(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
9. März 2017 (09.03.2017)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/036673 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H03H 9/64 (2006.01) *H03H 9/02* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/067654

(22) Internationales Anmeldedatum:
25. Juli 2016 (25.07.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 114 751.3
3. September 2015 (03.09.2015) DE

(71) Anmelder: **EPCOS AG** [DE/DE]; St.-Martin-Straße 53, 81669 München (DE).

(72) Erfinder: **SCHULZ, Volker**; Schaftlachstr. 10, 81371 München (DE).

(74) Anwalt: **EPPING HERMANN FISCHER PATENTANWALTSGESELLSCHAFT MBH**; Schloßschmidstr. 5, 80639 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, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

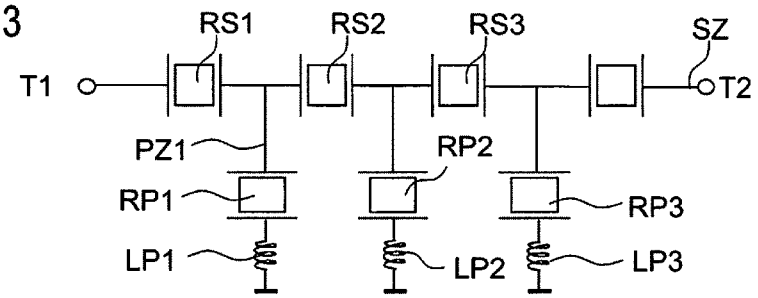
Veröffentlicht:

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

(54) **Title**: SAW FILTER

(54) **Bezeichnung** : SAW FILTER

Fig 3



(57) **Abstract**: In order to avoid interfering resonance in the counter band of a SAW filter with a ladder type structure, it is proposed that the finger period of the parallel resonators is reduced and as a counter move, the parallel arms are switched to a corresponding inductance in order to expand the bandwidth back to the original value. The frequency of the secondary mode can move from the region of the counter band by moving the main resonance at the same time.

(57) **Zusammenfassung**: Zur Vermeidung einer störenden Resonanz im Gegenband eines SAW Filters mit Ladder Type Struktur wird vorgeschlagen, die Fingerperiode der Parallelresonatoren zu verringern und im Gegenzug die Parallelarme mit einer entsprechenden Induktivität zu verschalten, um die Bandbreite wieder auf den ursprünglichen Wert zu erweitern. Mit der Verschiebung der Hauptresonanz gelingt es gleichzeitig, die Frequenz der Nebenmode aus dem Bereich des Gegenbands heraus zu verschieben.

WO 2017/036673 A1

Beschreibung

SAW Filter

Zur Verminderung des Temperaturgangs von SAW-Filtern werden diese mit einer üblicherweise SiO_2 umfassenden Kompensationsschicht versehen.

Aus SAW-Resonatoren aufgebaute Bandpassfilter mit einer Kompensationsschicht können beispielsweise auf Lithiumniobat-Kristallen mit einem Schnittwinkel rot-128 aufgebaut werden. Auf diesem Substratmaterial wird die Resonanzfrequenz der akustischen Rayleigh-Mode genutzt.

Der Schichtaufbau solcher SAW Filter hat jedoch zur Folge, dass neben der sich horizontal ausbreitenden Rayleigh Welle als Nebenmode noch eine sich vertikal zur Schichtebene ausbreitende Platten-Mode auftritt, deren Frequenz oberhalb der Frequenz der Rayleigh Welle liegt und bei einem gegebenen Schichtaufbau einen festen Abstand dazu aufweist.

Liegt nun die Frequenz der Platten-Mode in einem Frequenzband, welches zum Beispiel ein Gegenband für eine Bandkombination im Carrier Aggregation Betrieb ist, das für diese Anwendung zu unterdrücken ist, so stört die Platten-Mode und kann dazu führen, dass wegen der unzulässig schlechten Unterdrückung die Spezifikationen für diese Anwendung nicht erfüllt werden können.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine störende Platten-Mode, die im Frequenzbereich eines zu unterdrückenden Gegenbandes oberhalb des Passbands auftritt, unschädlich zu machen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein SAW-Filter nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus weiteren Ansprüchen hervor.

Es wird ein SAW-Filter angegeben, welches eine herkömmliche Ladder-Type-Struktur aufweist. Diese umfasst einen zwischen Filterein- und -ausgang verschalteten Serienzweig, in dem Serienresonatoren angeordnet sind. Von diesem Serienzweig zweigen n parallel zueinander gegen ein Festpotenzial verschaltete Parallelzweige ab, in denen jeweils ein Parallelresonator angeordnet ist. Es sind zumindest zwei Parallelzweige ($n \geq 2$) vorgesehen. Zur Verbesserung der Selektion des Filters kann die Anzahl n der Parallelzweige auf beispielsweise fünf erhöht werden. Die Serienresonatoren und die Parallelresonatoren spannen zusammen ein Passband auf.

Abweichend von einem herkömmlichen Design, das auf die genaue Ausformung des Passbands ausgelegt ist, weist im erfindungsgemäßen SAW-Filter ein erster Parallelresonator eine Fingerperiode p auf, die geringer ist, als eine Designoptimierung eigentlich vorschreiben würde und als es für die Gestaltung des Passbands erforderlich wäre. Dementsprechend erscheint die Hauptresonanz des ersten Parallelresonators bei einer höheren Frequenz und liegt damit näher an der linken Passbandkante als optimal. Die durch diese Maßnahme beeinträchtigte Bandbreite des Passbands ist im erfindungsgemäßen SAW-Filter durch eine Parallelinduktivität kompensiert, die im ersten Parallelzweig (d.h. im Parallelzweig mit dem ersten Parallelresonator) angeordnet ist und in Serie zum Parallelresonator geschaltet ist.

Mit der Frequenzverschiebung der Hauptresonanz zumindest des ersten Parallelresonators wird auch die Frequenz einer

störenden Nebenmode verschoben. So wird erreicht, dass dadurch auch die Nebenmode aus einem zu unterdrückenden Nebenband des Filters heraus verschoben ist.

Die Erfindung ist vorteilhaft anwendbar insbesondere für Resonatoren mit einem Schichtaufbau, bei dem als Nebenmode eine Platten-Mode auftritt, die auch Z-harmonische Mode genannt wird und in fester Entfernung zur Hauptresonanz auftritt. Diese Platten-Mode ist oberhalb des Passbands angesiedelt.

