



(10) **DE 10 2018 109 346 B4** 2023.11.09

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 109 346.2**  
(22) Anmeldetag: **19.04.2018**  
(43) Offenlegungstag: **24.10.2019**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **09.11.2023**

(51) Int Cl.: **H03H 9/25** (2006.01)  
**H03H 3/08** (2006.01)  
**H03H 9/02** (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**RF360 Singapore Pte. Ltd., Singapore, SG**

(74) Vertreter:  
**BARDEHLE PAGENBERG Partnerschaft mbB  
Patentanwälte, Rechtsanwälte, 81675 München,  
DE**

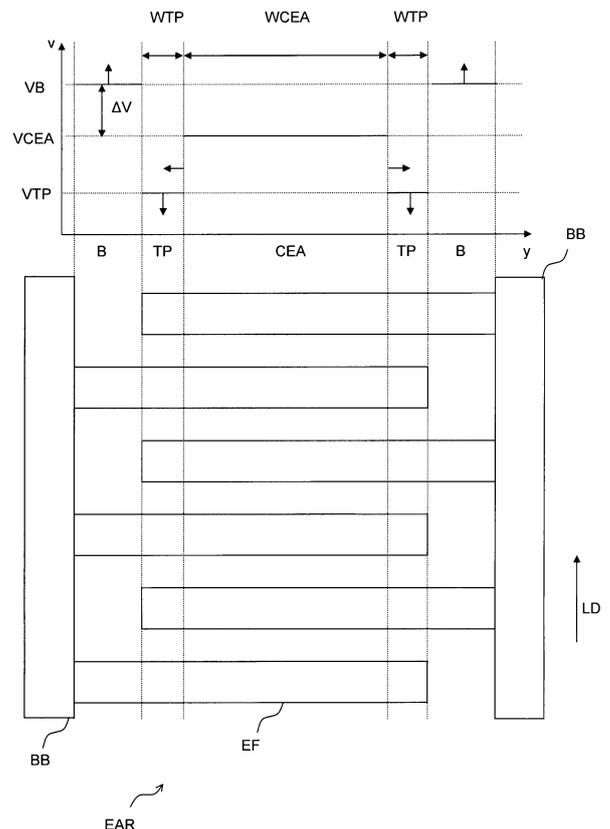
(72) Erfinder:  
**Huck, Christian, Dr., 81927 München, DE; Mayer,  
Markus, Dr., 82024 Taufkirchen, DE**

(56) Ermittelte(r) Stand der Technik:  
**DE 10 2016 105 118 A1**

(54) Bezeichnung: **Elektroakustischer Resonator, HF-Filter mit vergrößerter benutzbarer Bandbreite und Verfahren zur Herstellung eines elektroakustischen Resonators**

(57) Hauptanspruch: Elektroakustischer Resonator für Bandpassfilter mit einer vergrößerten Bandbreite, wobei der Resonator Folgendes umfasst:

- ein piezoelektrisches Material,
- eine Elektrodenstruktur auf dem piezoelektrischen Material,
- einen transversalen akustischen Wellenleiter mit einem zentralen Erregungsbereich, den zentralen Erregungsbereich flankierenden Fallenstreifen und die Fallenstreifen flankierenden Barrierenstreifen, wobei
- die Wellengeschwindigkeit in dem zentralen Erregungsbereich VCEA ist,
- die Wellengeschwindigkeit in den Fallenstreifen VTP ist,
- die Wellengeschwindigkeit in den Barrierenstreifen VB ist, und  $0,5 \leq \Delta V / (\Delta f \cdot \lambda) \leq 1,5$  für eine gewünschte Bandbreite  $\Delta f$  der Transversalmodenunterdrückung und  $\Delta V = \text{abs}(VB - VCEA)$ , wobei  $\lambda$  die Wellenlänge des Resonators ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft elektroakustische Resonatoren, z.B. für HF-Filter für Mobilkommunikationsvorrichtungen, HF-Filter mit einer vergrößerten benutzbaren Bandbreite und Verfahren zur Herstellung solcher Resonatoren.

**[0002]** Elektroakustische Resonatoren verwenden akustische Wellen und weisen ein piezoelektrisches Material und eine an das piezoelektrische Material angebrachte Elektrodenstruktur auf. Elektroakustische Resonatoren können kombiniert werden, um HF-Filter zur Auswahl erwünschter HF-Signale von unerwünschten HF-Signalen aufzubauen. Die Leistungsfähigkeit von HF-Filtern hängt von der Leistungsfähigkeit der elektroakustischen Resonatoren ab. Es ist erwünscht, dass ein HF-Filter in einem Durchlassband einen geringen Einfügungsverlust und außerhalb eines Durchlassbands eine hohe Einfügungsdämpfung aufweist. Ferner wird bevorzugt, dass Durchlassbandflanken zwischen einem Durchlassband und Frequenzbereichen hoher Dämpfung einen steilen Übergang zwischen den Frequenzbereichen aufweisen.

**[0003]** SAW-Resonatoren (SAW = surface acoustic wave = akustische Oberflächenwelle) stellen eine Art von elektroakustischen Resonatoren dar. SAW-Resonatoren weisen verschränkte kammartige Elektrodenstrukturen mit Elektrodenfingern auf, die mit einer von zwei gegenüberliegenden Busschienen verbunden sind, um zwischen HF-Signalen und akustischen Wellen umzuwandeln. Erwünschte Wellenmoden breiten sich entlang der Longitudinalrichtung aus, die in der Oberfläche des entsprechenden piezoelektrischen Materials orientiert ist und die hauptsächlich zu der Erstreckungsrichtung der Elektrodenfinger senkrecht ist. Dementsprechend erstrecken sich die Elektrodenfinger in Richtung der Transversalrichtung. Obwohl sich erwünschte Wellenmoden entlang der Longitudinalrichtung ausbreiten, ist es möglich, dass sich akustische Wellen aufgrund von Wellenbeugung in einer Richtung ausbreiten, die von der Longitudinalrichtung abweicht. Dies kann zu Transversalmoden führen, die die Leistungsfähigkeit eines Resonators verschlechtern.

**[0004]** Zur Verringerung von Verlusten aufgrund von Emission akustischer Wellen in einer Transversalrichtung (d.h. zur Verringerung von Transversalverlusten) ist es möglich, einen akustischen Wellenleiter einzurichten. Gewöhnlich wird ein akustischer Wellenleiter eingerichtet, indem Merkmale, z.B. Transversallücken, an der Oberfläche des piezoelektrischen Materials vorgesehen werden, die sich auf die Ausbreitung akustischer Wellen an der Oberfläche auswirken. Aufgrund von Wellenbeugung ist es jedoch möglich, dass die Erzeugung von Transversalmoden ein Ergebnis eines akustischen Wellenlei-

ters ist, der eingerichtet wurde, um Transversalverluste zu verringern.

**[0005]** Transversalmoden können verringert oder beseitigt werden, wenn eine Kolbenmode (piston mode) verwendet wird. Technische Mittel zum Einrichten einer Kolbenmode sind aus US 2013/0051588 A bekannt: Die Erzeugung eines akustischen Geschwindigkeitsprofils in einer Transversalrichtung unterstützt die Erregung einer Kolbenmode.

**[0006]** Es wurde jedoch festgestellt, dass die in US 2013/0051588 A1 angegebenen Mittel nur in einem bestimmten Frequenzbereich effektiv sind.

**[0007]** Aus der DE 102016105118 A1 sind SAW-Bauelemente mit verringerten Störmoden durch transversale Moden bekannt.

**[0008]** Der Trend zur Verwendung von mehr und mehr Frequenzbereichen und vergrößerten Bandbreiten für drahtlose Kommunikationssysteme verlangt HF-Filter, die Bandpassfilter mit einer größeren Bandbreite bereitstellen.

**[0009]** Somit ist es ferner erwünscht, über ein HF-Filter zu verfügen, das ein Durchlassband mit einer vergrößerten Bandbreite ohne ausgeprägte Welligkeit bereitstellt.

