroakustischen Resonators verlassen und zweite akustische Wellen eine zweite Position der ersten Seite des ersten elektroakustischen Resonators verlassen, können die ersten akustischen Wellen und die zweiten akustischen Wellen in den zweiten elektroakustischen Resonator eintreten. Insbesondere kann ein Teil der ersten elektroakustischen Wellen eine erste Position der ersten Seite des zweiten elektroakustischen Resonators treffen und kann ein Teil der zweiten elektroakustischen Wellen vom ersten elektroakustischen Resonator an einer zweiten Position der ersten Seite des zweiten elektroakustischen Resonators in den zweiten elektroakustischen Resonator eintreten. Durch die unparallele Ausrichtung der Seiten der elektro-

akustischen Resonatoren können die beiden empfangenen elektroakustischen Wellen eine Phasendifferenz aufweisen, welche eine vollständig oder teilweise destruktive Interferenz am zweiten elektroakustischen Resonator ermöglicht. Demgemäß kann die Interferenz akustischer Wellen, die sich vom ersten elektroakustischen Resonator zum zweiten elektroakustischen Resonator ausbreiten, verwendet werden, um die akustische Wirkung des ersten Resonators auf den zweiten Resonator zu verringern. Dies steht in Kontrast mit einer parallelen Ausrichtung jeweiliger Seiten von Resonatoren, wobei alle Teilwellen konstruktiv interferieren würden und eine maximale Wirkung auf das elektrische Ausgangssignal des zweiten Resonators hervorrufen würden.

[0014] Es ist möglich, dass die erste Seite des ersten elektroakustischen Resonators zwischen dem ersten elektroakustischen Resonator und dem zweiten elektroakustischen Resonator angeordnet wird. Die erste Seite des zweiten elektroakustischen Resonators wird zwischen dem ersten elektroakustischen Resonator und dem zweiten elektroakustischen Resonator angeordnet.

[0015] Demgemäß sind mit anderen Worten die erwähnten Seiten der elektroakustischen Resonatoren die Seiten der Resonatoren, die aufeinander zeigen. Diese Seiten haben den geringsten Abstand zwischen den Resonatoren, und ihre Ausbreitungsrichtung akustischer Wellen führt gewöhnlich zum höchsten Grad unerwünschter Kopplung, die wie vorstehend beschrieben verringert wird.

[0016] Es ist möglich, dass der Raum zwischen dem ersten elektroakustischen Resonator und dem zweiten elektroakustischen Resonator frei von einem anderen elektroakustischen Resonator ist.

[0017] Demgemäß wird das vorstehend erwähnte Prinzip mit anderen Worten auf benachbarte elektroakustische Resonatoren ohne einen weiteren dazwischen angeordneten elektroakustischen Resonator angewendet.

[0018] Es ist möglich, dass der Winkel α zwischen der ersten Seite des ersten elektroakustischen Resonators und der ersten Seite des zweiten elektroakustischen Resonators größer oder gleich 10° und kleiner oder gleich 40° ist.

[0019] Wenngleich ein höherer Wert für den Winkel α einen zunehmenden Entkopplungsbetrag unterstützt, vereinfacht ein verringerter Winkel α die Kombination von Resonatorstrukturen zum Erhalten einer kompakten Baugruppe. Entsprechend stellt das vorstehend erwähnte Winkelintervall einen guten Ausgleich zwischen der Entkopplung und der Baugruppengröße bereit. Insbesondere kann der Winkel α 15° , 20° , 25° , 30° oder 35° betragen.

[0020] Natürlich kann das elektroakustische Filter weitere elektroakustische Resonatoren aufweisen, und es sind andere Winkel in Bezug auf die Ausrichtung jeweiliger Seiten verschiedener Resonatoren möglich.

[0021] Es ist möglich, dass der erste elektroakustische Resonator aus einem SAW-Resonator, einem TFSAW-Resonator (TFSAW = Dünnschicht-SAW („thin film SAW“)), einem BAW-Resonator und einem GBAW-Resonator ausgewählt wird. Auch wird der zweite elektroakustische Resonator aus einem SAW-Resonator, einem TFSAW-Resonator, einem BAW-Resonator und einem GBAW-Resonator ausgewählt.

[0022] Im Fall eines mit Oberflächenwellen arbeitenden elektroakustischen Resonators in der Art eines SAW-Resonators, eines GBAW-Resonators oder eines TFSAW-Resonators kann der Resonator zwei entgegengesetzt angeordnete Stromsammelschienen und Fingerelektroden, die in einem verschachtelten Muster angeordnet und elektrisch konfiguriert sind, umfassen.

[0023] Ferner kann ein Resonator, der mit Oberflächenwellen arbeitet, an den distalen Enden der akustischen Spur angeordnete Reflektorstrukturen umfassen.

[0024] Resonatoren, die mit akustischen Volumenwellen arbeiten, können einen unterhalb der unteren Elektrode angeordneten elektroakustischen Spiegel umfassen, um akustische Energie auf den Resonator zu beschränken und eine Energiestreuung zu verhindern. Auch kann ein Hohlraum unterhalb der unteren Elektrode angeordnet sein.

[0025] Resonatoren, die mit Oberflächenwellen arbeiten, können auf einer gemeinsamen Oberfläche des piezoelektrischen Materials, beispielsweise einem monokristallinen piezoelektrischen Substrat, angeordnet werden. Es ist jedoch möglich, dass die Resonatoren auf entgegengesetzten Seiten eines solchen Substrats angeordnet werden und dass eine unerwünschte akustische Kopplung zwischen den Resonatoren durch eine Umwandlung in Volumenwellen, die sich durch das Substrat ausbreiten, stattfindet.

[0026] Resonatoren, die mit Volumenwellen arbeiten, können auf einem gemeinsamen Trägersubstrat angeordnet werden. Ein elektrisch leitendes oder ein dielektrisches Material kann zwischen den gestapelten Strukturen der einzelnen Resonatoren angeordnet werden. Es ist jedoch auch möglich, dass Resonatorstrukturen akustischer Volumenwellenresonatoren übereinander angeordnet werden.

