

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
16. Februar 2012 (16.02.2012)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/019904 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H03H 3/10 (2006.01) H03H 9/72 (2006.01)
H03H 9/02 (2006.01) H03H 9/145 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/062754

(22) Internationales Anmeldedatum:

25. Juli 2011 (25.07.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2010 034 121.5

12. August 2010 (12.08.2010)

DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **EPCOS AG** [DE/DE]; St.-Martin-Str. 53, 81669 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SAUER, Wolfgang** [DE/DE]; Schlesierstr. 12, 82024 Taufkirchen (DE). **BERGMANN, Andreas** [DE/DE]; Haid 19, 84533 Haiming (DE). **JAKOB, Michael** [DE/DE]; Werinherstr. 97, 81541 München (DE). **MAYER, Markus** [DE/DE]; Akeleistr. 10, 82024 Taufkirchen (DE). **WAGNER, Karl-Christian** [AT/DE]; Hauptstr. 31, 82008 Unterha-

ching (DE). **KNAUER, Ulrich** [DE/DE]; Lanzenstielweg 4, 81739 München (DE).

(74) Anwälte: **EPPING HERMANN FISCHER PATENT-ANWALTSGESELLSCHAFT MBH** et al.; Ridlerstr. 55, 80339 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: COMPONENT WORKING WITH ACOUSTIC WAVES HAVING A REDUCED TEMPERATURE GRADIENT OF THE FREQUENCY RANGE AND METHOD FOR PRODUCING SAME

(54) Bezeichnung : MIT AKUSTISCHEN WELLEN ARBEITENDES BAUELEMENT MIT REDUZIERTEM TEMPERATUR-
GANG DER FREQUENZLAGE UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG

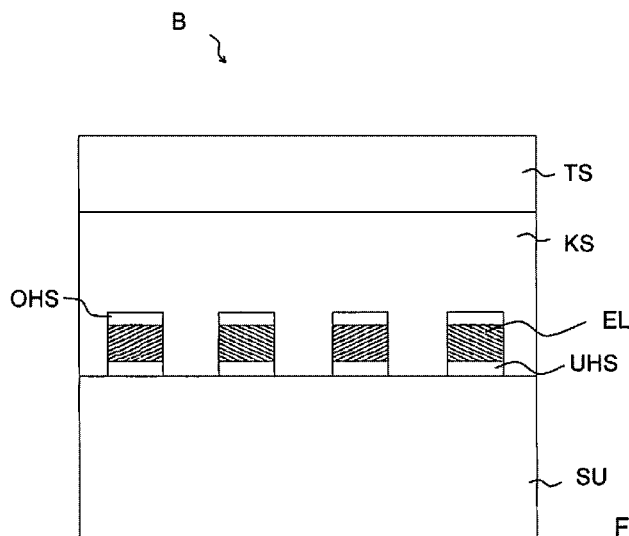


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a component working with acoustic waves, having an improved temperature gradient of the frequency range and having increased performance strength. To this end, the component comprises a stack of layers having a lower bonding layer, an electrode layer, an upper bonding layer, a compensation layer, and a trimming layer.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein mit akustischen Wellen arbeitendes Bauelement mit verbessertem Temperaturgang der Frequenzlage sowie mit erhöhter Leistungsfestigkeit angegeben. Dazu umfasst das Bauelement einen Schichtenstapel mit einer unteren Haftschiicht, einer Elektrodenlage, einer oberen Haftschiicht, einer Kompensationsschiicht sowie einer Trimmschiicht.



Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Beschreibung

Mit akustischen Wellen arbeitendes Bauelement mit reduziertem Temperaturgang der Frequenzlage und Verfahren zur Herstellung

5

Die Erfindung betrifft mit akustischen Wellen arbeitende Bauelemente mit reduziertem Temperaturgang der Frequenzlage sowie Verfahren zur Herstellung entsprechender Bauelemente.

- 10 Mit akustischen Wellen arbeitende Bauelemente, zum Beispiel SAW-Bauelemente (SAW = Surface Acoustic Wave), GBAW-Bauelemente (GBAW = Guided Bulk Acoustic Wave) oder BAW-Bauelemente (BAW = Bulk Acoustic Wave) können in Hochfrequenzschaltungen, z. B. in Bandpassfiltern, Verwendung finden. Dazu umfassen
- 15 sie ein piezoelektrisches Material sowie Elektrodenstrukturen. Die Elektrodenstrukturen wandeln ein HF-Signal in akustische Wellen um, welche im piezoelektrischen Material propagieren. Ferner wandeln Elektrodenstrukturen auch akustische Wellen in HF-Signale um. Im Allgemeinen ist es erwünscht,
- 20 Leckwellenverluste sowie die Anregung von Störmoden zu vermeiden, einen für die Bandbreite der Anwendung ausreichend hohen elektroakustischen Kopplungskoeffizienten κ^2 und einen möglichst geringen Temperaturgang der Frequenz zu erhalten.

- 25 Mit akustischen Wellen arbeitende Bandpassfilter können beispielsweise Verwendung als Empfangsfilter oder als Sendefilter, beispielsweise in einem Duplexer, finden. Solche Bandpassfilter sollen eine geringe Einfügedämpfung im Passband, eine hohe Sperrbereichsunterdrückung außerhalb des Passbands
- 30 sowie eine hohe Leistungsfestigkeit aufweisen. Ferner sollen sie mit einer geringen Bauteilgröße und auf kostengünstige Weise herstellbar sein.

Aus der Druckschrift WO 2005/036744 A1 beispielsweise ist ein mit akustischen Wellen arbeitendes Bauelement mit einem LiNbO_3 Substrat (LiNbO_3 = Lithiumniobat) bekannt. Fingerförmige Elektrodenstrukturen sind zwischen dem Substrat und einer SiO_2 -Schicht angeordnet.

Die an mit akustischen Wellen arbeitende Bauelemente gestellten Anforderungen wachsen stetig. Insbesondere soll der nutzbare Frequenzbereich eines Passbandes möglichst breit und der des Übergangsbereichs vom Passband zum Sperrbereich möglichst schmal sein. Die Sperrbereichsunterdrückung soll verbessert sein, der Temperaturgang der Frequenzen (TCF = Temperature Coefficient of Frequency) soll minimiert sein. Der Temperaturgang der Frequenzen bezeichnet die Temperaturabhängigkeit der frequenzabhängigen Dämpfungscharakteristik eines Filters. Die unerwünschten Auswirkungen des Temperaturgangs sind temperaturabhängige Verschiebungen beispielsweise der Passbänder von Bandpassfiltern.

Entsprechende Bauelemente sollen ferner - entsprechend dem anhaltenden Trend zur Miniaturisierung - kleiner als bekannte Bauelemente gebaut werden können.

Es ist somit eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einerseits ein mit akustischen Wellen arbeitendes Bauelement, welches solche Anforderungen besser als bekannte Bauelemente erfüllt sowie andererseits ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Bauelements anzugeben.

Diese Aufgabe wird einerseits durch ein mit akustischen Wellen arbeitendes Bauelement nach Anspruch 1 und andererseits durch ein Verfahren zur Herstellung eines mit akustischen Wellen arbeitenden Bauelements gemäß dem angegebenen Verfah-

rensanspruch gelöst. Abhängige Ansprüche geben vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung an.

Es wird ein mit akustischen Wellen arbeitendes Bauelement angegeben, welches ein piezoelektrisches Substrat, eine untere Haftschrift, eine Elektrodenlage, eine obere Haftschrift, eine Kompensationsschicht und eine Trimmschicht umfasst. Die untere Haftschrift ist dabei oberhalb des Substrats angeordnet. Die Elektrodenlage umfasst kammförmige, ineinander greifende Elektrodenfinger zweier Elektroden und ist oberhalb der unteren Haftschrift angeordnet. Die obere Haftschrift ist oberhalb der Elektrodenfinger angeordnet. Die Kompensationsschicht vermindert den Temperaturgang der Frequenzlage des Bauelements oder den elektroakustischen Kopplungskoeffizienten, vermindert also die erzielbaren Bandbreite eines Filterbauelements. Die Kompensationsschicht ist zwischen den Elektrodenfingern sowie bedeckend auf den Elektrodenfingern angeordnet ist. Die Trimmschicht stellt eine gewünschte Frequenzlage ein und ist oberhalb der Kompensationsschicht angeordnet.

Die Erfindung gibt somit einen Schichtaufbau für ein mit akustischen Wellen arbeitendes Bauelement an, welcher gut geeignet ist, die oben genannten Anforderungen zu erfüllen und insbesondere einen verminderten TCF aufweist. Die Elektrodenfinger der zwei Elektroden der Elektrodenlage sind dabei dazu vorgesehen, HF-Signale einerseits in akustische Wellen umzuwandeln und andererseits akustische Wellen in HF-Signale umzuwandeln. Die untere Haftschrift ermöglicht es, die Elektrodenfinger der Elektrodenlage in einer hohen Qualität auf dem Substrat aufzubringen, was für die Leistungsfestigkeit und für den Fingerwiderstand vorteilhaft sein kann. Die obere Haftschrift, welche oberhalb der Elektrodenfinger angeordnet

ist, ermöglicht es auf einfache Weise, die Kompensationsschicht mit der Elektrodenlage zu verbinden.

