

(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2011-166567

(P2011-166567A)

(43) 公開日 平成23年8月25日(2011.8.25)

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

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2010-28615(P2010-28615)  
 (22) 出願日 平成22年2月12日(2010.2.12)

(71) 出願人 000002369  
 セイコーエプソン株式会社  
 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号  
 (74) 代理人 100095728  
 弁理士 上柳 雅誉  
 (74) 代理人 100107261  
 弁理士 須澤 修  
 (74) 代理人 100127661  
 弁理士 宮坂 一彦  
 (72) 発明者 河野 秀逸  
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内  
 (72) 発明者 藤岡 真士  
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

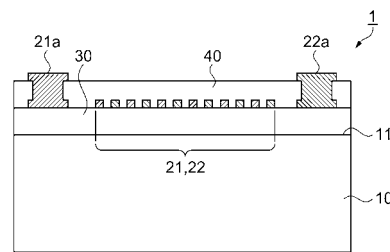
(54) 【発明の名称】 弾性表面波デバイス、発振器、モジュール装置

(57) 【要約】

【課題】 良好な温度特性及び十分な電気機械結合係数を有する弾性表面波デバイスを実現する。

【解決手段】 弾性表面波デバイス1は、C面を主面とするサファイア基板10と、サファイア基板10の主面11に形成される窒化アルミニウム膜30と、窒化アルミニウム膜30の表面に形成され弾性表面波を励振させる櫛歯電極21, 22と、櫛歯電極21, 22及び窒化アルミニウム膜30の表面を覆う二酸化シリコン膜40と、を有し、前記弾性表面波がセザワ波の2次モードを用いている。窒化アルミニウム膜30の規格化膜厚KH-AlNと、二酸化シリコン膜40の規格化膜厚KH-SiO<sub>2</sub>と、の関係を適切な範囲に設定することにより、良好な温度特性、励振に必要な十分な電気機械結合係数K<sup>2</sup>、高い音速を有する弾性表面波デバイス1が実現できる。

【選択図】 図2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

C面を主面とするサファイア基板と、  
前記サファイア基板の主面に形成される窒化アルミニウム膜と、  
前記窒化アルミニウム膜の表面に形成され弾性表面波を励振させる櫛歯電極と、  
前記櫛歯電極及び前記窒化アルミニウム膜の表面を覆う二酸化シリコン膜と、を有し、  
前記弾性表面波がセザワ波の2次モードであることを特徴とする弾性表面波デバイス。

## 【請求項 2】

前記窒化アルミニウム膜の厚さ  $t_a$ 、前記二酸化シリコン膜の厚さ  $t_s$ 、前記弾性表面波の波長  $\lambda$  とし、

前記窒化アルミニウム膜の規格化膜厚を  $KH_{AlN} = (2/\lambda) \cdot t_a$ 、

前記二酸化シリコン膜の規格化膜厚を  $KH_{SiO_2} = (2/\lambda) \cdot t_s$ 、

与えられる各規格化膜厚の関係を座標表示したとき、

座標 1 ( $KH_{SiO_2}$ 、 $KH_{AlN}$ ) = (4.50、1.00)

座標 2 ( $KH_{SiO_2}$ 、 $KH_{AlN}$ ) = (5.00、1.00)

座標 3 ( $KH_{SiO_2}$ 、 $KH_{AlN}$ ) = (5.41、1.17)

座標 4 ( $KH_{SiO_2}$ 、 $KH_{AlN}$ ) = (5.72、1.50)

座標 5 ( $KH_{SiO_2}$ 、 $KH_{AlN}$ ) = (5.72、1.79)

座標 6 ( $KH_{SiO_2}$ 、 $KH_{AlN}$ ) = (5.50、3.00)

座標 7 ( $KH_{SiO_2}$ 、 $KH_{AlN}$ ) = (5.44、3.67)

座標 8 ( $KH_{SiO_2}$ 、 $KH_{AlN}$ ) = (5.44、4.54)

座標 9 ( $KH_{SiO_2}$ 、 $KH_{AlN}$ ) = (5.57、6.75)

座標 10 ( $KH_{SiO_2}$ 、 $KH_{AlN}$ ) = (5.57、7.38)

座標 11 ( $KH_{SiO_2}$ 、 $KH_{AlN}$ ) = (5.63、8.63)

座標 12 ( $KH_{SiO_2}$ 、 $KH_{AlN}$ ) = (5.66、10.00)

座標 13 ( $KH_{SiO_2}$ 、 $KH_{AlN}$ ) = (4.50、10.00)

これらの座標を、座標 1 ~ 座標 13 の順に結ぶとともに、座標 13 と座標 1 とを結んだ領域内に含まれる前記  $KH_{AlN}$  及び前記  $KH_{SiO_2}$  を用いることを特徴とする請求項 1 に記載の弾性表面波デバイス。

## 【請求項 3】

前記窒化アルミニウム膜の厚さ  $t_a$ 、前記二酸化シリコン膜の厚さ  $t_s$ 、前記弾性表面波の波長  $\lambda$  とし、

前記窒化アルミニウム膜の規格化膜厚を  $KH_{AlN} = (2/\lambda) \cdot t_a$ 、

前記二酸化シリコン膜の規格化膜厚を  $KH_{SiO_2} = (2/\lambda) \cdot t_s$ 、

与えられる各規格化膜厚の関係を座標表示したとき、

座標 1 ( $KH_{SiO_2}$ 、 $KH_{AlN}$ ) = (4.50、2.33)

座標 2 ( $KH_{SiO_2}$ 、 $KH_{AlN}$ ) = (4.77、1.83)

座標 3 ( $KH_{SiO_2}$ 、 $KH_{AlN}$ ) = (5.00、1.54)

座標 4 ( $KH_{SiO_2}$ 、 $KH_{AlN}$ ) = (5.21、1.08)

座標 5 ( $KH_{SiO_2}$ 、 $KH_{AlN}$ ) = (5.41、1.17)

座標 6 ( $KH_{SiO_2}$ 、 $KH_{AlN}$ ) = (5.72、1.50)

座標 7 ( $KH_{SiO_2}$ 、 $KH_{AlN}$ ) = (5.72、1.79)

座標 8 ( $KH_{SiO_2}$ 、 $KH_{AlN}$ ) = (5.50、3.00)

座標 9 ( $KH_{SiO_2}$ 、 $KH_{AlN}$ ) = (5.44、3.67)

座標 10 ( $KH_{SiO_2}$ 、 $KH_{AlN}$ ) = (5.44、4.54)

座標 11 ( $KH_{SiO_2}$ 、 $KH_{AlN}$ ) = (5.52、6.00)

座標 12 ( $KH_{SiO_2}$ 、 $KH_{AlN}$ ) = (5.39、6.67)

座標 13 ( $KH_{SiO_2}$ 、 $KH_{AlN}$ ) = (5.39、7.08)

座標 14 ( $KH_{SiO_2}$ 、 $KH_{AlN}$ ) = (5.15、7.83)

