

(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2008-125131  
(P2008-125131A)

(43) 公開日 平成20年5月29日(2008.5.29)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H03H 9/145 (2006.01)</b>	H03H 9/145 C	5J097
<b>H03H 9/25 (2006.01)</b>	H03H 9/25 C	
<b>H03H 3/08 (2006.01)</b>	H03H 3/08	

審査請求 有 請求項の数 20 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2008-29470 (P2008-29470)  
 (22) 出願日 平成20年2月8日(2008.2.8)  
 (62) 分割の表示 特願2003-15007 (P2003-15007)  
 の分割  
 原出願日 平成15年1月23日(2003.1.23)

(71) 出願人 000006231  
 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 100086597  
 弁理士 官▲崎▼主税  
 (72) 発明者 門田 道雄  
 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 AA01 AA06 AA21 BB11 DD28  
 DD29 FF03 GG03 HA02 HB02  
 HB08 KK05 KK06

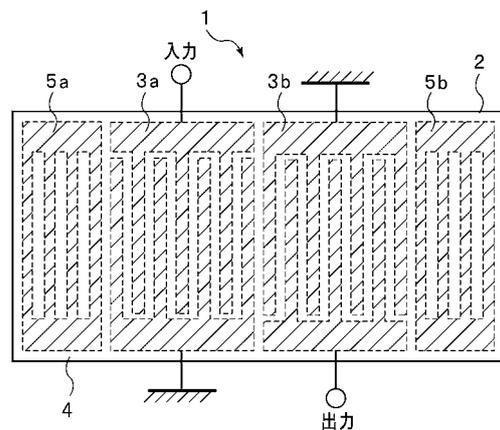
(54) 【発明の名称】 表面波装置及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】周波数温度特性が良好であり、電気機械結合係数が大きく、かつ伝搬損失が小さい表面波装置を提供する。

【解決手段】オイラー角 ( $0 \pm 2^\circ$ ,  $104 \sim 141^\circ$ ,  $0 \pm 2^\circ$ ) の  $\text{LiTaO}_3$  からなる圧電基板 2 と、圧電基板 2 上に形成されており、密度  $8700 \sim 10300 \text{ kg/m}^3$ 、ヤング率  $1.8 \times 10^{11} \sim 4 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$  あるいは横波音速が  $3170 \sim 3290 \text{ m/秒}$  である、Ni や Mo など代表される金属もしくは該金属を主体とする合金または前記金属もしくは合金からなり、かつ膜厚を H、表面波の波長を  $\lambda$  としたときに、規格化膜厚  $H/\lambda$  が  $0.008 \sim 0.06$  の範囲にある IDT 3 と、IDT 3 を覆うように圧電基板 2 上に形成されており、かつ規格化膜厚  $H_s/\lambda$  が  $0.10 \sim 0.40$  の範囲にある  $\text{SiO}_2$  膜とを備える表面波装置 1。

【選択図】 図 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

オイラー角 ( $0 \pm 2^\circ$ ,  $104 \sim 141^\circ$ ,  $0 \pm 2^\circ$ ) の  $\text{LiTaO}_3$  からなる圧電基板と、

前記圧電基板上に形成されており、膜厚を  $H$ 、表面波の波長を  $\lambda$  としたときに、規格化膜厚  $H/\lambda$  が  $0.008 \sim 0.06$  の範囲にあり、密度が  $8700 \sim 10300 \text{ kg/m}^3$ 、ヤング率が  $1.8 \times 10^{11} \sim 4 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$  あるいは横波音速が  $3170 \sim 3290 \text{ m/秒}$  である金属もしくは該金属を主体とする合金からなる IDT と、

前記 IDT を覆うように前記圧電基板上に形成されており、膜厚を  $H_s$  としたときに、表面波の波長で規格化された膜厚  $H_s/\lambda$  が  $0.10 \sim 0.40$  の範囲にある  $\text{SiO}_2$  膜とを備えることを特徴とする、表面波装置。 10

## 【請求項 2】

オイラー角 ( $0 \pm 2^\circ$ ,  $104 \sim 141^\circ$ ,  $0 \pm 2^\circ$ ) の  $\text{LiTaO}_3$  からなる圧電基板と、

前記圧電基板上に形成されており、膜厚を  $H$ 、表面波の波長を  $\lambda$  としたときに、規格化膜厚  $H/\lambda$  が  $0.008 \sim 0.06$  の範囲にあり、平均密度が  $6090 \sim 13990 \text{ kg/m}^3$ 、ヤング率が  $1.8 \times 10^{11} \sim 4 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$  あるいは横波音速が  $3170 \sim 3290 \text{ m/秒}$  であり、主たる第 1 の電極層と、第 1 の電極層とは異なる金属からなる従たる第 2 の電極層との積層膜からなる IDT と、

前記 IDT を覆うように前記圧電基板上に形成されており、膜厚を  $H_s$  としたときに、表面波の波長で規格化された膜厚  $H_s/\lambda$  が  $0.10 \sim 0.40$  の範囲にある  $\text{SiO}_2$  膜とを備えることを特徴とする、表面波装置。 20

## 【請求項 3】

前記 IDT の規格化膜厚  $H/\lambda$  が  $0.017 \sim 0.06$  の範囲にある、請求項 1 または 2 に記載の表面波装置。

## 【請求項 4】

前記 IDT の規格化膜厚  $H/\lambda$  が  $0.023 \sim 0.06$  の範囲にある、請求項 1 または 2 に記載の表面波装置。

## 【請求項 5】

前記圧電基板のオイラー角と、 $\text{SiO}_2$  膜の規格化膜厚  $H_s/\lambda$  とが、下記の表 1 に示す組み合わせのいずれかである、請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の表面波装置。 30

## 【表 1】

$\text{SiO}_2$	オイラー角
$0.1 \leq H/\lambda < 0.2$	$(0^\circ, 105^\circ \sim 140^\circ, 0^\circ)$
$0.2 \leq H/\lambda < 0.3$	$(0^\circ, 105^\circ \sim 140^\circ, 0^\circ)$
$0.3 \leq H/\lambda \leq 0.4$	$(0^\circ, 104^\circ \sim 139^\circ, 0^\circ)$

## 【請求項 6】 40

オイラー角 ( $0 \pm 2^\circ$ ,  $104 \sim 141^\circ$ ,  $0 \pm 2^\circ$ ) の  $\text{LiTaO}_3$  からなる圧電基板と、

前記圧電基板上に形成されており、膜厚を  $H$ 、表面波の波長を  $\lambda$  としたときに、規格化膜厚  $H/\lambda$  が  $0.0095 \sim 0.06$  の範囲にあり、ニッケルもしくはニッケルを主体とする合金、またはニッケルもしくはニッケルを主体とする合金からなる主たる第 1 の電極層と他の金属からなる第 2 の電極層との積層膜からなる IDT と、

前記 IDT を覆うように前記圧電基板上に形成されており、膜厚を  $H_s$  としたときに、表面波の波長で規格化された膜厚  $H_s/\lambda$  が  $0.10 \sim 0.40$  の範囲にある  $\text{SiO}_2$  膜とを備えることを特徴とする、表面波装置。

## 【請求項 7】 50

前記 I D T の規格化膜厚  $H/\lambda$  が  $0.02 \sim 0.06$  の範囲にある、請求項 6 に記載の表面波装置。

【請求項 8】

前記 I D T の規格化膜厚  $H/\lambda$  が  $0.027 \sim 0.06$  の範囲にある、請求項 6 に記載の表面波装置。

【請求項 9】

前記圧電基板のオイラー角と、前記  $\text{SiO}_2$  膜の規格化膜厚  $H_s/\lambda$  とが下記の表 2 に示す組み合わせのいずれかである、請求項 6 に記載の表面波装置。

【表 2】

$\text{SiO}_2$	オイラー角
$0.1 \leq H/\lambda < 0.2$	$(0^\circ, 106^\circ \sim 140^\circ, 0^\circ)$
$0.2 \leq H/\lambda < 0.3$	$(0^\circ, 105^\circ \sim 137^\circ, 0^\circ)$
$0.3 \leq H/\lambda \leq 0.4$	$(0^\circ, 104^\circ \sim 133^\circ, 0^\circ)$

10

【請求項 10】

オイラー角  $(0 \pm 2^\circ, 104 \sim 141^\circ, 0 \pm 2^\circ)$  の  $\text{LiTaO}_3$  からなる圧電基板と、

前記圧電基板上に形成されており、膜厚を  $H$ 、表面波の波長を  $\lambda$  としたときに、規格化膜厚  $H/\lambda$  が  $0.008 \sim 0.06$  の範囲にあり、モリブデンもしくはモリブデンを主体とする合金、またはモリブデンもしくはモリブデンを主体とする合金からなる主たる第 1 の電極層と他の金属からなる第 2 の電極層との積層膜からなる I D T と、

前記 I D T を覆うように前記圧電基板上に形成されており、膜厚を  $H_s$  としたときに、表面波の波長で規格化された膜厚  $H_s/\lambda$  が  $0.10 \sim 0.40$  の範囲にある  $\text{SiO}_2$  膜とを備えることを特徴とする、表面波装置。

20

【請求項 11】

前記 I D T の規格化膜厚  $H/\lambda$  が  $0.017 \sim 0.06$  の範囲にある、請求項 10 に記載の表面波装置。

【請求項 12】

前記 I D T の規格化膜厚  $H/\lambda$  が  $0.023 \sim 0.06$  の範囲にある、請求項 10 に記載の表面波装置。

30

【請求項 13】

前記圧電基板のオイラー角と、前記  $\text{SiO}_2$  膜の規格化膜厚  $H_s/\lambda$  とが下記の表 3 に示す組み合わせのいずれかである、請求項 10 に記載の表面波装置。

【表 3】

$\text{SiO}_2$	オイラー角
$0.1 \leq H/\lambda < 0.2$	$(0^\circ, 107^\circ \sim 141^\circ, 0^\circ)$
$0.2 \leq H/\lambda < 0.3$	$(0^\circ, 104^\circ \sim 141^\circ, 0^\circ)$
$0.3 \leq H/\lambda \leq 0.4$	$(0^\circ, 104^\circ \sim 138^\circ, 0^\circ)$

40

【請求項 14】

前記 I D T が、前記第 1 の電極層と、第 2 の電極層とを積層した構造を有し、I D T 全体の平均密度が  $6090 \sim 13990 \text{ kg/m}^3$  の範囲にある、請求項 1 ~ 13 のいずれかに記載の表面波装置。

【請求項 15】

オイラー角  $(0 \pm 2^\circ, 104 \sim 141^\circ, 0 \pm 2^\circ)$  の  $\text{LiTaO}_3$  からなる圧電基板を用意する工程と、

50

前記圧電基板上に、少なくとも1つのIDTを形成する工程と、  
 前記IDTを形成した後に周波数調整を行う工程と、  
 前記周波数調整後に、前記IDTを被覆するように、LiTaO<sub>3</sub>基板上にSiO<sub>2</sub>膜を  
 形成する工程とを備える、請求項1～14のいずれかに記載の表面波装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば表面波フィルタなどに用いられる表面波装置に関し、より詳細には、  
 LiTaO<sub>3</sub>基板を用いた表面波装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、帯域フィルタとして、40°～42°回転Y板X伝搬LiTaO<sub>3</sub>基板を用いた  
 表面波装置が知られている（例えば、下記の特許文献1）。RF帯の帯域フィルタでは  
 、上記40°～42°回転Y板X伝搬LiTaO<sub>3</sub>基板上に、波長で規格化された膜厚  
 $H/\lambda$ が0.08～0.10であるAl膜によりIDTが形成されていた。

【0003】

上記のように、40°～42°回転Y板X伝搬LiTaO<sub>3</sub>基板を用いた従来の表面波  
 装置では、周波数温度特性TCFが-33ppm/°と比較的大きいため、より一層温度  
 特性が良好である仕様を十分に満たすことができなかつた。なお、従来、表面波装置の周  
 波数温度特性TCFを改善する方法として、LiTaO<sub>3</sub>基板上にAlからなるIDTを  
 形成した後に、SiO<sub>2</sub>層を形成する方法が知られている（下記の特許文献1）。

【非特許文献1】1997年電子情報通信学会総合大会論文集：SA-10-6、第50  
 0頁-501頁

【特許文献1】特開平2-295212号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、AlからなるIDTを用いた共振子やフィルタを形成する場合、大きな  
 電気機械結合係数Kや反射係数を得るには、後述の図4や図5に示すように、IDTの電  
 極膜厚 $H/\lambda$ （Hは膜厚、 $\lambda$ は表面波の波長）は、0.08～0.10とかなり厚くしな  
 ければならない。このように、AlからなるIDTがかなり厚くされているため、図19  
 （a）に示されているIDTが形成されている部分において、周波数温度特性を改善する  
 ためにSiO<sub>2</sub>膜がその上に形成されると、図19（b）、（c）に示すように、SiO<sub>2</sub>  
 膜において大きな段差が生じ、SiO<sub>2</sub>膜にクラックが生じることがあった。そのため、  
 クラックの発生により、弾性表面波フィルタのフィルタ特性が悪化しがちであった。