Die Kompensationsschicht vermindert den Temperaturgang der
5 Frequenzlage des Bauelements: In einem periodischen Normal-
fingergitter entspricht der in Ausbreitungsrichtung der akus-
tischen Wellen gesehene Abstand der Fingermitten nebeneinan-
der liegender Finger der halben Wellenlänge $\lambda/2$ der akusti-
schen Welle. Die entsprechende Frequenzlage des Bauelements
10 ist im Wesentlichen reziprok zur Wellenlänge λ und proportio-
nal zur Ausbreitungsgeschwindigkeit der akustischen Wellen.
Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der akustischen Wellen hängt
unter anderem von den Elastizitätsmoduln der verwendeten Ma-
terialien und den Massebelegungen der akustischen Spuren ab.
15 Insbesondere die Elastizitätsmoduln - die elastischen Kompo-
nenten der verwendeten Materialien - hängen von der Tempera-
tur ab. Somit hängt auch die Frequenzlage des Bauelements -
im Allgemeinen unerwünschterweise - von der Temperatur ab.
Ein mit akustischen Wellen arbeitendes Bandpassfilter soll
20 jedoch geforderte Spezifikationen in einem weiten Temperatur-
bereich erfüllen. Entsprechend ist die Kompensationsschicht
dazu vorgesehen, den Temperaturgang der Frequenzlage des Bau-
elements zu vermindern und gegebenenfalls zu eliminieren. Die
Kompensationsschicht wirkt auf die elastischen Komponenten
25 der übrigen Schichten und verringert so den Temperaturgang.

Wie oben schon angegeben, hängt die Frequenzlage auch von der
Massebelegung des Bauelements ab. Um Fluktuationen der Masse-
belegung während des Herstellungsprozesses ausgleichen zu
30 können, ist eine Trimmschicht oberhalb der Kompensations-
schicht angeordnet. Die Dicke der Trimmschicht und damit die
Massenbelegung des Bauelements kann in einem sich an die
Erzeugung des Schichtaufbaus anschließenden

Verarbeitungsschritt, einem Trimmschritt, bereits während der Herstellung verringert werden, um eine gewünschte Frequenzlage einzustellen.

- 5 Zwischen nebeneinander angeordneten Elektrodenfinger der Elektroden kann Material der unteren oder oberen Haftschrift, der Kompensationsschicht oder der Trimmschicht angeordnet sein.
- 10 Ein solches Bauelement ermöglicht Filter mit einem niedrigen relativen Bandabstand, mit hoher relativer Bandbreite, mit hoher Flankensteilheit, mit hoher Leistungsfestigkeit, einem ausreichend piezoelektrischen Kopplungskoeffizienten und geringem Temperaturgang sowie Fertigungsprozesse mit geringer
- 15 Fertigungsstreuung; ein solches Bauelement ermöglicht kostengünstig herzustellende Filterschaltungen oder Filterbauelemente, die die Spezifikationen für die Einfügedämpfung, die Selektion und die Isolation gut erfüllen.
- 20 In einer Ausführungsform ist das Substrat piezoelektrisch oder pyroelektrisch und umfasst chemisch reduziertes LiNbO_3 (Lithiumniobat). Die chemische Reduktion erhöht die Leitfähigkeit und minimiert elektrische Entladung aufgrund des pyroelektrischen Effekts während der Bauteilfertigung, insbesondere während des Sputterprozesses zur Herstellung der
- 25 Kompensationsschicht und während des Betriebs. Außerdem ist das chemisch reduzierte Substrat durch die erhöhte optische Absorption im nahen UV-Bereich weniger transparent ('schwarz'), was sich positiv auf den Herstellungsprozess der
- 30 Elektrodenstruktur mittels Fotolithografie auswirkt. Die untere und die obere Haftschrift umfassen Ti (Titan). Die Elektrodenfinger umfassen Cu (Kupfer) und/oder Ag (Silber). Die Kompensationsschicht umfasst SiO_2 (Siliziumdioxid) oder

ein anderes Siliziumoxid und die Trimmschicht umfasst Si_3N_4 (Siliziumnitrid). Das Si_3N_4 der Trimmschicht kann gleichzeitig als Passivierungsschicht des Bauelements wirken. Diese Ausführungsform gibt eine Materialkombination an, welche ein
5 besonders leistungsfestes Bauelement ermöglicht und durch die Verwendung von SiO_2 in der Kompensationsschicht einen geringen Temperaturgang der Frequenzlage des Bauelements ermöglicht.

- 10 Die Kompensationsschicht, zum Beispiel eine SiO_2 -Schicht, kann mit einem Ein-Schicht-Sputterprozess auf die Elektrodenfinger aufgebracht und anschließend geglättet werden.

In einer Ausführungsform weist das Substrat eine Oberflächen-
15 normale auf, die senkrecht auf der kristallografischen X-Achse des Substrats steht und die mit der Y-Achse des Substrats einen Winkel von $127,85 \pm 5^\circ$ einschließt. Die untere Haftschi-
20 chicht ist zwischen 3 nm und 8 nm dick. Die Elektrodenlage ist zwischen 130 nm und 190 nm dick. Die obere Haftschi-
25 chicht ist hier zwischen 3 nm und 8 nm dick. Die Kompensationsschicht kann zwischen 25 % und 45 % der akustischen Wellenlänge dick sein. Die Trimmschicht ist zwischen 30 nm und 110 nm dick. Die untere oder die obere Haftschi-
30 chicht kann Ti umfassen.

Die untere Haftschi-
35 chicht kann 5 nm dick sein, die obere Haftschi-
40 chicht kann ebenfalls 5 nm dick sein.

Die Elektrodenlage kann eine 2 nm dicke Silberschicht und
30 eine 170 nm dicke Kupferschicht umfassen. Das Metallisie-
rungsverhältnis der Elektrodenlage, η , kann zwischen 0,5 und 0,58 liegen. Beispielsweise kann das Metallisierungsverhält-
nis der Elektrodenlage, η , 0,54 für ein Sendefilter und 0,56

für ein Empfangsfilter betragen. Es ist auch möglich, dass $\eta = 0,51$ für das Sendefilter und $\eta = 0,53$ für das Empfangsfilter beträgt.

- 5 Die Dicke der Kompensationsschicht kann 7 % der Dicke der Elektrodenlage betragen.

Es ist möglich, als Trimmschicht eine 100 nm dicke Schicht aufzutragen und nach dem Trimmen eine etwa 45 nm dicke zu
10 verbleibende Trimmschicht anzustreben. Dazu wird die Metallisierungshöhe und damit auch die allein durch die Elektrodenlage selbst bewirkte Massenbelastung entsprechend niedrig eingestellt.

- 15 In einer Ausführungsform weist das Substrat eine Oberflächennormale auf, die senkrecht auf der kristallografischen X-Achse des Substrats steht und mit der Y-Achse einen Winkel von $127,85 \pm 5^\circ$ einschließt. Die Dicke der unteren und oberen Haftsichten beträgt zwischen 3 nm und 8 nm. Die Haft-
20 schichten können Titan umfassen. Die Dicke der Elektrodenlage und die Dicke der Kompensationsschicht sind optimal aufeinander abgestimmt, um eine gute Temperaturkompensation und einen hinreichenden elektroakustischen Kopplungskoeffizienten zu erhalten. Darüber hinaus wird eine starke Anregung einer Ray-
25 leigh-Oberflächenwelle erzielt und mögliche Scherwellen effektiv unterdrückt. Dazu umfasst das Elektrodenmaterial Cu und die Kompensationsschicht SiO_2 . Die Dicke der Elektrodenlage beträgt zwischen 5 % und 15 % der akustischen
Wellenlänge λ , die Dicke der Kompensationsschicht beträgt
30 zwischen 25 % und 45 % λ . Als Material der Trimmschicht kommt Si_3N_4 in Frage. Deren relative Schichtdicke von bis zu 5 % der Wellenlänge λ ist ausreichend, um herstellungsbedingte

Schwankungen der Frequenzlage zu durch nachträgliches Abtragen/Trimmen ausgleichen zu können.

Durch die hohe Biegesteifigkeit von Si_3N_4 kann damit ohne wesentliche Verminderung an elektroakustischer Kopplung – und damit ohne wesentliche Verminderung der Bandbreite eines entsprechenden Filterelements – die Frequenzlage des Bauteils um bis zu etwa 10000 ppm nach oben korrigiert werden.

- 10 In einer Ausführungsform für die Anwendung bei W-CDMA (UMTS) Band II Signalen (Tx: 1850 – 1910 MHz, Rx: 1930 – 1990 MHz) mit einer relativen Bandbreite von 3,2 % beträgt die Schichtdicke der Elektrodenlage aus Cu bevorzugt 140 nm, die Schichtdicke der Kompensationsschicht aus SiO_2 590 nm und die
- 15 Schichtdicke der Trimmschicht aus Si_3N_4 zwischen 15 nm und 75 nm. Zur Erhöhung der Leistungsfestigkeit kann die Elektrodenlage eine Teilschicht aus Ag mit einer Dicke von bis zu 10 nm umfassen.
- 20 In einer Ausführungsform für die Anwendung bei W-CDMA (UMTS) Band III Signalen (Tx: 1710 – 1785 MHz, Rx: 1805 – 1880 MHz) mit einer relativen Bandbreite von 4,2 % beträgt die Schichtdicke der Elektrodenlage aus Cu bevorzugt 140 nm, die Schichtdicke der Kompensationsschicht aus SiO_2 590nm und die
- 25 Schichtdicke der Trimmschicht aus Si_3N_4 zwischen 15 nm und 75 nm. Zur Erhöhung der Leistungsfestigkeit kann die Elektrodenlage eine Teilschicht aus Ag mit einer Dicke von bis zu 10 nm umfassen.
- 30 In einer Ausführungsform für die Anwendung bei W-CDMA (UMTS) Band VII Signalen (Tx: 2500 – 2570 MHz, Rx: 2620 – 2690 MHz) mit einer relativen Bandbreite von 2,7 % beträgt die Schichtdicke der Elektrodenlage aus Cu bevorzugt 140 nm, die

Schichtdicke der Kompensationsschicht aus SiO_2 540nm und die Schichtdicke der Trimmschicht aus Si_3N_4 zwischen 15 nm und 75 nm. Zur Erhöhung der Leistungsfestigkeit kann die Elektrodenlage eine Teilschicht aus Ag mit einer Dicke von bis zu 10 nm
5 umfassen.