**[0010]** Ein anderes Mittel zum Minimieren von Transversalmoden ist Aperturgewichtung. Aperturgewichtung beseitigt jedoch nicht Transversalmoden, sondern verschmiert Transversalmoden nur.

**[0011]** Es können jedoch geneigte akustische Bahnen verwendet werden. Die Verwendung geneigter akustischer Bahnen führt jedoch auch zu Transversalmoden, deren Effekte lediglich verschmiert werden, die aber nicht beseitigt werden.

**[0012]** Dementsprechend ist es eine Aufgabe, ein HF-Filter mit guter Filterleistungsfähigkeit mit verringerten oder beseitigten Transversalmoden und mit einer vergrößerten Bandbreite bereitzustellen. Ferner werden auch entsprechende elektroakustische Resonatoren zum Einrichten solcher Filter benötigt.

**[0013]** Zu diesem Zweck werden ein elektroakustischer Resonator, ein HF-Filter und ein Verfahren zur Herstellung eines elektroakustischen Resonators gemäß den unabhängigen Ansprüchen bereitgestellt. Abhängige Ansprüche stellen bevorzugte Ausführungsformen bereit.

**[0014]** Der elektroakustische Resonator, der Bandpassfilter mit einer vergrößerten Bandbreite ohne Durchlassbandwelligkeit erlaubt, umfasst ein piezoelektrisches Material und eine Elektrodenstruktur

auf dem piezoelektrischen Material. Ferner besitzt der Resonator einen akustischen Transversal-Wellenleiter mit einem zentralen Erregungsbereich, den zentralen Erregungsbereich flankierenden Fallenstreifen und die Fallenstreifen flankierenden Barrierenstreifen.

**[0015]** Der Resonator weist in dem zentralen Erregungsbereich eine Wellengeschwindigkeit  $V_{CEA}$ , in den Fallenstreifen eine Wellengeschwindigkeit  $V_{TP}$  und in den Barrierenstreifen eine Wellengeschwindigkeit  $V_B$  auf.

**[0016]** Für eine gegebene Frequenzbandbreite  $\Delta f$  der Transversalmodenunterdrückung, eine Geschwindigkeitsdifferenz  $\Delta V = \text{abs}(V_B - V_{CEA})$  und eine Wellenlänge gilt Folgendes:

$$0,5 \leq \Delta V / (\Delta f * \lambda) \leq 1,5$$

wobei  $\Delta V = \text{abs}(V_B - V_{CEA})$  ist.

**[0017]** Ferner ist es möglich, dass  $0,9 \leq \Delta V / (\Delta f * \lambda) \leq 1,1$  oder dass  $\Delta V / (\Delta f * \lambda) = 1$  gilt.

**[0018]** Im Fall einer konvexen Langsamkeit (slowness) entstehen die Transversalmoden über der Resonanzfrequenz, was  $V_B > V_{CEA}$  verlangt, während im Fall einer konkaven Langsamkeit die Transversalmoden unter der Resonanzfrequenz entstehen, was  $V_B < V_{CEA}$  verlangt.

**[0019]** Für eine konvexe und konkave Langsamkeit bestimmt dementsprechend die folgende Bedingung

$$0,5 \leq \Delta V / (\Delta f * \lambda) \leq 1,5$$

die erforderliche Geschwindigkeitsdifferenz  $\Delta V$ , um eine Frequenzbandbreite  $\Delta f$  der Transversalmodenunterdrückung zu erhalten.

**[0020]** In dem elektroakustischen Resonator bezeichnen die Fallenstreifen Bereiche, die sich entlang der Longitudinalrichtung neben Bereichen erstrecken, die sich entlang der Longitudinalrichtung erstrecken und die neben den Fallenstreifen angeordnet sind. Somit ist zwischen einem Barrierenstreifen und dem zentralen Erregungsbereich ein Fallenstreifen angeordnet. Der andere Fallenstreifen ist zwischen dem anderen Barrierenstreifen und dem zentralen Erregungsbereich auf der anderen Seite der akustischen Bahn angeordnet. Die zwei Barrierenstreifen werden durch die Bereiche der Busschienen terminiert.

**[0021]** Somit wird ein Transversal-Geschwindigkeitsprofil bereitgestellt, das vergrößerte Bandbreite ohne Transversalmoden aufgrund der vergrößerten Geschwindigkeitsdifferenz der Geschwindigkeiten

im zentralen Erregungsbereich bzw. in den Barrierenstreifen erlaubt.

**[0022]** Die Ausdrücke „konkave Langsamkeit“ und „konvexe Langsamkeit“ werden z.B. in US 2013/0051588 A1 definiert. Insbesondere hängt die Art der Langsamkeit von dem Anisotropiefaktor ab. Wenn der Anisotropiefaktor  $\gamma$  größer als -1 ist, ist die Langsamkeit eine konvexe Langsamkeit. Wenn der Anisotropiefaktor  $\gamma$  kleiner als -1 ist, ist die Langsamkeit eine konkave Langsamkeit. Der Anisotropiefaktor  $\gamma$  wird auch in US 2013/0051588 A1 definiert.

**[0023]** Für eine gegebene erwünschte Bandbreite definieren somit die obigen Gleichungen die notwendige Geschwindigkeitsdifferenz zwischen der Geschwindigkeit im zentralen Erregungsbereich und der Geschwindigkeit in dem Barrierenstreifen für verschiedene Arten von Substraten.

**[0024]** Dementsprechend können HF-Filter auf der Basis solcher Resonatoren eingerichtet werden, bei denen die Bandbreite so bedarfsgerecht gemacht werden kann, dass derzeitige oder zukünftige Bandbreitenanforderungen erfüllt werden können.

**[0025]** Die entsprechende Bandbreite  $\Delta f$  definiert in diesem Fall die Breite des Frequenzbereichs, in dem durch Transversalmoden verursachte Störungen nicht nur verschmiert oder verringert, sondern beseitigt werden.

**[0026]** Es ist möglich, dass  $\eta_{CEA}$  das Metallisierungsverhältnis im zentralen Erregungsbereich,  $\eta_{TP}$  das Metallisierungsverhältnis in den Fallenstreifen ist und/oder  $\eta_B$  das Metallisierungsverhältnis in den Barrierenstreifen ist. Die Anzahl verschiedener ausgewählter Werte  $\eta_{CEA}$ ,  $\eta_{TP}$  und/oder  $\eta_B$  kann 1, 2 oder 3 sein.

**[0027]** Insbesondere ist es möglich, dass  $\eta_{TP} \neq \eta_{CEA}$  ist.

**[0028]** Das Metallisierungsverhältnis  $\eta$  einer verschränkten kammartigen Elektrodenstruktur wird durch das Verhältnis Fingerbreite/(Fingerbreite plus Distanz zu einem angrenzenden Finger) definiert. Ein höheres Metallisierungsverhältnis  $\eta$  bedeutet, dass Elektrodenfinger für eine gegebene Distanz zwischen Mitten angrenzender Elektrodenfinger dicker sind (ihre Erstreckung entlang der Longitudinalrichtung ist größer). Ein größeres Metallisierungsverhältnis verursacht im Allgemeinen eine größere Massenbelegung der Elektrodenstruktur auf dem piezoelektrischen Material.

**[0029]** Die akustische Geschwindigkeit hängt im Allgemeinen von der Massenbelegung und Steifigkeitsparametern des auf dem piezoelektrischen Material

angeordneten Materials ab. Eine vergrößerte Massenbelegung kann eine verringerte oder vergrößerte akustische Geschwindigkeit verursachen. Auf dem piezoelektrischen Material mit höheren Steifigkeitsparametern, wie etwa dem Elastizitätsmodul, führt abgeschiedenes Material im Allgemeinen zu einer Zunahme der Wellengeschwindigkeit. Bei einer spezifischen Massenbelegung, bei der Massenbelegung über Steifigkeitseinfluss dominiert, verringert weiteres Vergrößern der Massenbelegung die Wellengeschwindigkeit.