座標 15 ( $KH_{SiO_2}$ 、 $KH_{AlN}$ ) = (4.91、10.00)

座標 16 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (4.50, 10.00)

これらの座標を、座標 1 ~ 座標 16 の順に結ぶとともに、座標 16 と座標 1 とを結んだ領域内に含まれる前記 KH AlN 及び前記 KH SiO<sub>2</sub> を用いることを特徴とする請求項 1 に記載の弾性表面波デバイス。

【請求項 4】

前記窒化アルミニウム膜の厚さ t<sub>a</sub>、前記二酸化シリコン膜の厚さ t<sub>s</sub>、前記弾性表面波の波長 λ とし、

前記窒化アルミニウム膜の規格化膜厚を  $KH_{AlN} = (2 / \lambda) \cdot t_a$ 、

前記二酸化シリコン膜の規格化膜厚を  $KH_{SiO_2} = (2 / \lambda) \cdot t_s$ 、

与えられる各規格化膜厚の関係を座標表示したとき、

10

座標 1 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (4.50, 3.33)

座標 2 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (4.84, 2.71)

座標 3 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.65, 1.48)

座標 4 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.72, 1.50)

座標 5 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.72, 1.79)

座標 6 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.50, 3.00)

座標 7 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.44, 3.67)

座標 8 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.00, 4.42)

座標 9 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (4.66, 5.17)

座標 10 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (4.50, 5.38)

20

これらの座標を、座標 1 ~ 座標 10 の順に結ぶとともに、座標 10 と座標 1 とを結んだ領域内に含まれる前記 KH AlN 及び前記 KH SiO<sub>2</sub> を用いることを特徴とする請求項 1 に記載の弾性表面波デバイス。

【請求項 5】

前記窒化アルミニウム膜の厚さ t<sub>a</sub>、前記二酸化シリコン膜の厚さ t<sub>s</sub>、前記弾性表面波の波長 λ とし、

前記窒化アルミニウム膜の規格化膜厚を  $KH_{AlN} = (2 / \lambda) \cdot t_a$ 、

前記二酸化シリコン膜の規格化膜厚を  $KH_{SiO_2} = (2 / \lambda) \cdot t_s$ 、

与えられる各規格化膜厚の関係を座標表示したとき、

座標 1 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (4.50, 3.75)

30

座標 2 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.10, 2.75)

座標 3 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.72, 1.79)

座標 4 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.50, 3.00)

座標 5 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.00, 3.83)

座標 6 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (4.50, 4.75)

これらの座標を、座標 1 ~ 座標 6 の順に結ぶとともに、座標 6 と座標 1 とを結んだ領域内に含まれる前記 KH AlN 及び前記 KH SiO<sub>2</sub> を用いることを特徴とする請求項 1 に記載の弾性表面波デバイス。

【請求項 6】

請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか一項に記載の弾性表面波デバイスを用いたことを特徴とする発振器。

40

【請求項 7】

請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか一項に記載の弾性表面波デバイスを用いたことを特徴とするモジュール装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、C 面サファイア基板を用いた弾性表面波デバイス、発振器、及びモジュール装置に関する。

【背景技術】

50

## 【 0 0 0 2 】

圧電体膜の表面を伝搬する弾性表面波を用いる弾性表面波デバイスは、固有の共振周波数や伝送特性を有し、しかも小型化が可能であり部品数も少ないため、通信機器用のバンドパスフィルターや基準クロックとして共振子等に応用されている。フィルターや共振子に弾性表面波デバイスを用いる場合には、温度依存性を表す遅延時間温度係数 ( T C D ) や、電気機械変換の性能を表す電気機械結合係数 (  $K^2$  ) が良好であることが求められる。

## 【 0 0 0 3 】

そこで、ガラス等の絶縁性基板に櫛歯電極 ( I D T ) を形成し、櫛歯電極の表面を覆う圧電体膜と、この圧電体膜を覆うように保護膜が形成される弾性表面波デバイスが提案されている ( 例えば、特許文献 1 参照 ) 。

10

## 【 0 0 0 4 】

また、C面サファイア基板上に櫛歯電極を形成し、櫛歯電極の表面を覆う圧電体膜を形成してなる弾性表面波デバイスが提案されている ( 例えば、特許文献 2、特許文献 3 参照 ) 。

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 0 5 】

【 特許文献 1 】 特開平 1 0 - 1 7 8 3 3 0 号公報

【 特許文献 2 】 特開平 1 0 - 1 3 5 7 7 3 号公報

20

【 特許文献 3 】 特開平 8 - 1 3 0 4 3 5 号公報

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 6 】

特許文献 1 は、基板としてガラス等の絶縁基板を用いており、この基板上に櫛歯電極、さらに圧電体膜、保護膜を層状に形成することで、湿気や異物の侵入を防止し、外部雰囲気による圧電体膜の劣化や変質を防止することを目的としている。しかしながら、保護膜の材質や膜厚さを十分に考慮しなければ、弾性表面波の音速や電気機械結合係数、温度特性が変動するために、これらの良好な特性を得ることができない。

## 【 0 0 0 7 】

30

また、特許文献 2 及び特許文献 3 では、C面サファイア基板上にアルミニウム系合金からなる櫛歯電極を形成し、さらに櫛歯電極を覆うように酸化亜鉛 (  $Z n O$  ) 膜を形成することで、ストレスマイグレーション耐性を向上しようとしている。このような構成であっても、酸化亜鉛膜の膜厚さを十分に考慮しなければ、伝搬する弾性表面波の音速や電気機械結合係数、温度特性が変動するために、これらの良好な特性を得ることができないという課題を有している。

## 【 0 0 0 8 】

また、C面サファイア基板上に圧電体膜として酸化亜鉛を用いる場合は、サファイア基板の音速と酸化亜鉛の音速との差が大きく、この音速差が周波数変動に影響することがあるという課題がある。

40

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 0 9 】

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態または適用例として実現することが可能である。

## 【 0 0 1 0 】

[ 適用例 1 ] 本適用例に係る弾性表面波デバイスは、C面を主面とするサファイア基板と、前記サファイア基板の主面に形成される窒化アルミニウム膜と、前記窒化アルミニウム膜の表面に形成され弾性表面波を励振させる櫛歯電極と、前記櫛歯電極及び前記窒化アルミニウム膜の表面を覆う二酸化シリコン膜と、を有し、前記弾性表面波がセザワ波の 2 次モードであることを特徴とする。

50

## 【0011】

本適用例によれば、基板としてC面を主面とするサファイア基板（以降、C面サファイア基板と表すことがある）を用いていることから、基板として水晶やガラス等を用いる場合よりも高い音速を得られる。つまり、高周波デバイスを実現できる。