【0005】

加えて、AlからなるIDTの電極膜厚が厚いため、SiO<sub>2</sub>膜の形成によるIDTの  
 電極表面の凹凸を被覆する効果が十分でなく、それによって、周波数温度特性が十分に改  
 善されないことがあった。

【0006】

本発明の目的は、上述した従来技術の現状に鑑み、回転Y板X伝搬のLiTaO<sub>3</sub>基板  
 を用いた弾性表面波装置において、SiO<sub>2</sub>膜の形成により周波数温度特性を改善し得る  
 だけでなく、IDTの電極膜厚を薄くすることにより、SiO<sub>2</sub>膜におけるクラックを防  
 止することができると共に減衰定数も大幅に低減でき、従って目的とするフィルタ特性な  
 どの電気的特性を得ることができ、かつIDTにおける電気機械結合係数及び反射係数が  
 十分な大きさとされる、弾性表面波装置及びその製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本願の第1の発明に係る表面波装置は、オイラー角（ $0 \pm 2^\circ$ 、 $104 \sim 141^\circ$ 、 $0$   
 $\pm 2^\circ$ ）のLiTaO<sub>3</sub>からなる圧電基板と、前記圧電基板上に形成されており、膜厚を

10

20

30

40

50

H、表面波の波長を  $\lambda$  としたときに、規格化膜厚  $H/\lambda$  が  $0.008 \sim 0.06$  の範囲にあり、密度が  $8700 \sim 10300 \text{ kg/m}^3$ 、ヤング率が  $1.8 \times 10^{11} \sim 4 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$  あるいは横波音速が  $3170 \sim 3290 \text{ m/秒}$  である金属もしくは該金属を主体とする合金からなる IDT と、前記 IDT を覆うように前記圧電基板上に形成されており、膜厚を  $H_s$  としたときに、表面波の波長で規格化された膜厚  $H_s/\lambda$  が  $0.10 \sim 0.40$  の範囲にある  $\text{SiO}_2$  膜とを備えることを特徴とする。

【0008】

第2の発明に従う表面波装置は、オイラー角 ( $0 \pm 2^\circ$ ,  $104 \sim 141^\circ$ ,  $0 \pm 2^\circ$ ) の  $\text{LiTaO}_3$  からなる圧電基板と、前記圧電基板上に形成されており、膜厚を  $H$ 、表面波の波長を  $\lambda$  としたときに、規格化膜厚  $H/\lambda$  が  $0.008 \sim 0.06$  の範囲にあり、平均密度が  $6090 \sim 13990 \text{ kg/m}^3$ 、ヤング率が  $1.8 \times 10^{11} \sim 4 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$  あるいは横波音速が  $3170 \sim 3290 \text{ m/秒}$  であり、主たる第1の電極層と、第1の電極層とは異なる金属からなる従たる第2の電極層との積層膜からなる IDT と、前記 IDT を覆うように前記圧電基板上に形成されており、膜厚を  $H_s$  としたときに、表面波の波長で規格化された膜厚  $H_s/\lambda$  が  $0.10 \sim 0.40$  の範囲にある  $\text{SiO}_2$  膜とを備えることを特徴とする。

10

【0009】

第1, 第2の発明のある特定の局面では、上記 IDT の規格化膜厚  $H/\lambda$  は、 $0.017 \sim 0.06$  の範囲、より好ましくは、 $0.023 \sim 0.06$  の範囲にあるとされる。IDT の規格化膜厚  $H/\lambda$  が  $0.017$  以上とすることにより、電気機械結合係数をより一層高めることができる。また、 $H/\lambda$  が  $0.023$  以上の場合には、十分な反射係数を得ることができる。

20

【0010】

第1, 第2の発明に係る表面波装置のさらに別の特定の局面では、上記圧電基板のオイラー角と、 $\text{SiO}_2$  膜の規格化膜厚  $H_s/\lambda$  とが、下記の表1に示す組み合わせのいずれかとされる。この場合には、減衰定数を小さくすることができ、かつ大きな電気機械結合係数及び反射係数を得ることができ、さらに周波数温度特性が良好とされる。

【0011】

【表1】

$\text{SiO}_2$	オイラー角	より好ましいオイラー角
$0.1 \leq H/\lambda < 0.2$	$(0^\circ, 105^\circ \sim 140^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 110^\circ \sim 135^\circ, 0^\circ)$
$0.2 \leq H/\lambda < 0.3$	$(0^\circ, 105^\circ \sim 140^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 108^\circ \sim 135^\circ, 0^\circ)$
$0.3 \leq H/\lambda \leq 0.4$	$(0^\circ, 104^\circ \sim 139^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 108^\circ \sim 133^\circ, 0^\circ)$

30

【0012】

第1, 第2の発明では、上記特定の密度、ヤング率及び横波音速を有する金属からなる電極、すなわち Al よりも密度が高い電極を用いることにより、薄い電極膜厚で大きな電気機械結合係数と反射係数を得ることができる。このような金属としては、ニッケルやモリブデンを挙げることができる。

40

【0013】

本願の第3の発明は、オイラー角 ( $0 \pm 2^\circ$ ,  $104 \sim 141^\circ$ ,  $0 \pm 2^\circ$ ) の  $\text{LiTaO}_3$  からなる圧電基板と、前記圧電基板上に形成されており、膜厚を  $H$ 、表面波の波長を  $\lambda$  としたときに、規格化膜厚  $H/\lambda$  が  $0.0095 \sim 0.06$  の範囲にあり、ニッケルもしくはニッケルを主体とする合金、またはニッケルもしくはニッケルを主体とする合金からなる主たる第1の電極層と他の金属からなる第2の電極層との積層膜からなる IDT と、前記 IDT を覆うように前記圧電基板上に形成されており、膜厚を  $H_s$  としたときに、表面波の波長で規格化された膜厚  $H_s/\lambda$  が  $0.10 \sim 0.40$  の範囲にある  $\text{SiO}_2$  膜とを備えることを特徴とする、表面波装置である。

50

## 【 0 0 1 4 】

第3の発明のある特定の局面では、上記IDTの規格化膜厚 $H/\lambda$ は、 $0.02 \sim 0.06$ 、より好ましくは $0.027 \sim 0.06$ の範囲とされる。 $H/\lambda$ が $0.02$ 以上の場合には、電気機械結合係数を大きくすることができ、 $0.027$ 以上の場合にはさらに反射係数を高めることができる。

## 【 0 0 1 5 】

第3の発明のさらに別の特定の局面では、上記圧電基板のオイラー角と、 $\text{SiO}_2$ 膜の規格化膜厚 $H_s/\lambda$ とが下記の表2に示す組み合わせのいずれかとされる。この場合には、減衰定数を小さくすることができ、かつ大きな電気機械結合係数及び反射係数を得ることができ、さらに良好な周波数温度特性を実現することができる。

10

## 【 0 0 1 6 】

## 【表2】

$\text{SiO}_2$	オイラー角	より好ましいオイラー角
$0.1 \leq H/\lambda < 0.2$	$(0^\circ, 106^\circ \sim 140^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 110^\circ \sim 135^\circ, 0^\circ)$
$0.2 \leq H/\lambda < 0.3$	$(0^\circ, 105^\circ \sim 137^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 108^\circ \sim 134^\circ, 0^\circ)$
$0.3 \leq H/\lambda \leq 0.4$	$(0^\circ, 104^\circ \sim 133^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 108^\circ \sim 132^\circ, 0^\circ)$

## 【 0 0 1 7 】

本願の第4の発明は、オイラー角 $(0 \pm 2^\circ, 104 \sim 141^\circ, 0 \pm 2^\circ)$ の $\text{LiTaO}_3$ からなる圧電基板と、前記圧電基板上に形成されており、膜厚を $H$ 、表面波の波長を $\lambda$ としたときに、規格化膜厚 $H/\lambda$ が $0.008 \sim 0.06$ の範囲にあり、モリブデンもしくはモリブデンを主体とする合金、またはモリブデンもしくはモリブデンを主体とする合金からなる主たる第1の電極層と他の金属からなる第2の電極層との積層膜からなるIDTと、前記IDTを覆うように前記圧電基板上に形成されており、膜厚を $H_s$ としたときに、表面波の波長で規格化された膜厚 $H_s/\lambda$ が $0.10 \sim 0.40$ の範囲にある $\text{SiO}_2$ 膜とを備えることを特徴とする、表面波装置である。

20

## 【 0 0 1 8 】

第4の発明のある特定の局面では、上記IDTの規格化膜厚 $H/\lambda$ が $0.017 \sim 0.06$ の範囲、より好ましくは $0.023 \sim 0.06$ の範囲とされる。 $H/\lambda$ が $0.017$ 以上の場合には、電気機械結合係数を高めることができ、 $0.023$ 以上の場合には、反射係数を十分な大きさとすることができる。

30

## 【 0 0 1 9 】

第4の発明の別の特定の局面では、上記圧電基板のオイラー角と、 $\text{SiO}_2$ 膜の規格化膜厚 $H_s/\lambda$ とが、下記の表3に示す組み合わせのいずれかである。この場合には、減衰定数を小さくすることができ、かつ大きな電気機械結合係数及び反射係数を得ることができ、さらに良好な周波数温度特性を実現することができる。

## 【 0 0 2 0 】

## 【表3】

$\text{SiO}_2$	オイラー角	より好ましいオイラー角
$0.1 \leq H/\lambda < 0.2$	$(0^\circ, 107^\circ \sim 140^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 110^\circ \sim 135^\circ, 0^\circ)$
$0.2 \leq H/\lambda < 0.3$	$(0^\circ, 104^\circ \sim 140^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 109^\circ \sim 135^\circ, 0^\circ)$
$0.3 \leq H/\lambda \leq 0.4$	$(0^\circ, 104^\circ \sim 138^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 108^\circ \sim 133^\circ, 0^\circ)$

40

## 【 0 0 2 1 】

第1～4の発明のさらに別の特定の局面では、上記第1の電極層と、第2の電極層とが積層されてIDTが構成されており、かつIDT全体の平均密度が $6090 \sim 13990$

50

$\text{kg} / \text{m}^3$ の範囲とされる。

【0022】

本願の第5の発明は、オイラー角 ( $0 \pm 2^\circ$ ,  $104 \sim 141^\circ$ ,  $0 \pm 2^\circ$ ) の  $\text{LiTaO}_3$  からなる圧電基板を用意する工程と、前記圧電基板上に、少なくとも1つのIDTを形成する工程と、前記IDTを形成した後に周波数調整を行う工程と、前記周波数調整後に、前記IDTを被覆するように、 $\text{LiTaO}_3$ 基板上に $\text{SiO}_2$ 膜を形成する工程とを備える、本発明に係る表面波装置の製造方法である。

【発明の効果】

【0023】

第1, 第3, 第4の発明に係る表面波装置では、オイラー角 ( $0 \pm 2^\circ$ ,  $104 \sim 141^\circ$ ,  $0 \pm 2^\circ$ )、すなわち $14^\circ \sim 51^\circ$ 回転Y板X伝搬 $\text{LiTaO}_3$ からなる圧電基板上に、規格化膜厚 $H/\lambda$ が $0.008 \sim 0.06$ であり、かつNiやMoなどに代表される、密度が $8700 \sim 10300 \text{ kg} / \text{m}^3$ 及びヤング率が $1.8 \times 10^{11} \sim 4 \times 10^{11} \text{ N} / \text{m}^2$ あるいは横波音速が $3170 \sim 3290 \text{ m} / \text{秒}$ である金属もしくは該金属を主体とする合金からなるIDTが形成されており、IDTを覆うように、 $H/\lambda = 0.10 \sim 0.40$ の $\text{SiO}_2$ 膜が形成されている。従って、 $\text{SiO}_2$ 膜により周波数温度係数TCFが改善され、上記特定の金属からなるIDTの膜厚 $H/\lambda$ が上記特定の範囲とされているため、電気機械結合係数と反射係数が大きく、さらに $\text{LiTaO}_3$ 基板の回転角が上記特定の範囲とされているため、減衰定数が小さくされる。よって、周波数温度特性に優れ、大きな電気機械結合係数を有し、かつ伝搬損失が少ない表面波装置を提供することが可能となる。

【0024】

同様に第2の発明においても、IDTの平均密度が $6090 \sim 13990 \text{ kg} / \text{m}^3$ であることを除いては、同様であるため、周波数温度特性に優れ、大きな電気機械結合係数を有し、かつ伝搬損失が少ない表面波装置を提供することが可能となる。

【0025】

また、上記特定の金属からなるIDTが薄いため、IDT上に $\text{SiO}_2$ が成膜されても、 $\text{SiO}_2$ に大きな段差やクラックができないため、Al電極の場合に生じるそれらに起因した挿入損失等の特性の劣化もない。

【0026】

特に、IDTの膜厚 $H/\lambda$ が $0.017 \sim 0.06$ の範囲にある場合には、電気機械結合係数を効果的に高めることができ、 $0.023 \sim 0.006$ の範囲にある場合には、反射係数を高めることができる。

