

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) **特 許 公 報 (B2)**

(11) 特許番号

特許第5883665号
(P5883665)

(45) 発行日 平成28年3月15日(2016.3.15)

(24) 登録日 平成28年2月12日 (2016.2.12)

(51) Int. Cl.	F 1
H03H 9/19 (2006.01)	H03H 9/19 E
	H03H 9/19 D

請求項の数 7 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2012-17415 (P2012-17415)	(73) 特許権者	000232483
(22) 出願日	平成24年1月31日 (2012. 1. 31)		日本電波工業株式会社
(65) 公開番号	特開2013-157831 (P2013-157831A)		東京都渋谷区笹塚一丁目4 7 番1 号
(43) 公開日	平成25年8月15日 (2013. 8. 15)	(74) 代理人	100106541
審査請求日	平成26年12月17日 (2014. 12. 17)		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1 2 7 5番地の2
			日本電波工業株式会社狭山事業所内
		審査官	鬼塚 由佳

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 水晶振動片及び水晶デバイス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

結晶軸 X、結晶軸 Y' 及び結晶軸 Z' を有する矩形状の励振部を有する A T カット水晶振動片において、

前記励振部の周囲に所定の空隙を隔てて矩形状に形成された棒体と、

前記励振部と前記枠体とを連結する連結部と、

前記励振部の両主面に配置される一対の励振電極と、

前記励振電極から前記連結部を介して前記枠体まで伸びる一対の引出電極と、

を備え、

前記一対の引出電極は、互いに前記棒体の対角線上の両端の角部に伸び、

前記励振部の長辺が前記結晶軸 X に対して 61° 又は 119° 回転して形成されており

前記棒体の長辺が前記結晶軸 X に対して 61° 又は 119° 方向に伸びており、

前記連結部が前記結晶軸 X に対して 61° 又は 119° 方向に伸びており、前記励振部の短辺及び前記枠体の短辺と直交している水晶振動片。

【請求項 2】

前記連結部は一本のみであり、前記一对の引出電極が一本の連結部に、主面の法線方向から見て重なり合わないよう形成されている請求項 1 に記載の水晶振動片。

【請求項3】

前記一本の連結部と前記励振電極の中央とを結ぶ直線が、前記結晶軸 X に対して 61° 又は 119° 方向である請求項 2 に記載の水晶振動片。

【請求項 4】

前記枠体及び前記連結部の Y' 軸方向の厚さが、前記励振部の Y' 軸方向の厚さより厚い請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の水晶振動片。

【請求項 5】

前記 AT カット水晶振動片の一部に段差面が形成され、前記段差面は、前記励振部の厚さから前記連結部の厚さに変わる請求項 4 に記載の水晶振動片。

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載の水晶振動片と、
ガラス材で形成され、前記枠体の主面の一方に接合する矩形形状のベース部と、
ガラス材で形成され、前記枠体の主面の他方に接合する矩形形状のリッド部と、を備える水晶デバイス。

10

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載の水晶振動片と、
AT カット水晶材で形成され、前記枠体の主面の一方に接合する矩形形状のベース部と、
AT カット水晶材で形成され、前記枠体の主面の他方に接合する矩形形状のリッド部と、
を備え、

前記ベース部及び前記リッド部の長辺は、前記結晶軸 X に対して 61° 又は 119° 回転して形成されている水晶デバイス。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、厚み滑り振動を励起する水晶振動片、その水晶振動片を有する水晶デバイスに関する。

【背景技術】

【0002】

AT カット水晶振動片を使った水晶デバイスには、そのベース基板に対して直接的に応力が加えられることもあり、熱膨張等においても水晶振動片に対して応力が加えられることもある。これらの水晶振動片に付与される応力は、発振周波数に影響を与え、エージング特性や周波数温度特性等の諸特性に悪影響を与える。このため、発振周波数に影響を与える応力の伝達を解消するため、特許文献 1 の発明が提案されている。

30

【0003】

特許文献 1 に開示されている水晶デバイスに実装されている水晶振動片は、特定の結晶軸に対して所定の回転角を持った直線上に 2 つの支持電極を配置している。具体的には、特許文献 1 の AT カット水晶振動片は、その結晶軸である X 軸から 60° 又は 120° の回転角を持った直線上に枠体と振動片とを結ぶ少なくとも一对の連結部を形成している。そして AT カット水晶振動片は、その連結部に一对の引出電極をそれぞれ配置している。この回転角を持った直線に沿って付加された応力はその感度比率が極めて小さくなり、AT カット水晶振動片の発振周波数は、応力に対して影響が極めて小さくなっている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2007 - 243681 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献 1 に描かれる AT カット水晶振動片をウェットエッチングで形成すると、連結部のみが枠体又は AT カット水晶振動片に対して傾いているため、連結部と枠体との鋭角領域又は連結部と AT カット水晶振動片との鋭角領域が、実際には正確に

50

仕上がらない。

【課題を解決するための手段】

【0006】

そこで、本発明は、連結部が、枠体又はATカット水晶振動片と直交するようにするとともに、連結部がATカット水晶振動片の結晶軸であるX軸から 61° 又は 119° の回転角を有する水晶振動片を提供する。

