

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-509497

(P2004-509497A)

(43) 公表日 平成16年3月25日(2004.3.25)

(51) Int.Cl.⁷
H03H 9/17F I
H03H 9/17テーマコード (参考)
5 J 1 0 8

審査請求 有 予備審査請求 有 (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2002-527048 (P2002-527048)
 (86) (22) 出願日 平成13年9月10日 (2001.9.10)
 (85) 翻訳文提出日 平成15年3月10日 (2003.3.10)
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2001/010435
 (87) 国際公開番号 W02002/023720
 (87) 国際公開日 平成14年3月21日 (2002.3.21)
 (31) 優先権主張番号 100 45 090.3
 (32) 優先日 平成12年9月12日 (2000.9.12)
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)
 (81) 指定国 EP (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), JP, KR, US

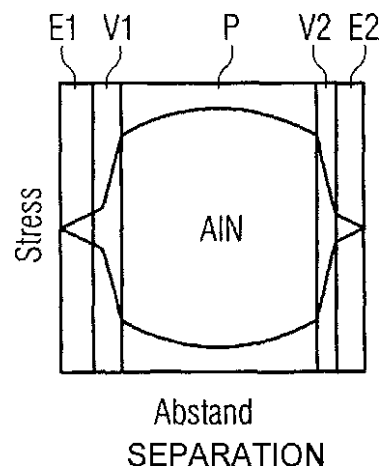
(71) 出願人 501209070
 インフィネオン テクノロジーズ アクチ
 エンゲゼルシャフト
 ドイツ連邦共和国 81669 ミュンヘ
 ン ザンクト マルティン シュトラーセ
 53
 (74) 代理人 100080034
 弁理士 原 謙三
 (74) 代理人 100113701
 弁理士 木島 隆一
 (74) 代理人 100116241
 弁理士 金子 一郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 音響共振器

(57) 【要約】

共振器は、第1電極(E1)、第2電極(E2)、および、これらの間に配置されている圧電性の層(P)を含む。第1電極(E1)よりも高い音響インピーダンスを有する第1音響圧縮層(V1)は、圧電層(E1)と、第1電極(E1)との間に配置されている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 電極 (E 1)、第 2 電極 (E 2)、および、これらの間に配置されている圧電層 (P) を有する音響共振器であって、

第 1 電極 (E 1) と圧電層 (P) との間に、第 1 電極 (E 1) よりも高い音響インピーダンスを有する第 1 音響圧縮層 (V 1) が配置されていることを特徴とする音響共振器。

【請求項 2】

上記圧電層 (P) の音響インピーダンスに対する上記第 1 圧縮層 (V 1) の音響インピーダンスの比率ができるだけ大きくなるように、上記第 1 圧縮層 (V 1) の物質が選択されている請求項 1 に記載の音響共振器。

10

【請求項 3】

上記第 1 圧縮層 (V 1) が、基本的には、W, Mo, Ir, Pt, Ta, TiW, TiN, Au, WSi, Cr, Al₂O₃, SiN, Ta₂O₅ または酸化ジルコニウムから構成されている請求項 1 ないし 2 のいずれかに記載の音響共振器。

【請求項 4】

上記第 1 圧縮層 (V 1) の音響インピーダンスに対する上記第 1 電極 (E 1) の音響インピーダンスの比率ができるだけ小さくなるように、上記第 1 電極 (E 1) の物質が選択されている請求項 2 または 3 のいずれかに記載の音響共振器。

【請求項 5】

上記第 1 電極 (E 1) が、上記第 1 圧縮層 (V 1) より高い電気導電性を有している請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の音響共振器。

20

【請求項 6】

上記第 1 電極 (E 1) および／または第 2 電極 (E 2) が、基本的には、アルミニウム、チタニウム、銀、または銅から構成されている請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の音響共振器。

【請求項 7】

上記第 2 電極 (E 2) と上記圧電性の層 (p) との間に、第 1 圧縮層 (V 1) に相当し、第 2 電極 (E 2) よりも高い音響インピーダンスを有する第 2 の音響圧縮層 (V 2) が配置されている請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の音響共振器。

【請求項 8】

上記第 1 圧縮層 (V 1) が基本的に導電性の物質から構成されている請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の音響共振器。

30

【請求項 9】

上記第 2 圧縮層 (V 2) が基本的に導電性の物質から構成されている請求項 7 または 8 に記載の音響共振器。

【発明の詳細な説明】

本発明は、音響共振器、すなわち、音響波および電気の電圧変化を相互に変換する部品に関するものである。

【0001】

このような共振器は、通常、2つの電極と、その間に配置されている圧電層 (piezoelektrischen Schicht) とから構成されている一連の層を有している。また、バルク音響波共振器 (Bulk-Acoustic-Wave Resonator) は、例えば、膜または音響鏡 (akustischen Spiegel) 上に配置されている上記のような一連の層により構成されている (例えば、米国特許公報 5, 873, 154 号 (US 5, 873, 154) 参照)。いわゆる直列および並列共振の領域においては、約半分の波が上記一連の層における全体の厚みに沿って広がるように、常在垂直波が形成される。

40

【0002】

通常、圧電層は、プロセス技術では析出するのが難しい、例えば、AlN のような物質から構成されている。また、析出時間を短縮するためには、共振器ができるだけ薄い圧電層

50

を有することが好ましい。

【0003】

インピーダンスレベルが同である場合、圧電層が薄くなるにつれて、必要となる共振器の表面積が減少するという理由からも、薄い圧電層が好ましい。その結果、薄い圧電層を有する共振器は、所要面積が小さい。フィルタ特性曲線の通過帯域において、挿入損失（*Einfuegedaempfung*）を小さくすることを保証するため、共振器には特定のインピーダンスレベルが必要である。

【0004】

また、共振器の共振周波数は、上記一連の層に含まれる全ての層の厚みによって決定される。すなわち、共振器の共振周波数は、活性な圧電層のみによるのではなく、電極の厚さによっても決定されるので、所定の共振周波数の場合、電極の厚さを上昇させることにより、圧電層の厚さを減少させることができる。層の厚みの変化が、どれほど共振周波数に影響するかは、電極の音響パラメータに依存している。層の厚みが厚くなる場合、重く、硬い物質は、軽く、柔らかい物質よりも周波数をより減少させる。

【0005】

通常、電極は、アルミニウムから作られている。これは、アルミニウムが、CMOS互換性を有するためである。このことにより、共振器を簡単に製造できる。更に、アルミニウムは、電気導電性が高い。しかし、アルミニウムの音響特性は、あまり好ましくない。

