



(10) **DE 10 2014 117 238 A1** 2016.05.25

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 117 238.8**

(22) Anmeldetag: **25.11.2014**

(43) Offenlegungstag: **25.05.2016**

(51) Int Cl.: **H03H 9/15 (2006.01)**

H03H 3/013 (2006.01)

H03H 9/54 (2006.01)

(71) Anmelder:
EPCOS AG, 81669 München, DE

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

(72) Erfinder:
Erfinder wird später genannt werden

(56) Ermittelter Stand der Technik:
US 2009 / 0 261 922 A1

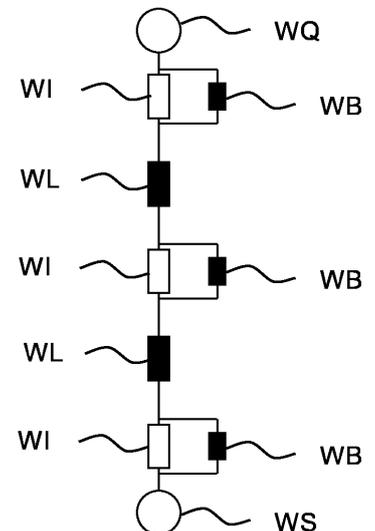
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **BAW-Resonator mit verringerter Eigenerwärmung, HF-Filter mit BAW-Resonator, Duplexer mit HF-Filter und Verfahren zur Herstellung**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein BAW-Resonator mit verringerter Eigenerwärmung angegeben. Die Eigenerwärmung wird durch eine Wärmebrücke reduziert, die Wärme aus dem elektroakustisch aktiven Bereich an ein Träger-substrat abführt, ohne die Akustik des Resonators zu verschlechtern.

BAWR 



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft BAW-Resonatoren, deren elektroakustische Eigenschaften durch eine verringerte Eigenerwärmung während des Betriebs verbessert sind. Die Erfindung betrifft ferner HF-Filter bzw. Duplexer mit entsprechend ausgestalteten Resonatoren und Verfahren zur Herstellung eines solchen Resonators.

[0002] BAW-Resonatoren (BAW = Bulk Acoustic Wave) umfassen ein piezoelektrisches Material zwischen zwei Elektrodenschichten. Durch Anlegen eines HF-Signals werden akustische Wellen angeregt und umgekehrt. Die Dicke der piezoelektrischen Lage entspricht im Wesentlichen der halben Wellenlänge $\lambda/2$ der zum HF-Signal gehörigen Frequenz.

[0003] Solche Resonatoren finden insbesondere in HF-Filtern und Duplexern mobiler Kommunikationsgeräte Verwendung. Durch eine Wärmeänderung eines BAW-Resonators ändern sich dessen akustische und damit auch dessen elektrische Eigenschaften.

[0004] Entsprechend aufgebaute Filter reagieren deswegen auf eine Temperaturänderung durch Veränderungen der Mittenfrequenzen und Bandbreiten. Da die Filter strengen Spezifikationen unterliegen, ist eine Temperaturänderung unerwünscht. Es gibt zwar Möglichkeiten, Änderungen der elektrischen Eigenschaften trotz Temperaturänderung zu kompensieren. Ein BAW-Resonator mit verringerter Eigenerwärmung ist jedoch trotzdem in jedem Fall wünschenswert.

[0005] Eine Möglichkeit zur Verringerung der Eigenerwärmung eines BAW-Resonators besteht darin, die Resonatorfläche zu vergrößern. So ist es möglich, einen Resonator seriell zu kaskadieren. Um die Impedanz beizubehalten, benötigt jeder der beiden kaskadierten Resonatoren die doppelte der ursprünglichen Fläche, sodass sich insgesamt eine Vervierfachung des reinen Flächenbedarfs ergibt.

[0006] Es besteht deshalb die Aufgabe, einen BAW-Resonator mit verringerter Eigenerwärmung anzugeben.

[0007] Diese Aufgabe wird durch den BAW-Resonator gemäß unabhängigen Anspruch 1 gelöst. Abhängige Ansprüche geben vorteilhafte Ausgestaltungen des Resonators bzw. deren Verwendung in Filtern oder Duplexern an. Ebenso werden Verfahren zur Herstellung von BAW-Resonatoren mit verringerter Eigenerwärmung angegeben.

[0008] Der BAW-Resonator mit verringerter Eigenerwärmung unterscheidet sich von konventionellen Resonatoren durch eine Wärmebrücke, die durch dissipative Verluste im elektroakustischen Bereich entste-

hende Wärme an eine Wärmesenke, z. B. ein Trägersubstrat, abführt.

[0009] Ein entsprechender Resonator umfasst dazu einen elektroakustisch aktiven Bereich mit zwei Elektroden und einer dazwischen angeordneten piezoelektrischen Schicht. Der Resonator umfasst ferner ein Trägersubstrat als Wärmesenke und einen zwischen dem aktiven Bereich und dem Trägersubstrat angeordneten akustischen Spiegel. Der akustische Spiegel weist zumindest eine Lage niedriger Wärmeleitfähigkeit und eine Lage hoher Wärmeleitfähigkeit auf. Die Eigenschaften „niedrig“ und „hoch“ bezüglich der Wärmeleitfähigkeit sind relativ zu verstehen, d. h. die Lage hoher Wärmeleitfähigkeit weist eine höhere Wärmeleitfähigkeit auf als die Lage niedriger Wärmeleitfähigkeit. Ferner umfasst der Resonator eine Wärmebrücke. Die Lage niedriger Wärmeleitfähigkeit ist dazu geeignet, einen Wärmefluss vom aktiven Bereich zum Trägersubstrat zu verringern, d. h. während des Betriebs wird im elektroakustisch aktiven Bereich Wärme erzeugt. Durch die relativ niedrige Wärmeleitfähigkeit der entsprechenden Lage wird der Wärmeabfluss vom aktiven Bereich zum Trägersubstrat verringert. Ein Weglassen der Lage niedriger Wärmeleitfähigkeit brächte zwar eine gute thermische Anbindung des elektroakustischen Bereichs an das Trägersubstrat, der akustische Spiegel würde dann aber nicht mehr ordentlich funktionieren und der Resonator wäre unbrauchbar. Um die Eigenerwärmung trotz der isolierenden Lage mit der niedrigen Wärmeleitfähigkeit zu verringern, ist die Wärmebrücke vorhanden. Die Wärmebrücke ist dazu vorgesehen, den Wärmefluss vom aktiven Bereich zum Trägersubstrat zu erhöhen.