[0027] Es ist möglich, dass das elektroakustische Filter ferner einen oder mehrere zusätzliche Resona-

toren umfasst. Jeder zusätzliche Resonator weist eine Seite auf. Die Seite kann akustische Wellen emittieren. Zwei oder mehr benachbarte Seiten benachbarter Resonatoren sind unparallel ausgerichtet.

[0028] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform werden so viele entgegengesetzte Seiten verschiedener Resonatoren wie möglich unparallel angeordnet. Insbesondere ist es bevorzugt, dass die jeweiligen Seiten jedes Resonators unparallel in Bezug auf die Seiten anderer Resonatoren angeordnet werden.

[0029] Es ist möglich, dass der erste elektroakustische Resonator und/oder der zweite elektroakustische Resonator ein SAW-Resonator, ein TFSAW-Resonator oder ein GBAW-Resonator ist und geneigte Elektrodenfinger umfasst.

[0030] Es ist möglich, dass die erste Seite des ersten elektroakustischen Resonators flach ist. Ferner ist es möglich, dass die erste Seite des zweiten elektroakustischen Resonators flach ist.

[0031] Resonatoren mit flachen Seiten vereinfachen den Prozess des Findens eines geeigneten Winkels α , entsprechend dem die Seiten ausgerichtet werden. Der Winkel α kann so gewählt werden, dass der kleinste Abstand zwischen den entgegengesetzten Seiten der beiden Resonatoren und ein entsprechender maximaler Abstand entgegengesetzter Positionen der Seiten hauptsächlich gleich $\lambda/2$ oder einem ganzzahligen Vielfachen von $\lambda/2$ ist, wobei λ die Wellenlänge der sich in einem der Resonatoren ausbreitenden akustischen Wellen ist.

[0032] Ein solcher Winkel α stellt gewöhnlich den höchsten Grad an destruktiver Interferenz bereit, der zu einer maximalen Wirksamkeit der akustischen Entkopplung der Resonatoren führt.

[0033] Es sei bemerkt, dass elektroakustische Resonatoren Elektrodenstrukturen mit einer bevorzugten Ausrichtung in Bezug auf die piezoelektrische Achse des piezoelektrischen Materials haben. Die piezoelektrische Achse des piezoelektrischen Materials ist die Richtung, in der Verformungen des piezoelektrischen Materials den höchsten Grad des piezoelektrischen Effekts hervorrufen.

[0034] Folglich sollte vermieden werden, Resonatorstrukturen willkürlich zu drehen, um die Strukturen von den Strukturen anderer Resonatoren akustisch zu entkoppeln. Stattdessen muss berücksichtigt werden, dass ein bestimmter Grad der piezoelektrischen Kopplung aufrechterhalten werden muss.

[0035] Entsprechend ist es bevorzugt, wenn die Ausrichtung der Seiten der Resonatoren so gewählt wird, dass der piezoelektrische Effekt auf einem hohen Niveau gehalten werden kann. Dies kann erreicht wer-

den, indem die Ausrichtung der Elektroden in Bezug auf die piezoelektrische Achse beibehalten wird. Insbesondere kann eine senkrechte Ausrichtung zwischen der Verlaufsrichtung der Elektrode und der piezoelektrischen Achse beibehalten werden.

[0036] Ein Weg zum Erhalten guter Werte für α und eines hohen Kopplungsgrads besteht in der Verwendung geneigter Resonatoren und/oder der Verwendung geneigter Elektrodenfinger innerhalb eines Resonators. Ein geneigter Resonator ist ein Resonator mit der Form eines Parallelogramms, zumindest in einem horizontalen oder vertikalen Querschnitt des Resonators.

[0037] Demgemäß ist es bevorzugt, dass die Projektion eines elektroakustischen Resonators gemäß dem vorstehend Erwähnten die Form eines Parallelogramms aufweist. Dies gilt für Resonatoren, die mit Volumenwellen arbeiten, und für Resonatoren, die mit Oberflächenwellen arbeiten. Insbesondere können Resonatoren, die mit Volumenwellen arbeiten, die Form eines Prismas mit einem Parallelogramm als Basisfläche aufweisen.

[0038] Das Gleiche gilt im Fall von Resonatoren, die mit Oberflächenwellen arbeiten, für die Form der Elektrodenfinger: Die Elektrodenfinger können die Projektion eines Parallelogramms aufweisen.

[0039] Ferner können ein oder mehrere solcher elektroakustischer Filter in einem Multiplexer verwendet werden. Ein Multiplexer, beispielsweise ein Duplexer, ein Triplexer oder ein Multiplexer eines höheren Grads, wird für das Zerlegen von HF-Signalen unterschiedlicher Frequenzbereiche in getrennte Signalwege oder für das Kombinieren von HF-Signalen unterschiedlicher Frequenzbereiche, die von unterschiedlichen Signalwegen erhalten werden, in einem oder mehreren gemeinsamen Signalwegen verwendet.

[0040] Entsprechend umfasst ein Multiplexer ein elektroakustisches Filter, wie vorstehend beschrieben wurde, als ein erstes und/oder als ein zweites Filter.

[0041] Im Fall eines Duplexers ist ein Filter ein Transmissionsfilter, während das andere Filter ein Empfangsfilter ist. Ferner kann eine Impedanzanpassungsschaltung elektrisch zwischen das Transmissionsfilter und das Empfangsfilter geschaltet werden.

[0042] Das elektroakustische Filter kann eine leiterartige Filtertopologie aufweisen. Bei einer leiterartigen Filtertopologie sind ein oder mehrere serielle Resonatoren in einem Signalweg elektrisch in Reihe geschaltet. Ein oder mehrere Nebenschlussresonatoren werden in einem oder mehreren Neben-

schlusswegen angeordnet und verbinden den Signalweg elektrisch mit Masse.

[0043] Ein Verfahren zum Verringern der akustischen Kopplung zwischen elektroakustischen Resonatoren kann die folgenden Schritte umfassen:

- Emittieren einer ersten akustischen Welle von einer ersten Position einer Seite eines ersten elektroakustischen Resonators,
- Emittieren einer zweiten akustischen Welle von einer zweiten Position der Seite des ersten elektroakustischen Resonators,
- Empfangen der ersten akustischen Welle an einer ersten Position einer Seite eines zweiten elektroakustischen Resonators zu einer ersten Zeit t_1 ,
- Empfangen der zweiten akustischen Welle an einer zweiten Position der Seite des zweiten elektroakustischen Resonators zu einer von t_1 verschiedenen zweiten Zeit t_2 .