**[0030]** Es existieren also im Allgemeinen zwei Mittel zum lokalen Justieren der Wellengeschwindigkeit von sich entlang der Longitudinalrichtung ausbreitenden akustischen Wellen: Vergrößern oder Verringern der lokalen Massenbelegung und Verringern oder Vergrößern von Steifigkeitsparametern von auf dem piezoelektrischen Material angeordnetem Material.

**[0031]** Dementsprechend gibt Variieren der Metallisierungsverhältnisse in dem zentralen Erregungsbereich, in dem Fallenstreifen und/oder den Barrierenstreifen die Möglichkeit des Verringerns oder Vergrößerns der Wellengeschwindigkeit in jedem Bereich und relativ zueinander, insbesondere mit Bezug auf den zentralen Erregungsbereich. Somit kann ein Wellenleiter mit verringerter oder vergrößerter akustischer Geschwindigkeit in den Fallenstreifen und/oder den Barrierenstreifen mit Bezug auf die Geschwindigkeit des zentralen Erregungsbereichs bereitgestellt werden.

**[0032]** Es ist möglich, dass der Resonator ein dielektrisches Material umfasst, das in dem zentralen Erregungsbereich, in dem Bereich der Fallenstreifen und/oder in dem Bereich der Barrierenstreifen abgeschieden ist.

**[0033]** Die Bereitstellung des dielektrischen Materials ist ein Mittel zum lokalen Variieren der Massenbelegung und zum lokalen Variieren der Steifigkeitsparameter.

**[0034]** Abhängig von der Dicke der entsprechenden Schicht und den Steifigkeitsparametern des Materials der Schicht und der Dichte des Materials kann die akustische Geschwindigkeit in den drei Geschwindigkeitsregionen so manipuliert werden, dass das bevorzugte Transversalprofil von Longitudinalgeschwindigkeiten erhalten werden kann.

**[0035]** Es ist möglich, dass das dielektrische Material ein Siliziumnitrid wie  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , ein Siliziumoxid wie Siliziumdioxid, wie etwa  $\text{SiO}_2$ , und/oder ein Aluminiumoxid, z.B.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , ein Hafniumoxid, z.B.  $\text{HfO}_2$ , oder dotierte Versionen davon umfasst.

**[0036]** Siliziumnitrid weist einen hohen Steifigkeitsparameter auf. In einem Bereich der akustischen

Bahn abgeschiedenes Siliziumnitrid vergrößert somit im Allgemeinen die Wellengeschwindigkeit bis zu einer spezifischen Dicke.

**[0037]** Es ist möglich, dass die Höhe der Elektrodenstrukturen in dem zentralen Erregungsbereich hCEA, in dem Bereich der Fallenstreifen hTP und in dem Bereich der Barrierenstreifen hB ist.

**[0038]** Die Anzahl verschiedener aus hCEA, hTP und hB ausgewählter Werte kann 1, 2 oder 3 sein.

**[0039]** Insbesondere ist es möglich, dass  $\text{hCEA} \neq \text{hTP}$ ,  $\text{hCEA} \neq \text{hB}$  und/oder  $\text{hTP} \neq \text{hB}$  ist.

**[0040]** Außerdem ist es möglich, dass  $\text{hCEA} = \text{hTP}$  und/oder  $\text{hCEA} = \text{hB}$  und/oder  $\text{hTP} = \text{hB}$  ist.

**[0041]** Die Höhe in dem zentralen Erregungsbereich kann von der Höhe in den Fallenstreifen verschieden sein. Die Höhe in dem zentralen Erregungsbereich kann von der Höhe in den Barrierenstreifen verschieden sein. Ferner kann die Höhe in den Fallenstreifen von der Höhe in den Barrierenstreifen verschieden sein.

**[0042]** Wie oben besprochen stellen verschiedene Höhen der Elektrodenstrukturen in den entsprechenden Bereichen verschiedene Massenbelegung bereit. Die verschiedene Massenbelegung in den entsprechenden Bereichen kann verwendet werden, um entsprechende Verteilungen zu dem zurechtgeschnittenen Transversal-Geschwindigkeitsprofil hinzuzufügen.

**[0043]** Ein solches Transversal-Geschwindigkeitsprofil kann im Resonator zur Einrichtung einer Kolbenmode verwendet werden. Dementsprechend wird ein Resonator bereitgestellt, der mit einer Kolbenmode arbeiten kann.

**[0044]** Die Definition einer Kolbenmode ist in US 2013/0051588 A1 enthalten.

**[0045]** Es ist möglich, dass das piezoelektrische Material Lithiumtantalat ( $\text{LiTaO}_3$ ), Lithiumniobat ( $\text{LiNbO}_3$ ), Quarz oder ein Lanthan-Gallium-Silikat umfasst. Die Materialien der Gruppe der Lanthan-Gallium-Silikate sind auch als Langasite bekannt.

**[0046]** Lanthan-Gallium-Silikate weisen die chemische Formel  $\text{A}_3\text{BC}_3\text{D}_2\text{O}_{14}$  auf. A, B, C und D geben bestimmte Kationenplätze an.

**[0047]** Ob das piezoelektrische Material des Resonators konvexe Langsamkeit oder konkave Langsamkeit aufweist, hängt von mehreren Parametern ab, z.B. der Zusammensetzung des Materials, Schnittwinkeln.

**[0048]** Es ist möglich, dass das piezoelektrische Material aus einem piezoelektrischen Substrat, einem piezoelektrischen monokristallinen Substrat, einer dünnen Schicht ausgewählt ist. Die dünne Schicht kann unter Verwendung von Dünnschicht-Abscheidungstechniken oder Dünnschicht-Substrat-Techniken, z.B. der als „Smart Cut“ bezeichneten Transfertechnik, bereitgestellt werden.

**[0049]** Es ist möglich, ein HF-Filter einzurichten, das einen oder mehrere Resonatoren wie oben angegeben umfasst.

**[0050]** Die Resonatoren können in einer dem Leitertyp ähnlichen Konfiguration bereitgestellt werden. Somit können Reihenresonatoren elektrisch in einem Signalpfad in Reihe geschaltet werden. Parallelresonatoren können elektrisch in parallelen Pfaden geschaltet werden, die den Signalpfad elektrisch mit Masse verbinden. Die dem Leitertyp ähnliche Konfiguration kann eine Vielzahl von zwei oder mehr dem Leitertyp ähnlichen Elementen aufweisen, die entlang der Signalrichtung kaskadiert sind. Jedes Element weist einen Reihenresonator im Signalpfad und einen Parallelresonator in einem parallelen Pfad auf.

**[0051]** Bandpassfilter bzw. Bandsperfilter können erhalten werden, wenn die Resonanzfrequenz einer Reihe hauptsächlich gleich der Antiresonanzfrequenz eines Parallelresonators ist und umgekehrt.

**[0052]** Ein Verfahren zur Herstellung eines elektroakustischen Resonators kann die folgenden Schritte umfassen:

- Definieren einer Bandbreite  $\Delta f$  der Transversalmodenunterdrückung,
- Bereitstellen eines piezoelektrischen Materials,
- Abscheiden von Elektrodenstrukturen auf dem piezoelektrischen Material und Bilden eines akustischen Transversal-Wellenleiters für akustische Oberflächenwellen an der Oberfläche auf dem piezoelektrischen Material, wobei der Wellenleiter einen zentralen Erregungsbereich aufweist, wobei
- der Wellenleiter in dem zentralen Erregungsbereich eine Wellengeschwindigkeit VCEA bereitstellt,
- der Wellenleiter in den zentralen Erregungsbereich flankierenden Fallenstreifen eine Wellengeschwindigkeit VTP bereitstellt,
- der Wellenleiter in die Fallenstreifen flankierenden Barrierenstreifen eine Wellengeschwindigkeit VB bereitstellt.