Mit der Erfindung wird ein SAW-Filter erhalten, das genau wie ein auf herkömmlichem Weg optimiertes SAW-Filter ein gut angepasstes Passband entsprechend den geforderten Spezifikationen aufweist bzw. dessen Passband diesen Spezifikationen entspricht. Flankensteilheit und Passbandbreite sind nahezu unverändert gegenüber dem herkömmlichen Design. Die störende Nebenmode, insbesondere die störende Platten-Mode ist nun aus dem Gegenband heraus verschoben, so dass das Filter im Frequenzbereich des Gegenbands eine verbesserte Dämpfung aufweist.

Die Parallelinduktivität wird vorzugsweise mit hoher Güte ausgebildet und beispielsweise als Kupferspule realisiert. Ist das SAW-Filter in Flip-Chip-Bauweise auf einem Träger aufgebracht, so kann die Parallelinduktivität in Form der Kupferspule zwischen dem Träger und dem Chip auf dem Träger angeordnet werden. Möglich ist es jedoch auch, das SAW-Filter mit einer als diskretes Bauelement ausgebildeter Parallelinduktivität zu verschalten.

Die Frequenzen der Hauptresonanzen der Parallelresonatoren können bei herkömmlichem Design unterschiedliche Werte

aufweisen. Wenn nun die Lage einer solchen weiteren Hauptresonanz eines Parallelresonators ebenfalls so liegt, dass auch die Frequenz einer davon abhängigen Nebenmode im zu unterdrückenden Gegenband liegt, so wird gemäß einer Ausführungsform der Erfindung die Hauptresonanz auch dieses Parallelresonators und damit verbunden gleichzeitig auch die Nebenmode hin zu höheren Frequenzen verschoben, sodass auch die Resonanz der Nebenmode außerhalb des zu unterdrückenden Gegenbands liegt. In allen Parallelzweigen, in denen der dazugehörige Parallelresonator mit einer höheren Resonanzfrequenz ausgestattet ist, werden Parallelinduktivitäten in Serie zum Parallelresonator geschaltet.

Ein erfindungsgemäßes SAW-Filter, das eine ausgeprägte Nebenmode aufweist, ist beispielsweise auf einem Lithium-Niobat-Substrat realisiert, welches einen Schnittwinkel zwischen rot 125 und rot 130 aufweist. Derartige Filter können darüber hinaus über ihrer Elektrodenmetallisierung noch eine SiO_2-Schicht aufweisen, die zur Kompensation des Temperaturkoeffizienten der Frequenz (TCF) genutzt wird. Weiter kann ein solches Filter noch eine Trimmschicht aufweisen, die zur individuellen Frequenzabstimmung der Resonatoren benötigt wird, um die höhere Toleranz bei der Herstellung des genannten Schichtaufbaus zu kompensieren.

Ein SAW-Filter mit einer solchen TCF-Kompensationsschicht und gegebenenfalls einer Trimmschicht weist in der Regel die ausgeprägte Platten-Mode auf. Für bestimmte Anwendungen liegt diese Platten-Mode gerade in einem zu unterdrückenden Gegenband.

Vorteilhaft wird die Erfindung bei einem TX-Filter eingesetzt, dessen Spezifikationen eine höhere Unterdrückung

der Gegenbänder erfordern, als dies bei einem RX-Filter der Fall ist. Ein solches TX-Filter, bei dem die Erfindung verwirklicht ist, kann Teil eines Duplexers sein. Der Duplexer kann parallel zu bzw. zusammen mit einem weiteren Duplexer mit einem gemeinsamen Antennenanschluss verbunden sein. Im so genannten Carrier Aggregation Mode können dann zwei Duplexer parallel zur gleichen Zeit betrieben werden, um zumindest in einer Richtung (upstream oder downstream) zwei unterschiedliche Bänder für eine einzige Kommunikationsverbindung oder Datenübertragung zu nutzen. Dies erhöht die Bandbreite bei der Datenübertragung.

Beinhaltet der Carrier Aggregation Mode eine Bandkombination, bei der zwei der Bänder genau den Abstand zueinander aufweist, der der Entfernung der Platten-Mode von der Hauptresonanz eines in einem Filter eingesetzten Resonators entspricht, so kann die Erfindung vorteilhaft für solche Anwendungsfälle eingesetzt werden.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung und insbesondere in Verbindung mit der Verschiebung der Platten-Mode wird vorgesehen, sowohl das TX-Filter als auch das RX-Filter eines Duplexers erfindungsgemäß auszubilden. Die Serienzweige der beiden Filter werden dann mit einem gemeinsamen Antennenanschluss verbunden. Vorteilhaft ist es nun, die Serienzweige über einen endständigen Serienresonator an den gemeinsamen Antennenanschluss anzuschließen. Dies bedeutet, dass der jeweilige endständige Serienresonator zwischen dem Antennenanschluss und dem jeweiligen ersten Schaltungsknoten, von dem der erste Parallelzweig abzweigt, angeordnet ist.
In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird eine weitere Verbesserung dadurch erzielt, dass die statische

Kapazität CS_{RS1} dieses ersten Serienresonators, also des Serienresonators, der dem Antennenanschluss am Nächsten gelegen ist, minimal ausgebildet ist. Die statische Kapazität kann durch eine geringere Apertur, durch eine verringerte Anzahl von Fingern und/oder durch eine Kaskadierung von Resonatoren erreicht werden. Die Kaskadierung von Resonatoren hat darüber hinaus den Vorteil, dass die sich ergebenden Resonatoren leistungsfester sind als Resonatoren, deren statische Kapazität durch Verringerung der Apertur oder Verringerung der Anzahl der Elektrodenfinger reduziert ist. Beim Tx Filter kann dies besonders für den ersten Serienresonator wichtig sei, der direkt dem Tx Eingang benachbart ist.

Der Vorteil der dadurch verbesserten Filtereigenschaften ist jedoch gegen den erhöhten Platzbedarf der kaskadierten Resonatoren abzuwägen, sodass ein optimales Design einen Trade-off zwischen minimaler Kapazität CS_{RS1} des ersten Serienresonators und minimalem Platzbedarf des Filters darstellt.