[0044] Insbesondere ist es bevorzugt, dass die Zeitdifferenz $t_2 - t_1$ die Hälfte der Periode oder ein ungeradzahliges Vielfaches der Periode des entsprechenden HF-Signals ist.

[0045] Grundprinzipien und Einzelheiten bevorzugter Ausführungsformen werden in den anliegenden schematischen Figuren beschrieben.

[0046] Es ist möglich, dass die Drehung oder Neigung (insbesondere die Neigung) eines oder mehrerer Resonatoren auch die Verringerung unerwünschter Störmoden verbessert. Die Drehung oder die Neigung kann mit einem Winkel α ausgeführt werden, so dass die von den akustischen Wellen gespürte Öffnung derart ist, dass die unerwünschten Störmoden aber nicht erwünschte akustische Moden unterdrückt werden oder ihre Intensität verringert wird. Insbesondere bewirkt die Neigung eine effektive Öffnung, die von der Breite des Resonators in einer zur Richtung der Hauptmode orthogonalen Richtung abweicht. Die effektive Öffnung, im Allgemeinen eine verringerte effektive Öffnung, kann zu Interferenzwirkungen innerhalb des Resonators führen, die für unerwünschte Störmoden destruktiv sind.

[0047] Es zeigen:

Fig. 1 eine mögliche Ausrichtung zweier Resonatoren.

Fig. 2 eine Konfiguration, bei der der Winkel α durch eine Drehung erhalten wird.

Fig. 3 eine Konfiguration, bei der der Winkel α durch Neigen eines Resonators erhalten wird.

Fig. 4 eine Konfiguration, bei der die Ausrichtung durch Neigen zweier Resonatoren erhalten wird.

Fig. 5 eine Möglichkeit zum Erhalten eines geneigten Resonators.

Fig. 6 eine Möglichkeit zum Erhalten eines gedrehten Resonators.

Fig. 7 eine andere Möglichkeit zum Erhalten eines geneigten Resonators.

Fig. 8 das Prinzip der destruktiven Interferenz.

Fig. 9 eine mögliche Fehlansrichtung übereinander angeordneter BAW-Resonatorelemente.

Fig. 10 die Möglichkeiten zum Anordnen unparallel ausgerichteter BAW-Resonatorstrukturen nebeneinander.

Fig. 11 ein Layout von Resonatoren auf einem piezoelektrischen Substrat.

Fig. 12 eine leiterartige Filtertopologie.

Fig. 13 Resonatoranordnungen, die eine höhere Packungsdichte ermöglichen.

[0048] **Fig. 1** zeigt einen ersten Resonator **R1** und einen zweiten Resonator **R2**, die sich nahe beieinander befinden. Der erste Resonator **R1** weist eine erste Seite **S1** auf. Der zweite Resonator **R2** weist auch eine erste Seite **S1** auf. Die erste Seite **S1** des ersten Resonators **R1** und die erste Seite **S1** des zweiten Resonators **R2** sind unparallel ausgerichtet.

[0049] Jede Position auf jeder Seite jedes elektroakustischen Resonators könnte allgemein die Quelle einer unerwünschten Emission akustischer Wellen sein. Der Empfang solcher unerwünschter akustischer Wellen im anderen Resonator führt zu einer akustischen Wechselwirkung zwischen den beiden Resonatoren und einer Verschlechterung der akustischen und elektrischen Eigenschaften der Resonatoren und insbesondere des elektrischen Ansprechens des entsprechenden Filters. Durch Bereitstellen eines von Null verschiedenen Winkels α in Bezug auf die Ausrichtungen entgegengesetzter Seiten der Resonatoren haben empfangene akustische Wellen unterschiedliche Phasen in Bezug zueinander und ermöglichen destruktive Interferenzen. Demgemäß werden die Wirkungen der akustischen Kopplung verringert und wird eine Verschlechterung des Filterverhaltens verringert.

[0050] Jedoch verschlechtert das Bereitstellen von Null verschiedener Winkel α in Bezug auf die Ausrichtung von Seiten der Resonatoren die Möglichkeiten des Stapelns der Resonatoren dicht beieinander, was zu einer geringeren möglichen Packungsdichte und entsprechenden höheren Flächenverbräuchen, einem höheren Bedarf an piezoelektrischem Material, einem höheren Gewicht und höheren Herstellungskosten führt.

[0051] Fig. 2 zeigt wenigstens eine mögliche Art des Bereitstellens des Winkels α . Zumindest ein Resonator wird um α gedreht, oder beide Resonatoren werden gedreht, so dass ein effektiver relativer Drehwinkel α erhalten wird.

[0052] Eine solche Drehung ist jedoch im Allgemeinen unerwünscht, weil die Drehung eine Fehlausrichtung der Elektronenstrukturen in Bezug auf die piezoelektrische Achse hervorruft und der Kopplungsfaktor verschlechtert werden würde.

[0053] Folglich zeigt Fig. 3 eine andere Möglichkeit zum Erhalten einer unparallelen Ausrichtung entgegengesetzter Seiten des ersten und des zweiten Resonators, ohne die Elektrodenfinger ausrichtung in Bezug auf die bevorzugte piezoelektrische Achse zu verschieben. Die unparallele Ausrichtung wird durch Neigen wenigstens eines Resonators (bei diesem Beispiel des ersten Resonators **R1**) erhalten. Jeder Elektrodenfinger behält seine Verlaufsrichtung bei. Allerdings wird jeder Elektrodenfinger versetzt. Der Betrag des Versatzes hängt von der Längsposition innerhalb der akustischen Spur ab. Auch können die Stromsammelschienen geneigt werden. Es ist jedoch möglich, die Stromsammelschienen lediglich zu drehen.

[0054] Fig. 4 zeigt die Möglichkeit des Neigens beider Resonatoren in Bezug auf die bevorzugte Orientierung des Verlaufs der Elektrodenfinger, so dass der effektive Winkel α erhalten wird.