**[0053]** Für die gegebene Frequenzbandbreite  $\Delta f$  der Transversalmodenunterdrückung werden VB und VCEA so gewählt, dass

$$0,5 \leq \Delta V / (\Delta f * \lambda) \leq 1,5$$

gilt, wobei  $\Delta V = \text{abs}(VB - VCEA)$  und  $\lambda$  die Wellenlänge des Resonators ist.

**[0054]** Es ist möglich, dass für jedes zusätzliche Megahertz Bandbreite eine Vergrößerung der akustischen Geschwindigkeitsdifferenz von  $\text{abs}(VB - VCEA)$  um 2 m/s bereitgestellt wird. Für eine Bandbreite von 200 MHz ist somit eine Geschwindigkeitsdifferenz von 400 m/s erforderlich. Für eine Bandbreite von 400 MHz ist eine Geschwindigkeitsdifferenz von 800 m/s erforderlich. Für eine Bandbreite von 600 MHz ist eine Geschwindigkeitsdifferenz von 1200 m/s erforderlich. Somit weisen die gewünschte Bandbreite und die notwendige Geschwindigkeitsdifferenz eine lineare Beziehung auf, z.B. für eine Wandlerstruktur mit einem Rasterabstand  $p = \lambda/2$ .

**[0055]** Zentrale Aspekte des Resonators und Einzelheiten bevorzugter Ausführungsformen werden in den beigefügten schematischen Figuren beschrieben.

**[0056]** Es zeigen:

**Fig. 1** eine grundlegende Übersicht über die geometrische Anordnung und die Korrespondenz zwischen der geometrischen Anordnung des Resonators und dem Transversal-Geschwindigkeitsprofil;

**Fig. 2** die Verwendung lokal vergrößerter Fingerbreiten am Ende des Fingers;

**Fig. 3.** die Verwendung lokal verschiedener Metallisierungshöhen;

**Fig. 4** die Verwendung des auf der Elektrodenstruktur abgeschiedenen dielektrischen Materials;

**Fig. 5** die lineare Beziehung zwischen der Geschwindigkeitsdifferenz und der erhaltbaren Frequenzbandbreite;

**Fig. 6** die Unterdrückung von Transversalmoden in einer schmalen Frequenzbandbreite; und

**Fig. 7** die Unterdrückung von Transversalmoden in einer breiten Frequenzbandbreite.

**[0057]** Der untere Teil von **Fig. 1** zeigt ein Segment eines elektroakustischen Resonators EAR, der sich entlang der Longitudinalrichtung LD erstreckt, die zu der Transversalrichtung Y senkrecht ist. Der elektroakustische Resonator EAR weist zwei Busschienen BB und Elektrodenfinger EF auf. Jeder Elektroden-

finger EF ist elektrisch mit einer der zwei Busschienen BB verbunden. In einem zentralen Erregungsbereich CEA wandeln die Elektrodenfinger zwischen HF-Signalen und akustischen Wellen um. Der zentrale Erregungsbereich CEA wird durch zwei Fallenstreifen TP flankiert. Der zentrale Erregungsbereich CEA und die Fallenstreifen TP erstrecken sich entlang der Longitudinalrichtung LD und sind nebeneinander angeordnet. Ferner werden die Fallenstreifen TP durch Barrierenstreifen B flankiert, die sich auch entlang der Longitudinalrichtung LD erstrecken. In den Fallenstreifen TP sind die Fingerenden der Elektrodenfinger EF elektroakustisch aktiv und nehmen an dem Prozess des Umwandels zwischen HF-Signalen und akustischen Wellen teil.

**[0058]** In jedem Barrierenstreifen B sind nur Fingersegmente von Elektrodenfingern EF, die elektrisch mit einer Busschiene BB verbunden sind, anwesend. In dem Bereich der Barrierenstreifen B werden somit keine akustischen Wellen erregt.

**[0059]** Die Wellengeschwindigkeit in dem zentralen Erregungsbereich CEA ist VCEA. Die Wellengeschwindigkeit in den Fallenstreifen TP ist VTP. Die Wellengeschwindigkeit in den Barrierenstreifen B ist VB. Die Differenz  $\Delta V$  der Wellengeschwindigkeiten in dem zentralen Erregungsbereich CEA bzw. in den Barrierenstreifen B ist  $\Delta V = \text{abs}(VB-VCEA)$ . In diesem Kontext bedeutet die Funktion abs den Absolutwert der Differenz.

**[0060]** Es wurde festgestellt, dass eine Unterdrückung von Transversalmoden in einem vergrößerten Frequenzbereich erhalten werden kann, wenn  $\Delta V$  gemäß den oben angegebenen Gleichungen vergrößert wird. Wenn  $\Delta V$  vergrößert wird, wurde festgestellt, dass es vorzuziehen ist, die Breite und die Geschwindigkeit der Fallenstreifen zu verringern, um eine Kolbenmode mit vergrößerter Bandbreite einzurichten. Die Breite der Fallenstreifen wird als WTP bezeichnet. Die Breite des zentralen Erregungsbereichs CEA wird in **Fig. 1** als WCEA bezeichnet.

**[0061]** Wie oben angegeben erhält man das in dem oberen Teil von **Fig. 1** gezeigte Geschwindigkeitsprofil durch Anwenden von Mitteln zum lokalen Vergrößern oder Verringern der Wellengeschwindigkeit. Die Wellengeschwindigkeit kann durch Manipulieren der Steifigkeitsparameter von auf dem piezoelektrischen Material abgeschiedenem Material und durch Manipulieren der Massenbelegung auf dem piezoelektrischen Material manipuliert werden.

**[0062]** **Fig. 2** zeigt die Möglichkeit des Vergrößerns der Fingerbreite an den entsprechenden Fingerenden FE der Elektrodenfinger EF. Zu diesem Zweck können Fingerendenerweiterungen FEE an den Fingerenden FE angebracht werden, um das Ausmaß der Finger in der Longitudinalrichtung zu vergrößern,

was zu einem größeren Metallisierungsverhältnis in den Fingerendregionen führt.

**[0063]** Die Fingerendenerweiterungen richten ein Mittel ein, um die Wellengeschwindigkeit in den Fallenstreifen zu manipulieren. Die vergrößerte Fingerbreite ist mit den herkömmlichen Mitteln zum Abscheiden und Strukturieren des Materials der Elektrodenstrukturen kompatibel.

**[0064]** Das Material der Fingerendenerweiterungen kann gleich dem Material des Elektrodenfingers EF sein. Es ist jedoch möglich, dass das Material der Fingerendenerweiterung von dem Material der Elektrodenfinger verschieden ist.

**[0065]** Die Fingerendenerweiterungen richten ein Mittel ein, das in der lateralen Oberflächenebene des Resonators anwendbar ist.

**[0066]** Im Gegensatz dazu zeigt **Fig. 3** die Möglichkeit des lokalen Vergrößerns oder Verringerns der Metallisierungshöhe der Elektrodenfinger. Somit zeigt **Fig. 3** ein in einer zu der lateralen Oberflächenebene orthogonalen Richtung aktives Mittel. Material der Fingerenden FE kann entfernt werden, um die Dicke in der Höhenrichtung zu verringern. Es ist jedoch auch möglich, weiteres Material auf den Fingerenden FE hinzuzufügen, um die Massenbelegung zu vergrößern und/oder die Steifigkeitsparameter in den Fallenstreifen zu manipulieren.

**[0067]** Das Material entsprechend hinzugefügter Segmente kann gleich dem Material der Elektrodenfinger EF sein. Es ist jedoch auch möglich, dass das Material unterschiedlich ist.

**[0068]** **Fig. 4** zeigt die Möglichkeit des Bereitstellens von zusätzlichem Material in den Barrierenstreifen B. Das zusätzliche Material kann als einzelne Streifen vorgesehen werden, die sich entlang der Longitudinalrichtung erstrecken. Um einen Kurzschluss von Elektrodenfingern zu vermeiden, wird bevorzugt, dass das dielektrische Material die notwendige Dielektrizitätskonstante und niedrige elektrische Leitfähigkeit aufweist.