In einer Ausführungsform für die Anwendung bei W-CDMA (UMTS) Band VIII Signalen (Tx: 880 – 915 MHz, Rx: 925 – 960 MHz) mit einer relativen Bandbreite von 3,8 % beträgt die Schichtdicke
10 der Elektrodenlage aus Cu bevorzugt 250 nm, die Schichtdicke der Kompensationsschicht aus SiO_2 1200nm und die Schichtdicke der Trimmschicht aus Si_3N_4 zwischen 20 nm und 100nm. Zur Erhöhung der Leistungsfestigkeit kann die Elektrodenlage eine Teilschicht aus Ag mit einer Dicke von bis zu 10 nm umfassen.

15

In einer Ausführungsform für die Anwendung bei ISM Signalen (2400 – 2483 MHz) mit einer relativen Bandbreite von 3,4 % beträgt die Schichtdicke der Elektrodenlage aus Cu bevorzugt 130 nm, die Schichtdicke der Kompensationsschicht aus SiO_2
20 470 nm und die Schichtdicke der Trimmschicht aus Si_3N_4 zwischen 15 nm und 75 nm. Zur Erhöhung der Leistungsfestigkeit kann die Elektrodenlage eine Teilschicht aus Ag mit einer Dicke von bis zu 10 nm umfassen.

25 Das Metallisierungsverhältnis η der Elektrodenfinger kann zwischen 0,50 und 0,58 betragen. Das Metallisierungsverhältnis für W-CDMA (UMTS) Band II Signale kann 0,54 für das Sendefilter und 0,56 für das Empfangsfilter betragen.

30 Das Metallisierungsverhältnis für W-CDMA (UMTS) Band III Signale kann 0,51 für das Sendefilter und 0,53 für das Empfangsfilter betragen.

Das Metallisierungsverhältnis für W-CDMA (UMTS) Band VII Signale kann etwa 0,52 betragen.

Das Metallisierungsverhältnis für W-CDMA (UMTS) Band VIII
5 Signale kann etwa 0,55 betragen.

Das Metallisierungsverhältnis für ISM Signale kann etwa 0,52 betragen.

10 Ein solches Piezosubstrat ist ein so genanntes LN128-Substrat, wobei LN für Lithiumniobat steht. Ein solches piezoelektrisches Substrat ermöglicht eine gute piezoelektrische Kopplung, das heißt einen hohen Kopplungskoeffizienten κ^2 . Es ermöglicht ferner ein Bauelement mit geringen Verlusten, zum
15 Beispiel Leckwellenverlusten, sowie mit einer geringen Anfälligkeit für Störmodenanregungen.

Eine andere Möglichkeit, einen derartiger Kristallschnitt eines LiNbO_3 Substrat zu definieren, besteht in der Angabe der
20 Eulerwinkel: ($\lambda = 0^\circ$, $\mu = 37,85^\circ \pm 5^\circ$, $\theta = 0^\circ$).

Dabei sind die Eulerwinkel wie folgt definiert: Zuerst wird von einem Satz Achsen x , y , z ausgegangen, welches die kristallographischen Achsen des Substrats sind.

25

Der erste Winkel, λ , gibt an, um welchen Betrag die x -Achse und die y -Achse um die z -Achse gedreht werden, wobei die x -Achse in Richtung der y -Achse gedreht wird. Entsprechend entsteht ein neuer Satz von Achsen x' , y' , z' , wobei $z = z'$.

30

In einer weiteren Rotation werden die z' -Achse und y' -Achse um den Winkel μ um die x' -Achse gedreht. Dabei wird die y' -

Achse in Richtung der z' -Achse gedreht. Entsprechend entsteht ein neuer Satz von Achsen x'' , y'' , z'' , wobei $x' = x''$.

In einer dritten Rotation werden die x'' -Achse und die y'' -
5 Achse um den Winkel θ um die z'' -Achse gedreht. Die x'' -Achse wird dabei in Richtung der y'' -Achse gedreht. So entsteht ein drittes Set von Achsen x''' , y''' , z''' , wobei $z'' = z'''$.

Die x''' -Achse und die y''' -Achse liegen dabei parallel zur
10 Oberfläche des Substrats. Die z''' -Achse ist die Oberflächen-
normale des Substrats. Die x''' -Achse gibt die Ausbreitungsgeschwindigkeit der akustischen Wellen an.

Die Definition ist in Übereinstimmung mit dem internationalen
15 Standard IEC 62276, 2005-05, Annex A1.

Ein solcher Kristallschnitt ermöglicht es, hoch koppelnde Rayleigh-Moden anzuregen.

20 Ein solches Bauelement kann ein Bandpassfilter oder ein Bandsperrfilter, zum Beispiel ein Notchfilter, umfassen. Ferner kann ein solches Bauelement ein Sendefilter oder ein Empfangsfilter für ein mobiles Kommunikationsgerät umfassen. Ein entsprechendes Bauelement kann zusätzlich eine Balunfunktio-
25 nalität (Balun = balanced $\leftrightarrow$ unbalanced Konverter) umfassen und zum Beispiel erdunsymmetrische HF-Signale in erdsymmetrische Signale oder erdsymmetrische Signale in erdunsymmetrische Signale konvertieren.

30 In einer Ausführungsform umfasst das Bauelement einen Antennenanschluss, einen Sendesignalanschluss und einen Empfangssignalanschluss. Zwischen dem Antennenanschluss und dem Sendesignalanschluss ist ein mit akustischen Wellen arbeitendes

Sendefilter verschaltet. Zwischen dem Antennenanschluss und dem Empfangssignalanschluss ist ein mit akustischen Wellen arbeitendes Empfangsfilter verschaltet. Das Sendefilter und das Empfangsfilter sind auf derselben Seite des Substrats angeordnet. Ein solches Bauelement stellt einen Duplexer dar. Insbesondere stellt ein solches Bauelement einen Ein-Chip-Duplexer dar, welcher im Vergleich zu Zwei-Chip-Lösungen kostengünstiger herzustellen ist, weil Strukturierungsschritte für Sende- und Empfangsfilter auf derselben Substratoberfläche durchgeführt werden können. Außerdem kann eine geringere Bauteilgröße erzielt werden.

Das Sendefilter und das Empfangsfilter des Duplexers können unterschiedliche Schichtdicken des Lagenaufbaus und unterschiedliche zusätzliche Funktionsschichten umfassen. Das Sendefilter und das Empfangsfilter können dann mit nacheinander abfolgenden Strukturierungsschritten hergestellt werden. Es ist aber auch möglich, dass der Lagenaufbau des Empfangsfilters mit dem Lagenaufbau des Sendefilters übereinstimmt. Dann können beide Filter auf eine besonders einfache Weise gleichzeitig und während der selben Strukturierungsschritte hergestellt werden.

In einer Ausführungsform des Duplexers umfasst das Sendefilter des Duplexers einen Laddertype-Filter. Das Empfangsfilter des Duplexers umfasst ein DMS-Filter. Im Sendefilter werden relativ hohe Leistungen, etwa in der Größenordnung $1\text{ W} = 30\text{ dbm}$, übertragen. Laddertype-Filter sind besonders leistungsfest und eignen sich daher besonders für die Verwendung in Sendefiltern. Ein Empfangsfilter braucht im Allgemeinen eine gute Isolation des Sendepfads vom Empfangspfad, eine geringe Einfügedämpfung im Passband und eine hohe Selektion, d.h. eine hohe Sperrbereichsunter-

drückung außerhalb des Passbands. DMS-Filter verfügen über eine gute Isolation und über eine hohe Selektion. DMS-Filter sind somit gut zur Verwendung in Empfangsfiltern geeignet. Zwischen dem DMS-Filter des Empfangsfilters und dem

5 Empfangsfiltereingang, mit dem das Empfangsfilter mit dem Sendefilter verschaltet sein kann, können zusätzliche Resonatoren in Laddertype-Konfiguration verschaltet sein.

Für die Kombination von Filter- und Duplexer-Bauteilen mit in

10 einem Transceiver integrierten Verstärkern und mit Frontend-Architekturen auf CMOS-Basis sind Bauteile mit integriertem Balun vorteilhaft.

Wenn die Umwandlung eines auf Masse bezogenen unsymmetrischen

15 Signals in Form eines Impedanzwandlers als Balun verwirklicht wird, kann dieser Wandler entweder zwischen der gemeinsamen Tx/Rx-Leitung, die zur Antenne führt, und dem RX-Filter oder nach dem unsymmetrischen Rx-Filter angeordnet sein. In beiden Fällen kann jedoch die Umwandlung mit einem Signalverlust

20 verbunden sein, dessen Ursachen eine Fehlanpassung sowie internen Verluste des Baluns sind. Um solche Abgleichverluste zu vermeiden oder zu vermindern, kann ein Rx-Filter ein Bandpassfilter mit integriertem Balun umfassen. Der Signalabgleich erfolgt durch Anschluss von DMS-Resonatoren. DMS-

25 Resonatoren erreichen besonders in der linken Flanke hohe Flankensteilheit und außerdem hohe Isolationswerte zum Tx-Filter. Ferner sind keine hohen Leistungsbelastung erforderlich. Deshalb sind solche Resonatoren gut für den Einsatz in Rx-Filtern geeignet.

30

In einer Ausgestaltung dieser Ausführungsform weist das Laddertype-Filter des Sendefilters Resonatoren mit einer cosi-

nusförmigen Überlappwichtung auf. Das DMS-Filter des Empfangsfilter weist eine mehrfache Überlappwichtung auf.

Der Begriff Überlappwichtung bezeichnet dabei, dass die Überlappungslänge von Elektrodenfingern von benachbarten Elektrodenfingern sich entlang der Ausbreitungsrichtung der akustischen Wellen, der x''' -Richtung, ändert. Bei einer cosinusförmigen Überlappwichtung ändert sich der Überlapp gemäß der Cosinusfunktion. Der Koordinatenursprung kann dabei prinzipiell überall innerhalb des entsprechenden Wandlers angeordnet sein.