【0007】

第1観点の水晶振動片は、結晶軸X、結晶軸Y'及び結晶軸Z'を有する矩形状の励振部を有するATカット水晶振動片である。そして水晶振動片は、励振部の周囲に所定の空隙を隔てて形成された枠体と、励振部と枠体とを連結する連結部と、励振部の両主面に配置される一対の励振電極と、励振電極から連結部を介して枠体まで伸びる一対の引出電極と、を備える。励振部の長辺は、結晶軸Xに対して 61° 又は 119° 回転して形成されており、枠体の長辺が結晶軸Xに対して 61° 又は 119° 方向に伸びており、連結部が結晶軸Xに対して 61° 又は 119° 方向に伸びており、励振部の短辺及び枠体の短辺と直交している。

10

【0008】

第2観点の水晶振動片の連結部は一本のみであり、一対の引出電極が一本の連結部に主面の法線方向から見て重なり合わないよう形成されている。

第3観点の水晶振動片において、一本の連結部と励振電極の中央とを結ぶ直線が、結晶軸Xに対して 61° 又は 119° 方向である。

20

第4観点の水晶振動片において、枠体及び連結部のY'軸方向の厚さが、励振部の厚さのY'軸方向の厚さより厚い。

第5観点の水晶振動片において、励振部の一部に段差面が形成され、段差面は前記励振部の厚さから連結部の厚さに変わる。

【0009】

第6観点の水晶デバイスは、第1の観点から第5の観点のいずれかの水晶振動片を有している。そして水晶デバイスは、ガラス材で形成され枠体の主面の一方に接合する矩形状のベース部と、ガラス材で形成され枠体の主面の他方に接合する矩形状のリッド部と、を備える。

第7観点の水晶デバイスは、第1の観点から第5の観点のいずれかの水晶振動片を有している。そして水晶デバイスは、ATカット水晶材で形成され、枠体の主面の一方に接合する矩形状のベース部と、ATカット水晶材で形成され、枠体の主面の他方に接合する矩形状のリッド部と、を備える。ベース部及びリッド部の長辺は、結晶軸Xに対して 61° 又は 119° 回転して形成されている。

30

【発明の効果】

【0010】

本発明の水晶振動片及び水晶デバイスによれば、パッケージに対して加えられた応力及び熱膨張等による励振部に与える応力による周波数特性の変動を回避することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

40

【図1】第1水晶デバイス100の分解斜視図である。

【図2】(a)は、第1水晶デバイス100の断面図である。(b)は、水晶振動片30の平面図である。

【図3】(a)は、水晶振動片30の断面図である。(b)は、変形例の水晶振動片30Aの断面図である。

【図4】水晶振動片30の製造方法が示されたフローチャートである。

【図5】水晶振動片30の製造方法が示されたフローチャートである。

【図6】水晶振動片ウエハ30Wの平面図である。

【図7】リッドウエハ10Wの平面図である。

【図8】ベースウエハ20Wの平面図である。

50

【図 9】第 2 水晶デバイス 2 0 0 の分解斜視図である。

【図 1 0】(a) は、第 2 水晶デバイス 2 0 0 の断面図である。(b) は、水晶振動片 2 3 0 の平面図である。

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

【図 1 2】水晶振動片 ウエハ 2 3 0 W の平面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 2 】

以下、本発明の好適な実施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、これらの実施形態に限られるものではない。

【 0 0 1 3 】

(第 1 実施形態)

< 第 1 水晶デバイス 1 0 0 の構成 >

図 1 は、第 1 水晶デバイス 1 0 0 の分解斜視図である。第 1 水晶デバイス 1 0 0 は、リッド板 1 0 と、ベース板 2 0 と、水晶振動片 3 0 と、により構成されている。水晶振動片 3 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の主面 (Y Z 面) は、人工水晶の結晶軸 (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 分傾斜している。このため、本明細書では 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 X 軸、Y ' 軸及び Z ' 軸とする。

【 0 0 1 4 】

さらに、第 1 実施形態のリッド板 1 0、ベース板 2 0 及び水晶振動片 3 0 において、それらの長辺は、Y ' 軸を基準にして結晶軸 X に対して 6 1 ° 又は 1 1 9 ° 回転している (図 6 ~ 図 8 を参照。) 。以下、第 1 実施形態では、結晶軸 X に対して 6 1 ° 傾いた方向を、X ' とする。そして X ' 軸を基準として、直交する軸方向を、Y ' ' 軸及び Z ' ' 軸とする。すなわち、水晶デバイス 1 0 0 においては第 1 水晶デバイス 1 0 0 の長辺方向を X ' 軸方向、第 1 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 1 5 】

水晶振動片 3 0 は、所定の振動数で振動する励振部 3 1 と、励振部 3 1 を囲む枠部 3 2 と、励振部 3 1 と枠部 3 2 とを連結する連結部 3 5 と、により構成されている。励振部 3 1 と枠部 3 2 との間の領域は、水晶振動片 3 0 を Y ' ' 軸方向に貫通する貫通孔 3 8 となっている。励振部 3 1 の + Y ' ' 軸側の面と - Y ' ' 軸側の面とには励振電極 3 4 a , 3 4 b が形成されている。また、引出電極 3 3 (a , b) が、各励振電極 3 4 から連結部 3 5 を通り枠部 3 2 にまで引き出されている。枠部 3 2 の四隅の側面にはキャストレーション 3 6 (a , b) が形成されており、キャストレーション 3 6 (a , b) には側面電極 3 7 (a , b) が形成されている。