Eine vorteilhafte Anwendung findet die Erfindung bei einem Duplexer, der zum Betrieb in Band 3 ausgelegt ist. Wird dieser Duplexer nun im Carrier Aggregation Mode mit einem Duplexer für Band 1 kombiniert, so stellt das RX-Band des Band 1 Duplexers das Gegenband für das TX-Filter des Duplexers von Band 3 dar. Dies bedeutet, dass die Übertragungsfunktion des TX-Filters im RX-Bereich des Band 1 Duplexers eine störende Nebenmode und damit eine verringerte Dämpfung aufweist, die mit der Erfindung in einfacher Weise in unschädliche höherfrequente Regionen verschoben werden kann.

Ein erfindungsgemäßes Filter hat den Vorteil, dass es mit einer beschränkten Anzahl von Resonatoren auskommt, die gegenüber bekannten Filtern nicht erhöht ist. Die Erfindung kann daher ohne großen zusätzlichen Aufwand realisiert werden. Ein erfindungsgemäßes Filter bzw. ein Duplexer mit einem erfindungsgemäßen Filter benötigt auch keine zusätzliche externe Verschaltung.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und der dazugehörigen Figuren näher erläutert. Die Figuren sind teils nur schematisch ausgeführt und dienen ausschließlich dem besseren Verständnis der Erfindung.

Figur 1 zeigt die Durchlasskurve eines Band 3 Duplexers mit störenden Nebenmoden im Bereich des RX-Filters von Band 1.

Figur 2 zeigt den Realteil der Admittanz für die Parallelresonatoren des TX-Filters entsprechend der in Figur 1 dargestellten Durchlasskurve.

Figur 3 zeigt im schematischen Blockschaltbild die Ladder-Type-Struktur eines erfindungsgemäßen SAW-Filters.

Figur 4 zeigt den Realteil der Admittanz der Parallelresonatoren gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

Figur 5 zeigt die dazugehörige Durchlasskurve eines erfindungsgemäßen SAW-Filters.

Figur 6 zeigt den Reflexionsfaktor am Antennenanschluss eines erfindungsgemäßen Band 3 Duplexers im Tx Bereich von

Band 1 im Vergleich zum Verlauf des Reflexionsfaktors eines herkömmlichen Duplexers.

Figur 7 zeigt die entsprechenden Reflexionskurven am Antennenanschluss des erfindungsgemäßen Band 3 Duplexers im Rx Bereich von Band 1 im Vergleich zur Reflexion eines herkömmlichen Duplexers.

Ein herkömmliches Ladder-Type-Filter mit vier Serienresonatoren RS und drei Parallelzweigen mit jeweils einem Parallelresonator RP, welches auf das Passband im Tx Bereich von Band 3 optimiert ist, zeigt beispielsweise die in Figur 1 dargestellte Durchlasskurve. Dem Optimierungsziel entsprechend entspricht das Passband voll den Spezifikationen für Band 3. Im Passbandbereich zeigt das Filter eine niedrige Einfügedämpfung, und im darüber liegenden RX-Bereich von Band 3 eine gute Dämpfung. Das Filter selbst weist einen Schichtaufbau mit zumindest einer zusätzlichen Schicht über der piezoelektrischen Schicht auf. Der Schichtaufbau ermöglicht die Ausbreitung einer störenden Mode im Bereich des RX-Filters von Band 1 zwischen 2110 und 2170MHz, die wiederum die Unterdrückung in einem gekoppelten Gegenband (hier im Rx Bereich von Band 1) unzulässig verschlechtert.

Die Figur 2 zeigt, dass diese Nebenmode auf die Hauptresonanz von Parallelresonatoren zurückzuführen ist, die eben bei herkömmlichem Aufbau des Ladder-Type-SAW-Filters genau im genannten Gegenband liegen. Mit f_{RP} ist die Hauptresonanz der Parallelresonatoren bezeichnet, während mit f_{PM} die Lage der Nebenresonanz, also die Resonanzfrequenz der Platten-Mode bezeichnet ist. Diese liegt zwischen den beiden eingezeichneten Linien im Bereich B1Rx also weitgehend im Rx Band von Band 1. Dort stört sie die Dämpfung des Band 3 Tx

Filters, so dass bei Parallelbetrieb in den Bändern 1 und 3 im Band 1 der Empfang gestört sein kann.

Figur 3 zeigt ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen SAW-Filters, welches gegenüber dem herkömmlichen SAW-Filter mit der Durchlasskurve gemäß Figur 1 bezüglich der Resonanzfrequenzen der Parallelresonatoren verändert ist. In den drei Parallelresonatoren RP1, RP2 und RP3 ist die Fingerperiode p reduziert, sodass sich eine um ca. 15 MHz erhöhte Resonanzfrequenz für die Parallelresonatoren ergibt. Gleichzeitig sind die Parallelresonatoren über jeweils eine Parallelinduktivität LP1 bis LP3 mit einem Festpotenzial, insbesondere mit Masse, verbunden.

Der entsprechende Serienzweig SZ des Filters verbindet einen ersten Anschluss T1 mit einem zweiten Anschluss T2, die jeweils dem Filterein- bzw. Filterausgang zugeordnet sind. Nicht eingezeichnet sind zusätzliche Reaktanzen, wie sie in einem herkömmlichen Ladder-Type-Design eingesetzt sein können, die jedoch den Kern der Erfindung nicht betreffen.

Der Wert der Parallelinduktivität wird beispielsweise zwischen 2 und 4 nH gewählt, was einen diskreten, über eine Leiterbahninduktivität hinausgehenden Aufbau erfordert, beispielsweise eine Kupferspule.

Figur 4 zeigt den Realteil der Admittanzen der Parallel-resonatoren des erfindungsgemäßen Filters nach der Verschiebung der Resonanzen hin zu höheren Frequenzen. Im erfindungsgemäßen Filter sind die Hauptresonanzen f_{RP} der Parallelresonatoren RP näher zusammengerückt und erscheinen bei einer um ca. 15 MHz höheren Frequenz. Parallel mit dieser Hauptresonanz verschiebt sich auch die Nebenmode, hier die

Resonanzfrequenz f_{PM} der Platten-Mode, die im festen Abstand zur Hauptresonanz der Resonatoren erscheint.

Im Vergleich zur Figur 2, die die gleiche Darstellung für das herkömmliche Filter zeigt, sind die Maxima der Nebenmoden f_{PM} der Parallelresonatoren vollständig aus dem zu unterdrückenden Gegenband, also dem RX-Band des B1-Duplexers, hinausgeschoben. Für das gesamte SAW-Filter ergibt sich dann die in Figur 5 dargestellte Durchlasskurve.