【0027】

また、上記 $\text{LiTaO}_3$ からなる圧電基板の回転角が $18^\circ \sim 45^\circ$ の範囲である場合には、減衰定数をより一層小さくすることができる。この場合には、減衰定数を小さくことができ、かつ大きな電気機械結合係数及び反射係数を得ることができ、さらに良好な周波数温度特性を実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

以下、図面を参照しつつ、本発明の具体的な実施例を説明することにより本発明を詳細に説明する。

【0029】

図1は、本発明の一実施形態に係る表面波装置の模式的平面図である。表面波装置1は、縦結合共振子型表面波フィルタであり、オイラー角 ( $0 \pm 2^\circ$ ,  $104 \sim 141^\circ$ ,  $0 \pm 2^\circ$ )、すなわち $14^\circ \sim 51^\circ$ 回転Y板X伝搬 $\text{LiTaO}_3$ からなる圧電基板2を有する。圧電基板2上に、IDT3a, 3b及び反射器5a, 5bが形成されている。

【0030】

IDT3a, 3b及び反射器5a, 5bは、密度が $8700 \sim 10300 \text{ kg} / \text{m}^3$ 及びヤング率が $1.8 \times 10^{11} \sim 4 \times 10^{11} \text{ N} / \text{m}^2$ あるいは横波音速が $3170 \sim 329$

10

20

30

40

50

0 m / 秒である金属により構成されている。このような金属としては、ニッケルやモリブデンまたはこれらを主体とする合金が挙げられる。

【0031】

IDT 3a, 3bの規格化膜厚  $H/\lambda$  ( $H$ はIDTの厚み、 $\lambda$ は表面波の波長を示す)は0.008~0.06の範囲とされている。また、IDT 3a, 3bを覆うように、圧電基板2上に、 $SiO_2$ 膜4が形成されている。 $SiO_2$ 膜4の規格化膜厚  $H_s/\lambda$  ( $H_s$ は $SiO_2$ 膜の厚み、 $\lambda$ は表面波の波長)は0.10~0.40の範囲とされている。

【0032】

本実施例では上記のように、オイラー角 ( $0 \pm 2^\circ$ ,  $104 \sim 141^\circ$ ,  $0 \pm 2^\circ$ )、すなわち  $14^\circ \sim 51^\circ$  回転 Y 板 X 伝搬 LiTaO<sub>3</sub> からなる圧電基板2と、 $H/\lambda = 0.008 \sim 0.06$  であり、上記特定の金属よりなる IDT 3a, 3b と、 $H_s/\lambda = 0.10 \sim 0.40$  の範囲にある  $SiO_2$  膜4とを用いているため、周波数温度係数 TCF が小さく、電気機械結合係数  $K^2$  が大きく、かつ伝搬損失が小さい表面波装置を提供することができる。これを、以下の具体的な実験例に基づき説明する。

【0033】

LiTaO<sub>3</sub>基板を伝搬する表面波としては、レイリー波の他に、漏洩弾性表面波が存在する。漏洩弾性表面波は、レイリー波に比べて音速が速く、電気機械結合係数が大きい。しかしながら、漏洩弾性表面波は、エネルギーを基板内部に放射しながら伝搬する波である。従って、漏洩弾性表面波は、伝搬損失の原因となる減衰定数を有する。

【0034】

図2は、回転 Y 板 X 伝搬 LiTaO<sub>3</sub>におけるオイラー角 ( $0^\circ$ ,  $\theta$ ,  $0^\circ$ ) の  $\theta$  と、基板表面が電氣的に短絡された場合の減衰定数 (伝搬損失)  $\alpha$  との関係を示す。なお、回転角  $\theta = -90^\circ$  である。

【0035】

図2から明らかなように、オイラー角の  $\theta$  が  $124 \sim 126^\circ$  の範囲で減衰定数は小さい。 $\theta$  がこの範囲を外れると、減衰定数は大きくなる。

【0036】

また、比較的膜厚が厚い Al からなる IDT を形成した場合には、 $\theta = 130^\circ \sim 132^\circ$  で減衰定数が小さくなることが知られている (例えば、前述した非特許文献1)。従って、従来、Al からなる IDT と、LiTaO<sub>3</sub> 基板とを組み合わせた構成では、 $\theta = 130^\circ \sim 132^\circ$  の回転 Y 板 X 伝搬の LiTaO<sub>3</sub> 基板が用いられていた。

【0037】

図3は、回転 Y 板 X 伝搬 LiTaO<sub>3</sub> 基板におけるオイラー角 ( $0^\circ$ ,  $\theta$ ,  $0^\circ$ ) の  $\theta$  と電気機械結合係数  $K^2$  との関係を示す。オイラー角の  $\theta$  が  $100^\circ \sim 120^\circ$  の範囲で大きな電気機械結合係数  $K^2$  が得られることがわかる。しかしながら、 $\theta = 100^\circ \sim 120^\circ$  の範囲では、前述の図2から明らかなように減衰定数が大きい。従って、このようなオイラー角の LiTaO<sub>3</sub> 基板を用いることはできないことがわかる。

【0038】

図4は、 $36^\circ$  回転 Y 板 X 伝搬 [オイラー角で ( $0^\circ$ ,  $126^\circ$ ,  $0^\circ$ )] の LiTaO<sub>3</sub> 基板上に、電極膜として、Mo 膜、Ni 膜またはアルミニウム膜を形成した場合の該電極膜の規格化膜厚  $H/\lambda$  ( $H$ は膜厚を、 $\lambda$ は表面波の波長を示す) と、電気機械結合係数  $K^2$  との関係を示す。Mo 膜や Ni 膜の規格化膜厚  $H/\lambda$  が 0.008 以上では、電気機械結合係数  $K^2$  は、 $H/\lambda = 0$  (成膜しなかった場合) の場合の電気機械結合係数の 1.2 倍以上となり、 $H/\lambda$  が 0.017 以上では、1.35 倍以上となり、 $H/\lambda$  が 0.026 以上では、1.45 倍以上となることがわかる。

【0039】

他方、後述するように、温度特性を改善するために、 $SiO_2$  膜が電極上に形成される場合には、電極膜厚  $H/\lambda$  が 0.06 を超えるとフィルタの挿入損失や温度特性が劣化する。従って、電極の規格化膜厚  $H/\lambda$  は 0.06 以下が望ましいことがわかる。

【0040】

10

20

30

40

50

従って、Mo膜やNi膜からなる電極を形成した場合、 $H/\lambda = 0.008 \sim 0.06$ の範囲とすることにより、フィルタ特性の劣化や温度特性の劣化を招くことなく、電気機械結合係数 $K^2$ を高めることができる。

【0041】

また、図5は、オイラー角 $(0^\circ, 126^\circ, 0^\circ)$ のLiTaO<sub>3</sub>基板の上に、様々な厚みのNi膜、Mo膜またはAl膜からなる電極を形成した場合の電極の規格化膜厚 $H/\lambda$ と、電極指1本当りの反射係数を示す図である。すなわち、5から明らかなように、Alからなる電極の場合には、十分な反射係数を得るには、規格化 $H/\lambda$ は0.08以上であることが求められていた。これに対して、Ni膜やMo膜からなる電極の場合には、十分な反射係数を得るには、規格化膜厚 $H/\lambda$ は0.023以上でよいことがわかる。

10

【0042】

よって、本発明においては、電極膜の規格化膜厚 $H/\lambda$ は、 $0.008 \sim 0.06$ 、好ましくは $0.017 \sim 0.06$ 、さらに好ましくは $0.023 \sim 0.06$ の範囲とすればよいことがわかる。

【0043】

次に、SiO<sub>2</sub>膜をLiTaO<sub>3</sub>基板の上に形成した場合の周波数温度係数TCFの改善効果を説明する。図6は、 $\theta = 113^\circ, 126^\circ$ 及び $129^\circ$ の $(0, \theta, 0)$ の各LiTaO<sub>3</sub>基板の上にSiO<sub>2</sub>膜を成膜した場合の周波数温度係数TCFの変化を示す図である。

【0044】

図6から明らかなように、 $\theta$ が $113^\circ, 126^\circ$ 及び $129^\circ$ のいずれの場合においても、SiO<sub>2</sub>の規格化膜厚 $H_s/\lambda$  ( $H_s$ はSiO<sub>2</sub>膜の膜厚を、 $\lambda$ は表面波の波長を示す)が $0.10 \sim 0.45$ の範囲において、TCFが $-24 \sim +17$  ppm/ $^\circ\text{C}$ の範囲にはいることがわかる。もっとも、SiO<sub>2</sub>膜の成膜には時間を要するため、SiO<sub>2</sub>膜の規格化膜厚 $H_s/\lambda$ は0.40以下であることが望ましい。従って、好ましくは、SiO<sub>2</sub>膜の規格化膜厚 $H_s/\lambda$ は、 $0.10 \sim 0.40$ の範囲であり、それによって、短時間で成膜でき、かつTCFを $-20 \sim +17$  ppm/ $^\circ\text{C}$ の範囲とすることができる。

20

【0045】

従来、LiTaO<sub>3</sub>基板の上に、Al電極を形成し、さらにSiO<sub>2</sub>膜を形成することにより、レイリー波などのTCFが改善されるという報告がいくつか存在する(例えば、特許文献1など)。しかしながら、LiTaO<sub>3</sub>基板-上記特定の密度、ヤング率及び横波音速範囲の金属からなる電極-SiO<sub>2</sub>膜の積層構造において、電極の膜厚や漏洩弾性表面波の減衰定数を考慮にいれて実験が行われた報告は存在しない。

30

【0046】

図7及び図8は、オイラー角 $(0^\circ, 120^\circ, 0^\circ)$ と、 $(0^\circ, 140^\circ, 0^\circ)$ の各LiTaO<sub>3</sub>基板の上に、種々の膜厚のNiからなるIDTと、種々の膜厚のSiO<sub>2</sub>膜とを形成した場合の減衰定数を示す図である。

【0047】

図7から明らかなように、 $\theta = 120^\circ$ では、SiO<sub>2</sub>の膜厚 $H_s/\lambda$ が $0.1 \sim 0.40$ かつNiよりなる電極の規格化膜厚 $H/\lambda$ が $0.008 \sim 0.08$ の範囲において、減衰定数が小さいことがわかる。他方、図8から明らかなように、 $\theta = 140^\circ$ では、Niからなる電極の規格化膜厚 $H/\lambda$ が $0.008 \sim 0.08$ の範囲では、SiO<sub>2</sub>膜の膜厚の如何に係わらず、減衰定数が大きくなっていることがわかる。

40

【0048】

図9及び図10は、オイラー角 $(0^\circ, 120^\circ, 0^\circ)$ と $(0^\circ, 140^\circ, 0^\circ)$ の各LiTaO<sub>3</sub>基板の上に、種々の膜厚のMoからなるIDTと、種々の膜厚のSiO<sub>2</sub>膜とを形成した場合の減衰定数の変化を示す図である。

【0049】

図9から明らかなように、 $\theta = 120^\circ$ では、SiO<sub>2</sub>の膜厚 $H_s/\lambda$ が $0.1 \sim 0.40$ かつMoよりなる電極の規格化膜厚 $H/\lambda$ が $0.008 \sim 0.08$ の範囲において、

50

減衰定数が小さいことがわかる。他方、図10から明らかなように、 $\theta = 140^\circ$ では、Moからなる電極の規格化膜厚 $H/\lambda$ が $0.008 \sim 0.08$ の範囲では、 $SiO_2$ 膜の膜厚の如何に係わらず、減衰定数が大きくなっていることがわかる。

【0050】

すなわち、TCFの絶対値を小さくし、大きな電気機械結合係数を得、かつ減衰定数を小さくするには、LiTaO<sub>3</sub>基板のカット角、 $SiO_2$ 膜の厚み及び上記特定の密度、ヤング率及び横波音速範囲の金属からなる電極の膜厚の3つの条件を考慮しなければならないことがわかる。

【0051】

図11～図14は、 $SiO_2$ 膜の規格化膜厚 $H_s/\lambda$ 及びNiからなる電極膜の規格化膜厚 $H/\lambda$ を変化させた場合の、 $\theta$ (度)と減衰定数との関係を示す。

10

【0052】

図15～図18は、 $SiO_2$ 膜の規格化膜厚 $H_s/\lambda$ 及びMoからなる電極膜の規格化膜厚 $H/\lambda$ を変化させた場合の、 $\theta$ (度)と減衰定数との関係を示す。

【0053】

図11～図18から明らかなように、NiまたはMoからなる電極の規格化膜厚 $H/\lambda$ が $0.008 \sim 0.06$ 、 $0.017 \sim 0.06$ 及び $0.023 \sim 0.06$ において、 $SiO_2$ 膜の膜厚と、最適な $\theta$ との関係は、下記の表4に示す通りとなる。なお、この最適は、電極の電極指幅のばらつきや単結晶基板のばらつきにより $-2^\circ \sim +4^\circ$ 程度ばらつくことがある。