【0006】

本発明に先立ち、本発明者は、これらの特性を調査した。ここで、得られた結果のいくつかを、以下に詳しく説明する。例えば、共振周波数900MHzの場合、圧電層の厚みは、電極なしで約5.5μmでなければならない。また、電極を備えることにより、共振周波数を同じにしたまま、この層の厚みを減少させることができる。図1aは、上記のような共振周波数の場合に、圧電層の厚みが、アルミニウム電極の厚みに依存していることを示している。また、圧電層の厚みを、5.5μmから3μmに減少させるためには、約1.05μmの厚さのアルミニウム電極が必要である。このような厚みの電極の場合、共振器の音響特性が、不十分であることがわかった。これは、アルミニウム電極の厚みが厚い場合には、有効な結合係数が非常に小さいからである。結合係数の平方（*Koppelkoeffizient zum Quadrat*）は、 $K_{eff}^2 = \pi^2 * (f_p / f_s - 1) / 4$ として定義される。この際、 f_s は、直列共振周波数、 f_p は、並列共振周波数を示している。図1bは、結合係数の平方が、アルミニウム電極の厚みに依存していることを示している。この際、圧電層は、AlNから構成されている。共振周波数が900MHzの場合に、圧電層の厚さを3μmに減少させたいなら、結合係数の平方が、例えばGSM帯での使用には条件を満たさない0.05未満へと著しく減少してしまう。

【0007】

ところで、電極用の物質としてタングステンを使用することが、既に提案されている（例えば、米国特許公報第5,587,620号（US5,587,620）参照）。そして、本発明に先立つ調査から以下の結果が得られた：図2aは、900MHzの共振周波数の場合に、圧電層の厚みが、タングステン電極の厚さに依存していることを示している。図1aと比較して、アルミニウムの代わりに電極物質としてタングステンが使用される場合、極めて薄い（すなわち、約300nm厚の）電極により、圧電層の厚さを、5.5μmから3μmへ確実に減少できる。その理由は、タングステンのより高い音響インピーダンスによる。図2bは、結合係数の平方が、タングステン電極の厚みに依存していることを示している。この際、圧電層は、AlNから構成されている。電極の厚さが300nmの場合、結合係数は非常に高い。これにより、共振器は、非常によい音響特性を備えている。

【0008】

しかし、アルミニウム電極に対して、このタングステン電極には、対応する共振器が低質な電気特性を有するという不都合があるために、挿入損失があまりにも高くなる。その理由は、300nmの厚みのタングステン電極の電気抵抗が、高すぎるためである。

10

20

30

40

50

【0009】

また、音響共振器の製造の際に圧電層を保護するため、米国特許公報第5,760,663号(US5,760,663)では、圧電層と、電極との間に、窒化シリコンから構成される緩衝層を備えることが提案されている。

【0010】

本発明の目的は、従来技術と比較して、より薄い圧電層を有し、優れた音響的および電気的特性を有する音響共振器を提供することである。

【0011】

本目的は、第1電極、第2電極、および、その間に配置されている圧電層を有する音響共振器によって達成される。この際、第1電極と圧電層との間に、第1音響圧縮層(e r s t e a k u s t i s c h e V e r d i c h t u n g s s c h i c h t)が配置されている。この第1音響圧縮層は、第1電極よりも高い音響インピーダンスを有している。 10

【0012】

そして、共振器は、第1電極、第1圧縮層、圧電層および第2電極から少なくとも構成される一連の層を備えている。共振の際に、半分の波が、上記一連の層における全ての厚みに沿って伝わる。

【0013】

本発明は、上述した調査結果と、一連の層における1つの層の層厚を変更することによる共振周波数への影響が、該当する層の音響パラメータのみに依存しているのではなく、圧電層に対する該当する層の状態にも依存しているという認識とに基づいている。ここで、 20 圧電層の近くにある層は、遠くにある層よりも強く作用する。

【0014】

第1圧縮層を備えることにより、共振周波数を同じとしたまま、圧電層の厚みを減少できる。薄い第1圧縮層が、圧電層の厚みを著しく減少させるために十分なように、第1圧縮層の物質が選択される。このことにより、結合係数は高いままであり、その結果、共振器は優れた音響特性を備える。

【0015】

上記第1電極は、圧電層から第1圧縮層よりも更に離れて置かれるため、共振器の音響特性にほとんど影響しない。また、上記第1電極の物質は、電気抵抗が小さいという音響特性を考慮せずに選択できるため、共振器は、優れた電気特性を備える。例えば、低い電気 30 抵抗につながる、300~600nmの厚みを有するAl製の電極が、第1圧縮層を備えることにより達成される結合係数をほんの僅かに低質化させ、共振周波数をほんの少し下げる。このことは、圧電層の厚みの付加的な(望ましい)僅かな減少によって、同様に調整できる。

【0016】

本発明により、圧電層を任意の厚みとしても、共振器の音響特性および電気特性を、相互に無関係に最適化できる。さらに、圧電層の厚さが薄い場合にも、共振器について優れた音響特性と電気特性とを得られる。

【0017】

また、特に優れた音響特性が得られるのは、圧電層の音響インピーダンスに対する第1圧 40 縮層の音響インピーダンスの比率ができるだけ大きい場合である。さらに、第1圧縮層の音響インピーダンスに対する第1電極の音響インピーダンスの比率は、できるだけ小さいことが好ましい。

【0018】

ここで、高い音響インピーダンスを有する第1圧縮層の物質としては、W, Mo, Pt, Ta, TiW, TiN, Ir, WSi, Au, Al₂O₃, SiN, Ta₂O₅ および酸化ジルコニウムが特に適している。最後の4つの物質は、誘電体である。

【0019】

また、圧縮層には導電性の物質が使用されることが好ましい。この際、上に挙げた最初の 9つの物質が特に好ましい。導電性物質は、誘電性物質の場合に生じるような直列キャパ 50

シタの形成を特に防止する。

【0020】

また、圧電層の物質としては、例えば、 AlN 、 ZnO 、 PZT 、 $LiNbO_3$ が適している。

【0021】

ここで、電極物質の導電性が、電極物質から接続配線を製造するのに十分となるように、電極物質を選択できる。従って、電極を生成する際に、同時に接続配線を製造できる。また、電極は、このような接続配線の一部でもよい。

【0022】

また、電極物質を、接続配線との接続に適切のように選択できる。例えば、第1電極または第2電極は、接続配線が半田付けされるボンディングパッドとして使用される。 10

【0023】

上記電極は、基本的に、アルミニウム、チタン、銀、または銅から構成されていることが好ましい。特に、 Al および Cu は、電気導電性が高く、さらに、 $CMOS$ 互換性がある。

【0024】

また、上記電極の電気抵抗を十分に小さくするため、電極は少なくとも 200 nm の厚みであることが好ましい。

【0025】

そして、上記第1圧縮層の近くに、第2圧縮層も備えられている場合に、共振器について特に優れた音響および電気特性が得られる。この第2圧縮層は、第2電極と、圧電層との間に配置されている。 20

【0026】

上記音響共振器は、バルク音響波共振器として設計できる。一連の層は、膜または音響鏡の上に配置されていてもよい。この際、第1電極または第2電極は、音響鏡または膜に境を接していてもよい。正確に言えば、膜または音響鏡も共振周波数に影響する。しかし、この影響は僅かである。共振器の音響特性および電気特性を最適化する場合に、膜もしくは鏡を考慮できるが、必要ではない。

