

(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2012-156978

(P2012-156978A)

(43) 公開日 平成24年8月16日(2012.8.16)

| | | | | | | |
|--------------------------------|-------|-----------|---------|-------|---------|-------------|
| (51) Int. Cl. | | F I | | | | テーマコード (参考) |
| H O 3 H | 9/19 | (2006.01) | H O 3 H | 9/19 | D | 5 J 1 0 8 |
| H O 3 H | 3/02 | (2006.01) | H O 3 H | 3/02 | C | |
| H O 1 L | 41/18 | (2006.01) | H O 1 L | 41/18 | 1 O 1 A | |
| H O 1 L | 41/22 | (2006.01) | H O 1 L | 41/22 | Z | |
| H O 1 L | 41/09 | (2006.01) | H O 1 L | 41/08 | C | |
| 審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 28 頁) | | | | | | |

| | | | |
|--------------|------------------------------|----------|---------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2011-128193 (P2011-128193) | (71) 出願人 | 000232483 |
| (22) 出願日 | 平成23年6月8日 (2011.6.8) | | 日本電波工業株式会社 |
| (31) 優先権主張番号 | 特願2011-630 (P2011-630) | | 東京都渋谷区笹塚一丁目50番1号 笹塚 |
| (32) 優先日 | 平成23年1月5日 (2011.1.5) | | N A ビル |
| (33) 優先権主張国 | 日本国 (JP) | (74) 代理人 | 100106541 |
| | | | 弁理士 伊藤 信和 |
| | | (72) 発明者 | 水沢 周一 |
| | | | 埼玉県狭山市大字上広瀬1275番地の2 |
| | | | 日本電波工業株式会社狭山事業所内 |
| | | (72) 発明者 | 高橋 岳寛 |
| | | | 埼玉県狭山市大字上広瀬1275番地の2 |
| | | | 日本電波工業株式会社狭山事業所内 |
| | | (72) 発明者 | 森田 邦夫 |
| | | | 埼玉県狭山市大字上広瀬1275番地の2 |
| | | | 日本電波工業株式会社狭山事業所内 |
| | | | 最終頁に続く |

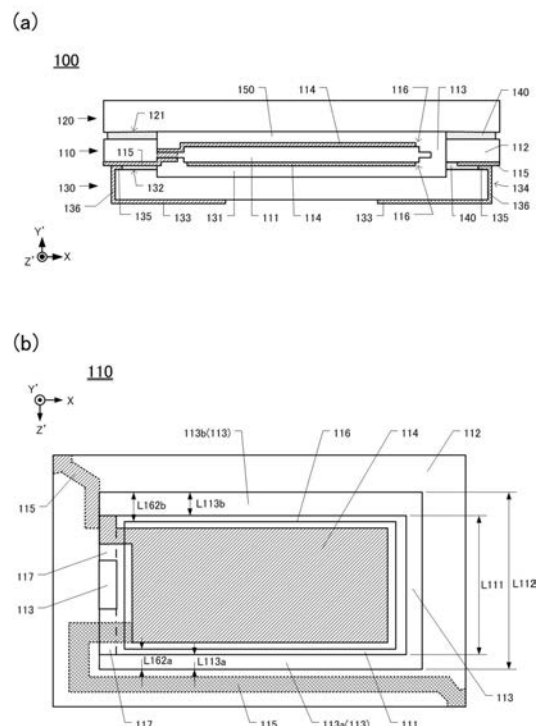
(54) 【発明の名称】 A Tカットの水晶振動片、水晶デバイス及び水晶振動片の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、振動部が広くなるように貫通溝が形成されたA Tカットの水晶振動片、水晶デバイス及び水晶振動片の製造方法を提供する。

【解決手段】 A Tカットの水晶振動片(110)は、長辺方向をX軸、厚さ方向をY'軸、短辺方向をZ'軸として規定されたA Tカットの水晶振動片であって、電圧の印加により振動する水晶振動部(111)と、水晶振動部を囲むように形成された枠部(112)と、水晶振動部と枠部との間に形成されY'軸方向に貫通した貫通溝(113)と、を備え、貫通溝はX軸方向に伸びる水晶振動部の+Z'軸方向に形成された第1貫通溝(113a)と-Z'軸方向に形成された第2貫通溝(113b)とを含み、第1貫通溝と第2貫通溝とのZ'軸方向の幅が異なる。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

長辺方向を X 軸、厚さ方向を Y' 軸、短辺方向を Z' 軸として規定された A T カットの水晶振動片であって、

電圧の印加により振動する水晶振動部と、

前記水晶振動部を囲むように形成された枠部と、

前記水晶振動部と前記枠部との間に形成され前記 Y' 軸方向に貫通した貫通溝と、を備え、

前記貫通溝は前記 X 軸方向に伸びる前記水晶振動部の + Z' 軸方向に形成された第 1 貫通溝と - Z' 軸方向に形成された第 2 貫通溝とを含み、

前記第 1 貫通溝と前記第 2 貫通溝とは Z' 軸方向の幅が異なる A T カットの水晶振動片。

10

【請求項 2】

前記第 1 貫通溝の Z' 軸方向の幅は前記第 2 貫通溝の Z' 軸方向の幅より小さい請求項 1 に記載の A T カットの水晶振動片。

【請求項 3】

短辺方向を X 軸、厚さ方向を Y' 軸、長辺方向を Z' 軸として規定された A T カットの水晶振動片であって、

電圧の印加により振動する水晶振動部と、

前記水晶振動部を囲むように形成された枠部と、

前記水晶振動部と前記枠部との間に形成され前記 Y' 軸方向に貫通した貫通溝と、を備え、

前記貫通溝は前記 X 軸方向に伸びる前記水晶振動部の + Z' 軸方向に形成された第 1 貫通溝と - Z' 軸方向に形成された第 2 貫通溝とを含み、

前記第 1 貫通溝と前記第 2 貫通溝とは Z' 軸方向の幅が異なる A T カットの水晶振動片。

20

【請求項 4】

前記第 1 貫通溝の Z' 軸方向の幅は前記第 2 貫通溝の Z' 軸方向の幅より小さい請求項 3 に記載の A T カットの水晶振動片。

【請求項 5】

前記枠部は前記水晶振動部よりも Y' 軸方向に厚く形成されている請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の A T カットの水晶振動片。

30

【請求項 6】

前記水晶振動部は、中心の Y' 軸方向の厚さが外周の Y' 軸方向の厚さより厚いメサ型である請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載の A T カットの水晶振動片。

【請求項 7】

前記水晶振動部の前記貫通溝に面する + Z' 軸側の側面と - Z' 軸側の側面とが平面状に形成されている請求項 1 から請求項 6 のいずれか一項に記載の A T カットの水晶振動片。

40

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 7 のいずれか一項に記載の前記 A T カットの水晶振動片と、

前記 A T カットの水晶振動片の前記 + Y' 軸方向の面に接合される第 1 板と、

前記 A T カットの水晶振動片の前記 - Y' 軸方向の面に接合される第 2 板と、

を備える水晶デバイス。

【請求項 9】

長辺方向を X 軸、厚さ方向を Y' 軸、短辺方向を Z' 軸として規定され、電圧の印加により振動する水晶振動部と、前記水晶振動部を囲むように形成された枠部と、前記水晶振動部と前記枠部との間に形成され前記 Y' 軸方向に貫通した貫通溝とを有する A T カットの水晶振動片の製造方法であって、

複数の前記 A T カットの水晶振動片が形成される A T カットされた水晶ウエハを用意す

50

る工程と、

前記 X 軸方向に伸びる前記水晶振動部の + Z' 軸方向に形成された第 1 エッチング領域と、 - Z' 軸方向に形成され前記第 1 エッチング領域とは Z' 軸方向の幅が異なる第 2 エッチング領域とを含むマスクを用いて、前記貫通溝に対応する領域を露光する露光工程と、

前記露光工程で露光された前記貫通溝に対応する領域をエッチングする第 1 エッチング工程と、

を備える A T カットの水晶振動片の製造方法。

【請求項 10】

短辺方向を X 軸、厚さ方向を Y' 軸、長辺方向を Z' 軸として規定され、電圧の印加により振動する水晶振動部と、前記水晶振動部を囲むように形成された枠部と、前記水晶振動部と前記枠部との間に形成され前記 Y' 軸方向に貫通した貫通溝とを有する A T カットの水晶振動片の製造方法であって、

複数の前記 A T カットの水晶振動片が形成される A T カットされた水晶ウエハを用意する工程と、

前記 X 軸方向に伸びる前記水晶振動部の + Z' 軸方向に形成された第 1 エッチング領域と、 - Z' 軸方向に形成され前記第 1 エッチング領域とは Z' 軸方向の幅が異なる第 2 エッチング領域とを含むマスクを用いて、前記貫通溝に対応する領域を露光する露光工程と、

前記露光工程で露光された前記貫通溝に対応する領域をエッチングする第 1 エッチング工程と、

を備える A T カットの水晶振動片の製造方法。

【請求項 11】

前記水晶ウエハを用意する工程の後に、前記水晶振動部の Y' 軸方向の厚さが前記枠部の Y' 軸方向の厚さより薄く形成されるように前記水晶ウエハをエッチングする第 2 エッチング工程を備える請求項 9 又は請求項 10 に記載の A T カットの水晶振動片の製造方法。

【請求項 12】

前記水晶ウエハを用意する工程の後に、前記水晶ウエハの前記水晶振動部を中心の Y' 軸方向の厚さが外周の Y' 軸方向の厚さより厚いメサ型にエッチングする第 3 エッチング工程を含む請求項 9 又は請求項 10 のいずれか一項に記載の A T カットの水晶振動片の製造方法。

【請求項 13】

前記水晶ウエハを用意する工程の後に、前記水晶振動部の Y' 軸方向の厚さが前記枠部の Y' 軸方向の厚さより薄く形成されるように前記水晶ウエハをエッチングする第 2 エッチング工程と、

前記第 2 エッチング工程の後であり、前記第 1 エッチング工程の前に、前記水晶ウエハの前記水晶振動部を中心の Y' 軸方向の厚さが外周の Y' 軸方向の厚さより厚いメサ型にエッチングする第 3 エッチング工程と、

を備える請求項 9 又は請求項 10 のいずれか一項に記載の A T カットの水晶振動片の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、貫通溝が形成される A T カットの水晶振動片、水晶デバイス及び水晶振動片の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

電圧が印加されることにより振動する振動部を有する水晶デバイスが知られている。こ

10

20

30

40

50

のような水晶デバイスには振動部を囲む枠部が形成された水晶振動片を備え、ウエハ上に複数の水晶デバイスを形成して一度に大量の水晶デバイスを製造するものがある。またこのような水晶デバイスの水晶振動片には温度特性が良好であるＡＴカットされた水晶振動片が用いられることが多い。

【０００３】

枠部を有するＡＴカットの水晶振動片が形成されたウエハには枠部と振動部との間にウエハを貫通する貫通溝がエッチングにより形成される。ＡＴカットの水晶振動片では結晶の異方性によりエッチング速度がウエハの場所によって異なる。そのためＡＴカットの水晶振動片では貫通溝を確実に形成することができるように、振動部の大きさを小さくして貫通溝の幅が広めに形成される。特許文献１では、振動をより安定化するために振動部を大きくして貫通溝の幅を狭くし、貫通溝にエッチングに異方性がない変質部を形成することで貫通溝を確実に貫通させる圧電振動片の製造方法が開示されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００４】

【特許文献１】特開２００７－２８８３３１号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

しかし特許文献１では水晶振動片を形成する工程に変質部を形成するための工程が追加されることになり、製造工程が複雑になるため好ましくない。

20

【０００６】

そこで本発明は、貫通溝を形成するための特別な工程を増やすことなく振動部が広くなるように貫通溝が形成されたＡＴカットの水晶振動片、水晶デバイス及び水晶振動片の製造方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

第１観点のＡＴカットの水晶振動片は、長辺方向をＸ軸、厚さ方向をＹ'軸、短辺方向をＺ'軸として規定されたＡＴカットの水晶振動片であって、電圧の印加により振動する水晶振動部と、水晶振動部を囲むように形成された枠部と、水晶振動部と枠部との間に形成されＹ'軸方向に貫通した貫通溝と、を備え、貫通溝はＸ軸方向に伸びる水晶振動部の＋Ｚ'軸方向に形成された第１貫通溝と－Ｚ'軸方向に形成された第２貫通溝とを含み、第１貫通溝と第２貫通溝とのＺ'軸方向の幅が異なる。