**[0069]** Das zusätzliche dielektrische Material vergrößert die lokale Massenbelegung in den Barrierenstreifen.

**[0070]** Abhängig von den Steifigkeitsparametern des dielektrischen Materials kann die lokale Wellengeschwindigkeit vergrößert oder verringert werden.

**[0071]** Die technischen Mittel zum Manipulieren der lokalen Wellengeschwindigkeit zwischen den Busschienen, die oben erläutert und in den Figuren gezeigt werden, können kombiniert werden, um ein zurechtgeschnittenes Transversal-Geschwindig-

keitsprofil zu erhalten. Es ist jedoch auch möglich, dass einige der gezeigten Maßnahmen zum Justieren der Wellengeschwindigkeit realisiert werden, während andere es nicht werden.

**[0072]** Fig. 5 zeigt die lineare Beziehung zwischen einer gewünschten Frequenzbandbreite  $\Delta f$  der Transversalmodenunterdrückung und der notwendigen Differenz der akustischen Geschwindigkeit  $\Delta V = \text{abs}(VB - VCEA)$  zwischen der Geschwindigkeit in dem Barrierenstreifen VB und der Geschwindigkeit in dem zentralen Erregungsbereich VCEA für eine Wandlerstruktur mit einem Rasterabstand  $p = \lambda/2$ .

**[0073]** Fig. 6 zeigt den frequenzabhängigen Realteil der komplexen Admittanz Y für einen Resonator, in dem Transversalmoden in einem relativ schmalen Frequenzbereich  $\Delta f$  mit einer niedrigeren akustischen Geschwindigkeitsdifferenz  $\Delta V$  unterdrückt werden.

**[0074]** Im Gegensatz dazu zeigt Fig. 7 den Realteil der komplexen Admittanz eines Resonators, wobei die akustische Geschwindigkeitsdifferenz  $\Delta V$  zwischen der Geschwindigkeit in den Barrierenstreifen und der Geschwindigkeit in den Fallenstreifen höher ist und dergestalt justiert wird, dass ein größerer Frequenzbereich  $\Delta f$  ohne Erregung von Transversalmoden erhalten wird.

**[0075]** Der Resonator, das Filter und das Verfahren zur Herstellung eines Resonators sind nicht auf die oben beschriebenen und in den Zeichnungen gezeigten technischen Einzelheiten beschränkt. In der akustischen Bahn sind weitere Streifen, die sich entlang der Longitudinalrichtung erstrecken, die eine spezifische Wellengeschwindigkeit und ein entsprechendes Transversal-Geschwindigkeitsprofil aufweisen, das mehr Geschwindigkeitsabschnitte entlang der Transversalrichtung aufweist, möglich.

Liste der Bezugszeichen

ARM	hinzugefügtes oder entferntes Material
B	Barrierenstreifen
BB	Busschiene
CEA	zentraler Erregungsbereich
DM	dielektrisches Material
EAR	elektroakustischer Resonator
EF	Elektrodenfinger
FE	Fingerende
FEE	Fingerendenerweiterung
LD	Longitudinalrichtung
TP	Fallenstreifen
V	Wellengeschwindigkeit

VB	Wellengeschwindigkeit in den Barrierenstreifen
VCEA	Wellengeschwindigkeit in dem zentralen Erregungsbereich
VTP	Wellengeschwindigkeit in den Fallenstreifen
WCEA	Breite des zentralen Erregungsbereichs
WTP	Breite eines Fallenstreifens
Y	Admittanz des Resonators
$\Delta V$	$\text{abs}(VB - VTP)$

**Patentansprüche**

1. Elektroakustischer Resonator für Bandpassfilter mit einer vergrößerten Bandbreite, wobei der Resonator Folgendes umfasst:

- ein piezoelektrisches Material,
- eine Elektrodenstruktur auf dem piezoelektrischen Material,
- einen transversalen akustischen Wellenleiter mit einem zentralen Erregungsbereich, den zentralen Erregungsbereich flankierenden Fallenstreifen und die Fallenstreifen flankierenden Barrierenstreifen, wobei
- die Wellengeschwindigkeit in dem zentralen Erregungsbereich VCEA ist,
- die Wellengeschwindigkeit in den Fallenstreifen VTP ist,
- die Wellengeschwindigkeit in den Barrierenstreifen VB ist, und  $0,5 \leq \Delta V / (\Delta f * \lambda) \leq 1,5$  für eine gewünschte Bandbreite  $\Delta f$  der Transversalmodenunterdrückung und  $\Delta V = \text{abs}(VB - VCEA)$ , wobei  $\lambda$  die Wellenlänge des Resonators ist.

2. Resonator nach dem vorherigen Anspruch, wobei

$$0,9 \leq \Delta V / (\Delta f * \lambda) \leq 1,1$$

oder

$$\Delta V / (\Delta f * \lambda) = 1 \text{ ist.}$$

3. Resonator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

- im Fall einer konvexen Langsamkeit:  $VB > VCEA$  gilt und
- im Fall einer konkaven Langsamkeit:  $VB < VCEA$  gilt.

4. Resonator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei  $\eta_{CEA}$  das Metallisierungsverhältnis in dem zentralen Erregungsbereich ist,  $\eta_{TP}$  das Metallisierungsverhältnis in den Fallenstreifen ist und/oder  $\eta_B$  das Metallisierungsverhältnis in den Barrierenstreifen ist und

- die Anzahl verschiedener ausgewählter Werte  $\eta_{CEA}$ ,  $\eta_{TP}$  und/oder  $\eta_B$  1, 2 oder 3 ist.

5. Resonator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei  $\eta_{CEA}$  das Metallisierungsverhältnis in dem zentralen Erregungsbereich ist,  $\eta_{TP}$  das Metallisierungsverhältnis in den Fallenstreifen ist und  $\eta_{TP} \neq \eta_{CEA}$  ist.

6. Resonator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, der ferner ein dielektrisches Material umfasst, das in dem zentralen Erregungsbereich, in dem Bereich der Fallenstreifen und/oder in dem Bereich der Barrierenstreifen abgeschieden ist.

7. Resonator nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das dielektrische Material ein Siliziumnitrid wie etwa  $Si_3N_4$ , ein Siliziumoxid wie etwa Siliziumdioxid, wie etwa  $SiO_2$ , und/oder ein Aluminiumoxid, z.B.  $Al_2O_3$ , ein Hafniumoxid, z.B.  $HfO_2$  oder dotierte Versionen davon umfasst.

8. Resonator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

- die Höhe der Elektrodenstruktur in dem zentralen Erregungsbereich  $h_{CEA}$ , in dem Bereich der Fallenstreifen  $h_{TP}$  und in dem Bereich der Barrierenstreifen  $h_B$  ist und

- die Anzahl verschiedener Werte, die aus  $h_{CEA}$ ,  $h_{TP}$  und  $h_B$  ausgewählt werden, 1, 2 oder 3 ist.

9. Resonator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Höhe der Elektrodenstruktur in dem zentralen Erregungsbereich  $h_{CEA}$ , in dem Bereich der Fallenstreifen  $h_{TP}$  und in dem Bereich der Barrierenstreifen  $h_B$  ist, wobei  $h_{CEA} \neq h_{TP}$ ,  $h_{CEA} \neq h_B$  und/oder  $h_{TP} \neq h_B$  ist.

10. Resonator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, der mit einer Kolbenmode arbeiten kann.

11. Resonator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das piezoelektrische Material  $LiTaO_3$ ,  $LiNbO_3$ , Quarz oder ein Lanthan-Gallium-Silikat umfasst.

12. Resonator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das piezoelektrische Material aus einem piezoelektrischen Substrat, einem piezoelektrischen monokristallinen Substrat, einer dünnen Schicht ausgewählt ist.

