

(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  
10. März 2016 (10.03.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2016/034357 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

H03H 9/54 (2006.01) H03H 9/60 (2006.01)  
H03H 9/56 (2006.01) H03H 9/64 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/068064

(22) Internationales Anmeldedatum:  
5. August 2015 (05.08.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2014 112 676.9  
3. September 2014 (03.09.2014) DE

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

(72) Erfinder: FREISLEBEN, Stefan; Universitätsstr. 35,  
85579 Neubiberg (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).

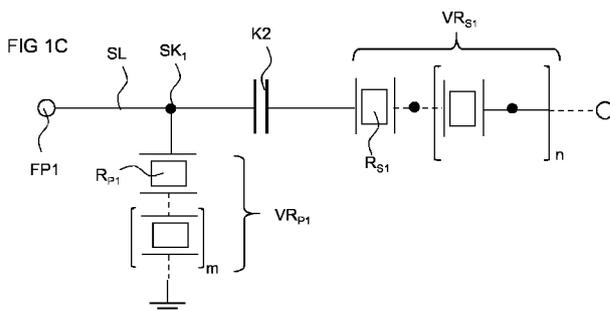
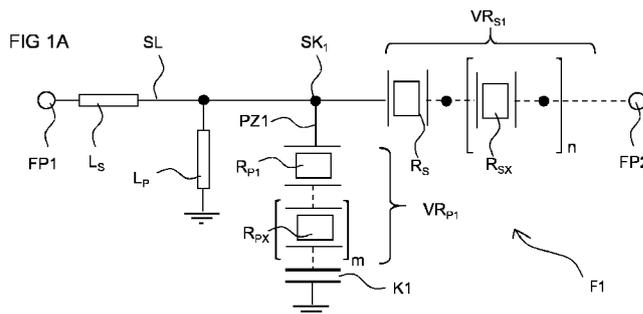
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz  
3)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: FILTER WITH IMPROVED LINEARITY

(54) Bezeichnung : FILTER MIT VERBESSERTER LINEARITÄT



(57) Abstract: The invention relates to improving the  
linearity of a reactance filter made from serial and parallel  
resonators in which a capacitor is connected, in series or  
parallel, either to a parallel resonator or a cascade of parallel  
resonators or to a series resonator or a cascade of series  
resonators.

(57) Zusammenfassung: Für ein aus seriellen und parallelen  
Resonatoren aufgebautes Reaktanzfilter wird zur  
Verbesserung der Linearität vorgeschlagen, in Serie oder  
parallel entweder zu einem Parallelresonator oder einer  
Kaskade von Parallelresonatoren bzw. zu einem  
Serienresonator oder einer Kaskade von Serienresonatoren  
einen Kondensator zu schalten.

WO 2016/034357 A1



- *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)*

Beschreibung

Filter mit verbesserter Linearität

5 Intermodulation (IM oder IMD) bezeichnet in der Nachrichten-  
technik und Elektroakustik die Entstehung unerwünschter  
spektraler Anteile durch nichtlineare Übertragungsfunktionen  
von Schaltungsteilen, wenn mindestens zwei unterschiedliche  
Frequenzen verarbeitet werden müssen. Da solche Intermodula-  
10 tionsprodukte zu unerwünschten Signalen und damit zu Störun-  
gen in einem genutzten Frequenzbereich führen können, ist man  
stets bemüht, das Entstehen von störenden Intermodulations-  
produkten zu vermeiden.

15 Weiter können sich bei der Generation von HF Signalen immer  
auch Harmonische ausbilden, deren Frequenzen bei einem nicht  
unbedingt geradzahligen Vielfachen der Grundmode liegen. Sol-  
che Harmonischen sind zwar weit genug von der Grundmode ent-  
fernt, können aber in anderen Bändern stören. Generell können  
20 Harmonische auch als Intermodulationsprodukte zweier Frequen-  
zen  $f_1$  und  $f_2$  für den Spezialfall  $f_1=f_2$  angesehen werden.

Es existieren Intermodulationsprodukte/Harmonische zweiter,  
dritter und noch höherer Ordnung, die sich durch die Faktoren  
25 bzw. deren Summe unterscheiden, mit denen die Grundfrequenzen  
in die Mischprodukte eingehen.

Zur Vermeidung von Intermodulationsprodukten und von stören-  
den Harmonischen versucht man zum Einen, die Linearität von  
30 Bauelementen und Schaltungsteilen zu erhöhen. Wo dies nicht  
gelingt, kann versucht werden, die Spannung über dem nichtli-  
nearen Bauelement zu reduzieren, um den Bereich zu vergrö-  
ßern, in dem das Schaltungselement linear arbeitet.

Im Bereich der Filtertechnik und dort insbesondere bei Reaktanzfiltern, die aus einem Netzwerk serieller und paralleler Resonatoren aufgebaut sind, können Intermodulationsprodukte durch Kaskadierung mehrerer Resonatoren unterdrückt, aber nie  
5 ganz vermieden werden. Ein Nachteil der Kaskadierung besteht darin, dass die für das Filter erforderliche statische Kapazität bei einer Verschaltung von Resonatoren, also einer Kaskade von Resonatoren, nur durch Vergrößerung der Grundflächen der einzelnen Kondensatoren bzw. Resonatoren beibehalten und  
10 eingestellt werden kann. Dies führt dazu, dass der Flächenbedarf von Resonatorfiltern mit zunehmender Kaskadierung zu groß und die Kaskadierung somit unwirtschaftlich wird. Zudem wirkt dies dem Erfordernis der Miniaturisierung entgegen.

15 Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass mit zunehmender Kaskadierung ein Sättigungseffekt eintritt, sodass trotz Hinzufügens weiterer Resonatoren zur Kaskade immer weniger Effekt erzielt wird bzw. die zusätzlich erreichbare Unterdrückung von Intermodulationsprodukten und auch von Harmonischen  
20 mit jedem weiteren Resonator immer geringer wird.

In Figur 9 ist dargestellt, wie sich die Unterdrückung von Intermodulationsprodukten zweiter Ordnung (IMD2) und dritter Ordnung (IMD3) in Abhängigkeit vom Grad  $n$  der Kaskadierung  
25 verhält, wobei  $n$  die Anzahl in Serie verschalteter Resonatoren ist. Die zunehmend flacher abfallenden Kurven lassen die Sättigung gut erkennen. Dies zeigt, dass Kaskadierung nur bis zu einem bestimmten Grad technisch und wirtschaftlich sinnvoll ist.

30

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Filterschaltung anzugeben, die eine verbesserte Linearität und daher eine verbesserte Unterdrückung von Intermodulations-

produkten und Harmonischen aufweist. Außerdem soll die verbesserte Filterschaltung mit einer maßvollen Erhöhung der Resonatorflächen realisierbar sein.

- 5 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Filterschaltung mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind weiteren Ansprüchen zu entnehmen.
- 10 Die Filterschaltung umfasst ein erstes als Reaktanzfilter ausgebildetes Filter. Ein solches Filter umfasst einen seriellen Signalpfad (Serienzweig), der zwischen einem ersten Filterport und einem zweiten Filterport gekoppelt ist. Von
- 15 Schaltungsknoten, die im seriellen Signalpfad angeordnet sind, zweigt jeweils ein Parallelzweig ab, der den Schaltungsknoten mit einem Festpotenzial verbindet. Im Serienzweig und jedem der Parallelzweige ist zumindest ein Resonator oder eine Verschaltung von Resonatoren angeordnet.
- 20 Das Reaktanzfilter kann an einem Schaltungsport mit einem Schaltungsknoten oder mit einem Resonator im Serienzweig beginnen.
- Zumindest im ersten Parallelzweig, der einem der Filterports
- 25 am nächsten angeordnet ist, oder einem Filterport direkt benachbart im Serienzweig oder sind mehrere Resonatoren in Serie verschaltet, wobei ein erster Kondensator in Serie oder parallel zu der Serienverschaltung von mehreren Resonatoren verschaltet ist, wobei im ersten Fall eine Spannungsteilung
- 30 und im zweiten Fall eine Stromteilung resultiert.

Grundlegende Idee der Erfindung ist es also, eine Spannungsteiler- oder Stromteilerschaltung vorzusehen, die zumindest

ein lineares Element umfasst. Der genannte Kondensator ist ein bevorzugtes lineares Element, doch sind auch andere lineare Elemente, die zum Teilen der Spannung geeignet sind, möglich. Auf diese Weise gelingt es, den eingangs beschriebenen Sättigungseffekt zu reduzieren, der anderenfalls dazu führt, dass mit zunehmendem Kaskadierungsgrad, also mit zunehmender Anzahl in Serie verschalteter Resonatoren, immer weniger Effekt bei der Vermeidung von Intermodulationsprodukten beobachtet wird. Der Kondensator hat darüber hinaus den Vorteil, dass der mit ihm erzielte Spannungs- oder Stromteilereffekt relativ breitbandig arbeitet und damit über einen weiten Frequenzbereich einsetzbar ist. Im Fall von Spannungsteilung gilt: Je größer die Spannung ist, die am linearen Element abfällt, umso größer ist der Effekt, also die Reduzierung von Intermodulationsprodukten. Je kleiner die Kapazität des Kondensators im Vergleich zur gesamten Kapazität im Serien- oder Parallelzweig ist, desto größer ist der Effekt und desto stärker wird das Auftreten von Intermodulationsprodukten und Harmonischen verhindert.

20

Ein Kondensator, der parallel zu der Verschaltung von Resonatoren, also zu der Kaskade seriell verschalteter Resonatoren geschaltet ist, dient als Stromteiler. Auch hier gilt, je mehr Strom über ein lineares Element fließt und damit je weniger Strom über nichtlineare Elemente fließt, desto weniger Intermodulationsprodukte/Harmonische treten erfindungsgemäß auf.

Das lineare Element wirkt prinzipiell unabhängig davon, wo es in der Filterschaltung eingesetzt wird. Den größten Effekt hat es jedoch in Serie oder parallel zu denjenigen Resonatoren, die demjenigen Filterport am nächsten sind, an dem zumindest ein Signal in den Signalpfad einwirkt oder einkop-

pelt, das an nichtlinearen Elementen mit sich selbst oder mit einer anderen Systemfrequenz Intermodulationsprodukte und Harmonische bilden kann. Dieser Filterport kann der Filtereingang oder der Filterausgang sein, da die Einkopplung abhängig von der gesamten Schaltungsumgebung ist und daher kundenspezifisch und unabhängig von der Filterschaltung als solche. Das lineare Element ist daher erfindungsgemäß auf jeden Fall mit diesem „ersten“ Resonator verschaltet. Der „erste“ Resonator kann ein serieller Resonator sein, oder, wenn der erste Knoten und damit der „erste“ Parallelarm näher Filterport liegt, auch ein paralleler Resonator.

Ein linearer Kondensator lässt sich in einfacher Weise als Plattenkondensator zusammen mit den Resonatoren auf einem gemeinsamen Substrat realisieren. Möglich ist es jedoch auch, den Kondensator als externes diskretes Element mit den Resonatoren zu verschalten. Dabei weist jedoch die Integration auf dem gemeinsamen Substrat die größeren Vorteile auf. Gegenüber einer Induktivität, die ebenfalls mit den Resonatoren als Rückkopplungselement verschaltet werden kann, weist der Kondensator den Vorteil auf, dass mit ihm keine zusätzlichen Resonanzen und damit keine zusätzlichen Störungen im Übertragungsverhalten des Filters auftreten können und dass mit dem Kondensator der Spannungs- oder Stromteilereffekt breitbandiger bewirkt werden kann.

Ein Nachteil der vorgeschlagenen Filterschaltung besteht darin, dass sich durch die Spannungs- oder Stromteilung der Polnullstellenabstand der Resonatoren verringert, was sich direkt auf die Bandbreite des Filters auswirkt. Durch Optimierung des Filters kann zwar die gewünschte Bandbreite eingestellt werden, jedoch müssen dabei als Nachteil in Kauf genommen werden, dass sich das Filterverhalten sowohl im Pass-

band, insbesondere das VSWR, als auch im nahen Stoppband leicht verschlechtern kann.

Eine Filterschaltung, die ein erfindungsgemäß optimiertes  
5 erstes Filter aufweist, stellt daher einen Trade-off zwischen  
einem guten Übertragungsverhalten/VSWR und einer Reduzierung  
von Intermodulationsprodukten/Harmonischen dar. Es muss also  
abgewogen werden, ob lieber störende Intermodulations-  
produkte/Harmonische vermieden werden soll oder ob mehr Wert  
10 auf ein optimiertes Übertragungsverhalten/VSWR gelegt wird.

Ein positiver erfindungsgemäßer Effekt wird jedoch bereits  
erzielt, wenn im ersten Serien- oder Parallelzweig ein ein-  
zelner Resonator in Serie mit oder parallel zu einem Konden-  
15 sator geschaltet wird. Die statische Kapazität des Resonators  
und die Kapazität des Kondensators ergeben zusammen die Ge-  
samtkapazität des Serien- oder Parallelzweigs. Beide zusammen  
müssen beim Filterdesign beachtet werden.

20 In einer bevorzugten Ausführung werden die Resonatoren als  
mit akustischen Wellen arbeitende Resonatoren ausgelegt. Für  
die Filterschaltung bzw. das erste Filter der Filterschaltung  
sind daher Resonatoren auf SAW-, FBAR oder BAW-Basis (Surface  
Acoustic Wave, Thin Film Bulk Acoustic Wave bzw. Bulk A-  
25 coustic Wave) geeignet. Auch GBAW (Guided Bulk Acoustic Wave)  
Resonatoren, mit geführten Volumenwellen arbeitende Resonato-  
ren, sind geeignet. In allen Fällen kann die Kapazität der  
Resonatoren über die Resonatorfläche eingestellt werden. Die  
Resonatorfläche eines BAW-Resonators ergibt sich dabei als  
30 Überlappungsfläche zwischen erster und zweiter plattenförmiger  
Elektrode, insbesondere soweit dazwischen ein piezoelekt-  
risches Material angeordnet ist. Bei SAW-Resonatoren ist die

Kapazität abhängig vom Produkt der Apertur der Resonatoren und der Anzahl der Elektrodenfinger im Resonator.