【0027】

上記圧電層の音響インピーダンスに対する圧縮層の音響インピーダンスの比率が、2より大きくなるように、圧縮層の物質が選択されれば、特に好ましい。 30

【0028】

また、圧縮層の音響インピーダンスに対する第1電極の音響インピーダンスの比率が、 $1/3$ より小さくなるように、第1電極の物質が選択されれば、更に好ましい。

【0029】

以下に2つの比較例および本発明の実施例を、図3から6を参照しながら詳しく説明する。

【0030】

図3は、アルミニウムから構成される第1電極、圧電層、および、アルミニウムから構成される第2電極を有する第1共振器の断面を示している。さらに、共振の際における音響波の応力場 ($Stress\ field$) が記載されている。図4は、タングステンから構成される第1電極、圧電層、および、タングステンから構成される第2電極を有する第2共振器の断面を示している。さらに、共振の際における音響波の応力場が記載されている。図5は、アルミニウムから構成される第1電極、タングステンから構成される第1圧縮層、圧電層、タングステンから構成される第2圧縮層、および、アルミニウムから構成される第2電極を有する第3共振器の断面を示している。さらに、共振の際における音響波の応力場が記載されている。図6は、有効な結合係数の等値プロット (実線)、および、第3共振器に対してアナログに形成された共振器の圧電層の厚みを、電極および圧縮層の厚みの関数として示している。 40

【0031】

上記第1比較例では、第1共振器が備えられている。この第1共振器は、AlNから構成される圧電層P'を備えている。この圧電層P'は、アルミニウムから構成される第1電極E1'と、アルミニウムから構成される第2電極E2'との間に配置されている。共振の際における対応する応力場は、圧電層P'について強い変化を示す(図3参照)。圧電結合は、平均応力に対して比例しているので、電極E1', E2'の近くの領域は、圧電層P'の中央領域よりも寄与しない。

【0032】

上記第2比較例では、第2共振器が備えられている。この第2共振器は、AlNから構成されている圧電層P''を備えている。この圧電層P''は、タングステンから構成されている第1電極E1''と、タングステンから構成されている第2電極E2''との間に配置されている。応力分布(*Stressverteilung*)は、電極E1'', E2''で強い傾斜を有しており、圧電層P''の上側では比較的一定である(図4参照)。このことは、圧電層P''の全ての領域の強い結合に通じる。タングステンの高い音響インピーダンスは、いわば、圧電層P''における音響波を「圧縮する」。

【0033】

上記実施例において、第3共振器が備えられている。この第3共振器は、音響波と電気の電圧変化とを相互に変換するための一連の層を備えている。この一連の層は、アルミニウムから構成される第1電極E1、その上に、タングステンから構成される第1圧縮層V1、その上に、AlNから構成される圧電層P、その上に、タングステンから構成される第2圧縮層V2、そして、その上にアルミニウムから構成される第2電極E2を備えている。共振の際における応力分布は、ほぼ第2共振器の応力分布に相当している(図5参照)。つまり、圧縮効果は、第2共振器に更なる層(ここではアルミニウム)が備えられている場合でも、まだ存在する。アルミニウムでは音響波が僅かな傾斜を有しているにもかかわらず、タングステンは、音響圧力(すなわち、音響エネルギー)を圧電層に圧縮している。従って、タングステンは、「音響圧縮層」として使用されている。

【0034】

上記2つの比較例および実施例の共振器は、同じ共振周波数と、ほぼ、それぞれに可能な最適な有効な結合係数を有するように配置されている。

【0035】

電場と応力場との間に十分な結合を達成するために、上記圧縮層は、圧電層に形成されている応力場は比較的均一であるという効果を達成する。このことは、より高い結合係数をもたらす。これに対し、圧縮層に、より小さな応力場が割り当てられる。このより小さな応力場は、場が圧電性の層にある場合、割りあい、ほとんど結合に寄与しない。応力場の「圧縮」により、共振周波数が同じまま、共振器を全体的により薄く形成できる。

【0036】

図6を参考に、望ましい境界条件を有する共振器が製造される。例として、共振器は、0.06以上の結合係数を有し、直列抵抗を減少させるため、少なくとも200nmの厚みのAl電極を有している。結合係数の平方 $k_{eff}^2 = 0.06$ の線を、Al電極の厚さ $d_{Al} = 0.2 \mu m$ までたどると、約700nmのタングステン圧縮層の厚さと、約1.2 μm の圧電層の厚さとが得られる。さらに、Al電極の厚みを600nmに増し、タングステン圧縮層の厚みを650nmに減少する場合、圧電層の厚さと結合係数との双方は、近似的に一定に留まるが、直列抵抗は、もう一度著しく減少させられる。比較として：Al電極を有し圧縮層のない等価共振器(*equivalent Resonator*)は、Al電極の厚さが、約900nm、圧電層の厚さが、約3.5 μm である。従って、インピーダンスが適合された共振器は、ほぼ3倍大きく、9倍の量の窒化アルミニウムを必要とする。

【0037】

以下に、いくつかの物質の音響インピーダンスを挙げる。

物質	$10^6 \text{ Kg/m}^2 \text{ s}$ における音響インピーダンス
Al	17.3

W	1 0 1
Al N	3 4 . 0
Mo	6 3 . 1
Ir	9 8
Pt	6 9 . 7
Ta	6 5 . 3
Ti W	6 4 . 2
Cu	4 0 . 6
Au	6 2 . 5
WSi	9 0
Cr	4 7 . 4
Al ₂ O ₃	4 4 . 3
Si N	3 6 . 2
Ta ₂ O ₅	3 8
ZnO	3 6
PZT	1 7 . 3
AG	1 7 . 2

10

【図面の簡単な説明】

【図 1】

a は、共振周波数の場合に、圧電層の厚みが、アルミニウム電極の厚みに依存していることを示す説明図である。b は、結合係数の平方が、アルミニウム電極の厚みに依存していることを示す説明図である。

20

【図 2】

a は、900 MHz の共振周波数の場合に、圧電層の厚さが、タングステン電極の厚みに依存していることを示す説明図である。b は、結合係数の平方が、タングステン電極の厚みに依存していることを示す説明図である。

【図 3】

アルミニウムから構成される第 1 電極、圧電層、および、アルミニウムから構成される第 2 電極を有する第 1 共振器の断面図である。さらに、共振の際における音響波の応力場が示されている。

30

【図 4】

タングステンから構成される第 1 電極、圧電層、および、タングステンから構成される第 2 電極を有する第 2 共振器の断面図である。さらに、共振の際における音響波の応力場が示されている。

【図 5】

アルミニウムから構成される第 1 電極、タングステンから構成される第 1 圧縮層、圧電層、タングステンから構成される第 2 圧縮層、および、アルミニウムから構成される第 2 電極を有する第 3 共振器の断面図である。さらに、共振の際における音響波の応力場が示されている。

【図 6】

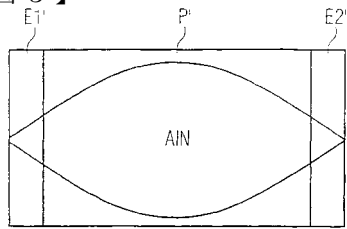
効果的な結合係数の等値プロット（実線）、および、第 3 共振器に対してアナログに形成された共振器の圧電層の厚みを、電極および圧縮層の厚みの関数として示した図である。