[0010] Mit anderen Worten: Im Vergleich zu konventionellen BAW-Resonatoren wird im elektroakustisch aktiven Bereich erzeugte Wärme ein zusätzlicher Weg geringen Widerstands zum Trägersubstrat angeboten. Bezogen auf einen Wärmefluss vom elektroakustisch aktiven Bereich zum Trägersubstrat wird ein Kurzschluss geringsten Widerstands hergestellt.

[0011] Die Wärmebrücke selbst ist dabei im Wesentlichen bezüglich der Wärmeleitung aber nicht elektroakustisch oder elektrisch aktiv. Der BAW-Resonator wird deshalb in seinen elektrischen und akustischen Eigenschaften höchstens unwesentlich verschlechtert. Dies steht im Gegensatz zu dem Versuch, Lagen des Spiegels niedriger Wärmeleitfähigkeit durch Lagen höherer Wärmeleitfähigkeit zu ersetzen. Für den Spiegel werden in abwechselnder Folge Lagen hoher und niedriger akustischer Impedanz gebraucht. Bekannte Materialien haben im Wesentlichen entweder eine hohe akustische Impedanz und eine hohe Wärmeleitfähigkeit oder eine niedrige akustische Impedanz und eine niedrige Wärmeleitfähigkeit. Würde eine Lage niedriger Wärmeleitfähigkeit durch ei-

ne Lage hoher Wärmeleitfähigkeit ersetzt, so wird dabei gleichzeitig eine Lage niedriger akustischer Impedanz durch eine Lage hoher akustischer Impedanz ersetzt, wodurch der Spiegel in seinen akustischen Eigenschaften deutlich verschlechtert wird.

[0012] Es ist möglich, dass der akustische Spiegel zusätzlich zur Lage niedriger Wärmeleitfähigkeit eine oder mehrere weitere Lagen niedriger Wärmeleitfähigkeit aufweist. Entsprechendes gilt für die Lagenhöhe hoher Wärmeleitfähigkeit. Die Zahl der Lagen wird dabei im Wesentlichen bezüglich seiner akustischen Anforderungen bestimmt. Dabei gilt: Je höher die Lagenzahl, desto schlechter prinzipiell die thermische Ankopplung des elektroakustisch aktiven Bereichs an das Trägersubstrat, d. h. je mehr Lagen der Spiegel aufweist, desto größer ist der Einfluss der Wärmebrücke auf die Reduzierung der Eigenerwärmung.

[0013] Es ist insbesondere möglich, dass die Lagen niedriger Wärmeleitfähigkeit eine geringe akustische Impedanz und die Lagen hoher Wärmeleitfähigkeit eine hohe akustische Impedanz aufweisen.

[0014] Die Lagen niedriger Wärmeleitfähigkeit können dabei insbesondere ein dielektrisches Material aufweisen, während die Lagen hoher Wärmeleitfähigkeit ein Metall umfassen oder aus einem Metall oder einer Legierung bestehen. Dabei können die üblichen Materialien wie Siliziumdioxid für Lagen niedriger akustischer Impedanz und niedriger Wärmeleitfähigkeit oder schwere Metalle wie Wolfram für die Lagen hoher akustischer Impedanz und hoher Wärmeleitfähigkeit Verwendung finden.

[0015] Es ist insbesondere möglich, dass die Wärmebrücke eine höhere Wärmeleitfähigkeit als die Lage niedriger Wärmeleitfähigkeit aufweist. Die Wärmeleitfähigkeit der Wärmebrücke kann dabei kleiner, gleich oder größer als die Wärmeleitfähigkeit der Lagen hoher Wärmeleitfähigkeit sein.

[0016] Da die Wärmebrücke akustisch im Wesentlichen nicht aktiv ist, kann bei der Wahl des Materials der Wärmebrücke ausschließlich die Fähigkeit zur Wärmeleitung berücksichtigt werden, während bei der Wahl des Materials der Lage hoher Wärmeleitfähigkeit im Spiegel auch dessen akustische Eigenschaften berücksichtigt werden müssen.

[0017] Es ist möglich, dass der Abstand zwischen der Wärmebrücke und dem aktiven Bereich kleiner als der Abstand zwischen dem aktiven Bereich und dem Trägersubstrat ist. Ferner ist es möglich, dass der Abstand zwischen der Wärmebrücke und dem Trägersubstrat kleiner als der Abstand zwischen dem aktiven Bereich und dem Trägersubstrat ist.

[0018] Der Abstand zwischen zwei Elementen ist dabei die Streckenlänge der kürzesten Verbindung zwischen diesen zwei Elementen.

[0019] Dass die Wärmebrücken einen geringen Abstand zum aktiven Bereich oder zum Trägersubstrat aufweist, ermöglicht es ihr, Wärme gut vom aktiven Bereich weg und/oder zum Trägersubstrat hin zu leiten. Die Wärmeleitfähigkeit der Wärmebrücke selbst ist dabei relativ hoch. Durch die geringe Entfernung zwischen der Wärmebrücke und dem entsprechenden Bereich ist auch ein ausreichender Wärmefluss möglich, selbst wenn das Material zwischen der Brücke und dem entsprechenden Bereich durch ein Material niedrigerer Wärmeleitfähigkeit getrennt ist.

[0020] Bevorzugt ist, dass sich die Wärmebrücke sowohl direkt an den aktiven Bereich als auch an das Trägersubstrat anschließt und den aktiven Bereich und das Trägersubstrat in Bezug auf einen Wärmefluss kurzschließt.

[0021] Es ist möglich, dass die Wärmebrücke einen Bereich aufweist, der den aktiven Bereich in lateraler Richtung umschließt.

[0022] Das heißt, der elektroakustisch aktive Bereich ist innerhalb des Bereichs der Wärmebrücke. Die Wärmebrücke kann dabei in lateraler Richtung einen ausreichenden Abstand einhalten, um die Akustik des Resonators nicht zu stören. In vertikaler Richtung kann die Wärmebrücke von den Lagen des aktiven Bereichs nach unten bis zum Substrat reichen.

[0023] Ist der Resonator allein oder zusammen mit anderen Resonatoren mit niedriger Eigenerwärmung auf einem Trägersubstrat angeordnet, z. B. in einer Laddertype-Struktur, so ist es insbesondere möglich, dass die verschiedenen Lagestapel der verschiedenen Resonatoren nebeneinander angeordnet sind. Die Oberfläche des Trägersubstrats ist dabei im Allgemeinen etwas größer als die Summe der Flächen der elektroakustischen Bereiche der verschiedenen Resonatoren. Deshalb existieren um die elektroakustischen Bereiche herum, in denen Material der Wärmebrücke, die Wärme aus verschiedenen elektroakustischen Bereichen der Resonatoren an das Trägersubstrat abführen kann, angeordnet sein kann.