20

【0054】

【表4】

$SiO_2$	オイラー角	より好ましいオイラー角
$0.1 \leq H/\lambda < 0.2$	$(0^\circ, 105^\circ \sim 140^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 110^\circ \sim 135^\circ, 0^\circ)$
$0.2 \leq H/\lambda < 0.3$	$(0^\circ, 105^\circ \sim 140^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 108^\circ \sim 135^\circ, 0^\circ)$
$0.3 \leq H/\lambda \leq 0.4$	$(0^\circ, 104^\circ \sim 139^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 108^\circ \sim 133^\circ, 0^\circ)$

【0055】

また、図9～図14で示したNiからなる電極の最適膜厚 $H/\lambda = 0.008 \sim 0.06$ 、 $0.02 \sim 0.06$ 及び $0.027 \sim 0.06$ における $SiO_2$ 膜の膜厚と最適な $\theta$ との関係は下記の表5に示す通りとなる。

30

【0056】

【表5】

$SiO_2$	オイラー角	より好ましいオイラー角
$0.1 \leq H/\lambda < 0.2$	$(0^\circ, 106^\circ \sim 140^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 110^\circ \sim 135^\circ, 0^\circ)$
$0.2 \leq H/\lambda < 0.3$	$(0^\circ, 105^\circ \sim 137^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 108^\circ \sim 134^\circ, 0^\circ)$
$0.3 \leq H/\lambda \leq 0.4$	$(0^\circ, 104^\circ \sim 133^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 108^\circ \sim 132^\circ, 0^\circ)$

40

【0057】

また、図15～図18に示したMoからなる電極の最適膜厚 $H/\lambda = 0.008 \sim 0.06$ 、 $0.017 \sim 0.06$ 及び $0.023 \sim 0.06$ における $SiO_2$ 膜の膜厚と、最適な $\theta$ との関係は下記の表6に示す通りとなる。

【0058】

【表 6】

SiO <sub>2</sub>	オイラー角	より好ましいオイラー角
$0.1 \leq H/\lambda < 0.2$	(0°, 107° ~ 140°, 0°)	(0°, 110° ~ 135°, 0°)
$0.2 \leq H/\lambda < 0.3$	(0°, 104° ~ 140°, 0°)	(0°, 109° ~ 135°, 0°)
$0.3 \leq H/\lambda \leq 0.4$	(0°, 104° ~ 138°, 0°)	(0°, 108° ~ 133°, 0°)

## 【0059】

すなわち、表 4 から明らかなように、上記特定の密度、ヤング率及び横波音速範囲の金属からなる電極の膜厚  $H/\lambda$  が、 $0.008 \sim 0.06$ 、 $0.017 \sim 0.06$  及び  $0.023 \sim 0.06$  で、温度特性を改善するために、SiO<sub>2</sub> 膜の膜厚を  $0.1 \sim 0.4$  の範囲とした場合、LiTaO<sub>3</sub> のオイラー角における  $\theta$  は、 $104^\circ \sim 141^\circ$  の範囲、すなわち、回転角で  $14^\circ \sim 51^\circ$  の範囲、より好ましくは、表 4 に示すオイラー角を選択すればよいことがわかる。

10

## 【0060】

同様に、Ni 膜からなる電極の規格化膜厚  $H/\lambda$  が  $0.095 \sim 0.06$ 、 $0.02 \sim 0.06$  及び  $0.027 \sim 0.06$  の場合において、周波数温度特性を改善するために、 $Hs/\lambda$  が  $0.1 \sim 0.4$  の SiO<sub>2</sub> 膜の膜厚に応じて、LiTaO<sub>3</sub> 基板のオイラー角における  $\theta$  は  $104^\circ \sim 141^\circ$  の範囲とすればよく、より好ましくは SiO<sub>2</sub> 膜の膜厚に応じて表 5 に示したオイラー角を選択すればよいことがわかる。

20

## 【0061】

同様に、Mo 膜からなる電極の規格化膜厚  $H/\lambda$  が  $0.0095 \sim 0.06$ 、 $0.02 \sim 0.06$  及び  $0.027 \sim 0.06$  の場合において、周波数温度特性を改善するために、 $Hs/\lambda$  が  $0.1 \sim 0.4$  の SiO<sub>2</sub> 膜の膜厚に応じて、LiTaO<sub>3</sub> 基板のオイラー角における  $\theta$  は  $104^\circ \sim 141^\circ$  の範囲とすればよく、より好ましくは SiO<sub>2</sub> 膜の膜厚に応じて表 6 に示したオイラー角を選択すればよいことがわかる。

## 【0062】

ここで、表 4 ~ 表 6 における「LiTaO<sub>3</sub> のオイラー角」の範囲は、減衰定数  $\alpha$  が  $0.1 \text{ dB}/\lambda$  以下の範囲を規定したものである。また、表 4 ~ 表 6 における LiTaO<sub>3</sub> のオイラー角の「より好ましい」範囲は、減衰定数が  $0.05 \text{ dB}/\lambda$  以下の範囲を規定したものである。また、上記電極膜の規格化膜厚が  $0.095$ 、 $0.017$ 、 $0.023$  である場合の SiO<sub>2</sub> 膜の膜厚とオイラー角の関係は、図 11 ~ 図 18 に示す Ni もしくは Mo からなる電極膜の規格化膜厚から換算して求めたものであり、それによって、表 4 ~ 表 6 の SiO<sub>2</sub> 膜の膜厚とオイラー角の値を求めている。

30

## 【0063】

また、図 20 (a), (b), (c) は、上記実施例の弾性表面波フィルタにおける表面の走査型電子顕微鏡写真である。ここでは、 $H/\lambda = 0.025$  の規格化膜厚の Mo からなる IDT 上に、規格化膜厚  $Hs/\lambda = 0.3$  の SiO<sub>2</sub> 膜が形成されている前後の場合の結果が示されている。図 20 (b) の成膜後の写真から明らかなように、SiO<sub>2</sub> 膜の表面にクラックは見られず、従って、クラックによる特性の劣化も生じ難いことがわかる。Al 電極指に比べ Mo や Ni からなる電極は薄い膜厚で大きな電気機械結合係数と反射係数が得られる。そのため、薄い Mo や Ni からなる電極の上に SiO<sub>2</sub> が成膜されていても、図 20 (b), (c) に示すように、SiO<sub>2</sub> に大きな段差やクラックが生じないという利点がある。

40

## 【0064】

本発明に係る弾性表面波装置の製造に際しては、回転 Y 板 X 伝搬 LiTaO<sub>3</sub> 基板上に Ni や Mo などの上記特定の金属からなる IDT を形成した後、その状態において周波数調整を行い、しかる後減衰定数  $\alpha$  を小さくし得る範囲の膜厚の SiO<sub>2</sub> 膜を成膜することが望ましい。これを、図 21 ~ 図 24 を参照して説明する。図 21 及び図 23 は、オイラ

50

一角 ( $0^\circ$ ,  $126^\circ$ ,  $0^\circ$ ) の回転 Y 板 X 伝搬  $\text{LiTaO}_3$  基板上に、種々の厚み  $H/\lambda$  の  $\text{Ni}$  または  $\text{Mo}$  からなる IDT 及び種々の膜厚  $H_s/\lambda$  の  $\text{SiO}_2$  膜を形成した場合の電極膜厚に対する漏洩弾性表面波の音速の変化を示す。また、図 2 2 及び図 2 4 は、同じオイラー角の  $\text{LiTaO}_3$  基板上に、種々の膜厚  $H/\lambda$  の  $\text{Ni}$  または  $\text{Mo}$  からなる IDT を形成した場合、その上に形成される  $\text{SiO}_2$  膜の規格化膜厚  $H_s/\lambda$  を変化させた場合の  $\text{SiO}_2$  膜厚に対する漏洩弾性表面波の音速の変化を示す。図 2 1 と図 2 2、及び図 2 3 と図 2 4 とを比較すれば明らかなように、電極の膜厚を変化させた場合の方が、 $\text{SiO}_2$  膜の膜厚を変化させた場合よりも表面波の音速の変化がはるかに大きい。従って、 $\text{SiO}_2$  膜の形成に先立ち、周波数調整が行われることが望ましく、例えば、レーザーエッチングやイオンエッチングなどにより  $\text{Ni}$  や  $\text{Mo}$  からなる IDT を形成した後に周波数調整を行うことが望ましい。

#### 【0065】

なお、本発明は、上記のように、オイラー角 ( $0 \pm 2^\circ$ ,  $104 \sim 141^\circ$ ,  $0 \pm 2^\circ$ )、すなわち  $14^\circ \sim 51^\circ$  回転 Y 板 X 伝搬  $\text{LiTaO}_3$  からなる圧電基板、 $H/\lambda = 0.008 \sim 0.06$  である  $\text{Ni}$  や  $\text{Mo}$  などの上記特定の密度、ヤング率及び横波音速範囲の金属よりなる IDT と、 $H_s/\lambda = 0.10 \sim 0.40$  である  $\text{SiO}_2$  膜とを有することを特徴とするものであり、従って、IDT の数及び構造等については特に限定されない。すなわち、本発明は、図 1 に示した表面波装置だけでなく、上記条件を満たす限り、様々な表面波共振子や表面波フィルタあるいは弾性体波等のデバイスに適用することができる。

#### 【0066】

また、 $\text{Ni}$  や  $\text{Mo}$  などの上記特定の金属からなる主たる第 1 の電極層の下や上に電極の密着強度を向上させるためやボンディングを容易とするために、他の金属からなる従たる第 2 の電極層を積層してもよい。このような他の金属としては、 $\text{Ti}$  や  $\text{Cr}$ ,  $\text{Al}$  が挙げられる。

#### 【0067】

上記  $\text{Ni}$  または  $\text{Mo}$  などを含む、上記特定の密度及びヤング率あるいは横波音速範囲の金属からなる第 1 の電極層に、他の金属からなる第 2 の電極層が積層されている場合には、上記特定の金属からなる電極層が主たる電極層であればよく、その場合、電極全体の平均密度が  $6090 \sim 13990 \text{ kg/m}^2$  の範囲にあればよい。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0068】

【図 1】本発明の一実施例に係る表面波装置を示す模式的平面図。

【図 2】オイラー角 ( $0^\circ$ ,  $\theta$ ,  $0^\circ$ ) の  $\text{LiTaO}_3$  基板の  $\alpha$  と、減衰定数  $\beta$  との関係を示す図。

【図 3】オイラー角 ( $0^\circ$ ,  $\theta$ ,  $0^\circ$ ) の  $\text{LiTaO}_3$  基板における  $\alpha$  と電気機械結合係数  $K^2$  との関係を示す図。

【図 4】オイラー角 ( $0^\circ$ ,  $126^\circ$ ,  $0^\circ$ ) の  $\text{LiTaO}_3$  基板上にニッケル、モリブデンまたはアルミニウムからなる電極膜を形成した構造における電極膜の規格化膜厚  $H/\lambda$  と、電気機械結合係数  $K^2$  との関係を示す図。

【図 5】オイラー角 ( $0^\circ$ ,  $126^\circ$ ,  $0^\circ$ ) の  $\text{LiTaO}_3$  基板上に、様々な厚みのニッケル、モリブデンまたはアルミニウムよりなる電極を形成した場合の電極の規格化膜厚と、電極指の 1 本当りの反射係数との関係を示す図。

【図 6】オイラー角 ( $0^\circ$ ,  $113^\circ$ ,  $0^\circ$ )、( $0^\circ$ ,  $126^\circ$ ,  $0^\circ$ ) 及び ( $0^\circ$ ,  $129^\circ$ ,  $0^\circ$ ) の各  $\text{LiTaO}_3$  基板上に  $\text{SiO}_2$  膜を形成した場合の  $\text{SiO}_2$  膜の規格化膜厚  $H_s/\lambda$  と、周波数温度係数  $\text{TCF}$  との関係を示す図。

【図 7】オイラー角 ( $0^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $0^\circ$ ) の  $\text{LiTaO}_3$  基板上に、様々な厚みの  $\text{SiO}_2$  膜及び様々な厚みのニッケルからなる IDT を形成した構造における減衰定数  $\beta$  の変化を示す図。

【図 8】オイラー角 ( $0^\circ$ ,  $140^\circ$ ,  $0^\circ$ ) の  $\text{LiTaO}_3$  基板上に、様々な厚みの  $\text{SiO}_2$  膜及び様々な厚みのニッケルからなる IDT を形成した構造における減衰定数  $\beta$  の変化を示す図。

10

20

30

40

50

$\text{SiO}_2$ 膜及び様々な厚みのニッケルからなるIDTを形成した構造における減衰定数の変化を示す図。

【図9】オイラー角( $0^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $0^\circ$ )の $\text{LiTaO}_3$ 基板上に、様々な厚みの $\text{SiO}_2$ 膜及び様々な厚みのモリブデンからなるIDTを形成した構造における減衰定数の変化を示す図。

【図10】オイラー角( $0^\circ$ ,  $140^\circ$ ,  $0^\circ$ )の $\text{LiTaO}_3$ 基板上に、様々な厚みの $\text{SiO}_2$ 膜及び様々な厚みのモリブデンからなるIDTを形成した構造における減衰定数の変化を示す図。