Verglichen mit Figur 1, die die Durchlasskurve eines herkömmlichen Filters ohne die erfindungsgemäße Maßnahme in den Parallelresonatoren zeigt, ist eine deutliche Verbesserung im genannten Gegenband B1RX zu beobachten. Das Maximum f_{PM} der störenden Nebenmode liegt vollständig außerhalb des Gegenbands B1RX und stört daher den Carrier Aggregation Mode zwischen Band 1 und Band 3 nicht mehr. Auch im Passband des Filters zeigt sich keine nachteilige Veränderung.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel werden zusätzlich zu den vorgeschlagenen erfindungsgemäßen Maßnahmen noch die Serienzweige des RX-Filters und des TX-Filters über einen Serienresonator an den gemeinsamen Antennenanschluss angebunden und die statische Kapazität CS_{RS} dieses Serienresonators erniedrigt.

In Figur 6 zeigt die obere Kurve den Verlauf des Reflexionsfaktors RF eines derart weiter ausgebildeten Band 3 Duplexers im Frequenzband des Band 1 Tx Gegenbands. Im Vergleich dazu ist der entsprechende Reflexionsfaktor für einen bekannten Duplexer im gleichen Bereich (untere Kurve) dargestellt. Im Carrier Aggregation Mode werden ein Band 1

Duplexer und ein Band 3 Duplexer an einem gemeinsamen Antennenanschluss betrieben. Eine gute Reflexion im jeweiligen Gegenband ist daher für derartige Filter/Duplexer unerlässlich.

In Figur 7 zeigt die obere Kurve den Verlauf des Reflexionsfaktors RF eines erfindungsgemäßen Band 3 Duplexers im Frequenzbereich des Band 1 Rx Gegenbands. Die untere Kurve zeigt den entsprechenden Reflexionsfaktor für einen bekannten Duplexer im gleichen Bereich.

Figuren 6 und 7 zeigen klar, dass die Reflexion RF des erfindungsgemäßen Band 3 Duplexers - entsprechend den jeweiligen oberen Kurven - im Bereich beider Gegenbänder B1TX, gegenüber der Reflexion des bekannten Filters (entsprechend der jeweiligen unteren Kurve) wesentlich verbessert ist.

Vor allem liegt das Minimum der Reflexion durch Verschiebung der Resonanz der Nebenmode (siehe Figur 7) nun rechts vom Gegenband B1RX. Dadurch ist der RF innerhalb des gesamten Gegenbands B1RX verbessert. Weiterhin wird durch Erniedrigung der statischen Kapazität der Reflexionsfaktor RF auch im Tx Frequenzbereich B1TX von Band 1 verbessert. Besonders ausgeprägt ist die Verbesserung des Reflexionsfaktors RF jedoch im Rx Gegenband B1RX.

Die Erfindung konnte nur anhand weniger Ausführungsbeispiele dargestellt werden, ist aber nicht auf diese beschränkt. Prinzipiell ist die Erfindung auf alle Konstellationen anwendbar, in denen die störende Nebenmode im Bereich eines zu unterdrückenden Gegenbands zu liegen kommt. Die störende Nebenmode muss keine Platten-Mode sein, sondern kann eine

beliebige andere parasitäre Mode sein. Die Erfindung ist auch nicht nur auf das genannte Ausführungsbeispiel eines B1B3 Carrier Aggregation Modes beschränkt. Sie ist immer dann einsetzbar, wenn der Abstand zwischen Hauptfrequenz und Nebenmode ungefähr dem Abstand eines Gegenbands vom Hauptband entspricht.

In ähnlicher Weise ist auch das Substratmaterial der SAW-Filter nicht auf das genannte Lithium-Niobat beschränkt und kann ein beliebiges anderes einkristallines Substrat umfassen.

Die Anzahl sowohl serieller Resonatoren RS als auch paralleler Resonatoren RP kann von dem in Figur 3 gezeigten Beispiel abweichen und höher oder niedriger gewählt werden.

Ein SAW-Filter kann einen Schichtaufbau oberhalb des piezoelektrischen Substrats aufweisen, der weitere hier nicht genannte Moden ermöglicht. Weiterhin kann der Abstand von Nebenmoden zur Hauptmode durch entsprechend veränderte Materialien verändert werden, sodass die Erfindung dadurch auch auf weitere Konstellationen anwendbar ist.

Bezugszeichenliste

B1RX	Rx Frequenzbereich von Band 1
B1TX	Tx Frequenzbereich von Band 1
C_{RS1}	statische Kapazität von RS1
DPX	Duplexer
f_{PM}	Resonanzfrequenz der Platten-Mode von RP
f_{RP}	Hauptresonanz des Parallelresonators
KS	SiO_2 Schicht
LP	Parallelinduktivität
p	Fingerperiode
PZ	Parallelzweige
RF	Reflexionsfaktor
RP	Parallelresonator
RS	Serienresonatoren
RS1	Erster Serienresonator
SZ	Serienzweig
T1	Filtereingang
T2	Filterausgang

Patentansprüche

1. SAW Filter,
   - umfassend
     - einen zwischen Filterein- und -ausgang verschalteten Serienzweig, in dem Serienresonatoren (RS) angeordnet sind, und
     - n parallel zum Serienzweig gegen ein Festpotenzial verschaltete Parallelzweige, in denen jeweils ein Parallelresonator angeordnet ist, wobei $2 \leq n \leq 5$,
   - bei dem die Serienresonatoren (RS) zusammen mit den Parallelresonatoren ein Passband aufspannen
   - bei dem ein Gegenband oberhalb des Passbands zu unterdrücken ist, das im Frequenzbereich einer auftretenden Nebenmode liegt
   - bei dem ein erster Parallelresonator (RP_X) eine Fingerperiode aufweist, die geringer ist als für die Gestaltung eines Passbands erforderlich, so dass seine Hauptresonanz bei einer höheren Frequenz erscheint
   - bei dem die dadurch beeinträchtigte Bandbreite des Passbands durch eine Parallelinduktivität kompensiert wird, die in Serie zum Parallelresonator (RP_X) geschaltet ist
   - bei dem durch die Frequenzverschiebung der Hauptresonanz des Parallelresonators (RP_X) auch die Frequenz der störenden Nebenmode aus dem zu unterdrückenden Gegenband des Filters heraus verschoben ist.