40

【符号の説明】

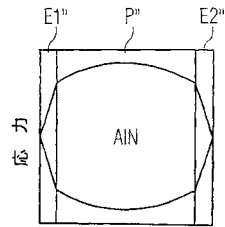
E 1 , E 2 , E 1 ' , E 2 ' , E 1 " , E 2 "	電極
P , P ' , P "	圧電層
V 1 , V 2	圧縮層

【図 3】



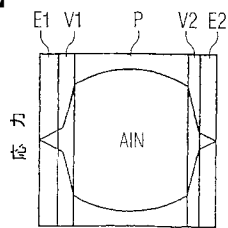
距離

【図 4】



距離

【図 5】



距離

【国際公開パンフレット】

(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
21. März 2002 (21.03.2002)

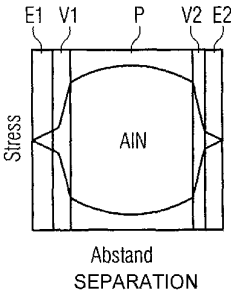
PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/23720 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:	H03H 9/17	(DE). ELBRECHT, Lueder [DE/DE]; Theodor-Dombart-Strasse 1, 80805 München (DE). MARKSTEINER, Stephan [DE/DE]; Cramer-Klett-Str. 53, 85579 Neubiberg (DE). NESSLER, Wulfried [AT/DE]; Ulrich von Huttenstr. 24, 81739 München (DE). TIMME, Hans-Joerg [DE/DE]; Putzbrunner Str. 90, 85521 Ottobrunn (DE).
(21) Internationales Aktenzeichen:	PCT/EP01/10435	
(22) Internationales Anmeldedatum:	10. September 2001 (10.09.2001)	
(25) Einreichungssprache:	Deutsch	(74) Anwälte: GINZEL, Christian usw.; Zimmermann & Partner, Postfach 330 920, 80069 München (DE).
(26) Veröffentlichungssprache:	Deutsch	(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, KR, US.
(30) Angaben zur Priorität:	100 45 090.3 12. September 2000 (12.09.2000) DE	(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): INFINEON TECHNOLOGIES AG [DE/DE], St.-Martin-Str. 53, 81669 München (DE).		Veröffentlicht: — mit internationalem Recherchenbericht
(72) Erfinder; und		Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): AIGNER, Robert [DE/DE], Einsteinstr. 104/8-13, 81675 München		

(54) Title: ACOUSTIC RESONATOR

(54) Bezeichnung: AKUSTISCHER RESONATOR



(57) Abstract: The resonator comprises a first electrode (E1), a second electrode (E2) and a piezoelectric layer (P) arranged between the above. A first acoustic compression layer (V1) is arranged between the piezoelectric layer (E1) and the first electrode (E1) with a higher acoustic impedance than the first electrode (E1).

(57) Zusammenfassung: Der Resonator weist eine erste Elektrode (E1), eine zweite Elektrode (E2) und eine dazwischen angeordnete piezoelektrische Schicht (P) auf. Zwischen der ersten Elektrode (E1) und der piezoelektrischen Schicht (P) ist eine erste akustische Verdichtungsschicht (V1) angeordnet, die eine höhere akustische Impedanz aufweist, als die erste Elektrode (E1).



WO 02/23720 A1

WO 02/23720

PCT/EP01/10435

Beschreibung

Akustischer Resonator

5 Die Erfindung betrifft einen akustischen Resonator, d.h. ein Bauelement, das akustische Wellen und elektrische Spannungsänderungen ineinander umwandelt.

10 Ein solcher Resonator weist üblicherweise eine Schichtenfolge bestehend aus zwei Elektroden und einer dazwischen angeordneten piezoelektrischen Schicht auf. Ein Bulk-Acoustic-Wave Resonator besteht beispielsweise aus einer solchen Schichtenfolge, die auf einer Membran oder einem akustischen Spiegel angeordnet ist (siehe z.B. US 5,873,154). Im Bereich der so-

15 genannten Serien- und Parallelresonanz bilden sich stehende vertikale Wellen aus, wobei sich etwa eine halbe Welle entlang der gesamten Dicke der Schichtenfolge ausbreitet.

20 Die piezoelektrische Schicht besteht in der Regel aus einem Material, wie z.B. AlN, das prozestechnisch schwer abscheidbar ist. Um Abscheidezeiten zu reduzieren, werden Resonatoren mit einer möglichst dünnen piezoelektrischen Schicht angestrebt.

25 Eine dünne piezoelektrische Schicht ist auch aus dem Grunde vorzuziehen, daß der Flächenbedarf des Resonators bei gleichbleibendem Impedanzniveau mit dünner werdender piezoelektrischer Schicht abnimmt, so daß ein Resonator mit dünner piezoelektrischer Schicht einen geringen Platzbedarf aufweist. Resonatoren sollten ein bestimmtes Impedanzniveau haben, um im

30 Durchlaßbereich der Filterkennlinie eine geringe Einfügedämpfung zu gewährleisten.

35 Da die Resonanzfrequenz eines Resonators durch die Dicke aller beteiligten Schichten der Schichtenfolge bestimmt wird, d.h. nicht nur durch die Dicke der aktiven piezoelektrischen Schicht sondern auch durch die Dicke der Elektroden, ist es

WO 02/23720

PCT/EP01/10435

2

möglich, die Dicke der piezoelektrischen Schicht bei vorgegebener Resonanzfrequenz zu reduzieren, indem die Dicken der Elektroden erhöht werden. Wie stark sich eine Schichtdickenänderung auf die Resonanzfrequenz auswirkt, hängt von den akustischen Parametern der Elektrode ab. Schwere und harte Materialien bewirken eine stärkere Frequenzabsenkung bei Schichtdickenerhöhung als leichtere und weichere Materialien.

Es ist üblich, die Elektroden aus Aluminium zu erzeugen, da Aluminium CMOS-kompatibel ist, und somit der Resonator einfach herstellbar ist. Ferner weist Aluminium eine hohe elektrische Leitfähigkeit auf. Allerdings sind die akustischen Eigenschaften von Aluminium weniger vorteilhaft.

