

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-92019

(P2019-92019A)

(43) 公開日 令和1年6月13日(2019.6.13)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H03H 9/145 (2006.01)	H03H 9/145	5J097
H03H 9/25 (2006.01)	H03H 9/145	C
	H03H 9/25	C

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2017-218823 (P2017-218823)	(71) 出願人	000006231
(22) 出願日	平成29年11月14日 (2017.11.14)		株式会社村田製作所
			京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
		(74) 代理人	110001232
			特許業務法人 宮▲崎▼・目次特許事務所
		(72) 発明者	佐治 真理
			京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
			株式会社村田製作所内
		Fターム(参考)	5J097 AA13 AA19 AA21 DD29 FF01
			FF03 FF05 GG04 KK01 KK03
			KK05 LL03

(54) 【発明の名称】 弾性波装置、高周波フロントエンド回路及び通信装置

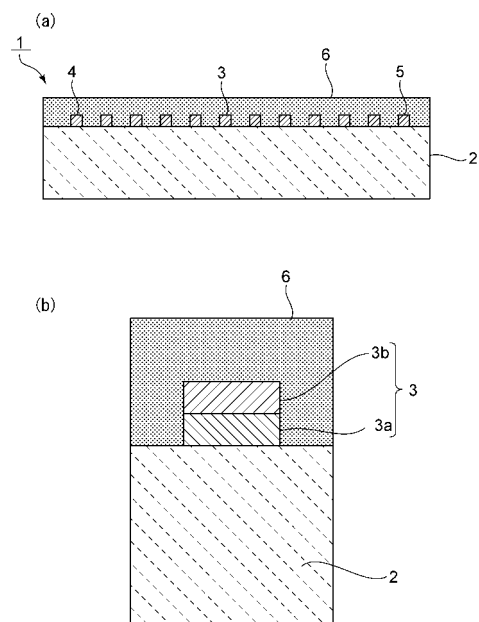
(57) 【要約】

【課題】 比帯域と、TCFの双方を改善することができる弾性波装置を提供する。

【解決手段】 ニオブ酸リチウムからなる圧電基板2上にIDT電極3が設けられており、IDT電極3を覆うように酸化ケイ素層6が設けられており、IDT電極3が、AlCu層3bと、AlCu層3bよりも圧電基板2側に配置されており、酸化ケイ素層6よりも密度が高い金属層3aを備えており、AlCu層におけるCu濃度が13重量%以上である、弾性波装置1。

【選択図】 図1

図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ニオブ酸リチウムからなる圧電基板と、
前記圧電基板上に設けられた I D T 電極と、
前記 I D T 電極を覆うように前記圧電基板上に設けられた酸化ケイ素層と、
を備え、
前記 I D T 電極が、
A l C u 層と、
前記 A l C u 層よりも前記圧電基板側に配置されており、前記酸化ケイ素層よりも密度
が高い金属層と、
を備え、
前記 A l C u 層における C u 濃度が、13 重量%以上である、弾性波装置。

10

【請求項 2】

前記 A l C u 層における C u 濃度が、37 重量%以下である、請求項 1 に記載の弾性波装置。

【請求項 3】

前記酸化ケイ素層よりも密度が高い金属層が、M o、C u、A g 及び A u からなる群から選択された一種の金属からなる、請求項 1 または 2 に記載の弾性波装置。

【請求項 4】

請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の弾性波装置と、
パワーアンプと、
を備える、高周波フロントエンド回路。

20

【請求項 5】

請求項 4 に記載の高周波フロントエンド回路と、
R F 信号処理回路と、
を備える、通信装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ニオブ酸リチウムからなる圧電基板を用いた弾性波装置、該弾性波装置を有する高周波フロントエンド回路及び通信装置に関する。

30

【背景技術】

【0002】

下記の特許文献 1 には、ニオブ酸リチウムからなる圧電基板を用いた弾性波装置が開示されている。この弾性波装置では、圧電基板上に、I D T 電極が設けられており、I D T 電極を覆うように酸化ケイ素からなる周波数温度特性（以下、T C F）の補償層が設けられている。I D T 電極は、弾性波の反射率を確保するために酸化ケイ素より音響インピーダンスが大きい M o からなる層と、I D T 電極の電気抵抗を低減するための A l からなる層とを積層した構造を有している。また、A l 層には、C u が添加されていてもよい旨が記載されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】W O 2 0 1 1 / 1 5 8 4 4 5