13. HF-Filter, das einen oder mehrere Resonatoren nach einem der vorhergehenden Ansprüche umfasst.

14. Verfahren zur Herstellung eines elektroakustischen Resonators, das die folgenden Schritte umfasst:

- Definieren einer Bandbreite  $\Delta f$  der Transversalmodenunterdrückung,

- Bereitstellen eines piezoelektrischen Materials,

- Abscheiden von Elektrodenstrukturen auf dem piezoelektrischen Material und Bilden eines akustischen Transversal-Wellenleiters für akustische Oberflächenwellen an der Oberfläche auf dem piezoelektrischen Material, wobei der Wellenleiter einen zentralen Erregungsbereich aufweist, wobei

- der Wellenleiter in dem zentralen Erregungsbereich eine Wellengeschwindigkeit  $V_{CEA}$  bereitstellt,

- der Wellenleiter in den zentralen Erregungsbereich flankierenden Fallenstreifen eine Wellengeschwindigkeit  $V_{TP}$  bereitstellt,

- der Wellenleiter in die Fallenstreifen flankierenden Barrierenstreifen eine Wellengeschwindigkeit  $V_B$  bereitstellt, wobei

- für die gegebene Frequenzbandbreite  $\Delta f$  der Transversalmodenunterdrückung  $V_B$  und  $V_{CEA}$  so gewählt werden, dass

$$0,5 \leq \Delta V / (\Delta f * \lambda) \leq 1,5 \text{ gilt,}$$

und  $\Delta V = \text{abs}(V_B - V_{CEA})$  und

$\lambda$  die Wellenlänge des Resonators ist.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