## 【0012】

また、窒化アルミニウム膜と二酸化シリコン膜とを、互いに逆符号の遅延時間温度係数（TCD）とすることにより、良好な周波数温度特性を得ることが可能となる。

## 【0013】

窒化アルミニウムは、サファイア基板よりも電気機械結合係数（ $K^2$ ）が大きいこと、窒化アルミニウムをサファイア基板上に形成する場合、窒化アルミニウムの結晶性がよいことからさらに電気機械結合係数を大きくすることが可能で、弾性表面波の励振効率を高めることができる。

10

## 【0014】

また、C面サファイア基板の音速と窒化アルミニウムの音速とがほぼ同じであるため、音速差に起因する周波数変動を抑制することができる。

## 【0015】

さらに、セザワ波の2次モードは、窒化アルミニウム膜の膜厚がセザワ波の1次モードを用いる場合に対して厚い場合に発生しやすく、このことから、膜厚のばらつきに対しての安定性が高く、また、より高い音速を得ることができるという特性を有する。

## 【0016】

[適用例2] 上記適用例に係る弾性表面波デバイスは、前記窒化アルミニウム膜の厚さ  $t_a$ 、前記二酸化シリコン膜の厚さ  $t_s$ 、前記弾性表面波の波長  $\lambda$  とし、前記窒化アルミニウム膜の規格化膜厚を  $KH_{AlN} = (2/\lambda) \cdot t_a$ 、前記二酸化シリコン膜の規格化膜厚を  $KH_{SiO_2} = (2/\lambda) \cdot t_s$ 、で与えられる各規格化膜厚の関係を座標表示したとき、

20

座標1 ( $KH_{SiO_2}$ ,  $KH_{AlN}$ ) = (4.50, 1.00)

座標2 ( $KH_{SiO_2}$ ,  $KH_{AlN}$ ) = (5.00, 1.00)

座標3 ( $KH_{SiO_2}$ ,  $KH_{AlN}$ ) = (5.41, 1.17)

座標4 ( $KH_{SiO_2}$ ,  $KH_{AlN}$ ) = (5.72, 1.50)

座標5 ( $KH_{SiO_2}$ ,  $KH_{AlN}$ ) = (5.72, 1.79)

30

座標6 ( $KH_{SiO_2}$ ,  $KH_{AlN}$ ) = (5.50, 3.00)

座標7 ( $KH_{SiO_2}$ ,  $KH_{AlN}$ ) = (5.44, 3.67)

座標8 ( $KH_{SiO_2}$ ,  $KH_{AlN}$ ) = (5.44, 4.54)

座標9 ( $KH_{SiO_2}$ ,  $KH_{AlN}$ ) = (5.57, 6.75)

座標10 ( $KH_{SiO_2}$ ,  $KH_{AlN}$ ) = (5.57, 7.38)

座標11 ( $KH_{SiO_2}$ ,  $KH_{AlN}$ ) = (5.63, 8.63)

座標12 ( $KH_{SiO_2}$ ,  $KH_{AlN}$ ) = (5.66, 10.00)

座標13 ( $KH_{SiO_2}$ ,  $KH_{AlN}$ ) = (4.50, 10.00)

これらの座標を、座標1～座標13の順に結ぶとともに、座標13と座標1とを結んだ領域内に含まれる前記  $KH_{AlN}$  及び前記  $KH_{SiO_2}$  を用いることが望ましい。

40

## 【0017】

この領域内では、弾性表面波の励振に必要なとされる電気機械結合係数  $K^2$  が0.1%以上と、5650 m/s以上の高い音速が実現できる。

## 【0018】

[適用例3] 上記適用例に係る弾性表面波デバイスは、前記窒化アルミニウム膜の厚さ  $t_a$ 、前記二酸化シリコン膜の厚さ  $t_s$ 、前記弾性表面波の波長  $\lambda$  とし、前記窒化アルミニウム膜の規格化膜厚を  $KH_{AlN} = (2/\lambda) \cdot t_a$ 、前記二酸化シリコン膜の規格化膜厚を  $KH_{SiO_2} = (2/\lambda) \cdot t_s$ 、で与えられる各規格化膜厚の関係を座標表示したとき、

座標1 ( $KH_{SiO_2}$ ,  $KH_{AlN}$ ) = (4.50, 2.33)

50

座標 2 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (4.77, 1.83)

座標 3 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.00, 1.54)

座標 4 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.21, 1.08)

座標 5 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.41, 1.17)

座標 6 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.72, 1.50)

座標 7 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.72, 1.79)

座標 8 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.50, 3.00)

座標 9 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.44, 3.67)

座標 10 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.44, 4.54)

座標 11 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.52, 6.00)

座標 12 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.39, 6.67)

座標 13 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.39, 7.08)

座標 14 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.15, 7.83)

座標 15 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (4.91, 10.00)

座標 16 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (4.50, 10.00)

これらの座標を、座標 1 ~ 座標 16 の順に結ぶとともに、座標 16 と座標 1 とを結んだ領域内に含まれる前記 KH AlN 及び前記 KH SiO<sub>2</sub> を用いることが望ましい。

#### 【0019】

この領域内では、遅延時間温度係数 (TCD) が、-20 ppm / ~ +20 ppm / 、電気機械結合係数 K<sup>2</sup> が 0.1% 以上の両方を満たすことができる。

また、5650 m / s 以上の高い音速が実現でき、高周波帯域発振器に好適である。

#### 【0020】

[適用例 4] 上記適用例に係る弾性表面波デバイスは、前記窒化アルミニウム膜の厚さ t<sub>a</sub>、前記二酸化シリコン膜の厚さ t<sub>s</sub>、前記弾性表面波の波長 λ とし、前記窒化アルミニウム膜の規格化膜厚を KH AlN = (2 / λ) · t<sub>a</sub>、前記二酸化シリコン膜の規格化膜厚を KH SiO<sub>2</sub> = (2 / λ) · t<sub>s</sub>、で与えられる各規格化膜厚の関係を座標表示したとき、

座標 1 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (4.50, 3.33)

座標 2 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (4.84, 2.71)

座標 3 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.65, 1.48)

座標 4 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.72, 1.50)

座標 5 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.72, 1.79)

座標 6 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.50, 3.00)

座標 7 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.44, 3.67)

座標 8 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.00, 4.42)

座標 9 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (4.66, 5.17)

座標 10 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (4.50, 5.38)

これらの座標を、座標 1 ~ 座標 10 の順に結ぶとともに、座標 10 と座標 1 とを結んだ領域内に含まれる前記 KH AlN 及び前記 KH SiO<sub>2</sub> を用いることが望ましい。

#### 【0021】

この領域内では、遅延時間温度係数 (TCD) が、-10 ppm / ~ +10 ppm / 、電気機械結合係数 K<sup>2</sup> が 0.1% 以上の両方を満たすことができる。