[0055] Fig. 5 zeigt die Möglichkeit des Erhaltens einer geneigten Resonatorstruktur durch Drehen der Stromsammelschienen **BB** und lediglich Versetzen der Elektrodenfinger **EF**.

[0056] Dagegen zeigt Fig. 6 die Möglichkeit des Drehens der gesamten Strukturen, einschließlich des Drehens der Stromsammelschienen **BB** und der Elektrodenfinger **EF**.

[0057] Fig. 7 zeigt eine weitere Möglichkeit: Es werden die Stromsammelschienen **BB** gedreht. Die Elektrodenfinger werden versetzt und geneigt. Dies ermöglicht es, einen konstanten Abstand zwischen einem distalen Ende des Elektrodenfingers **EF** und der entgegengesetzten Stromsammelschiene **BB** beizubehalten, während die nicht geneigten Elektrodenfinger **EF** an ihrem distalen Ende Positionen aufweisen, die näher zu der anderen Stromsammelschiene sind als andere Positionen am distalen Ende des Elektrodenfingers.

[0058] Es sei bemerkt, dass geneigte Resonatoren als eine verringerte Öffnung aufweisend angesehen werden können. Die Breite des Resonators in Verlaufsrichtung der Elektrodenfinger kann demgemäß so gewählt werden, dass die effektive Öffnung des

Resonators gleich der gewünschten Öffnung eines nicht geneigten Resonators ist.

[0059] Fig. 8 zeigt das Prinzip der destruktiven Interferenz. Im Prinzip kann jede Position **DP1**, **P1**, **P2**, **DP2** einer Seite eines aktiven elektroakustischen Resonators die Quelle emittierter akustischer Wellen sein. Akustische Wellen, beispielsweise solche, die an der Position **P1** des ersten Resonators **R1** emittiert werden, treffen an einer entsprechenden ersten Position **P1** auf den zweiten Resonator **R2**. Ferner treffen von einer zweiten Position **P2** des ersten Resonators **R1** emittierte akustische Wellen an einer zweiten Position **P2** auf den zweiten Resonator **R2**. Es ist bevorzugt, dass es für jede mögliche Position **P1** eine Position **P2** gibt, so dass die Phasendifferenz zwischen den empfangenen akustischen Wellen auf der Seite des zweiten Resonators ein ungeradzahliges Vielfaches von 180° ist. Dann interferieren akustische Wellen vollständig destruktiv, und die Wirkungen der akustischen Wechselwirkung würden verhindert werden. Selbst eine teilweise destruktive Interferenz verbessert jedoch das akustische Ansprechen des entsprechenden HF-Filters.

[0060] Der hohe Grad an destruktiver Interferenz kann erhalten werden, wenn die an den ersten nächstgelegenen distalen Punkten **DP1** erhaltene Phasendifferenz mehr oder weniger 180° ist, die Phasendifferenz an jeweiligen zweiten distalen Punkten **DP2** am jeweiligen anderen Ende des Resonators, das den höchstmöglichen Abstand hat. Ferner sind auch ungeradzahlige Vielfache von 180° möglich.

[0061] Fig. 9 zeigt die Möglichkeit einer unparallelen Ausrichtung übereinander angeordneter BAW-Resonatorstrukturen. Jede Struktur hat eine erste Elektrode **EL1** und eine zweite Elektrode **EL2**. Die erste Elektrode kann die untere Elektrode sein, und die zweite Elektrode kann die obere Elektrode sein. Ein piezoelektrisches Material **PM** ist zwischen den beiden Elektroden sandwichförmig angeordnet.

[0062] Ähnlich zeigt Fig. 10 die Möglichkeit des Bereitstellens zweier BAW-Resonatorstapel nebeneinander, beispielsweise auf einem gemeinsamen Trägersubstrat. Die entgegengesetzten Seiten sind unparallel angeordnet.

[0063] Fig. 11 zeigt ein als Beispiel dienendes Layout von Resonatoren **R** auf einem piezoelektrischen Substrat **PSU**. Pfeile geben Seiten der Resonatoren gegenüber entsprechenden Seiten anderer Resonatoren an, so dass unparallele Ausrichtungen erhalten werden. Ferner sei bemerkt, dass auf dem piezoelektrischen Substrat **PSU** weiterer Platz für das Bereitstellen elektrischer Verbindungen in der Art von Lötöckerverbindungen **BC** oder elektrischer Verbindungen, beispielsweise Signalleitungen zwischen

den Resonatoren (aus Gründen einer besseren Klarheit fortgelassen), erforderlich ist.

[0064] Der Nachteil einer solchen Anordnung und Ausrichtung von Resonatoren ist offensichtlich: Der Flächenverbrauch ist verglichen mit in **Fig. 13** dargestellten parallelen Anordnungen stark erhöht.

[0065] **Fig. 12** zeigt eine mögliche Resonatorkonfiguration eines elektroakustischen Filters **EAF**: In einem Signalweg **SP** sind Resonatoren **R** elektrisch in Reihe geschaltet. Die beiden parallelen Pfade schalten den Signalweg **SP** zur Masse neben. Jeder Parallelzweig weist einen weiteren Resonator **R** auf.

[0066] Abhängig von der Auswahl von Resonanz- und Antiresonanzfrequenzen serieller und paralleler Resonatoren können solche Filtertopologien Bandpassfilter oder Bandunterdrückungsfilter bereitstellen. Die Kombination von zwei oder mehr Bandpassfiltern ermöglicht die Erzeugung von Duplexern oder Multiplexern eines höheren Grads.

[0067] Im Gegensatz zur in **Fig. 11** dargestellten Anordnung zeigt **Fig. 13** herkömmlich angeordnete Resonatoren **R**, die in Bezug zueinander ausgerichtet sind, so dass eine hohe Packungsdichte erhalten werden kann.

[0068] Das elektroakustische Filter, der Multiplexer und das Verfahren zum Verringern der akustischen Kopplung sind nicht auf die in den Figuren dargestellten und vorstehend erklärten technischen Merkmale beschränkt. Elektroakustische Filter können weitere Filterstrukturen in der Art weiterer Resonatoren, weitere Schaltungselemente in der Art induktiver Elemente, resistiver Elemente und/oder kapazitiver Elemente und Anpassungsschaltungen aufweisen.