Diese Eigenschaften wurden im Vorfeld der Erfindung von den Erfindern untersucht. Einige daraus resultierende Ergebnisse werden im folgenden näher erläutert: Bei einer Resonanzfrequenz von beispielsweise 900MHz müßte die Dicke der piezoelektrischen Schicht ohne Elektroden etwa 5,5µm betragen. Durch Vorsehen von Elektroden kann diese Schichtdicke bei gleichbleibender Resonanzfrequenz reduziert werden. Figur 1a zeigt die Abhängigkeit der Dicke der piezoelektrischen Schicht von der Dicke der Aluminiumelektroden bei der obengenannten Resonanzfrequenz. Um eine Reduktion der Dicke der piezoelektrischen Schicht von 5,5µm auf 3µm zu erzielen, sind ca. 1,05µm dicke Aluminiumelektroden erforderlich. Es hat sich gezeigt, daß bei solch dicken Elektroden die akustischen Eigenschaften des Resonators mangelhaft sind, da der effektive Koppelkoeffizient bei großen Dicken der Aluminiumelektroden sehr klein ist. Der Koppelkoeffizient zum Quadrat ist definiert als $K_{eff}^2 = \pi^2 \cdot (f_p/f_s - 1) / 4$ wobei f_s die Serien- und f_p die Parallel-Resonanzfrequenz bezeichnet. Figur 1b zeigt die Abhängigkeit des Koppelkoeffizienten zum Quadrat von der Dicke der Aluminiumelektroden, wobei die piezoelektrische Schicht aus AlN besteht. Möchte man also die Dicke der piezoelektrischen Schicht auf 3µm bei einer Resonanzfrequenz von 900MHz verringern, so muß man eine erhebliche Absenkung des

WO 02/23720

PCT/EP01/10435

3

Quadrats des Koppelkoeffizienten unter 0,05 in Kauf nehmen, was für Anwendungen, z.B. im GSM-Band, nicht akzeptabel ist.

Es ist bereits vorgeschlagen worden, als Material für die Elektroden Wolfram einzusetzen (siehe z.B. US 5,587,620). Untersuchungen im Vorfeld der Erfindung haben folgendes ergeben: Figur 2a zeigt die Abhängigkeit der Dicke der piezoelektrischen Schicht von der Dicke von Wolframelektroden bei einer Resonanzfrequenz von 900MHz. Beim Vergleich mit Figur 1a zeigt sich, daß eine Kompensation der Dickenreduktion der piezoelektrischen Schicht von 5,5µm auf 3µm mit wesentlich dünneren - nämlich ca. 300nm dicken - Elektroden erzielbar ist, wenn als Elektrodenmaterial Wolfram statt Aluminium verwendet wird. Der Grund dafür liegt in der höheren akustischen Impedanz von Wolfram. Figur 2b zeigt die Abhängigkeit des Koppelkoeffizienten zum Quadrat von der Dicke der Wolframelektroden, wobei die piezoelektrische Schicht aus AlN besteht. Bei 300nm dicken Elektroden ist der Koppelkoeffizient sehr hoch, so daß der Resonator sehr gute akustische Eigenschaften aufweist.

Im Gegensatz zu den Aluminiumelektroden, weisen diese Wolframelektroden jedoch den Nachteil auf, daß der zugehörige Resonator schlechte elektrischen Eigenschaften besitzt, so daß die Einfügedämpfung zu hoch ist. Der Grund dafür liegt darin, daß 300nm dicke Wolframelektroden einen zu hohen elektrischen Widerstand aufweisen.

Zur Schutz der piezoelektrischen Schicht bei der Herstellung eines akustischen Resonators wird in der US 5,760,663 vorgeschlagen, eine Pufferschicht aus Siliziumnitrid zwischen der piezoelektrischen Schicht und den Elektroden vorzusehen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen akustischen Resonator anzugeben, der im Vergleich zum Stand der Technik eine piezoelektrische Schicht mit geringer Dicke und zugleich gute akustische und elektrische Eigenschaften aufweist.

- Die Aufgabe wird gelöst durch einen akustischen Resonator mit einer ersten Elektrode, einer zweiten Elektrode und einer dazwischen angeordneten piezoelektrischen Schicht, wobei zwischen der ersten Elektrode und der piezoelektrischen Schicht eine erste akustische Verdichtungsschicht angeordnet ist, die eine höhere akustische Impedanz aufweist, als die erste Elektrode.
- 10 Der Resonator weist also eine Schichtenfolge auf, die mindestens aus der ersten Elektrode, der ersten Verdichtungsschicht, der piezoelektrischen Schicht und der zweiten Elektrode besteht. Bei Resonanz verläuft eine halbe Welle entlang der gesamten Dicke der Schichtenfolge.
- 15 Der Erfindung liegen die oben beschriebenen Ergebnisse der Untersuchungen und die Erkenntnis zugrunde, daß die Auswirkung der Schichtdickenänderung einer Schicht der Schichtenfolge auf die Resonanzfrequenz nicht nur von den akustischen Parametern der betroffenen Schicht abhängt, sondern auch von
- 20 der Lage der betroffenen Schicht zur piezoelektrischen Schicht. Schichten, die nahe an der piezoelektrischen Schicht liegen, wirken stärker als Schichten, die weiter entfernt liegen.
- 25 Durch das Vorsehen der ersten Verdichtungsschicht wird die Dicke der piezoelektrischen Schicht bei gleichbleibender Resonanzfrequenz reduziert. Das Material der ersten Verdichtungsschicht kann so gewählt werden, daß bereits eine dünne
- 30 erste Verdichtungsschicht ausreicht, um die Dicke der piezoelektrischen Schicht stark zu reduzieren. Dadurch bleibt der Koppelkoeffizient hoch, so daß der Resonator gute akustische Eigenschaften aufweist.
- 35 Da die erste Elektrode weiter entfernt von der piezoelektrischen Schicht liegt als die erste Verdichtungsschicht, trägt sie nur wenig zu den akustischen Eigenschaften des Resonators

WO 02/23720

PCT/EP01/10435

5

bei. Das Material der ersten Elektrode kann ohne Rücksicht auf akustische Eigenschaften so gewählt werden, daß der elektrische Widerstand klein ist, so daß der Resonator gute elektrische Eigenschaften aufweist. Beispielsweise bewirken Elektroden aus Al mit Dicken von 300-600nm, die zu einem niedrigen elektrischen Widerstand führen, nur eine leichte Verschlechterung des durch Vorsehen der ersten Verdichtungsschicht erreichten Koppelkoeffizienten, und verschieben die Resonanzfrequenz unwesentlich nach unten, was durch eine zusätzliche (erwünschte) geringe Reduktion der Dicke der piezoelektrischen Schicht wiederum ausgeglichen werden kann.

Die Erfindung ermöglicht es, die akustischen und elektrischen Eigenschaften des Resonators bei beliebiger Dicke der piezoelektrischen Schicht unabhängig voneinander zu optimieren. Ferner ist es möglich, auch bei einer geringen Dicke der piezoelektrischen Schicht gute akustische und elektrische Eigenschaften des Resonators zu erzielen.

Besonders gute akustische Eigenschaften werden erzielt, wenn das Verhältnis der akustischen Impedanz der ersten Verdichtungsschicht zur akustischen Impedanz der piezoelektrischen Schicht möglichst groß ist. Vorzugsweise ist das Verhältnis der akustischen Impedanz der ersten Elektrode zur akustischen Impedanz der ersten Verdichtungsschicht möglichst klein.

Als Materialien der ersten Verdichtungsschicht mit hoher akustischer Impedanz eignen sich insbesondere W, Mo, Pt, Ta, TiW, TiN, Ir, WSi, Au, Al_2O_3 , SiN, Ta_2O_5 und Zirkon-Oxid. Die letzten vier Materialien sind Dielektrika.

Bevorzugt werden leitfähige Materialien für die Verdichtungsschicht verwendet, wobei die vorstehend aufgelisteten ersten 9 Materialien besonders bevorzugt sind. Leitfähige Materialien verhindern insbesondere die Ausbildung von Serienkapazitäten, wie sie bei dielektrischen Materialien auftreten würden.