【図11】オイラー角( $0^\circ$ ,  $\quad$ ,  $0^\circ$ )の $\text{LiTaO}_3$ 基板上に、様々な厚みのニッケルよりなる電極膜を形成し、さらに規格化膜厚 $H_s/\quad = 0.1$ の $\text{SiO}_2$ 膜を形成した表面波装置における $\quad$ と、ニッケルよりなる電極膜の規格化厚み $H/\quad$ と、減衰定数 $\quad$ との関係を示す図。

10

【図12】オイラー角( $0^\circ$ ,  $\quad$ ,  $0^\circ$ )の $\text{LiTaO}_3$ 基板上に、様々な厚みのニッケルよりなる電極膜を形成し、さらに規格化膜厚 $H_s/\quad = 0.2$ の $\text{SiO}_2$ 膜を形成した表面波装置における $\quad$ と、ニッケルよりなる電極膜の規格化厚み $H/\quad$ と、減衰定数 $\quad$ との関係を示す図。

【図13】オイラー角( $0^\circ$ ,  $\quad$ ,  $0^\circ$ )の $\text{LiTaO}_3$ 基板上に、様々な厚みのニッケルよりなる電極膜を形成し、さらに規格化膜厚 $H_s/\quad = 0.3$ の $\text{SiO}_2$ 膜を形成した表面波装置における $\quad$ と、ニッケルよりなる電極膜の規格化厚み $H/\quad$ と、減衰定数 $\quad$ との関係を示す図。

20

【図14】オイラー角( $0^\circ$ ,  $\quad$ ,  $0^\circ$ )の $\text{LiTaO}_3$ 基板上に、様々な厚みのニッケルよりなる電極膜を形成し、さらに規格化膜厚 $H_s/\quad = 0.4$ の $\text{SiO}_2$ 膜を形成した表面波装置における $\quad$ と、ニッケルよりなる電極膜の規格化厚み $H/\quad$ と、減衰定数 $\quad$ との関係を示す図。

【図15】オイラー角( $0^\circ$ ,  $\quad$ ,  $0^\circ$ )の $\text{LiTaO}_3$ 基板上に、様々な厚みのモリブデンよりなる電極膜を形成し、さらに規格化膜厚 $H_s/\quad = 0.1$ の $\text{SiO}_2$ 膜を形成した表面波装置における $\quad$ と、モリブデンよりなる電極膜の規格化厚み $H/\quad$ と、減衰定数 $\quad$ との関係を示す図。

【図16】オイラー角( $0^\circ$ ,  $\quad$ ,  $0^\circ$ )の $\text{LiTaO}_3$ 基板上に、様々な厚みのモリブデンよりなる電極膜を形成し、さらに規格化膜厚 $H_s/\quad = 0.2$ の $\text{SiO}_2$ 膜を形成した表面波装置における $\quad$ と、モリブデンよりなる電極膜の規格化厚み $H/\quad$ と、減衰定数 $\quad$ との関係を示す図。

30

【図17】オイラー角( $0^\circ$ ,  $\quad$ ,  $0^\circ$ )の $\text{LiTaO}_3$ 基板上に、様々な厚みのモリブデンよりなる電極膜を形成し、さらに規格化膜厚 $H_s/\quad = 0.3$ の $\text{SiO}_2$ 膜を形成した表面波装置における $\quad$ と、モリブデンよりなる電極膜の規格化厚み $H/\quad$ と、減衰定数 $\quad$ との関係を示す図。

【図18】オイラー角( $0^\circ$ ,  $\quad$ ,  $0^\circ$ )の $\text{LiTaO}_3$ 基板上に、様々な厚みのモリブデンよりなる電極膜を形成し、さらに規格化膜厚 $H_s/\quad = 0.4$ の $\text{SiO}_2$ 膜を形成した表面波装置における $\quad$ と、モリブデンよりなる電極膜の規格化厚み $H/\quad$ と、減衰定数 $\quad$ との関係を示す図。

40

【図19】(a)は、オイラー角( $0^\circ$ ,  $126^\circ$ ,  $0^\circ$ )の $\text{LiTaO}_3$ 基板上に、膜厚 $H/\quad = 0.08$ のアルミニウム電極からなるIDTが形成された表面、(b)は、その上に厚み $H_s/\quad = 0.3$ の $\text{SiO}_2$ が成膜された表面、(c)は、その断面を示す各走査型電子顕微鏡写真を示す図。

【図20】(a)は、オイラー角( $0^\circ$ ,  $126^\circ$ ,  $0^\circ$ )の $\text{LiTaO}_3$ 基板上に、厚み $H/\quad = 0.025$ のモリブデンからなるIDTが形成された表面、(b)は、その上に厚み $H_s/\quad = 0.3$ の $\text{SiO}_2$ が成膜された表面、(c)は、その断面を示す各走査型電子顕微鏡写真を示す図。

【図21】オイラー角( $0^\circ$ ,  $126^\circ$ ,  $0^\circ$ )の $\text{LiTaO}_3$ 基板上にニッケルからなるIDTが形成されており、さらに様々な厚みの $\text{SiO}_2$ 膜が形成された場合のニッケル

50

膜の膜厚と、ニッケル膜の膜厚と、音速との関係を示す図。

【図22】オイラー角(0°, 126°, 0°)のLiTaO<sub>3</sub>基板上に、様々な膜厚のニッケルからなるIDTが形成されており、その上にSiO<sub>2</sub>膜が形成されてい構造における、SiO<sub>2</sub>膜の膜厚と、音速との関係を示す図。

【図23】オイラー角(0°, 126°, 0°)のLiTaO<sub>3</sub>基板上にモリブデンからなるIDTが形成されており、その上に様々な膜厚のSiO<sub>2</sub>膜が形成された構造におけるモリブデンの規格化膜厚と、音速との関係を示す図。

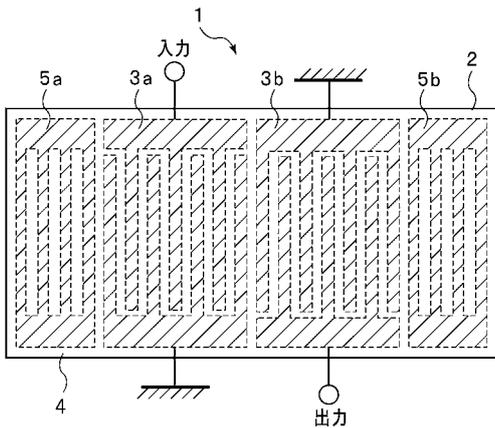
【図24】オイラー角(0°, 126°, 0°)のLiTaO<sub>3</sub>基板上に様々な膜厚のモリブデンからなるIDTを形成し、さらにSiO<sub>2</sub>膜を形成した構造における、SiO<sub>2</sub>膜の規格化膜厚と、音速との関係を示す図。

【符号の説明】

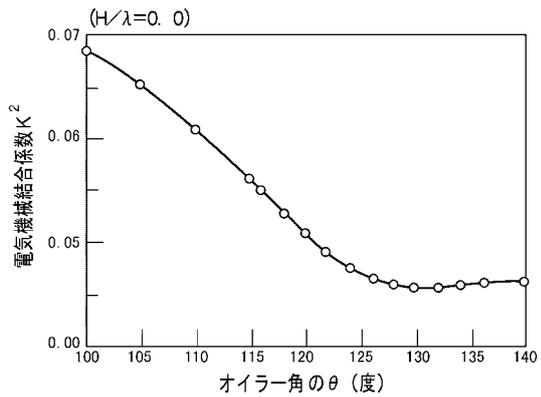
【0069】

- 1 ... 表面波装置
- 2 ... 圧電基板
- 3 a , 3 b ... IDT
- 4 ... SiO<sub>2</sub>膜
- 5 a , 5 b ... 反射器