Bezugszeichenliste

α:	Winkel zwischen entgegengesetzten Seiten benachbarter Resonatoren
BB:	Stromsammelschiene
BC:	Busverbindung
DP1, DP2:	erste, zweite distale Position
EAF:	elektroakustisches Filter
EF:	Elektrodenfinger
EL1:	erste untere Elektrode
EL2:	zweite obere Elektrode
P1, P2:	erste, zweite Position
PM:	piezoelektrisches Material
PSU:	piezoelektrisches Substrat

R1, R2, R:	elektroakustischer Resonator
S1:	erste Seite
SP:	Signalweg

Patentansprüche

1. Elektroakustisches Filter (EAF) mit einer verringerten akustischen Kopplung, welches Folgendes umfasst:

- einen ersten elektroakustischen Resonator (R1) mit einer ersten Seite (S1) ,
- einen zweiten elektroakustischen Resonator (R2) mit einer ersten Seite (S1) ,

wobei

- die erste Seite (S1) des ersten elektroakustischen Resonators (R1) und die erste Seite (S1) des zweiten elektroakustischen Resonators (R2) unparallel ausgerichtet sind,

- der erste elektroakustische Resonator (R1) und/oder der zweite elektroakustische Resonator (R2) geneigte Elektrodenfinger (EF) umfasst.

2. Elektroakustisches Filter nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei

- die erste Seite (S1) des ersten elektroakustischen Resonators (R1) zwischen dem ersten elektroakustischen Resonator (R1) und dem zweiten elektroakustischen Resonator (R2) angeordnet ist und

- die erste Seite (S1) des zweiten elektroakustischen Resonators (R2) zwischen dem ersten elektroakustischen Resonator (R1) und dem zweiten elektroakustischen Resonator (R2) angeordnet ist.

3. Elektroakustisches Filter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Raum zwischen dem ersten elektroakustischen Resonator (R1) und dem zweiten elektroakustischen Resonator (R2) frei von einem anderen elektroakustischen Resonator ist.

4. Elektroakustisches Filter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Winkel α zwischen der ersten Seite (S1) des ersten elektroakustischen Resonators (R1) und der ersten Seite (S1) des zweiten elektroakustischen Resonators (R2) $10^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$ ist.

5. Elektroakustisches Filter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der erste elektroakustische Resonator (R1) und der zweite elektroakustische Resonator (R2) aus einem SAW-Resonator, einem TFSAW-Resonator, einem BAW-Resonator und einem GBAW-Resonator ausgewählt ist.

6. Elektroakustisches Filter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welches ferner einen oder mehrere zusätzliche Resonatoren (R) umfasst, wobei jeder zusätzliche Resonator (R) eine Seite aufweist, wobei zwei oder mehr benachbarte Seiten benachbarter Resonatoren (R) unparallel ausgerichtet sind.

7. Elektroakustisches Filter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der erste elektroakustische Resonator (R1) und/oder der zweite elektroakustische Resonator (R2) ein SAW-Resonator, ein TFSAW-Resonator oder ein GBAW-Resonator ist.

8. Elektroakustisches Filter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste Seite (S1) des ersten elektroakustischen Resonators (R1) flach ist und die erste Seite des zweiten elektroakustischen Resonators (R2) flach ist.

9. Multiplexer, der ein elektroakustisches Filter (EAF) nach einem der vorhergehenden Ansprüche als erstes und/oder zweites Filter umfasst.

10. Verfahren zum Verringern der akustischen Kopplung zwischen elektroakustischen Resonatoren (R1, R2), von denen zumindest ein Resonator geneigte Elektrodenfinger (EF) aufweist, welches folgende Schritte umfasst:

- Emittieren einer ersten akustischen Welle von einer ersten Position (P1) einer Seite (S1) eines ersten elektroakustischen Resonators (R1),
- Emittieren einer zweiten akustischen Welle von einer zweiten Position (P2) der Seite (S1) des ersten elektroakustischen Resonators (R1),
- Empfangen der ersten akustischen Welle an einer ersten Position (P1) einer Seite (S1) eines zweiten elektroakustischen Resonators (R2) zu einer ersten Zeit t_1 ,
- Empfangen der zweiten akustischen Welle an einer zweiten Position (P2) der Seite (S1) des zweiten elektroakustischen Resonators (R2) zu einer zweiten Zeit $t_2 < t_1$.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