【 0 0 1 6 】

ベース板 2 0 は、A T カットの水晶材からなり、水晶振動片 3 0 の - Y ' ' 軸側に配置される。ベース板 2 0 は、X ' 軸方向に長辺、Z ' ' 軸方向に短辺を有する矩形形状に形成されている。一对の実装端子 2 5 が、ベース板 2 0 の - Y ' ' 軸側の面に形成されている。この実装端子 2 5 がハンダを介してプリント基板等に固定され電氣的に接続されることにより、第 1 水晶デバイス 1 0 0 がプリント基板等を実装される。また、ベース板 2 0 の四隅の側面にはキャストレーション 2 6 (a , b) が形成されており、キャストレーション 2 6 (a , b) には側面電極 2 7 (a , b) が形成されている。ベース板 2 0 の + Y ' ' 軸側の面には凹んだ凹部 2 8 が形成されており、枠部 3 2 と接合する接合面 M 2 が凹部 2 8 の周りに形成されている。また、接続電極 2 3 が接合面 M 2 の四隅でありキャストレーション 2 6 の周りに形成されている。この接続電極 2 3 は、キャストレーション 2 6 に形成される側面電極 2 7 (a , b) を介して実装端子 2 5 に電氣的に接続される。なお、凹部 2 8 は、水晶振動片 3 0 がベース板 2 0 に当接しない場合には、形成されなくても

10

20

30

40

50

よい。

【 0 0 1 7 】

リッド板 1 0 は、A T カットの水晶材からなり、水晶振動片 3 0 の + Y ' ' 軸側に配置される。リッド板 1 0 の - Y ' ' 軸側の面には凹部 1 7 が形成されており、凹部 1 7 の周りには接合面 M 5 が形成されている。凹部 1 7 は、水晶振動片 3 0 がリッド板 1 0 に当接しない場合には、形成されなくてもよい。

【 0 0 1 8 】

図 2 (a) は、第 1 水晶デバイス 1 0 0 の断面図である。図 2 (a) は、図 1 の A - A 切断の断面図である。リッド板 1 0 の接合面 M 5 が水晶振動片 3 0 の枠部 3 2 の + Y ' ' 軸側の接合面 M 4 に接合材 4 1 を介して接合している。またベース板 2 0 の接合面 M 2 が、枠部 3 2 の - Y ' ' 軸側の接合面 M 3 に接合材 4 1 を介して接合している。水晶振動片 3 0 の枠部 3 2 とベース板 2 0 の接合面 M 2 とが接合される際には、枠部 3 2 の - Y ' ' 軸側の接合面 M 3 に形成されている引出電極 3 3 (図 1 を参照) とベース板 2 0 の接合面 M 2 に形成されている接続電極 2 3 とが電氣的に接続される。これにより、励振電極 3 4 (a , b) は、引出電極 3 3、接続電極 2 3、及び側面電極 2 7 (a , b) を介して実装端子 2 5 に電氣的に接続される。接合材 4 1 として、例えばポリイミド系の非導電性の樹脂又は非導電性の低融点ガラスが使用される。

【 0 0 1 9 】

図 2 (b) は、水晶振動片 3 0 の平面図である。励振部 3 1 は、矩形形状に形成されている。枠部 3 2 は、励振部 3 1 を囲むように、2 つの長辺と 2 つの短辺で形成されている。連結部 3 5 は、励振部 3 1 と枠部 3 2 とを 1 本で連結する。一本の連結部 3 5 は、励振部 3 1 の - X ' 軸側の短辺の中央に形成され、そこから - X ' 軸方向に伸びて枠部 3 2 の短辺に連結している。また、励振部 3 1 は、X ' 軸方向に、励振電極 3 4 (a , b) が形成される第 1 領域 3 1 a と、連結部 3 5 に直接連結される第 2 領域 3 1 b と、第 1 領域 3 1 a 及び 3 1 b 以外の領域である第 3 領域 3 1 c と、を有する。第 2 領域 3 1 b は、連結部 3 5 につながる段差面を形成している。なお、本実施形態では図示されていないが、第 1 領域 3 1 a に、エネルギー閉じ込め効果を有する Y ' ' 方向に厚くなったメサ構造を有していてもよい。

【 0 0 2 0 】

一本の連結部 3 5 は、励振部 3 1 の短辺と枠部 3 2 の短辺とに直交している。このため、後述する水晶振動片 3 0 の製造方法において、正確に連結部 3 5 が結晶軸 X に対して 6 1 ° 又は 1 1 9 ° 方向に形成される。

【 0 0 2 1 】

引出電極 3 3 a は、+ Y ' ' 軸側の面に形成されている励振電極 3 4 a から、第 2 領域 3 1 b 及び連結部 3 5 を通って - X ' 軸側の枠部 3 2 に引き出される。引出電極 3 3 b は、- Y ' ' 軸側の面に形成されている励振電極 3 4 b から、第 2 領域 3 1 b 及び連結部 3 5 を通って - X ' 軸側の枠部 3 2 に引き出される。引出電極 3 3 a と引出電極 3 3 b とは、第 2 領域 3 1 b 及び連結部 3 5 において、Y ' ' 軸方向からみて、互いに重なり合っていない。