Um die Leistungsfestigkeit zu erhöhen, können die Resonatoren seriell kaskadiert ausgeführt sein. Um eine angepasste Impedanz zu erhalten, ist eine vierfach größere Flächenbelegung nötig. Damit ist die akustische Leistungsdichte in etwa geviertelt und die an den Interdigitalwandlern anliegende Spannung ist halbiert. Damit nicht zu große Aperturen verwendet werden müssen, ist es möglich, die Resonatoren länger auszugestalten. Um eine wirksame Überlappwichtung zu ermöglichen, können lange Resonatoren mit einem großen Aspektverhältnis, etwa Länge / Breite ≥ 5 vermieden werden. Statt dessen können die Resonatoren durch einen kurzen Reflektor aufgetrennt und als Staffel, z. B. als 2x2 oder als 2x3 Staffel angeordnet sein.

Das DMS-Filter weist eine mehrfache Überlappwichtung auf. Das bedeutet, dass der Elektrodenüberlapp sich entlang der Ausbreitungsrichtung der akustischen Wellen ändert. Der veränderliche Überlapp weist dabei eine periodische Struktur entlang der Ausbreitungsrichtung auf. Auch die Überlappwichtung des DMS-Filters kann cosinusförmig sein.

Für die Interdigitalwandler der DMS-Struktur mit einem kleinem Aspektverhältnis, etwa Länge / Breite < 1 , ist eine schwach ausgeprägte, sinusförmige Mehrfachwichtung von weniger als 50% vorteilhaft. Damit ist die Überlappungsfunktion in den Übergangsbereichen zwischen den Wandlern, also in den Bereichen hoher akustischer Leistungsdichte, stetig und die resultierende Übertragungsfunktion kann besser simuliert werden.

- 10 Die Anzahl der Perioden für die sinusförmige Wichtung im DMS-Filter kann größer oder gleich der Anzahl der Wandler im DMS-Filter sein.

Durch eine Überlappwichtung wird in einem mit akustischen Wellen arbeitenden Wandler eine ausreichende Unterdrückung transversaler Effekte erzielt oder die Welligkeit der Einfügedämpfung im Passband vermindert. Insbesondere zeigt eine derartige Ausgestaltung des Duplexers eine gute Übereinstimmung mit dem bei der Entwicklung des Duplexers verwendeten Simulationsmodell. Dadurch können bei der Entwicklung der Filter Iterationsschritte der Simulation eingespart werden.

In einer Ausführungsform des Bauelements ist die Kompensationsschicht ausschließlich oberhalb von akustisch aktiven Bereichen des Substrats angeordnet. Akustisch inaktive Bereiche des Substrats bleiben von der Kompensationsschicht unbedeckt.

Die Kompensationsschicht kann mit einem Sputterprozess auf das Substrat aufgebracht werden und mit einem Lithographieprozesse strukturiert werden. Dabei werden die Kontaktpunkte für die spätere Kontaktierung von außen von der Schicht befreit und es bleiben nur noch akustisch aktive Bereiche zuzüglich erforderlicher Sicherheitsabstände mit der

Kompensationsschicht bedeckt sowie, falls erforderlich, Bereiche von Leiterbahnüberkreuzungen. Leiterbahnüberkreuzungen sind bevorzugt durch eine im Überlappungsbereich zwischen den Elektrodenlagen oder einer weiteren Metalllage angeordnete Kompensationslage aufgebaut. Um den Bedarf an Chipfläche zu minimieren, können die Bereiche von Leiterbahnüberkreuzungen direkt an den Stromsammelschienen (engl.: busbars) seitlich der akustisch aktiven Bereiche angeordnet sein.

10

Der positive Effekt durch die vorgenommene Strukturierung minimiert mechanische Verspannungen zwischen der Kompensationsschicht und dem Substrat. Wie oben schon erläutert, vermindert die Kompensationsschicht den Temperaturgang der Frequenzlage des Bauelements. Die Frequenzlage des Bauelements hängt vom Frequenzgang der elastischen Komponenten, zum Beispiel der Elastizitätsmodule der entsprechenden Materialien, ab. Eine SiO_2 -Schicht hat beispielsweise einen Temperaturgang der elastischen Komponenten, der dem Temperaturgang von Lithiumniobat LiNbO_3 entgegentläuft. Das ermöglicht zum einen zwar die Temperaturkompensationen, zum anderen aber entstehen dadurch thermisch induzierte Spannung in dem Composite aus Substrat und Kompensationsschicht. Dadurch, dass die Kompensationsschicht genau dort aufgetragen ist, wo akustische Wellen im Substrat propagieren, erhält man eine Temperaturkompensation und weniger thermischen Spannungen außerhalb dieses Bereiches.

20
25

In einer Ausführungsform des Bauelements weist die Elektrodenlage eine Ag (Silber) umfassende Schicht und eine auf der Ag umfassenden Schicht angeordnete Cu (Kupfer) umfassende Schicht auf.

30

Durch eine solche Materialauswahl kann eine deutlich verminderte Akustomigration und dadurch eine erhöhte Lebensdauer des Bauelements erreicht werden. Ferner ist es möglich, die oben genannte Massenbelegung geeignet einzustellen, um eine
5 gewünschte Ausbreitungsgeschwindigkeit der akustischen Welle zu erhalten. Eine in transversaler Richtung variierende Ausbreitungsgeschwindigkeit ermöglicht es, einen Wellenleiter zu bilden, in dem akustische Wellen optimal propagieren können.

10 In einem Bauelement können Zuleitungsverbindungen und Signalleitungen auf einem piezoelektrischen Substrat zur Reduzierung der Zuleitungsverluste und zum Schutz der Oberfläche der Leiter mit einer oder mehreren weiteren Metalllagen, zum Beispiel Ti oder Al, aufgedickt sein. Die weiteren Metalllage
15 kann außerhalb der akustisch aktiven Bereiche die Elektrodenlage vollständig überdecken und die Kompensationsschicht überlappen oder von der Kompensationsschicht überlappt werden.

20 Das Bauelement kann ein HTCC- oder ein LTCC-Mehrlagenssubstrat umfassen, auf dem ein die akustischen Bauelementstrukturen tragender Chip/piezoelektrischer Chip angeordnet ist. In Metallisierungslagen im Inneren des Mehrlagenssubstrats können kapazitive, induktive oder resistive Elemente strukturiert
25 sein.

Ein Verfahren zur Herstellung eines mit akustischen Wellen arbeitenden Bauelements umfasst die Schritte:

- Bereitstellen eines Substrats,
- 30 - Abscheiden einer unteren Haftschrift auf das Substrat,
- Strukturieren von kammförmigen, ineinander greifende Elektrodenfingern in einer Elektrodenlage auf der unteren Haftschrift,

- Abscheiden einer oberen Haftschrift auf die Elektrodenfinger,
- Abscheiden einer Kompensationsschicht auf die freiliegenden Bereiche von Substrat, unterer Haftschrift, Elektrodenfinger und oberer Haftschrift,
- Abscheiden einer Trimmschicht auf die Kompensationsschicht,
- Einstellen einer gewünschten Frequenzlage des Bauelements durch Dünnen der Trimmschicht.

10 Die Kompensationsschicht, die untere Haftschrift, die Elektrodenfinger, die obere Haftschrift und die Trimmschicht können deckungsgleich sein. Eine Haftschrift kann isolierend und dann auch im Bereich zwischen den Elektroden angeordnet sein. Es ist aber auch möglich, dass, die untere Haftschrift, die
15 obere Haftschrift oder die Kompensationsschicht auch in Bereichen zwischen Elektrodenfingern angeordnet sind.

Mit diesen Verfahrensschritten kann eine Vielzahl von Bauelementen auf einem Wafer hergestellt werden. Die einzelnen Bauelemente können nach der Herstellung durch Zersägen, Zerschneiden oder Zerteilen des Wafers, z. B. mittels Laser vereinzelt werden.

Die gewünschte Frequenzlage des Bauelements kann eingestellt
25 werden, indem jedes der Bauelemente einzeln vermessen wird und im Trimmschritt individuell getrimmt/gedünnt wird.

Es ist aber auch möglich, einzelne einer Vielzahl von sich auf dem Wafer befindenden Bauelementen bezüglich der Frequenzlage zu vermessen und die Trimmschicht, welche alle Bauelemente bedeckt und zuvor auf der gesamten Oberfläche des Wafers abgeschieden wird orts aufgelöst z. B. mittels Ionenstrahlätzens zu dünnen. Möglich ist eine Vermessung einzelner
30

an charakteristischer Stelle angeordneter Bauelemente und Interpolation einer Abweichung der Frequenz über die Wafer-Fläche.

- 5 Eine Ausführungsform des Verfahrens umfasst ferner die Schritte:
- Aufschleudern einer Lackschicht (LS) mit ebener Oberfläche auf die Kompensationsschicht (KS),
 - Aushärten der Lackschicht (LS),
 - 10 - Ätzen der Lackschicht (LS), bis die darunter liegende Kompensationsschicht (KS) teilweise freigelegt ist,
 - Ätzen der Lackschicht und des freigelegten Teils der Kompensationsschicht (KS), bis die Lackschicht vollständig entfernt ist.
- 15
- Dabei sind die Ätzbedingungen so eingestellt sind, dass die ausgehärtete Lackschicht und die Kompensationsschicht die gleiche Ätzrate aufweisen.
- 20 Damit kann ein Bauelement mit einer besonders geringen Oberflächenrauigkeit der Kompensationsschicht und einer zur $x''''-y''''$ -Ebene parallele Oberfläche des Lagenstapels erhalten werden.
- 25 In einer weiteren Ausführungsform umfasst das Verfahren ferner die Schritte:
- Erzeugen einer Trimmschicht auf der Kompensationsschicht,
 - Messen der Frequenzlage des Bauelements nach Erzeugen der Trimmschicht,
 - 30 - Abtragen einer Teilschicht der Trimmschicht.

Dabei wird die Dicke der abzutragenden Teilschicht in Abhängigkeit von der Differenz der gemessenen Frequenzlage zu einer gewünschten Frequenzlage bemessen.