また、5650 m / s 以上の高い音速が実現でき、高周波帯域発振器に好適である。

#### 【0022】

[適用例 5] 上記適用例に係る弾性表面波デバイスは、前記窒化アルミニウム膜の厚さ t<sub>a</sub>、前記二酸化シリコン膜の厚さ t<sub>s</sub>、前記弾性表面波の波長 λ とし、前記窒化アルミニウム膜の規格化膜厚を KH AlN = (2 / λ) · t<sub>a</sub>、前記二酸化シリコン膜の規格化膜厚を KH SiO<sub>2</sub> = (2 / λ) · t<sub>s</sub>、で与えられる各規格化膜厚の関係を座標表示したとき、

座標 1 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (4.50, 3.75)

座標 2 (KH SiO<sub>2</sub>、KH AlN) = (5.10、2.75)

座標 3 (KH SiO<sub>2</sub>、KH AlN) = (5.72、1.79)

座標 4 (KH SiO<sub>2</sub>、KH AlN) = (5.50、3.00)

座標 5 (KH SiO<sub>2</sub>、KH AlN) = (5.00、3.83)

座標 6 (KH SiO<sub>2</sub>、KH AlN) = (4.50、4.75)

これらの座標を、座標 1 ~ 座標 6 の順に結ぶとともに、座標 6 と座標 1 とを結んだ領域内に含まれる前記 KH AlN 及び前記 KH SiO<sub>2</sub> を用いることが望ましい。

#### 【0023】

この領域内では、遅延時間温度係数 (TCD) が、 $-5 \text{ ppm} / \text{ } \sim +5 \text{ ppm} / \text{ }$ 、電気機械結合係数  $K^2$  が 0.1% 以上の両方を満たすことができ、5650 m/s 以上の高い音速が実現でき、さらに高精度な温度特性が要求される高周波帯域発振器に好適な弾性表面波デバイスを実現できる。

10

#### 【0024】

[適用例 6] 本適用例に係る発振器は、上記適用例のいずれかに記載の弾性表面波デバイスを用いたことを特徴とする。

#### 【0025】

上述した弾性表面波デバイスを、SAW フィルターや集積回路素子と組み合わせて発振器とすることで、高い音速と、良好な周波数温度特性とを有する発振器を実現できる。

#### 【0026】

[適用例 7] 本適用例に係るモジュール装置は、上記適用例のいずれかに記載の弾性表面波デバイスを用いたことを特徴とする。

20

#### 【0027】

上述した弾性表面波デバイスをパッケージを用いて密閉することで、湿気や塵埃等の外部環境からの保護を行うことで、より信頼性を高めることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0028】

【図 1】実施形態 1 に係る弾性表面波デバイスの上面図。

【図 2】図 1 における A - A 切断面を示す断面図。

【図 3】実施形態 1 に係る弾性表面波デバイスにおける窒化アルミニウム膜の規格化膜厚 (KH AlN) と二酸化シリコン膜の規格化膜厚 (KH SiO<sub>2</sub>) と、音速の関係を表すグラフ。

30

【図 4】実施形態 1 に係る KH AlN と KH SiO<sub>2</sub> と、電気機械結合係数  $K^2$  との関係を示すグラフ。

【図 5】実施例 1 に係る KH AlN と KH SiO<sub>2</sub> と、電気機械結合係数  $K^2$  との関係を示すグラフ。

【図 6】実施例 2 に係る KH AlN と KH SiO<sub>2</sub> と、遅延時間温度係数 (TCD) との関係を示すグラフ。

【図 7】電気機械結合係数 ( $K^2$ ) との関係を表すグラフ。

【図 8】実施例 3 に係る KH AlN と KH SiO<sub>2</sub> と、遅延時間温度係数 (TCD) との関係を示すグラフ。

40

【図 9】電気機械結合係数  $K^2$  との関係を示すグラフ。

【図 10】実施例 4 に係る KH AlN と KH SiO<sub>2</sub> と、遅延時間温度係数 (TCD) との関係を示すグラフ。

【図 11】電気機械結合係数  $K^2$  との関係を示すグラフ。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0029】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

(実施形態 1)

#### 【0030】

図 1 は、実施形態 1 に係る弾性表面波デバイスの上面図を示し、図 2 は、図 1 における

50

A - A 切断面を示す断面図である。なお、図 1 及び図 2 は、図示の都合上、縦、横の部材ないし部分の縦横の縮尺は実際のものとは異なる模式図である。

【0031】

図 1、図 2 において、弾性表面波デバイス 1 は、単結晶の六方晶系であって、面方位の C 面を主面とするサファイア基板 10 と、サファイア基板 10 の主面 11 全体に形成される窒化アルミニウム (AlN) 膜 30 と、窒化アルミニウム (AlN) 膜 30 表面に形成される櫛歯電極 (IDT: Interdigital transducer) 21, 22 と、櫛歯電極 21, 22 及び窒化アルミニウム膜 30 の表面を覆うように形成される二酸化シリコン膜としての二酸化シリコン (SiO<sub>2</sub>) 膜 40 とから構成されている。なお、C 面はミラー指数で表すと (0001) となる。また、窒化アルミニウム (AlN) 膜 30 は圧電体膜である。

10

【0032】

櫛歯電極 21, 22 は、アルミニウムまたはアルミニウム合金からなり、互いの交差指電極を間挿して構成されており、櫛歯電極 21 の一端には電極パッド 21a、櫛歯電極 22 の一端には電極パッド 22a が形成されている。これら電極パッド 21a, 22a は、それぞれ窒化アルミニウム膜 30 及び二酸化シリコン膜 40 を貫通して、二酸化シリコン膜 40 の表面に露出している。

【0033】

なお、図 1、図 2 に表す櫛歯電極 21, 22 の構成は 1 例であって、櫛歯電極の構成、及び交差指電極の数は簡略化して図示している。また、櫛歯電極 21, 22 の材質は、導電性を有していれば特に限定されない。

20

【0034】

次に、弾性表面波デバイス 1 の製造方法について主要な工程について図 2 を参照して説明する。まず、サファイア基板 10 の主面 11 の表面に窒化アルミニウム膜 30 をスパッタリング法により形成する。そして、窒化アルミニウム膜 30 の表面にアルミニウム膜 (またはアルミニウム合金膜) を蒸着法により形成する。そして、アルミニウム膜にフォトリソレジストを塗布し、ステッパーを用いて露光し、現像処理、エッチング、レジスト剥離処理を行うことで櫛歯電極 21, 22 を形成する。

【0035】

続いて、二酸化シリコン膜 40 をスパッタリング法により形成する。次に、フォトリソグラフィ技術により二酸化シリコン膜 40 を貫通する開口部を開設する。二酸化シリコン膜 40 のエッチングには CF<sub>4</sub> をエッチングガスとして使い、ドライエッチング法により開口部の二酸化シリコン膜 40 を除去する。その後、アルミニウム (またはアルミニウム合金) を蒸着法により成膜し、フォトリソグラフィ技術により電極パッド 21a, 22a を形成する。