Prinzipiell können die Resonatoren jedoch auch als LC-  
5 Resonatoren ausgeführt sein, bei denen sich ebenfalls durch Verschaltung mit einem Kondensator im Parallelzweig oder parallel zum Parallelzweig eine Reduzierung von Intermodulationsprodukten/Harmonischen erreichen lässt.

10 In einer möglichen Ausgestaltung umfasst die Verschaltung von Resonatoren im ersten Parallelzweig eine Serienverschaltung von vier bis acht Resonatoren. Mit dieser Anzahl wird ein gutes Übertragungsverhalten bei ausreichender Dämpfung von Intermodulationsprodukten/Harmonischen bei vertretbarem Flä-  
15 chenbedarf erreicht. Andere Ausführungen können auch eine höhere oder niedrigere Anzahl von Resonatoren in der Verschaltung umfassen.

In einer weiteren Ausgestaltung ist ein zweiter Kondensator  
20 in Serie oder parallel zu einem weiteren seriellen oder parallelen Resonator verschaltet. Dieser zweite Kondensator ist optional und führt zu einer weiteren Verminderung des Spannungsabfalls an den einzelnen nichtlinearen Elementen, wohingegen der Kondensator selbst ein weitgehend lineares Element  
25 darstellt. Auch auf diese Weise werden Intermodulationsprodukte/Harmonische weiter reduziert.

Auch der zweite Kondensator ist möglichst nahe an demjenigen Filterport angeordnet, über den eines der zu Störungen oder  
30 Intermodulationsprodukten führende Signal eingekoppelt wird.

Ist der entsprechende Resonator ein Serienresonator, so bedeutet „Parallelschaltung“ zu diesem Serienresonator, dass

der zweite Kondensator in einem parallelen Serienpfad angeordnet ist, der vor und nach dem seriellen Resonator mit einem Schaltungsknoten des Seitenzweigs verbunden ist.

5 Ist der entsprechende Resonator ein Parallelresonator, so ist der zweite Kondensator vorzugsweise in einem Parallelzweig angeordnet, der dem Parallelzweig mit dem Resonator unmittelbar benachbart ist und daher insbesondere an den gleichen Schaltungsknoten im seriellen Signalpfad angebunden ist wie  
10 der Parallelzweig mit dem Resonator.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist das erste Filter ein Empfangsfilter einer Filterschaltung, die mehrere Sendezweige umfasst, die mit dem Filtereingang oder dem Filterausgang gekoppelt sind. Da die Sendezweige zum Senden in unterschiedlichen Frequenzbändern ausgelegt sind, können einer solchen Filterschaltung prinzipiell Intermodulationsprodukte auftreten, die bei ungünstiger Konstellation innerhalb des Passbands des Empfangsfilters auftreten können. Das Verkoppeln  
15 unterschiedlicher Frequenzen bzw. das Einkoppeln von Frequenzen außerhalb des Nutzsignals in ein Filter kann auf einem kapazitiven, induktiven, resistiven oder elektromagnetischen Weg erfolgen und kann nicht vollständig vermieden werden. Die weitere Folge der Einkopplung, das Auftreten von Intermodulationsprodukten/Harmonischen in Folge nicht-linearer Elemente,  
20 kann dagegen mit der Erfindung reduziert werden.

In einer weiteren Ausgestaltung ist das erste Filter als Empfangsfilter ausgelegt. Es kann Teil einer Filterschaltung  
30 sein, die weitere Sende- und/oder Empfangszweige umfasst.

Das erste Filter kann auch Teil eines Duplexers oder eines Multiplexers sein, der Teil einer Filterschaltung mit mehre-

ren Sendezweigen ist, deren Signale potentiell in den Signalpfad des Filters einkoppeln können.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung umfasst das erste  
5 Filter weitere Kondensatoren, die vor dem ersten Resonator,  
nach dem letzten Resonator und zusätzlich zwischen einzelnen  
oder zwischen immer jeweils zwei im Signalpfad angeordneten  
Resonatoren bzw. zwischen allen im Signalpfad angeordneten  
Verschaltungen von Resonatoren vorgesehen werden können. Wei-  
10 tere Kondensatoren können parallel zu Resonatoren oder kaska-  
dierten Verschaltungen von Resonatoren geschaltet sein.

Das erste Filter kann ausschließlich Resonatoren als Fil-  
terelemente umfassen. Möglich ist es jedoch auch, im Signal-  
15 pfad ein DMS-Filter in Serie zu verschalten. Dies wird in  
einfacher Weise dadurch verwirklicht, dass ein Schaltungskno-  
ten innerhalb des seriellen Signalpfads mit dem Eingang des  
DMS-Filters und ein weiterer Schaltungsknoten mit dem Ausgang  
des DMS-Filters verbunden wird. Das DMS-Filter ist jedoch  
20 vorzugsweise nicht direkt dem Filtereingang benachbart, son-  
dern zwischen zwei Resonatoren bzw. zwischen zwei Verschal-  
tungen von Resonatoren im seriellen Signalpfad angeordnet.

Wie bereits erwähnt, zeichnet sich eine Ausführungsform mit  
25 auf dem Filtersubstrat integrierten Kondensatoren besonders  
vorteilhaft aus. Dabei sind die Resonatoren als mit akusti-  
schen Wellen arbeitende Resonatoren ausgebildet und auf einem  
gemeinsamen Chip angeordnet. Auf dem gleichen Chip ist der  
erste Kondensator und/oder der zweite Kondensator und/oder  
30 die weiteren ersten und zweiten Kondensatoren als Plattenkon-  
densatoren realisiert. Ein jeder solcher Plattenkondensator  
weist zwei flächig ausgeformte Kondensatorelektroden und eine  
dazwischen angeordnete Dielektrikumsschicht auf. Flächig aus-

geformt bedeutet dabei, dass der Querschnitt gegenüber dem einer Leiterbahn erheblich erhöht ist.

Für eine bessere Integrierbarkeit ist es von Vorteil, wenn  
5 die Dielektrikumsschicht zusammen mit einer weiteren Funktions-  
schicht des Chipbauelements in einem gemeinsamen Herstellungsschritt erzeugt wird. Auf diese Weise kann ein Verfahrensschritt genutzt werden, der bereits bei der Herstellung bekannter Filter benötigt wird, um den erfindungsgemäßen Kondensator bzw. das Dielektrikum des Kondensators abzuscheiden  
10 bzw. zu erzeugen.

In der Regel bedeutet die gemeinsame Herstellung der Funktionsschicht und der Dielektrikumsschicht, dass beide das gleiche Material und die gleiche Schichtdicke aufweisen. Möglich  
15 ist es jedoch auch, nachträglich die Funktionsschicht oder die Dielektrikumsschicht in einem zusätzlichen Verfahrensschritt aufzudicken oder in der Schichtdicke wieder zu reduzieren. In allen Fällen ist es wichtig, einen Kondensator mit möglichst hoher Linearität zu erzeugen, der sich insbesondere durch eine hohe Schichtdickenkontrolle auszeichnet.  
20

Eine Ausführungsform weist als Dielektrikum ein organisches Polymer auf, das an anderer Stelle im ersten Filter bzw. in  
25 der Filterschaltung zur Isolation von Leiterbahnen im Kreuzungsbereich zweier Leiterbahnen genutzt wird. Ein bewährtes und vorteilhaft einsetzbares Material sind dabei Polymere auf der Basis von BCB (Benzocyclobutan) und dessen Abkömmlingen. Dieses für Halbleiterschaltungen bewährte Material weist eine  
30 niedrige Dielektrizitätskonstante auf und lässt sich in einfacher Weise in Standardprozessen mit hoher Schichtdicken-  
gleichmäßigkeit erzeugen.

In einer weiteren Ausführung wird als Dielektrikumsschicht ein Material eingesetzt, welches bei bekannten Filtern zur Kompensation eines zu hohen Temperaturgangs der Mittenfrequenz, also eines zu hohen Temperaturkoeffizienten der Mittenfrequenz eingesetzt wird. Üblicherweise wird dafür eine Schicht eines Materials mit einem positiven Temperaturkoeffizienten der mechanischen Eigenschaften eingesetzt, insbesondere SiO<sub>2</sub>. Erfindungsgemäß kann diese SiO<sub>2</sub>-Schicht daher als Dielektrikumsschicht für den Kondensator genutzt werden, wobei deren Schichtdicke entweder optimiert sein kann, um einen optimalen Kapazitätswert des Kondensators bereitzustellen oder eine optimale Kompensation des Temperaturkoeffizienten oder ein Trade-off davon zu erzielen.

Allgemein können zu diesem Zweck auch andere Materialien eingesetzt werden, die einen positiven Temperaturkoeffizienten der mechanischen Eigenschaften aufweisen. Nach dem Erzeugen der Dielektrikumsschicht muss anschließend noch die obere Kondensatorelektrode über der Dielektrikumsschicht aufgebracht werden.

In einer weiteren Ausführung wird vorteilhaft auch für die Elektroden des Plattenkondensators ein Material bzw. ein Verfahrensschritt genutzt, die bereits an anderer Stelle im Filter bzw. im Verfahren eingesetzt werden.

So kann z.B. die untere Elektrode des Kondensators aus der Metallisierung eines als Resonator eingesetzten SAW Eintorresonators gebildet werden. Die obere Elektrode des Kondensators kann z.B. zusammen mit einer Padaufdickung ausgebildet werden, die über den Anschluss pads des Filters erzeugt ist

Es ist möglich, dass der linearisierende Kondensator übliche Elektrodenstrukturen eines elektroakustischen Resonators umfasst. Dann kann der Kondensator in seiner Resonanzfrequenz verstimmt sein. Es ist auch möglich, dass z. B. ein quasi-  
5 SAW-Resonator oder ein quasi-GBAW-Resonator so gegenüber den Kristallachsen des Substrats verdreht ist, dass sein elektroakustischer Kopplungskoeffizient  $\kappa^2$  ausreichend gering ist.

In einer erfindungsgemäßen Filterschaltung zeigen diejenigen  
10 Kondensatoren den größten Effekt, die dem Filterport am nächsten angeordnet sind, über den zumindest eines der zu Intermodulationsprodukten oder Harmonischen führenden Signale eingekoppelt wird. Das Gleiche gilt für die Kaskadierung von Resonatoren, die vorzugsweise ebenfalls insbesondere bei den-  
15 jenigen Resonatoren vorgenommen wird, die dem Filtereingang oder einem anderen Filterport direkt oder nahe benachbart sind.

Eine vorteilhafte Filterschaltung weist daher Resonatoren und  
20 Verschaltungen mehrerer Resonatoren auf, wobei in einer Ausführung die Verschaltung mehrerer Resonatoren kaskadierte Resonatoren umfasst und der Kaskadierungsgrad der Resonatoren und der Filterschaltung mit zunehmender Entfernung vom Filtereingang abnimmt. Auf diese Weise ist es möglich, den bei  
25 zunehmender Kaskadierung parallel erhöhten Flächenbedarf der Filterschaltung zu begrenzen.

Ein erfindungsgemäßes Filter kann eine optimierte Anzahl von Parallelzweigen umfassen. Vorteilhaft sind im Filter 2-7,  
30 insbesondere 2-4 Parallelzweige vorgesehen.

Ein erfindungsgemäßes Filter kann eine optimierte Anzahl von Serienelementen umfassen. Ein Serienelement ist ein Serienresonator, eine Verschaltung von Serienresonatoren oder ein an-

deres Element wie z.B. ein DMS Filter oder eine DMS-  
Teilstruktur. Auch ein zweiter Kondensator kann Teil eines  
Serienelements sein. Ein Serienelement ist beiderseits von  
Schaltungsknoten begrenzt. Je ein Serienelement kann zwischen  
5 dem Filtereingang und dem ersten Schaltungsknoten oder zwi-  
schen dem Filterausgang und dem Filterausgang angeordnet  
sein. Vorteilhaft sind 2-6 Serienelemente vorgesehen.

Es ist nicht nötig, ein linearisierendes Element zu jedem Re-  
10 sonator oder Serienzweig oder Parallelzweig hinzuzufügen. Im  
Wesentlichen genügt es, das Element, z. B. einen linear ar-  
beitenden Kondensator, dort zu verschalten, wo die Wirkung am  
größten ist. Je nachdem, ob das ursprüngliche Signal und/oder  
das Störsignal in einem Passband liegen oder nicht, kann die  
15 ideale Position des Elements innerhalb der Schaltungstopolo-  
gie variieren.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbei-  
spielen und den dazugehörigen Figuren näher erläutert. Sofern  
20 die Figuren Filter und Filterschaltungen darstellen, sind  
diese nur schematisch ausgeführt. Dies bedeutet auch, dass  
jede der dargestellten Filterschaltungen weitere Elemente um-  
fassen kann, die nicht zwingend erforderlich sind, die aber  
für Filterschaltungen an sich bekannt zur weiteren Optimie-  
25 rung des Filters eingesetzt werden können. Es können auch  
Elemente weggelassen sein, die für die Erfindung keine Rolle  
spielen.