30

【０００８】

第２観点のＡＴカットの水晶振動片は、第１観点において、第１貫通溝のＺ'軸方向の幅が第２貫通溝のＺ'軸方向の幅より小さい。

【０００９】

第３観点のＡＴカットの水晶振動片は、短辺方向をＸ軸、厚さ方向をＹ'軸、長辺方向をＺ'軸として規定されたＡＴカットの水晶振動片であって、電圧の印加により振動する水晶振動部と、水晶振動部を囲むように形成された枠部と、水晶振動部と枠部との間に形成されＹ'軸方向に貫通した貫通溝と、を備え、貫通溝はＸ軸方向に伸びる水晶振動部の＋Ｚ'軸方向に形成された第１貫通溝と－Ｚ'軸方向に形成された第２貫通溝とを含み、第１貫通溝と第２貫通溝とはＺ'軸方向の幅が異なる。

40

【００１０】

第４観点のＡＴカットの水晶振動片は、第３観点において、第１貫通溝のＺ'軸方向の幅は第２貫通溝のＺ'軸方向の幅より小さい。

【００１１】

第５観点のＡＴカットの水晶振動片は、第１観点から第４観点において、枠部が水晶振動部よりもＹ'軸方向に厚く形成されている。

【００１２】

50

第 6 観点の A T カットの水晶振動片は、第 1 観点から第 5 観点において、水晶振動部が中心の Y ' 軸方向の厚さが外周の Y ' 軸方向の厚さより厚いメサ型である。

【 0 0 1 3 】

第 7 観点の A T カットの水晶振動片は、第 1 観点から第 6 観点において、水晶振動部の貫通溝に面する + Z ' 軸側の側面と - Z ' 軸側の側面とが平面状に形成されている。

【 0 0 1 4 】

第 8 観点の水晶デバイスは、第 1 観点から第 7 観点の A T カットの水晶振動片と、A T カットの水晶振動片の + Y ' 軸方向の面に接合される第 1 板と、A T カットの水晶振動片の - Y ' 軸方向の面に接合される第 2 板と、を備える。

【 0 0 1 5 】

第 9 観点の A T カットの水晶振動片の製造方法は、長辺方向を X 軸、厚さ方向を Y ' 軸、短辺方向を Z ' 軸として規定され、電圧の印加により振動する水晶振動部と、水晶振動部を囲むように形成された枠部と、水晶振動部と枠部との間に形成され Y ' 軸方向に貫通した貫通溝とを有する A T カットの水晶振動片の製造方法であって、複数の A T カットの水晶振動片が形成される A T カットされた水晶ウエハを用意する工程と、X 軸方向に伸びる水晶振動部の + Z ' 軸方向に形成された第 1 エッチング領域と、- Z ' 軸方向に形成され第 1 エッチング領域とは Z ' 軸方向の幅が異なる第 2 エッチング領域とを含むマスクを用いて、貫通溝に対応する領域を露光する露光工程と、露光工程で露光された貫通溝に対応する領域をエッチングする第 1 エッチング工程と、を備える。

【 0 0 1 6 】

第 1 0 観点の A T カットの水晶振動片の製造方法は、短辺方向を X 軸、厚さ方向を Y ' 軸、長辺方向を Z ' 軸として規定され、電圧の印加により振動する水晶振動部と、水晶振動部を囲むように形成された枠部と、水晶振動部と枠部との間に形成され Y ' 軸方向に貫通した貫通溝とを有する A T カットの水晶振動片の製造方法であって、複数の A T カットの水晶振動片が形成される A T カットされた水晶ウエハを用意する工程と、X 軸方向に伸びる水晶振動部の + Z ' 軸方向に形成された第 1 エッチング領域と、- Z ' 軸方向に形成され第 1 エッチング領域とは Z ' 軸方向の幅が異なる第 2 エッチング領域とを含むマスクを用いて、貫通溝に対応する領域を露光する露光工程と、露光工程で露光された貫通溝に対応する領域をエッチングする第 1 エッチング工程と、を備える。

【 0 0 1 7 】

第 1 1 観点の A T カットの水晶振動片の製造方法は、第 9 観点又は第 1 0 観点において、水晶ウエハを用意する工程の後に、水晶振動部の Y ' 軸方向の厚さが枠部の Y ' 軸方向の厚さより薄く形成されるように水晶ウエハをエッチングする第 2 エッチング工程を備える。

【 0 0 1 8 】

第 1 2 観点の A T カットの水晶振動片の製造方法は、第 9 観点又は第 1 0 観点において、水晶ウエハを用意する工程の後に、水晶ウエハの水晶振動部を中心の Y ' 軸方向の厚さが外周の Y ' 軸方向の厚さより厚いメサ型にエッチングする第 3 エッチング工程を含む。

【 0 0 1 9 】

第 1 3 観点の A T カットの水晶振動片の製造方法は、第 9 観点又は第 1 0 観点において、水晶ウエハを用意する工程の後に、水晶振動部の Y ' 軸方向の厚さが枠部の Y ' 軸方向の厚さより薄く形成されるように水晶ウエハをエッチングする第 2 エッチング工程と、第 2 エッチング工程の後であり、第 1 エッチング工程の前に、水晶ウエハの水晶振動部を中心の Y ' 軸方向の厚さが外周の Y ' 軸方向の厚さより厚いメサ型にエッチングする第 3 エッチング工程と、を備える。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 0 】

本発明によれば、貫通溝を形成するための特別な工程を増やすことなく振動部が広くなるように貫通溝が形成された A T カットの水晶振動片、水晶デバイス及び水晶振動片の製造方法を提供することができる。

10

20

30

40

50

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 1 】

【図 1】水晶デバイス 1 0 0 の分解斜視図である。

【図 2】(a) は、図 1 の A - A 断面図である。(b) は、水晶振動片 1 1 0 の平面図である。

【図 3】(a) は、第 1 板 1 2 0 の平面図である。(b) は、第 2 板 1 3 0 の平面図である。

【図 4】水晶デバイス 1 0 0 の製造方法を示すフローチャートである。

【図 5】水晶ウエハ W 1 1 0 の平面図である。

【図 6】水晶ウエハ W 1 1 0 の製造方法を示すフローチャートである。

【図 7】水晶ウエハ W 1 1 0 の製造方法を示すフローチャートである。

【図 8】第 1 ウエハ W 1 2 0 の平面図である。

【図 9】第 2 ウエハ W 1 3 0 の平面図である。

【図 1 0】(a) は、水晶ウエハ W 1 1 0 の貫通溝 1 1 3 のエッチング速度について説明するための図である。(b) は、図 7 (e) の貫通溝 1 1 3 を拡大した水晶ウエハ W 1 1 0 の断面図である。(c) は、第 1 貫通溝 1 1 3 a と第 2 貫通溝 1 1 3 b との Z ' 軸方向の幅を変えて貫通溝が貫通するかどうかを実験した結果を示している。

【図 1 1】(a) は、水晶振動部 1 1 1 の幅 L 1 1 1 の大きさが L 1 1 1 a である場合の水晶振動片 1 1 0 の温度と C I 値との関係を示したグラフである。(b) は、水晶振動部 1 1 1 の幅 L 1 1 1 の大きさが L 1 1 1 b である場合の水晶振動片 1 1 0 の温度と C I 値との関係を示したグラフである。(c) は、水晶振動部 1 1 1 の幅 L 1 1 1 の大きさが L 1 1 1 c である場合の水晶振動片 1 1 0 の温度と C I 値との関係を示したグラフである。

【図 1 2】(a) は、水晶振動片 2 1 0 の平面図である。(b) は、水晶振動片 3 1 0 の平面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 2 】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、本発明の範囲は以下の説明において特に本発明を限定する旨の記載がない限り、これらの形態に限られるものではない。

【 0 0 2 3 】

(第 1 実施例)

< 水晶デバイス 1 0 0 の構成 >

図 1 は、水晶デバイス 1 0 0 の分解斜視図である。水晶デバイス 1 0 0 は、表面実装型の水晶デバイスであり、プリント基板等を実装されて使用される。水晶デバイス 1 0 0 は主に、水晶振動片 1 1 0 と、第 1 板 1 2 0 と、第 2 板 1 3 0 とにより構成されている。水晶振動片 1 1 0 には A T カットの水晶振動片が用いられる。A T カットの水晶振動片は、主面 (Y Z 面) が結晶軸 (X Y Z) の Y 軸に対して、X 軸を中心として Z 軸から Y 軸方向に 3 5 度 1 5 分傾斜されている。以下の説明では、A T カットの水晶振動片の軸方向を基準とし、傾斜された新たな軸を Y ' 軸及び Z ' 軸として用いる。すなわち、水晶デバイス 1 0 0 においては水晶デバイス 1 0 0 の長辺方向を X 軸方向、水晶デバイス 1 0 0 の高さ方向を Y ' 軸方向、X 及び Y ' 軸方向に垂直な方向を Z ' 軸方向として説明する。

【 0 0 2 4 】

水晶振動片 1 1 0 は、電圧の印加により振動する水晶振動部 1 1 1 と、水晶振動部 1 1 1 を囲むように形成される枠部 1 1 2 と、水晶振動部 1 1 1 と枠部 1 1 2 との間に形成されている貫通溝 1 1 3 と、水晶振動部 1 1 1 と枠部 1 1 2 とを連結する連結部 1 1 7 と、を備えている。水晶振動部 1 1 1 の + Y ' 軸側の面と - Y ' 軸側の面とには一対の励振電極 1 1 4 が形成されている。また一対の励振電極 1 1 4 は、連結部 1 1 7 を通り枠部 1 1 2 の角まで形成される一対の引出電極 1 1 5 が形成されている。+ Y ' 軸側の励振電極 1 1 4 に接続される引出電極 1 1 5 は連結部 1 1 7 で + Y ' 軸側の面から - Y ' 軸側の面に

10

20

30

40

50

引き出され、枠部 112 の - Y' 軸側の面の - X 軸側の - Z' 軸側の角まで形成されている。また、- Y' 軸側の励振電極 114 に接続される引出電極 115 は、連結部 117 を通り枠部 112 の - Y' 軸側の面の + X 軸側の + Z' 軸側の角まで形成されている。

【0025】

第 1 板 120 は、+ Y' 軸側の面及び - Y' 軸側の面に凹凸のない平板状に形成されており、水晶振動片 110 の + Y' 軸側に配置される。- Y' 軸側の面には、水晶振動片 110 の枠部 112 と接合される接合面 121 が形成されている。

【0026】

第 2 板 130 は、+ Y' 軸側に水晶振動片 110 の枠部 112 に対応する接合面 132 と、接合面 132 から凹んだ凹部 131 と、一对の電極パッド 135 が形成され、- Y' 軸側に一对の外部電極 133 が形成されている。また、第 2 板 130 の四隅にはキャストレーション 134 が形成されており、キャストレーション 134 にはキャストレーション電極 136 が形成されている。- X 軸側の - Z' 軸側及び + X 軸側の + Z' 軸側に形成されているキャストレーション電極 136 は、+ Y' 軸側の面に形成されている電極パッド 135 と - Y' 軸側の面に形成されている外部電極 133 とを電氣的に接続している。

【0027】

図 2 (a) は、図 1 の A - A 断面図である。水晶デバイス 100 は、水晶振動片 110 の + Y' 軸側に第 1 板 120 が配置され、- Y' 軸側に第 2 板 130 が配置される。第 1 板 120 の接合面 121 及び第 2 板 130 の接合面 132 は、水晶振動片 110 の枠部 112 と封止材 140 を介して接合される。水晶デバイス 100 の内部に形成されるキャビティ 150 は、この封止材 140 により密封される。また、第 2 板 130 の + Y' 軸側の面に形成されている電極パッド 135 と枠部 112 に形成されている引出電極 115 とが接続される。そのため水晶振動片 110 に形成されている励振電極 114 は、引出電極 115、電極パッド 135 及びキャストレーション電極 136 を介して第 2 板 130 に形成されている外部電極 133 と電氣的に接続される。

【0028】

水晶振動片 110 は、水晶振動部 111 の + Y' 軸側の面が枠部 112 の + Y' 軸側の面よりも - Y' 軸側に形成されている。そのため、枠部 112 は水晶振動部 111 よりも Y' 軸方向に厚く形成されている。また水晶振動部 111 は、中心が外周よりも Y' 軸方向に厚いメサ型形状に形成されている。この水晶振動部 111 の厚さが厚くなっているメサ部 116 には励振電極 114 が形成されている。