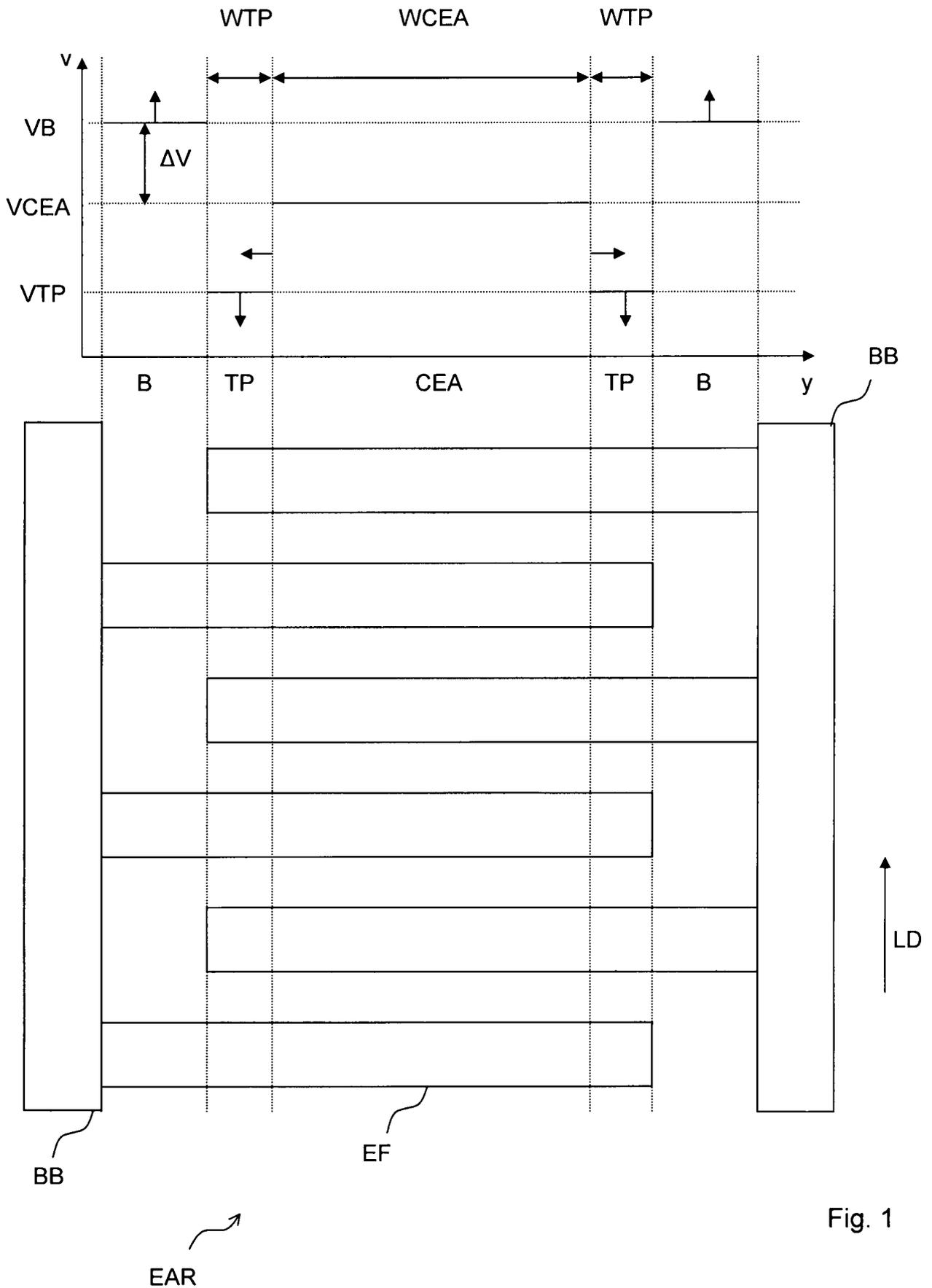


Fig. 1

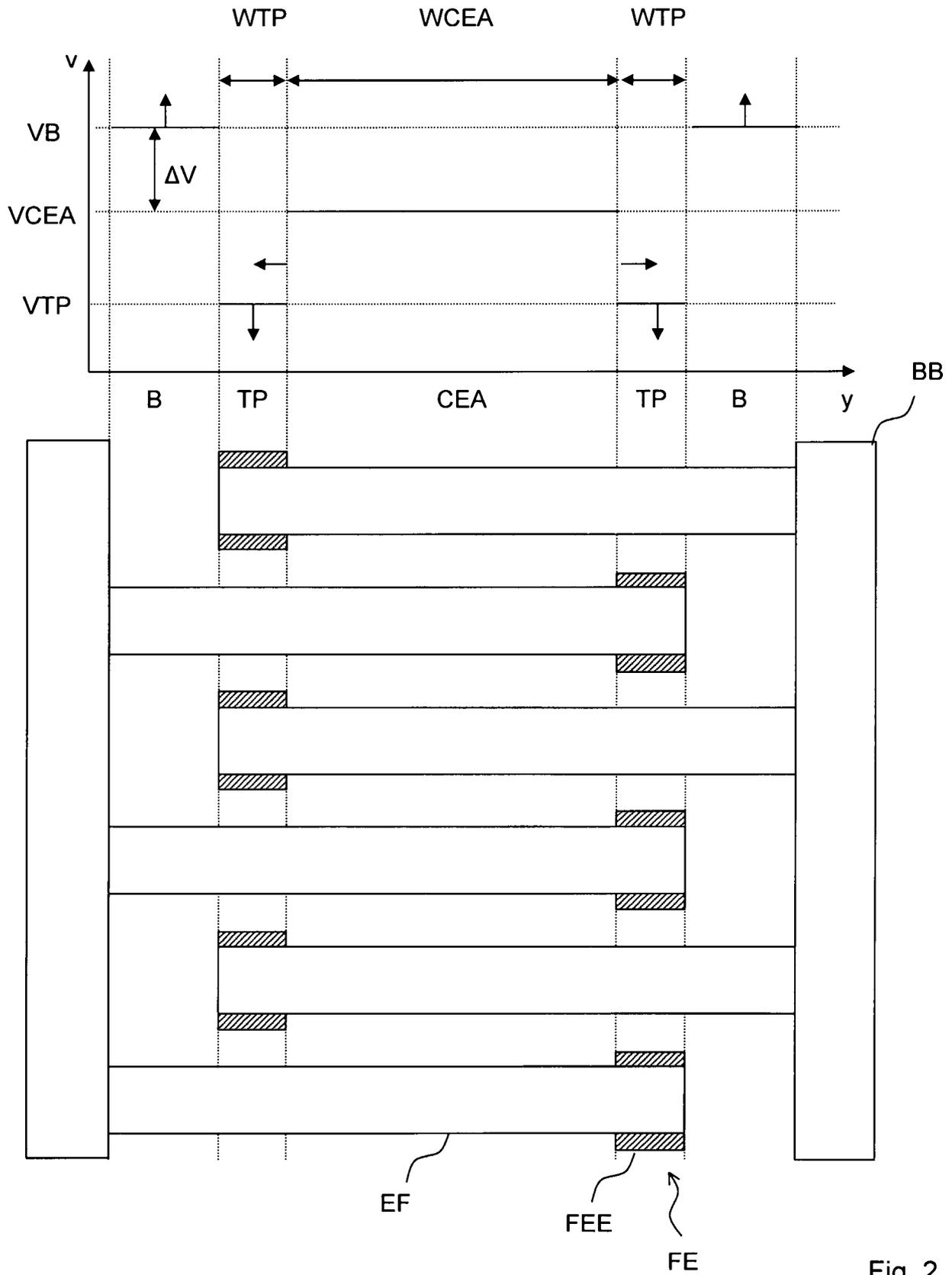


Fig. 2

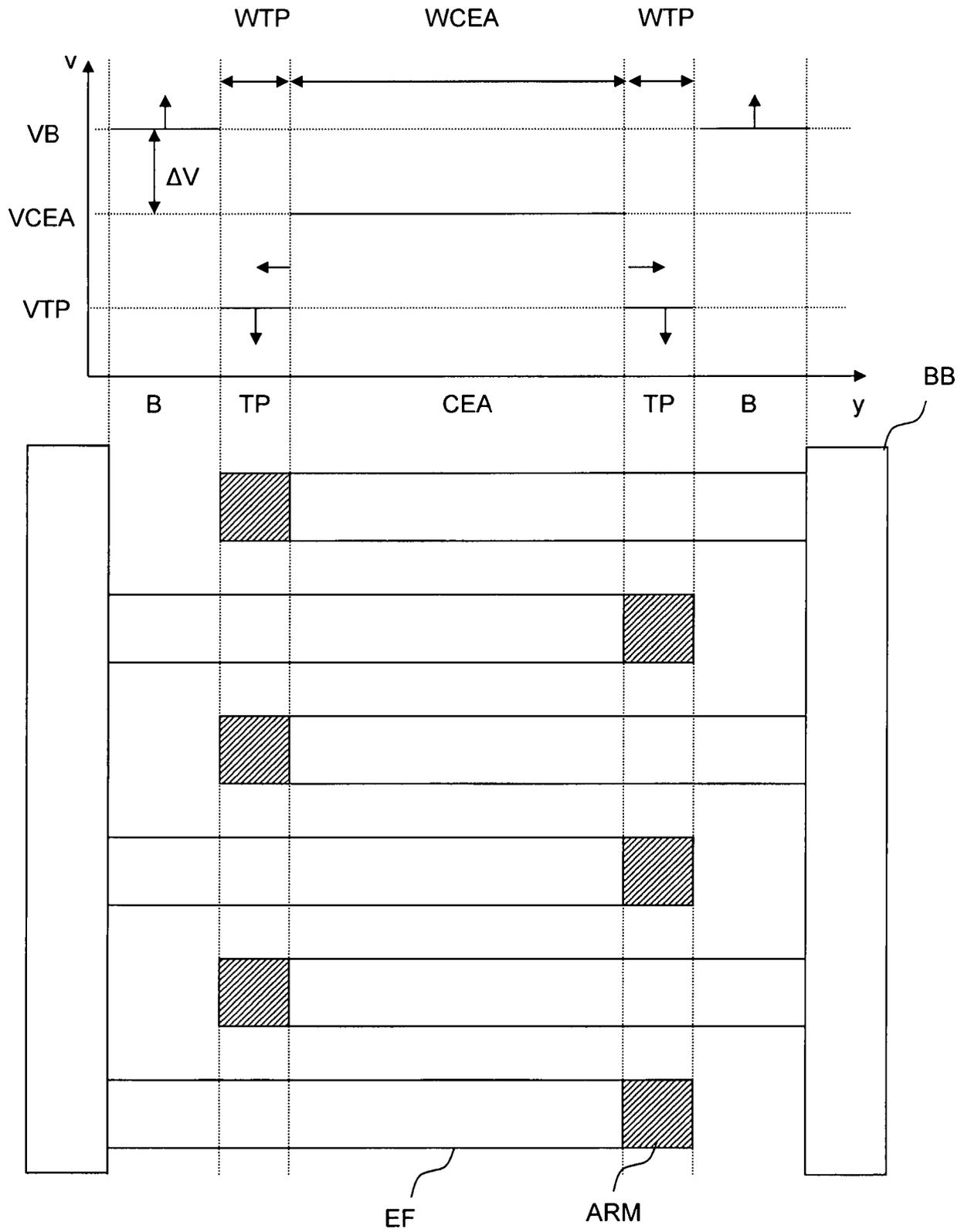


Fig. 3

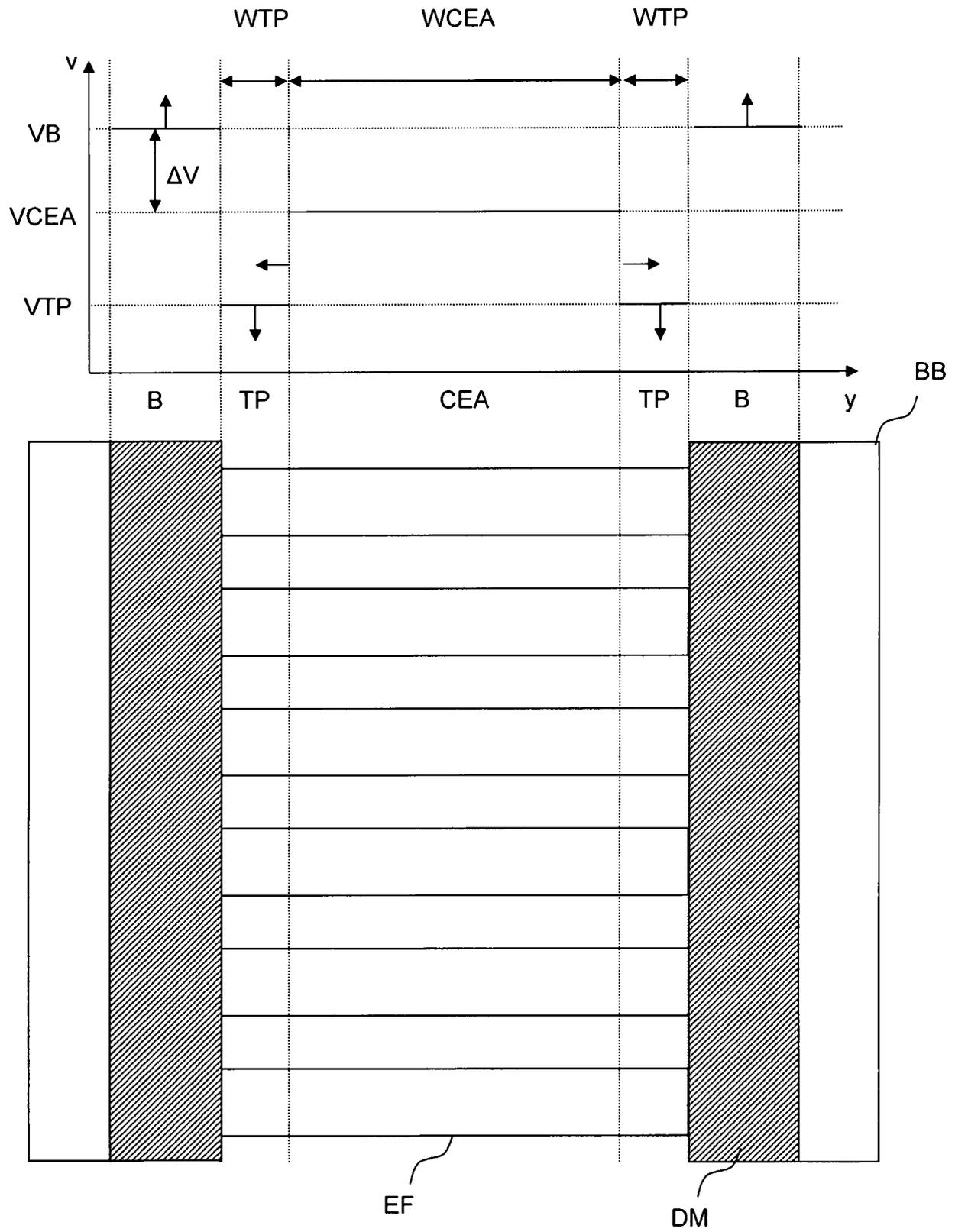