- 5 Dabei hängt die Dicke der abzutragenden Teilschicht von der Differenz der gemessenen Frequenzlage zu einer gewünschten Frequenzlage ab. Das Trimmen der Bauelemente kann für eine Vielzahl von auf einem Wafer angeordneten Bauelementen ortsaufgelöst und frequenzgenau durchgeführt werden.

10

Im Folgenden wird das Bauelement anhand von Ausführungsbeispielen und zugehörigen schematischen Figuren näher erläutert.

- 15 Es zeigen:

Figur 1: einen Querschnitt entlang der Ausbreitungsrichtung der akustischen Wellen durch ein Bauelement,

- 20 Figur 2: eine Ausführungsform, wobei mit akustischen Wellen arbeitende Resonatoren zu einem Duplexer verschaltet sind,

- Figur 3a: einen Interdigitalwandler mit cosinusförmiger Überlappwichtung,
- 25

Figur 3b: kaskadierte Interdigitalwandler,

- Figur 3c: akustisch gekoppelte Interdigitalwandler mit Mehrfachwichtung,
- 30

Figur 4: ein Bauelement, bei dem lediglich akustisch aktive Bereiche von der Kompensationsschicht bedeckt sind,

Figur 5: einen Querschnitt durch ein Bauelement, bei dem zur Planarisierung der Kompensationsschicht eine Lack-schicht aufgebracht ist.

5 Figur 1 zeigt einen Querschnitt durch ein mit akustischen Wellen arbeitendes Bauelement B entlang der Ausbreitungsrichtung x''' der akustischen Wellen. Das Bauelement B umfasst ein Substrat SU. Auf dem Substrat SU ist eine untere Hafts-
schicht UHS angeordnet. Oberhalb der unteren Hafts-
schicht UHS ist eine Kompensationsschicht KS angeordnet. Zwischen der un-
10 teren Hafts-
schicht UHS und der Kompensationsschicht KS ist eine Elektrodenlage EL angeordnet. In der Elektrodenlage EL sind Elektrodenfinger EF zweier Elektroden strukturiert. Zwei unterschiedlich ausgerichtete Schraffierungen der Elektroden-
15 finger EF zeigen die Zugehörigkeit zu den unterschiedlichen Elektroden an. Oberhalb der Elektrodenfinger EF und unterhalb der Kompensationsschicht KS ist eine obere Hafts-
schicht OHS angeordnet. Die obere Hafts-
schicht OHS vermittelt eine gute mechanisch stabile Verbindung zwischen der Elektrodenlage EL
20 und der Kompensationsschicht KS. Die Kompensationsschicht ist zwischen der Elektrodenlage EL und der Trimmschicht TS ange-
ordnet.

Die Elektrodenfinger EF unterschiedlicher Elektroden sind
25 galvanisch voneinander getrennt. Der Raum zwischen benachbar-
ten Elektrodenfingern EF kann durch ein Material aufgefüllt sein, welches aus zumindest einem aus der unteren Hafts-
schicht UHS, der oberen Hafts-
schicht OHS und der Kompensationsschicht KS ausgewählt ist. Möglich ist es, dass alle diese genannten
30 Schichten sich auch in den Bereich zwischen den Elektroden-
fingern erstrecken. Es ist aber auch möglich, dass der Raum zwischen den Elektrodenfingern und gegebenenfalls zwischen

auf den Elektrodenfingern angeordneten Streifen der oberen Haftschrift OHS leer ist.

Die Elektrodenlage EL kann selbst mehrere Teilschichten, welche wiederum Ag oder Cu umfassen, umfassen. Die untere Haftschrift oder die obere Haftschrift können Ti umfassen.

Durch geeignete Prozessführung beim Aufbringen der Kompensationsschicht kann die Bildung von Lücken zwischen den Elektrodenfingern verhindert werden; durch die geringe mechanische Impedanz der Lücke und dem entsprechend hohen Impedanzsprung von Elektrode zu Lücke bzw. von Kompensationsschicht zu Lücke würde andernfalls das mechanische Reflexionsprofil im Allgemeinen deutlich beeinflusst; dies könnte zu einer Zunahme der Fertigungsstreuung der Frequenzlage führen.

Figur 2 zeigt, wie mit akustischen Wellen arbeitende Resonatoren des mit akustischen Wellen arbeitenden Bauelements zu einer Duplexerschaltung verschaltet sind. Die Schaltung umfasst einen Antennenanschluss AA, der mit einer Antenne AN verschaltet sein kann. Der Antennenanschluss ist mit einem Sendesignalanschluss SSA eines Sendefilters SF verschaltet. Zusätzlich ist der Antennenanschluss AA mit einem Empfangssignalanschluss ESA eines Empfangsfilters EF verschaltet. Das Sendefilter SF umfasst ein Laddertype-Filter LF. Das Laddertype-Filter LF umfasst drei in Serie geschaltete Resonatoren. Ferner umfasst das Laddertype-Filter LF zwei parallele Resonatoren, die die Serienresonatoren mit Masse verschalten.

30

Das Empfangsfilter EF umfasst zwei Grundglieder eines Laddertype-Filters. Jedes Grundglied eines Laddertype-Filters umfasst einen Serienresonator SR und einen Parallelresonator

PR. Ausgangsseitig umfasst das Empfangsfilter EF ein DMS-Filter DMS. Das DMS-Filter umfasst Balunfunktionalität und ist eingangsseitig erdunsymmetrisch und ausgangsseitig erdsymmetrisch ausgestaltet.

5

Zwischen dem Antennenanschluss AA und dem Eingangssignalanschluss ESA ist ein Anpasselement AE zur Anpassung der Impedanz am Eingangssignalanschluss ESA verschaltet. Dadurch ist es möglich, die Impedanz des Sendefilters in den Leerlauf zu transformieren.

10

Figur 3a zeigt einen Interdigitalwandler, z. B. einen SAW- oder GBAW-Wandler, mit cosinusförmiger Überlappwichtung. Benachbarte Elektrodenfinger EF sind mit einander gegenüberliegenden Stromsammelschienen (englisch: Busbar) BB verschaltet. Die Kurve COS zeigt den cosinusförmigen Verlauf des Überlapps der Elektrodenfinger EF. Der in Figur 3a gezeigte Wandler umfasst in etwa eine halbe Periode der Cosinuskurve. Größere oder kleinere Anteile der Cosinuskurve sind möglich. Insbesondere ist es möglich, Wandler mit mehreren Cosinusperioden auszugestalten. In einem solchen Fall mehrerer Perioden spricht man von einer Mehrfachwichtung. Die Reflektoren am Spurende können zur Minimierung der benötigten Chipfläche transversal nach innen eingezogen und in Ausbreitungsrichtung keilförmig verjüngt sein.

15

20

25

Figur 3b zeigt eine gestaffelte Anordnung von Resonatoren. Die Resonatoren sind kaskadiert und für ein vorteilhaftes Aspektverhältnis zu einer 2x2 Staffel unterteilt angeordnet. Zwei lateral nebeneinander angeordnete Resonatoren sind durch Reflektoren getrennt.

30

Figur 3c zeigt eine Gewichtung für gekoppelte Resonatoren, z. B. von DMS-Filtern. Für gekoppelte Resonatoren mit einem kleinem Aspektverhältnis ist eine cosinus- oder sinusförmige Mehrfachwichtung möglich. Zwischen zwei lateral nebeneinander angeordneten Resonatoren sind keine oder akustisch teilweise transparente Reflektoren angeordnet.

Figur 4 zeigt eine Anordnung von Resonatoren R und Signalleitungen auf einem Substrat SU. Nur die akustisch aktiven Bereiche, die akustischen Spuren der Resonatoren, sind durch eine Beschichtung, die Kompensationsschicht KS, bedeckt. Akustisch inaktive Bereiche des Substrats SU sind frei von der Kompensationsschicht KS, um thermisch induzierte Spannungen zwischen dem Substrat SU und der Kompensationsschicht KS zu vermindern oder zu vermeiden.

Figur 5 zeigt eine Kompensationsschicht mit nicht planarer Oberfläche. Auf der nicht planaren Oberfläche ist eine Lackschicht LS angeordnet. Die Lackschicht LS schmiegt sich dem nicht planaren Verlauf der Oberfläche der Kompensationsschicht KS an und hat selbst eine planare Oberfläche. Eine planare Oberfläche der Lackschicht LS kann erhalten werden, wenn die Lackschicht LS während eines Herstellungsprozesses auf ein Bauelement oder auf einen Wafer mit einer Vielzahl an Bauelementen aufgeschleudert wird.

Die Lackschicht und Ätzverfahren sind so gewählt, dass die Lackschicht in gehärtetem Zustand im Wesentlichen dieselbe Ätzrate wie die Kompensationsschicht KS hat. Nach der Härtung der Lackschicht LS kann die Lackschicht und ein Teil der Kompensationsschicht KS, zum Beispiel mittels eines Ätzverfahrens, z. B. eines Trockenätzverfahrens, abgetragen werden. Die Abtragung kann so lange stattfinden bis die Lackschicht

LS vollständig entfernt ist und die plane Oberfläche der Lackschicht in die Kompensationsschicht übertragen ist.

Ein erfindungsgemäßes Bauelement und ein erfindungsgemäßes
5 Herstellungsverfahren sind nicht auf eines der beschriebenen
Ausführungsbeispiele beschränkt. Kombinationen derer und Variationen,
welche zum Beispiel noch weitere Schichtfolgen
oder Resonatorstrukturen oder Abscheideprozesse oder Planarisierungs-
oder Trimmprozesse umfassen, stellen ebenso erfindungsgemäße
10 Ausführungsbeispiele dar.