WO 02/23720

PCT/EP01/10435

6

Als Materialien der piezoelektrischen Schicht eignen sich beispielsweise AlN, ZnO, PZT, LiNbO₃.

- Das Elektrodenmaterial kann so gewählt werden, daß seine
5 Leitfähigkeit sogar ausreicht, um aus dem Elektrodenmaterial Verbindungsleitungen herzustellen. Bei der Erzeugung einer Elektrode können also gleichzeitig Verbindungsleitungen hergestellt werden. Die Elektrode kann Teil einer solchen Verbindungsleitung sein.
- 10 Das Elektrodenmaterial kann so gewählt werden, daß es für das Bonden mit Verbindungsleitungen geeignet ist. Beispielsweise dient die erste Elektrode oder die zweite Elektrode als Bondpad, auf der eine Verbindungsleitung gelötet ist.
- 15 Die Elektroden bestehen vorzugsweise im wesentlichen aus Aluminium, Titan, Silber oder Kupfer. Insbesondere Al und Cu weisen eine hohe elektrische Leitfähigkeit auf und sind darüber hinaus CMOS-kompatibel.
- 20 Zur Gewährleistung eines ausreichend geringen elektrischen Widerstands der Elektroden, sind die Elektroden vorzugsweise mindestens 200 nm dick.
- 25 Besonders gute akustische und elektrische Eigenschaften des Resonators werden erzielt, wenn neben der ersten Verdichtungsschicht auch eine zweite Verdichtungsschicht vorgesehen ist, die zwischen der zweiten Elektrode und der piezoelektrischen Schicht angeordnet ist.
- 30 Der akustische Resonator kann als Bulk-Acoustic-Wave Resonator ausgestaltet sein. Die Schichtenfolge kann auf einer Membran oder einem akustischen Spiegel angeordnet sein. Dabei kann die erste Elektrode oder die zweite Elektrode an den
35 akustischen Spiegel oder an die Membran angrenzen. Streng genommen beeinflusst auch die Membran oder der akustische Spiegel die Resonanzfrequenz. Die Beeinflussung ist jedoch ge-

WO 02/23720

PCT/EP01/10435

7

ring. Eine Berücksichtigung der Membran bzw. des Spiegels bei der Optimierung der akustischen und elektrischen Eigenschaften des Resonators ist möglich, jedoch nicht erforderlich.

- 5 Besonders bevorzugt ist es, wenn das Material der Verdichtungsschicht/en so gewählt wird, daß das Verhältnis der akustischen Impedanz der Verdichtungsschicht/en zur akustischen Impedanz der piezoelektrischen Schicht größer als 2 ist.
- 10 Weiterhin ist es bevorzugt, wenn das Material der ersten Elektrode so gewählt wird, daß das Verhältnis der akustischen Impedanz der ersten Elektrode zur akustischen Impedanz der Verdichtungsschicht/en kleiner als $1/3$ ist.
- 15 Im folgenden werden zwei Vergleichsbeispiele und ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Figuren 3 bis 6 näher erläutert.
- 20 Figur 3 zeigt einen Querschnitt durch einen ersten Resonator mit einer ersten Elektrode aus Aluminium, einer piezoelektrischen Schicht und einer zweiten Elektrode aus Aluminium. Ferner ist das Streßfeld einer akustischen Welle bei Resonanz dargestellt.
- 25 Figur 4 zeigt einen Querschnitt durch einen zweiten Resonator mit einer ersten Elektrode aus Wolfram, einer piezoelektrischen Schicht und einer zweiten Elektrode aus Wolfram. Ferner ist das Streßfeld einer akustischen Welle bei Resonanz dargestellt.
- 30 Figur 5 zeigt einen Querschnitt durch einen dritten Resonator mit einer ersten Elektrode aus Aluminium, einer ersten Verdichtungsschicht aus Wolfram, einer piezoelektrischen Schicht, einer zweiten Verdichtungsschicht aus Wolfram und einer zweiten Elektrode aus Aluminium. Ferner ist das Streßfeld einer akustischen Welle bei Resonanz dargestellt.
- 35

Figur 6 zeigt einen Konturplot des effektiven Koppelkoeffizienten (durchgezogene Linien) sowie die Dicke der piezoelektrischen Schicht von analog zum dritten Resonator aufgebauten Resonatoren als Funktion der Dicke der Elektroden und der Verdichtungsschichten.

Im ersten Vergleichsbeispiel ist ein erster Resonator vorgesehen, der eine piezoelektrische Schicht P' aus AlN aufweist, die zwischen einer ersten Elektrode E1' aus Aluminium und einer zweiten Elektrode E2' aus Aluminium angeordnet ist. Das zugehörige Streßfeld bei Resonanz zeigt eine starke Variation über die piezoelektrische Schicht P' (siehe Figur 3). Da die piezoelektrische Kopplung proportional zum mittleren Streß ist, tragen Bereiche nahe der Elektroden E1', E2' weniger bei, als die Bereiche in der Mitte der piezoelektrischen Schicht P'.

Im zweiten Vergleichsbeispiel ist ein zweiter Resonator vorgesehen, der eine piezoelektrische Schicht P'' aus AlN aufweist, die zwischen einer ersten Elektrode E1'' aus Wolfram und einer zweiten Elektrode E2'' aus Wolfram angeordnet ist. Die Streßverteilung weist einen starken Gradienten in den Elektroden E1'', E2'' auf und ist über die piezoelektrische Schicht P'' hinweg relativ konstant (siehe Figur 4). Dies führt zu einer starken Kopplung aller Bereiche der piezoelektrischen Schicht P''. Die hohe akustische Impedanz des Wolframs „verdichtet“ sozusagen die akustische Welle in der piezoelektrischen Schicht P''.

Im Ausführungsbeispiel ist ein dritter Resonator vorgesehen, der eine Schichtenfolge zum ineinander Umwandeln von akustischen Wellen und elektrischen Spannungsänderungen aufweist. Die Schichtenfolge umfaßt eine erste Elektrode E1 aus Aluminium, darüber eine erste Verdichtungsschicht V1 aus Wolfram, darüber eine piezoelektrische Schicht P aus AlN, darüber eine zweite Verdichtungsschicht V2 aus Wolfram und darüber eine

WO 02/23720

PCT/EP01/10435

9

zweite Elektrode E2 aus Aluminium. Die Streßverteilung bei Resonanz entspricht fast der des zweiten Resonators (siehe Figur 5). Der Verdichtungseffekt ist also auch noch vorhanden, wenn der zweite Resonator mit weiteren Schichten (hier Aluminium) versehen wird. Obwohl die akustische Welle im Aluminium einen geringen Gradienten hat, verdichtet das Wolfram den akustischen Streß (und somit die akustische Energie) in der piezoelektrischen Schicht. Das Wolfram dient somit als „akustische Verdichtungsschicht“.