2. SAW Filter nach Anspruch 1,
bei dem außer dem ersten Parallelresonator (RPX) weitere Parallelresonatoren (RP) eine höhere Resonanzfrequenz aufweisen und jeweils mit weiteren Parallelinduktivitäten kompensiert sind, die in Serie zum jeweiligen Parallelresonator (RP) geschaltet sind.

3. SAW Filter nach Anspruch 1 oder 2,
aufgebaut auf einem Lithiumniobat Substrat mit einem Schnittwinkel zwischen rot 125 und rot 130.

4. SAW Filter nach einem der vorangehenden Ansprüche,
mit einer über einer Elektrodenmetallisierung auf dem Substrat angeordneten SiO_2 Schicht zur Kompensation des Temperaturgangs des Filters.

5. SAW Filter nach einem der vorangehenden Ansprüche,
bei dem die Parallelinduktivität als Kupferspule ausgebildet ist.

6. SAW Filter nach einem der vorangehenden Ansprüche,
bei dem das SAW Filter ein Tx Filter eines Duplexers ist
bei dem auch das Rx Filter des Duplexers aus Serienresonatoren und Parallelresonatoren aufgebaut ist
bei dem der Serienzweig des Rx Filters und des Tx Filters des Duplexers beide über einen ersten Serienresonator mit einer Antenne verbunden sind
bei dem die ersten Serienresonatoren eine geringere statische Kapazität aufweisen als die übrigen Serienresonatoren.

7. SAW Filter nach Anspruch 6,
   - bei dem der Duplexer zum Betrieb in Band 3 ausgelegt ist und
   - bei dem das zu unterdrückende Gegenband das Rx Band von Band 1 ist.

8. SAW Filter nach Anspruch 6 oder 7,
bei dem der oder die ersten Serienresonatoren mit der geringen statischen Kapazität kaskadiert sind, um eine erforderliche Leistungsfestigkeit zu erzielen.

9. Verfahren zum Verschieben einer störenden Vertikal- oder Platten-Mode eines auf einem Lithiumniobat Substrat aufgebauten und Raleigh Wellen nutzenden SAW Filters,
   a) bei dem in einem ersten Schritt das Filter aus SAW Resonatoren entworfen wird, um ein Passband mit einer gegebenen Spezifikation zu erhalten, wobei Serienresonatoren (RS) in einem zwischen Filterein- und -ausgang verschalteter Serienzweig angeordnet werden und bei dem n parallel zum Serienzweig gegen ein Festpotenzial verschaltete Parallelzweige vorgesehen werden, in denen jeweils ein Parallelresonator angeordnet wird, wobei die Parallelresonatoren und die Serienresonatoren (RS) jeweils einen Schichtaufbau über einem piezoelektrischen Substrat aufweisen, der die Ausbreitung einer akustischen Platten-Mode begünstigt
   b) bei dem der oder die ersten Parallelresonatoren ermittelt werden, deren Platten-Moden die Unterdrückung in einem parallelen Frequenzband oberhalb des Passbands stören,

c) bei dem die Fingerperiode dieser ersten Parallelresonatoren verringert wird, bis die Platten-Mode aus dem parallelen Frequenzband herausgeschoben ist

d) bei dem die Bandbreite des Passbands durch serielles Verschalten derjenigen Parallelzweige mit dem oder den ersten Parallelresonatoren mit einer Induktivität auf einen gegebenen Wert erhöht wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9,

- bei dem in Schritt a) das Filter bezüglich seiner Durchlasscharakteristik im Passband und im nahen Stoppband optimiert wird
- bei dem in Schritt b) die Lage der Platten-Moden durch Simulation mit einem mathematischen Modell oder durch Experiment ermittelt werden
- bei dem in Schritt c) die Hauptresonanz der ersten Parallelresonatoren zumindest um einen solchen Betrag zu höheren Frequenzen verschoben wird, bis zumindest das Maximum eines durch die Platten-Mode induzierten Peaks aus dem parallelen Frequenzband hinausgeschoben ist.