Bezugszeichenliste:

	AA:	Antennenanschluss
	AE:	Anpasselement
5	AN:	Antenne
	B:	mit akustischen Wellen arbeitendes Bauelement
	BB:	Stromsammelschiene (englisch: Busbar)
	COS:	cosinusförmige Überlappwicklung
	DMS:	DMS (Doublemode SAW) Filter
10	EF:	Empfangsfilter
	ELF:	Elektrodenfinger
	EL:	Elektrodenlage
	ESA:	Eingangssignalanschluss
	KS:	Kompensationsschicht
15	LF:	Laddertype-Filter
	LS:	Lackschicht
	OHS:	obere Haftschiicht
	PR:	Parallelresonator
	R:	Resonator
20	SF:	Sendefilter
	SL:	Signalleitung
	SR:	Serienresonator
	SSA:	Sendesignalanschluss
	SU:	Substrat
25	TS:	Trimmschicht
	UHS:	untere Haftschiicht

Patentansprüche

1. Mit akustischen Wellen arbeitendes Bauelement (B),
umfassend
- 5 - ein piezoelektrisches Substrat (SU), eine untere
Haftschicht (UHS), eine Elektrodenlage (EL), eine obere
Haftschicht (OHS), eine Kompensationsschicht (KS) und
eine Trimmschicht (TS), wobei
- 10 - die untere Haftschicht (UHS) oberhalb des Substrats
(SU) angeordnet ist,
- die Elektrodenlage (EL) kammförmige, ineinander
greifende Elektrodenfinger (ELF) zweier Elektroden
umfasst und oberhalb der unteren Haftschicht (UHS)
angeordnet ist,
- 15 - die obere Haftschicht (OHS) oberhalb der
Elektrodenfinger (ELF) angeordnet ist,
- die Kompensationsschicht (KS) den Temperaturgang der
Frequenzlage des Bauelements (B) vermindert und zwischen
den Elektrodenfingern sowie bedeckend auf den
- 20 Elektrodenfingern angeordnet ist,
- die Trimmschicht (TS) eine gewünschte Frequenzlage
einstellt und oberhalb der Kompensationsschicht (KS)
angeordnet ist.
- 25 2. Bauelement nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei
- das piezoelektrische Substrat (SU) LiNbO_3 umfasst,
- die untere (UHS) und die obere (OHS) Haftschicht Ti
umfassen,
- die Elektrodenfinger (ELF) Cu umfassen,
- 30 - die Kompensationsschicht (KS) SiO_2 umfasst und
- die Trimmschicht (TS) Si_3N_4 umfasst.

3. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei
- das Substrat (SU) eine Oberflächennormale aufweist, die senkrecht auf der Piezoachse steht und die mit der Y-Achse des Substrats (SU) einen Winkel von $127,85 \pm 5^\circ$ einschließt,
 - die untere Haftschrift (UHS) zwischen 3 nm und 8 nm dick ist,
 - die Elektrodenlage (EL) zwischen 5% und 15% der akustischen Wellenlänge λ oder zwischen 5% und 15% der akustischen Wellenlänge λ dick ist,
 - die obere Haftschrift (OHS) zwischen 3 nm und 8 nm dick ist,
 - die Kompensationsschicht (KS) zwischen 25% und 45% der akustischen Wellenlänge dick ist und
 - die Trimmschicht (TS) bis zu 5% der akustischen Wellenlänge λ dick ist.
4. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei
- das Bauelement einen Antennenanschluss (AA), einen Sendesignalanschluss (SSA) und einen Empfangssignalanschluss (ESA) umfasst,
 - zwischen dem Antennenanschluss (AA) und dem Sendesignalanschluss (SSA) ein mit akustischen Wellen arbeitendes Sendefilter (SF) verschaltet ist,
 - zwischen dem Antennenanschluss (AA) und dem Empfangssignalanschluss (ESA) ein mit akustischen Wellen arbeitendes Empfangsfilter (EF) verschaltet ist,
 - das Sendefilter (SF) und das Empfangsfilter (EF) auf der selben Seite des Substrats (SU) angeordnet sind und
 - das Bauelement ein Duplexer ist.
5. Duplexer nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei
- das Sendefilter (SF) ein Laddertype-Filter (LF) und

- das Empfangsfilter (EF) ein DMS-Filter (DMS) umfasst.

6. Duplexer nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei

- das Laddertype-Filter (LF) des Sendefilters (SF)

5 Resonatoren mit einer Kosinus-förmigen Überlappwichtung (COS) aufweist und

- das DMS-Filter (DMS) des Empfangsfilters (EF) eine mehrfache Überlappwichtung aufweist.

10 7. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kompensationsschicht (KS) ausschließlich oberhalb von akustisch aktiven Bereichen des Substrats (SU) angeordnet ist und akustisch inaktive Bereiche des Substrats (SU) von der Kompensationsschicht (KS) unbedeckt sind.

15

8. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Elektrodenlage (EL) eine Ag umfassende Schicht und eine auf der Ag umfassenden Schicht angeordnete Cu umfassende Schicht aufweist.

20

9. Verfahren zur Herstellung eines mit akustischen Wellen arbeitenden Bauelements, umfassend die Schritte

- Bereitstellen eines Substrats (SU),

- Abscheiden einer unteren Haftschrift (UHS) auf das
25 Substrat (SU),

- Strukturieren von kammförmigen, ineinander greifenden Elektrodenfingern (ELF) in einer Elektrodenlage (EL) auf der unteren Haftschrift (UHS),

- Abscheiden einer oberen Haftschrift (OHS) auf die
30 Elektrodenfinger (ELF),

- Abscheiden einer Kompensationsschicht (KS) auf die freiliegenden Bereiche von Substrat (SU), unterer

Haftschicht (UHS), Elektrodenfinger (ELF) und oberer Haftschicht (OHS),

- Abscheiden einer Trimmschicht (TS) auf die Kompensationsschicht (KS),

5 - Einstellen einer gewünschten Frequenzlage des Bauelements durch Dünnen der Trimmschicht (TS).

10. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, ferner umfassend die Schritte

10 - Aufschleudern einer Lackschicht (LS) mit ebener Oberfläche auf die Kompensationsschicht (KS),

- Aushärten der Lackschicht (LS),

- Ätzen der Lackschicht (LS), bis die darunter liegende Kompensationsschicht (KS) teilweise freigelegt ist,

15 - Ätzen der der Lackschicht und des freigelegten Teils der Kompensationsschicht (KS), bis die Lackschicht vollständig entfernt ist,

- wobei die Ätzbedingungen so eingestellt sind, dass die ausgehärtete Lackschicht (LS) und die

20 Kompensationsschicht (KS) die gleiche Ätzrate aufweisen.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Verfahrensansprüche, ferner umfassend die Schritte:

- Erzeugen einer Trimmschicht (TS) auf der

25 Kompensationsschicht (KS),

- Messen der Frequenzlage des Bauelements B nach Erzeugen der Trimmschicht (TS),

- Abtragen einer Teilschicht der Trimmschicht (TS),

- wobei die Dicke der abzutragenden Teilschicht in

30 Abhängigkeit von der Differenz der gemessenen Frequenzlage zu einer gewünschten Frequenzlage bemessen wird.

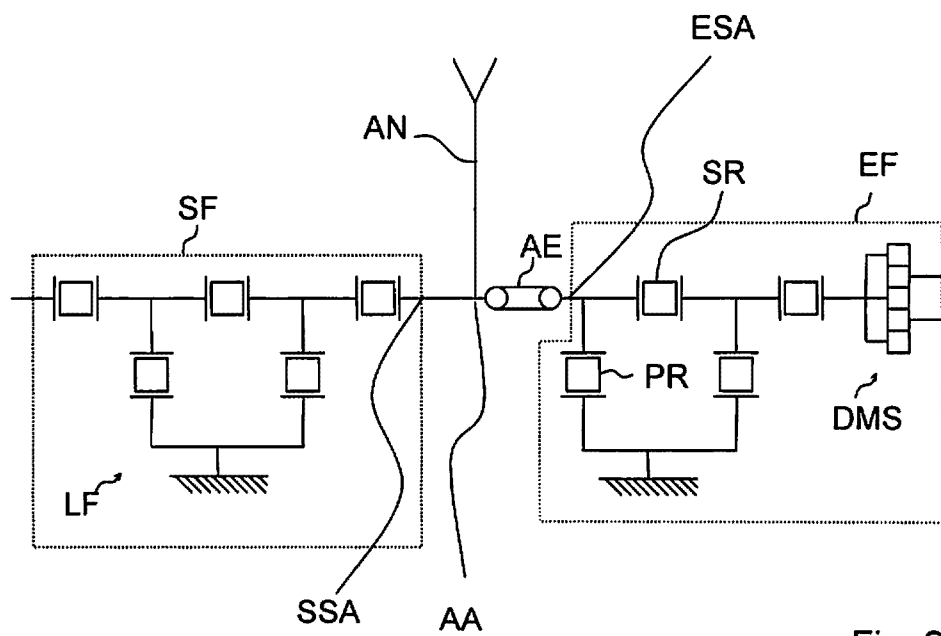
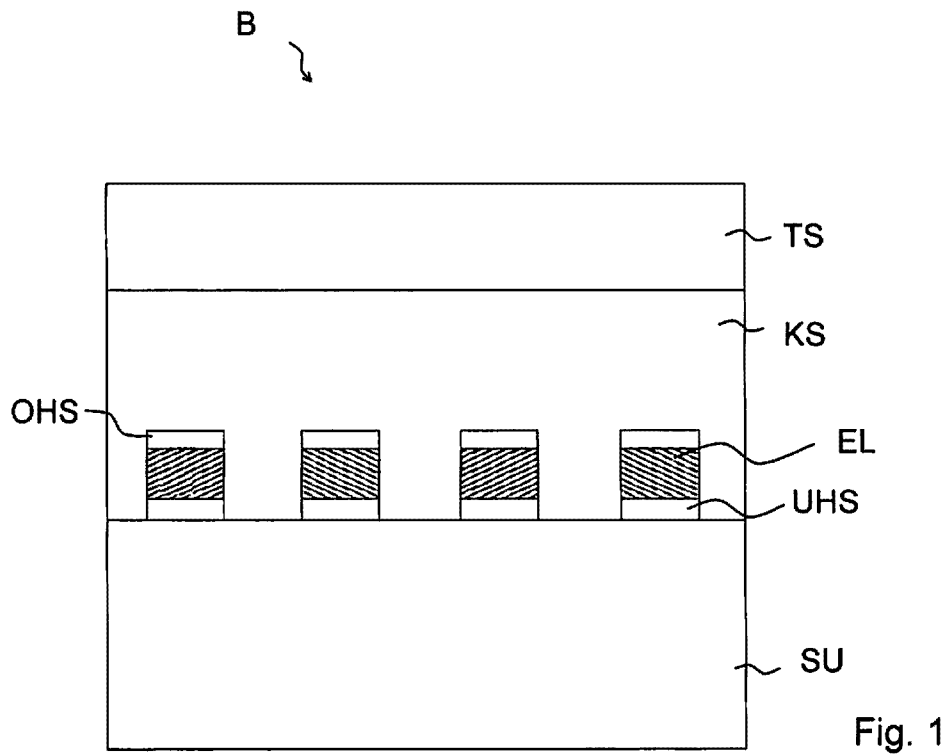