[0024] Das Trägersubstrat braucht dabei nicht größer als bei konventionellen Resonatoren oder Filtern sein. Ohne weitere negative Eigenschaften ist die Eigenerwärmung der Resonatoren bzw. der Filter verbessert.

[0025] Es ist alternativ oder zusätzlich dazu möglich, dass die Wärmebrücke einen Bereich aufweist, der in zumindest einer Lage niedriger Wärmeleitfähigkeit angeordnet ist. Dieser Bereich verbindet zumindest

eine Lage hoher Wärmeleitfähigkeit mit dem aktiven Bereich oder mit dem Trägersubstrat.

[0026] Es ist alternativ dazu oder zusätzlich möglich, dass die Wärmebrücke einen Bereich aufweist, der in zumindest einer Lage niedriger Wärmeleitfähigkeit angeordnet ist und zwei Lagen hoher Wärmeleitfähigkeit miteinander verbindet.

[0027] Ohne die Akustik des Lagenstapels zu stören, z. B. indem die entsprechende Fläche einer Lage ausreichend klein gewählt wird, können die Lagen niedriger Wärmeleitfähigkeit z. B. säulenförmige oder zylinderförmige Abschnitte umfassen, die in Bezug auf einen Wärmefluss Lagen hoher Wärmeleitfähigkeit des Stapels kurzschließen.

[0028] Entsprechende Bereiche innerhalb der Lagen niedriger Wärmeleitfähigkeit können dabei Segmente umfassen, die z. B. als phononisches Gitter wirken und die Akustik im Spiegel verbessern. So ist z. B. möglich, laterale Schwingungen im Spiegel auf wenige oder gar eine einzige Mode zu beschränken.

[0029] Dazu kann das Material der Wärmebrücke, z. B. bezüglich seiner akustischen Impedanz, entsprechend gewählt sein.

[0030] Es ist insbesondere möglich, dass ein oder mehrere entsprechend ausgestaltete BAW-Resonatoren in einem HF-Filter verschaltet und beispielsweise auf einem gemeinsamen Trägersubstrat angeordnet sind.

[0031] Ein solches Filter oder einzelne Resonatoren mit verringerter Eigenerwärmung können in einem Duplexer, z. B. in einer Frontend-Schaltung eines mobilen Kommunikationsgeräts, verschaltet sein.

[0032] Segmente verschiedener Bereiche der Wärmebrücke können insbesondere ein zwei- oder dreidimensionales periodisches Gitter, z. B. das o.g. phononische Gitter, bilden. Die Segmente des Gitters können in ihrer Größe, Form und Lage so ausgebildet sein, dass sie bezüglich einer Frequenz einer unerwünschten Mode die Bragg-Bedingung erfüllen, um die ansonsten freie Ausbreitung dieser Mode einzuschränken. Die Segmente können z. B. eine Breite von $\lambda/4$ bezogen auf die unerwünschte Mode aufweisen. Der Abstand der Segmente in horizontaler Richtung kann ebenfalls $\lambda/4$ betragen. Um die Strukturierungsprozesse zu vereinfachen können auch ganzzahlige Vielfache, insbesondere ungeradzahlige Vielfache, der Viertelwellenlänge bevorzugt sein. Die Breite der Segmente und der horizontale Abstand können identisch oder verschieden sein. So kann die Breite $n \lambda/4$ und der Abstand $m \lambda/4$ betragen und $m > n$ sein. Es ist besondere möglich, dass m deutlich größer, z. B. 2, 5, 10, 20 oder 100 fach größer als n ist. Je größer m gegenüber n ist, desto

geringer ist der Einfluss auf die in vertikaler Richtung propagierende (longitudinale) Hauptmode.

[0033] Um mehrere unerwünschte Moden, z. B. verschiedene laterale Moden, gleichzeitig einzufangen, können die Breiten und die Abstände der Segmente in verschiedenen elektroakustisch aktiven Bereichen unterschiedlich gewählt und auf die verschiedenen Werte für $\lambda/4$ abgestimmt sein.

[0034] Die Wärmebrücke kann verschiedene Materialien umfassen. In Frage kommen insbesondere für die oberste Lage verschiedene Modifikationen von Kohlenstoff wie Diamant, Kohlenstoff-Nanoröhrchen oder Graphit, Saphir, Rubin oder eine andere Modifikation eines Aluminiumoxids, Silizium (Si) oder Germanium (Ge). Aber auch anderen Materialien wie Oxide der Metalle Silber (Ag), Kupfer (Cu), Gold (Au), Kalium (K), Molybdän (Mo), Messing, Zink (Zn), Magnesium (Mg), Wolfram (W), Natrium (Na), Nickel (Ni), Eisen (Fe), Platin (Pt), Zinn (Sn), Tantal (Ta), Blei (Pb) oder Titan (Ti) oder oxidische Keramiken mit einem oder mehreren dieser Metalle sind möglich.

[0035] In Lagen unter der obersten Lage können die genannten Metalle oder Legierungen mit diesen Metallen in der Wärmebrücke enthalten sein.

[0036] Zwar kann auch die oberste Lage der Wärmebrücke Metall enthalten. Zur Vermeidung der elektrischen Eigenschaften des Resonators wird ein dielektrisches Material in der obersten Lage jedoch bevorzugt.

[0037] Ein Verfahren zur Herstellung eines BAW-Resonators mit verringerter Eigenerwärmung umfasst die Schritte:

- Bereitstellen eines Trägersubstrats,
- Anordnen eines akustischen Spiegels mit abwechselnden Lagen hoher und niedriger Wärmeleitfähigkeit,
- Strukturieren eines elektroakustisch aktiven Bereichs mit einer piezoelektrischen Lage zwischen zwei Elektrodenlagen auf dem Spiegel.

[0038] Ferner umfasst das Verfahren Schritte zur Strukturierung einer Wärmebrücke, die zur Übertragung von Wärme vom aktiven Bereich zum Trägersubstrat vorgesehen und geeignet ist.

[0039] Die Schritte zur Bildung der Wärmebrücke können dabei im Wesentlichen übliche Schritte zur Schichtabscheidung und/oder Strukturierung, z. B. Lithografieprozesse mit Resist-Schichten und Belichtungs-Prozessen, umfassen.

[0040] Es ist möglich, dass das Verfahren so durchgeführt wird, dass die Wärmebrücke einen Bereich umfasst, der ein Material höherer Wärmeleitfähigkeit als die Lagen niedriger Wärmeleitfähigkeit aufweist.

Die Wärmebrücke wird dabei so strukturiert, dass zumindest einer ihrer Bereiche den aktiven Bereich seitlich umschließt.