Figuren 1A und 1B zeigen einfache Ausführungsformen mit je  
30 einem in einem Parallelzweig angeordneten Kondensa-  
tor,

Figuren 1C und 1D zeigen einfache Ausführungsformen mit je einem in einem Serienzweig angeordneten Kondensator,

5 Figuren 1E zeigt eine Ausführungsform mit einem Kondensator, der in einem parallelen Serienzweig angeordnet ist,

10 Figuren 2 bis 5 zeigen Ausführungen mit je zwei Kondensatoren, die in einem Parallelzweig und zusätzlich im Signalpfad angeordnet sind, wobei die Kondensatoren beide in Serie oder parallel zu Resonatoren verschaltet sind, oder bei denen die beiden Kondensatoren im Serienzweig und im Parallelzweig unterschiedlich verschaltet sind,

15 Figur 6 zeigt eine Filterschaltung, die mehr als einen ersten und mehr als einen zweiten Kondensator im Parallel- und im Signalpfad umfasst,

20 Figur 7 zeigt eine Filterschaltung, die benachbart zum Filtereingang und/oder zum Filterausgang als zusätzliches Schaltungselement eine Induktivität im Signalpfad umfasst,

25 Figur 8 zeigt das Ergebnis verschiedener Simulationen, wie mit einer erfindungsgemäßen Filterschaltung das Auftreten eines Intermodulationsproduktes reduziert wird,

30 Figur 9 zeigt den Effekt der Reduzierung von Intermodulationsprodukten in Abhängigkeit vom Kaskadierungsgrad von in der Verschaltung verwendeten Resonatoren.

Figur 1A zeigt ein einfaches Ausführungsbeispiel der Erfindung. Dargestellt ist schematisch ein Filter einer Filterschaltung, in der eine serielle Signalleitung SL einen ersten Filterport Fp1 mit einem zweiten Filterport Fp2, die wahlweise Filterein- und -ausgang zugeordnet sein können, verbindet. In der Signalleitung SL ist ein serieller Resonator RS1 angeordnet. Wahlweise können in der Signalleitung SL noch n weitere Resonatoren RSX mit dem ersten seriellen Resonator RS1 verschaltet sein. N kann ganzzahlige Werte von Null bis ca. 10 annehmen. Die unmittelbar hintereinander in Serie geschalteten seriellen Resonatoren bilden eine erste Verschaltung von Resonatoren VRS1. Sämtliche Resonatoren RSX können unterschiedliche Kenngrößen wie Resonanzfrequenz oder statische Kapazität aufweisen.

15

Vor oder nach den seriellen Resonatoren können Schaltungsknoten SK vorgesehen sein, an die weitere Elemente, Filterzweige oder Signalleitungen angekoppelt sind. In Figur 1A zweigt von einem ersten Schaltungsknoten SK1 ein erster Parallelzweig PZ1 ab, der den ersten Schaltungsknoten SK1 mit einem Festpotenzial, hier mit Massepotenzial, verbindet. Im ersten Parallelzweig PZ1 ist ein erster paralleler Resonator RP1 angeordnet, der wahlweise mit einer Anzahl m weiterer in Serie geschalteter paralleler Resonatoren RPX in Reihe geschaltet ist. Der Wert m kann unabhängig von n gewählt werden und ähnliche Werte annehmen. Zusammen ergeben die parallelen Resonatoren eine Verschaltung VRP1. Zwischen der Verschaltung von parallelen Resonatoren und dem Festpotenzial ist ein erster Kondensator K1 in Reihe geschaltet. Auch diese Resonatoren RPX können untereinander und in Bezug auf RSX unterschiedliche Kenngrößen wie Resonanzfrequenz oder statische Kapazität aufweisen.

30

Wahlweise können in der Signalleitung SL weitere passive Komponenten ein- oder angebunden sein. Möglich ist es beispielsweise, zwischen dem Filterport FP1 und dem ersten Schaltungsknoten SK1 eine Serieninduktivität LS einzubinden. Alternativ  
5 kann von einem Schaltungsknoten zwischen dem ersten Filterport FP1 und dem ersten seriellen Resonator RS1 eine Parallelspeule LP gegen Masse geschaltet sein.

Auf der Seite des zweiten Filterports FP2 können entsprechend  
10 eine weitere Serienspeule LS und/oder eine weitere Parallelspeule LP vorgesehen sein.

Die Indizes n und m bestimmen den Kaskadierungsgrad der Verschaltung und können daher ganzzahlige Werte von 1 bis ca. 10  
15 annehmen. Prinzipiell sind auch höhere Werte für die Indizes n und m möglich, doch ist ein derartig hoher Kaskadierungsgrad wegen der dafür erforderlichen Fläche für die Filterschaltung wirtschaftlich und technisch nicht sinnvoll. n und m können unterschiedlich voneinander gewählt sein. In Figur  
20 1A nicht dargestellt sind weitere Parallelzweige, die von weiteren Schaltungsknoten in der Signalleitung SL gegen Masse geschaltet sein können. Zwischen zwei solchen Schaltungsknoten SK können außerdem weitere Verschaltungen von Serienresonatoren vorgesehen sein.

25

Mit einer Filterschaltung gemäß Figur 1A wird gegenüber einer Filterschaltung ohne den ersten Kondensator K1 eine Reduzierung eines bestimmten Intermodulationsproduktes um 10 dB erzielt bzw. kann eine Verbesserung um 10 dB erzielt werden.  
30 In dieser und den folgenden Figuren wird auf die Darstellung weiterer Elemente verzichtet, die in der Filterschaltung vorhanden sein können, insbesondere weitere Parallelzweige, weitere serielle Resonatoren oder weitere Verschaltungen seriel-

ler Resonatoren. Auch Serien- und/oder Parallelinduktivitäten können in der Signalleitung vorgesehen sein oder an die Signalleitung angekoppelt sein.

5 Figur 1B zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem im Unterschied zu Figur 1A innerhalb des ersten Parallelzweigs PZ1 ein erster Kondensator K1 nicht in Serie der Verschaltung von Parallelresonatoren VRP1, sondern parallel zu dieser geschaltet ist. Mithin verbindet dieser parallel geschaltete  
10 erste Kondensator K1 den Schaltungsknoten in der Signalleitung mit dem Festpotenzial. Auch in dieser Ausführungsform werden Intermodulationsprodukte um bis zu 10 dB gedämpft.

Figur 1C zeigt eine weitere Ausführungsform der Erfindung,  
15 die ähnlich wie Figur 1A ausgebildet ist, bei der jedoch ein zweiter Kondensator K2 im Serienzweig SL verschaltet ist, hier zwischen dem ersten Schaltungsknoten SK1, von dem der erste Parallelzweig PZ1 abzweigt, und der ersten Verschaltung serieller Resonatoren VRS1. Auch mit diesem zweiten Kondensator K2 allein, der als Spannungsteiler in der Signalleitung  
20 dient, wird die Linearität der Filterschaltung gegenüber bekannten Filterschaltungen mit gleicher Anzahl an Resonatoren RS,RP aber ohne Kondensator erhöht. Ansonsten gelten für mögliche Erweiterungen dieser Struktur die gleichen Möglichkeiten,  
25 wie sie anhand von Figur 1A und 1B angeführt wurden.

Figur 1D zeigt eine Ausführungsform ähnlich wie Figur 1C, bei der der erste Schaltungsknoten SK1 in der Signalleitung SL hinter dem ersten Resonator RS1 bzw. der ersten Verschaltung serieller Resonatoren VRS1 angeordnet ist und der zweite Kondensator K2 zwischen dem ersten Resonator RS1 bzw. der ersten Verschaltung VRS und dem ersten Filterport FP1 vorgesehen  
30 ist. Zwischen erstem Schaltungsknoten SK1 und zweiten

Filterport FP2 können weitere Verschaltungen VRS von  
seriellen Resonatoren vorgesehen sein. Ebenso können weitere  
Schaltungsknoten SK vorgesehen sein, an die weitere  
Parallelzweige PZ angebunden sind. Außerdem kann zwischen je  
5 zwei Schaltungsknoten ein weiterer serieller zweiter  
Kondensator K2 vorgesehen sein. Zwischen Festpotenzial und  
einer Verschaltung paralleler Resonatoren kann außerdem in  
jedem Parallelzweig ein weiterer erster Kondensator K1  
vorgesehen sein.

10

Figur 1E zeigt eine Filterschaltung ähnlich der Figur 1D.  
Hier ist ein zweiter Kondensator K2 parallel zur ersten Ver-  
schaltung VRS serieller Resonatoren VRS angeordnet. Ein ers-  
ter Parallelzweig PZ, der an einen ersten Schaltungsknoten  
15 SK1 angebunden ist, weist eine Verschaltung VRP1 paralleler  
Resonatoren auf. Zwischen der ersten Verschaltung serieller  
Resonatoren VRS1 und dem zweiten Filterport FP2 kann zumin-  
dest eine weitere Verschaltung serieller Resonatoren VRS vor-  
gesehen sein. An Schaltungsknoten SK beiderseits der Ver-  
20 schaltung serieller Resonatoren VRS kann je ein Parallelzweig  
angebunden sein.

25

Auch in dieser Ausführung, in der der zweite Kondensator K2  
für eine Stromteilung in der seriellen Signalleitung sorgt,  
wird die Linearität der Filterschaltung erhöht und dadurch  
das Auftreten von Intermodulationsprodukten/Harmonischen ver-  
mindert.

30

Figur 2 zeigt eine Filterschaltung, bei der parallel zu einer  
Verschaltung von parallelen Resonatoren VRP ein erster Kon-  
densator K1 geschaltet ist und bei der parallel zu einer Ver-  
schaltung von seriellen Resonatoren VRS ein zweiter Kondensa-  
tor K2 geschaltet ist. Es sind sowohl die Verschaltung von

seriellen Resonatoren in der Signalleitung VRS1 als auch die Verschaltung paralleler Resonatoren SRP im ersten Parallelzweig PZ1 mit je einem Kondensator K1,K2 überbrückt.

5 Figur 3 zeigt eine Ausführung, bei der ein in der Signalleitung SL vorgesehener zweiter Kondensator K2 und ein parallel zum ersten Parallelzweig PZ1 geschalteter erster Kondensator K1 verschaltet sind. Die Filterschaltung kann weitere serielle Resonatoren oder weitere Verschaltungen serieller Resonatoren sowie weitere Parallelzweige, in denen weitere Resonatoren oder weitere Verschaltungen von Parallelresonatoren angeordnet sind, umfassen.

15 Figur 4 zeigt eine Filterschaltung ähnlich wie Figur 3, bei der jedoch der erste Kondensator K1 parallel zu einem Parallelresonator RP oder zu einer Verschaltung paralleler Resonatoren VRP angeordnet ist.

20 Figur 5 zeigt eine Filterschaltung ähnlich wie Figur 4, bei der jedoch der erste Kondensator K1 in Serie zu einem Parallelresonator RP oder zu einer Verschaltungen paralleler Resonatoren VRP angeordnet ist.

25 In nicht dargestellten Ausführungsformen beginnt die Filterschaltung mit einem Parallelzweig, während die Figuren 1D bis 6 alle mit einem Serienresonator oder einer Verschaltung von Serienresonatoren beginnt. „Beginnen mit“ bezieht sich dabei auf den Resonator, der dem als Eingang dienenden Filterport am nächsten gelegen ist

30

Figur 6 zeigt eine Filterschaltung, bei der drei Verschaltungen serieller Resonatoren VRS in der Signalleitung SL angeordnet sind. Zwischen je zwei solcher Verschaltungen ist ein

Schaltungsknoten SK vorgesehen, von dem je ein Parallelzweig PZ mit einer darin angeordneten Verschaltung paralleler Resonatoren VRP vorgesehen ist.

5 Zwischen Filtereingang und erster Verschaltung serieller Resonatoren sowie zwischen erster und zweiter Verschaltung serieller Resonatoren sowie zwischen zweiter und dritter Verschaltung serieller Resonatoren ist je ein zweiter Kondensator K2 vorgesehen.

10

Von Schaltungsknoten zwischen je zwei seriellen Verschaltungen von Resonatoren VRS geht jeweils ein Parallelzweig PZ mit einer darin vorgesehenen Verschaltung paralleler Resonatoren VRP gegen Masse ab.

15

Die Indizes  $n$ ,  $o$ ,  $p$ , die den Kaskadierungsgrad der Verschaltung serieller Resonatoren VRS bezeichnen, sind individuell gewählt und können Werte zwischen 1 und 10 annehmen. Die Indizes  $m$ ,  $k$ , die den Kaskadierungsgrad der Verschaltungen paralleler Resonatoren VRP angeben, können ebenfalls Werte zwischen 1 und 10 annehmen. Vorzugsweise wird der Kaskadierungsgrad serieller als auch paralleler Verschaltungen im unteren Bereich des Intervalls gewählt, sodass die entsprechenden Indizes vorzugsweise Werte zwischen 1 und 7, besser zwischen 1 und 5 aufweisen.

20  
25

Figur 7 zeigt eine schematische Darstellung einer realen Filterschaltung, die für eine konkrete Schaltungsumgebung bzw. für bestimmte reale Systemanforderungen ausgelegt ist und die auf eine maximale Reduzierung von Intermodulationsprodukten ausgelegt ist. Die serielle Signalleitung SL weist hier beispielsweise drei Schaltungsknoten SK1, SK2, SK3 auf, von denen jeweils ein Parallelzweig PZ gegen Masse abgezweigt ist.

30

Weiter ist in der Signalleitung nach dem dritten Parallelzweig ein DMS-Filter DMS in Serie geschaltet.

Zwischen dem zweiten und dritten Schaltungsknoten SK2,SK3 ist  
5 eine zweite serielle Verschaltung VRS2 serieller Resonatoren angeordnet. Zwischen DMS-Filter DMS und dem zweiten Filterport FP2 ist ein nicht kaskadierter Serienresonator RS1 vorgesehen.

10 Eine solche Filterschaltung ist beispielsweise auf ein nominales Passband von 2620 bis 2630 MHz ausgelegt. Um dieses erfindungsgemäße Filter, welches Teil einer Filterschaltung ist, mit einem nach der Stand der Technik konstruierten aber sonst möglichst ähnlichen Filter zu vergleichen, wurde ein  
15 Referenzfilter konstruiert, welches einen ersten Parallelzweig mit sieben verschalteten Parallelresonatoren, eine zweifach kaskadierte Verschaltung serieller Resonatoren, einen zweiten Parallelzweig mit zwei parallelen Resonatoren, einen seriellen Resonator, ein DMS-Filter, einen weiteren seriellen Resonator und eine zweifach kaskadierte Verschaltung  
20 zweier paralleler Resonatoren umfasst.