【0029】

図 2 (b) は、水晶振動片 110 の平面図である。水晶振動片 110 は水晶振動部 111 と、枠部 112 と、貫通溝 113 と、連結部 117 とを備えている。水晶振動部 111 はメサ型に形成されており、メサ部 116 の + Y' 軸側の面と - Y' 軸側の面とには一对の励振電極 114 が形成されている。各励振電極 114 からは引出電極 115 が引き出されてそれぞれ枠部 112 の - Y' 軸側の面の角まで形成されている。また貫通溝 113 は水晶振動部 111 の + X 軸及び - X 軸側と、+ Z' 軸及び - Z' 軸側とに形成されている。貫通溝 113 において、水晶振動部 111 の + Z' 軸側に形成され X 軸に平行な部分を第 1 貫通溝 113 a とし、水晶振動部 111 の - Z' 軸側に形成され X 軸に平行な部分を第 2 貫通溝 113 b とする。なお、第 1 貫通溝 113 a の Z' 軸方向の幅 L113 a は第 2 貫通溝 113 b の Z' 軸方向の幅 L113 b よりも狭く形成されている。一方、図 2 (b) では水晶振動部 111 の Z' 軸方向の幅を L111 とし、水晶振動部 111 と貫通溝 113 との Z' 軸方向の合計幅を L112 とする。また、メサ部 116 から枠部 112 までの Z' 軸方向の幅は、+ Z' 軸側の幅が L162 a で、- Z' 軸側の幅が L162 b である。

【0030】

図 3 (a) は、第 1 板 120 の平面図である。第 1 板 120 は矩形状に形成されており、X 軸方向に長辺が形成され、Z' 軸方向に短辺が形成されている。また、- Y' 軸側の面には水晶振動片 110 の枠部 112 と接合される枠状の接合面 121 が形成されている

。

【 0 0 3 1 】

図 3 (b) は、第 2 板 1 3 0 の平面図である。第 2 板 1 3 0 は、 $-Y'$ 軸側の面の $+X$ 軸側と $-X$ 軸側とには一対の外部電極 1 3 3 が形成されている。また、 $+Y'$ 軸側の面には凹部 1 3 1 と、凹部 1 3 1 の周囲に形成される接合面 1 3 2 と、外部電極 1 3 3 に電氣的に接続される電極パッド 1 3 5 とが形成されている。さらに、第 2 板 1 3 0 の四隅には外部電極 1 3 3 と電極パッド 1 3 5 とを電氣的に接続するキャストレーション電極 1 3 6 (図 1 を参照) が形成されたキャストレーション 1 3 4 が形成されている。

【 0 0 3 2 】

< 水晶デバイス 1 0 0 の製造方法 >

図 4 は、水晶デバイス 1 0 0 の製造方法が示されたフローチャートである。

まずステップ S 1 0 1 で、水晶ウエハ W 1 1 0 が用意される。水晶ウエハ W 1 1 0 は、AT カットされた水晶材により形成されており、水晶ウエハ W 1 1 0 には複数の水晶振動片 1 1 0 が形成されている。図 5 を参照して水晶ウエハ W 1 1 0 について説明し、さらに図 6 及び図 7 を参照して水晶ウエハ W 1 1 0 の製造方法について説明する。

【 0 0 3 3 】

図 5 は、水晶ウエハ W 1 1 0 の平面図である。水晶ウエハ W 1 1 0 には複数の水晶振動片 1 1 0 が形成されている。図 5 では、隣接する水晶振動片 1 1 0 の境界線が二点鎖線で示されている。この二点鎖線は、後述される図 4 のステップ S 1 0 6 でウエハが切断される線であるスクライブライン 1 7 0 である。各水晶振動片 1 1 0 には水晶振動部 1 1 1、
 枠部 1 1 2、貫通溝 1 1 3 及び連結部 1 1 7 が形成されている。また水晶振動部 1 1 1 の
 $+Y'$ 軸側の面と $-Y'$ 軸側の面とには、励振電極 1 1 4 が形成されており、各励振電極
 1 1 4 はそれぞれ引出電極 1 1 5 に接続されている。

【 0 0 3 4 】

図 6 及び図 7 は、水晶ウエハ W 1 1 0 の製造方法を示すフローチャートである。図 6 及び図 7 を参照して水晶ウエハ W 1 1 0 の製造方法、特に水晶振動部 1 1 1 及び貫通溝 1 1 3 の形成方法について説明する。図 6 及び図 7 では、フローチャートの右横に各ステップを説明するための図 6 (a) から図 7 (e) が示されている。図 6 (a) から図 7 (e) は、図 5 の B - B 断面に相当する位置の断面図である。

【 0 0 3 5 】

まず図 6 のステップ S 2 0 1 で、AT カットされた水晶ウエハ W 1 1 0 が用意される。図 6 (a) は、ステップ S 2 0 1 で用意された AT カットされた水晶ウエハ W 1 1 0 の断面図である。水晶ウエハ W 1 1 0 は $+Y'$ 軸側の面及び $-Y'$ 軸側の面に主面を有しており、両主面は凹凸のない平面に形成されている。

【 0 0 3 6 】

ステップ S 2 0 2 で、水晶ウエハ W 1 1 0 の両面に金属膜 1 8 0 及びレジスト膜 1 8 1 が順に形成される。図 6 (b) は、金属膜 1 8 0 及びレジスト膜 1 8 1 が形成された水晶ウエハ W 1 1 0 の断面図である。金属膜 1 8 0 は、水晶ウエハ W 1 1 0 の $+Y'$ 軸側の面と $-Y'$ 軸側の面とにクロム (Cr) 層 (不図示) が形成され、クロム層の表面に金 (Au) 層 (不図示) が形成される。また、金属膜 1 8 0 の表面にはレジスト膜 1 8 1 が形成
 される。レジスト膜 1 8 1 は、例えば露光されると現像液に対する溶解性が高くなるポジ
 型のレジスト膜が用いられる。

【 0 0 3 7 】

ステップ S 2 0 3 で、レジスト膜 1 8 1 の露光及び現像が行われ、金属膜 1 8 0 の除去が行われる。ステップ S 2 0 3 では、枠部 1 1 2 以外 (図 2 (b) の水晶振動部 1 1 1 及び貫通溝 1 1 3 に対応) の $+Y'$ 軸側の面に形成されている金属膜 1 8 0 及びレジスト膜 1 8 1 が除去される。図 6 (c) は、レジスト膜 1 8 1 の露光及び現像が行われ、金属膜 1 8 0 が除去された水晶ウエハ W 1 1 0 の断面図である。ステップ S 2 0 3 では、まず第 1 マスク 1 6 1 が水晶ウエハ W 1 1 0 の $+Y'$ 軸側の面に配置される。第 1 マスク 1 6 1 は、枠部 1 1 2 の位置のみに形成されている。第 1 マスク 1 6 1 を配置した後に水晶ウエ

10

20

30

40

50

ハW 1 1 0の+ Y' 軸側の面に紫外線 1 9 0を照射してレジスト膜 1 8 1を露光する。さらに、レジスト膜 1 8 1を現像液（不図示）に浸して現像し、露出された金属膜 1 8 0をエッチングして除去する。

【 0 0 3 8 】

ステップ S 2 0 4で、水晶振動部 1 1 1（図 2（a）を参照）の厚さが薄くなるように水晶ウエハW 1 1 0がウエットエッチングされる。図 6（d）は、一部が薄くエッチングされた水晶ウエハW 1 1 0の断面図である。ステップ S 2 0 4では、水晶ウエハW 1 1 0の枠部 1 1 2以外の+ Y' 軸側の面がウエットエッチングされて枠部 1 1 2よりも薄く形成される。水晶材は結晶軸のX軸、Y軸及びZ軸でエッチングの速度が異なる。そのためATカットされた水晶材に於いてもX軸、Y' 軸及びZ' 軸でエッチングの速度が異なり、水晶ウエハW 1 1 0は異方的にエッチングされる。図 6（d）の点線で囲まれた領域 1 7 1 a及び1 7 1 bに示されるように、水晶ウエハW 1 1 0は主面に対して斜めにエッチングされる。水晶ウエハW 1 1 0のエッチングの異方性に関しては後述する。

10

【 0 0 3 9 】

ステップ S 2 0 5では、水晶ウエハW 1 1 0の両面に金属膜 1 8 0及びレジスト膜 1 8 1が順に形成される。ステップ S 2 0 5では、ステップ S 2 0 4の後に残っている金属膜 1 8 0及びレジスト膜 1 8 1を除去し、新たに水晶振動部 1 1 1にメサ部 1 1 6を形成する（図 2（b）を参照）ための金属膜 1 8 0及びレジスト膜 1 8 1が形成される。図 6（e）は、ステップ S 2 0 5で金属膜 1 8 0及びレジスト膜 1 8 1が形成された水晶ウエハW 1 1 0の断面図である。金属膜 1 8 0及びレジスト膜 1 8 1は、水晶ウエハW 1 1 0の+ Y' 軸側の面及び- Y' 軸側の面の全てに形成される。

20

【 0 0 4 0 】

次に、図 7のステップ S 2 0 6では、レジスト膜 1 8 1の露光及び現像が行われ、金属膜 1 8 0の除去が行われる。ステップ S 2 0 6では、+ Z' 軸及び- Z' 軸の両側に形成される枠部 1 1 2からそれぞれZ' 軸の幅がL 1 6 2 a、L 1 6 2 b（図 2（b）を参照）の金属膜 1 8 0及びレジスト膜 1 8 1が除去される。図 7（a）は、ステップ S 2 0 6でレジスト膜 1 8 1の露光及び現像が行われ金属膜 1 8 0が除去された水晶ウエハW 1 1 0の断面図である。図 7（a）では、水晶振動部 1 1 1の外周及び貫通溝 1 1 3の+ Y' 軸側及び- Y' 軸側の面に形成されている金属膜 1 8 0及びレジスト膜 1 8 1が除去されている。ステップ S 2 0 6では、まず第 2 マスク 1 6 2が水晶ウエハW 1 1 0の+ Y' 軸側及び- Y' 軸側の面に配置される。第 2 マスク 1 6 2は、+ Z' 軸側の枠部 1 1 2からZ' 軸の幅がL 1 6 2 aである第 1 エッチング領域 1 6 2 aと、- Z' 軸側の枠部 1 1 2からZ' 軸の幅がL 1 6 2 bである第 2 エッチング領域 1 6 2 bとが形成されている。第 2 マスク 1 6 2を配置した後に水晶ウエハW 1 1 0の+ Y' 軸側及び- Y' 軸側の面に紫外線 1 9 0を照射してレジスト膜 1 8 1を露光する。さらに、レジスト膜 1 8 1を現像液（不図示）に浸して現像し、露出された金属膜 1 8 0をエッチングして除去する。ここで、第 1 エッチング領域 1 6 2 aのZ' 軸方向の幅L 1 6 2 aと第 2 エッチング領域 1 6 2 bのZ' 軸方向の幅L 1 6 2 bとは異なっており、第 1 エッチング領域 1 6 2 aの幅L 1 6 2 aは第 2 エッチング領域 1 6 2 bの幅L 1 6 2 bよりも狭く形成されている。

30

【 0 0 4 1 】

ステップ S 2 0 7では、水晶振動部 1 1 1がメサ型に形成される。ステップ S 2 0 7では、水晶ウエハW 1 1 0の水晶振動部 1 1 1の外周の厚さが薄くなるようにウエットエッチングされる。図 7（b）は、ステップ S 2 0 7で水晶振動部 1 1 1の外周の厚さが薄くされた水晶ウエハW 1 1 0の断面図である。ステップ S 2 0 7では、水晶ウエハW 1 1 0の水晶振動部 1 1 1の外周の+ Y' 軸側及び- Y' 軸側の面がウエットエッチングされて水晶振動部 1 1 1にメサ部 1 1 6が形成される。

40

【 0 0 4 2 】

ステップ S 2 0 8では、水晶ウエハW 1 1 0の両面に金属膜 1 8 0及びレジスト膜 1 8 1が順に形成される。ステップ S 2 0 8では、ステップ S 2 0 7の後に残っている金属膜 1 8 0及びレジスト膜 1 8 1を除去し、新たに貫通溝 1 1 3（図 2（b）を参照）を形成

50

するための金属膜 180 及びレジスト膜 181 が形成される。図 7 (c) は、ステップ S 208 で金属膜 180 及びレジスト膜 181 が形成された水晶ウエハ W 110 の断面図である。金属膜 180 及びレジスト膜 181 は、水晶ウエハ W 110 の + Y ' 軸側の面及び - Y ' 軸側の面の全てに形成される。