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

弾性波装置では、比帯域の拡大及び温度特性の向上が求められている。

【0005】

ニオブ酸リチウムからなる圧電基板上に、I D T 電極及び I D T 電極を保護する酸化ケ

50

イ素層を積層した構造では、比帯域を大きくしようとする、TCFが悪化する。逆に、TCFを改善しようとする、比帯域が小さくなるという問題があった。すなわち、比帯域の改善と、TCFの改善とがトレードオフの関係にあった。

【0006】

本発明の目的は、比帯域及びTCFの双方を改善することができる、弾性波装置、該弾性波装置を有する高周波フロントエンド回路及び通信装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明に係る弾性波装置は、ニオブ酸リチウムからなる圧電基板と、前記圧電基板上に設けられたIDT電極と、前記IDT電極を覆うように前記圧電基板上に設けられた酸化ケイ素層とを備え、前記IDT電極が、AlCu層と、前記AlCu層よりも前記圧電基板側に配置されており、前記酸化ケイ素層よりも密度が高い金属層と、を備え、前記AlCu層におけるCu濃度が、13重量%以上である。

【0008】

本発明に係る弾性波装置では、好ましくは、前記AlCu層におけるCu濃度が、37重量%以下である。この場合には、IDT電極の電気抵抗を効果的に低めることができる。

【0009】

本発明において、好ましくは、前記酸化ケイ素層よりも密度が高い金属層が、Mo、Cu、Ag及びAuからなる群から選択された一種の金属からなる。この場合には、AlCuと共に、IDT電極の電気抵抗を十分に低めることができる。

【0010】

本発明に係る高周波フロントエンド回路は、本発明に従って構成された弾性波装置と、パワーアンプと、を備える。

【0011】

本発明に係る通信装置は、本発明に係る高周波フロントエンド回路と、RF信号処理回路と、を備える。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、比帯域及びTCFなどの温度特性の双方が改善された弾性波装置、該弾性波装置を有する高周波フロントエンド回路及び通信装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】(a)及び(b)は、本発明の第1の実施形態に係る弾性波装置の正面断面図及び電極積層構造を説明するための部分拡大正面断面図である。

【図2】AlCu層におけるCu濃度(重量%)と、比帯域 Δf (%)と、TCF(ppm/°C)との関係を示す図である。

【図3】AlCu層におけるCu濃度(重量%)と、比帯域が3%のときのTCF(ppm/°C)との関係を示す図である。

【図4】AlCu層におけるCu濃度(重量%)と、体積抵抗率($\mu\Omega\cdot\text{cm}$)との関係を示す図である。

【図5】AlCu層と、様々な酸化ケイ素層よりも密度が高い金属層とを積層した弾性波装置のインピーダンス特性を示す図である。

【図6】Al層を有するIDT電極のAl膜厚と、比帯域(%)と、音速の温度特性(以下、TCV(ppm/°C))との関係を示す図である。

【図7】本発明の実施形態としての高周波フロントエンド回路を有する通信装置を示す回路図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、図面を参照しつつ、本発明の具体的な実施形態を説明することにより、本発明を

10

20

30

40

50

明らかにする。

【0015】

なお、本明細書に記載の各実施形態は、例示的なものであり、異なる実施形態間において、構成の部分的な置換または組み合わせが可能であることを指摘しておく。

【0016】

図1(a)は、本発明の第1の実施形態に係る弾性波装置の正面断面図であり、(b)は電極積層構造を説明するための部分拡大正面断面図である。

【0017】

弾性波装置1は、ニオブ酸リチウムからなる圧電基板2を有する。圧電基板2上に、IDT電極3及び反射器4、5が設けられている。それによって、1ポート型弾性波共振子が構成されている。IDT電極3を覆うように、酸化ケイ素層6が積層されている。IDT電極3は、AlにCuを添加して成るAlCu層3bと、AlCu層3bよりも圧電基板2側に配置された金属層3aとを有する。金属層3aは、金やモリブデンなどの酸化ケイ素よりも密度が高い金属からなる。