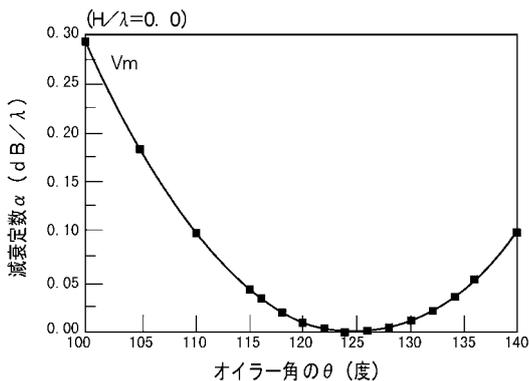
【図1】



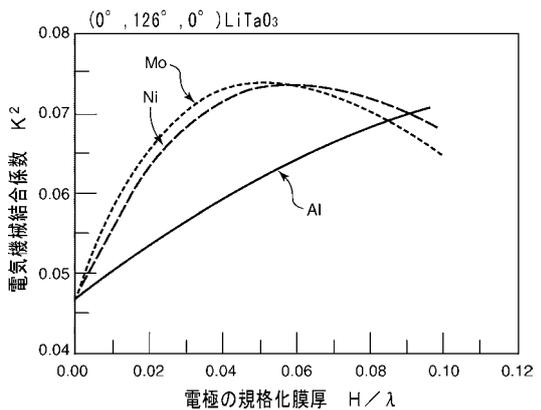
【図3】



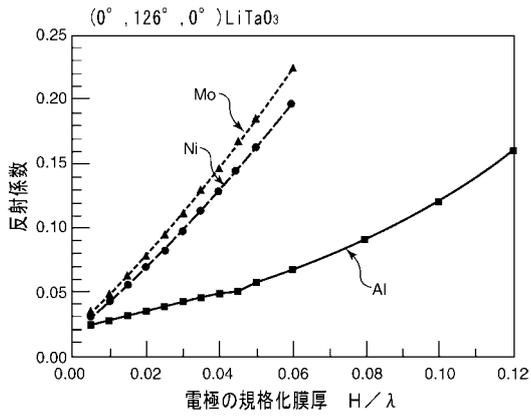
【図2】



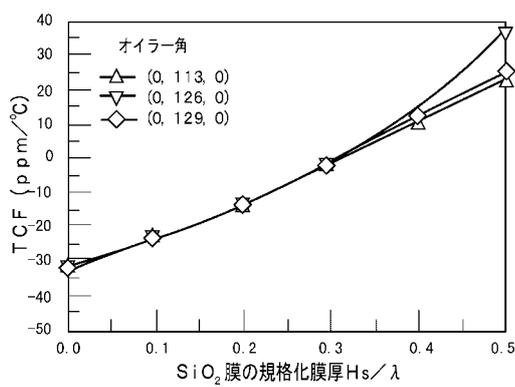
【図4】



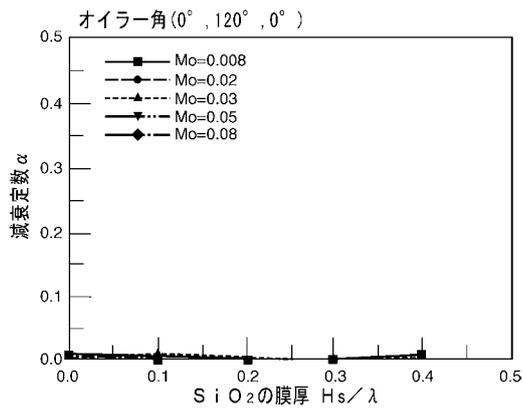
【 図 5 】



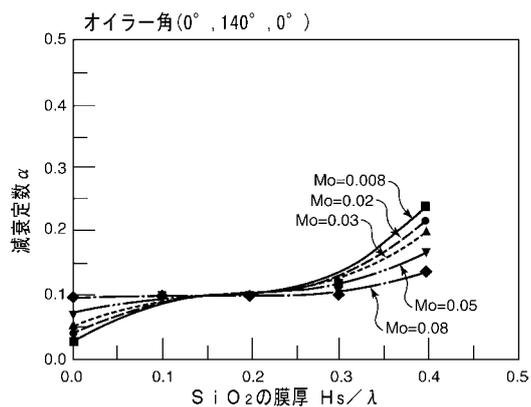
【 図 6 】



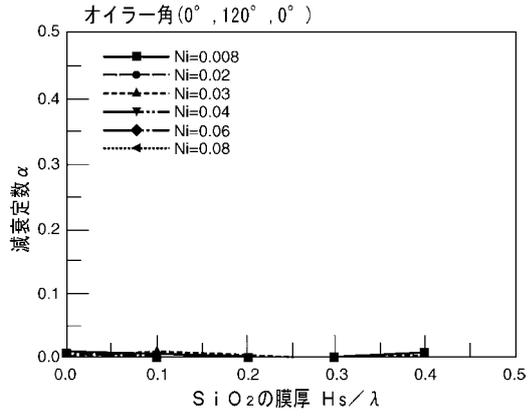
【 図 9 】



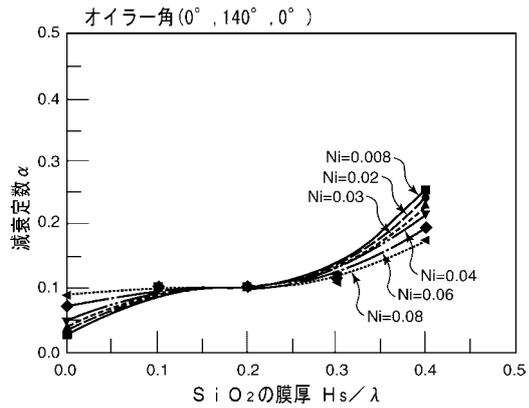
【 図 10 】



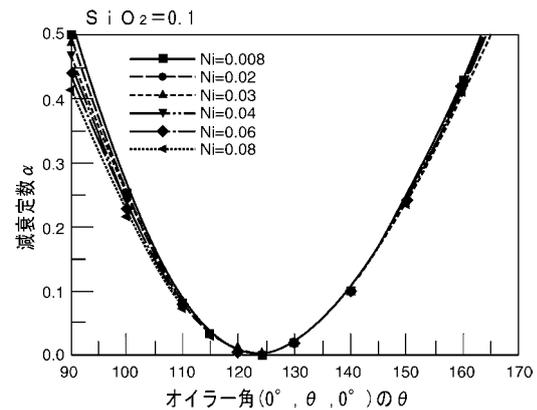
【 図 7 】



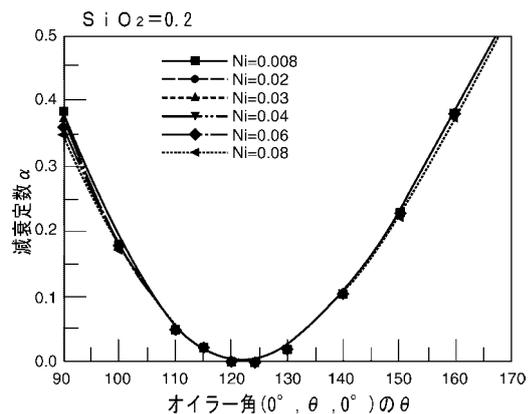
【 図 8 】



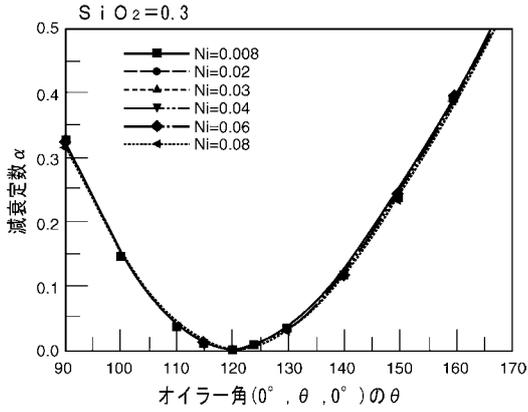
【 図 11 】



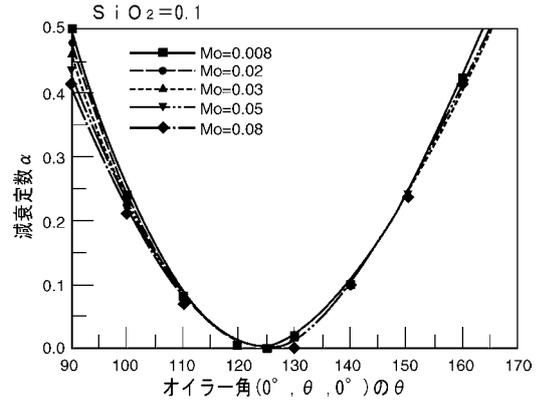
【 図 12 】



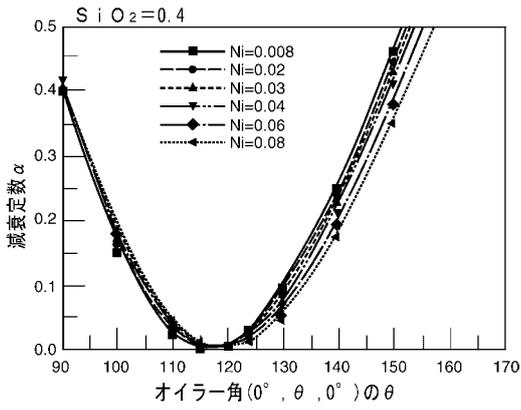
【 図 1 3 】



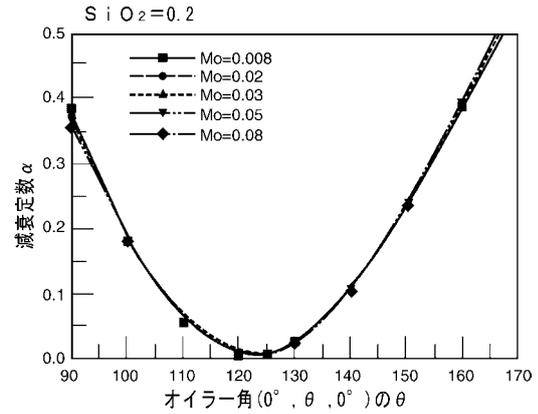
【 図 1 5 】



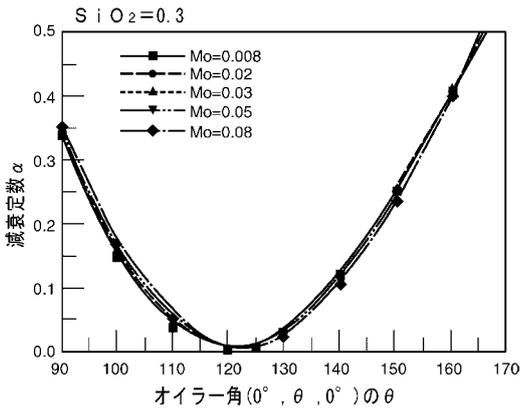
【 図 1 4 】



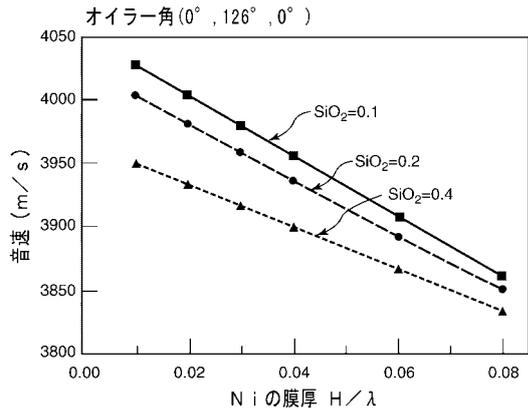
【 図 1 6 】



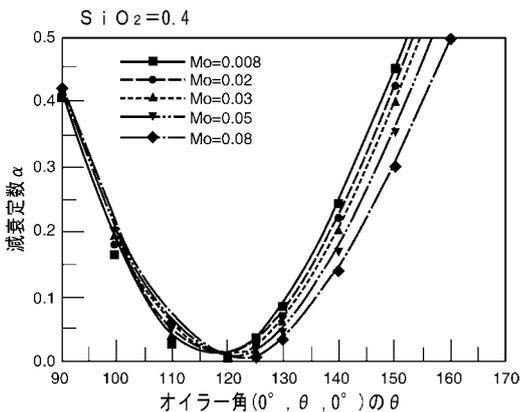
【 図 1 7 】



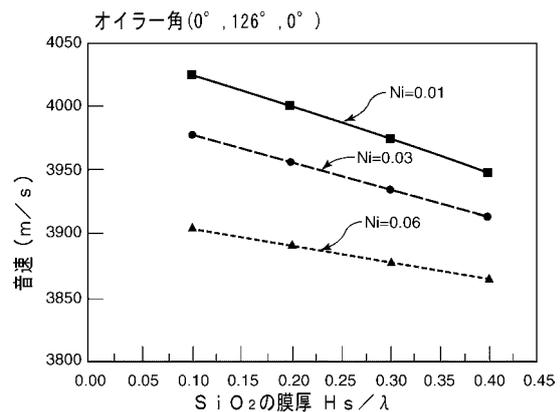
【 図 2 1 】



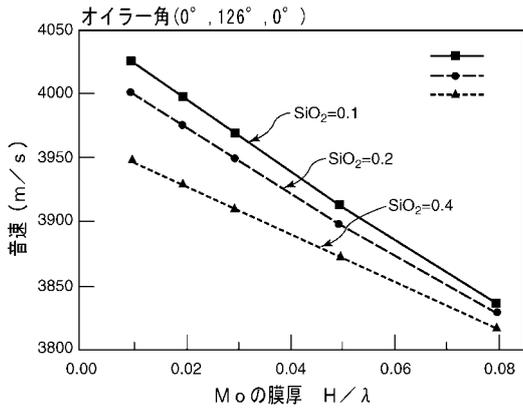
【 図 1 8 】



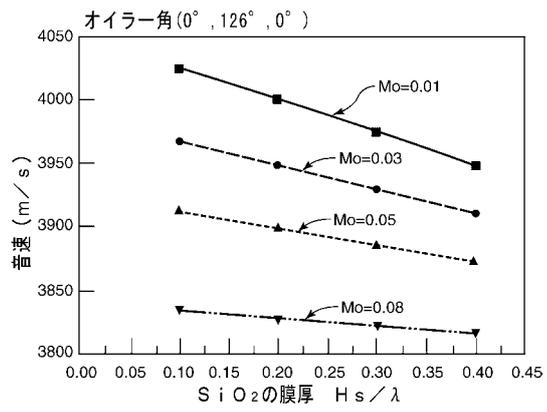
【 図 2 2 】



【 図 2 3 】



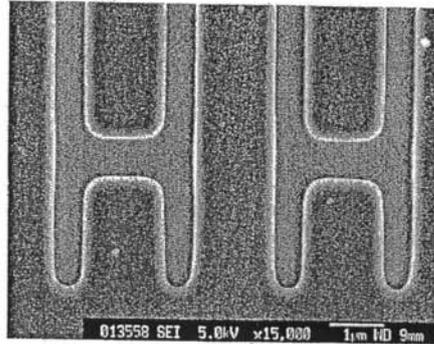
【 図 2 4 】



【図19】

(a)

SiO<sub>2</sub>成膜前

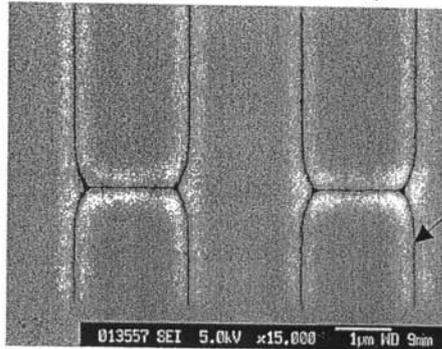


(b)

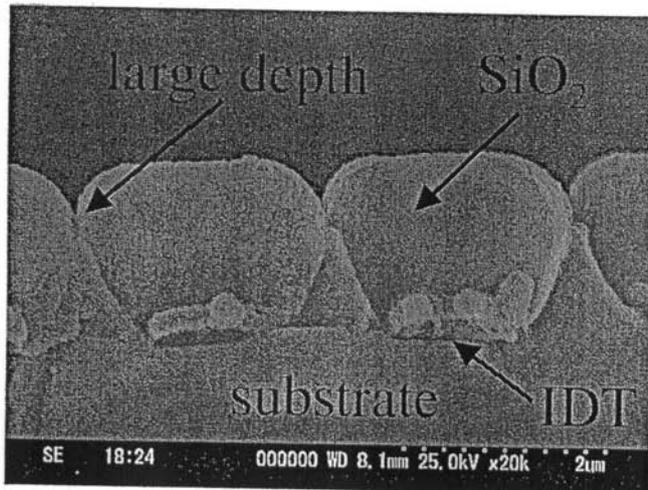
SiO<sub>2</sub>成膜後

(SiO<sub>2</sub> H/λ = 0.3)