【 0 0 2 2 】

枠部 3 2 まで引き出された引出電極 3 3 a は、枠部 3 2 の + Z ' ' 軸に伸び、さらに + X ' 軸方向に伸び側面電極 3 7 a まで伸びる。さらに引出電極 3 3 a は、側面電極 3 7 a によって + Y ' ' 軸側から - Y ' ' 軸側の面に引き出されている。また、枠部 3 2 まで引き出された引出電極 3 3 b は、- Z ' ' 軸方向に伸びて枠部 3 2 の - Y ' ' 軸側の面の角部にまで伸びている。

【 0 0 2 3 】

図 3 (a) は、水晶振動片 3 0 の断面図である。図 3 (a) は、図 2 (b) の B - B 断面図が示されている。水晶振動片 3 0 は、枠部 3 2 及び連結部 3 5 の Y ' ' 軸方向への厚さが第 1 厚さ T 1、励振部 3 1 の Y ' ' 軸方向の厚さが第 2 厚さ T 2 に形成されている。第 2 領域 3 1 b (図 2 (b) を参照) は、段差面が形成され、励振部 3 1 の第 2 厚さ T 2

10

20

30

40

50

から連結部 3 5 の厚さ T_1 に厚くなり励振部 3 1 を枠部 3 2 に連結する。水晶振動片 3 0 では、例えば、第 1 厚さ T_1 が $100\ \mu\text{m}$ 、第 2 厚さ T_2 は振動周波数に応じて調整される。段差面である第 2 領域 3 1 b は、連結部 3 5 から励振部 3 1 への応力伝達を低減し、また、引出電極 3 3 a の断線を少なくする。

【0024】

図 3 (b) は、変形例の水晶振動片 3 0 A の断面図である。図 3 (a) では、 $+Y'$ 軸側の面側にのみ、段差面が形成されていたが、水晶振動片 3 0 A は表裏両面の第 2 領域 3 1 b に段差面が形成されてもよい。水晶振動片 3 0 A は、水晶振動片 3 0 と同様の構成部分に関しては同じ記号を付してある。

【0025】

水晶振動片 3 0 及び水晶振動片 3 0 A において、連結部 3 5 が枠部 3 2 と同じ厚さ T_1 を有しているため剛性が高い。また、連結部 3 5 が、結晶軸 X に対して 61° 又は 119° 方向に伸びているため、その応力感度が極めて小さい。さらに、連結部 3 5 の厚さ T_1 から励振部 3 1 の厚さ T_2 まで急激に厚さ変動がないように、段差面の第 2 領域 3 1 b を有している。したがって、外部からの衝撃等に対して、励振部 3 1 は周波数変動を受けにくい。

【0026】

< 水晶振動片 3 0 の製造方法 >

水晶振動片 3 0 の製造方法について、図 4 及び図 5 に示されたフローチャートを参照して説明する。また、図 4 及び図 5 のフローチャートの右横には、図 4 及び図 5 に示される各ステップを説明するための図が示されている。これらの図は、複数の水晶振動片 3 0 が形成される水晶ウエハ 3 0 W の水晶振動片 3 0 (図 8 を参照) に示された水晶振動片 3 0 の B - B 断面 (図 2 (b) を参照) に相当する断面図である。

【0027】

図 4 は、水晶振動片 3 0 の製造方法が示されたフローチャートである。また、フローチャートの各ステップの右横には、各ステップを説明するための図である図 4 (a) ~ 図 4 (d) が示されている。図 4 (a) ~ 図 4 (d) は、水晶ウエハ 3 0 W の部分断面図である。

【0028】

ステップ S 1 0 1 では、水晶ウエハ 3 0 W が用意される。図 4 (a) は、水晶ウエハ 3 0 W の部分断面図である。水晶材料により形成されている水晶ウエハ 3 0 W は $+Y'$ 軸側及び $-Y'$ 軸側の面が平面にポリッシングされている。水晶ウエハ 3 0 W の Y' 軸方向の厚さは、第 1 厚さ T_1 に形成されている。

【0029】

ステップ S 1 0 2 では、水晶ウエハ 3 0 W に金属膜 8 1 及びフォトレジスト 8 2 が形成される。ステップ S 1 0 2 では、まず、水晶ウエハ 3 0 W の $+Y'$ 軸側及び $-Y'$ 軸側の面にスパッタ又は真空蒸着で金属膜 8 1 が形成される。金属膜 8 1 は、例えば、水晶ウエハ 3 0 W にクロム (Cr) 層が形成され、クロム層の表面に金 (Au) 層が蒸着されることにより形成される。さらに金属膜 8 1 の表面にフォトレジスト 8 2 が形成される。

【0030】

ステップ S 1 0 3 では、フォトレジスト 8 2 の露光、現像及び金属膜 8 1 の除去が行われる。図 4 (c) は、フォトレジスト 8 2 の露光、現像及び金属膜 8 1 の除去が行われた水晶ウエハ 3 0 W の部分断面図である。