【0018】

弾性波装置1の特徴は、ニオブ酸リチウムからなる圧電基板2と、圧電基板2上に形成されたIDT電極3と、IDT電極3を覆うように積層された酸化ケイ素層6とを備える弾性波装置において、IDT電極3に含まれるAlCu層におけるCu濃度が、13重量%以上であることにある。それによって、比帯域と、TCFやTCVなどの温度特性の改善の双方を図ることができる。

【0019】

これを、以下においてより詳細に説明する。TCFは周波数温度係数であり、共振周波数の温度によっての割合を示し、TCVは音速の温度係数であり、音速の温度による変化の割合を示す。TCFやTCVの絶対値が小さいほど、温度による周波数や音速の変化が小さいため、好ましい。なお、TCVは音速の温度依存性であるため、TCVの悪化は、TCFの悪化と相関しており、TCVが改善されると、TCFも改善される。

【0020】

従来のニオブ酸リチウムからなる圧電基板上にIDT電極及び酸化ケイ素層を積層した構造では、比帯域の拡大を図ろうとすると、TCVが悪化し、TCVを改善しようとする、比帯域が小さくなるという問題があった。これは、TCVの絶対値を小さくしようとすると、酸化ケイ素層の厚みを厚くする必要がある。ところが、酸化ケイ素層の厚みが厚くなると、質量付加により、比帯域が小さくなる。

【0021】

弾性波装置のIDT電極としては、AlやAlを主体とする金属材料を用いることが好ましい。電気抵抗が低いため、IDT電極の材料として好適だからである。また、Alは、密度が高くないため、周波数ばらつきが増大しにくいという利点がある。さらに、Alは、腐食耐性が比較的強く、製造も容易である。またAlを用いることにより、耐電力性も確保できる。

【0022】

しかしながら、本願発明者は、IDT電極がAl（アルミニウム）からなる金属層の場合、Al層の厚みによって、上記トレードオフ関係が変化することを見出した。

【0023】

図6は、Al層の膜厚と、比帯域(%)と、TCV(ppm/°C)との関係を示す図である。ニオブ酸リチウムからなる圧電基板上に、モリブデンからなる金属層及びAl層を積層した構造において、比帯域とTCVとの関係を求めた結果である。

【0024】

図6から明らかなように、比帯域とTCVの間にはトレードオフの関係がある。すなわち、比帯域を大きくしようとすると、TCVが悪化する。逆に、TCVを改善しようとすると、比帯域が小さくなることがわかる。さらに、Al層の膜厚が厚くなると、図6に矢印で示すように、トレードオフ関係が良好な状態から、悪化する方向に、このトレード

10

20

30

40

50

オフラインが移動することがわかる。本願発明者は、このAl層の膜厚を厚くすると、同じ比帯域のときに得られるTCVが劣化することを初めて見出した。

【0025】

本願発明者は上記の問題を解決すべく鋭意検討した結果、IDT電極の材料としてAlにCuを添加してあるAlCuを用い、AlCu層におけるCu濃度を13重量%以上とすればよいことを見出した。それによって、比帯域とTCFやTCVなどの温度特性とのトレードオフ関係を改善し得ることを見出した。加えて、Alを主体とする金属材料であるため、周波数ばらつきが増大しにくく、腐食耐性が比較的強く、かつ製造も容易であるという効果も得られる。

【0026】

図2は、AlCu層におけるCu濃度(重量%)と、比帯域 Δf (%)と、TCF(ppm/°C)との関係を示す図である。

【0027】

圧電基板2としては、回転YカットX伝搬のニオブ酸リチウムを用いた。オイラー角は(0°, 37.5°, 0°)である。IDT電極は、金属層3aが168nmの厚みのMoからなり、その上に、Al層またはAlCu層を積層した構造とした。AlまたはAlCu層の膜厚は200nmとした。図2では、Cu濃度が0重量%すなわちAl層を積層した場合、Cu濃度が1重量%、13重量%または27重量%とした場合の結果が示されている。なお、酸化ケイ素層の膜厚は1110nmから1650nmとした。

【0028】

図2から明らかなように、Cu濃度が1重量%の場合には、Cu濃度が0重量%すなわちAl層の場合とほぼ同等の結果となっている。これに対して、AlCu層におけるCu濃度が13重量%または27重量%となった場合、同じ比帯域を得ようとした場合、温度特性TCFが改善されていることがわかる。すなわち、同じ比帯域を得ようとした場合、TCFの絶対値が0に近づくことがわかる。