Im Vergleich des erfindungsgemäßen Filters gemäß Figur 7 und dem eben beschriebenen Referenzfilter zeigt sich, dass Lage  
25 und Bandbreite des Passbands in beiden Filtern praktisch gleich ist. Für das erfindungsgemäße Filter zeichnen sich minimale Verschlechterungen bezüglich der Einfügedämpfung im Passband ab, dazu eine etwas verschlechterte Dämpfung im nahen Stopband. Auch die Matrixparameter S11 und S22, die das  
30 Stehwellenverhältnis VSWR angeben, zeigen leicht verschlechterte Werte auf.

Ein beim Referenzfilter störendes Intermodulationsprodukt dritter Ordnung, welches bei einer Frequenz von 2690 MHz auftritt, wird dagegen mit dem erfindungsgemäßen Filter um mehr als 10 dB reduziert. Da ansonsten die Filtereigenschaften praktisch unverändert bzw. nur unwesentlich verschlechtert sind, die Unterdrückung der Intermodulationsprodukte dagegen stark verbessert ist, zeigen sich deutlich die Vorteile, die mit der Erfindung erreicht werden. Der Erfolg der Erfindung kann auch daran ersehen werden, dass eine vergleichbare Reduzierung von Intermodulationsprodukten bei einem Filter nach dem Stand der Technik ohne zugeschaltete erfindungsgemäße Kondensatoren erst mit einem Kaskadierungsgrad 13 für den ersten Parallelresonator erreicht wird. Ein so hoher Kaskadierungsgrad ist aufgrund der enormen zusätzlich notwendigen Fläche außerhalb jeder Diskussion und scheidet für realistische Anwendungen von vornherein aus. Mit der Erfindung kann das gleiche Ergebnis auf wesentlich geringerer Fläche erzielt werden.

Figur 8 zeigt, wie mit einem wie in Figur 7 dargestellten Filter das Auftreten bzw. Verschwinden von störenden Intermodulationsprodukten in einfacher Weise nachgewiesen werden kann. Dazu wird beispielsweise an den Eingang des Filters von Figur 7 ein erster Störton in einem bestimmten Frequenzbereich  $f_1$  und einer Stärke von 10 dBm angelegt. Eine zweite Störfrequenz wird über einen Frequenzbereich  $f_2$  von 2500 bis 2570 MHz variiert und ebenfalls an den Filtereingang angelegt. Die Leistung dieses zweiten Störsignals beträgt 5 dBm.

Laut einer beispielhaften Systemanforderung muss ein Intermodulationsprodukt dritter Ordnung bei einer konstanten Frequenz  $f_{\text{IMD}} = 2690 \text{ MHz} = 2 \cdot f_2 - f_1$  bewertet werden. In der Figur 8 dargestellt ist ein erster Graph G1, der mit dem oben be-

schriebenen Verfahren an einem Filter gemäß Figur 7 gemessen wurde. Ein zweiter Graph G2 zeigt ein mit dem gleichen Verfahren getestetes vergleichbares Filter, das aber ohne den ersten Kondensator im ersten Parallelzweig ausgeführt ist. In der Figur ist die Dämpfung entsprechender Intermodulationsprodukte dritter Ordnung über der Frequenz aufgetragen.

Die Figur 8 zeigt, dass der Graph G1 für das erfindungsgemäße Filter gegenüber dem zweiten Graph G2 eine um 10 dB verbesserte Unterdrückung des entstehenden Intermodulationsproduktes aufweist, insbesondere bei der kritischen Frequenz von 2570 MHz, bei der das Intermodulationsprodukt am größten ist. Ein dritter Graph G3 zeigt das Verhalten einer Filteranordnung, die ebenfalls ohne ersten Kondensator im ersten Parallelzweig ausgeführt ist, bei der aber die Anzahl der kaskadierten Parallelresonatoren so lange erhöht wurde, bis dieselbe Unterdrückung von Intermodulationsprodukten bei der betrachteten Frequenz von 2570 MHz erreicht ist. Es zeigt sich, dass dies erst mit einem Kaskadierungsgrad 13, also einer Serienverschaltung von 13 Parallelresonatoren der Fall ist.

Gegenüber dem erfindungsgemäßen Filter mit vier kaskadierten Parallelresonatoren im ersten Parallelzweig bedeutet dies eine wesentliche Reduzierung der erforderlichen Filterfläche. So habe das beschriebene Referenzfilter einen relativen akustischen Flächenbedarf von 1,0. Das erfindungsgemäße Filter hat dann einen relativen akustischen Flächenbedarf von 1,6. Das Filter mit dem Kaskadierungsgrad 13 (entspricht Graph G3 in Fig. 8) hat dagegen einen relativen akustischen Flächenbedarf von 2,8. Gegenüber dem erfindungsgemäßen Filter als Referenz entspricht dies einem um den Faktor 1,8 erhöhten relativen akustischen Flächenbedarf. Oder noch anders gesagt wird

mit der Erfindung bei gleicher Unterdrückung der betrachteten  $f_{\text{IMD}}$  eine Flächeneinsparung an akustischer Fläche um den Faktor 1,8 erzielt.

5 Es ist zu erwarten, dass in einer Filterschaltung auch mehr als zwei starke Störsignale vorkommen können. Die Standardisierung geht in eine Richtung, dass man z.B. mit bis zu vier gleichzeitig auftretenden starken Sendesignalen bei vier verschiedenen Frequenzen in einem Smartphone rechnen muss (2 x  
10 Cellular, 2 x WLAN). Dadurch kann dann eine Vielzahl weiterer möglicher nichtlinearer Mischprodukte entstehen, deren Frequenz in Empfangsbänder liegen und somit die Empfangsempfindlichkeit stark reduzieren können. Auch diese Vielzahl möglicher nichtlinearer Mischprodukte kann mit der Erfindung deutlich  
15 unterdrückt werden, die damit für alle diese Fälle ein Filter mit verbesserter Empfangsempfindlichkeit bereit stellt.

Wie bereits eingangs erwähnt, muss eine Veränderung im Kaskadierungsgrad mit einer Anpassung der statischen Kapazität der  
20 kaskadierten Resonatoren ausgeglichen werden. Für ein erfindungsgemäßes Filter wie beispielsweise in Figur 7 dargestellt, welches im ersten Parallelzweig vier in Serie geschaltete Parallelresonatoren und einen ersten Kondensator K1  
25 aufweist, gilt, dass alle Resonatoren einer seriellen Verschaltung (Kaskade) von Serien- oder Parallelresonatoren vorteilhaft die gleiche statische Kapazität  $C_{S,R}$  aufweisen.

Allgemein gilt: Werden  $m$  Resonatoren in Kaskade geschaltet so  
30 beträgt die statische Gesamtkapazität  $C_{S,R,ges}$  der Kaskade  $C_{S,R,ges} = C_{S,R} / m$ . Ein dazu in Reihe geschalteter Kondensator  $K$  sollte dann ein Kapazität  $C_K$

$$C_K = a * C_{S,R,ges}$$

aufweisen, wobei  $a$  größer gleich 1 zu wählen ist.

Die Kapazität  $C_{S,gesamt}$  aus Kaskade und Kondensator beträgt dann

$$C_{S,gesamt} = C_K / (a+1)$$

5

Für die Ausführungen, bei denen ein Kondensator parallel zu einer Kaskade von  $m$  Resonatoren mit je einer statischen Kapazität  $C_{S,R}$  geschaltet wird, ergibt sich die statische Gesamtkapazität  $C_{S,R,ges}$  der Kaskade wieder zu  $C_{S,R} / m$ .

10 Ein parallel dazu geschalteter Kondensator  $K$  sollte dann eine Kapazität  $C_K = b * C_{S,R,ges} = b/m * C_{S,R}$  aufweisen, wobei auch  $b$  größer gleich 1 zu wählen ist.

Die Kapazität  $C_{S,gesamt}$  aus Kaskade und dazu parallelem Kondensator beträgt dann

15

$$C_{S,gesamt} = C_K * (1+b) / b$$

Zur Bemessung der Kapazitäten in einem erfindungsgemäßen Filter können zwei allgemeine Fälle A und B unterschieden werden, für die unterschiedliche vorteilhafte Bemessungen gelten.

20

Im Fall A beginne das Filter mit in Kaskade VRS geschalteten seriellen Resonatoren und einem dazu in Serie oder parallel geschalteten zweiten Kondensator  $K_2$ . Auch der anschließende erste Parallelzweig  $PZ_1$  umfasst eine Kaskade  $VRP_1$  von Resonatoren, die in Serie oder parallel zu einem ersten Kondensator  $K_1$  geschaltet sind. Im Serienzweig sind weitere in Kaskade VRS2 geschaltete serielle Resonatoren vorhanden. Zumindest ein weiterer Parallelzweig  $PZ$  umfasst eine weitere Kaskade  $VRP_2$  von Resonatoren.

25

30

- Die Gesamtkapazitäten aller Parallelzweige des Laddertype-Filters oder -Unterfilters, ob mit oder ohne verschaltetem Kondensator, sind vorteilhaft ungefähr gleich groß zu wählen. Eine Ausnahme bildet dabei nur der letzte Parallelzweig am
- 5 zweiten Filterport FP2, bzw. dem Filterausgang. Der letzte Parallelzweig kann ein abschließender Parallelzweig sein. Dann folgt - in Signalrichtung gesehen - auch kein akustisches Element im Serienzweig mehr.
- 10 Die Gesamtkapazität der mit einem zweiten Kondensator verschalteten ersten Kaskade serieller Resonatoren inklusive Kondensator wird dann vorteilhaft ungefähr doppelt so hoch bemessen wie die Gesamtkapazität weiterer Kaskaden VRS2 im Serienzweig. Eine Ausnahme bildet dabei nur der letzte Seri-
- 15 enresonator am zweiten Filterport FP2, bzw. dem Filterausgang. Der letzte Serienresonator kann ein abschließender Serienresonator sein. Dann folgt - in Signalrichtung gesehen - auch kein akustisches Element in einem Parallelzweig mehr.
- 20 Im Fall B beginne das Filter mit einem Parallelzweig, der eine Kaskade VRP1 von Resonatoren, die in Serie oder parallel zu einem ersten Kondensator K1 geschaltet sind, umfasst. Danach folgen im Serienzweig in Kaskade VRS geschaltete serielle Resonatoren und einem dazu in Serie oder parallel geschal-
- 25 teten Kondensator K2. Im Serienzweig sind noch weitere in Kaskade VRS2 geschaltete serielle Resonatoren vorhanden. Zumindest ein weiterer Parallelzweig PZ umfasst eine Kaskade VRP2 von Resonatoren.
- 30 In diesem Fall gilt, dass die Gesamtkapazitäten aller Kaskaden des Laddertype-Filters oder -Unterfilters (mit oder ohne zweitem Kondensator) im Serienzweig ungefähr gleich zu wählen sind. Eine Ausnahme bildet dabei nur der letzte oder ab-

schließende Serienresonator am zweiten Filterport FP2, bzw. dem Filterausgang. Die Gesamtkapazität der mit einem ersten Kondensator verschalteten ersten Kaskade paralleler Resonatoren VRP1 (inklusive Kondensator K1) wird dann vorteilhaft ungefähr halb so hoch bemessen wie die Gesamtkapazität weiterer Kaskaden VRP2 im Parallelzweig. Eine Ausnahme bildet dabei nur der letzte oder abschließende Parallelzweig am zweiten Filterport FP2, bzw. dem Filterausgang.

## Begriffs- und Bezugszeichenliste

	F1	erstes Filter
	FP1	erster Filterport, z.B. Filtereingang
5	FP2	zweiter Filterport, z.B. Filterausgang
	G1	erster Graph
	G2	zweiter Graph
	G3	dritter Graph
	K1	erster Kondensator, im Parallelzweig
10	K2	zweiter Kondensator, im seriellen Signalpfad
	LP	Induktivität im Parallelzweig
	LS	Induktivität im Signalpfad
	PZ	Parallelzweig
	RP	Resonatoren im Parallelzweig
15	RS	Resonatoren im seriellen Signalpfad
	SK	Schaltungsknoten im Serienzweig, verbunden mit
	SL	serieller Signalpfad, verbindet
	VRP	Verschaltungen von Resonatoren im Parallelzweig
	VRS	Verschaltungen von Resonatoren im seriellen Signalpfad

## Patentansprüche

## 1. Filterschaltung

mit einem ersten Filter (F1),

- 5 - bei dem ein serieller Signalpfad (SL) einen ersten Filterport (IN) mit einem zweiten Filterport (OUT) verbindet,
- bei dem im seriellen Signalpfad Schaltungsknoten (SK) angeordnet sind, die über je einen Parallelzweig (PZ) mit einem Festpotential verbunden sind
- 10 - bei dem im Serienzweig und den Parallelzweigen Resonatoren (RS,RP) oder Verschaltungen (VRS, VRP) von Resonatoren angeordnet sind
- bei dem der erste Parallelzweig (PZ1), der dem Filtereingang (IN) am nächsten angeordnet ist, einen
- 15 Parallelresonator oder eine Serienverschaltung von mehreren Parallelresonator umfasst
- bei dem im Signalpfad (SL) und dem Filtereingang (IN) am nächsten angeordnet ein erster Serienresonator oder eine erste Serienverschaltung von mehreren Serienresonatoren
- 20 umfasst,
- bei dem ein erster Kondensator (K1) in Serie oder parallel zum ersten Parallelzweig (PZ1) und/oder ein zweiter Kondensator (K2) in Serie oder parallel zum ersten Serienresonator oder zur ersten Serienverschaltung von
- 25 mehreren Serienresonatoren verschaltet ist.

## 2. Filterschaltung nach Anspruch 1,

bei der die Resonatoren als mit akustischen Wellen arbeitende Resonatoren ausgelegt sind.

3. Filterschaltung nach Anspruch 1 oder 2,  
bei der die Verschaltung von Resonatoren im ersten  
Parallelzweig eine Serienverschaltung von 1 bis 8 Resonatoren  
umfasst.