【0031】

ステップ S 1 0 3 では、図 6 から理解されるように、水晶振動片 3 0 の外形形状を有するマスクは、水晶ウエハ 3 0 W の X 軸に対して 61° 回転した方向に載置される (マスクは不図示)。マスクは、水晶ウエハ 3 0 W の $+Y'$ 軸及び $-Y'$ 軸側の両面に配置される。 $+Y'$ 軸に配置されるマスクは、水晶振動片 3 0 の励振部 3 1 及び貫通孔 3 8、並びにキャストレーション用の貫通孔 B H に相当する領域の開口窓を有している。 $-Y'$ 軸に配置されるマスクは、貫通孔 3 8 及び貫通孔 B H (図 6 を参照。) に相当する領域

10

20

30

40

50

の開口窓を有している。そしてマスクを介して、水晶振動片 30 の外形形状がフォトレジスト 82 に露光される。その後フォトレジスト 82 が現像され、さらに、フォトレジスト 82 が現像された領域に形成されている金属膜 81 が除去される。

【0032】

ステップ S104 では、水晶ウエハ 30W がウェットエッチングされる。図 4 (d) は、ステップ S104 でウェットエッチングされた後の水晶ウエハ 30W の部分断面図である。水晶ウエハ 30W がウェットエッチングされる領域は、ステップ S103 でフォトレジスト 82 及び金属膜 81 が除去された領域である。水晶ウエハ 30W は、+Y' ' 軸側の面がウェットエッチングされることにより、ウェットエッチングされた領域の水晶ウエハ 30W の厚さが第 2 厚さ T2 になるように形成される。水晶ウエハ 30W のウェットエッチングされていない領域には枠部 32、連結部 35 等が含まれており、これらの領域の Y' ' 軸方向の厚さは、第 1 厚さ T1 のままである。図 4 (d) では、水晶振動片 30 の貫通孔 38 は貫通していない。しかし、第 1 厚さ T1 から第 2 厚さ T2 へのウェットエッチング量によって、ステップ S104 で水晶振動片 30 の貫通孔 38 が形成されることもある。

10

【0033】

図 5 は、水晶振動片 30 の製造方法が示されたフローチャートである。図 5 に示されたフローチャートには図 4 のフローチャートの続きが示されている。また、フローチャートの各ステップの右横には、各ステップを説明するための図である図 5 (a) ~ 図 5 (d) が示されている。

20

【0034】

ステップ S105 では、水晶ウエハ 30W にフォトレジスト 82 及び金属膜 81 が形成される。ステップ S105 は、図 4 のステップ S104 に引き続いて行われるステップである。また、図 5 (a) は、フォトレジスト 82 及び金属膜 81 が形成された水晶ウエハ 30W の部分断面図である。ステップ S105 では、水晶ウエハ 30W に形成されているフォトレジスト 82 及び金属膜 81 はすべて除去され、その後、水晶ウエハ 30W の +Y' ' 軸側及び -Y' ' 軸側の面に改めて金属膜 81 及びフォトレジスト 82 が形成される。

【0035】

ステップ S106 では、フォトレジスト 82 が露光・現像され、その金属膜 81 が除去される。そして水晶ウエハ 30W がウェットエッチングされる。図 5 (b) は、金属膜 81 が除去された水晶ウエハ 30W の部分断面図である。ステップ S106 では、まず、水晶ウエハ 30W の +Y' ' 軸側は、励振部 31 の第 2 領域 31b に相当する領域、及び貫通孔 38 及び貫通孔 BH (図 6 を参照。) に相当する領域を露光する。水晶ウエハ 30W の -Y' ' 軸側は、貫通孔 38 及び貫通孔 BH に相当する領域を露光する。

30

【0036】

さらにフォトレジスト 82 が露光され取り除かれた領域の金属膜 81 が除去される。その後、水晶ウエハ 30W がウェットエッチングされる。これにより、水晶ウエハ 30W の励振部 31 の第 2 領域 31b に段差面が形成され、貫通孔 38 及び貫通孔 BH (図 6 を参照。) が貫通する。その後、水晶ウエハ 30W に残っているフォトレジスト 82 及び金属膜 81 はすべて除去される。

40

【0037】

ステップ S107 では、水晶ウエハ 30W の +Y' ' 軸側及び -Y' ' 軸側の面に改めて電極形成用の金属膜 81 及びフォトレジスト 82 が形成される。図 5 (c) は、フォトレジスト 82 及び金属膜 81 が形成された水晶ウエハ 30W の部分断面図である。その後、水晶ウエハ 30W の貫通孔 38 に相当する領域の +Y' ' 軸側及び -Y' ' 軸側の領域に形成されているフォトレジスト 82 の露光及び現像を行い、フォトレジスト 82 が現像された領域に形成されている金属膜 81 が除去される。

【0038】

ステップ S108 では、水晶ウエハ 30W に電極が形成される。図 5 (d) は、電極が

50

形成された水晶ウエハ 30 W の部分断面図である。ステップ S 108 では、水晶ウエハ 30 W に励振電極 34 (a , b) 及び引出電極 35 (a , b) が形成される。