30

【0036】

次に、このように形成される弾性表面波デバイス 1 の駆動について説明する。櫛歯電極 21、櫛歯電極 22 は、入力側電極と出力側電極に相当し、入力側電極に印加された交流電力は、圧電体膜としての窒化アルミニウム膜 30 の表面で機械的エネルギーに変換されるが、電極が櫛歯型であるために窒化アルミニウム膜 30 内に粗密が発生し弾性波となり、窒化アルミニウム膜 30 の表面を伝搬して出力側電極へと到達する。そして、到達した弾性表面波は出力側電極により再び電気エネルギーに変換されて出力される。ここで、発生する弾性波は、レイリー波の高次モードであるセザワ波であって、本実施形態では、セザワ波の 2 次モードを用いる。

40

【0037】

このように形成された弾性表面波デバイス 1 を駆動し、ネットワークアナライザーを用いてインピーダンス特性を測定し、その測定結果を図 3 に表す。

【0038】

図 3 は、本実施形態に係る弾性表面波デバイスにおける窒化アルミニウム膜 30 の規格化膜厚 (以降、KH AlN と表す: 縦軸) と二酸化シリコン膜 40 の規格化膜厚 (以降

50

、 $KH - SiO_2$ と表す：横軸）と、サファイア基板 10 上を伝搬するレイリー波の音速  $[m/s]$  の関係を表し、図 4 は遅延時間温度係数 (TC D) を表すグラフである。同図は窒化アルミニウム膜 30 の厚さを  $t_a$ 、二酸化シリコン膜 40 の厚さを  $t_s$ 、弾性表面波の波長を  $\lambda$  としたとき、窒化アルミニウム膜 30 の規格化膜厚を  $KH_{AlN} = (2/\lambda) \cdot t_a$  とし、二酸化シリコン膜 40 の規格化膜厚を  $KH_{SiO_2} = (2/\lambda) \cdot t_s$  とし、縦軸を  $KH_{AlN}$ 、横軸を  $KH_{SiO_2}$  としたときのグラフを示している。

【0039】

図 3 に示すように、 $KH - SiO_2$  が 4.5 ~ 7 の測定範囲で、音速 5450 m/s 以上と十分に高い音速が得られることが分かる。

10

【0040】

また、図 4 に示すように、 $KH - SiO_2$  が 4.5 ~ 7 の測定範囲で、遅延時間温度係数 (TC D) が  $-20 ppm/^\circ C$  ~  $+20 ppm/^\circ C$  に抑えられる範囲があることが分かる。

【0041】

本実施形態によれば、基板として C 面サファイア基板を用いている。サファイア基板は、水晶基板上を伝搬するレイリー波の音速が 3100 m/s 程度が限界とされることに対して 4500 m/s 以上の音速を有することから、基板として水晶を用いる場合よりも高い音速を得られる。つまり、高周波デバイスを実現できる。

【0042】

また、窒化アルミニウムは、音速が約 5600 m/s であり C 面サファイア基板の音速と近いため、音速差に起因する周波数変動を抑制することができる。一方、従来技術のように圧電体膜として酸化亜鉛 (ZnO) 膜を用いると、酸化亜鉛 (ZnO) 膜は音速が約 3100 m/s と C 面サファイア基板の音速よりも低く、高周波化を図ると C 面サファイア基板の音速との差が大きくなり、音速差に起因する周波数変動が大きくなってしまふ欠点がある。

20

しかし、C 面サファイア基板の音速と窒化アルミニウムの音速とは近いため、酸化亜鉛 (ZnO) 膜を用いる場合よりも音速差に起因する周波数変動を抑制することができる。

【0043】

また、二酸化シリコンと、窒化アルミニウムとは、逆符号の遅延時間温度係数 (TC D) を有するため、良好な周波数温度特性を有することが可能となる。

30

【0044】

また、本実施形態では、セザワ波の 2 次モードを用いている。セザワ波の 2 次モードは、窒化アルミニウム膜の膜厚が 1 次モードを用いる場合に対して厚い場合に発生しやすく、このことから、膜厚のばらつきに対しての安定性が高く、また、より高い音速を得ることができるという特性を有する。

【0045】

なお、櫛歯電極 21, 22 の材質は、導電性を有していれば特に限定されないが、サファイア基板上に成膜する場合に、サファイア基板との結晶系に対して結晶性がよいアルミニウムまたはアルミニウム合金を用いることがより好ましい。

40

【0046】

なお、弾性表面波デバイス 1 は、固有の共振周波数や伝送特性を有し、しかも小型化が可能であり部品数も少ないため、通信機器用のバンドパスフィルターや基準クロックとして共振子等に応用される。フィルターや共振子に弾性表面波デバイスを用いる場合には、温度依存性を表す周波数温度係数 (TC F) または遅延時間温度係数 (TC D) や、電気機械変換の性能を表す電気機械結合係数  $K^2$  が良好であることが求められる。

(実施例 1) 請求項 2

【0047】

そこで、本実施形態の具体的な実施例について説明する。

図 5 は、実施例 1 に係る  $KH_{AlN}$  と  $KH_{SiO_2}$  と、電気機械結合係数  $K^2$  との関

50

係を示すグラフである。図5の等高線上に記載されている数字は電気機械結合係数 $K^2$ (%)である。例えば、 $KH\ SiO_2 = 5$ 、且つ $KH\ AlN = 3$ の場合、電気機械結合係数 $K^2$ は0.14%以上となる。ここで、窒化アルミニウム膜30の厚さ $t_a$ 、二酸化シリコン膜40の厚さ $t_s$ 、弾性表面波の波長、としたとき、窒化アルミニウム膜30の規格化膜厚は、 $KH\ AlN = (2 / ) \cdot t_a$ 、二酸化シリコン膜40の規格化膜厚は、 $KH\ SiO_2 = (2 / ) \cdot t_s$ 、で与えられる。なお、本願の数式における「 $\cdot$ 」の記号は乗算を、「 $/$ 」の記号は除算を表す。これら各規格化膜厚の関係を座標表示したとき、適切な領域を以下の座標で表すことができる。なお、図5では、座標1、座標2、座標3・・・をZ1、Z2、Z3・・・と表している。

【0048】

座標1 ( $KH\ SiO_2$ ,  $KH\ AlN$ ) = (4.50, 1.00)

座標2 ( $KH\ SiO_2$ ,  $KH\ AlN$ ) = (5.00, 1.00)

座標3 ( $KH\ SiO_2$ ,  $KH\ AlN$ ) = (5.41, 1.17)

座標4 ( $KH\ SiO_2$ ,  $KH\ AlN$ ) = (5.72, 1.50)

座標5 ( $KH\ SiO_2$ ,  $KH\ AlN$ ) = (5.72, 1.79)

座標6 ( $KH\ SiO_2$ ,  $KH\ AlN$ ) = (5.50, 3.00)

座標7 ( $KH\ SiO_2$ ,  $KH\ AlN$ ) = (5.44, 3.67)

座標8 ( $KH\ SiO_2$ ,  $KH\ AlN$ ) = (5.44, 4.54)