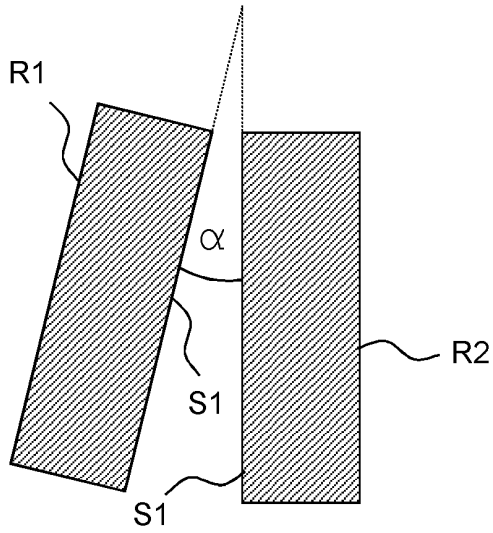


Fig. 1

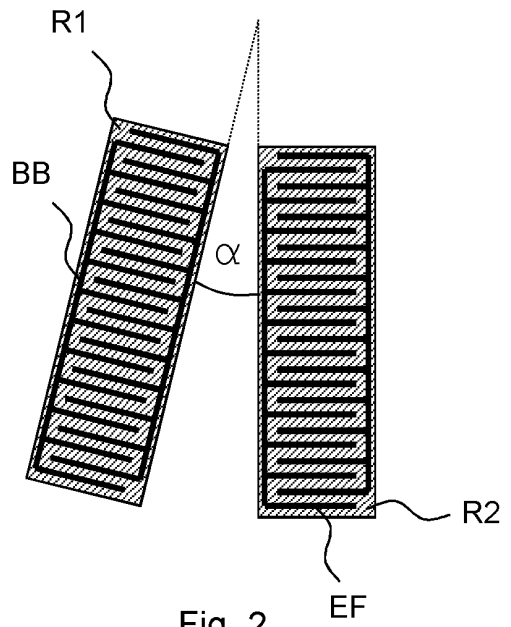


Fig. 2

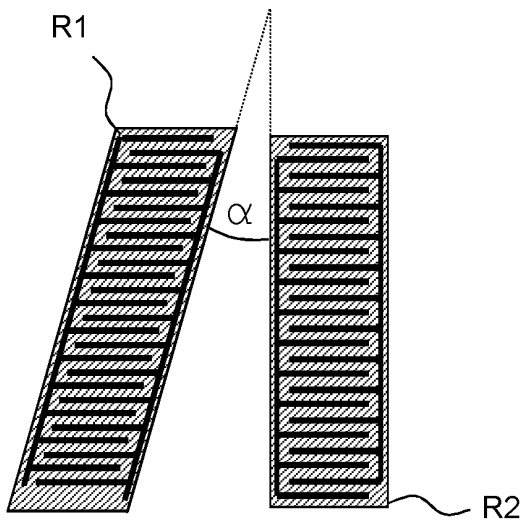


Fig. 3

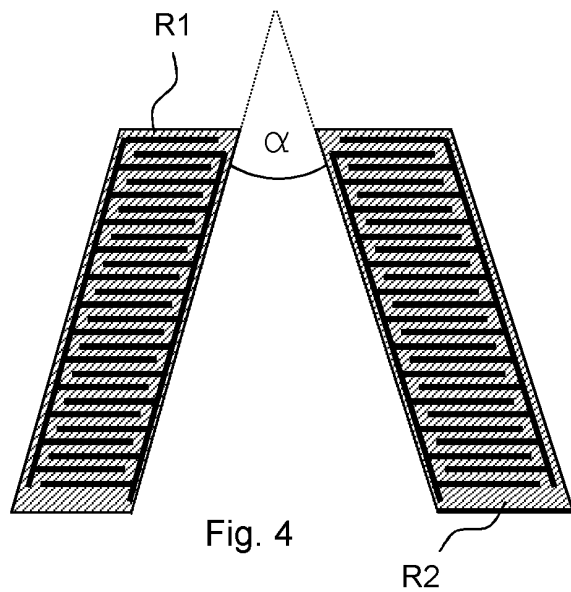


Fig. 4

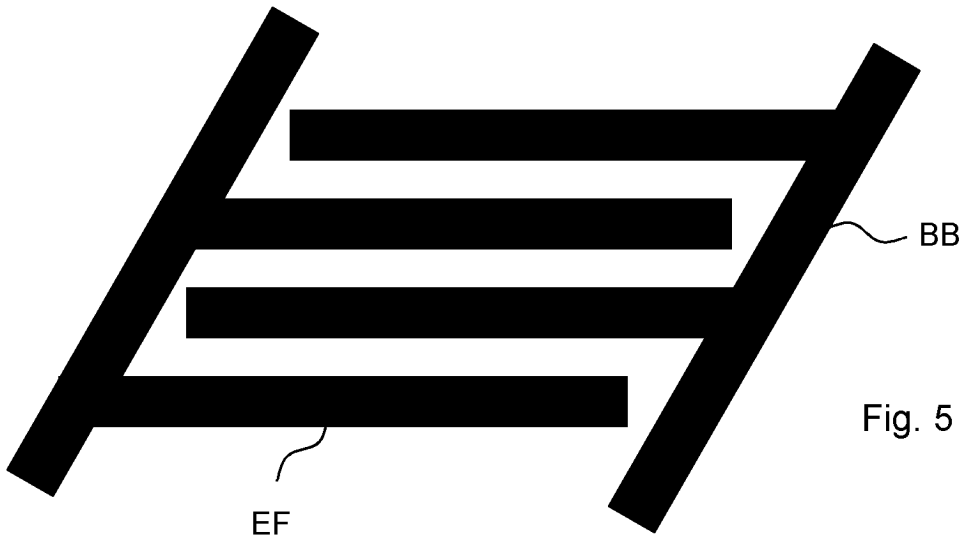
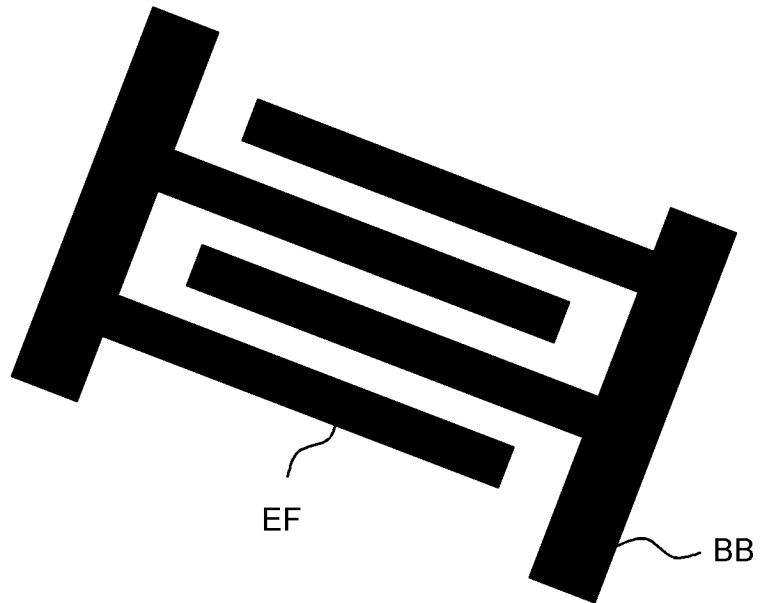