【 0039 】

以上により、水晶ウエハ 30 W に複数の水晶振動片 30 が形成される。また、水晶ウエハ 30 W はステップ S 108 の後に、リッドウエハ 10 W (図 7 を参照) 及びベースウエハ 20 W (図 8 を参照) に接合材 41 (図 2 (a) を参照) を介して接合される。各ウエハは、オリエンテーションフラット OF を使って、位置合わせされる。

【 0040 】

リッドウエハ 10 W は、AT カットの水晶材からなり、図 7 に示されるように、リッドウエハ 10 W は、複数のリッド板 10 を有している。また、複数のリッド板 10 は、それぞれ凹部 17 を有しており、凹部 17 の周りには接合面 M5 が形成されている。

10

【 0041 】

ベースウエハ 20 W は、AT カットの水晶材からなり、図 8 に示されるように、ベースウエハ 20 W は、複数のベース板 20 を有している。複数のベース板 20 は、それぞれ凹部 28 を有しており、凹部 28 の周りには接合面 M2 が形成されている。接合面 M2 の貫通孔 BH の周辺には、接続電極 23 が形成されており、さらに貫通孔 BH の内周には、側面電極 27 (a , b) が形成されている。

【 0042 】

リッドウエハ 10 W、水晶ウエハ 30 W 及びベースウエハ 20 W が、接合材 41 で接合された後、図 6 ~ 図 8 に描かれているスクライブライン SL に沿ってダイシングされる。個片にダイシングされることにより、第 1 水晶デバイス 100 が形成される。貫通孔 BH は 4 分割され、それぞれキャストレーションとなる。リッド板 10、水晶振動片 30 及びベース板 20 は、AT カットの水晶材で且つそれらの長辺方向が X 軸に対して 61° (又は 119°) 傾いている。このため、リッド板 10、水晶振動片 30 及びベース板 20 の熱膨張が同じであり、大きな温度変化に対しても、第 1 水晶デバイス 100 が割れたりしない。

20

【 0043 】

また、リッド板 10、水晶振動片 30 及びベース板 20 が X 軸に対して 61° (又は 119°) 傾いている。第 1 水晶デバイス 100 がプリント基板等を実装された後、第 1 水晶デバイス 100 に外部から衝撃などによって生じた応力が加わった場合でも、その応力が、リッド板 10 又はベース板 20 から、連結部 35 を介して励振部 31 まで伝わりにくい。このため、励振部 31 における周波数変動が発生しにくい。

30

【 0044 】

(第 2 実施形態)

< 第 2 水晶デバイス 200 の構成 >

図 9 は、第 2 水晶デバイス 200 の分解斜視図であり、図 10 (a) は、第 2 水晶デバイス 200 の断面図であり、(b) は、水晶振動片 230 の平面図である。第 2 水晶デバイス 200 は、ガラスからなるリッド板 210 及びベース板 220 と、水晶振動片 230 と、により構成されている。第 2 実施形態の水晶振動片 230 と第 1 実施形態の水晶振動片 30 との違いは、連結部の接続位置が異なっている点である。その他の構成は、第 1 実施形態と同様である。

40

【 0045 】

水晶振動片 230 は、長辺が結晶軸 X に対して 61° 又は 119° 回転して、+ X' 方向に伸びている。水晶振動片 230 は、励振部 231 と、励振部 231 を囲む枠部 232 と、励振部 231 と枠部 232 とを連結する 1 本の連結部 235 と、により構成されている。連結部 235 は、励振部 231 の - X' 軸側の短辺の - Z' ' 軸側に形成され、そこから - X' 軸方向に伸びて枠部 232 に連結されている。また、励振部 231 と枠部 232 との間の連結部 235 以外の領域は、水晶振動片 230 を Y' ' 軸方向に貫通する貫通孔 238 となっている。

【 0046 】

50

励振部 231 の + Y ' ' 軸側の面と - Y ' ' 軸側の面とには励振電極 234 が形成されている。また、引出電極 233 が、各励振電極 234 から連結部 235 を通り枠部 232 にまで引き出されている。また、励振部 231 は、X ' 軸方向に、励振電極 234 が形成される第 1 領域 231 a と、連結部 235 に直接連結される第 2 領域 231 b と、第 1 領域 231 a 及び 231 b 以外の領域である第 23 領域 231 c と、を有する。第 2 領域 231 b は、連結部 235 につながる段差面を形成している。

【0047】

連結部 235 からの応力は、連結部から + X ' 軸の方向に伝わる性質がある。長辺が結晶軸 X に対して 61° の角度であれば応力感度係数がほぼゼロになるものの、正確に長辺が + X ' 軸の方向に形成されないこともあり、現実的には多少の応力がかかることがある。第 1 実施形態の水晶振動片 30 のように連結部 35 が、水晶振動片 30 の中央部にあれば応力は励振電極の中央部に伝わって周波数の変動が発生する可能性がある。第 2 実施形態の水晶振動片 230 は、連結部 235 が水晶振動片 230 の - Z ' ' 軸端部に形成されているので、応力は励振電極の端部に伝播して励振電極の中央部には応力が伝わりにくくなり、周波数の変動が抑制される。

【0048】

< 水晶振動片 230 の製造方法 >

水晶振動片 230 の製造方法は、図 4 及び図 5 に示されたフローチャートとほぼ同じである。水晶振動片 230 は、水晶ウエハ 230 W の X 軸に対して 61° 回転した方向に形成される（図 12 を参照）。