5

4. Filterschaltung nach einem der Ansprüche 1 - 3,  
bei der sowohl im seriellen Signalpfad zwischen dem ersten  
seriellen Resonator oder der ersten Verschaltung (VRS1) von  
seriellen Resonatoren (RS) und dem ersten Filterport (FP1)  
10 oder parallel dazu ein zweiter Kondensator (K2) verschaltet  
ist,

bei der ein erster Kondensator (K1) in Serie oder parallel zu  
dem ersten Parallelresonator (RP1) oder der ersten  
Verschaltung (VRP1) von Parallelresonatoren im ersten  
15 Parallelzweig (PZ1) verschaltet ist.

5. Filterschaltung nach einem der Ansprüche 1 - 4,  
bei der das erste Filter (F1) ein Sende- oder Empfangsfilter  
ist,

20 bei der die Filterschaltung außerdem einen oder mehrere  
Empfangs- oder Sendezweige umfasst, die mit dem ersten oder  
zweiten Filterport (FP1,FP2) gekoppelt sind,  
bei der die Sendezweige zum Senden in unterschiedlichen  
Sendebändern und die Empfangszweige zum Empfangen in  
25 unterschiedlichen Empfangsbändern ausgelegt sind.

6. Filterschaltung nach einem der Ansprüche 1 - 5,  
bei der das erste Filter (F1) ein Empfangsfilter oder ein  
Sendefilter eines Duplexers ist.

30

7. Filterschaltung nach einem der Ansprüche 1 - 6,  
- bei der das Filter mit einem Serienresonator oder einer  
Verschaltung (VRS1) von seriellen Resonatoren (RS) beginnt,

zu dem oder der ein zweiter Kondensator (K2) in Serie oder parallel geschaltet ist,

- bei der die Parallelzweige jeweils die gleiche Gesamtkapazitäten aufweisen, die sich aus der Kapazität der

5 Verschaltung von Parallelresonatoren und der des parallel oder in Reihe dazu geschalteten Kondensators ergibt

- bei der der in der Signalleitung letzte oder abschließende Parallelzweig von dieser Regelung der Gesamtkapazitäten ausgenommen sein kann.

10

8. Filterschaltung nach einem der Ansprüche 1 - 6,

- bei der das Filter mit einem ersten Parallelzweig (PZ1) beginnt, in dem ein Parallelresonator oder eine Verschaltung (VRP1) von Parallelresonator in Serie oder parallel zu einem

15 ersten Kondensator (K1) geschaltet ist,

- bei der die Serienresonatoren oder die Verschaltung (VRS) von seriellen Resonatoren (RS) jeweils die gleiche Gesamtkapazitäten aufweisen, die sich aus der Kapazität der

Verschaltung von Serienresonatoren und der des parallel oder

20 in Reihe dazu geschalteten zweiten Kondensators (K2) ergibt

- bei der der in der Signalleitung letzte oder abschließende Serienresonator oder die letzte oder abschließende

Verschaltung von Serienresonatoren von dieser Regelung der Gesamtkapazitäten ausgenommen sein kann.

25

9. Filterschaltung nach einem der Ansprüche 1 - 8,

bei der vor dem ersten Resonator, nach dem letzten Resonator und zwischen allen im Signalpfad (SL) angeordneten

Resonatoren und Verschaltungen von Resonatoren jeweils ein

30 zweiter Kondensator (K2) angeordnet ist.

10. Filterschaltung nach einem der Ansprüche 1 -9,  
bei dem ein DMS Filter (DMS) im Signalpfad (SL) in Serie  
verschaltet ist.

- 5 11. Filterschaltung nach einem der Ansprüche 1 - 10,  
ausgebildet als ein Chipbauelement,  
- bei dem die Resonatoren als SAW Eintorresonatoren  
ausgebildet sind,  
- bei dem die Resonatoren auf einem gemeinsamen Chip  
10 angeordnet sind  
- bei dem der oder die ersten und/oder zweiten Kondensatoren  
(K1,K2) auf dem Chip als Plattenkondensatoren realisiert  
sind, die jeweils zwei gegenüber einer Leiterbahn flächig  
ausgeformte Kondensatorelektroden und eine dazwischen  
15 angeordnete Dielektrikumsschicht aufweisen,  
- bei dem die Dielektrikumsschicht zusammen mit einer  
weiteren Funktionsschicht des Chipbauelements in einem  
gemeinsamen Herstellungsschritt erzeugt sind und daher das  
gleiche Material und die gleiche Schichtdicke aufweisen  
20 - bei dem die untere Elektrode des Kondensators aus der  
Metallisierung des Eintorresonators gebildet ist  
- bei dem die obere Elektrode des Kondensators zusammen mit  
einer Padaufdickung ausgebildet ist, die über einem  
Anschlusspad des Filters erzeugt ist.

25

12. Filterschaltung nach Anspruch 11,  
bei dem die Dielektrikumsschicht zwischen den  
Kondensatorelektroden zusammen mit eine Isolationsschicht  
erzeugt ist, die zur Isolation zwischen sich kreuzenden  
30 Leiterbahnabschnitten der Filterschaltung eingesetzt ist.

13. Filterschaltung nach Anspruch 11,  
bei dem als Dielektrikumsschicht zwischen den  
Kondensatorelektroden eine ganzflächig aufgebraachte Schicht  
zur Verminderung des Temperaturkoeffizienten der

5 Filterschaltung dient, die ein Material mit positivem  
Temperaturkoeffizienten seiner mechanischen Eigenschaften  
insbesondere der Steifigkeit aufweist, wobei im Bereich der  
Kondensatoren abschließend die obere Kondensatorelektrode  
über der Dielektrikumsschicht aufgebracht wird.

10

14. Filterschaltung nach einem der Ansprüche 1 - 10,  
bei dem die Kondensatoren nicht auf einem die  
Laddertypeschaltung des ersten Filters tragenden Chip  
angeordnet sind, sondern in eine LTCC oder in ein Laminat  
15 integriert sind oder als externe diskrete Kondensatoren  
ausgeführt sind.

15. Filterschaltung nach einem der Ansprüche 1 - 14,  
bei der die Verschaltung mehrerer Resonatoren kaskadierte  
20 Resonatoren umfasst,  
bei der der Kaskadierungsgrad der Resonatoren in der  
Filterschaltung mit zunehmender Entfernung vom Filtereingang  
abnimmt.

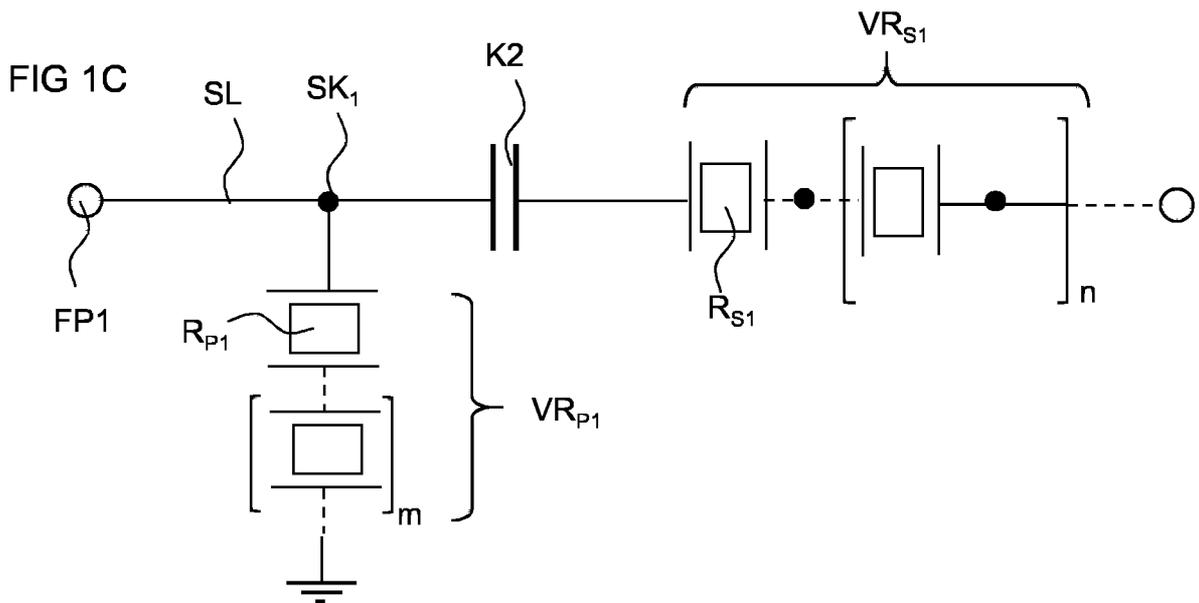
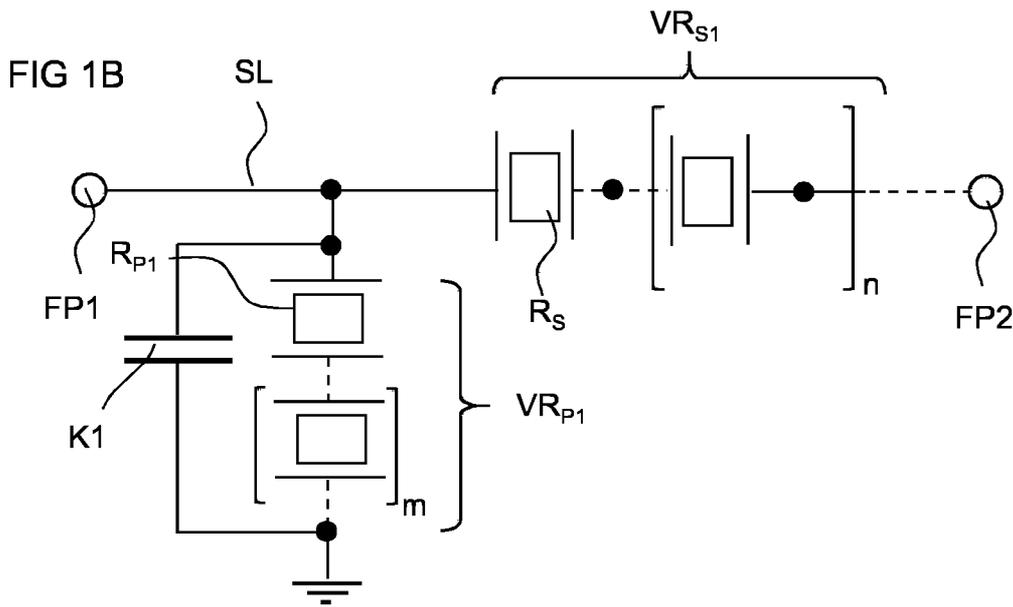
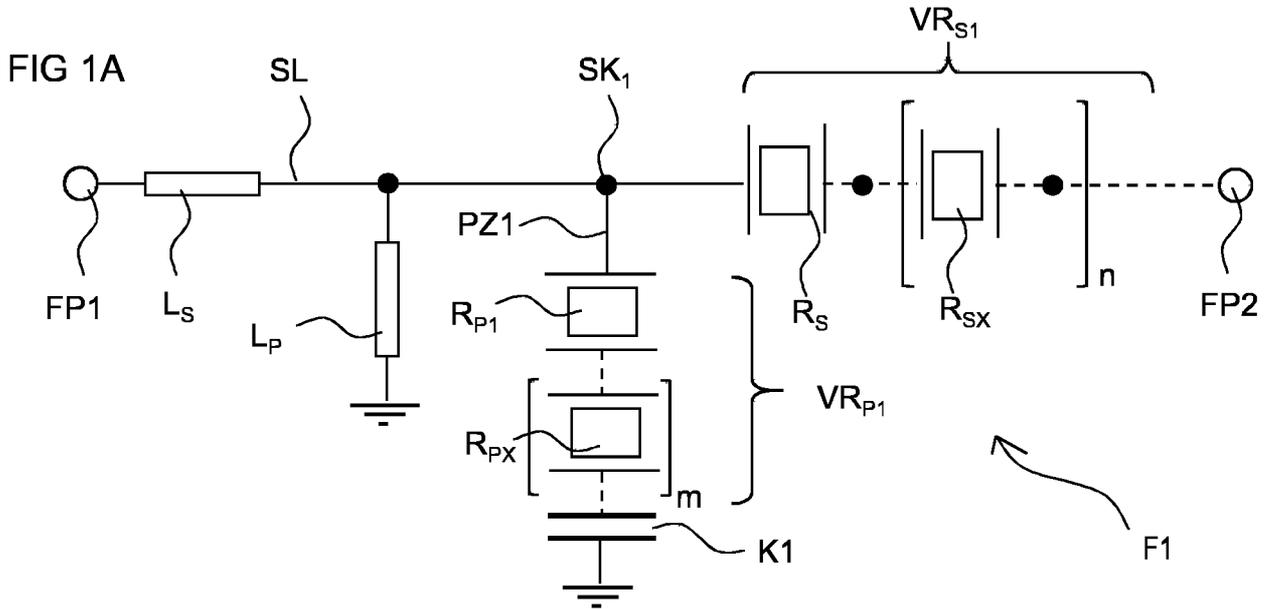