Die Resonatoren der zwei Vergleichsbeispiele und des Ausführungsbeispiels sind so ausgelegt, daß sie dieselbe Resonanzfrequenz und etwa den jeweils möglichen optimalen effektiven Koppelkoeffizienten aufweisen.

Durch die Verdichtungsschicht wird erreicht, daß das sich in der piezoelektrischen Schicht ausbildende Streßfeld vergleichsweise homogen ist, um eine gute Kopplung zwischen elektrischem und Streßfeld zu erreichen. Dies trägt zu einem höheren Koppelkoeffizienten bei. Auf die Verdichtungsschicht entfallen dagegen Bereiche geringeren Stresses, die, wenn sie in der Piezoschicht liegen würden, vergleichsweise wenig zur Kopplung beitragen würden. Durch die "Verdichtung" des Streßfeldes kann der Resonator bei gleichbleibender Resonanzfrequenz insgesamt dünner ausgebildet werden.

Mit Hilfe von Figur 6 läßt sich ein Resonator mit gewünschten Randbedingungen herstellen: Als Beispiel soll ein Resonator einen Koppelkoeffizienten $>0,06$ haben, und zur Reduktion der Serienwiderstände mindestens 200nm dicke Al-Elektroden haben. Folgt man der Koppelkoeffizient zum Quadrat $k_{eff}^2=0,06$ - Linie bis zu jenem Punkt, bei dem die Dicke der Al-Elektroden $d_{Al}=0,2\mu m$ ist, so ergibt sich eine Dicke der Wolfram-Verdichtungsschichten von ca. 700nm und eine Dicke der piezoelektrischen Schicht von etwa $1,2\mu m$. Ferner ist erkennbar, daß bei Verdickung der Al-Elektroden auf 600nm und Reduktion der Wolfram-Verdichtungsschichten auf 650nm sowohl die Dicke

WO 02/23720

PCT/EP01/10435

10

- der piezoelektrischen Schicht als auch der Koppelkoeffizient näherungsweise konstant bleiben, der Serienwiderstand jedoch noch einmal erheblich reduziert werden kann. Als Vergleich: Ein äquivalenter Resonator mit Al-Elektroden ohne Verdichtungsschichten hätte eine Dicke der Al-Elektroden von ca. 900nm und eine Dicke der piezoelektrischen Schicht von ca. 3,5µm. Ein impedanzangepaßter Resonator wäre somit fast dreimal größer und bräuchte die 9-fache Menge an Aluminiumnitrid.
- 10 Nachfolgend sind akustische Impedanzen von einigen Materialien aufgelistet.

Material	akustische Impedanz in 10 ⁶ kg/m ² s
Al	17,3
W	101
AlN	34,0
Mo	63,1
Ir	98
Pt	69,7
Ta	65,3
TiW	64,2
Cu	40,6
Au	62,5
WSi	90
Cr	47,4
Al ₂ O ₃	44,3
SiN	36,2
Ta ₂ O ₅	38
ZnO	36
PZT	17,3
Ag	17,2

WO 02/23720

PCT/EP01/10435

14

Bezugszeichenliste

5	E1, E2, E1', E2', E1'', E2''	Elektrode
	P, P', P''	piezoelektrische Schicht
	V1, V2	Verdichtungsschicht
10		

WO 02/23720

PCT/EP01/10435

12

Patentansprüche

1. Akustischer Resonator
mit einer ersten Elektrode (E1), einer zweiten Elektrode (E2)
5 und einer dazwischen angeordneten piezoelektrischen Schicht
(P),
dadurch gekennzeichnet, daß
zwischen der ersten Elektrode (E1) und der piezoelektrischen
Schicht (P) eine erste akustische Verdichtungsschicht (V1)
10 angeordnet ist, die eine höhere akustische Impedanz aufweist
als die erste Elektrode (E1).
2. Akustischer Resonator nach Anspruch 1,
bei dem das Material der ersten Verdichtungsschicht (V1) so
15 gewählt wird, daß das Verhältnis der akustischen Impedanz der
ersten Verdichtungsschicht (V1) zur akustischen Impedanz der
piezoelektrischen Schicht (P) möglichst groß ist.
3. Akustischer Resonator nach einem der Ansprüche 1 bis 2,
20 bei dem die erste Verdichtungsschicht (V1) im wesentlichen
aus W, Mo, Ir, Pt, Ta, TiW, TiN, Au, WSi, Cr, Al₂O₃, SiN,
Ta₂O₅ oder Zirkon-Oxid besteht.
4. Akustischer Resonator nach einem der Ansprüche 2 oder 3,
25 bei dem das Material der ersten Elektrode (E1) so gewählt
wird, daß das Verhältnis der akustischen Impedanz der ersten
Elektrode (E1) zur akustischen Impedanz der ersten Verdich-
tungsschicht (V1) möglichst klein ist.
- 30 5. Akustischer Resonator nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
bei dem die erste Elektrode (E1) eine höhere elektrische
Leitfähigkeit aufweist als die erste Verdichtungsschicht
(V1).

WO 02/23720

PCT/EP01/10435

13

6. Akustischer Resonator nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die erste Elektrode (E1) und/oder die zweite Elektrode (E2) im wesentlichen aus Aluminium, Titan, Silber oder Kupfer bestehen.

5

7. Akustischer Resonator nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem zwischen der zweiten Elektrode (E2) und der piezoelektrischen Schicht (P) eine der ersten Verdichtungsschicht (V1) entsprechende zweite akustische Verdichtungsschicht (V2) angeordnet ist, die eine höhere akustische Impedanz aufweist als die zweite Elektrode (E2).

10

8. Akustischer Resonator nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem die erste Verdichtungsschicht (V1) im wesentlichen aus einem leitfähigen Material besteht.

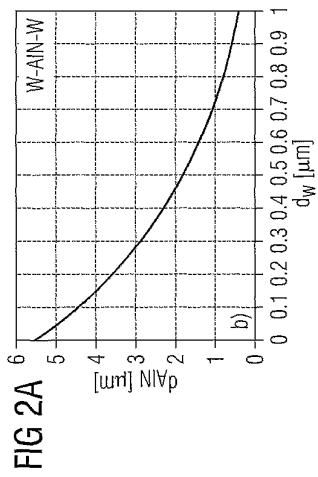
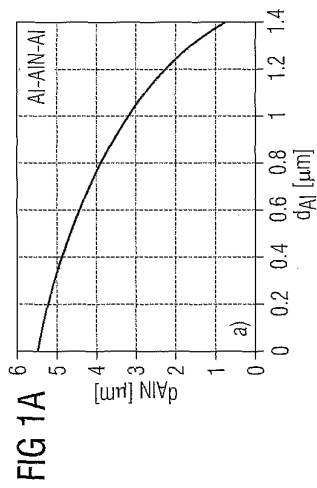
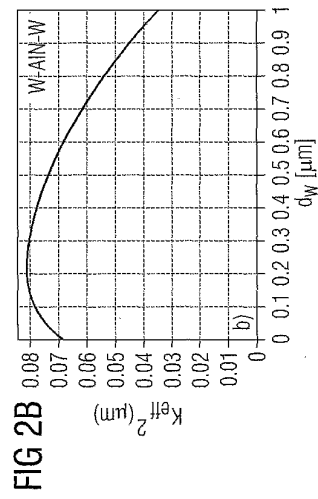
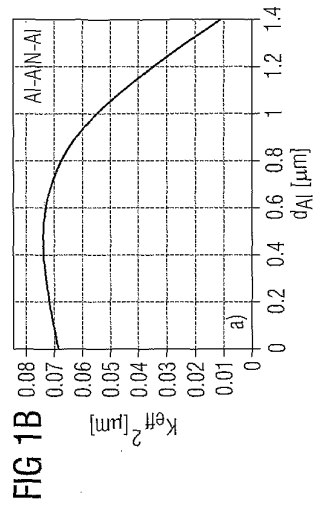
15

9. Akustischer Resonator nach Anspruche 7 oder 8, bei dem die zweite Verdichtungsschicht (V2) im wesentlichen aus einem leitfähigen Material besteht.