座標9 ( $KH\ SiO_2$ ,  $KH\ AlN$ ) = (5.57, 6.75)

座標10 ( $KH\ SiO_2$ ,  $KH\ AlN$ ) = (5.57, 7.38)

座標11 ( $KH\ SiO_2$ ,  $KH\ AlN$ ) = (5.63, 8.63)

座標12 ( $KH\ SiO_2$ ,  $KH\ AlN$ ) = (5.66, 10.00)

座標13 ( $KH\ SiO_2$ ,  $KH\ AlN$ ) = (4.50, 10.00)

これらの座標を、座標1～座標13の順に結ぶとともに、座標13と座標1とを結んだ領域内に含まれる前記 $KH\ AlN$ 及び前記 $KH\ SiO_2$ を用いる。

【0049】

この領域内では、弾性表面波の励振に必要とされる電気機械結合係数 $K^2$ が0.1%以上を得ることができ、高い励振効率を得られる。

また、図3と図5の各座標系で結ばれる領域とを合成して判断すると、この領域内では、音速5650m/s以上が得られることが分かる。

(実施例2)請求項3

【0050】

次に、実施例2について説明する。実施例2は、優れた遅延時間温度係数(TCD)が得られる範囲を発現したものである。

図6は、実施例2に係る $KH\ AlN$ と $KH\ SiO_2$ と、遅延時間温度係数(TCD)との関係を示すグラフ、図7は電気機械結合係数( $K^2$ )との関係を表すグラフである。図6の等高線上に記載されている数字は遅延時間温度係数(ppm/)である。例えば、 $KH\ SiO_2 = 6$ 且つ $KH\ AlN = 3$ の場合、遅延時間温度係数は-15~-10ppm/となる。

【0051】

ここで、窒化アルミニウム膜30の厚さ $t_a$ 、二酸化シリコン膜40の厚さ $t_s$ 、弾性表面波の波長、としたとき、窒化アルミニウム膜30の規格化膜厚は、 $KH\ AlN = (2 / ) \cdot t_a$ 、二酸化シリコン膜40の規格化膜厚は、 $KH\ SiO_2 = (2 / ) \cdot t_s$ 、で与えられる。これら各規格化膜厚の関係を座標表示したとき、適切な領域を以下の座標で表すことができる。なお、図6、図7では、座標1、座標2、座標3・・・をZ1、Z2、Z3・・・と表している。

【0052】

座標1 ( $KH\ SiO_2$ ,  $KH\ AlN$ ) = (4.50, 2.33)

座標2 ( $KH\ SiO_2$ ,  $KH\ AlN$ ) = (4.77, 1.83)

座標3 ( $KH\ SiO_2$ ,  $KH\ AlN$ ) = (5.00, 1.54)

座標 4 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.21, 1.08)

座標 5 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.41, 1.17)

座標 6 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.72, 1.50)

座標 7 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.72, 1.79)

座標 8 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.50, 3.00)

座標 9 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.44, 3.67)

座標 10 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.44, 4.54)

座標 11 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.52, 6.00)

座標 12 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.39, 6.67)

座標 13 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.39, 7.08)

座標 14 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.15, 7.83)

座標 15 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (4.91, 10.00)

座標 16 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (4.50, 10.00)

これらの座標を、座標 1 ~ 座標 16 の順に結ぶとともに、座標 16 と座標 1 とを結んだ領域内に含まれる前記 KH AlN 及び前記 KH SiO<sub>2</sub> を用いる。

#### 【0053】

この領域内では、遅延時間温度係数 (TC D) が、-20 ppm / ~ +20 ppm / 、電気機械結合係数 K<sup>2</sup> が 0.1 % 以上の両方を満たすことができる。

また、図 3 と図 6 の各座標系で結ばれる領域とを合成して判断すると、この領域内では、音速 5650 m / s 以上が得られることが分かる。

(実施例 3) 請求項 4

#### 【0054】

次に、実施例 3 について説明する。弾性表面波デバイスを発振器用の共振子として用いる場合には、電気機械結合係数 K<sup>2</sup> を 0.1 % 以上確保しつつ、さらに遅延時間温度係数 (TC D) を小さい範囲にすることが求められる。そこで、実施例 3 は、前述した実施例 2 に対して電気機械結合係数 K<sup>2</sup> を 0.1 % 以上に維持すると共に、遅延時間温度係数 (TC D) をより小さい範囲に発現するものである。

#### 【0055】

図 8 は、実施例 3 に係る KH AlN と KH SiO<sub>2</sub> と、遅延時間温度係数 (TC D) との関係を示すグラフ、図 9 は電気機械結合係数 K<sup>2</sup> との関係を示すグラフである。図 8 の等高線上に記載されている数字は遅延時間温度係数 (ppm / ) である。また、図 9 の等高線上に記載されている数字は電気機械結合係数 K<sup>2</sup> (%) である。ここで、窒化アルミニウム膜 30 の厚さ t<sub>a</sub>、二酸化シリコン膜 40 の厚さ t<sub>s</sub>、弾性表面波の波長、としたとき、窒化アルミニウム膜 30 の規格化膜厚は、KH AlN = (2 / ) · t<sub>a</sub>、二酸化シリコン膜 40 の規格化膜厚は、KH SiO<sub>2</sub> = (2 / ) · t<sub>s</sub>、で与えられる。これら各規格化膜厚の関係を座標表示したとき、適切な領域を以下の座標で表すことができる。なお、図 8、図 9 では、座標 1、座標 2、座標 3・・・を Z<sub>1</sub>、Z<sub>2</sub>、Z<sub>3</sub>・・・と表している。

#### 【0056】

座標 1 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (4.50, 3.33)

座標 2 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (4.84, 2.71)

座標 3 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.65, 1.48)

座標 4 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.72, 1.50)

座標 5 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.72, 1.79)

座標 6 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.50, 3.00)

座標 7 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.44, 3.67)

座標 8 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.00, 4.42)

座標 9 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (4.66, 5.17)

座標 10 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (4.50, 5.38)

これらの座標を、座標 1 ~ 座標 10 の順に結ぶとともに、座標 10 と座標 1 とを結んだ

10

20

30

40

50

領域内に含まれる前記KH AlN及び前記KH SiO<sub>2</sub>を用いる。

【0057】

この領域内では、遅延時間温度係数(TCD)が、 $-10\text{ ppm}/$  ~  $+10\text{ ppm}/$ 、電気機械結合係数 $K^2$ が0.1%以上の両方を満たすことができる。

また、図3と図8の各座標系で結ばれる領域とを合成して判断すると、この領域内では、 $5650\text{ m/s}$ 以上の高い音速が実現でき、高周波帯域発振器に好適な弾性表面波デバイスを実現できることが分かる。