FIG 1D

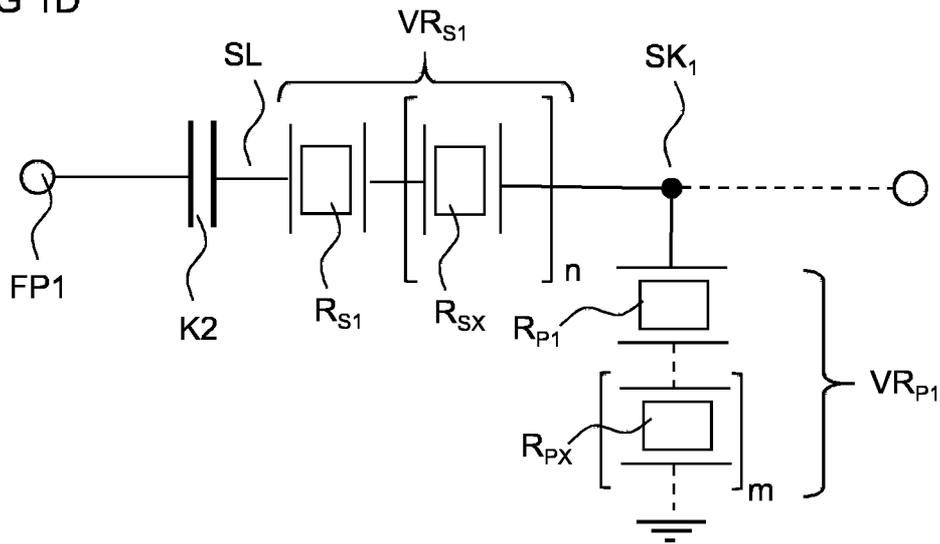
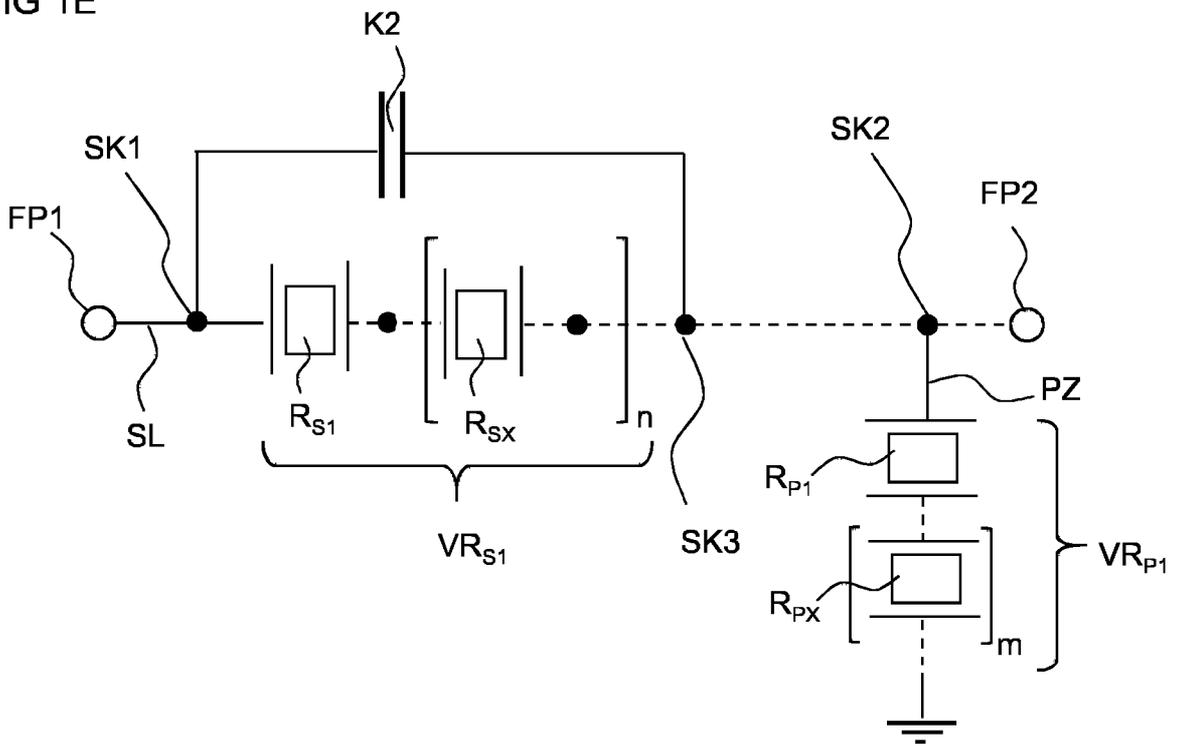


FIG 1E



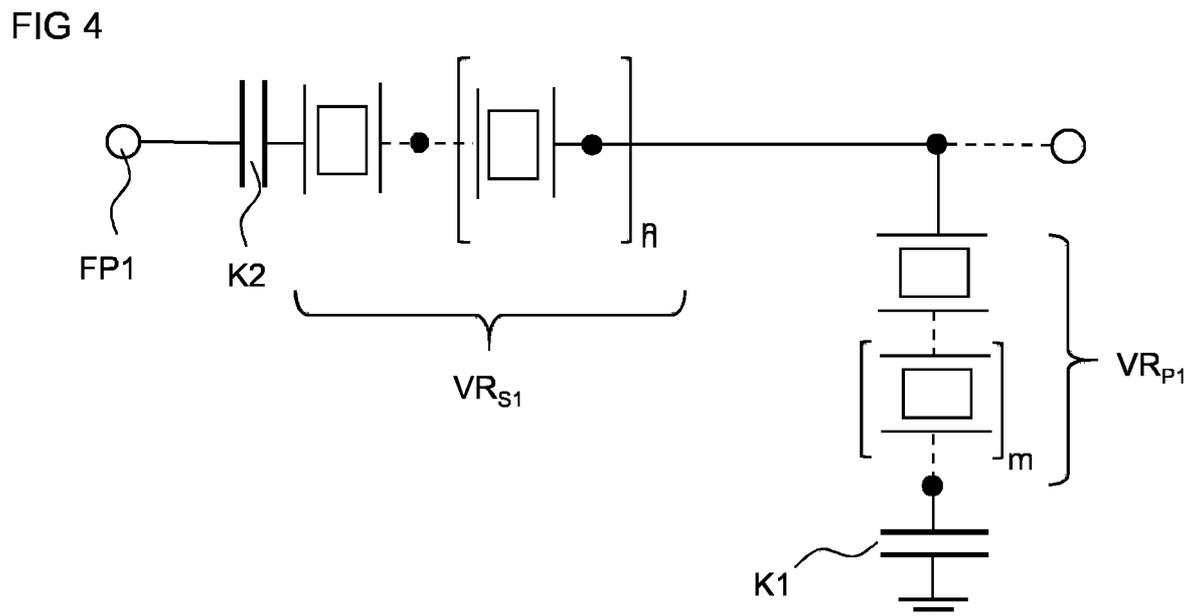
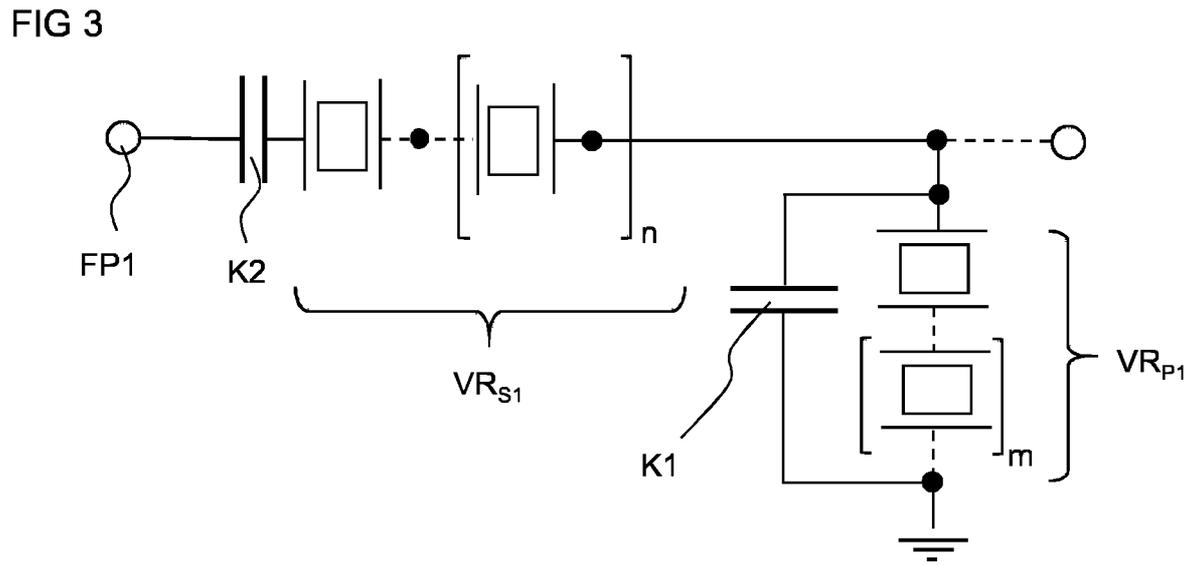
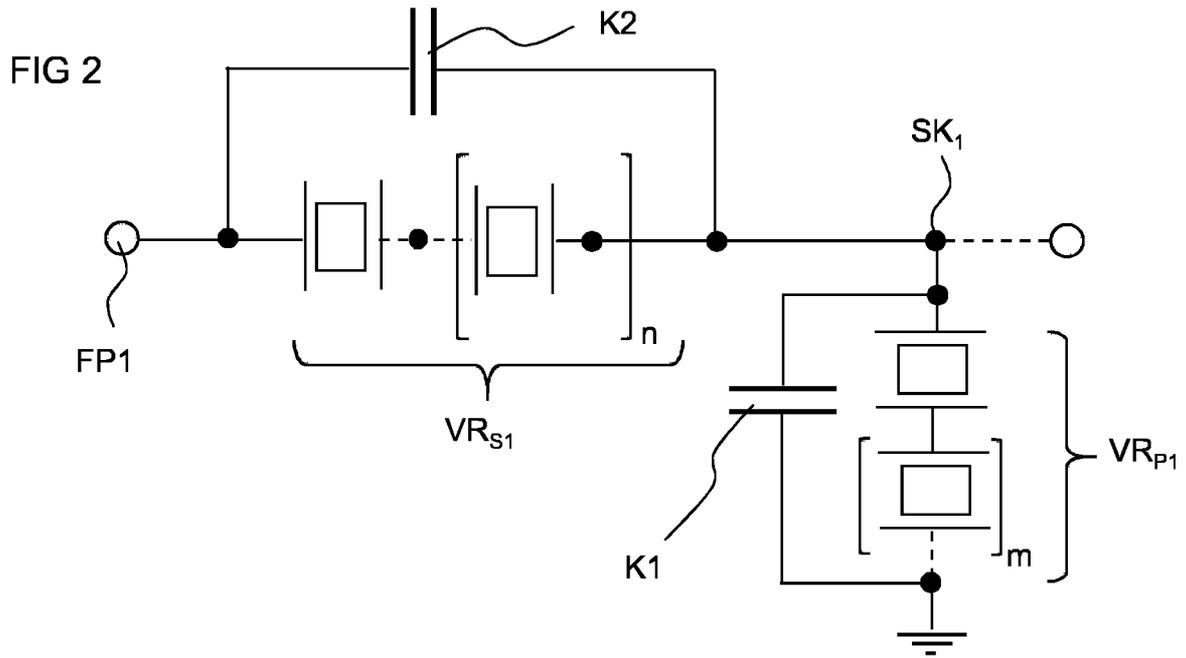