Fig. 5

EF

BB

Fig. 6



EF

BB

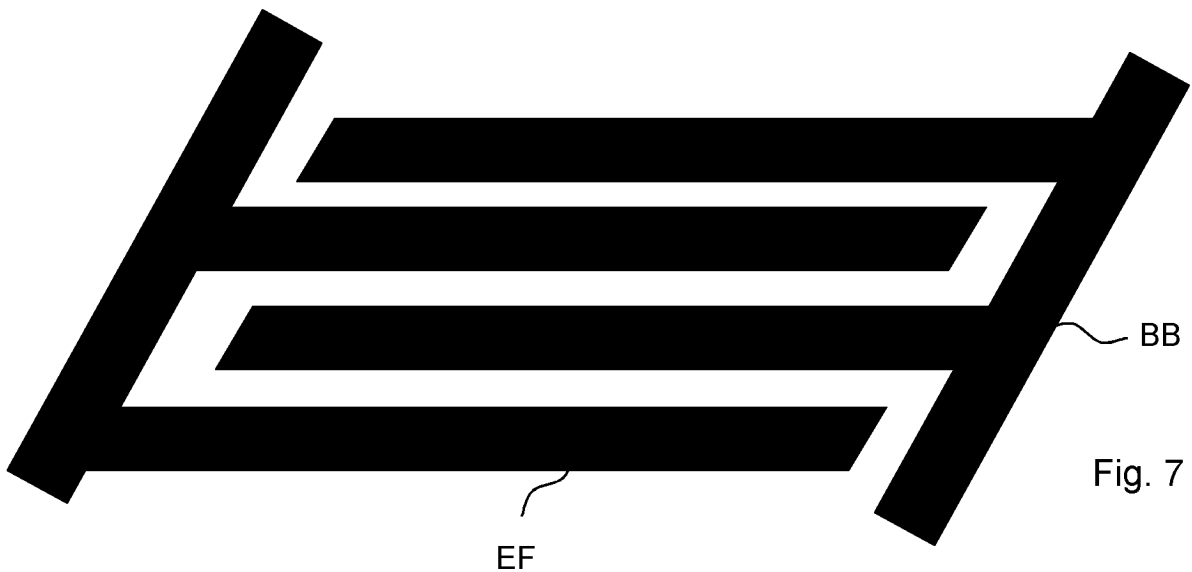


Fig. 7

EF

BB

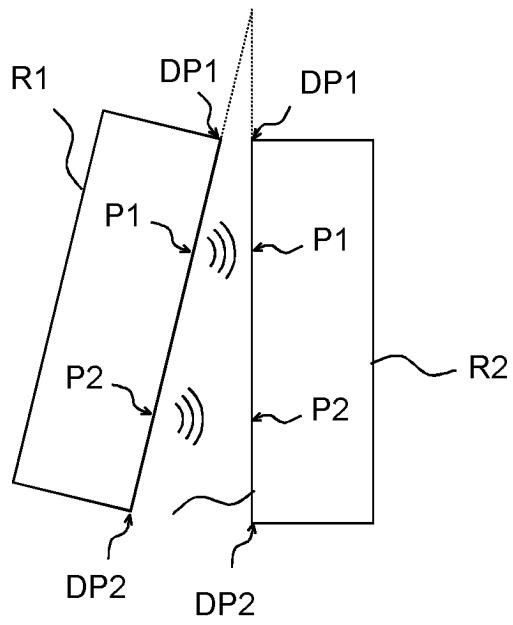


Fig. 8

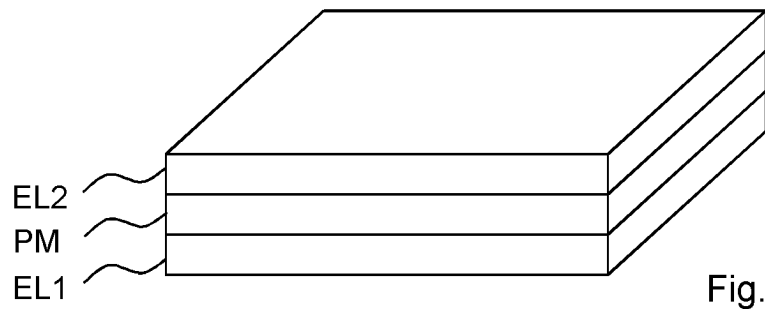
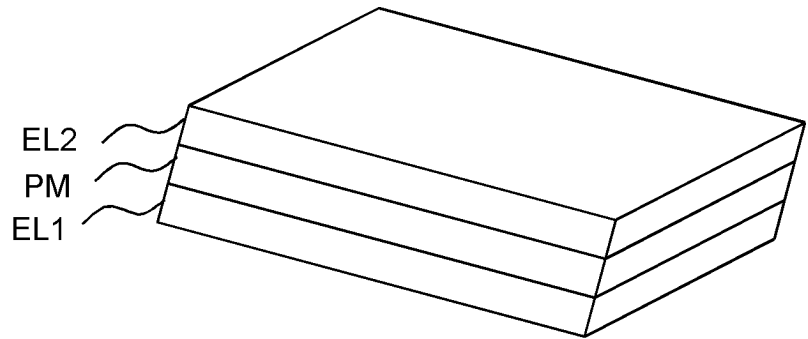


Fig. 9

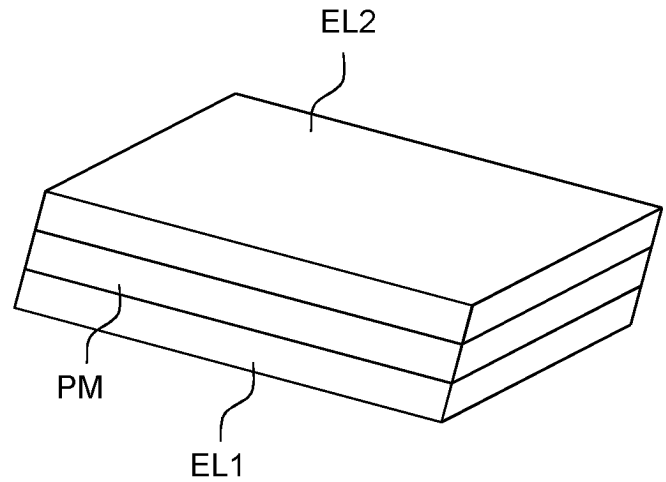
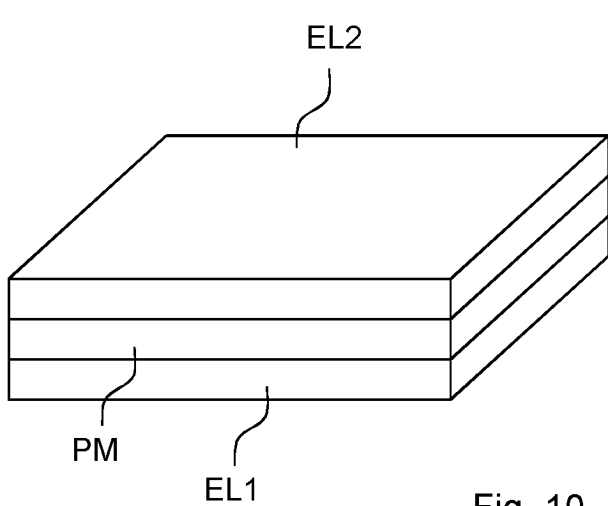