Fig. 4

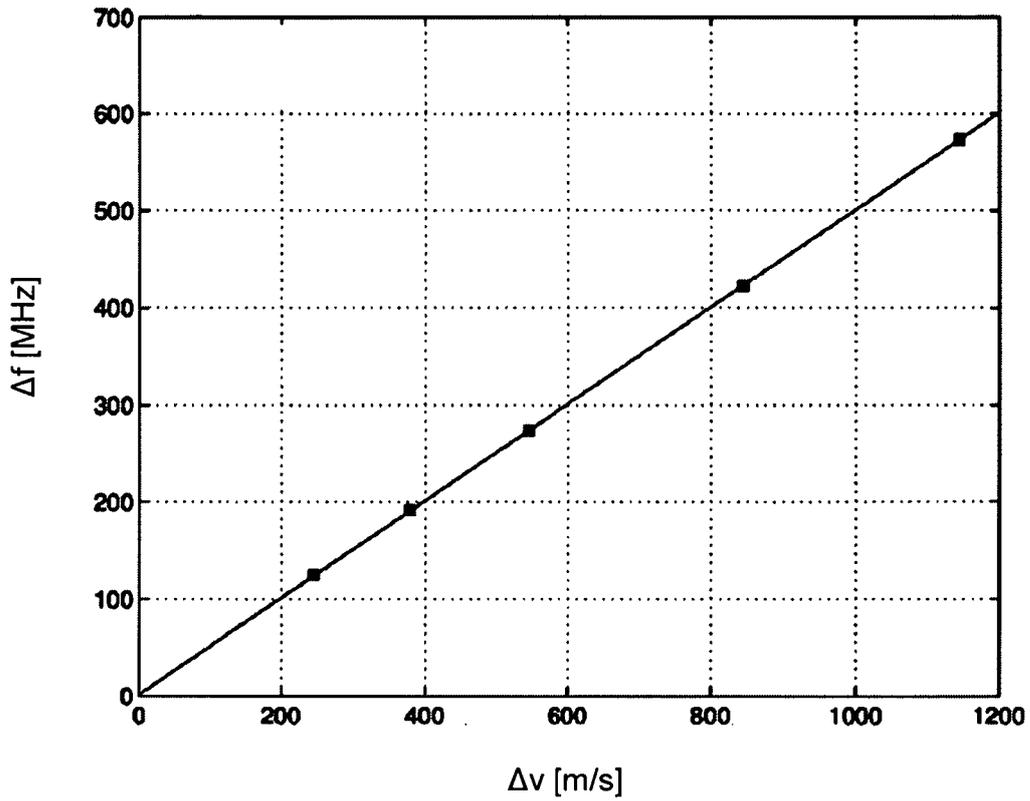


Fig. 5

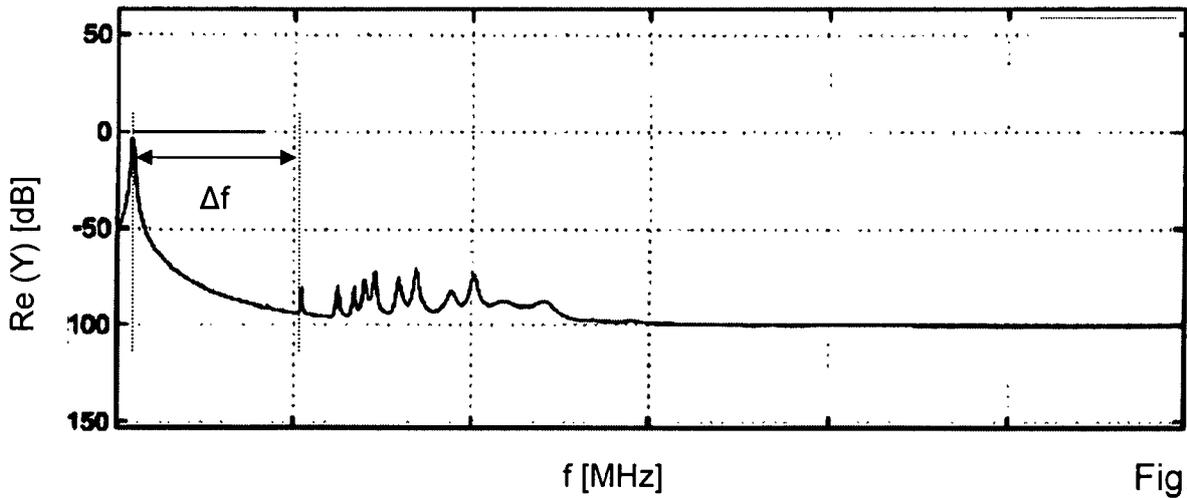


Fig. 6

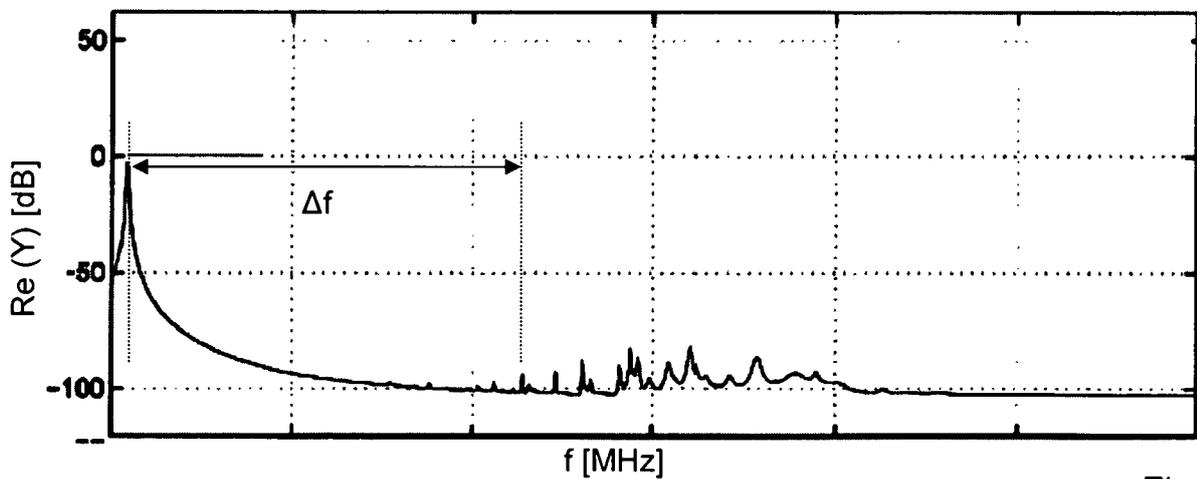


Fig. 7