【0049】

< その他変形例 >

図 11 (a) は、変形例 1 の水晶振動片 230 A の平面図であり、(b) は、変形例 2 の水晶振動片 230 B の平面図である。水晶振動片 230 と同じ部材には同じ符号が付してある。

【0050】

水晶振動片 230 A 及び水晶振動片 230 B は、長辺が結晶軸 X に対して 61° 又は 119° 回転しており、新たな結晶軸の + X ' 方向に伸びている。水晶振動片 230 A 及び水晶振動片 230 B は、2 本の連結部を有している。水晶振動片 230 A は、X ' 軸側の両端にそれぞれ連結部 235 と連結部 236 とを備える。応力は励振部 231 の両端部に伝播して励振電極 234 の中央部には伝わりにくい。また、水晶振動片 230 B は、X ' 軸側及び + X ' 軸側の両端にそれぞれ連結部 235 と連結部 236 とを備える。応力は励振部 231 の両端部に伝播して励振電極 234 の中央部には伝わりにくく、周波数の変動が抑制される。

【産業上の利用可能性】

【0051】

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。たとえば、本発明は、水晶振動子以外にも、発振回路を組み込んだ IC などに基づき部上に配置させた水晶発振子にも適用できる。また第 1 及び第 2 実施形態では、平板上の水晶振動片を開示したが、凸形状のメサ型振動片又は凹形状の逆メサ型振動片にも適用できる。

【0052】

また、本実施形態では、結晶軸 X に対して 61° 又は 119° 回転している例で説明したが、製造誤差などを考慮して 61° ± 5° 又は 119° ± 5° の回転角で製造すれば、本実施形態の効果を得ることができる。