(実施例4)請求項5

【0058】

次に、実施例4について説明する。弾性表面波デバイスを通信機器用の発振器の共振子として用いる場合には、電気機械結合係数 $K^2$ を0.1%以上確保しつつ、さらに遅延時間温度係数(TCD)を小さい範囲にすることが求められる。そこで、実施例4は、電気機械結合係数 $K^2$ を0.1%以上に維持すると共に、前述した実施例3よりもさらに遅延時間温度係数(TCD)を小さい範囲に発現するものである。

10

【0059】

図10は、実施例4に係るKH AlNとKH SiO<sub>2</sub>と、遅延時間温度係数(TCD)との関係を示すグラフ、図11は電気機械結合係数 $K^2$ との関係を示すグラフである。図10の等高線上に記載されている数字は遅延時間温度係数(ppm/)である。図11の等高線上に記載されている数字は電気機械結合係数 $K^2$ (%)である。ここで、窒化アルミニウム膜30の厚さ $t_a$ 、二酸化シリコン膜40の厚さ $t_s$ 、弾性表面波の波長、としたとき、窒化アルミニウム膜30の規格化膜厚は、 $\text{KH AlN} = (2 / ) \cdot t_a$ 、二酸化シリコン膜40の規格化膜厚は、 $\text{KH SiO}_2 = (2 / ) \cdot t_s$ 、で与えられる。これら各規格化膜厚の関係を座標表示したとき、適切な領域を以下の座標で表すことができる。なお、図10、図11では、座標1、座標2、座標3・・・をZ1、Z2、Z3・・・と表している。

20

【0060】

座標1 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (4.50, 3.75)

座標2 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.10, 2.75)

座標3 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.72, 1.79)

座標4 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.50, 3.00)

座標5 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (5.00, 3.83)

座標6 (KH SiO<sub>2</sub>, KH AlN) = (4.50, 4.75)

30

これらの座標を、座標1~座標6の順に結ぶとともに、座標6と座標1とを結んだ領域内に含まれる前記KH AlN及び前記KH SiO<sub>2</sub>を用いる。

【0061】

この領域内では、遅延時間温度係数(TCD)が、 $-5\text{ ppm}/$  ~  $+5\text{ ppm}/$ 、電気機械結合係数 $K^2$ が0.1%以上の両方を満たすことができる。

また、図3と図10の各座標系で結ばれる領域とを合成して判断すると、この領域内では、 $5650\text{ m/s}$ 以上の高い音速が実現でき、高周波帯域発振器に好適な弾性表面波デバイスを実現できることが分かる。

40

【0062】

請求項6、請求項7

なお、上述した弾性表面波デバイス1をパッケージにて密閉することで、湿気や塵埃等の外部環境からの保護を行うことで、より信頼性を高めることができる。また、以上では図1に示すような1ポートの共振子についてのみ言及してきたが、2ポートの共振子、フィルターや集積回路素子と組み合わせて形成した発振器、およびモジュール装置についても本発明を適用できる。