【 0043 】

ステップ S 209 では、レジスト膜 181 の露光及び現像が行われ、金属膜 180 の除去が行われる。ステップ S 209 では、 + Z ' 軸及び - Z ' 軸の両側の枠部 112 からそれぞれ Z ' 軸の幅が L 113 a、L 113 b (図 2 (b) を参照) の金属膜 180 及びレジスト膜 181 が除去される。図 7 (d) は、ステップ S 209 でレジスト膜 181 の露光及び現像が行われ、金属膜 180 が除去された水晶ウエハ W 110 の断面図である。図 7 (d) では、貫通溝 113 の + Y ' 軸側及び - Y ' 軸側の面に形成されている金属膜 180 及びレジスト膜 181 が除去されている。ステップ S 209 では、まず第 3 マスク 163 が水晶ウエハ W 110 の + Y ' 軸側及び - Y ' 軸側の面に配置される。第 3 マスク 163 は、 + Z ' 軸側の枠部 112 から Z ' 軸の幅が L 113 a である第 1 エッチング領域 163 a と、 - Z ' 軸側の枠部 112 から Z ' 軸の幅が L 113 b である第 2 エッチング領域 163 b とが形成されている。第 3 マスク 163 を配置した後に水晶ウエハ W 110 の + Y ' 軸側及び - Y ' 軸側の面に紫外線 190 を照射してレジスト膜 181 を露光する。さらに、レジスト膜 181 を現像液 (不図示) に浸して現像し、露出された金属膜 180 をエッチングして除去する。ここで、第 1 エッチング領域 163 a の Z ' 軸方向の幅 L 163 a と第 2 エッチング領域 163 b の Z ' 軸方向の幅 L 163 b とは異なっており、第 1 エッチング領域 163 a の幅 L 163 a は第 2 エッチング領域 163 b の幅 L 163 b よりも狭く形成されている。

【 0044 】

ステップ S 210 では、水晶ウエハ W 110 がウエットエッチングされることにより貫通溝 113 が形成される。図 7 (e) は、ステップ S 207 で貫通溝 113 が形成された水晶ウエハ W 110 の断面図である。水晶ウエハ W 110 は A T カットの水晶材の異方性により主面に対して斜めにエッチングされるため、枠部 112 の第 1 貫通溝 113 a 側及び第 2 貫通溝 113 b 側の側面 118 b には凹凸が形成される。一方、水晶振動部 111 の第 1 貫通溝 113 a 側及び第 2 貫通溝 113 b 側の側面 118 a には凹凸がなく平面状に形成される。

【 0045 】

ステップ S 210 の後は、金属膜 180 及びレジスト膜 181 が除去され励振電極 114 及び引出電極 115 が形成されて、水晶ウエハ W 110 が図 5 に示される状態に形成される。励振電極 114 及び引出電極 115 は金属膜 180 と同じようにクロム層と金層とにより形成される。

【 0046 】

図 4 に戻って、ステップ S 102 では、第 1 ウエハ W 120 が用意される。第 1 ウエハ W 120 には、複数の第 1 板 120 が形成されている。第 1 ウエハ W 120 は、水晶材又はガラス材等により形成される。図 8 を参照して第 1 ウエハ W 120 について説明する。

【 0047 】

図 8 は、第 1 ウエハ W 120 の平面図である。第 1 ウエハ W 120 には複数の第 1 板 120 が形成されている。図 8 では、隣接する第 1 板 120 の境界にスクライプライン 170 である二点鎖線が示されている。各第 1 板 120 は、 - Y ' 軸側の面に形成されている接合面 121 において水晶振動片 110 の枠部 112 と接合される。

【 0048 】

ステップ S 103 では、第 2 ウエハ W 130 が用意される。第 2 ウエハ W 130 には、複数の第 2 板 130 が形成されている。第 2 ウエハ W 130 は、例えば水晶材又はガラス材等により形成される。図 9 を参照して第 2 ウエハ W 130 について説明する。

【 0049 】

図 9 は、第 2 ウエハ W 130 の平面図である。第 2 ウエハ W 130 には複数の第 2 板 1

10

20

30

40

50

30が形成されている。図9では、隣接する第2板130の境界にスクライブライン170である二点鎖線が示されている。各第2板130の-Y'軸側の面には外部電極133が形成されており、+Y'軸側の面には電極パッド135が形成されている。また、X軸方向に伸びるスクライブライン170とZ'軸方向に伸びるスクライブライン170が交差する場所には第2ウエハW130をY'軸方向に貫通する貫通孔134aが形成されている。貫通孔134aは後述するステップS105でウエハが切断されてキャストレーション134(図1参照)となる。貫通孔134aの内壁にはキャストレーション電極136(図1参照)が形成され、外部電極133と電極パッド135とが電氣的に接続される。また各第2板130の+Y'軸側の面には凹部131が形成されており、凹部131を囲むように接合面132が形成されている。

10

【0050】

ステップS104では、水晶ウエハW110、第1ウエハW120及び第2ウエハW130が互いに接合される。各ウエハの接合では水晶ウエハW110の枠部112と第1ウエハW120の接合面121及び第2ウエハW130の接合面132とがY'軸方向に重なるように位置合わせされる。その後、接合材140(図2(a)参照)を介して各ウエハ同士が接合される。

【0051】

ステップS105では、水晶ウエハW110、第1ウエハW120及び第2ウエハW130が切断される。切断は、図5、図8及び図9に示されたスクライブライン170に沿って行われる。これにより、水晶デバイス100が図1に示されたように単体となる。

20

【0052】

<貫通溝113の幅について>

水晶材のエッチング速度は、水晶の結晶軸であるZ軸が最も速く、X軸が最も遅い。そのためATカットの水晶材ではエッチング速度に異方性が現れる。水晶ウエハW110は、図6(d)の点線で囲まれた領域171a及び171bに示されるように水晶ウエハW110の主面に対して斜めにエッチングされる。

【0053】

図10(a)は、水晶ウエハW110の貫通溝113のエッチング速度について説明するための図である。図10(a)は、図7(d)において貫通溝113が形成される前の状態であり、特に水晶ウエハW110の第1貫通溝113a及び第2貫通溝113bが形成される場所が示されている。また、図10(a)では貫通溝113が形成される過程が点線で示されている。図10(a)では、第1貫通溝113aの-Y'軸側の+Z'軸側の端部をA1、+Y'軸側の+Z'軸側の端部をB1、-Y'軸側の-Z'軸側の端部をC1、+Y'軸側の-Z'軸側の端部をD1とする。また、第2貫通溝113bの-Y'軸側の+Z'軸側の端部をA2、+Y'軸側の+Z'軸側の端部をB2、-Y'軸側の-Z'軸側の端部をC2、+Y'軸側の-Z'軸側の端部をD2としている。

30

【0054】

図10(a)を参照して、水晶ウエハW110において貫通溝113を形成するときのエッチング速度について考える。貫通溝113におけるエッチング速度は、第1貫通溝113aのC1-D1を結ぶライン上及び第2貫通溝113bのA2-B2を結ぶライン上が最も速い。次に第1貫通溝113aのA1-B1を結ぶライン上のエッチング速度が速く、第2貫通溝113bのC2-D2を結ぶライン上が最もエッチング速度が遅い。このようなエッチング速度の違いは、エッチング液の循環し易さを反映していると考えられる。エッチング液の循環し易さは、例えば段差が形成されているB1及びD2等よりも平面であるC1及びA2等の方がエッチング液が循環し易い。また、金属膜180の下方にエッチングされていくB1及びC2等よりもA1及びD2等の方がエッチング液が循環し易いと考えられる。このようなエッチング速度の違いから、貫通溝113が貫通する直後には、水晶振動部111の第1貫通溝113a及び第2貫通溝113b側の側面118aと、枠部112の側面118bには凹凸が形成される。

40

【0055】

50

図10(b)は、図7(e)の貫通溝113を拡大した水晶ウエハW110の断面図である。図10(a)から更にエッチングを進めて貫通溝113が貫通した後もエッチングを進めると、側面118a及び側面118bに形成される凹凸は次第に平面状に形成されていく。図10(b)は、エッチングが進められて側面118aが凹凸のない平面状に形成され、側面118bには凹凸が残っている状態が示されている。枠部112は水晶振動部111の外周よりもY'軸方向に厚く形成されているため、枠部112の側面118bに形成される凹凸は水晶振動部111の側面118aに形成される凹凸よりも凹凸の高低差が大きい。従って、側面118aに形成された凹凸が無い平面状になった時点では、側面118bにはまだ凹凸が残っている。このような貫通溝113のZ'軸方向の水晶振動部111側の側面118aが平面状に形成され貫通溝113のZ'軸方向の枠部112側の側面118bに凹凸が残る形状は、初めに水晶振動部111の段差加工(図6及び図7のステップS203~ステップS207参照)を行い、その後に貫通溝113を形成することにより水晶振動部111の外径加工(図7のステップS208~ステップS210参照)を行う作製方法において特徴的に観察される。

10

20

30

40

50

【0056】

図10(c)は、第1貫通溝113aと第2貫通溝113bとのZ'軸方向の幅を変えて貫通溝113が貫通するかどうかを実験した結果を示している。図10(c)では4回の実験が示されており、各実験をEx1~Ex4で示している。各実験は水晶振動部111及び貫通溝113を合わせたZ'軸方向の幅L112(図2(b)参照)を0.9mmとしており、エッチング時間は全ての実験で等しい。また図10(c)では、貫通溝が貫通した場合が「○」で示され、貫通していない場合が「×」で示されている。

【0057】

Ex1は、第1貫通溝113aのZ'軸方向の幅L113aと第2貫通溝113bのZ'軸方向の幅L113bとの幅を共に0.07mmとしている。このとき水晶振動部111のZ'軸方向の幅L111(図2(b)参照)は0.76mmである。Ex1では、第1貫通溝113a及び第2貫通溝113bは共に貫通していない。

【0058】

Ex2は、第1貫通溝113aのZ'軸方向の幅L113aと第2貫通溝113bのZ'軸方向の幅L113bとの幅を共に0.08mmとしている。このとき水晶振動部111のZ'軸方向の幅L111は0.74mmである。Ex2では、第1貫通溝113aは貫通するが、第2貫通溝113bは貫通しない。

【0059】

Ex3は、第1貫通溝113aのZ'軸方向の幅L113aと第2貫通溝113bのZ'軸方向の幅L113bとの幅を共に0.10mmとしている。このとき水晶振動部111のZ'軸方向の幅L111は0.70mmである。Ex3では、第1貫通溝113a及び第2貫通溝113bは共に貫通する。

【0060】

Ex4は、第1貫通溝113aのZ'軸方向の幅L113aを0.08mmとし第2貫通溝113bのZ'軸方向の幅L113bを0.10mmとしている。このとき水晶振動部111のZ'軸方向の幅L111は0.72mmである。Ex4では、第1貫通溝113a及び第2貫通溝113bは共に貫通する。

【0061】

ATカットの水晶振動片で第1貫通溝113a及び第2貫通溝113bの幅が等しい場合は、例えば図10(c)のEx3に示されるように幅L113a及び幅L113bが共に0.10mm以上の幅を有していなければならない。水晶デバイス100に使用される水晶振動片110では第1貫通溝113aの幅L113aが第2貫通溝113bの幅L113bよりも大きくされている。例えば図10(c)のEx4に示されるように水晶振動部111のZ'軸方向の幅L111を0.72mmとすることができ、Ex3よりも0.02mm大きくすることができる。つまり、図10(c)のEx4ではEx3と同数の水晶振動片がウエハ上に形成された状態で水晶振動部111を広く形成することができてい

る。水晶振動部 1 1 1 は広く形成されるほど安定した振動特性が得られるため好ましい。

【0062】

水晶振動部 1 1 1 の Z' 軸方向の幅 L 1 1 1 と、クリスタルインピーダンス (C I) 値及び温度との間には、相関関係がある。以下、図 1 1 (a) から図 1 1 (c) を参照してこれらの値の相関関係について説明する。

【0063】

図 1 1 (a) は、水晶振動部 1 1 1 の幅 L 1 1 1 の大きさが L 1 1 1 a である場合の水晶振動片 1 1 0 の温度と C I 値との関係を示したグラフである。グラフの縦軸は C I 値 (ohm) を示しており、横軸は温度 () を示している。また図 1 1 (a) には、複数の水晶振動片 1 1 0 について温度と C I 値とが調べられた結果が示されており、各測定結果がそれぞれ 1 本の曲線として示されている。図 1 1 (a) では、水晶振動部 1 1 1 の幅 L 1 1 1 の大きさが L 1 1 1 a である場合に、C I 値が最も大きくなる温度が約 90 (矢印 1 9 1 の位置) となっていることが示されている。

【0064】

図 1 1 (b) は、水晶振動部 1 1 1 の幅 L 1 1 1 の大きさが L 1 1 1 b である場合の水晶振動片 1 1 0 の温度と C I 値との関係を示したグラフである。大きさ L 1 1 1 b は大きさ L 1 1 1 a よりも 0.005 mm 小さい値である。図 1 1 (b) では、水晶振動部 1 1 1 の幅 L 1 1 1 の大きさが L 1 1 1 b である場合に、C I 値が最も大きくなる温度が約 95 (矢印 1 9 2 の位置) となることが示されている。