Fig. 2

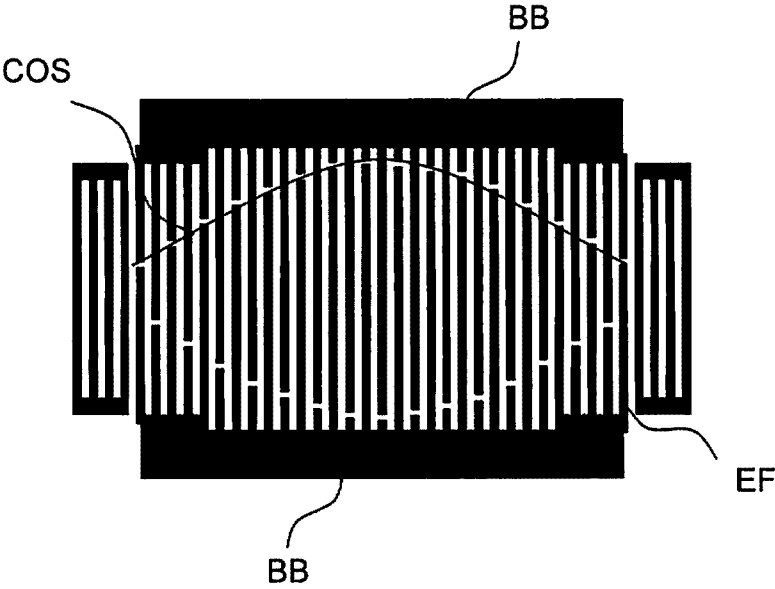


Fig. 3a

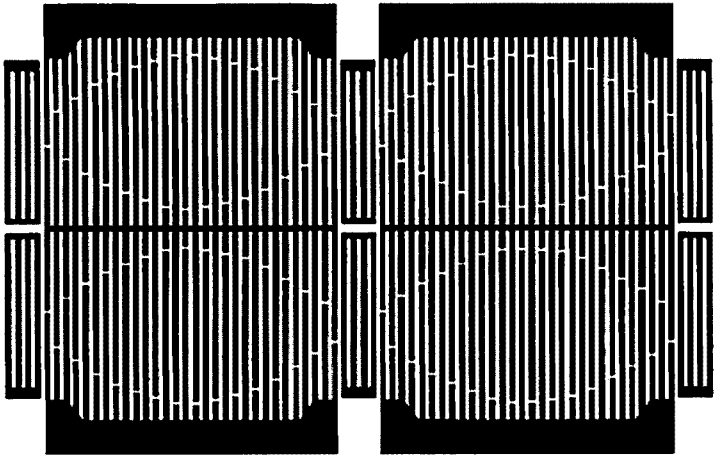


Fig. 3b

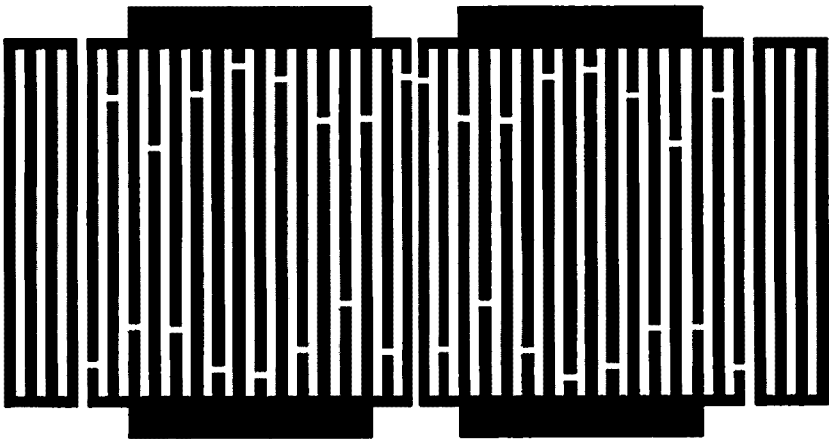


Fig. 3c

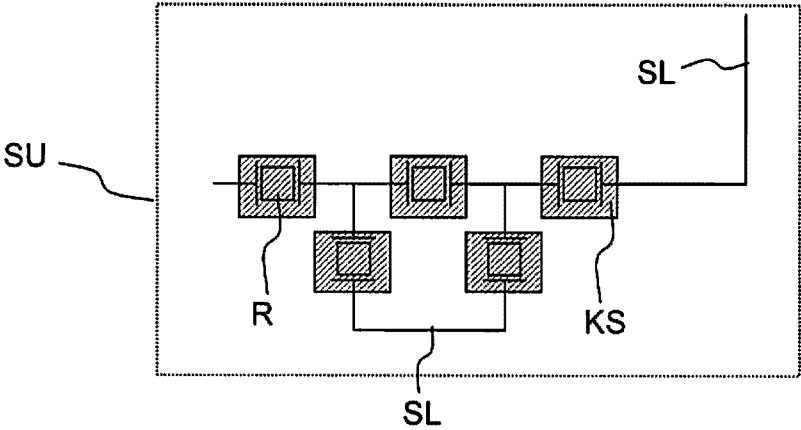


Fig. 4

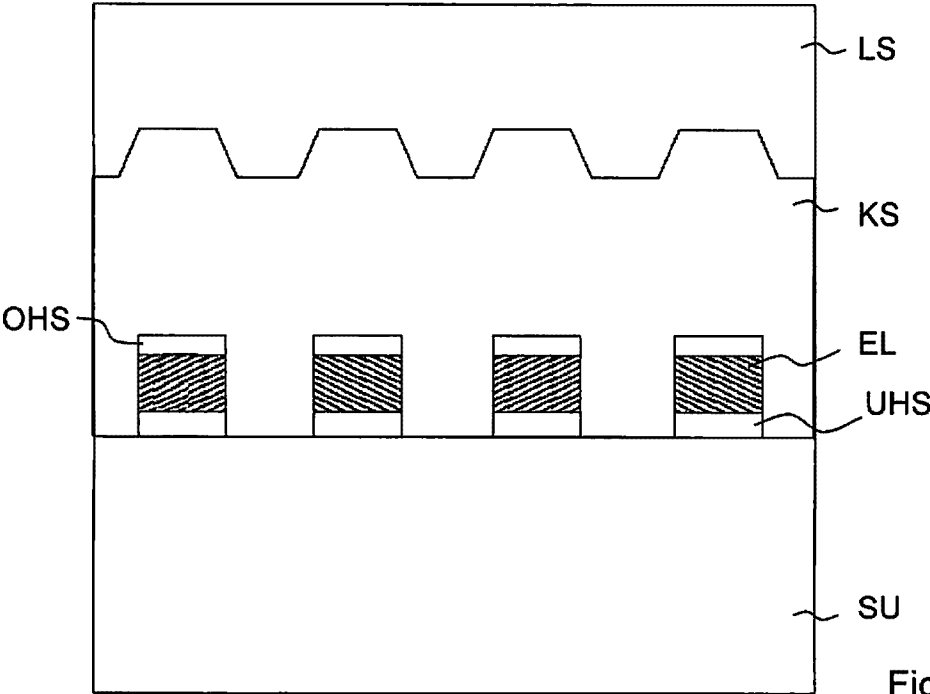


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/062754

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H03H3/10 H03H9/02 H03H9/72 H03H9/145
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H03H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2009/115287 A1 (KANDO HAJIME [JP]) 7 May 2009 (2009-05-07)	1,2,4-9, 11
Y	paragraphs [0106], [0107], [0167] - [0170]; claim 6; figures 1,2 -----	10
X	US 2007/284965 A1 (KADOTA MICHIO [JP] ET AL) 13 December 2007 (2007-12-13)	1,4-9,11
Y	paragraphs [0078] - [0081], [0096] - [0100], [0111]; figures 2A,6 -----	10
Y	US 2008/303379 A1 (NAKAI YASU HARU [JP] ET AL) 11 December 2008 (2008-12-11) paragraphs [0014], [0040] - [0044], [0049] - [0058], [0066] - [0069], [0080], [0090]; figures 1A,B,2,3,5A,B ----- -/-	1-11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 November 2011