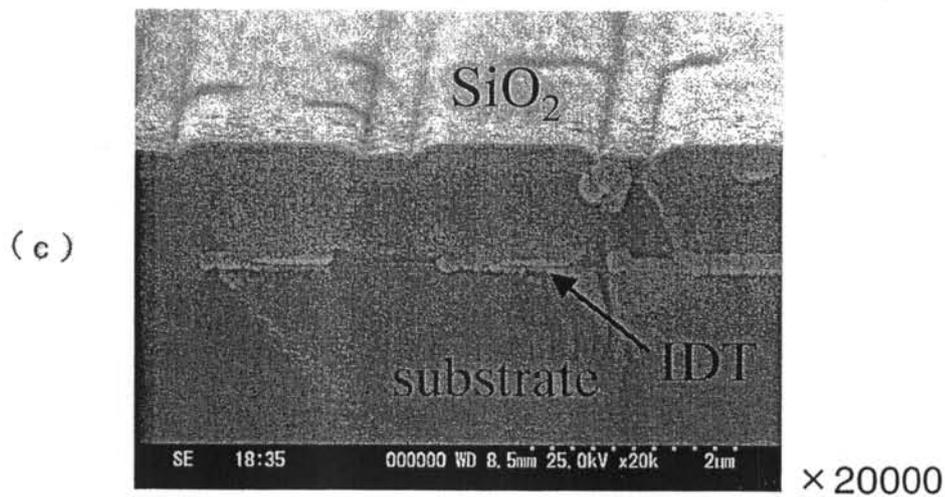
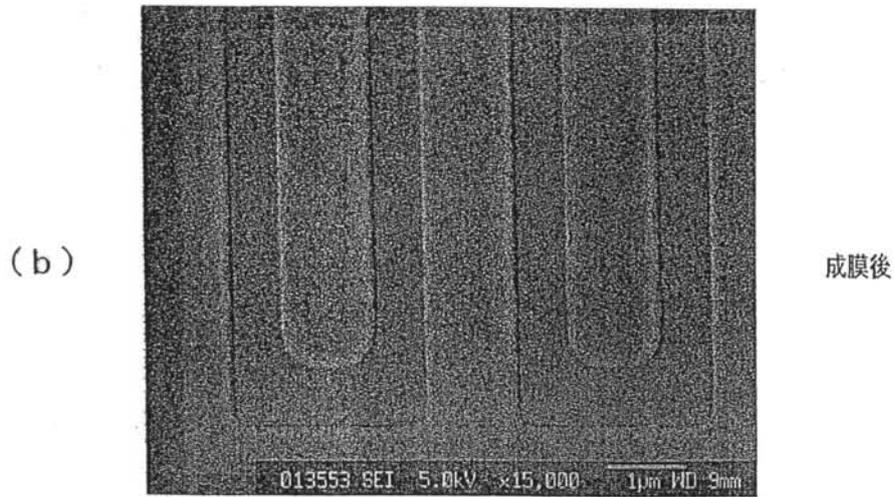
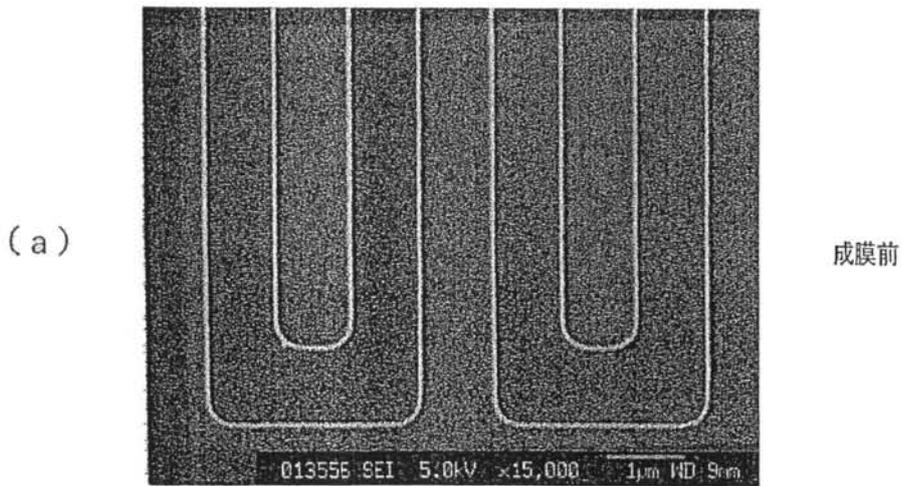
大きい段差



(c)



【 図 2 0 】



【 手続補正書 】

【 提出日 】 平成20年2月14日 (2008.2.14)

## 【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

オイラー角 ( $0 \pm 2^\circ$ ,  $104^\circ \sim 124^\circ$ ,  $0 \pm 2^\circ$ ) の  $\text{LiTaO}_3$  からなる圧電基板と、

前記圧電基板上に形成されており、膜厚を  $H$ 、表面波の波長を  $\lambda$  としたときに、規格化膜厚  $H/\lambda$  が  $0.008 \sim 0.06$  の範囲にあり、密度が  $8700 \sim 10300 \text{ kg/m}^3$ 、ヤング率が  $1.8 \times 10^{11} \sim 4 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$  あるいは横波音速が  $3170 \sim 3290 \text{ m/秒}$  である金属もしくは該金属を主体とする合金からなる IDT と、

前記 IDT を覆うように前記圧電基板上に形成されており、膜厚を  $H_s$  としたときに、表面波の波長で規格化された膜厚  $H_s/\lambda$  が  $0.10 \sim 0.40$  の範囲にある  $\text{SiO}_2$  膜とを備えることを特徴とする、表面波装置。

【請求項 2】

前記  $\text{LiTaO}_3$  のオイラー角が、( $0 \pm 2^\circ$ ,  $104^\circ \sim 120^\circ$ ,  $0 \pm 2^\circ$ ) である、請求項 1 に記載の表面波装置。

【請求項 3】

オイラー角 ( $0 \pm 2^\circ$ ,  $104^\circ \sim 124^\circ$ ,  $0 \pm 2^\circ$ ) の  $\text{LiTaO}_3$  からなる圧電基板と、

前記圧電基板上に形成されており、膜厚を  $H$ 、表面波の波長を  $\lambda$  としたときに、規格化膜厚  $H/\lambda$  が  $0.008 \sim 0.06$  の範囲にあり、平均密度が  $6090 \sim 13990 \text{ kg/m}^3$ 、ヤング率が  $1.8 \times 10^{11} \sim 4 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$  あるいは横波音速が  $3170 \sim 3290 \text{ m/秒}$  であり、主たる第 1 の電極層と、第 1 の電極層とは異なる金属からなる主たる第 2 の電極層との積層膜からなる IDT と、

前記 IDT を覆うように前記圧電基板上に形成されており、膜厚を  $H_s$  としたときに、表面波の波長で規格化された膜厚  $H_s/\lambda$  が  $0.10 \sim 0.40$  の範囲にある  $\text{SiO}_2$  膜とを備えることを特徴とする、表面波装置。

【請求項 4】

前記  $\text{LiTaO}_3$  のオイラー角が、( $0 \pm 2^\circ$ ,  $104^\circ \sim 120^\circ$ ,  $0 \pm 2^\circ$ ) である、請求項 3 に記載の表面波装置。

【請求項 5】

前記 IDT の規格化膜厚  $H/\lambda$  が  $0.017 \sim 0.06$  の範囲にある、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の表面波装置。

【請求項 6】

前記 IDT の規格化膜厚  $H/\lambda$  が  $0.023 \sim 0.06$  の範囲にある、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の表面波装置。

【請求項 7】

前記圧電基板のオイラー角と、 $\text{SiO}_2$  膜の規格化膜厚  $H_s/\lambda$  とが、下記の表 1 に示す組み合わせのいずれかである、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の表面波装置。

【表 1】

$\text{SiO}_2$	オイラー角
$0.1 \leq H/\lambda < 0.2$	$(0^\circ, 105^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$
$0.2 \leq H/\lambda < 0.3$	$(0^\circ, 105^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$
$0.3 \leq H/\lambda \leq 0.4$	$(0^\circ, 104^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$

【請求項 8】

オイラー角 ( $0 \pm 2^\circ$ ,  $104^\circ \sim 124^\circ$ ,  $0 \pm 2^\circ$ ) の  $\text{LiTaO}_3$  からなる圧電基板と、

前記圧電基板上に形成されており、膜厚を  $H$ 、表面波の波長を  $\lambda$  としたときに、規格化膜厚  $H/\lambda$  が  $0.0095 \sim 0.06$  の範囲にあり、ニッケルもしくはニッケルを主体とする合金、またはニッケルもしくはニッケルを主体とする合金からなる主たる第 1 の電極層と他の金属からなる第 2 の電極層との積層膜からなる IDT と、

前記 IDT を覆うように前記圧電基板上に形成されており、膜厚を  $H_s$  としたときに、表面波の波長で規格化された膜厚  $H_s/\lambda$  が  $0.10 \sim 0.40$  の範囲にある  $\text{SiO}_2$  膜とを備えることを特徴とする、表面波装置。

【請求項 9】

前記  $\text{LiTaO}_3$  のオイラー角が、( $0 \pm 2^\circ$ ,  $104^\circ \sim 120^\circ$ ,  $0 \pm 2^\circ$ ) である、請求項 8 に記載の表面波装置。

【請求項 10】

前記 IDT の規格化膜厚  $H/\lambda$  が  $0.02 \sim 0.06$  の範囲にある、請求項 8 または 9 に記載の表面波装置。

【請求項 11】

前記 IDT の規格化膜厚  $H/\lambda$  が  $0.027 \sim 0.06$  の範囲にある、請求項 8 または 9 に記載の表面波装置。

【請求項 12】

前記圧電基板のオイラー角と、前記  $\text{SiO}_2$  膜の規格化膜厚  $H_s/\lambda$  とが下記の表 2 に示す組み合わせのいずれかである、請求項 8 または 9 に記載の表面波装置。

【表 2】

$\text{SiO}_2$	オイラー角
$0.1 \leq H/\lambda < 0.2$	$(0^\circ, 106^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$
$0.2 \leq H/\lambda < 0.3$	$(0^\circ, 105^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$
$0.3 \leq H/\lambda \leq 0.4$	$(0^\circ, 104^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$

【請求項 13】

オイラー角 ( $0 \pm 2^\circ$ ,  $104^\circ \sim 124^\circ$ ,  $0 \pm 2^\circ$ ) の  $\text{LiTaO}_3$  からなる圧電基板と、

前記圧電基板上に形成されており、膜厚を  $H$ 、表面波の波長を  $\lambda$  としたときに、規格化膜厚  $H/\lambda$  が  $0.008 \sim 0.06$  の範囲にあり、モリブデンもしくはモリブデンを主体とする合金、またはモリブデンもしくはモリブデンを主体とする合金からなる主たる第 1 の電極層と他の金属からなる第 2 の電極層との積層膜からなる IDT と、

前記 IDT を覆うように前記圧電基板上に形成されており、膜厚を  $H_s$  としたときに、表面波の波長で規格化された膜厚  $H_s/\lambda$  が  $0.10 \sim 0.40$  の範囲にある  $\text{SiO}_2$  膜とを備えることを特徴とする、表面波装置。

【請求項 14】

前記  $\text{LiTaO}_3$  のオイラー角が、( $0 \pm 2^\circ$ ,  $104^\circ \sim 120^\circ$ ,  $0 \pm 2^\circ$ ) である、請求項 13 に記載の表面波装置。

【請求項 15】

前記 IDT の規格化膜厚  $H/\lambda$  が  $0.017 \sim 0.06$  の範囲にある、請求項 13 または 14 に記載の表面波装置。

【請求項 16】

前記 IDT の規格化膜厚  $H/\lambda$  が  $0.023 \sim 0.06$  の範囲にある、請求項 13 または 14 に記載の表面波装置。

【請求項 17】

前記圧電基板のオイラー角と、前記  $\text{SiO}_2$  膜の規格化膜厚  $H_s/\lambda$  とが下記の表 3 に示す組み合わせのいずれかである、請求項 13 または 14 に記載の表面波装置。

【表 3】

SiO <sub>2</sub>	オイラー角
$0.1 \leq H/\lambda < 0.2$	(0°, 107° ~ 124°, 0°)
$0.2 \leq H/\lambda < 0.3$	(0°, 104° ~ 124°, 0°)
$0.3 \leq H/\lambda \leq 0.4$	(0°, 104° ~ 124°, 0°)

## 【請求項 18】

前記 IDT が、前記第 1 の電極層と、第 2 の電極層とを積層した構造を有し、IDT 全体の平均密度が  $6090 \sim 13990 \text{ kg/m}^3$  の範囲にある、請求項 2 及び 13 ~ 17 のいずれか 1 項に記載の表面波装置。

## 【請求項 19】

オイラー角 ( $0 \pm 2^\circ$ ,  $104^\circ \sim 124^\circ$ ,  $0 \pm 2^\circ$ ) の LiTaO<sub>3</sub> からなる圧電基板を用意する工程と、

前記圧電基板上に、少なくとも 1 つの IDT を形成する工程と、

前記 IDT を形成した後に周波数調整を行う工程と、

前記周波数調整後に、前記 IDT を被覆するように、LiTaO<sub>3</sub> 基板上に SiO<sub>2</sub> 膜を形成する工程とを備える、請求項 1 ~ 18 のいずれか 1 項に記載の表面波装置の製造方法。

## 【請求項 20】

前記 LiTaO<sub>3</sub> のオイラー角が、( $0 \pm 2^\circ$ ,  $104^\circ \sim 120^\circ$ ,  $0 \pm 2^\circ$ ) である、請求項 19 に記載の表面波装置。

## 【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0007】

本願の第 1 の発明に係る表面波装置は、オイラー角 ( $0 \pm 2^\circ$ ,  $104^\circ \sim 124^\circ$ ,  $0 \pm 2^\circ$ )、好ましくは ( $0 \pm 2^\circ$ ,  $104^\circ \sim 120^\circ$ ,  $0 \pm 2^\circ$ ) の LiTaO<sub>3</sub> からなる圧電基板と、前記圧電基板上に形成されており、膜厚を H、表面波の波長をとしたときに、規格化膜厚  $H/\lambda$  が  $0.008 \sim 0.06$  の範囲にあり、密度が  $8700 \sim 10300 \text{ kg/m}^3$ 、ヤング率が  $1.8 \times 10^{11} \sim 4 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$  あるいは横波音速が  $3170 \sim 3290 \text{ m/秒}$  である金属もしくは該金属を主体とする合金からなる IDT と、前記 IDT を覆うように前記圧電基板上に形成されており、膜厚を H<sub>s</sub> としたときに、表面波の波長で規格化された膜厚  $H_s/\lambda$  が  $0.10 \sim 0.40$  の範囲にある SiO<sub>2</sub> 膜とを備えることを特徴とする。