FIG 5

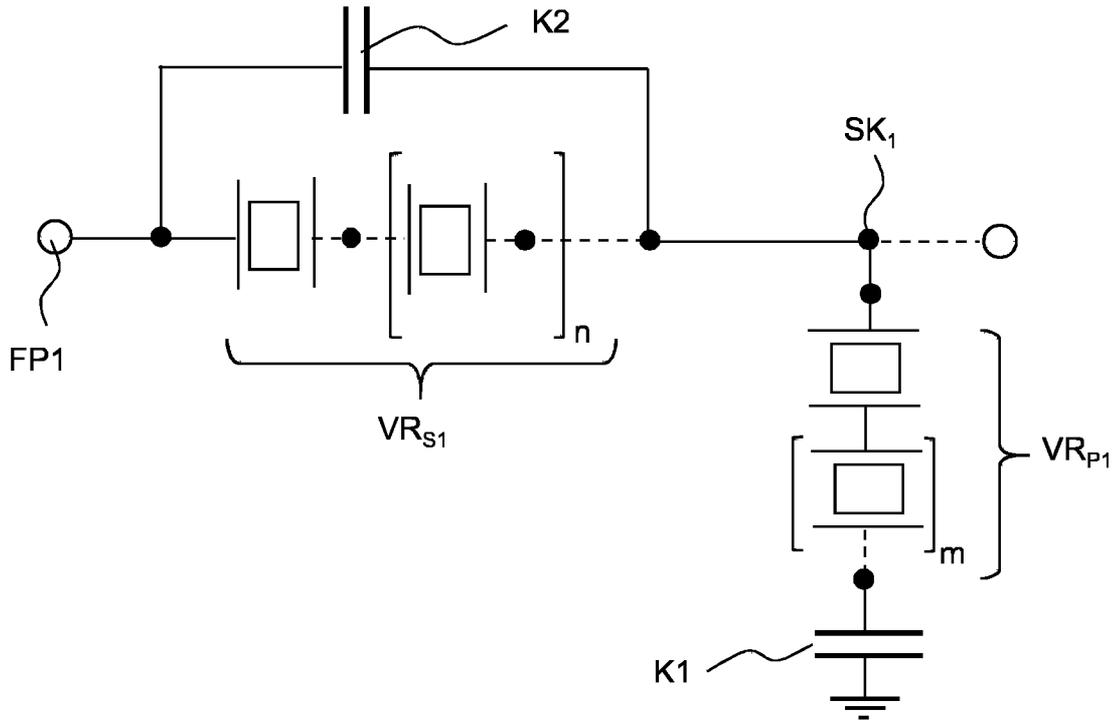
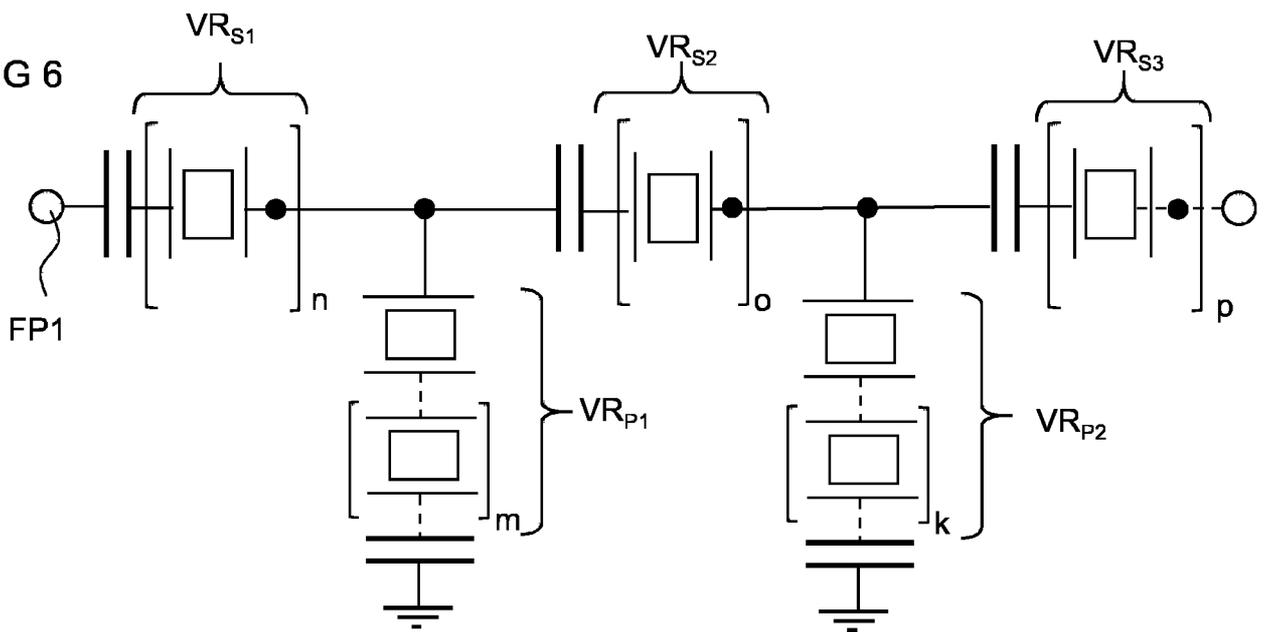
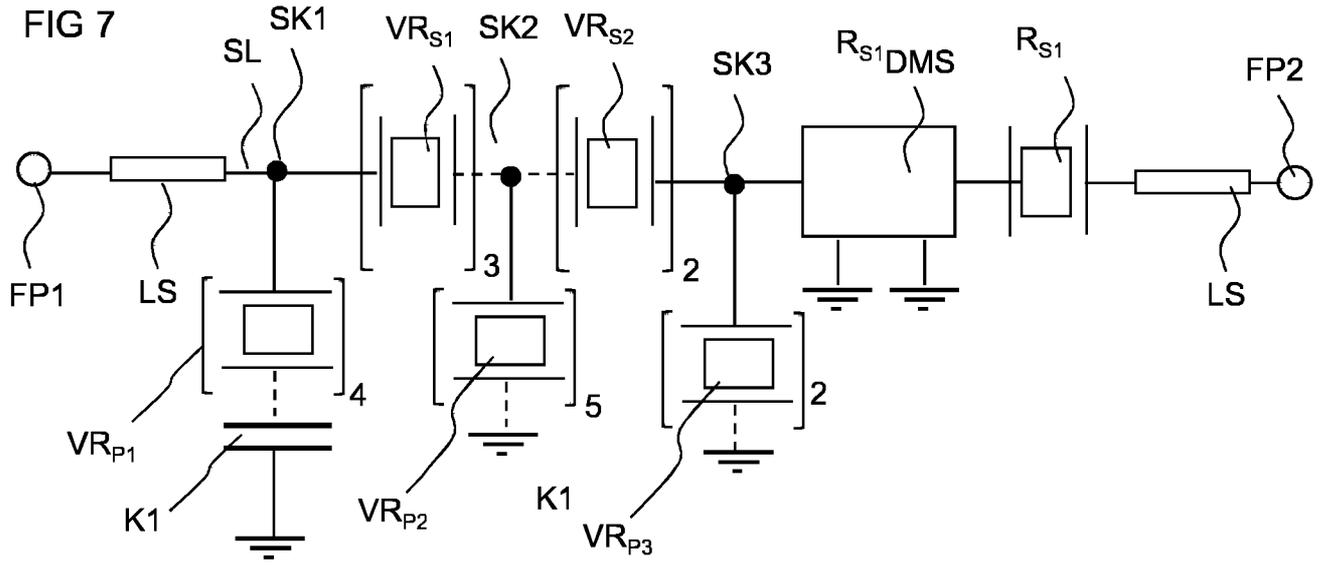


FIG 6





**FIG 8**

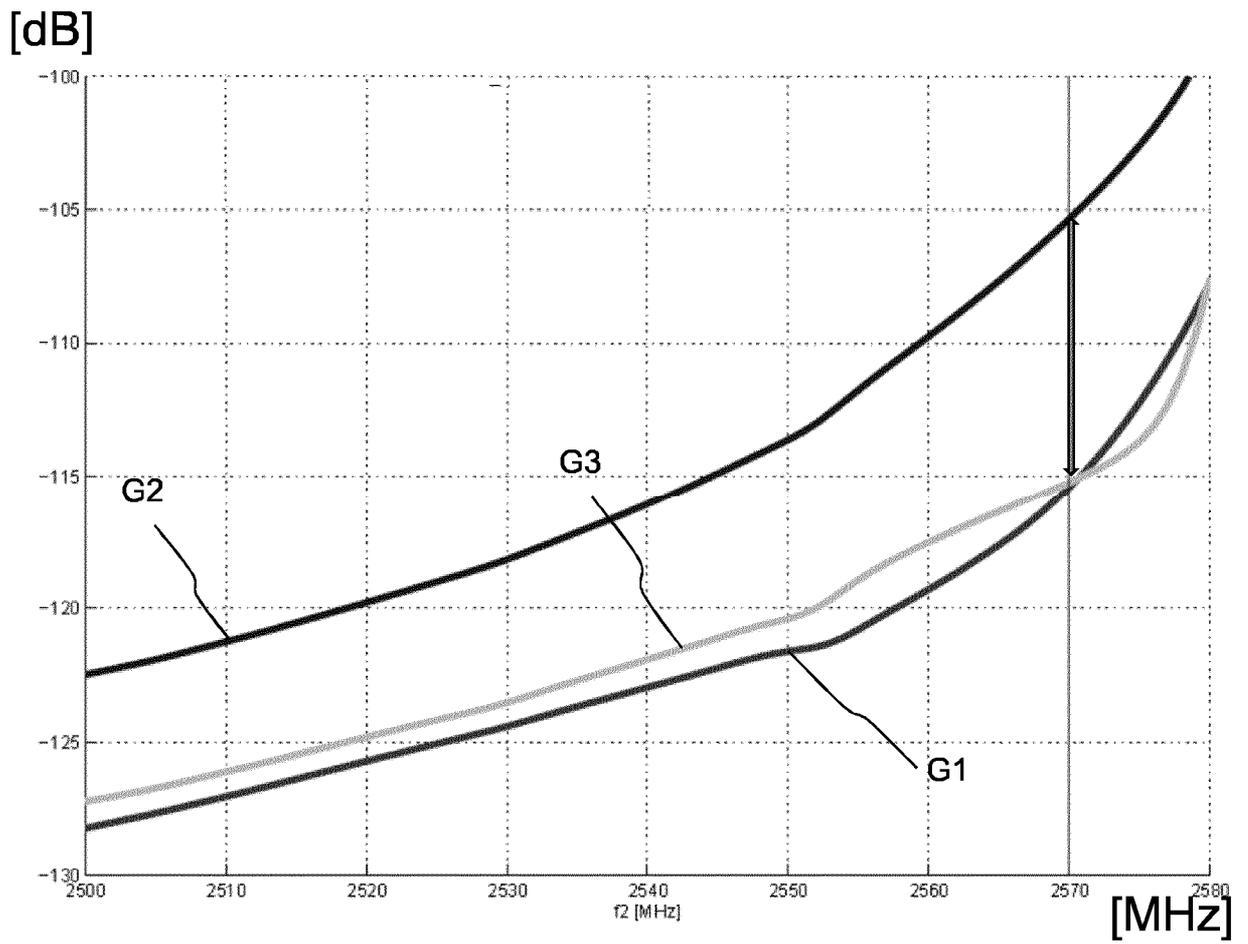
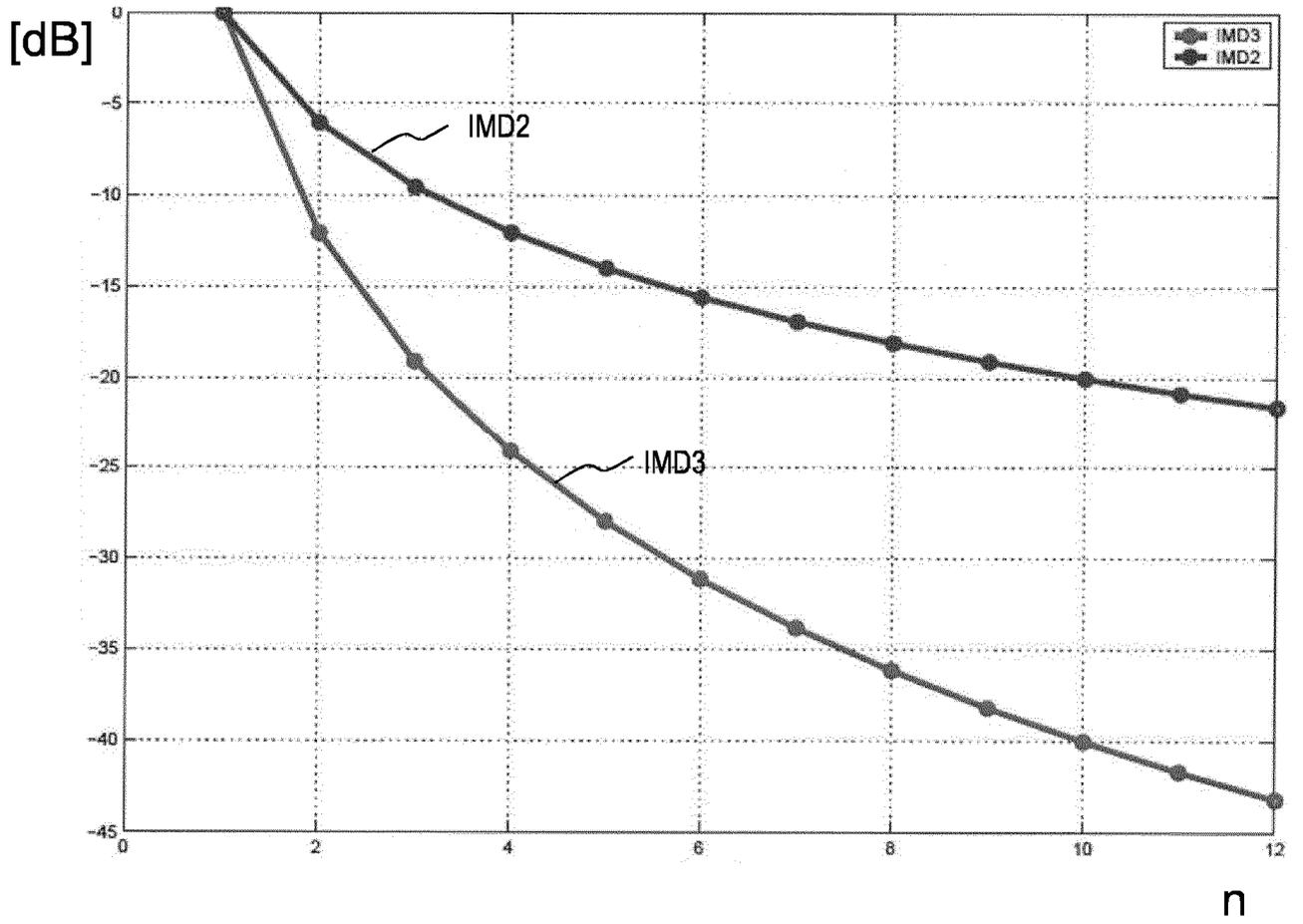


FIG 9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2015/068064

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

- 1.  Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
- 2.  Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
- 3.  Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

See additional sheet

- 1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
- 2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
- 3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
- 4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:  
**1-10, 14, 15**

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2015/068064

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. H03H9/54 H03H9/56 H03H9/60 H03H9/64  
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	EP 1 478 091 A2 (TDK CORP [JP]) 17 November 2004 (2004-11-17)	1-3,5-8
Y	paragraph [0053] - paragraph [0061];	10,15
A	figure 4 paragraph [0083] - paragraph [0084]; figure 14	4,9,14
X	----- WO 2010/100148 A1 (EPCOS AG [DE]; LINK ANDREAS [DE]; MARKSTEINER STEPHAN [DE]) 10 September 2010 (2010-09-10)	1-3,5-7, 14
Y	abstract	10,15
A	page 11, line 1 - page 12, line 6; figures 2, 3 page 12, line 8 - line 20; figure 4 page 19, line 22 - line 26 ----- -/--	4,8,9

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 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  26 October 2015	Date of mailing of the international search report  12/01/2016
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  Trafidlo, Renata

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2015/068064

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	EP 2 141 805 A2 (MURATA MANUFACTURING CO [JP]) 6 January 2010 (2010-01-06) paragraph [0015] - paragraph [0028]; figure 1	1-3,5-7 10,15 4,8,9,14
X Y A	----- US 8 310 321 B2 (KADOTA MICHIO [JP]) 13 November 2012 (2012-11-13) column 11, line 4 - line 48; figure 1A	1-6 10,15 7-9,14
X Y A	----- US 8 701 065 B1 (SILVER RICHARD N [US] ET AL) 15 April 2014 (2014-04-15) column 5, line 53 - column 6, line 35; figure 1 column 6, line 51 - line 55 column 10, line 16 - column 11, line 32; figures 5 - 7	1-3,5,6, 9 10,15 4,7,8,14
Y A	----- EP 1 209 807 A2 (NOKIA CORP [FI]) 29 May 2002 (2002-05-29) abstract paragraph [0047] - paragraph [0057]; figures 9 - 11	15 1-9
Y A	----- US 2002/140519 A1 (TAKAYAMA RYOICHI [JP] ET AL) 3 October 2002 (2002-10-03) paragraph [0075]; figures 20 - 22	15 1-9
Y A	----- EP 1 544 997 A2 (FUJITSU MEDIA DEVICES LTD [JP]) 22 June 2005 (2005-06-22) paragraph [0020]; figure 3 paragraph [0022] - paragraph [0026]; figures 5, 6	10,15 1-9
	-----	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/068064