[0041] So kann der Bereich der Wärmebrücke eine Rahmenstruktur um den elektroakustisch aktiven Bereich bilden und Wärme seitlich am Spiegel vorbei vom aktiven Bereich zum Trägersubstrat führen.

[0042] Es ist möglich, dass das Verfahren Schritte umfasst, während derer ein Bereich der Wärmebrücke strukturiert wird, der ein Material höherer Wärmeleitfähigkeit als die Lagen niedriger Wärmeleitfähigkeit aufweist und innerhalb der Lagen niedriger Wärmeleitfähigkeit strukturiert wird.

[0043] Dieser Bereich innerhalb der Lagen niedriger Wärmeleitfähigkeit kann dabei ein Array periodisch angeordneter Felder aufweisen, die dazu geeignet sind, gewünschte Moden auszuwählen und dadurch die Kopplung des Resonators zu verbessern.

[0044] Es ist insbesondere möglich, dass die Verfahren zur Herstellung der Resonatoren Lithografie-Prozesse zur Abscheidung des Materials der Wärmebrücke, z. B. in den Lagen niedriger Wärmeleitfähigkeit oder in einer Rahmenstruktur um den Spiegel herum, aufweisen.

[0045] Im Folgenden wird der BAW-Resonator mit verringerter Eigenerwärmung bzw. Herstellungsverfahren dazu anhand von schematischen, nicht einschränkenden Figuren näher erläutert.

[0046] Es zeigen:

[0047] Fig. 1: die Wirkungsweise der Wärmebrücke als Kurzschluss bezüglich der Wärmeleitung von einer Wärmequelle zu einer Wärmesenke,

[0048] Fig. 2: die Anordnung verschiedener BAW-Resonatoren auf einem Trägersubstrat,

[0049] Fig. 3: einen Querschnitt durch einen möglichen Lagenstapel eines Resonators,

[0050] Fig. 4: einen Querschnitt durch einen Lagenstapel, bei dem die Wärmebrücke durch eine rahmenförmige Struktur ausgebildet ist,

[0051] Fig. 5: einen Querschnitt durch einen Lagenstapel, bei dem die Wärmebrücke einen Bereich mit Segmenten hoher Wärmeleitfähigkeit zwischen Spiegellagen hoher Wärmeleitfähigkeit aufweist,

[0052] Fig. 6: einen horizontalen Querschnitt durch eine Lage niedriger Wärmeleitfähigkeit, in der Segmente der Wärmebrücke angeordnet sind,

[0053] Fig. 7: einen Querschnitt in horizontaler Richtung durch eine Lage niedriger Wärmeleitfähigkeit, in der Segmente der Wärmebrücke in Form von Streifen angeordnet sind,

[0054] Fig. 8: einen Querschnitt in horizontaler Richtung durch eine Lage niedriger Wärmeleitfähigkeit, wobei die Wärmebrücke zum einen einen Bereich mit Segmenten innerhalb der Lage niedriger Wärmeleitfähigkeit und zum anderen einen Rahmen, der die Lage niedriger Wärmeleitfähigkeit umschließt, umfasst.

[0055] Fig. 1 illustriert die Funktion der Wärmebrücke. In einer Wärmequelle WQ, z. B. einem elektroakustisch aktiven Bereich während des Betriebs eines BAW-Resonators, wird beispielsweise durch dissipative Verluste Wärme erzeugt. Als Wärmesenke WS dient beispielsweise das Trägersubstrat eines BAW-Resonators. Zwischen der Wärmequelle WQ und der Wärmesenke WS ist der akustische Spiegel angeordnet, der in abwechselnder Reihenfolge Schichten mit hoher Wärmeleitfähigkeit WL und im Wesentlichen Wärme isolierende Schichten WI aufgebaut ist. Die Wärmeleitfähigkeit zwischen der Wärmequelle WQ und der Wärmesenke WS ist insbesondere durch die Wärme isolierenden Schichten WI begrenzt. Um die Wärmeleitfähigkeit zwischen der Wärmequelle WQ und der Wärmesenke WS zu erhalten, werden Bereiche einer Wärmebrücke WB vorgesehen, die bezogen auf einen Wärmefluss einen Kurzschluss zwischen der Wärmequelle WQ und der Wärmesenke WS herstellen. Die Bereiche der Wärmebrücke WB sind dabei so angeordnet und ausgestaltet, dass die Akustik zwischen dem elektroakustischen Bereich (der Wärmequelle) und der Wärmesenke (dem Trägersubstrat) nicht gestört werden. So wird ein BAW-Resonator BAWR mit guten elektrischen und akustischen Eigenschaften und gleichzeitig geringer Eigenerwärmung durch verbessertes Thermo-Management erhalten.

[0056] Fig. 2 zeigt die Draufsicht auf ein HF-Filter F, das eine Vielzahl von BAW-Resonatoren BAWR umfasst, welche auf einem Trägersubstrat TS angeordnet sind. Die elektroakustisch aktiven Bereiche und die Bereiche der elektrischen Kontaktierung sind dabei schwarz markiert. Die übrigen Bereiche (schraffiert gekennzeichnet) können zur Aufnahme einer oder mehrerer Wärmebrücken WB dienen, ohne die Akustik der Resonatoren zu stören.

[0057] Fig. 3 zeigt einen horizontalen Querschnitt durch einen Lagenstapel eines BAW-Resonators BAWR. Der Lagenstapel ist auf einem Trägersubstrat TS angeordnet, welches als Wärmesenke WS dient. Das Trägersubstrat kann beispielsweise Silizium, z. B. kristallines Silizium, umfassen, welches eine ausreichend hohe Wärmeleitfähigkeit bereitstellt, um die Wärme aus dem elektroakustischen Bereich EAB aufzunehmen und an die Umgebung abzuführen.

[0058] Der elektroakustisch aktive Bereich EAB umfasst eine untere Elektrode EL und eine obere Elektrode EL und ein piezoelektrisches Material dazwischen. Unterhalb der unteren Elektrode EL ist ein Lagenstapel aus abwechselnd angeordneten Lagen niedriger Wärmeleitfähigkeit WI und hoher Wärmeleitfähigkeit WL angeordnet. Die Materialien des Spiegels sind in erster Linie bezüglich der Akustik des Lagenstapels ausgewählt. Das piezoelektrische Material zwischen den Elektroden EL hat eine höhere Wärmeleitfähigkeit als das Material der Lagen niedriger Wärmeleitfähigkeit WI. Somit kann das Material der piezoelektrischen Schicht gleichzeitig als Material der Wärmebrücke WB dienen und auf einem direkten Weg Wärme aus dem elektroakustischen Bereich EAB zum Trägersubstrat TS abführen. Die piezoelektrische Lage ist hierbei derart erweitert, dass sie den Stapel der Spiegelschichten vollständig bedeckt und den elektroakustischen Bereich direkt mit dem Trägersubstrat TS verbindet, ohne die Akustik des Resonators BAWR zu stören.