【0029】

そこで、上記AlCu層におけるCu濃度を種々変化させ、同様に上記トレードオフ関係を求めた。求められたトレードオフラインにおいて、比帯域が3%のときのTCFを求めた。図3は、AlCu層におけるCuの濃度と、上記のようにして求められた、比帯域3%のときのTCFとの関係を示す図である。図3から明らかなように、AlCu層におけるCu濃度が13重量%以上になると、Cu濃度が13重量%未満の場合に比べて、Cu濃度の増加に従って、TCFが急激に改善されることがわかる。

【0030】

従って、Cu濃度が13重量%以上であれば、上記トレードオフ関係を効果的に改善することができる。そのため、比帯域と、TCFの双方を改善することができる。

【0031】

なお、図2及び図3では、温度特性としてTCFにつき説明したが、当然のことながら、TCFの絶対値が小さくなるように改善される場合、TCVの絶対値も小さくなるように改善される。

【0032】

図4は、AlCu層におけるCu濃度(重量%)と、体積抵抗率($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)との関係を示す図である。図4から明らかなように、Cu濃度が37重量%以下の場合に比べて、37重量%を超えると、Cu濃度の増加に従って、体積抵抗率が急激に大きくなるのがわかる。従って、Cu濃度は、37重量%以下であることが好ましい。それによって、電気抵抗の低いIDT電極を得ることができる。

【0033】

図4から明らかなように、Cu濃度が37重量%である場合、体積抵抗率は $15 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ である。他方、電気抵抗を低めるには、AlCu層の膜厚を厚くすればよい。体積抵抗率が $15 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ に悪化した場合、同じ電気抵抗を実現するには、AlCu層の膜厚を、100nm増加させる必要がある。しかしながら、前述したように、Al層またはA

10

20

30

40

50

1 Cu層の膜厚を増加させると、比帯域と、温度特性とのトレードオフの関係を悪化させることになる。従って、AlCu層の膜厚を厚くすることは望ましくない。

【0034】

これに対して、本発明では、好ましくは、酸化ケイ素層よりも密度が高い金属層3aにおける酸化ケイ素層よりも密度が高い金属として、Mo（モリブデン）、Cu（銅）、Ag（銀）及びAu（金）からなる群から選択された一種の金属を用いることが望ましい。これらの金属は、弾性波の反射率を確保するための密度の高い金属層3aを構成しているが、電気抵抗も低いため、IDT電極全体の電気抵抗を低めることができる。

【0035】

下記の表1は、種々の密度の高い金属の体積抵抗率と、体積抵抗率が $15\mu\Omega\cdot\text{cm}$ であるAlCu層（厚み200nm）を積層した場合に、IDT電極の抵抗が $200\text{m}\Omega/\text{sq.}$ となる密度の高い金属の膜厚と、SH波のスプリアスとの関係を示す。

【0036】

【表1】

【表1】

	体積抵抗率	体積抵抗率 $15\mu\Omega\cdot\text{cm}$ の AlCu層200nmと積層した場合に IDT電極の抵抗が $200\text{m}\Omega/\text{sq.}$ となる 膜厚($\lambda=4\mu\text{m}$)	SH波スプリアス
	$[\mu\Omega\cdot\text{cm}]$	$[\text{nm}]$	
Au	2.2	80.4	○
Pt	10.4	381.2	×
W	5.29	194	×
Ta	13.1	480	×
Mo	5.6	205.2	○
Ag	1.62	59.2	○
Cu	1.72	62.8	○

【0037】

表1から明らかなように、例えばPtの場合、膜厚が381.2nmであれば、体積抵抗率が $15\mu\Omega\cdot\text{cm}$ であり、膜厚が200nmのAlCu層を積層した場合、IDT電極の抵抗を $200\text{m}\Omega/\text{sq.}$ とすることができる。

【0038】

しかしながら、密度が高い金属層の膜厚によっては、SH波によるスプリアスの比帯域が大きくなる。

【0039】

図5は、上記体積抵抗率が $15\mu\Omega\cdot\text{cm}$ であり、膜厚が200nmのAlCu層が積層されている弾性波装置において、酸化ケイ素層よりも密度の高い層の金属材料としてPt（白金）、W（タングステン）、Ta（タンタル）、Au、Cu、Ag、Moをそれぞれ用いた場合のインピーダンス特性を示す図である。