Fig 1

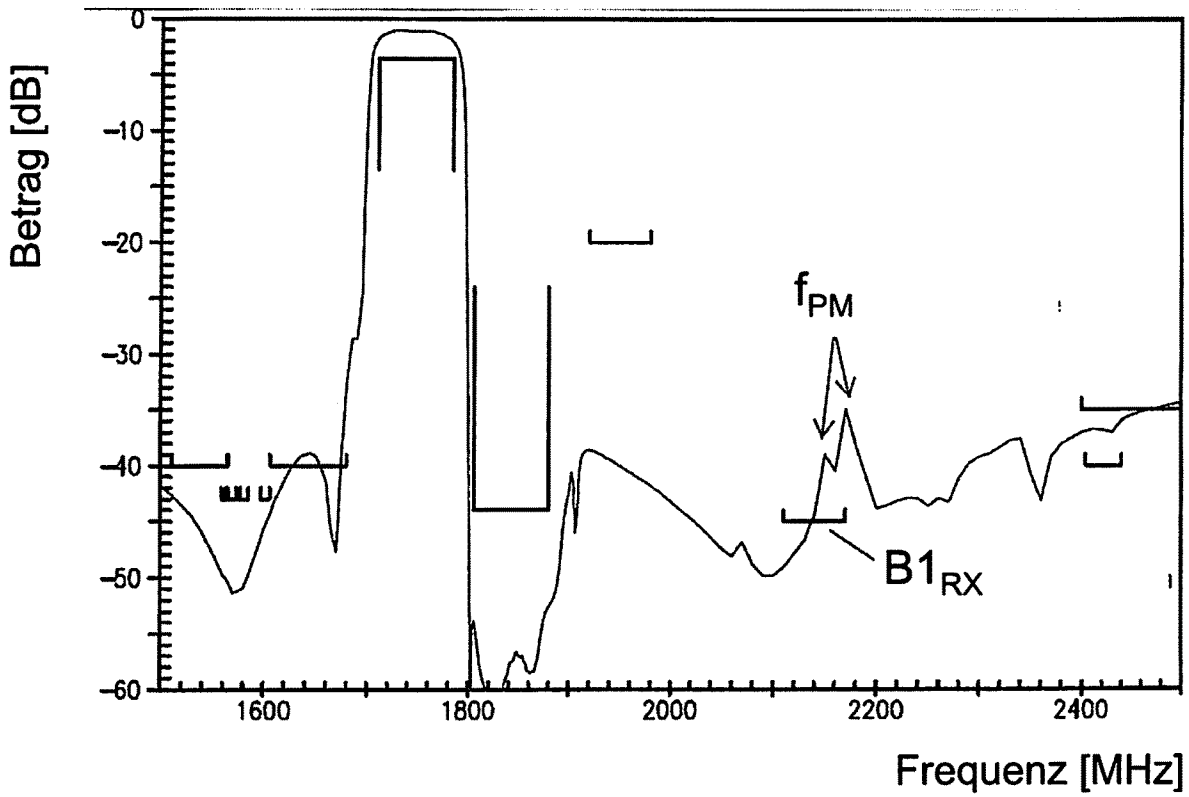

Betrag [dB]
0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
1600
1800
2000
2200
2400
Frequenz [MHz]
f_{PM}
$B1_{RX}$

Fig 2

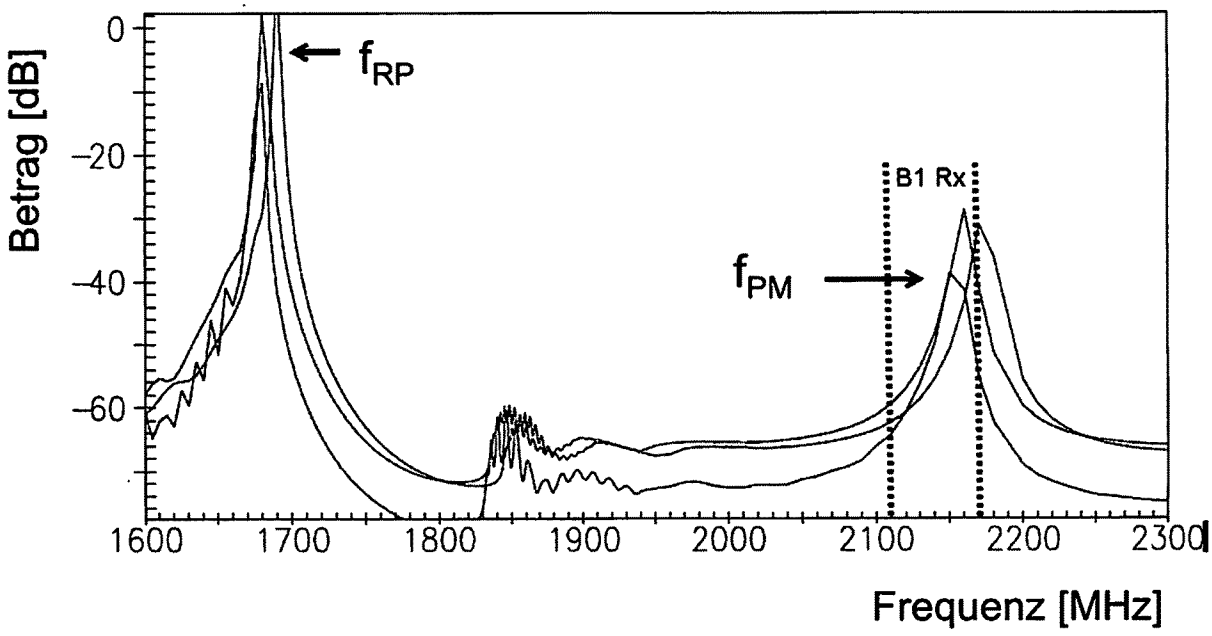

Betrag [dB]
0
-20
-40
-60
1600
1700
1800
1900
2000
2100
2200
2300
Frequenz [MHz]
f_{RP}
B1 Rx
f_{PM}