[0059] Fig. 4 zeigt eine Ausgestaltung, bei der – analog zur Ausgestaltung der Fig. 3 – zwei obere Elektrodenlagen und eine dazwischen angeordnete piezoelektrische Lage den elektroakustischen Bereich EAB bilden. Darunter sind Spiegellagen mit abwechselnder Wärmeleitfähigkeit und entsprechend abwechselnder akustischer Impedanz angeordnet. Der Lagenstapel des BAW-Resonators BAWR ist wiederum auf einem Trägersubstrat als Wärmesenke WS angeordnet. Zusätzlich dazu und zwischen dem Trägersubstrat bzw. der Wärmesenke WS und dem Material der piezoelektrischen Lage ist den Lagenstapel des Spiegels flankierend eine Rahmenstruktur aus Lagen relativ hoher Wärmeleitfähigkeit ausgebildet. Diese Lagen bilden die Wärmebrücke, die Wärme aus dem elektroakustischen Bereich EAB über Material der piezoelektrischen Lage an die Wärmesenke WS abführt.

[0060] Im Vergleich zum Lagenstapel der Fig. 3 ist die Wärmebrücke WB hier besser akustisch entkoppelt.

[0061] Fig. 5 zeigt eine Ausführungsform, bei der die Wärmebrücke WB einen Bereich in den Lagen niedriger Wärmeleitfähigkeit aufweist. Der Bereich umfasst dabei eine Vielzahl einzelner Segmente in den unterschiedlichen Lagen, die als Wärmedurchführung Wärme zwischen den einzelnen Lagen hoher Wärmeleitfähigkeit aus dem elektroakustischen Bereich an die Wärmesenke abgeben können. Die Segmente des Bereichs der Wärmebrücke WB sind hierbei prinzipiell in Bereichen des Resonators angeordnet, in dem akustische Wellen – wenn auch nach unten mit abnehmender Intensität – propagieren. Jedoch kann sogar eine Verbesserung der Akustik und/oder insbesondere der Kopplung erhalten werden, wenn die Segmente entsprechend dimensioniert und bezüglich

ihrer akustischen Impedanz ausgewählt werden. Die Segmente der Wärmebrücke WB können somit ein phononisches Gitter bilden und das Ausbilden unerwünschter Schwingungsmoden verringern oder vermeiden. Unvermeidbare unerwünschte Moden geringerer Intensität können eingefangen und in ihren Auswirkungen reduziert werden.

[0062] Fig. 6 zeigt einen Querschnitt in horizontaler Richtung durch eine Lage niedriger Wärmeleitfähigkeit WI, in der Segmente der Wärmebrücke WB in einer Gitterstruktur angeordnet sind und ein phononisches Gitter ausbilden. Der Querschnitt der einzelnen Segmente kann dabei quadratisch, rechteckig, elliptisch, kreisförmig sein oder eine komplexere Struktur, z. B. verschiedene Polygonformen, aufweisen. Vorzugsweise sind die Form des Querschnitts und die Fläche des Querschnitts in vertikaler Richtung konstant, was ein vereinfachtes Herstellungsverfahren ermöglicht.

[0063] Fig. 7 zeigt eine weitere Möglichkeit, Segmente der Wärmebrücke WB in den Lagen niedriger Wärmeleitfähigkeit WI anzuordnen. Entsprechend sind die Segmente als sich überkreuzende Streifen angeordnet. Wärme kann somit nicht nur in vertikaler, sondern auch in horizontaler Richtung leicht übertragen werden, was die Wärmeabführung erleichtert, sollte die Wärmeentstehung im elektroakustischen Bereich inhomogen sein.

[0064] Fig. 8 zeigt einen Querschnitt durch eine Lage niedriger Wärmeleitfähigkeit, bei der die Wärmebrücke sowohl einen ersten Bereich WB1 umfasst, der rahmenförmig um den Resonatorstapel angeordnet ist. Ein weiterer Bereich WB2 umfasst Segmente innerhalb der Lage niedriger Leitfähigkeit.

[0065] Damit ist klar, dass die Wärmebrücke nicht auf einzelne Bereiche beschränkt ist. Die einzelnen beschriebenen Bereiche einer Wärmebrücke können kombiniert werden und dadurch eine Wärmebrücke mit nochmals vergrößerter Leitfähigkeit sein.

Bezugszeichenliste

BAWR:	BAW-Resonator
EAB:	elektroakustischer Bereich
EL:	Elektrode
F:	HF-Filter
TS:	Trägersubstrat
WB:	Wärmebrücke
WB1:	erster Bereich der Wärmebrücke
WB2:	weiterer Bereich der Wärmebrücke
WI:	Lage niedriger Wärmeleitfähigkeit, Wärme isolierende Lage
WL:	Lage hoher Wärmeleitfähigkeit
WQ:	Wärmequelle