【0040】

図5から明らかなように、酸化ケイ素層よりも密度の高い層として381.2nmの膜厚のPtを用いた場合、矢印Aで示すように、SH波によるスプリアスが現れている。同様に、膜厚が194nmのWや、膜厚が480nmのTaを用いた場合にも、SH波によるスプリアスが現れている。これに対して、Au、Mo、AgまたはCuを用いた場合、インピーダンス特性においてSH波によるスプリアスがほとんど現れていないことがわかる。

10

20

30

40

50

【0041】

従って、好ましくは、酸化ケイ素層より密度の高い金属として、Au、Mo、Ag及びCuからなる群から選択した一種を用いることが望ましい。それによって、体積抵抗率が $15\mu\Omega\cdot\text{cm}$ であるAlCu層を用いた場合であっても、IDT電極の抵抗を十分に低くすることができる。しかも、SH波によるスプリアスがほとんど現れない、良好な共振特性を実現し得ることがわかる。

【0042】

なお、上記実施形態では、弾性波共振子につき説明したが、弾性波共振子に限らず、弾性波フィルタなどの他の電極構造を有する弾性波装置に本発明を適用することができ、その場合であっても、比帯域と温度特性とのトレードオフラインの改善を図ることができ、比帯域及び温度特性に優れた弾性波装置を提供することができる。しかも、Alを主体とするAlCu合金を用いているため、IDT電極の電気抵抗を低めることができ、それによって、周波数ばらつきが増大しにくく、腐食耐性が比較的強く、製造も容易となる。

【0043】

上記各実施形態の弾性波装置は、高周波フロントエンド回路のデュプレクサなどとして用いることができる。この例を下記において説明する。

【0044】

図7は、本発明の実施形態としての通信装置及び高周波フロントエンド回路の構成図である。なお、同図には、高周波フロントエンド回路230と接続される各構成要素、例えば、アンテナ素子202やRF信号処理回路(RFIC)203も併せて図示されている。高周波フロントエンド回路230及びRF信号処理回路203は、通信装置240を構成している。なお、通信装置240は、電源、CPUやディスプレイを含んでいてもよい。

【0045】

高周波フロントエンド回路230は、スイッチ225と、デュプレクサ201A、201Bと、フィルタ231、232と、ローノイズアンプ回路214、224と、パワーアンプ回路234a、234b、244a、244bとを備える。なお、図7の高周波フロントエンド回路230及び通信装置240は、高周波フロントエンド回路及び通信装置の一例であって、この構成に限定されるものではない。

【0046】

デュプレクサ201Aは、フィルタ211、212を有する。デュプレクサ201Bは、フィルタ221、222を有する。デュプレクサ201A、201Bは、スイッチ225を介してアンテナ素子202に接続される。なお、上記弾性波装置は、デュプレクサ201A、201Bであってもよいし、フィルタ211、212、221、222であってもよい。

【0047】

さらに、上記弾性波装置は、例えば、3つのフィルタのアンテナ端子が共通化されたトリプレクサや、6つのフィルタのアンテナ端子が共通化されたヘキサプレクサなど、3以上のフィルタを備えるマルチプレクサについても適用することができる。

【0048】

すなわち、上記弾性波装置は、弾性波共振子、フィルタ、デュプレクサ、3以上のフィルタを備えるマルチプレクサを含む。そして、該マルチプレクサは、送信フィルタ及び受信フィルタの双方を備える構成に限らず、送信フィルタのみ、または、受信フィルタのみを備える構成であってもかまわない。

【0049】

スイッチ225は、制御部(図示せず)からの制御信号に従って、アンテナ素子202と所定のバンドに対応する信号経路とを接続し、例えば、SPDT(Single Pole Double Throw)型のスイッチによって構成される。なお、アンテナ素子202と接続される信号経路は1つに限らず、複数であってもよい。つまり、高周波フロントエンド回路230は、キャリアアグリゲーションに対応していてもよい。

【0050】

ローノイズアンプ回路214は、アンテナ素子202、スイッチ225及びデュプレクサ201Aを経由した高周波信号（ここでは高周波受信信号）を増幅し、RF信号処理回路203へ出力する受信増幅回路である。ローノイズアンプ回路224は、アンテナ素子202、スイッチ225及びデュプレクサ201Bを経由した高周波信号（ここでは高周波受信信号）を増幅し、RF信号処理回路203へ出力する受信増幅回路である。