Fig 3

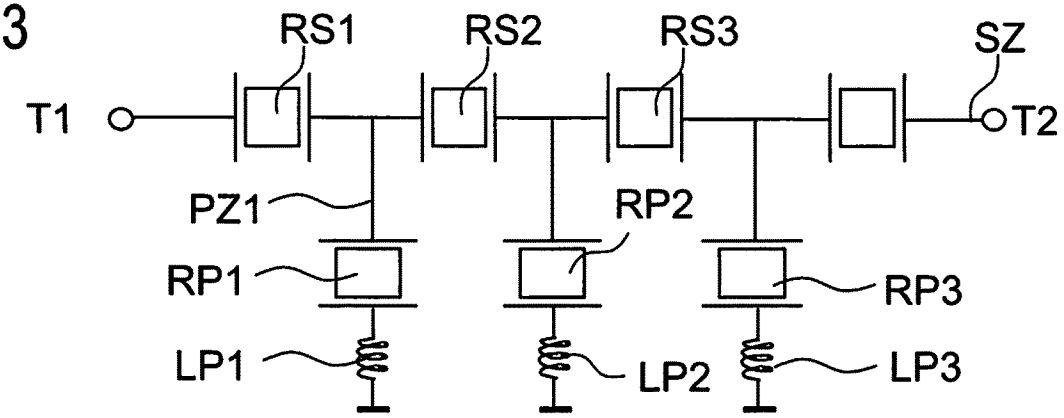


Fig 4

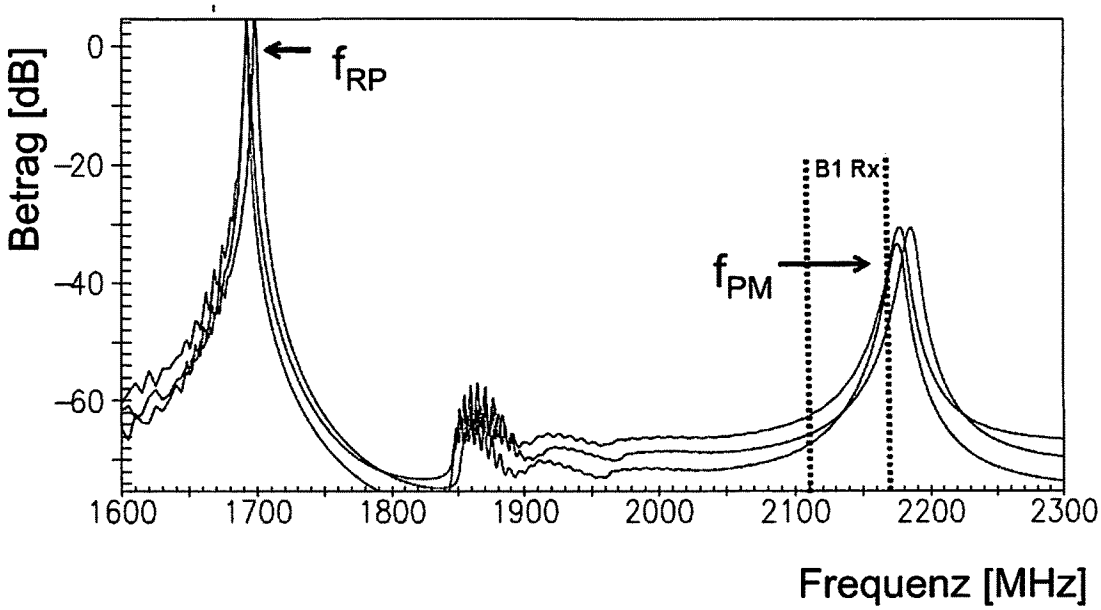


Fig 5

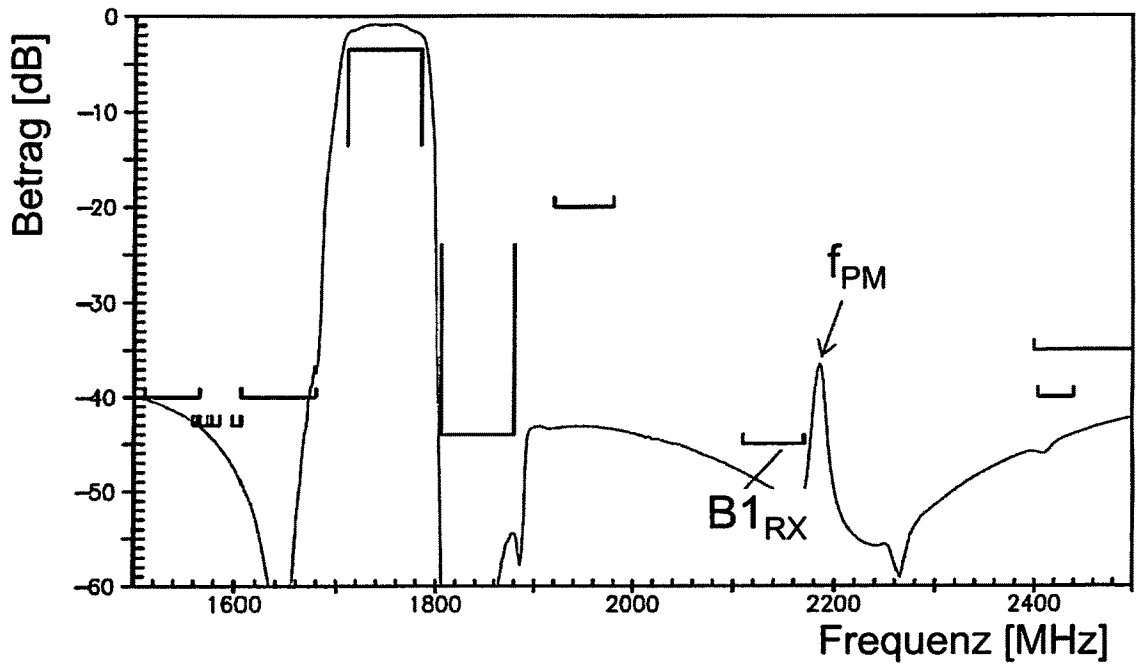


Fig 6

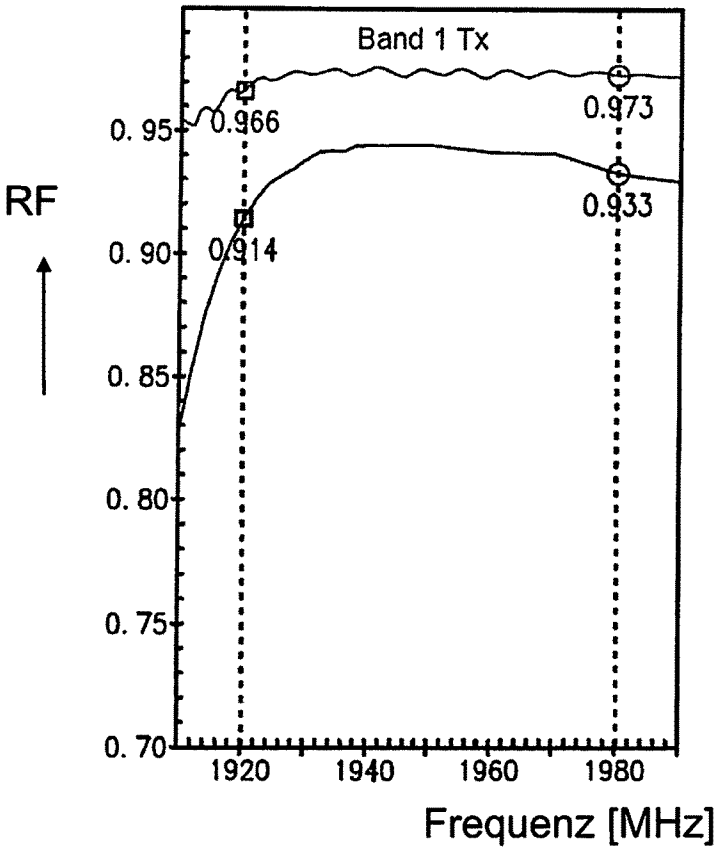
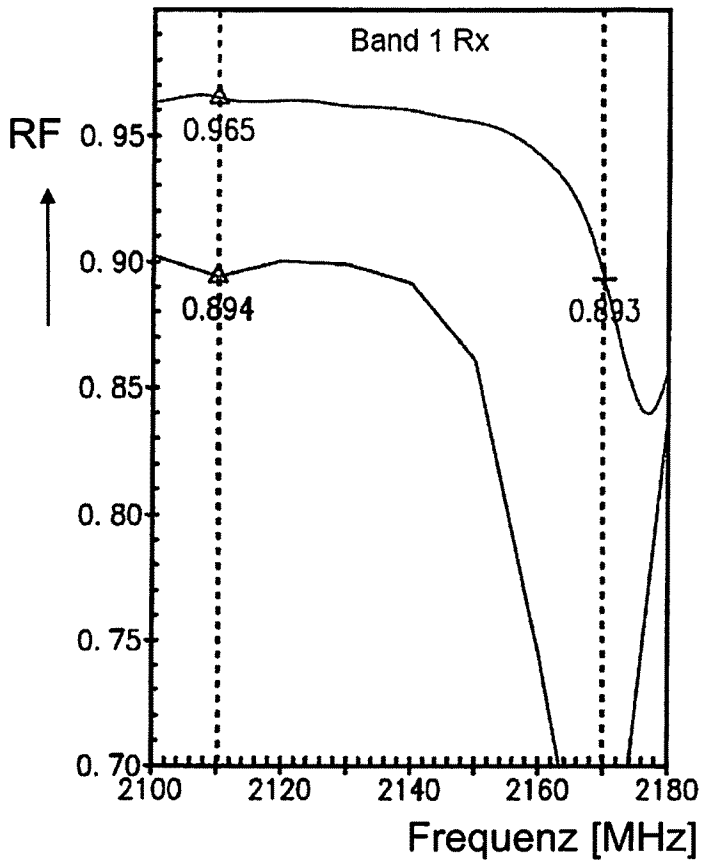