【0065】

図 1 1 (c) は、水晶振動部 1 1 1 の幅 L 1 1 1 の大きさが L 1 1 1 c である場合の水晶振動片 1 1 0 の温度と C I 値との関係を示したグラフである。大きさ L 1 1 1 c は大きさ L 1 1 1 a よりも 0.010 mm 小さい値である。図 1 1 (c) では、水晶振動部 1 1 1 の幅 L 1 1 1 の大きさが L 1 1 1 c である場合に、C I 値が最も大きくなる温度が約 110 (矢印 1 9 3 の位置) となることが示されている。

【0066】

図 1 1 (a) から図 1 1 (c) では、水晶振動片 1 1 0 の水晶振動部 1 1 1 の幅 L 1 1 1 の大きさが 0.010 mm 変化しただけで、C I 値が最大となる温度が約 20 と大きく変化することが分かる。すなわち、水晶振動部 1 1 1 の幅 L 1 1 1 の大きさは、水晶振動片 1 1 0 の C I 値特性に大きな影響を与えるため、できる限り正確に制御されることが

【0067】

望まれる。

水晶振動部の Z' 軸側の側面に凹凸等が形成される場合、この凹凸の Z' 軸方向の高さを制御することは難しく、製品ごとに水晶振動部の Z' 軸方向の幅のばらつきが生じる。そのため図 1 1 (a) から図 1 1 (c) 示されるように水晶振動片には製品ごとにクリスタルインピーダンス (C I) 値のばらつきが発生してしまう。また水晶振動部の + Z' 軸側及び - Z' 軸側の側面に Y' 軸方向の位置が互いに異なる凹凸が形成される場合、水晶振動部 1 1 1 の Z' 軸方向の幅が Y' 軸方向の位置によって変わるため水晶振動片の周波数及び C I 値に変動を生じやすくなる。水晶振動片 1 1 0 では、水晶振動部 1 1 1 の第 1 貫通溝 1 1 3 a 側及び第 2 貫通溝 1 1 3 b 側の側面 1 1 8 a が、凹凸がない平面状 (図 1 0 (b) 参照) に形成されているため、製品ごとの水晶振動部 1 1 1 の Z' 軸方向の幅を制御することが容易である。またこれにより、水晶振動部 1 1 1 の Z' 軸方向の幅の不均一さに起因する周波数及び C I 値の変動が防がれている。

【0068】

(第 2 実施例)

水晶振動片は Z' 軸方向に長辺を有し X 軸方向に短辺を有していてもよい。以下、Z' 軸方向に長辺を有し X 軸方向に短辺を有する水晶振動片 2 1 0 及び水晶振動片 3 1 0 について説明する。

【0069】

< 水晶振動片 2 1 0 の構成 >

図12(a)は、水晶振動片210の平面図である。水晶振動片210は水晶振動部211と、枠部212と、貫通溝213と、連結部217とを備えている。水晶振動部211はメサ型に形成されており、メサ部216の+Y'軸側の面と-Y'軸側の面とは一対の励振電極214が形成されている。各励振電極214からは引出電極215が引き出されてそれぞれ枠部212の-Y'軸側の面の角まで形成されている。また貫通溝213は水晶振動部211の+X軸及び-X軸側と、+Z'軸及び-Z'軸側とに形成されている。貫通溝213において、水晶振動部211の+Z'軸側に形成されX軸に平行な部分を第1貫通溝213aとし、水晶振動部211の-Z'軸側に形成されX軸に平行な部分を第2貫通溝213bとする。なお、第1貫通溝213aのZ'軸方向の幅L213aは第2貫通溝213bのZ'軸方向の幅L213bよりも広く形成されている。

10

【0070】

<水晶振動片310の構成>

図12(b)は、水晶振動片310の平面図である。水晶振動片310は水晶振動部311と、枠部312と、貫通溝313と、連結部317とを備えている。水晶振動部311はメサ型に形成されており、メサ部316の+Y'軸側の面と-Y'軸側の面とは一対の励振電極314が形成されている。各励振電極314からは引出電極315が引き出されてそれぞれ枠部312の-Y'軸側の面の角まで形成されている。また貫通溝313は水晶振動部311の+X軸及び-X軸側と、+Z'軸及び-Z'軸側とに形成されている。貫通溝313において、水晶振動部311の+Z'軸側に形成されX軸に平行な部分を第1貫通溝313aとし、水晶振動部311の-Z'軸側に形成されX軸に平行な部分を第2貫通溝313bとする。なお、第1貫通溝313aのZ'軸方向の幅L313aは第2貫通溝313bのZ'軸方向の幅L313bよりも広く形成されている。

20

【0071】

<水晶振動片210及び水晶振動片310の製造方法>

水晶振動片210及び水晶振動片310の製造方法は、それぞれ複数の水晶振動片210及び水晶振動片310が形成される水晶ウエハW210(不図示)及び水晶ウエハW310(不図示)を製造することにより製造される。水晶ウエハW210及び水晶ウエハW310は、図6及び図7に示された水晶ウエハW110の製造方法と同様の方法により製造される。ただ、ステップS206に示された第2マスク及びステップS209に示された第3マスクでは、第1貫通溝213a又は313aを含む第1エッチング領域は、第2貫通溝313a又は313bを含む第2エッチング領域よりもZ'軸方向の幅が広く形成される。

30

【0072】

水晶振動片210及び水晶振動片310では、それぞれX軸方向に長辺を有しZ'軸方向に短辺を有する第1板及び第2板と接合されることにより、水晶デバイスが形成される。この水晶デバイスの製造方法は、図4に示された水晶デバイス100の製造方法と同様である。

【0073】

以上、本発明の最適な実施形態について詳細に説明したが、当業者に明らかなように、本発明はその技術的範囲内において実施形態に様々な変更・変形を加えて実施することができる。

40

【0074】

例えば、上記の実施例における水晶振動片の製造方法では、ポジ型のレジスト膜を形成して水晶振動部111及び貫通溝113が形成されたが、ネガ型のレジスト膜が使用されてもよい。ネガ型のレジスト膜は露光されると現像液に対する溶解性が低下する性質を有しているため、使用される露光用マスクは、エッチングを行いたい場所がマスクに覆われる。

【0075】

また上記実施例では、水晶振動部の中心のY'軸方向の厚さが外周のY'軸方向の厚さより厚いメサ型に形成された水晶振動片について説明したが、水晶振動部はメサ型ではな

50

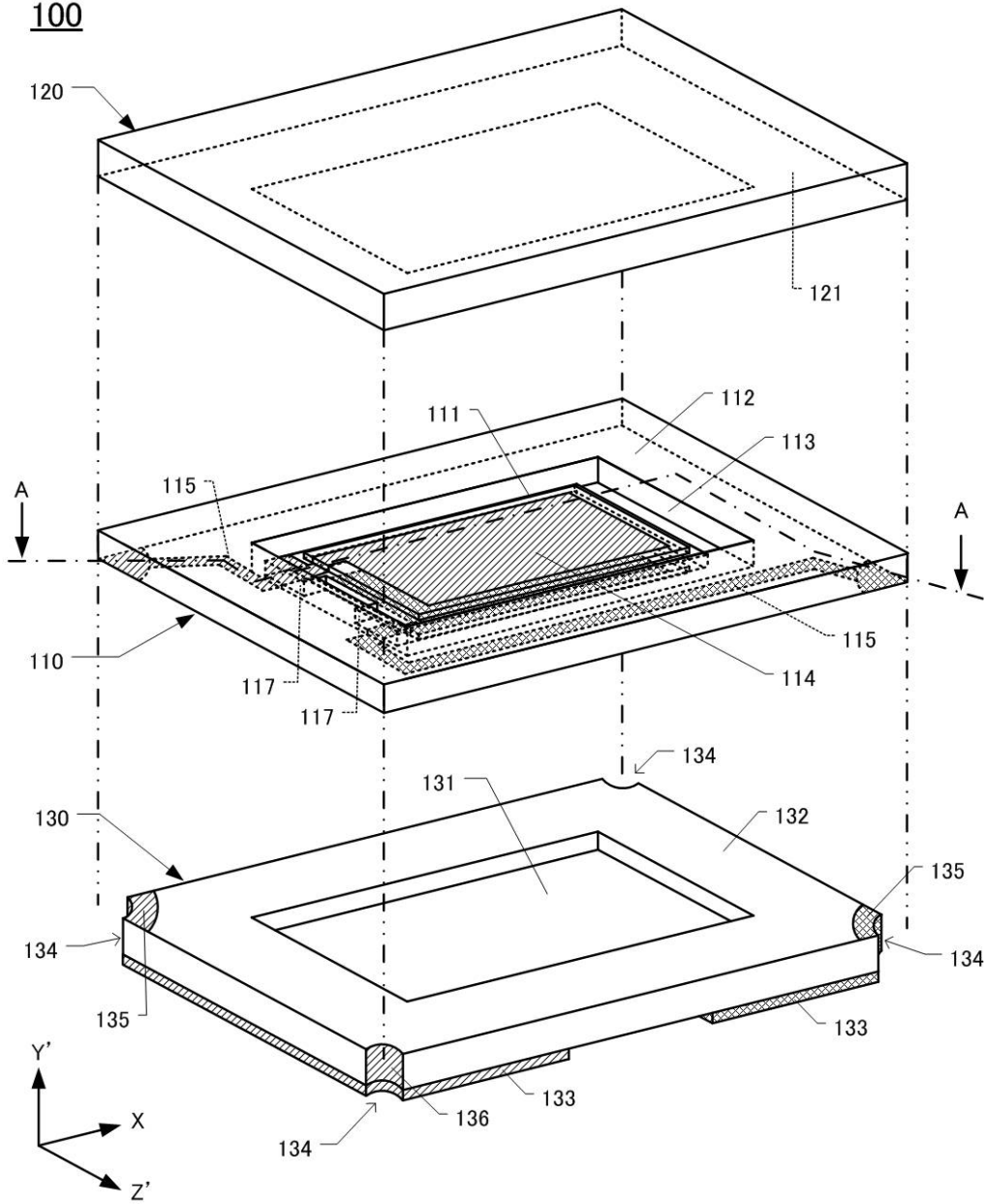
く、平面状に形成されていてもよい。

【符号の説明】

【0076】

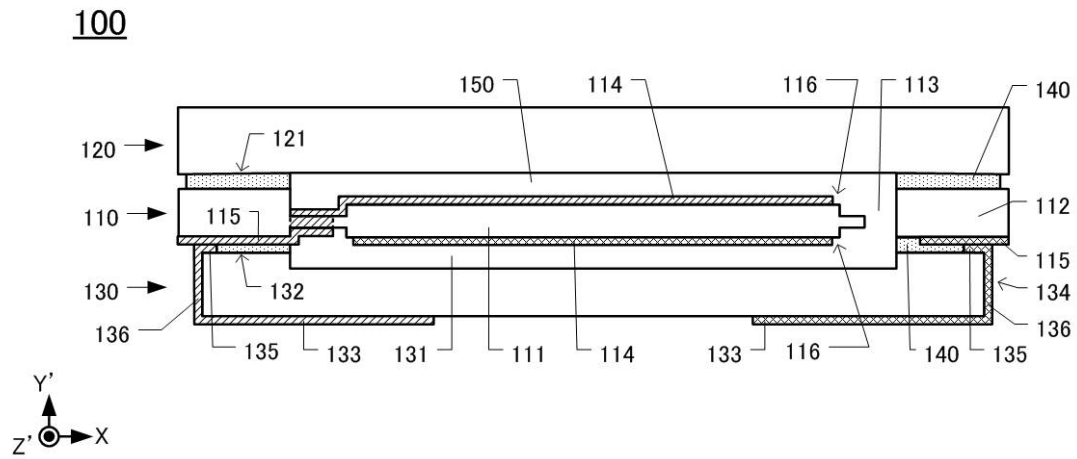
| | | | |
|----------------|-----|--------------------------|----|
| 100 | ... | 水晶デバイス | |
| 110、210、310 | ... | 水晶振動片 | |
| 111、211、311 | ... | 水晶振動部 | |
| 112、212、312 | ... | 枠部 | |
| 113、213、313 | ... | 貫通溝 | |
| 113a、213a、313a | ... | 第1貫通溝 | |
| 113b、213b、313b | ... | 第2貫通溝 | 10 |
| 114、214、314 | ... | 励振電極 | |
| 115、215、315 | ... | 引出電極 | |
| 116、216、316 | ... | メサ部 | |
| 117、217、317 | ... | 連結部 | |
| 118a | ... | 水晶振動部の側面 | |
| 118b | ... | 枠部の側面 | |
| 120 | ... | 第1板 | |
| 121、132 | ... | 接合面 | |
| 130 | ... | 第2板 | |
| 131 | ... | 凹部 | 20 |
| 133 | ... | 外部電極 | |
| 134 | ... | キャストレーション | |
| 134a | ... | 貫通孔 | |
| 135 | ... | 電極パッド | |
| 136 | ... | キャストレーション電極 | |
| 150 | ... | キャビティ | |
| 161 | ... | 第1マスク | |
| 162 | ... | 第2マスク | |
| 162a、163a | ... | 第1エッチング領域 | |
| 162b、163b | ... | 第2エッチング領域 | 30 |
| 163 | ... | 第3マスク | |
| 170 | ... | スクライブライン | |
| 180 | ... | 金属膜 | |
| 181 | ... | レジスト膜 | |
| 190 | ... | 紫外線 | |
| L111 | ... | 水晶振動部111のZ'軸方向の幅 | |
| L112 | ... | 水晶振動部111及び貫通溝113のZ'軸方向の幅 | |
| L113a | ... | 第1貫通溝113aのZ'軸方向の幅 | |
| L113b | ... | 第2貫通溝113bのZ'軸方向の幅 | |
| W110 | ... | 水晶ウエハ | 40 |
| W120 | ... | 第1ウエハ | |
| W130 | ... | 第2ウエハ | |