【0051】

パワーアンプ回路234a, 234bは、RF信号処理回路203から出力された高周波信号（ここでは高周波送信信号）を増幅し、デュプレクサ201A及びスイッチ225を経由してアンテナ素子202に出力する送信増幅回路である。パワーアンプ回路244a, 244bは、RF信号処理回路203から出力された高周波信号（ここでは高周波送信信号）を増幅し、デュプレクサ201B及びスイッチ225を経由してアンテナ素子202に出力する送信増幅回路である。

【0052】

RF信号処理回路203は、アンテナ素子202から受信信号経路を介して入力された高周波受信信号を、ダウンコンバートなどにより信号処理し、当該信号処理して生成された受信信号を出力する。また、RF信号処理回路203は、入力された送信信号をアップコンバートなどにより信号処理し、当該信号処理して生成された高周波送信信号をパワーアンプ回路234a, 234b, 244a, 244bへ出力する。RF信号処理回路203は、例えば、RFICである。なお、通信装置は、BB（ベースバンド）ICを含んでもよい。この場合、BBICは、RFICで処理された受信信号を信号処理する。また、BBICは、送信信号を信号処理し、RFICに出力する。BBICで処理された受信信号や、BBICが信号処理する前の送信信号は、例えば、画像信号や音声信号等である。

【0053】

なお、高周波フロントエンド回路230は、上記デュプレクサ201A, 201Bに代わり、デュプレクサ201A, 201Bの変形例に係るデュプレクサを備えていてもよい。

【0054】

他方、通信装置240におけるフィルタ231, 232は、ローノイズアンプ回路214, 224及びパワーアンプ回路234a, 234b, 244a, 244bを介さず、RF信号処理回路203とスイッチ225との間に接続されている。フィルタ231, 232も、デュプレクサ201A, 201Bと同様に、スイッチ225を介してアンテナ素子202に接続される。

【0055】

以上、本発明の実施形態に係る弾性波装置、高周波フロントエンド回路及び通信装置について、実施形態を挙げて説明したが、本発明は、上記実施形態における任意の構成要素を組み合わせて実現される別の実施形態や、上記実施形態に対して本発明の主旨を逸脱しない範囲で当業者が思いつく各種変形を施して得られる変形例や、本発明に係る高周波フロントエンド回路及び通信装置を内蔵した各種機器も本発明に含まれる。

【0056】

本発明は、弾性波共振子、フィルタ、デュプレクサ、マルチバンドシステムに適用できるマルチプレクサ、フロントエンド回路及び通信装置として、携帯電話機などの通信機器に広く利用できる。

【符号の説明】

【0057】

- 1…弾性波装置
- 2…圧電基板
- 3…IDT電極
- 3a…金属層

10

20

30

40

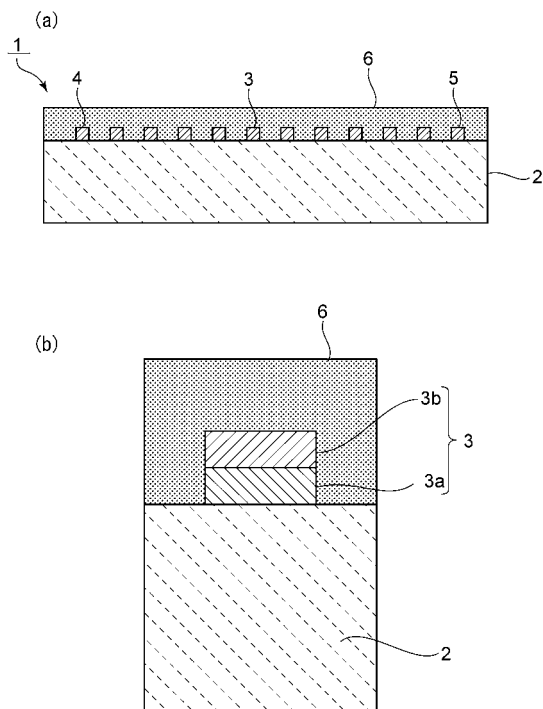
50

3 b ... AlCu層
 4, 5 ... 反射器
 6 ... 酸化ケイ素層
 201 A, 201 B ... デュプレクサ
 202 ... アンテナ素子
 203 ... RF信号処理回路
 211, 212 ... フィルタ
 214 ... ローノイズアンプ回路
 221, 222 ... フィルタ
 224 ... ローノイズアンプ回路
 225 ... スイッチ
 230 ... 高周波フロントエンド回路
 231, 232 ... フィルタ
 234 a, 234 b ... パワーアンプ回路
 240 ... 通信装置
 244 a, 244 b ... パワーアンプ回路