Band 1 Tx
RF
0. 95
0. 90
0. 85
0. 80
0. 75
0. 70
0.966
0.973
0.914
0.933
1920
1940
1960
1980
Frequenz [MHz]

Fig 7


Band 1 Rx
RF
0. 95
0. 90
0. 85
0. 80
0. 75
0. 70
0.965
0.894
0.893
2100
2120
2140
2160
2180
Frequenz [MHz]

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/067654

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H03H9/64 H03H9/02
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 practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2013/285504 A1 (TAMASAKI DAISUKE [JP]) 31 October 2013 (2013-10-31)	1-8
A	paragraph [0025] - paragraph [0039]; figures 1 - 3 paragraph [0042] - paragraph [0050]; figures 4 - 6 paragraph [0054] - paragraph [0059]; figure 7	9,10

X	EP 2 141 805 A2 (MURATA MANUFACTURING CO [JP]) 6 January 2010 (2010-01-06)	1-8
A	paragraph [0015] - paragraph [0046]; figures 1 - 8; table 1	9,10

X	US 2003/058066 A1 (TANIGUCHI NORIO [JP] ET AL) 27 March 2003 (2003-03-27)	1-8
A	paragraph [0054] - paragraph [0094]; figures 1 - 6	9,10

	-/--	

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] 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 application or patent 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	Date of mailing of the international search report
13 October 2016	21/10/2016

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Trafidlo, Renata

2

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/067654

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2003/186673 A1 (KIMACHI REI [JP] ET AL) 2 October 2003 (2003-10-02)	1-8
A	paragraph [0066] - paragraph [0091]; figures 13 - 18 paragraph [0120] - paragraph [0121]; figure 31	9,10

2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2016/067654

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2013285504 A1	31-10-2013	CN 103250348 A	14-08-2013
		DE 112011104653 T5	02-10-2013
		JP 5565474 B2	06-08-2014
		KR 20130088888 A	08-08-2013
		US 2013285504 A1	31-10-2013
		WO 2012090698 A1	05-07-2012
EP 2141805 A2	06-01-2010	EP 2141805 A2	06-01-2010
		JP 2010011300 A	14-01-2010
		US 2009322444 A1	31-12-2009
US 2003058066 A1	27-03-2003	CN 1394389 A	29-01-2003
		EP 1313218 A1	21-05-2003
		EP 2284998 A2	16-02-2011
		JP 2002141771 A	17-05-2002
		US 2003058066 A1	27-03-2003
		WO 0217483 A1	28-02-2002
US 2003186673 A1	02-10-2003	CN 1449038 A	15-10-2003
		DE 10313562 A1	13-11-2003
		JP 2003298392 A	17-10-2003
		KR 20030078773 A	08-10-2003
		US 2003186673 A1	02-10-2003

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2016/067654

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H03H9/64 H03H9/02
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, INSPEC, COMPENDEX

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2013/285504 A1 (TAMASAKI DAISUKE [JP]) 31. Oktober 2013 (2013-10-31)	1-8
A	Absatz [0025] - Absatz [0039]; Abbildungen 1 - 3 Absatz [0042] - Absatz [0050]; Abbildungen 4 - 6 Absatz [0054] - Absatz [0059]; Abbildung 7	9,10

X	EP 2 141 805 A2 (MURATA MANUFACTURING CO [JP]) 6. Januar 2010 (2010-01-06)	1-8
A	Absatz [0015] - Absatz [0046]; Abbildungen 1 - 8; Tabelle 1	9,10

X	US 2003/058066 A1 (TANIGUCHI NORIO [JP] ET AL) 27. März 2003 (2003-03-27)	1-8
A	Absatz [0054] - Absatz [0094]; Abbildungen 1 - 6	9,10

	-/--	

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] 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" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen 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 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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
13. Oktober 2016	21/10/2016

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Trafidlo, Renata

2

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2016/067654

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2003/186673 A1 (KIMACHI REI [JP] ET AL) 2. Oktober 2003 (2003-10-02)	1-8
A	Absatz [0066] - Absatz [0091]; Abbildungen 13 - 18 Absatz [0120] - Absatz [0121]; Abbildung 31	9,10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2016/067654

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2013285504 A1	31-10-2013	CN 103250348 A	14-08-2013
		DE 112011104653 T5	02-10-2013
		JP 5565474 B2	06-08-2014
		KR 20130088888 A	08-08-2013
		US 2013285504 A1	31-10-2013
		WO 2012090698 A1	05-07-2012
EP 2141805 A2	06-01-2010	EP 2141805 A2	06-01-2010
		JP 2010011300 A	14-01-2010
		US 2009322444 A1	31-12-2009
US 2003058066 A1	27-03-2003	CN 1394389 A	29-01-2003
		EP 1313218 A1	21-05-2003
		EP 2284998 A2	16-02-2011
		JP 2002141771 A	17-05-2002
		US 2003058066 A1	27-03-2003
		WO 0217483 A1	28-02-2002
US 2003186673 A1	02-10-2003	CN 1449038 A	15-10-2003
		DE 10313562 A1	13-11-2003
		JP 2003298392 A	17-10-2003
		KR 20030078773 A	08-10-2003
		US 2003186673 A1	02-10-2003