Patentansprüche

1. BAW-Resonator (BAWR), umfassend
 - einen elektroakustisch aktiven Bereich (EAB) mit zwei Elektroden (EL) und einer dazwischen angeordneten piezoelektrischen Schicht,
 - ein Trägersubstrat (TS),
 - einen zwischen dem aktiven Bereich (EAB) und dem Trägersubstrat (TS) angeordneten akustischen Spiegel, der eine Lage niedriger Wärmeleitfähigkeit (WI) und eine Lage hoher Wärmeleitfähigkeit (WL) aufweist, und
 - eine Wärmebrücke (WB)
 - wobei
 - die Lage niedriger Wärmeleitfähigkeit (WI) dazu geeignet ist, einen Wärmefluss vom aktiven Bereich (EAB) zum Trägersubstrat (TS) zu verringern und
 - die Wärmebrücke (WB) dazu vorgesehen ist, den Wärmefluss vom aktiven Bereich (TS) zum Trägersubstrat (TS) zu erhöhen.
2. BAW-Resonator nach dem vorherigen Anspruch, wobei der akustische Spiegel
 - zwei oder mehr Lagen niedriger Wärmeleitfähigkeit (WI) und
 - zwei oder mehr Lagen hoher Wärmeleitfähigkeit (WL) aufweist.
3. BAW-Resonator nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Lagen niedriger Wärmeleitfähigkeit (WI) eine geringe akustische Impedanz und die Lagen hoher Wärmeleitfähigkeit (WL) eine hohe akustische Impedanz aufweisen.
4. BAW-Resonator nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Lagen niedriger Wärmeleitfähigkeit (WI) ein dielektrisches Material und die Lagen hoher Wärmeleitfähigkeit (WL) ein Metall umfassen.
5. BAW-Resonator nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Wärmebrücke (WB) eine höhere Wärmeleitfähigkeit als die Lage niedriger Wärmeleitfähigkeit (WI) ausweist.
6. BAW-Resonator nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei
 - der Abstand zwischen Wärmebrücke (WB) und aktivem Bereich (EAB) kleiner ist als der Abstand zwischen aktivem Bereich (EAB) und Trägersubstrat (TS) und
 - der Abstand zwischen Wärmebrücke (WB) und Trägersubstrat (TS) kleiner ist als der Abstand zwischen aktivem Bereich (EAB) und Trägersubstrat (TS).
7. BAW-Resonator nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Wärmebrücke (WB) einen Bereich (WB1) aufweist, der den aktiven Bereich (EAB) in lateraler Richtung umschließt.
8. BAW-Resonator nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Wärmebrücke (WB) einen Bereich (WB2) aufweist, der in zumindest einer Lage niedriger Wärmeleitfähigkeit (WI) angeordnet ist und zumindest eine Lage hoher Wärmeleitfähigkeit (WL) mit dem aktiven Bereich (EAB) oder mit dem Trägersubstrat (TS) verbindet.
9. BAW-Resonator nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Wärmebrücke (WB) einen Bereich (WB2) aufweist, der in zumindest einer Lage niedriger Wärmeleitfähigkeit (WI) angeordnet ist und zwei Lagen hoher Wärmeleitfähigkeit (WL) miteinander verbindet.
10. HF-Filter, umfassend einen BAW-Resonator (BAWR) nach einem der vorherigen Ansprüche.
11. Duplexer, umfassend ein HF-Filter nach dem vorherigen Anspruch.
12. Verfahren zur Herstellung eines BAW-Resonators (BAWR), umfassend die Schritte:
 - Bereitstellen eines Trägersubstrats (TS),
 - Anordnen eines akustischen Spiegels mit abwechselnden Lagen hoher (WL) und niedriger (WI) Wärmeleitfähigkeit,
 - Strukturieren eines elektroakustisch aktiven Bereichs (EAB) mit einer piezoelektrischen Lage zwischen zwei Elektrodenlagen (EL) auf dem Spiegel, wobei ferner eine Wärmebrücke (WB), die zur Übertragung von Wärme vom aktiven Bereich (EAB) zum Trägersubstrat (TS) vorgesehen ist, strukturiert wird.
13. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, wobei die Wärmebrücke (WB) einen Bereich (WB1) umfasst, der ein Material höherer Wärmeleitfähigkeit als die Lagen niedriger Wärmeleitfähigkeit (WI) aufweist und den aktiven Bereich (EAB) seitlich umschließt.
14. Verfahren nach einem der beiden vorherigen Ansprüche, wobei die Wärmebrücke (WB) einen Bereich (WB2) umfasst, der ein Material höherer Wärmeleitfähigkeit als die Lagen niedriger Wärmeleitfähigkeit (WI) aufweist und innerhalb der Lagen niedriger Wärmeleitfähigkeit (WI) strukturiert wird.
15. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, wobei Material der Wärmebrücke (WB) in den Lagen niedriger Wärmeleitfähigkeit (WI) durch Lithographie-Prozesse abgeschieden wird.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