【図 1】

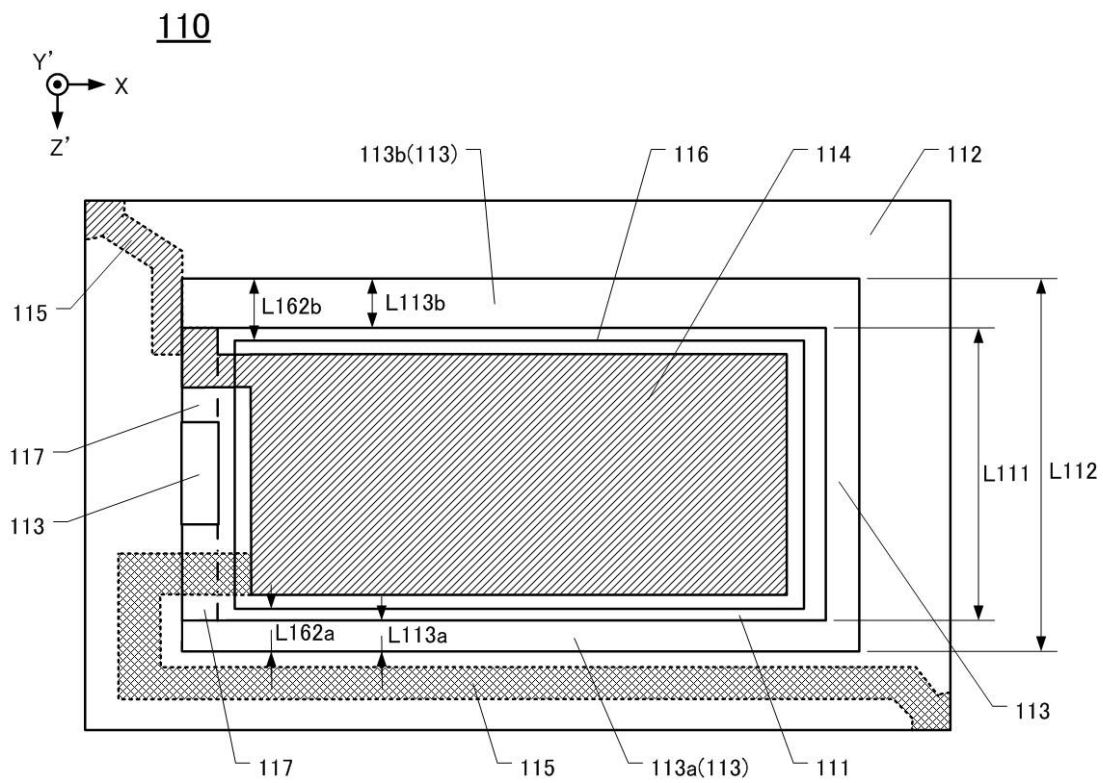
100

【図 2】

(a)

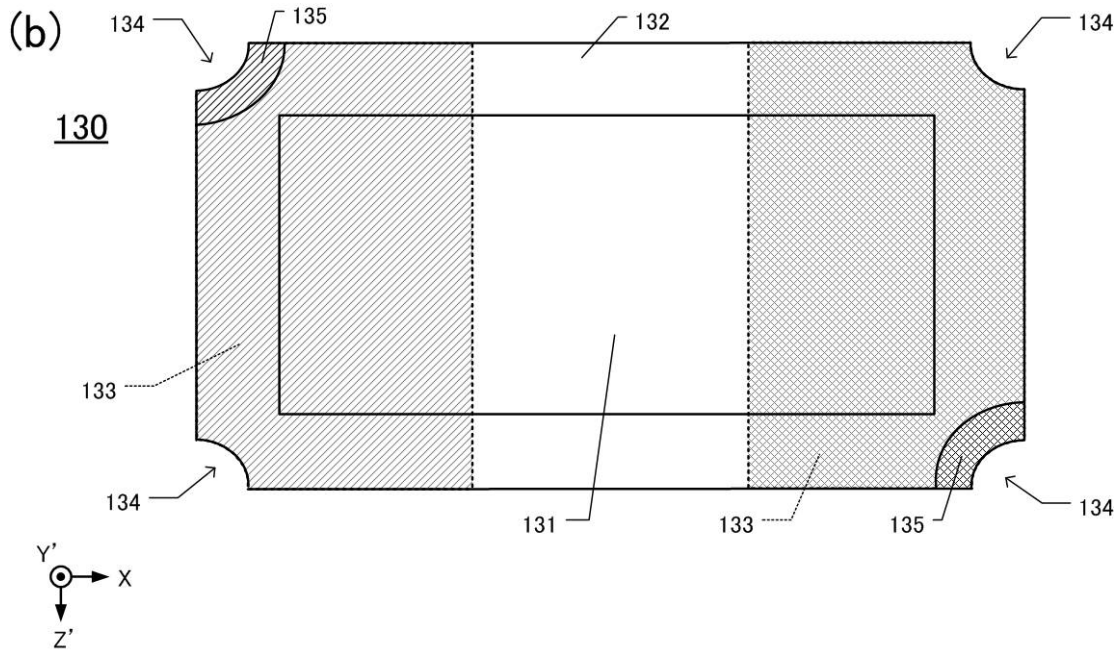
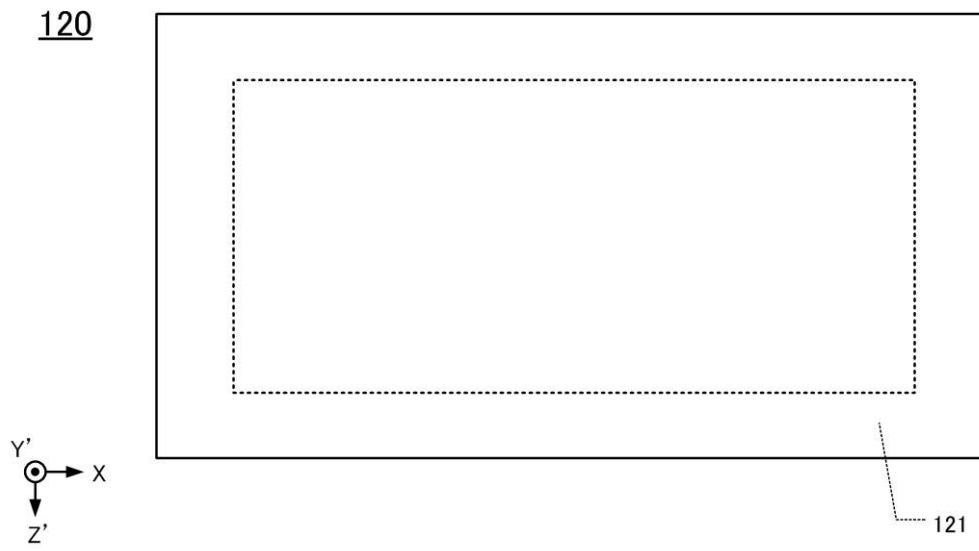


(b)

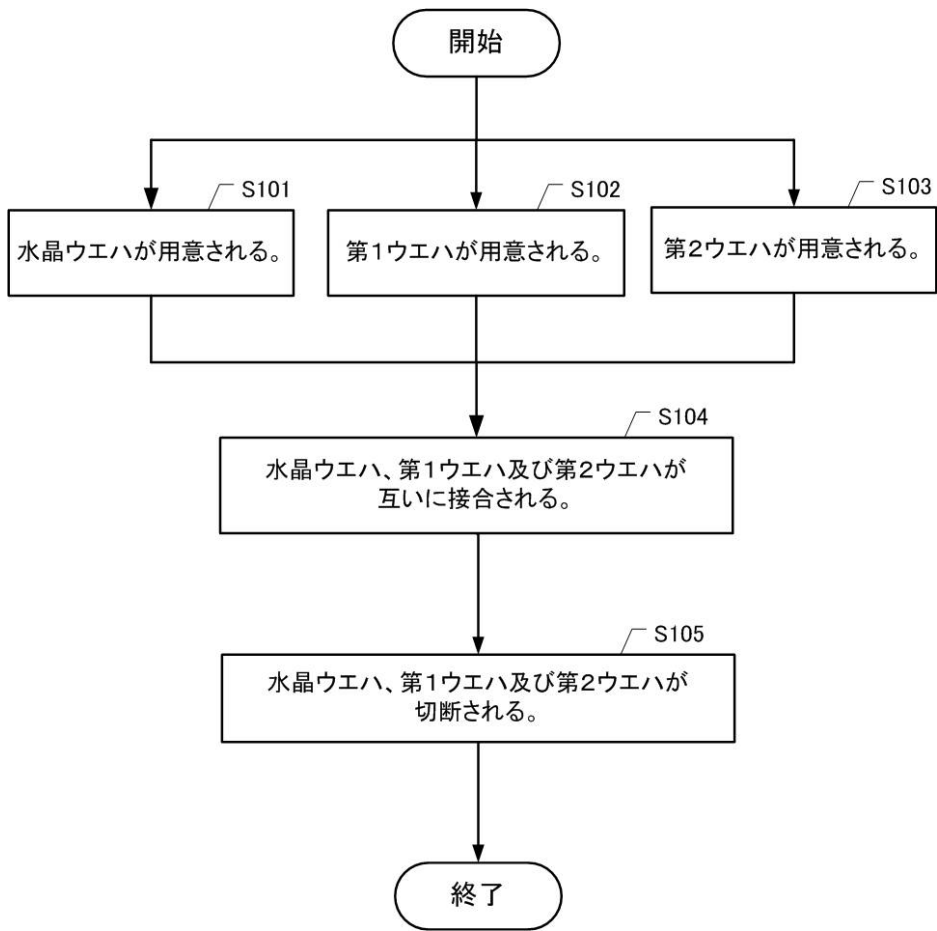


【図 3】

(a)