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1478091	A2	17-11-2004	EP 1478091 A2 17-11-2004
			JP 3827232 B2 27-09-2006
			JP 2004343168 A 02-12-2004
			US 2004227587 A1 18-11-2004
-----			
WO 2010100148	A1	10-09-2010	DE 102009011639 A1 16-09-2010
			JP 5439507 B2 12-03-2014
			JP 2012519447 A 23-08-2012
			KR 20110133039 A 09-12-2011
			US 2011316649 A1 29-12-2011
			WO 2010100148 A1 10-09-2010
-----			
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 8310321	B2	13-11-2012	CN 102217194 A 12-10-2011
			DE 112009003528 T5 07-08-2014
			JP 5420564 B2 19-02-2014
			JP 5494842 B2 21-05-2014
			JP 2013066250 A 11-04-2013
			KR 20110084244 A 21-07-2011
			US 2011199168 A1 18-08-2011
			WO 2010058570 A1 27-05-2010
-----			
US 8701065	B1	15-04-2014	CN 104412268 A 11-03-2015
			DE 112014000126 T5 26-02-2015
			GB 2518555 A 25-03-2015
			KR 20150023561 A 05-03-2015
			US 8701065 B1 15-04-2014
			US 2014266510 A1 18-09-2014
			US 2014320236 A1 30-10-2014
			WO 2014149506 A1 25-09-2014
-----			
EP 1209807	A2	29-05-2002	EP 1209807 A2 29-05-2002
			EP 2355345 A1 10-08-2011
			EP 2355346 A1 10-08-2011
			EP 2355347 A1 10-08-2011
			FI 20002585 A 25-05-2002
			JP 3996379 B2 24-10-2007
			JP 4654220 B2 16-03-2011
			JP 2002198777 A 12-07-2002
			JP 2007267405 A 11-10-2007
			US 2002093394 A1 18-07-2002
-----			
US 2002140519	A1	03-10-2002	JP 4352572 B2 28-10-2009
			JP 2001285025 A 12-10-2001
			US 2002140519 A1 03-10-2002
-----			
EP 1544997	A2	22-06-2005	CN 1630187 A 22-06-2005
			EP 1544997 A2 22-06-2005
			JP 4230347 B2 25-02-2009
			JP 2005184566 A 07-07-2005
			KR 20050062402 A 23-06-2005
			US 2005151601 A1 14-07-2005
-----			

The International Searching Authority has found that the international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:

1. Claims 1-10, 14, 15

Filter circuit having a ladder-type filter, which comprises parallel resonators and serial resonators, in which a first capacitor is connected in series or parallel to the first parallel branch and/or a second capacitor is connected in series or parallel to the serial resonator that is arranged closest to the filter inlet or is connected for the serial connection of a plurality of serial resonators; wherein the first filter is a transmission or reception filter; or wherein the filter begins with a serial resonator or a connection of serial resonators, a second capacitor being connected in series or parallel thereto, wherein the parallel branches have in each case the same total capacities, and wherein the last or final parallel branch in the signaling line can be excluded from this control of total capacities; or wherein the filter begins with a first parallel branch, in which a parallel resonator or a connection of parallel resonators is connected in series or parallel to a first capacitor, wherein the serial resonators or the connection of serial resonators have in each case the same total capacities, and wherein the last or final serial resonator in the signaling line or the last or final connection of serial resonators can be excluded from this control of total capacities; or wherein a second capacitor is arranged upstream of the first resonator, downstream of the last resonator and between all the resonators and connections arranged in the signaling path; or wherein a DMS filter is connected in series in the signaling path; or wherein the connection of a plurality of resonators comprises cascaded resonators, wherein the degree of cascading of the resonators in the filter circuit decreases with increasing distance to the filter inlet.

---

2. Claims 11-13

Filter circuit having a ladder-type filter, which comprises parallel resonators and serial resonators, in which a first capacitor is connected in series or in parallel to the first parallel branch and/or a second capacitor is connected in series or in parallel to the serial resonator that is arranged closest to the filter inlet or for the serial connection of a plurality of serial resonators, in which the resonators are designed as SAW one-port resonators, the resonators being arranged on a common chip, the resonator or the first and/or second capacitors being implemented on the chip as plate capacitors which each comprise two capacitor electrodes formed in a planar manner opposite a conductor track and a dielectric layer arranged therebetween, wherein the dielectric layer is produced together with a further functional layer of the chip component in a common production step and have thus the same material and the same layer thickness, the lower electrode of the capacitor being formed by the metallization of the one-port resonator, the upper electrode of the capacitor being formed together with a pad thickening which is produced above a connection path of the filter.

---

**Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)**

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1.  Ansprüche Nr.  
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich
  
2.  Ansprüche Nr.  
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich
  
3.  Ansprüche Nr.  
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

**Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)**

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1.  Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
  
2.  Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.
  
3.  Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.
  
4.  Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:  
1-10, 14, 15

**Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs**

- Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchegebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.
- Die zusätzlichen Recherchegebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.
- Die Zahlung der zusätzlichen Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H03H9/54 H03H9/56 H03H9/60 H03H9/64 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	EP 1 478 091 A2 (TDK CORP [JP]) 17. November 2004 (2004-11-17)	1-3,5-8
Y	Absatz [0053] - Absatz [0061]; Abbildung 4	10,15
A	Absatz [0083] - Absatz [0084]; Abbildung 14	4,9,14
	-----	
X	WO 2010/100148 A1 (EPCOS AG [DE]; LINK ANDREAS [DE]; MARKSTEINER STEPHAN [DE]) 10. September 2010 (2010-09-10)	1-3,5-7, 14
Y	Zusammenfassung	10,15
A	Seite 11, Zeile 1 - Seite 12, Zeile 6; Abbildungen 2, 3 Seite 12, Zeile 8 - Zeile 20; Abbildung 4 Seite 19, Zeile 22 - Zeile 26	4,8,9
	----- -/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
26. Oktober 2015		12/01/2016
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  Trafidlo, Renata

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 2 141 805 A2 (MURATA MANUFACTURING CO [JP]) 6. Januar 2010 (2010-01-06)	1-3,5-7
Y	Absatz [0015] - Absatz [0028]; Abbildung 1	10,15
A		4,8,9,14
	-----	
X	US 8 310 321 B2 (KADOTA MICHIO [JP]) 13. November 2012 (2012-11-13)	1-6
Y	Spalte 11, Zeile 4 - Zeile 48; Abbildung	10,15
A	1A	7-9,14
	-----	
X	US 8 701 065 B1 (SILVER RICHARD N [US] ET AL) 15. April 2014 (2014-04-15)	1-3,5,6,9
Y	Spalte 5, Zeile 53 - Spalte 6, Zeile 35;	10,15
A	Abbildung 1 Spalte 6, Zeile 51 - Zeile 55 Spalte 10, Zeile 16 - Spalte 11, Zeile 32; Abbildungen 5 - 7	4,7,8,14
	-----	
Y	EP 1 209 807 A2 (NOKIA CORP [FI]) 29. Mai 2002 (2002-05-29)	15
A	Zusammenfassung Absatz [0047] - Absatz [0057]; Abbildungen 9 - 11	1-9
	-----	
Y	US 2002/140519 A1 (TAKAYAMA RYOICHI [JP] ET AL) 3. Oktober 2002 (2002-10-03)	15
A	Absatz [0075]; Abbildungen 20 - 22	1-9
	-----	
Y	EP 1 544 997 A2 (FUJITSU MEDIA DEVICES LTD [JP]) 22. Juni 2005 (2005-06-22)	10,15
A	Absatz [0020]; Abbildung 3 Absatz [0022] - Absatz [0026]; Abbildungen 5, 6	1-9
	-----	

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/068064

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1478091	A2	17-11-2004	EP 1478091 A2 17-11-2004
			JP 3827232 B2 27-09-2006
			JP 2004343168 A 02-12-2004
			US 2004227587 A1 18-11-2004
-----			
WO 2010100148	A1	10-09-2010	DE 102009011639 A1 16-09-2010
			JP 5439507 B2 12-03-2014
			JP 2012519447 A 23-08-2012
			KR 20110133039 A 09-12-2011
			US 2011316649 A1 29-12-2011
			WO 2010100148 A1 10-09-2010
-----			
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 8310321	B2	13-11-2012	CN 102217194 A 12-10-2011
			DE 112009003528 T5 07-08-2014
			JP 5420564 B2 19-02-2014
			JP 5494842 B2 21-05-2014
			JP 2013066250 A 11-04-2013
			KR 20110084244 A 21-07-2011
			US 2011199168 A1 18-08-2011
			WO 2010058570 A1 27-05-2010
-----			
US 8701065	B1	15-04-2014	CN 104412268 A 11-03-2015
			DE 112014000126 T5 26-02-2015
			GB 2518555 A 25-03-2015
			KR 20150023561 A 05-03-2015
			US 8701065 B1 15-04-2014
			US 2014266510 A1 18-09-2014
			US 2014320236 A1 30-10-2014
			WO 2014149506 A1 25-09-2014
-----			
EP 1209807	A2	29-05-2002	EP 1209807 A2 29-05-2002
			EP 2355345 A1 10-08-2011
			EP 2355346 A1 10-08-2011
			EP 2355347 A1 10-08-2011
			FI 20002585 A 25-05-2002
			JP 3996379 B2 24-10-2007
			JP 4654220 B2 16-03-2011
			JP 2002198777 A 12-07-2002
			JP 2007267405 A 11-10-2007
			US 2002093394 A1 18-07-2002
-----			
US 2002140519	A1	03-10-2002	JP 4352572 B2 28-10-2009
			JP 2001285025 A 12-10-2001
			US 2002140519 A1 03-10-2002
-----			
EP 1544997	A2	22-06-2005	CN 1630187 A 22-06-2005
			EP 1544997 A2 22-06-2005
			JP 4230347 B2 25-02-2009
			JP 2005184566 A 07-07-2005
			KR 20050062402 A 23-06-2005
			US 2005151601 A1 14-07-2005
-----			

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1-10, 14, 15

Filterschaltung mit einem Laddertype-Filter, dass Parallelresonatoren und Serienresonatoren umfasst, bei dem ein erster Kondensator in Serie oder parallel zum ersten Parallelzweig und/oder ein zweiter Kondensator in Serie oder parallel zum dem Filtereingang am nächsten angeordneten Serienresonator oder zur Serienverschaltung von mehreren Serienresonatoren verschaltet ist; wobei das erste Filter ein Sende- oder Empfangsfilter ist; oder wobei das Filter mit einem Serienresonator oder einer Verschaltung von seriellen Resonatoren beginnt, zu dem oder der ein zweiter Kondensator in Serie oder parallel geschaltet ist, wobei die Parallelzweige jeweils die gleiche Gesamtkapazitäten aufweisen, und wobei der in der Signalleitung letzte oder abschließende Parallelzweig von dieser Regelung der Gesamtkapazitäten ausgenommen sein kann; oder wobei das Filter mit einem ersten Parallelzweig beginnt, in dem ein Parallelresonator oder eine Verschaltung von Parallelresonator in Serie oder parallel zu einem ersten Kondensator geschaltet ist, wobei die Serienresonatoren oder die Verschaltung von seriellen Resonatoren jeweils die gleiche Gesamtkapazitäten aufweisen, und wobei der in der Signalleitung letzte oder abschließende Serienresonator oder die letzte oder abschließende Verschaltung von Serienresonatoren von dieser Regelung der Gesamtkapazitäten ausgenommen sein kann; oder wobei vor dem ersten Resonator, nach dem letzten Resonator und zwischen allen im Signalpfad angeordneten Resonatoren und Verschaltungen von Resonatoren jeweils ein zweiter Kondensator angeordnet ist; oder wobei ein DMS Filter im Signalpfad in Serie verschaltet ist; oder wobei die Verschaltung mehrerer Resonatoren kaskadierte Resonatoren umfasst, wobei der Kaskadierungsgrad der Resonatoren in der Filterschaltung mit zunehmender Entfernung vom Filtereingang abnimmt.

---

2. Ansprüche: 11-13

Filterschaltung mit einem Laddertype-Filter, dass Parallelresonatoren und Serienresonatoren umfasst, bei dem ein erster Kondensator in Serie oder parallel zum ersten Parallelzweig und/oder ein zweiter Kondensator in Serie oder parallel zum dem Filtereingang am nächsten angeordneten Serienresonator oder zur Serienverschaltung von mehreren Serienresonatoren verschaltet ist, bei dem die Resonatoren als SAW Eintorresonatoren ausgebildet sind, bei dem die Resonatoren auf einem gemeinsamen Chip angeordnet sind, bei dem der oder die ersten und/oder zweiten Kondensatoren auf dem Chip als Plattenkondensatoren realisiert sind, die jeweils zwei gegenüber einer Leiterbahn flächig ausgeformte

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Kondensatorelektroden und eine dazwischen angeordnete Dielektrikumsschicht aufweisen, bei dem die Dielektrikumsschicht zusammen mit einer weiteren Funktionsschicht des Chipbauelements in einem gemeinsamen Herstellungsschritt erzeugt sind und daher das gleiche Material und die gleiche Schichtdicke aufweisen, bei dem die untere Elektrode des Kondensators aus der Metallisierung des Eintonresonators gebildet ist, bei dem die obere Elektrode des Kondensators zusammen mit einer Padaufdickung ausgebildet ist, die über einem Anschlusspad des Filters erzeugt ist.

---