Date of mailing of the international search report

21/11/2011

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Maget, Judith

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2011/062754

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2007/096592 A1 (KADOTA MICHIO [JP] ET AL) 3 May 2007 (2007-05-03) paragraphs [0024], [0025], [0089] - [0096], [0106], [0131], [0132]; figures 1G,27A,B,28; tables 1,5,10 -----	1-11
Y	US 2009/096320 A1 (YAOI MARI [JP] ET AL) 16 April 2009 (2009-04-16) paragraphs [0014] - [0016], [0085], [0117]; figures 1,2,4,29-32; tables 5,6 -----	1-11
Y	US 2009/302709 A1 (MIMURA MASAKAZU [JP]) 10 December 2009 (2009-12-10) paragraphs [0059], [0107], [0113], [0114], [0119]; figures 2,29 -----	1-11
Y	US 2009/265904 A1 (KANDO HAJIME [JP] ET AL) 29 October 2009 (2009-10-29) paragraphs [0006], [0045], [0046], [0053] - [0055], [0072], [0073]; figures 2C,D,3A,B -----	1-11
Y	US 2006/290233 A1 (NISHIYAMA KENJI [JP] ET AL) 28 December 2006 (2006-12-28) paragraphs [0017] - [0027], [0105], [0131]; figures 1,3,4 -----	1-11
Y	US 2009/072659 A1 (NISHIYAMA KENJI [JP] ET AL) 19 March 2009 (2009-03-19) paragraphs [0041], [0065], [0071]; figures 1A,B,2 -----	1-11
Y	US 2010/033055 A1 (NAKATANI TADASHI [JP]) 11 February 2010 (2010-02-11) paragraphs [0016], [0017], [0028] - [0032]; figures 1D-F -----	10
A	BERGMANN A ET AL: "High selectivity SAW duplexer for W-CDMA Band VIII", IEEE ULTRASONICS SYMPOSIUM, 2 November 2008 (2008-11-02), pages 590-593, XP031443313, Abschnitt II; .figures 1,2 -----	4-6
A	KADOTA M: "High Performance and Miniature Surface Acoustic Wave Devices with Excellent Temperature Stability Using High Density Metal Electrodes", IEEE ULTRASONICS SYMPOSIUM, 1 October 2007 (2007-10-01), pages 496-506, XP031195024, Abschnitt III.A.2 -----	4-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2011/062754

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2009115287 A1	07-05-2009	EP 1879291 A1	16-01-2008
		JP 4178328 B2	12-11-2008
		US 2009115287 A1	07-05-2009
		WO 2006114930 A1	02-11-2006
US 2007284965 A1	13-12-2007	CN 1938946 A	28-03-2007
		CN 101714858 A	26-05-2010
		CN 101741342 A	16-06-2010
		EP 1732214 A1	13-12-2006
		EP 2383888 A2	02-11-2011
		JP 4535067 B2	01-09-2010
		JP 2010166592 A	29-07-2010
		KR 20060129514 A	15-12-2006
		US 2007018536 A1	25-01-2007
		US 2007222337 A1	27-09-2007
		US 2007284965 A1	13-12-2007
		WO 2005093949 A1	06-10-2005
US 2008303379 A1	11-12-2008	CN 101385240 A	11-03-2009
		EP 1988630 A1	05-11-2008
		US 2008303379 A1	11-12-2008
		WO 2007097186 A1	30-08-2007
US 2007096592 A1	03-05-2007	DE 112004001841 B4	12-03-2009
		DE 112004001841 T5	21-09-2006
		JP 3885824 B2	28-02-2007
		US 2007096592 A1	03-05-2007
		WO 2005034347 A1	14-04-2005
US 2009096320 A1	16-04-2009	DE 112007001609 T5	30-04-2009
		JP 4760908 B2	31-08-2011
		US 2009096320 A1	16-04-2009
		WO 2008004408 A1	10-01-2008
US 2009302709 A1	10-12-2009	US 2009302709 A1	10-12-2009
		WO 2008108215 A1	12-09-2008
US 2009265904 A1	29-10-2009	JP 4793450 B2	12-10-2011
		US 2009265904 A1	29-10-2009
		WO 2008087836 A1	24-07-2008
US 2006290233 A1	28-12-2006	CN 1926762 A	07-03-2007
		JP 4453701 B2	21-04-2010
		US 2006290233 A1	28-12-2006
		US 2008160178 A1	03-07-2008
		WO 2005083881 A1	09-09-2005
US 2009072659 A1	19-03-2009	DE 112007001405 T5	16-04-2009
		US 2009072659 A1	19-03-2009
		WO 2007145056 A1	21-12-2007
US 2010033055 A1	11-02-2010	JP 2010045533 A	25-02-2010
		US 2010033055 A1	11-02-2010

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/062754

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. H03H3/10 H03H9/02 H03H9/72 H03H9/145
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H03H

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2009/115287 A1 (KANDO HAJIME [JP]) 7. Mai 2009 (2009-05-07)	1,2,4-9, 11
Y	Absätze [0106], [0107], [0167] - [0170]; Anspruch 6; Abbildungen 1,2	10
X	US 2007/284965 A1 (KADOTA MICHIO [JP] ET AL) 13. Dezember 2007 (2007-12-13)	1,4-9,11
Y	Absätze [0078] - [0081], [0096] - [0100], [0111]; Abbildungen 2A,6	10
Y	US 2008/303379 A1 (NAKAI YASU HARU [JP] ET AL) 11. Dezember 2008 (2008-12-11) Absätze [0014], [0040] - [0044], [0049] - [0058], [0066] - [0069], [0080], [0090]; Abbildungen 1A,B,2,3,5A,B	1-11
	----- -/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert,
aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen
Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft er-
scheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer
anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden
soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie
ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung,
eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach
dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum
oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der
Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der
Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden
Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung
kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf
erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung
kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet
werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen
Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und
diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

11. November 2011

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

21/11/2011

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Maget, Judith

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2007/096592 A1 (KADOTA MICHIO [JP] ET AL) 3. Mai 2007 (2007-05-03) Absätze [0024], [0025], [0089] - [0096], [0106], [0131], [0132]; Abbildungen 1G,27A,B,28; Tabellen 1,5,10 -----	1-11
Y	US 2009/096320 A1 (YAOI MARI [JP] ET AL) 16. April 2009 (2009-04-16) Absätze [0014] - [0016], [0085], [0117]; Abbildungen 1,2,4,29-32; Tabellen 5,6 -----	1-11
Y	US 2009/302709 A1 (MIMURA MASAKAZU [JP]) 10. Dezember 2009 (2009-12-10) Absätze [0059], [0107], [0113], [0114], [0119]; Abbildungen 2,29 -----	1-11
Y	US 2009/265904 A1 (KANDO HAJIME [JP] ET AL) 29. Oktober 2009 (2009-10-29) Absätze [0006], [0045], [0046], [0053] - [0055], [0072], [0073]; Abbildungen 2C,D,3A,B -----	1-11
Y	US 2006/290233 A1 (NISHIYAMA KENJI [JP] ET AL) 28. Dezember 2006 (2006-12-28) Absätze [0017] - [0027], [0105], [0131]; Abbildungen 1,3,4 -----	1-11
Y	US 2009/072659 A1 (NISHIYAMA KENJI [JP] ET AL) 19. März 2009 (2009-03-19) Absätze [0041], [0065], [0071]; Abbildungen 1A,B,2 -----	1-11
Y	US 2010/033055 A1 (NAKATANI TADASHI [JP]) 11. Februar 2010 (2010-02-11) Absätze [0016], [0017], [0028] - [0032]; Abbildungen 1D-F -----	10
A	BERGMANN A ET AL: "High selectivity SAW duplexer for W-CDMA Band VIII", IEEE ULTRASONICS SYMPOSIUM, 2. November 2008 (2008-11-02), Seiten 590-593, XP031443313, Abschnitt II; .Abbildungen 1,2 -----	4-6
A	KADOTA M: "High Performance and Miniature Surface Acoustic Wave Devices with Excellent Temperature Stability Using High Density Metal Electrodes", IEEE ULTRASONICS SYMPOSIUM, 1. Oktober 2007 (2007-10-01), Seiten 496-506, XP031195024, Abschnitt III.A.2 -----	4-6

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/062754

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2009115287	A1	07-05-2009	EP	1879291 A1	16-01-2008
			JP	4178328 B2	12-11-2008
			US	2009115287 A1	07-05-2009
			WO	2006114930 A1	02-11-2006

US 2007284965	A1	13-12-2007	CN	1938946 A	28-03-2007
			CN	101714858 A	26-05-2010
			CN	101741342 A	16-06-2010
			EP	1732214 A1	13-12-2006
			EP	2383888 A2	02-11-2011
			JP	4535067 B2	01-09-2010
			JP	2010166592 A	29-07-2010
			KR	20060129514 A	15-12-2006
			US	2007018536 A1	25-01-2007
			US	2007222337 A1	27-09-2007
			US	2007284965 A1	13-12-2007
			WO	2005093949 A1	06-10-2005

US 2008303379	A1	11-12-2008	CN	101385240 A	11-03-2009
			EP	1988630 A1	05-11-2008
			US	2008303379 A1	11-12-2008
			WO	2007097186 A1	30-08-2007

US 2007096592	A1	03-05-2007	DE	112004001841 B4	12-03-2009
			DE	112004001841 T5	21-09-2006
			JP	3885824 B2	28-02-2007
			US	2007096592 A1	03-05-2007
			WO	2005034347 A1	14-04-2005

US 2009096320	A1	16-04-2009	DE	112007001609 T5	30-04-2009
			JP	4760908 B2	31-08-2011
			US	2009096320 A1	16-04-2009
			WO	2008004408 A1	10-01-2008

US 2009302709	A1	10-12-2009	US	2009302709 A1	10-12-2009
			WO	2008108215 A1	12-09-2008

US 2009265904	A1	29-10-2009	JP	4793450 B2	12-10-2011
			US	2009265904 A1	29-10-2009
			WO	2008087836 A1	24-07-2008

US 2006290233	A1	28-12-2006	CN	1926762 A	07-03-2007
			JP	4453701 B2	21-04-2010
			US	2006290233 A1	28-12-2006
			US	2008160178 A1	03-07-2008
			WO	2005083881 A1	09-09-2005

US 2009072659	A1	19-03-2009	DE	112007001405 T5	16-04-2009
			US	2009072659 A1	19-03-2009
			WO	2007145056 A1	21-12-2007

US 2010033055	A1	11-02-2010	JP	2010045533 A	25-02-2010
			US	2010033055 A1	11-02-2010