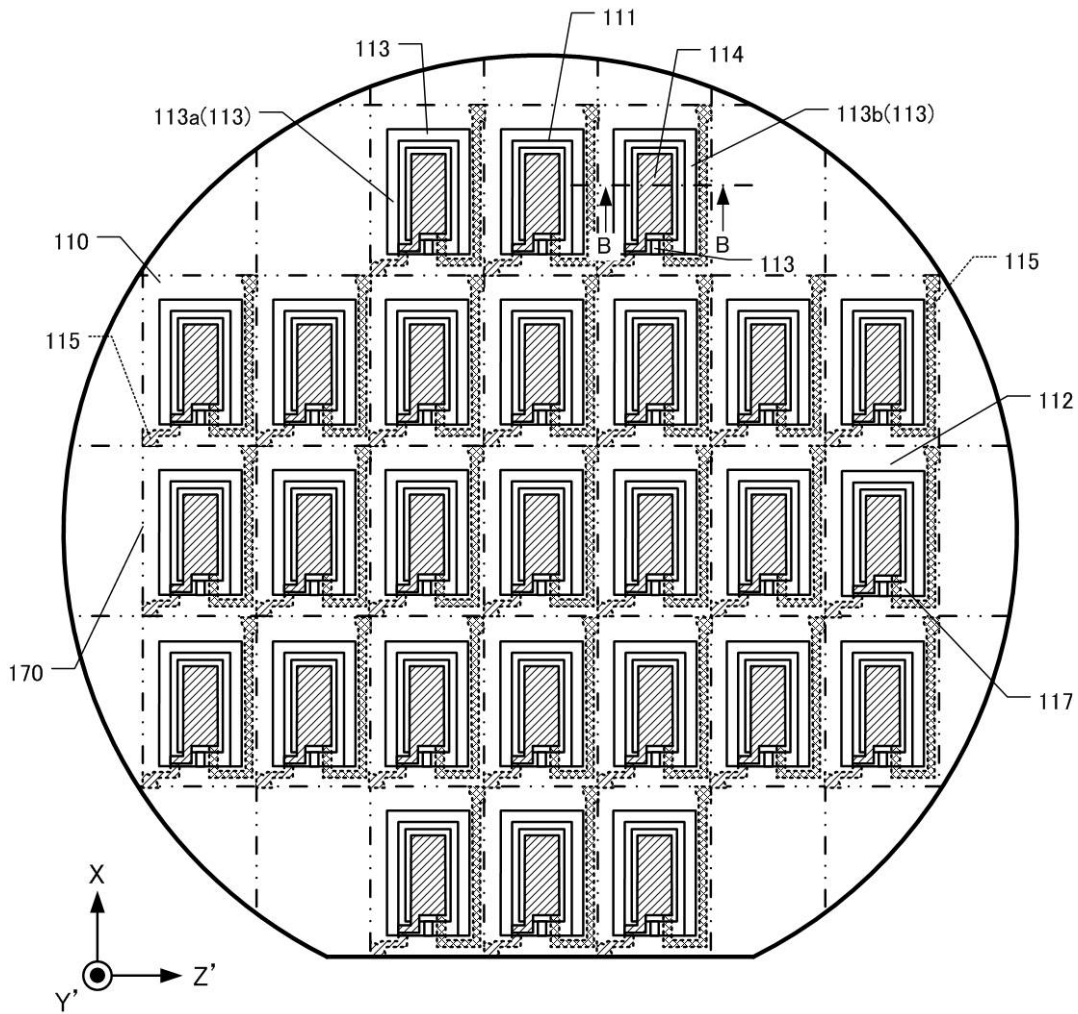


【 図 4 】



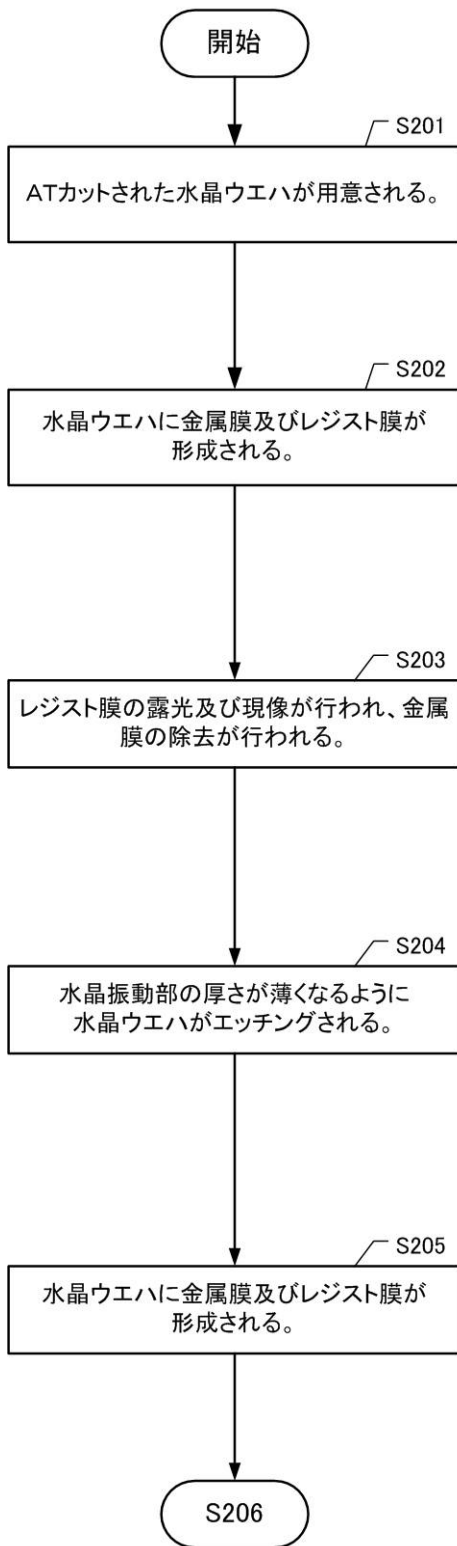
【図 5】

W110



【図 6】

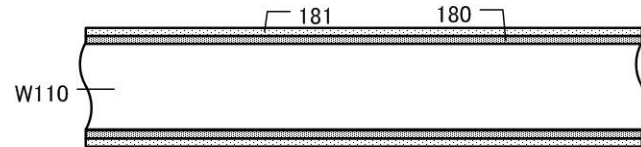
S101



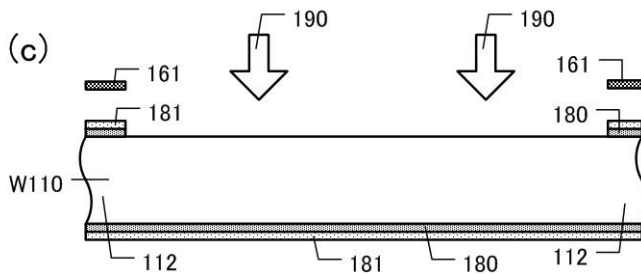
(a)



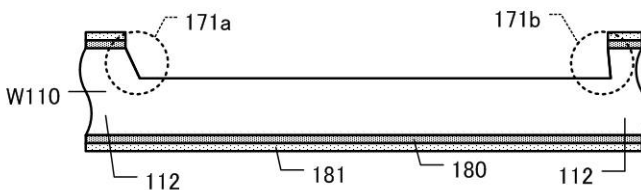
(b)



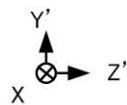
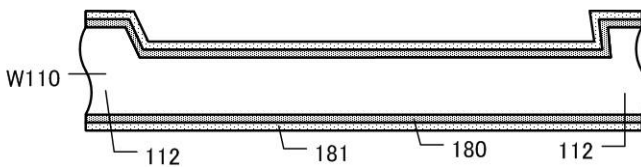
(c)



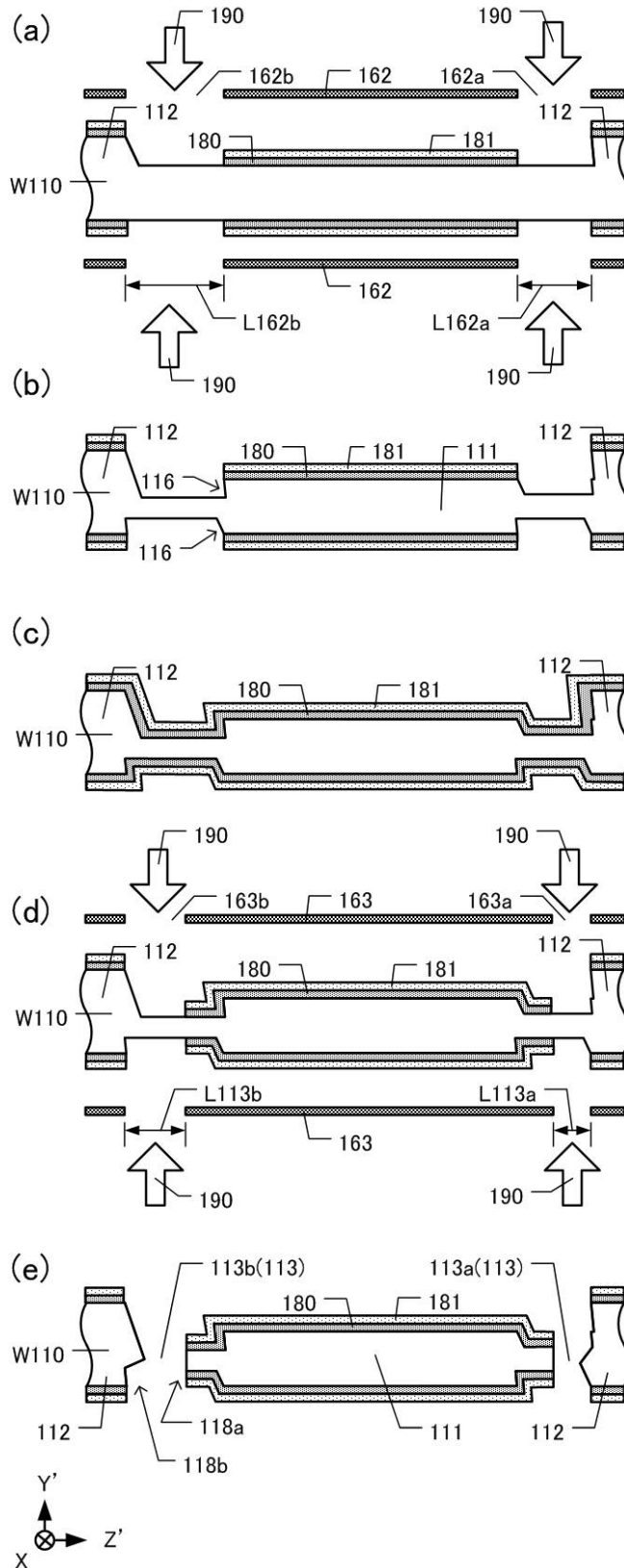
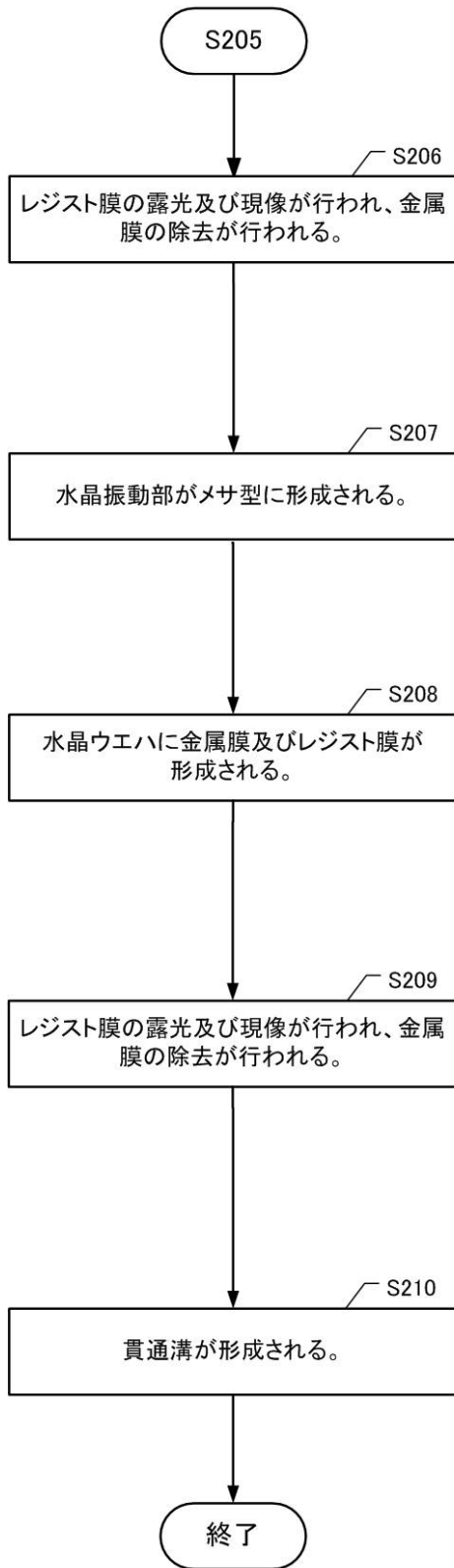
(d)