WO 02/23720

PCT/EP01/10435

1/3

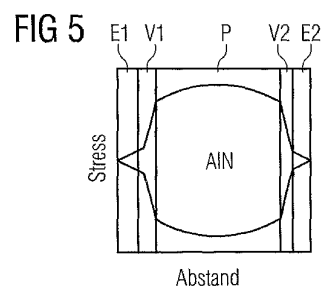
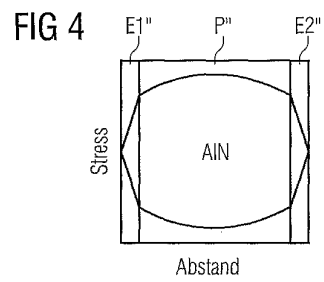
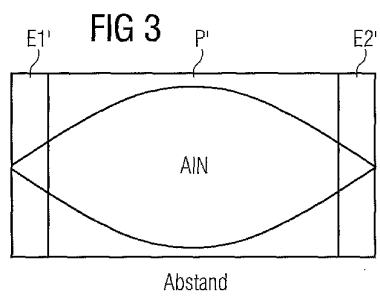


ERSATZBLATT (REGEL 26)

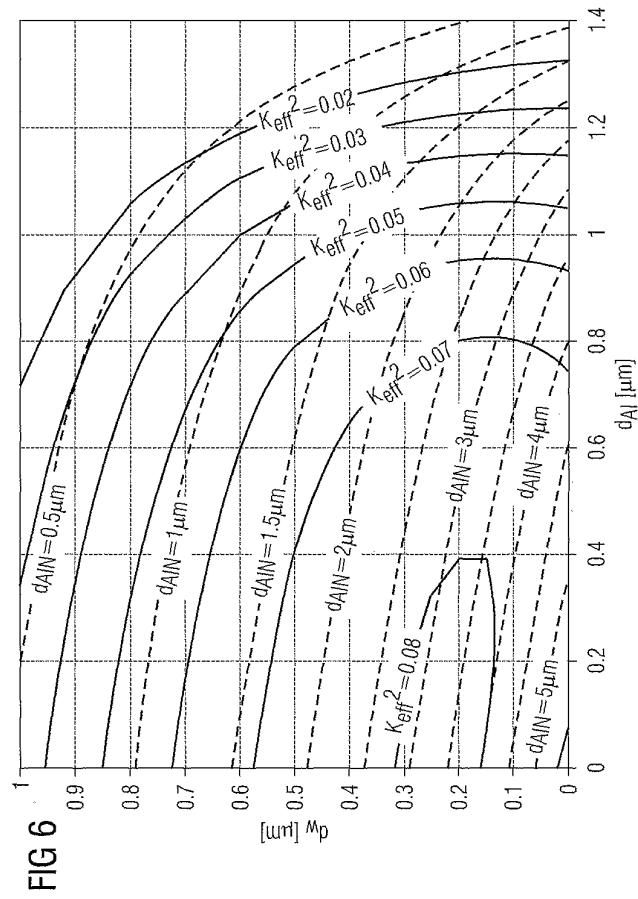
WO 02/23720

PCT/EP01/10435

2/3



ERSATZBLATT (REGEL 26)



ERSATZBLATT (REGEL 26)

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No. PCT/EP 01/10435
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 H03H9/17		
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) IPC 7 H03H		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 456 850 A (INOUE TAKESHI ET AL) 26 June 1984 (1984-06-26) column 5, line 47 -column 6, line 60	1
A	US 5 873 154 A (PARTANEN MEERI TALVILEI ET AL) 23 February 1999 (1999-02-23) cited in the application the whole document	1
☐ Further documents are listed in the continuation of box C. ☒ Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents: *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art *&* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 4 December 2001		Date of mailing of the international search report 11/12/2001
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-2010		Authorized officer Coppieters, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family membersIn International Application No.
PCT/EP 01/10435

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4456850	A	26-06-1984	JP 1048694 B	20-10-1989
			JP 1563450 C	12-06-1990
			JP 58137317 A	15-08-1983
US 5873154	A	23-02-1999	AU 4270197 A	11-05-1998
			EP 1012889 A1	28-06-2000
			WO 9816957 A1	23-04-1998

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT		Internationales Aktenzeichen Publ./EP 01/10435
A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 7 H03H9/17 Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 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		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beitr. Anspruchs Nr.
A	US 4 456 850 A (INOUE TAKESHI ET AL) 26. Juni 1984 (1984-06-26) Spalte 5, Zeile 47 - Spalte 6, Zeile 60	1
A	US 5 873 154 A (PARTANEN MEERI TALVILEI ET AL) 23. Februar 1999 (1999-02-23) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1
☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* älteres Dokument, das jedoch erst ein 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 in 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 besprochenen 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 erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
4. Dezember 2001		11/12/2001
Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2200 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-3040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Beauftragter Coppieters, C

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT				Int.- nationales Abkürzungszeichen	
Angaben zu Veröffentlichung		die zur selben Patentfamilie gehören		PCT/EP 01/10435	
Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 4456850	A	26-06-1984	JP 1048694 B		20-10-1989
			JP 1563450 C		12-06-1990
			JP 58137317 A		15-08-1983
US 5873154	A	23-02-1999	AU 4270197 A		11-05-1998
			EP 1012889 A1		28-06-2000
			WO 9816957 A1		23-04-1998

フロントページの続き

- (72)発明者 アイグナー, ローベルト
ドイツ連邦共和国 82008 ウンターハヒング カール ドゥイスバーグ シュトラーセ 2
4
- (72)発明者 エルブレヒト, リューダー
ドイツ連邦共和国 81825 ミュンヘン ターラーヴェーク 7ベー
- (72)発明者 マークシュタイナー, シュテファン
ドイツ連邦共和国 85640 プッツブルン ブーヘンシュトラーセ 9
- (72)発明者 ネスラー, ヴィンフリート
ドイツ連邦共和国 81739 ミュンヘン ウルリヒ フォン ヒュッテン シュトラーセ 2
4
- (72)発明者 ティメ, ハンス ヨルク
ドイツ連邦共和国 85521 オットブルン プッツブルンナー シュトラーセ 90
- Fターム(参考) 5J108 BB08 FF05