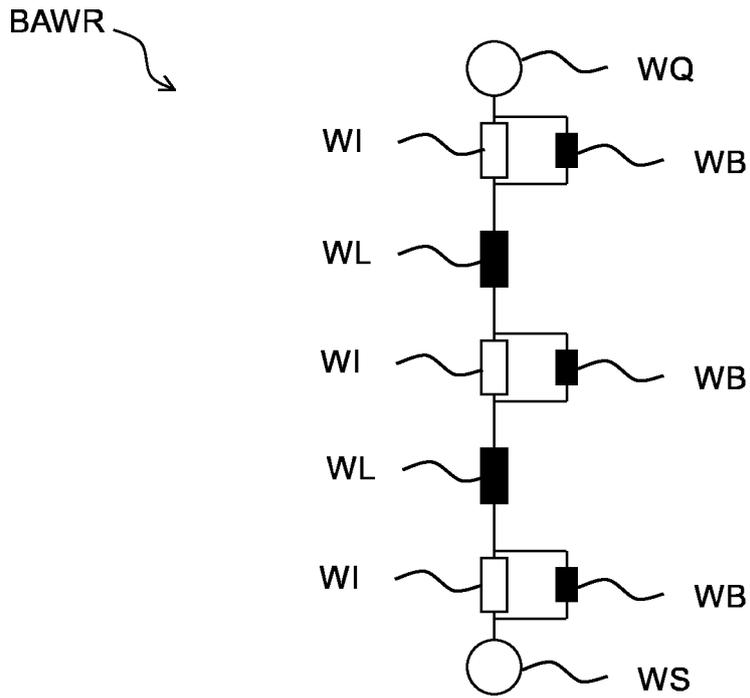


Fig. 1

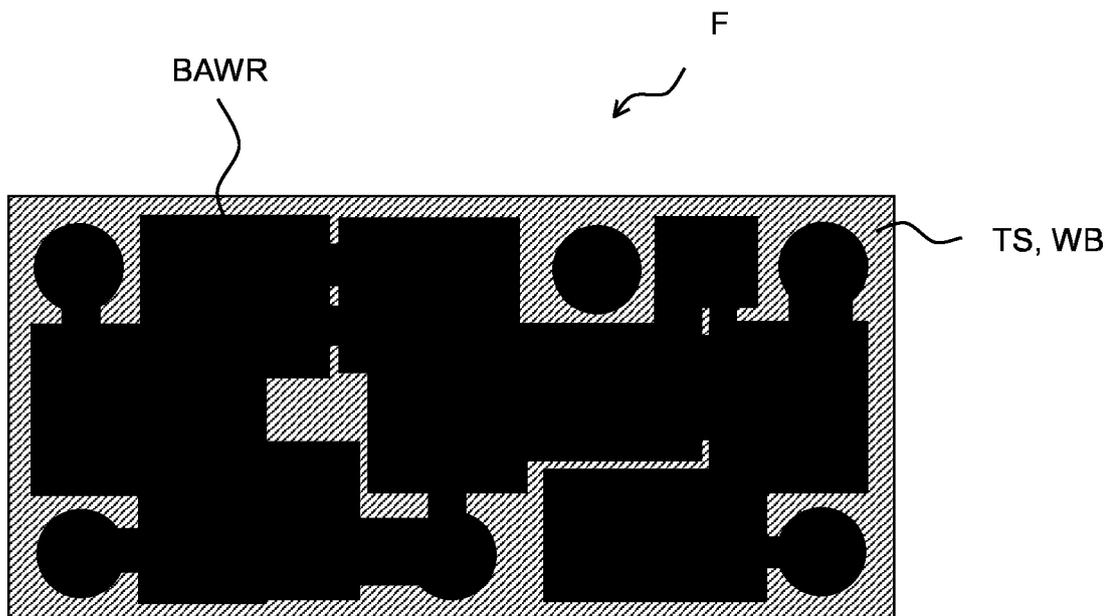


Fig. 2

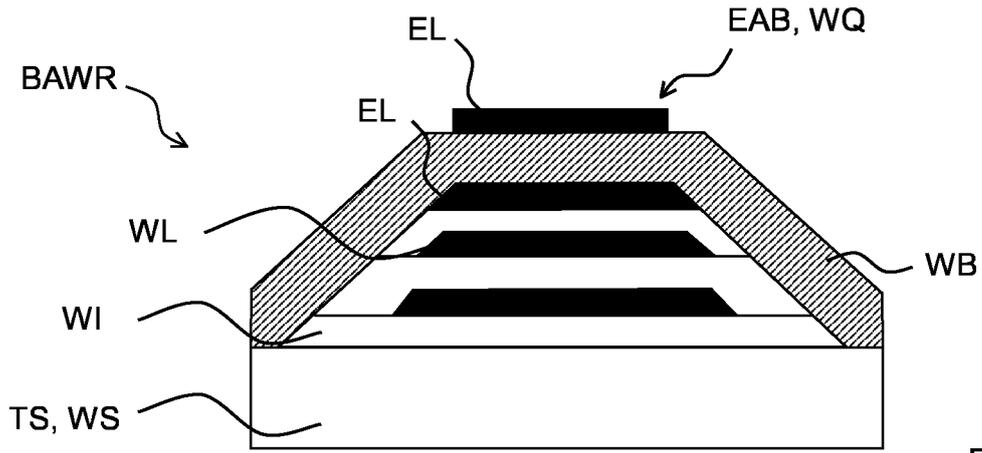


Fig. 3

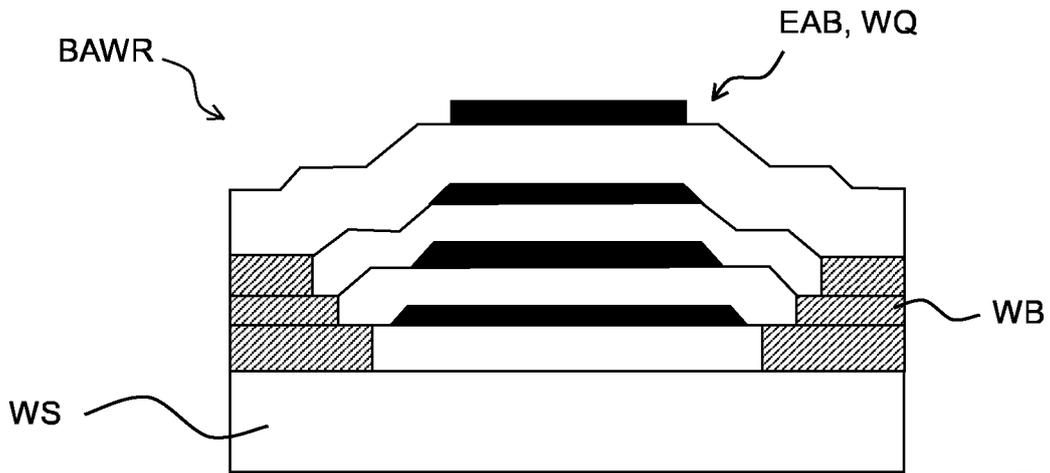


Fig. 4