## 【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0008】

第 2 の発明に従う表面波装置は、オイラー角 ( $0 \pm 2^\circ$ ,  $104^\circ \sim 124^\circ$ ,  $0 \pm 2^\circ$ )、好ましくは ( $0 \pm 2^\circ$ ,  $104^\circ \sim 120^\circ$ ,  $0 \pm 2^\circ$ ) の LiTaO<sub>3</sub> からなる圧電基板と、前記圧電基板上に形成されており、膜厚を H、表面波の波長をとしたときに、規格化膜厚  $H/\lambda$  が  $0.008 \sim 0.06$  の範囲にあり、平均密度が  $6090 \sim 13990 \text{ kg/m}^3$ 、ヤング率が  $1.8 \times 10^{11} \sim 4 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$  あるいは横波音速が  $3170 \sim 3290 \text{ m/秒}$  であり、主たる第 1 の電極層と、第 1 の電極層とは異なる金属からなる主たる第 2 の電極層との積層膜からなる IDT と、前記 IDT を覆うように

前記圧電基板上に形成されており、膜厚を  $H_s$  としたときに、表面波の波長で規格化された膜厚  $H_s/\lambda$  が  $0.10 \sim 0.40$  の範囲にある  $SiO_2$  膜とを備えることを特徴とする。

## 【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0011】

【表 1】

$SiO_2$	オイラー角	より好ましいオイラー角
$0.1 \leq H/\lambda < 0.2$	$(0^\circ, 105^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 110^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$
$0.2 \leq H/\lambda < 0.3$	$(0^\circ, 105^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 108^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$
$0.3 \leq H/\lambda \leq 0.4$	$(0^\circ, 104^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 108^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$

## 【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0013】

本願の第3の発明は、オイラー角  $(0 \pm 2^\circ, 104^\circ \sim 124^\circ, 0 \pm 2^\circ)$ 、好ましくは  $(0 \pm 2^\circ, 104^\circ \sim 120^\circ, 0 \pm 2^\circ)$  の  $LiTaO_3$  からなる圧電基板と、前記圧電基板上に形成されており、膜厚を  $H$ 、表面波の波長を  $\lambda$  としたときに、規格化膜厚  $H/\lambda$  が  $0.0095 \sim 0.06$  の範囲にあり、ニッケルもしくはニッケルを主体とする合金、またはニッケルもしくはニッケルを主体とする合金からなる主たる第1の電極層と他の金属からなる第2の電極層との積層膜からなるIDTと、前記IDTを覆うように前記圧電基板上に形成されており、膜厚を  $H_s$  としたときに、表面波の波長で規格化された膜厚  $H_s/\lambda$  が  $0.10 \sim 0.40$  の範囲にある  $SiO_2$  膜とを備えることを特徴とする、表面波装置である。

## 【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0016】

【表 2】

$SiO_2$	オイラー角	より好ましいオイラー角
$0.1 \leq H/\lambda < 0.2$	$(0^\circ, 106^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 110^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$
$0.2 \leq H/\lambda < 0.3$	$(0^\circ, 105^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 108^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$
$0.3 \leq H/\lambda \leq 0.4$	$(0^\circ, 104^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 108^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$

## 【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0017】

本願の第4の発明は、オイラー角 ( $0 \pm 2^\circ$ ,  $104^\circ \sim 124^\circ$ ,  $0 \pm 2^\circ$ )、好ましくは ( $0 \pm 2^\circ$ ,  $104^\circ \sim 120^\circ$ ,  $0 \pm 2^\circ$ ) の  $\text{LiTaO}_3$  からなる圧電基板と、前記圧電基板上に形成されており、膜厚を  $H$ 、表面波の波長を  $\lambda$  としたときに、規格化膜厚  $H/\lambda$  が  $0.008 \sim 0.06$  の範囲にあり、モリブデンもしくはモリブデンを主体とする合金、またはモリブデンもしくはモリブデンを主体とする合金からなる主たる第1の電極層と他の金属からなる第2の電極層との積層膜からなるIDTと、前記IDTを覆うように前記圧電基板上に形成されており、膜厚を  $H_s$  としたときに、表面波の波長で規格化された膜厚  $H_s/\lambda$  が  $0.10 \sim 0.40$  の範囲にある  $\text{SiO}_2$  膜とを備えることを特徴とする、表面波装置である。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0020

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0020】

【表3】

$\text{SiO}_2$	オイラー角	より好ましいオイラー角
$0.1 \leq H/\lambda < 0.2$	$(0^\circ, 107^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 110^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$
$0.2 \leq H/\lambda < 0.3$	$(0^\circ, 104^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 109^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$
$0.3 \leq H/\lambda \leq 0.4$	$(0^\circ, 104^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 108^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0022

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0022】

本願の第5の発明は、オイラー角 ( $0 \pm 2^\circ$ ,  $104^\circ \sim 124^\circ$ ,  $0 \pm 2^\circ$ )、好ましくは ( $0 \pm 2^\circ$ ,  $104^\circ \sim 120^\circ$ ,  $0 \pm 2^\circ$ ) の  $\text{LiTaO}_3$  からなる圧電基板を用意する工程と、前記圧電基板上に、少なくとも1つのIDTを形成する工程と、前記IDTを形成した後に周波数調整を行う工程と、前記周波数調整後に、前記IDTを被覆するように、 $\text{LiTaO}_3$  基板上に  $\text{SiO}_2$  膜を形成する工程とを備える、本発明に係る表面波装置の製造方法である。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0023

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0023】

第1, 第3, 第4の発明に係る表面波装置では、オイラー角 ( $0 \pm 2^\circ$ ,  $104^\circ \sim 124^\circ$ ,  $0 \pm 2^\circ$ )、すなわち  $14^\circ \sim 51^\circ$  回転Y板X伝搬  $\text{LiTaO}_3$  からなる圧電基板上に、規格化膜厚  $H/\lambda$  が  $0.008 \sim 0.06$  であり、かつ  $\text{Ni}$  や  $\text{Mo}$  などに代表される、密度が  $8700 \sim 10300 \text{ kg/m}^3$  及びヤング率が  $1.8 \times 10^{11} \sim 4 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$  あるいは横波音速が  $3170 \sim 3290 \text{ m/秒}$  である金属もしくは該金属を主体とする合金からなるIDTが形成されており、IDTを覆うように、 $H_s/\lambda = 0.10 \sim 0.40$  の  $\text{SiO}_2$  膜が形成されている。従って、 $\text{SiO}_2$  膜により周波数温度係数TCFが改善され、上記特定の金属からなるIDTの膜厚  $H/\lambda$  が上記特定の範囲とされているため、電気機械結合係数と反射係数が大きく、さらに  $\text{LiTaO}_3$  基板の回転角が上記特定の範囲とされているため、減衰定数が小さくされる。よって、周波数温度

特性に優れ、大きな電気機械結合係数を有し、かつ伝搬損失が少ない表面波装置を提供することが可能となる。

【手続補正 1 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0029

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0029】

図1は、本発明の一実施形態に係る表面波装置の模式的平面図である。表面波装置1は、縦結合共振子型表面波フィルタであり、オイラー角 $(0 \pm 2^\circ, 104^\circ \sim 124^\circ, 0 \pm 2^\circ)$ 、すなわち $14^\circ \sim 51^\circ$ 回転Y板X伝搬LiTaO<sub>3</sub>からなる圧電基板2を有する。圧電基板2上に、IDT3a, 3b及び反射器5a, 5bが形成されている。

【手続補正 1 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0032

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0032】

本実施例では上記のように、オイラー角 $(0 \pm 2^\circ, 104^\circ \sim 124^\circ, 0 \pm 2^\circ)$ 、すなわち $14^\circ \sim 51^\circ$ 回転Y板X伝搬LiTaO<sub>3</sub>からなる圧電基板2と、 $H/\lambda = 0.008 \sim 0.06$ であり、上記特定の金属よりなるIDT3a, 3bと、 $H_s/\lambda = 0.10 \sim 0.40$ の範囲にあるSiO<sub>2</sub>膜4とを用いているため、周波数温度係数TCFが小さく、電気機械結合係数 $K^2$ が大きく、かつ伝搬損失が小さい表面波装置を提供することができる。これを、以下の具体的な実験例に基づき説明する。

【手続補正 1 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0054

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0054】

【表 4】

SiO <sub>2</sub>	オイラー角	より好ましいオイラー角
$0.1 \leq H/\lambda < 0.2$	$(0^\circ, 105^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 110^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$
$0.2 \leq H/\lambda < 0.3$	$(0^\circ, 105^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 108^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$
$0.3 \leq H/\lambda \leq 0.4$	$(0^\circ, 104^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 108^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$

【手続補正 1 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0056

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0056】

【表 5】

SiO <sub>2</sub>	オイラー角	より好ましいオイラー角
$0.1 \leq H/\lambda < 0.2$	$(0^\circ, 106^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 110^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$
$0.2 \leq H/\lambda < 0.3$	$(0^\circ, 105^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 108^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$
$0.3 \leq H/\lambda \leq 0.4$	$(0^\circ, 104^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 108^\circ \sim 124^\circ, 0^\circ)$

## 【手続補正 15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0058

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0058】

【表 6】

SiO <sub>2</sub>	オイラー角	より好ましいオイラー角
0.1 ≤ H/λ < 0.2	(0°, 107° ~ 124°, 0°)	(0°, 110° ~ 124°, 0°)
0.2 ≤ H/λ < 0.3	(0°, 104° ~ 124°, 0°)	(0°, 109° ~ 124°, 0°)
0.3 ≤ H/λ ≤ 0.4	(0°, 104° ~ 124°, 0°)	(0°, 108° ~ 124°, 0°)

## 【手続補正 16】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0059

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0059】

すなわち、表 4 から明らかなように、上記特定の密度、ヤング率及び横波音速範囲の金属からなる電極の膜厚  $H/\lambda$  が、0.008 ~ 0.06、0.017 ~ 0.06 及び 0.023 ~ 0.06 で、温度特性を改善するために、SiO<sub>2</sub> 膜の膜厚を 0.1 ~ 0.4 の範囲とした場合、LiTaO<sub>3</sub> のオイラー角における  $\theta$  は、104° ~ 124° の範囲、すなわち、回転角で 14° 以上、24° 未満 の範囲、より好ましくは、表 4 に示すオイラー角を選択すればよいことがわかる。

## 【手続補正 17】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0060

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0060】

同様に、Ni 膜からなる電極の規格化膜厚  $H/\lambda$  が 0.095 ~ 0.06、0.02 ~ 0.06 及び 0.027 ~ 0.06 の場合において、周波数温度特性を改善するために、 $Hs/\lambda$  が 0.1 ~ 0.4 の SiO<sub>2</sub> 膜の膜厚に応じて、LiTaO<sub>3</sub> 基板のオイラー角における  $\theta$  は 104° ~ 124°、好ましくは 104° ~ 120° の範囲とすればよく、より好ましくは SiO<sub>2</sub> 膜の膜厚に応じて表 5 に示したオイラー角を選択すればよいことがわかる。

## 【手続補正 18】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0061

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0061】

同様に、Mo 膜からなる電極の規格化膜厚  $H/\lambda$  が 0.0095 ~ 0.06、0.02 ~ 0.06 及び 0.027 ~ 0.06 の場合において、周波数温度特性を改善するために、 $Hs/\lambda$  が 0.1 ~ 0.4 の SiO<sub>2</sub> 膜の膜厚に応じて、LiTaO<sub>3</sub> 基板のオイラー角における  $\theta$  は 104° ~ 124°、好ましくは 104° ~ 120° の範囲とすればよく、より好ましくは SiO<sub>2</sub> 膜の膜厚に応じて表 6 に示したオイラー角を選択すればよいことがわかる。

## 【手続補正 19】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0065

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0065】

なお、本発明は、上記のように、オイラー角 ( $0 \pm 2^\circ$ ,  $104^\circ \sim 124^\circ$ ,  $0 \pm 2^\circ$ )、すなわち  $14^\circ \sim 51^\circ$  回転 Y 板 X 伝搬 LiTaO<sub>3</sub> からなる圧電基板、 $H/\lambda = 0.008 \sim 0.06$  である Ni や Mo などの上記特定の密度、ヤング率及び横波音速範囲の金属よりなる IDT と、 $Hs/\lambda = 0.10 \sim 0.40$  である SiO<sub>2</sub> 膜とを有することを特徴とするものであり、従って、IDT の数及び構造等については特に限定されない。すなわち、本発明は、図 1 に示した表面波装置だけでなく、上記条件を満たす限り、様々な表面波共振子や表面波フィルタあるいは弾性体波等のデバイスに適用することができる。