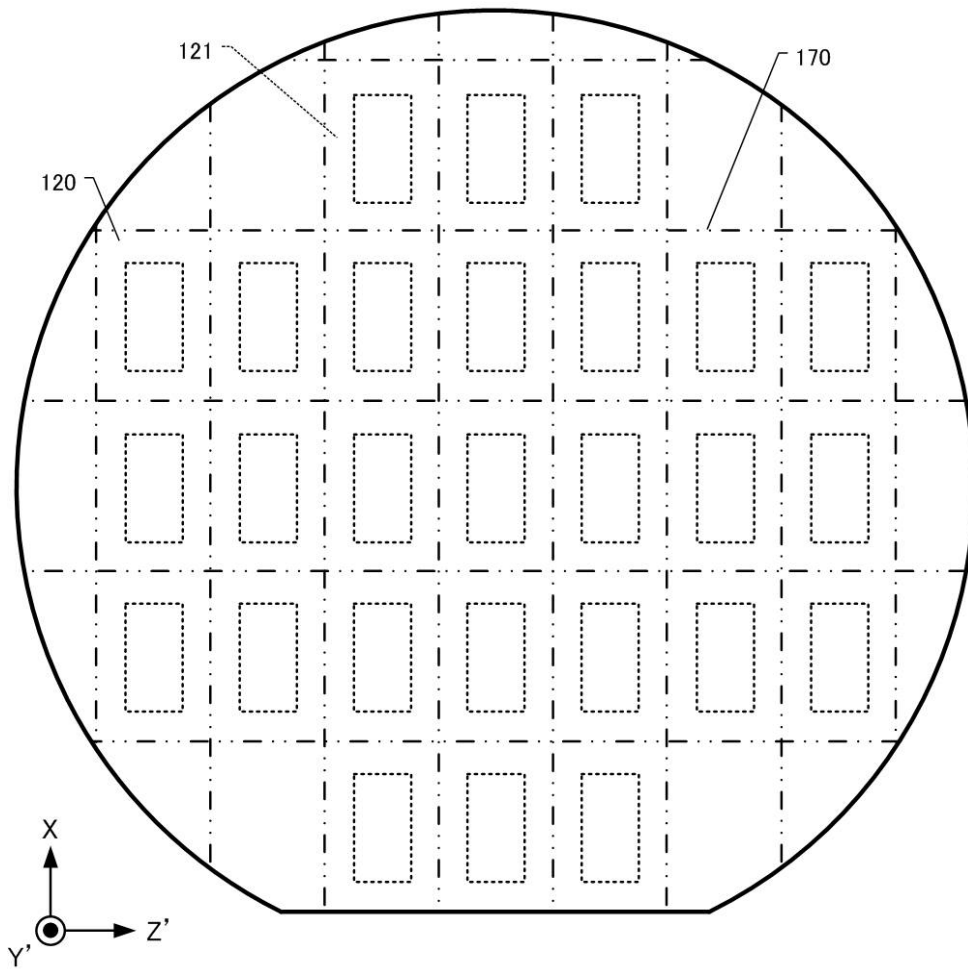
(e)



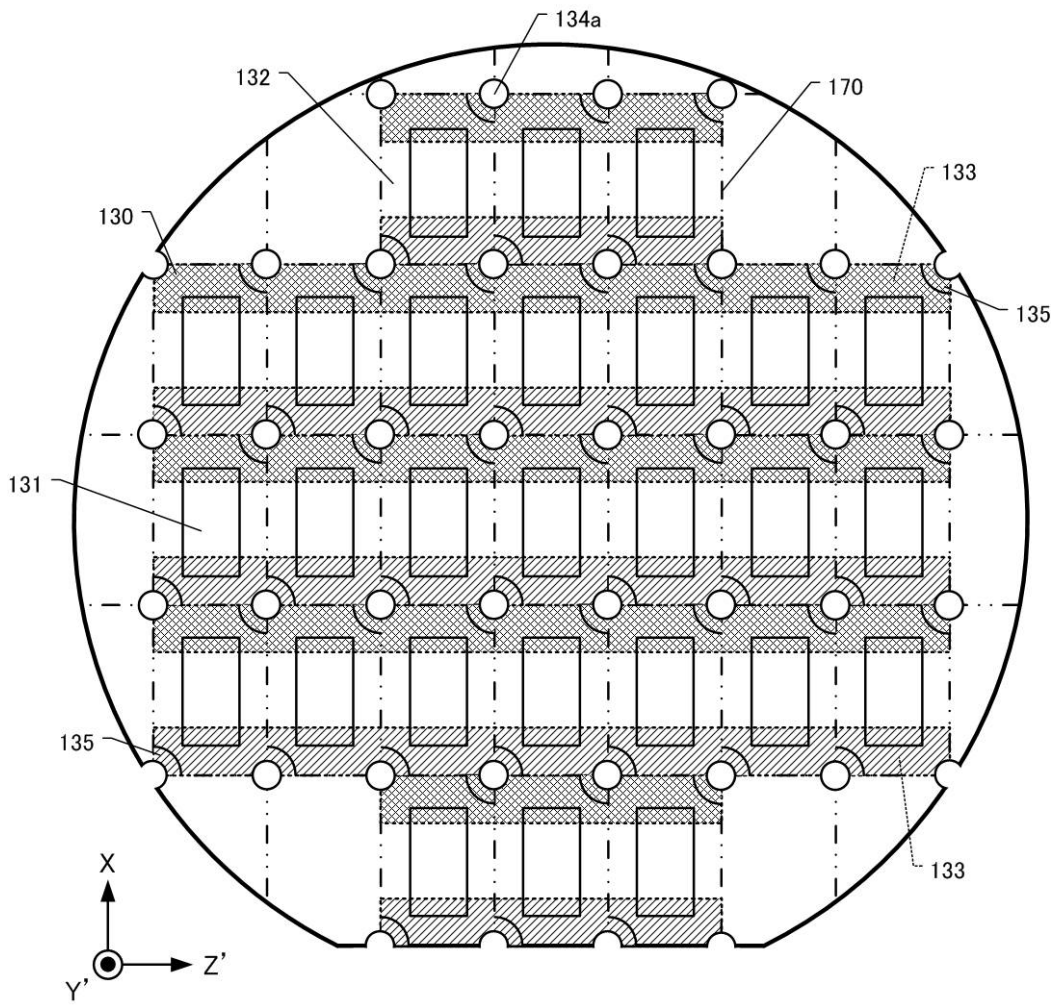
【図 7】



【 図 8 】

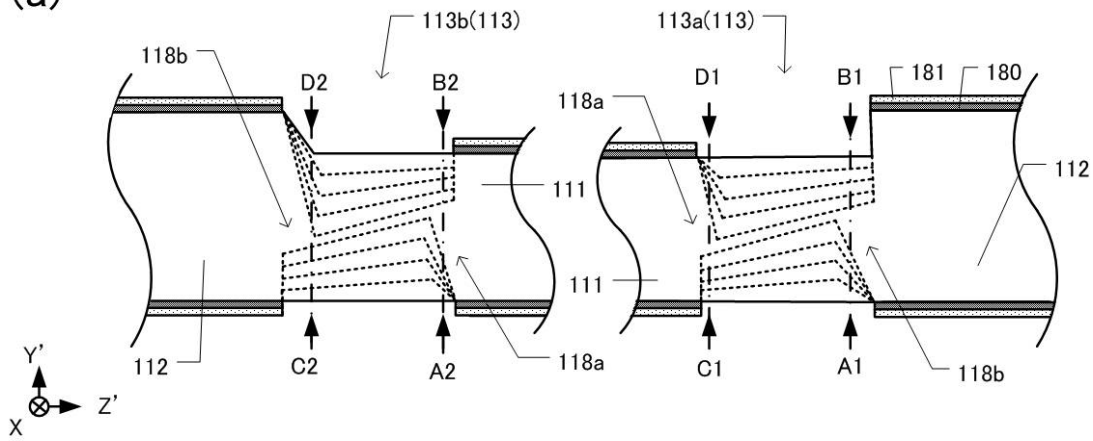
W120

【図 9】

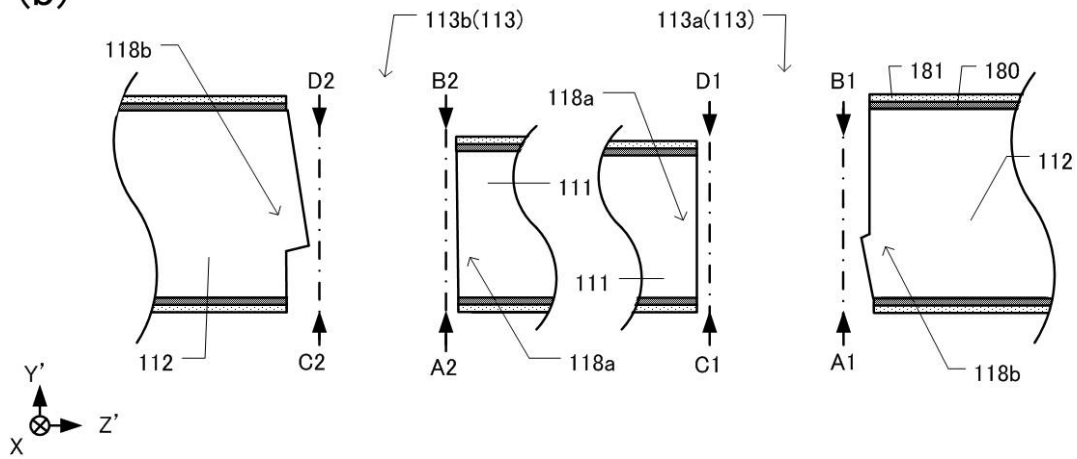
W130

【図 10】

(a)



(b)

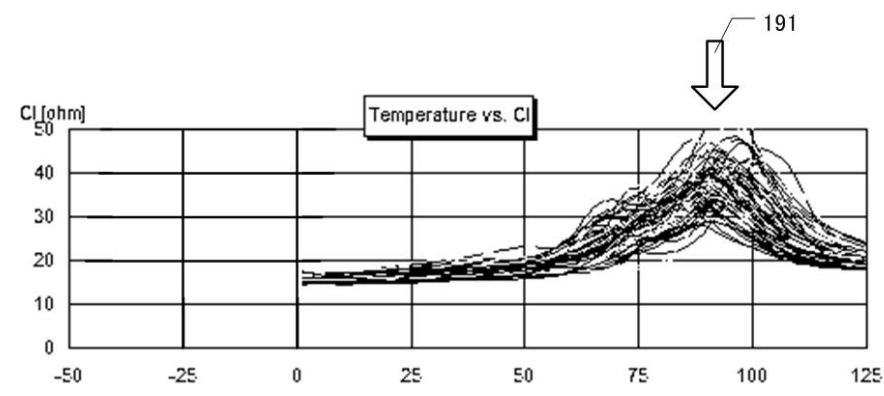


(c)

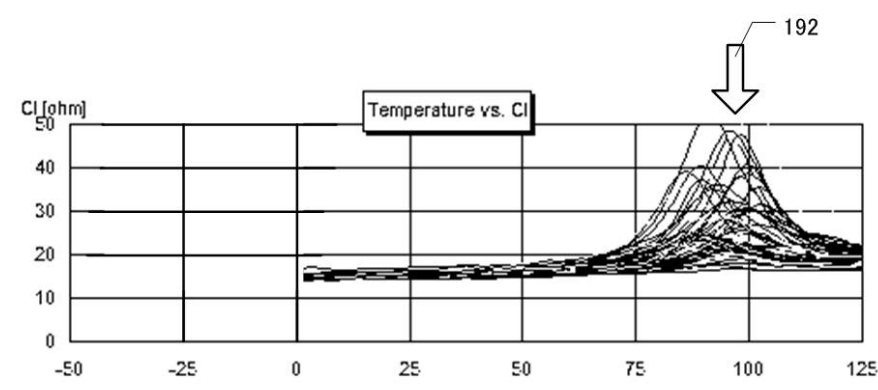
| | L113a | L113b | L111 | 113a | 113b |
|-----|---------|---------|---------|------|------|
| Ex1 | 0.07 mm | 0.07 mm | 0.76 mm | × | × |
| Ex2 | 0.08 mm | 0.08 mm | 0.74 mm | ○ | × |
| Ex3 | 0.10 mm | 0.10 mm | 0.70 mm | ○ | ○ |
| Ex4 | 0.08 mm | 0.10 mm | 0.72 mm | ○ | ○ |

【図 11】

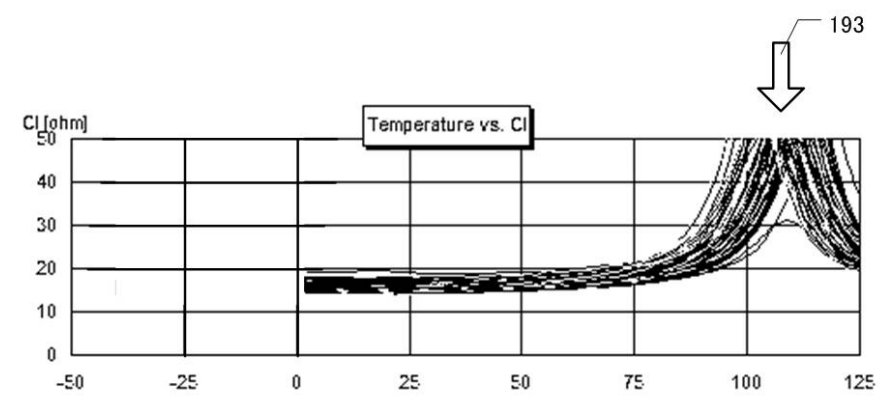
(a)



(b)

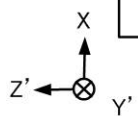


(c)



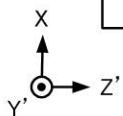
(a)

210



(b)

310



フロントページの続き

(72)発明者 原田 雅和

埼玉県狭山市大字上広瀬 1 2 7 5 番地の 2 日本電波工業株式会社狭山事業所内

Fターム(参考) 5J108 BB02 CC04 CC08 CC11 CC12 DD02 EE03 EE07 KK01 MM11