10

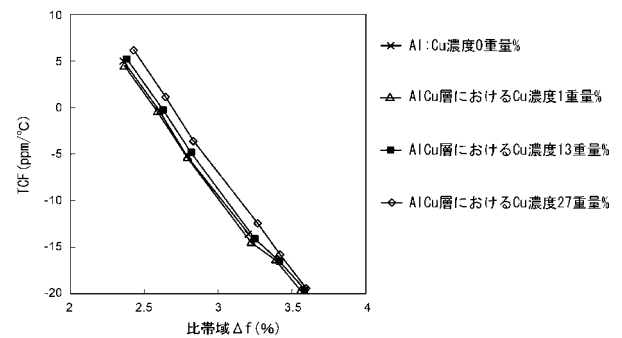
【図1】

図1



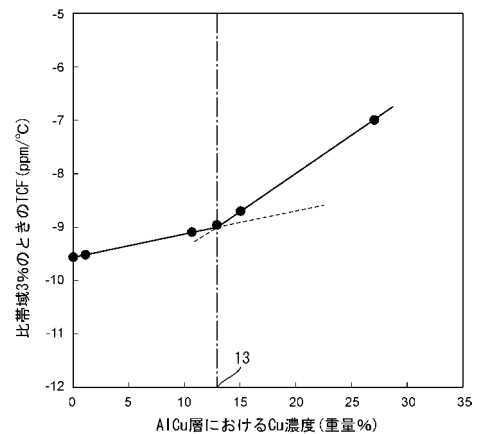
【図2】

図2



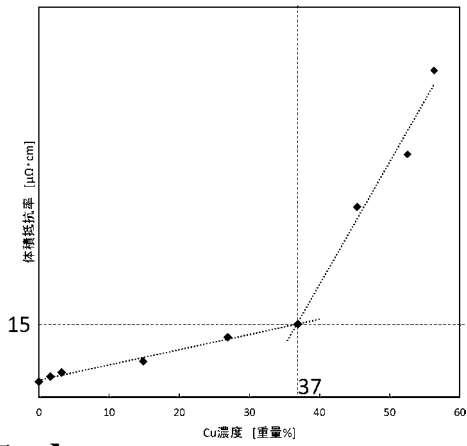
【図3】

図3



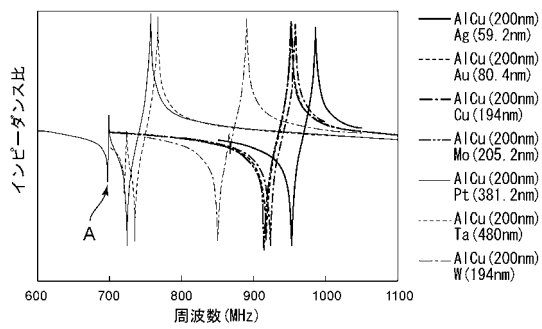
【図 4】

図4



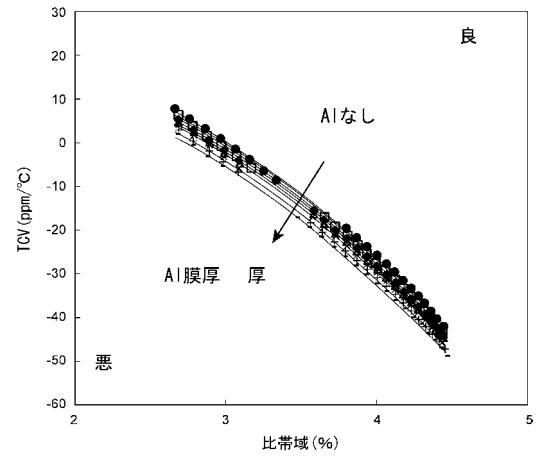
【図 5】

図5



【図 6】

図6



【図 7】

図7