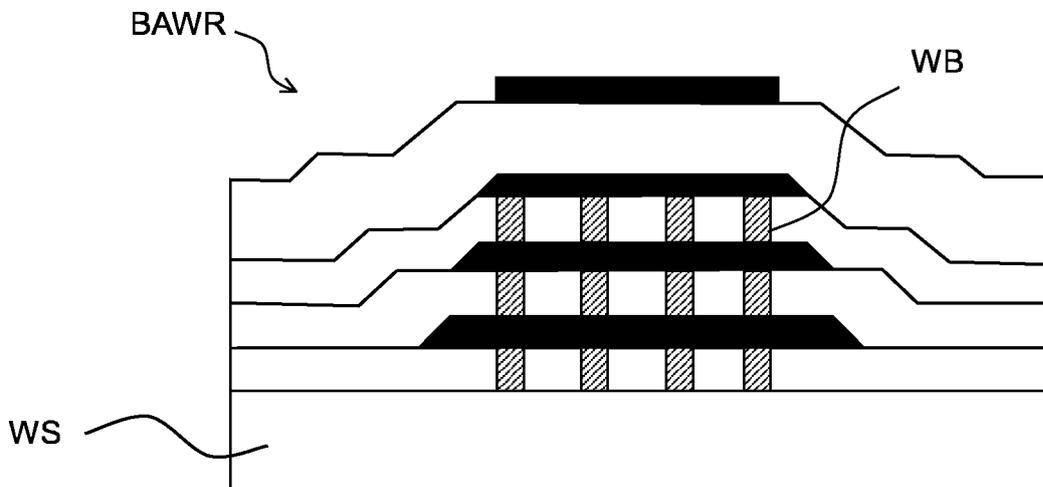


Fig. 5

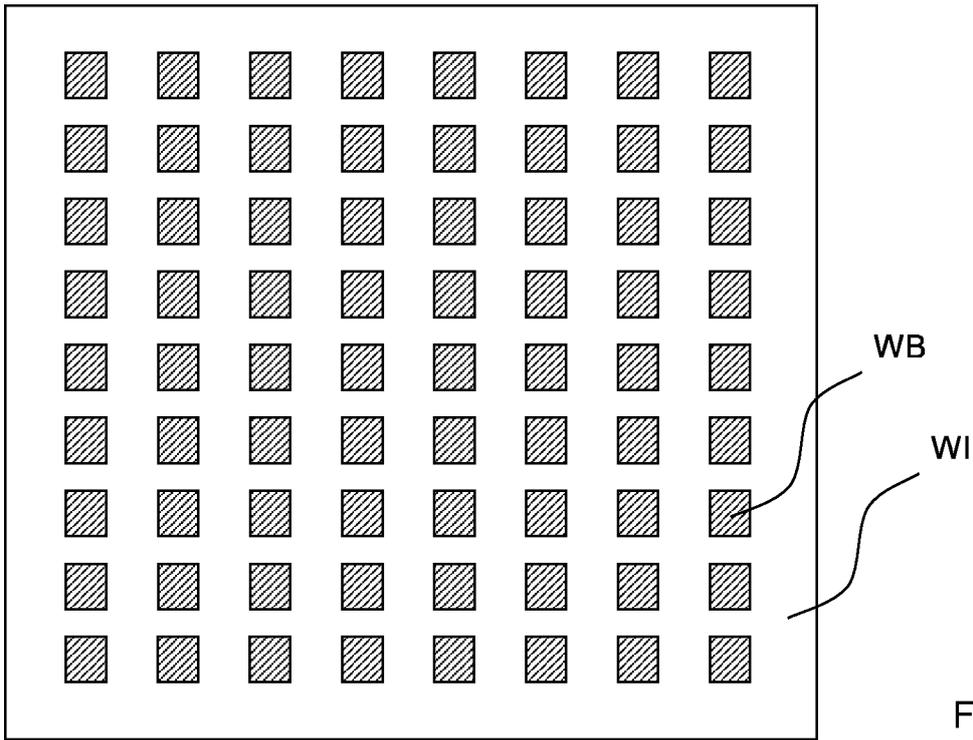


Fig. 6

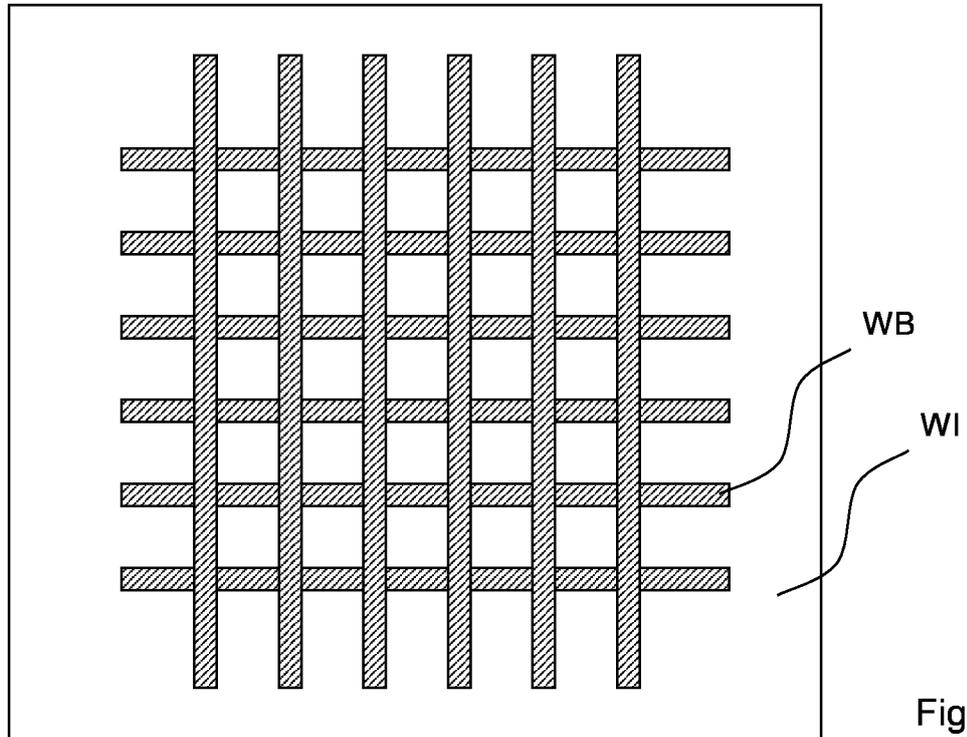


Fig. 7

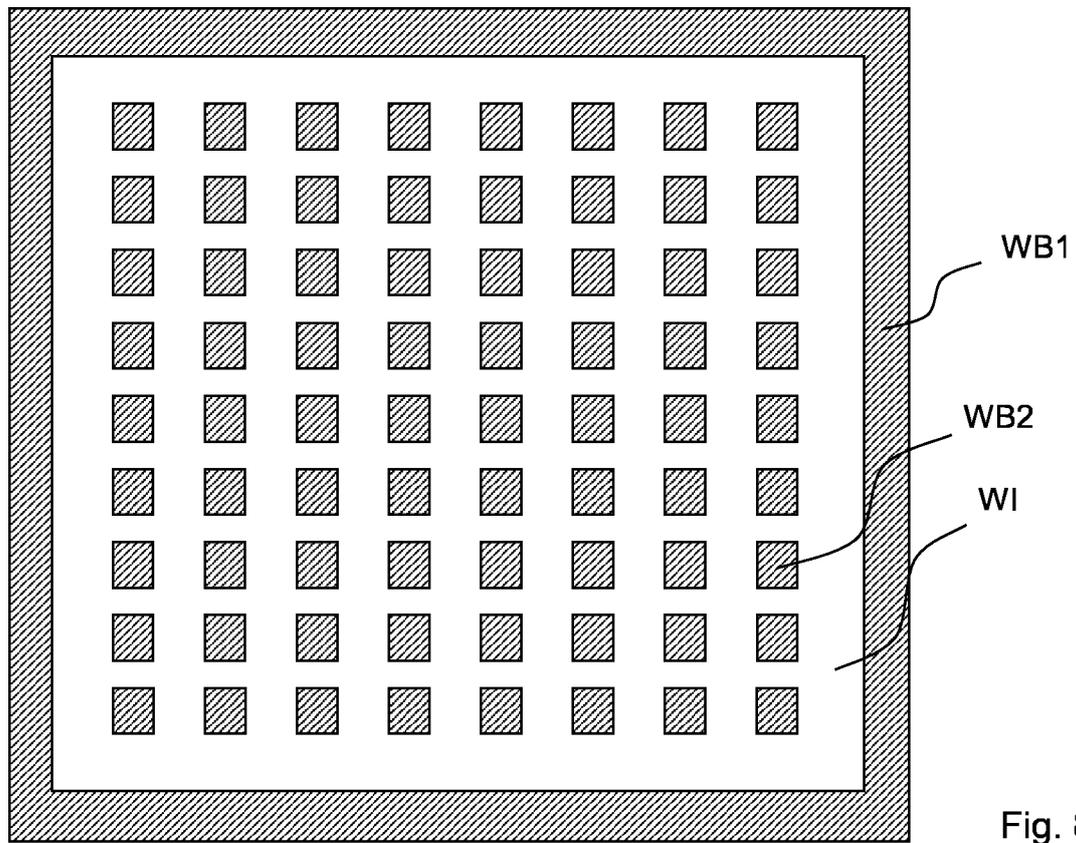


Fig. 8