【符号の説明】

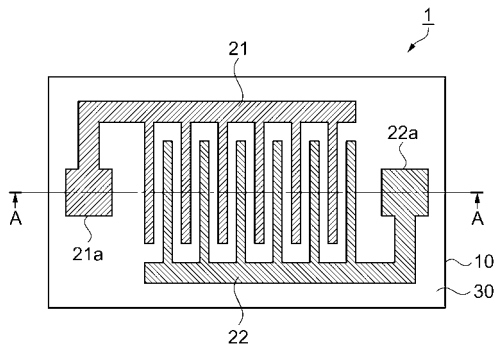
【0063】

1...弾性表面波デバイス、10...サファイア基板、11...サファイア基板の主面、21

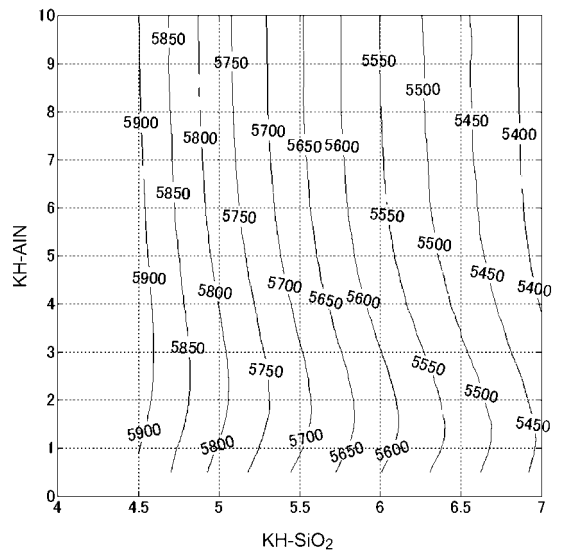
50

, 22 ... 櫛歯電極 (IDT)、21a, 22a ... 電極パッド、30 ... 窒化アルミニウム膜、40 ... 二酸化シリコン膜。

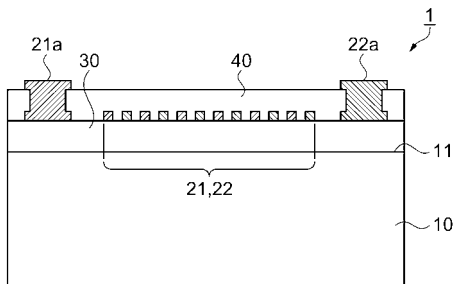
【 図 1 】



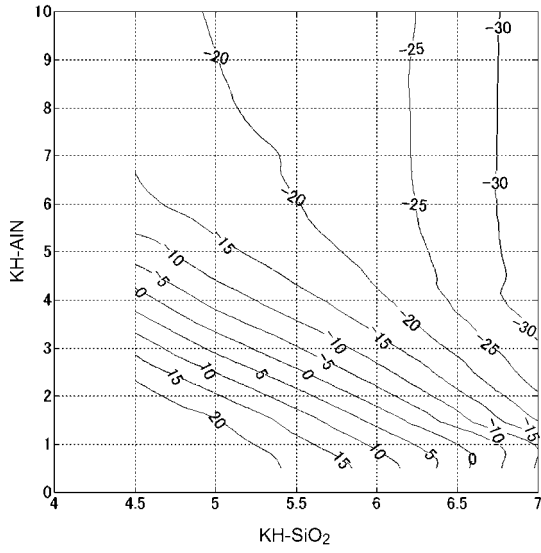
【 図 3 】



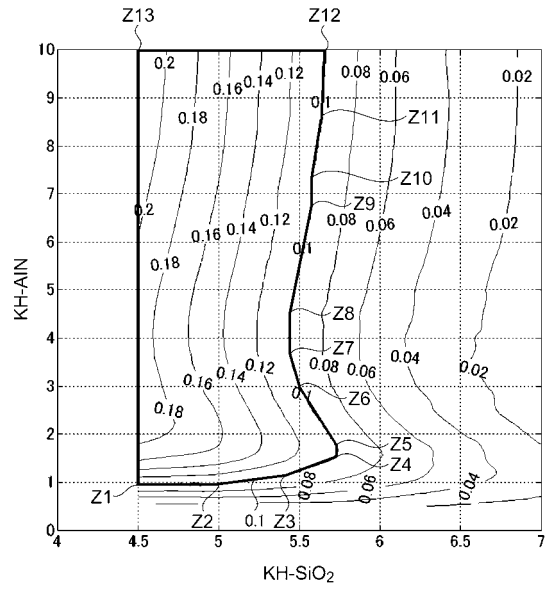
【 図 2 】



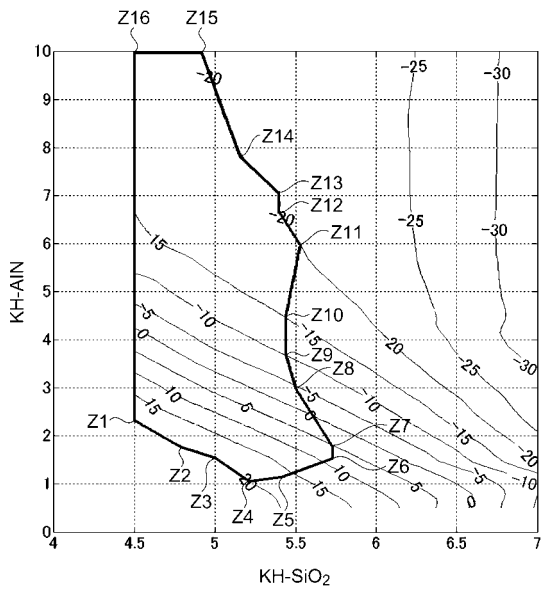
【 図 4 】



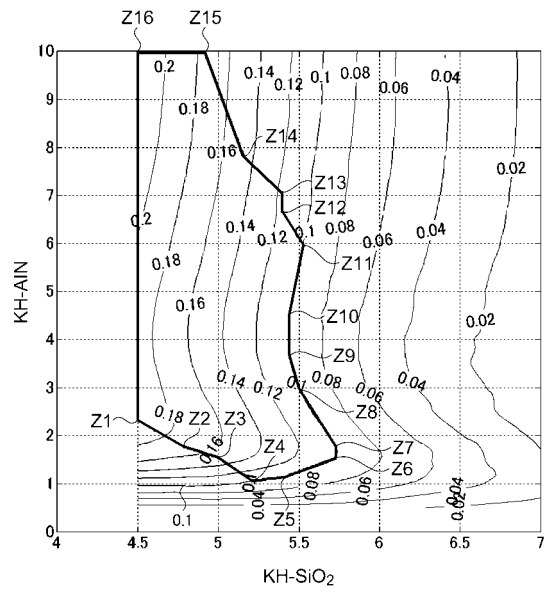
【 図 5 】



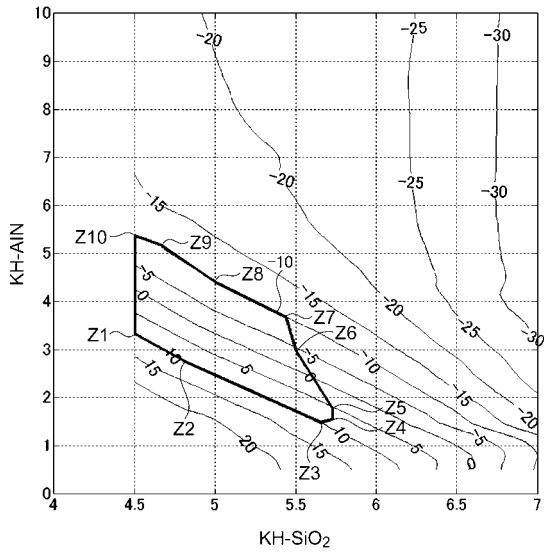
【 図 6 】



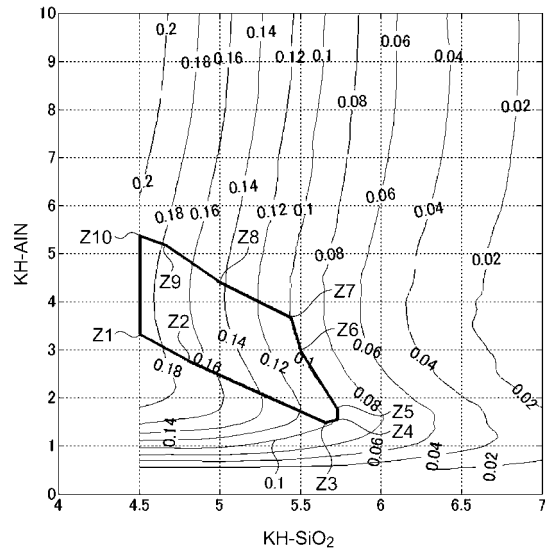
【 図 7 】



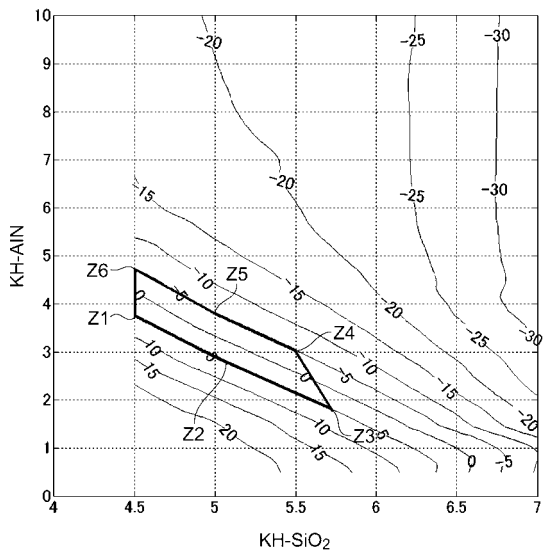
【 図 8 】



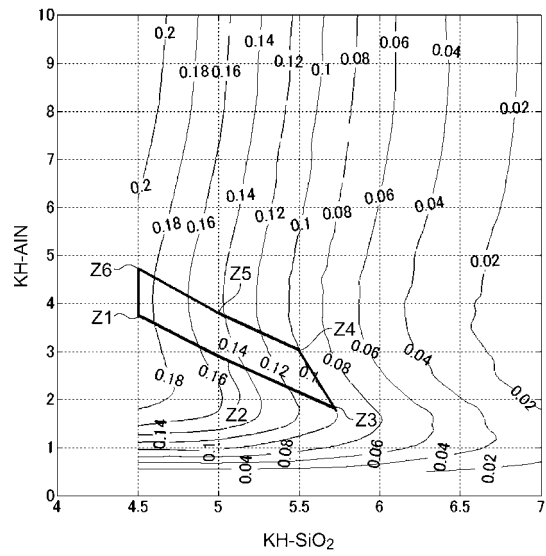
【 図 9 】



【 図 1 0 】



【 図 1 1 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5J097 AA06 AA21 BB01 DD29 EE10 FF02 FF05 GG06 GG07 KK05  
KK09