Fig. 10

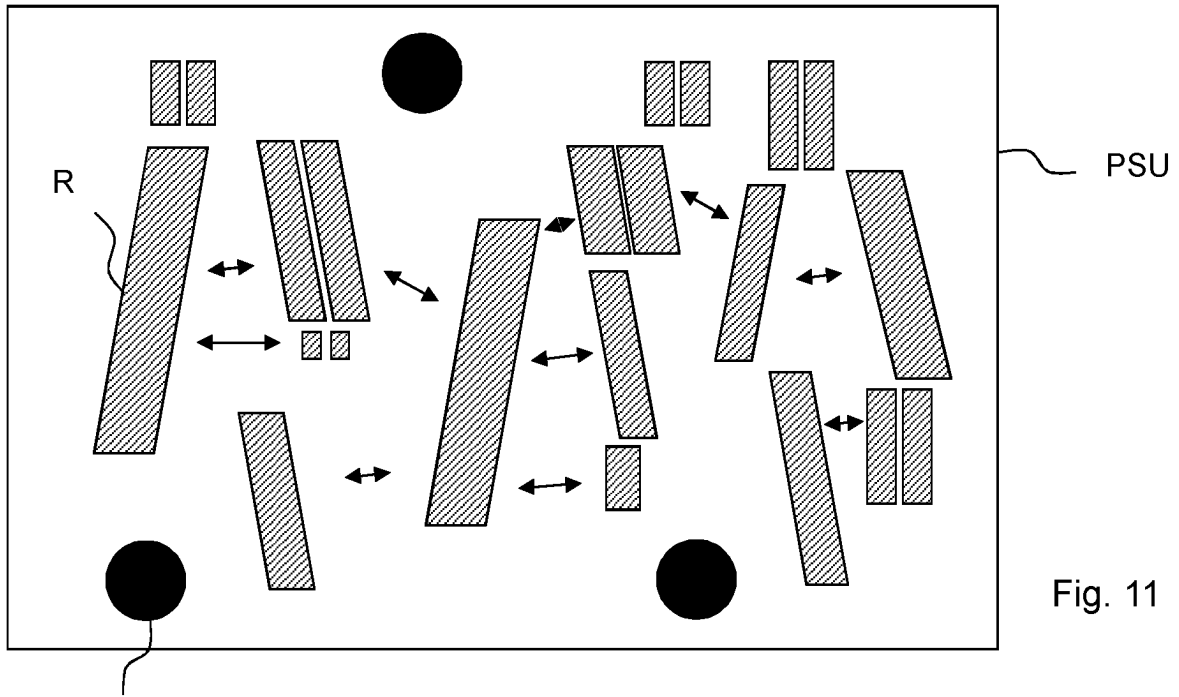


Fig. 11

BC

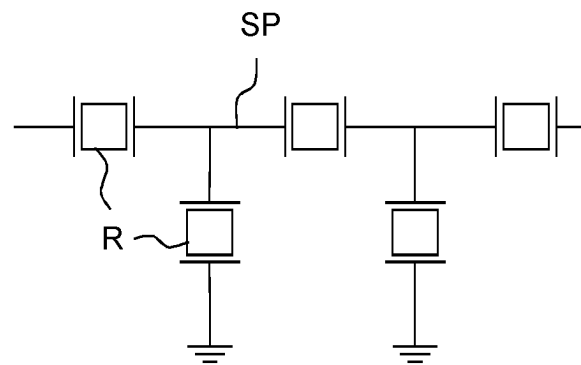


Fig. 12

EAF ↗

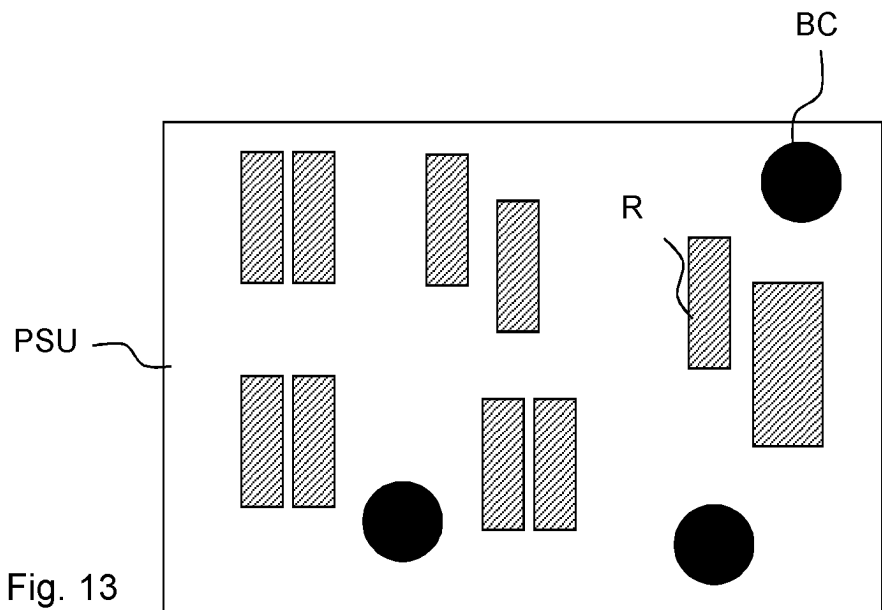


Fig. 13