【符号の説明】

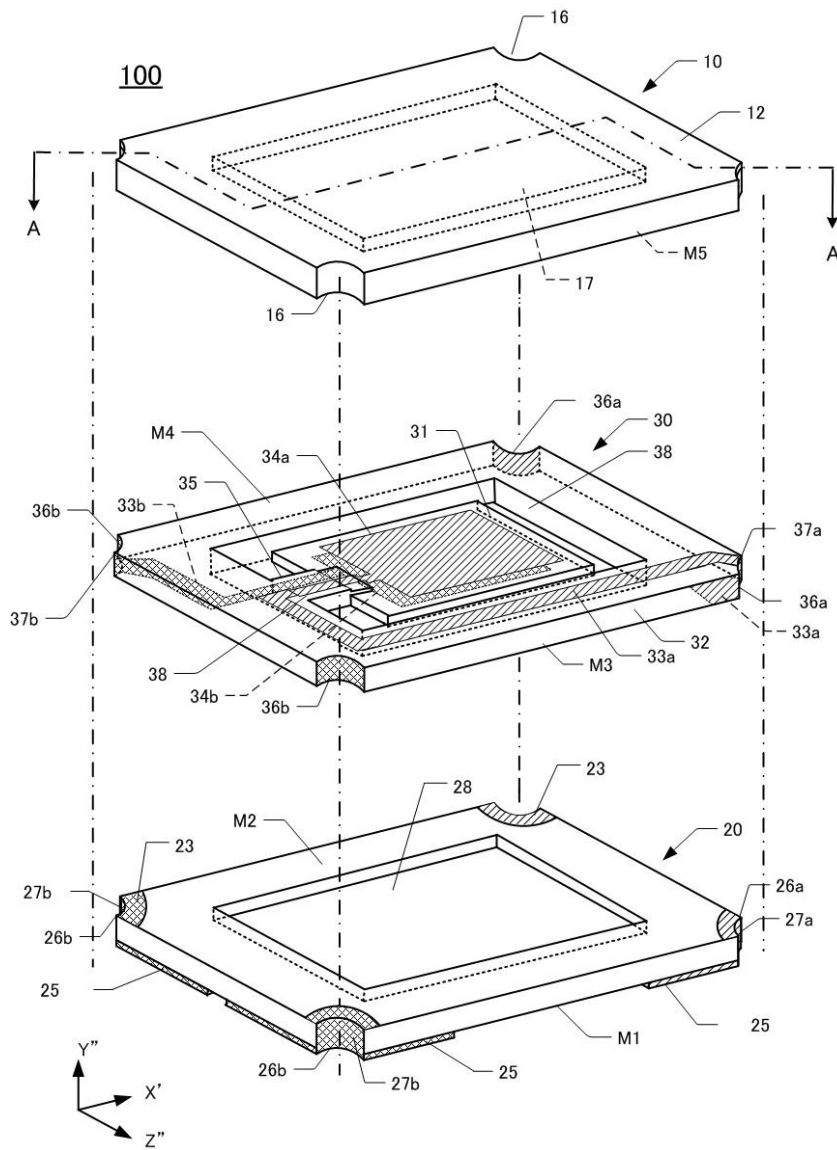
【0053】

100, 200 ... 水晶デバイス

10, 210 ... リッド板

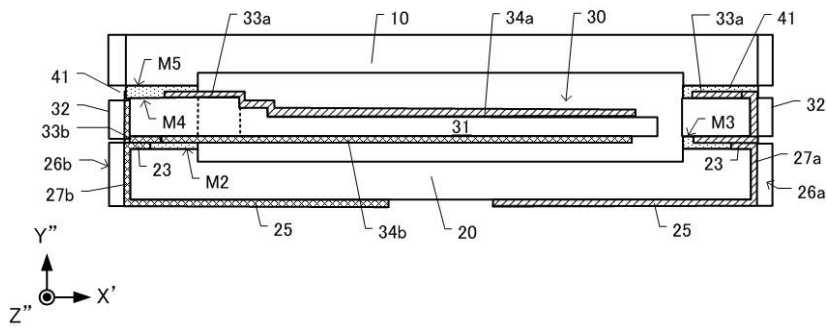
1 7、2 8、2 1 7、2 2 8 ...	凹部	
2 0、2 2 0 ...	ベース板	
2 3、2 2 3 ...	接続電極	
2 5 ...	実装端子	
2 7 (a , b)、3 7 (a , b)、2 2 7 (a , b)、2 3 7 (a , b) ...	側面電極	
1 6、2 6 (a , b)、3 6 (a , b) 2 1 6、2 3 6 (a , b) ...	キャストレーション	
3 0、3 0 A、2 3 0、2 3 0 A、2 3 0 B ...	水晶振動片	
3 1、2 3 1 ...	励振部	10
3 1 a、2 3 1 a ...	第 1 領域	
3 1 b、2 3 1 b ...	第 2 領域	
3 1 c、2 3 1 c ...	第 3 領域	
3 2、2 3 2 ...	枠部	
3 4 (a , b)、2 3 4 (a , b) ...	励振電極	
3 5、2 3 5 ...	連結部	
3 8、2 3 8 (a、b、c) ...	貫通孔	
4 1 ...	接合材	
8 1 ...	金属膜	
8 2 ...	フォトレジスト	20
1 0 W、2 0 W、3 0 W、2 3 0 W ...	水晶ウエハ	
M 2、M 3、M 4、M 5 ...	接合面	

【図 1】

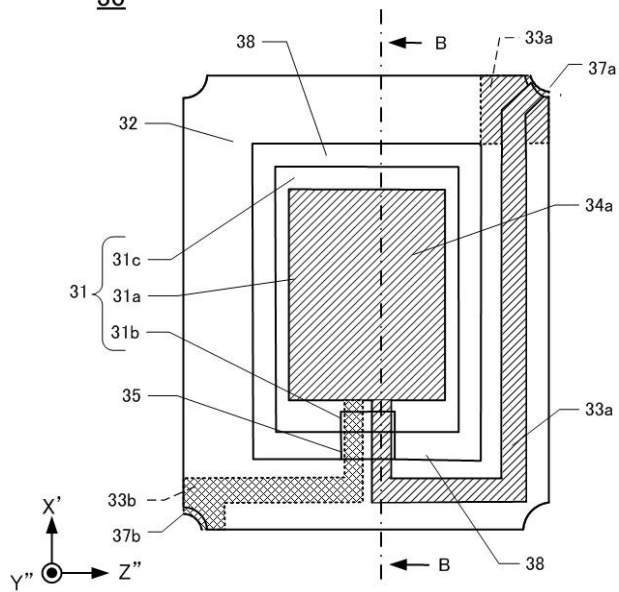


【図 2】

(a)

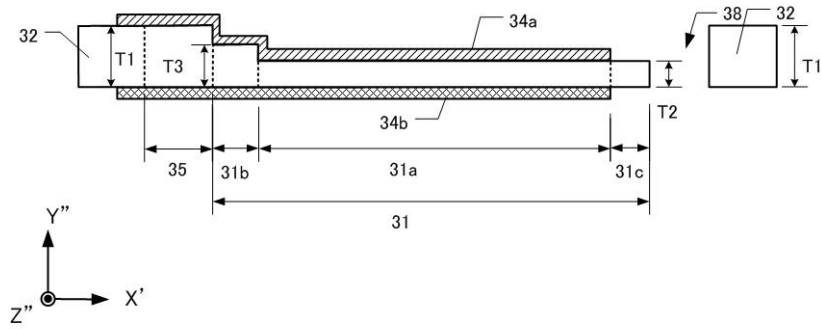
100

(b)

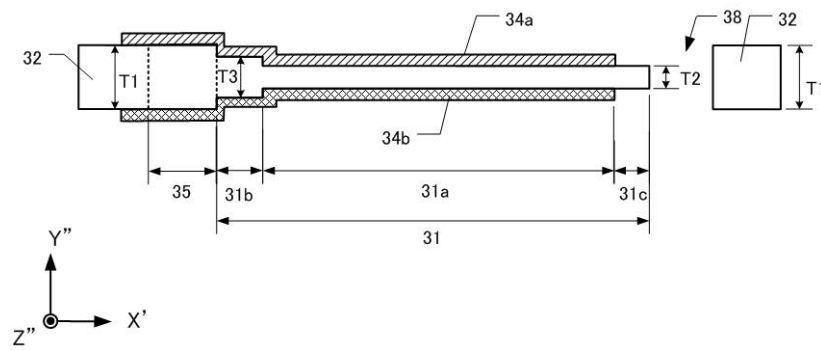
30

【図 3】

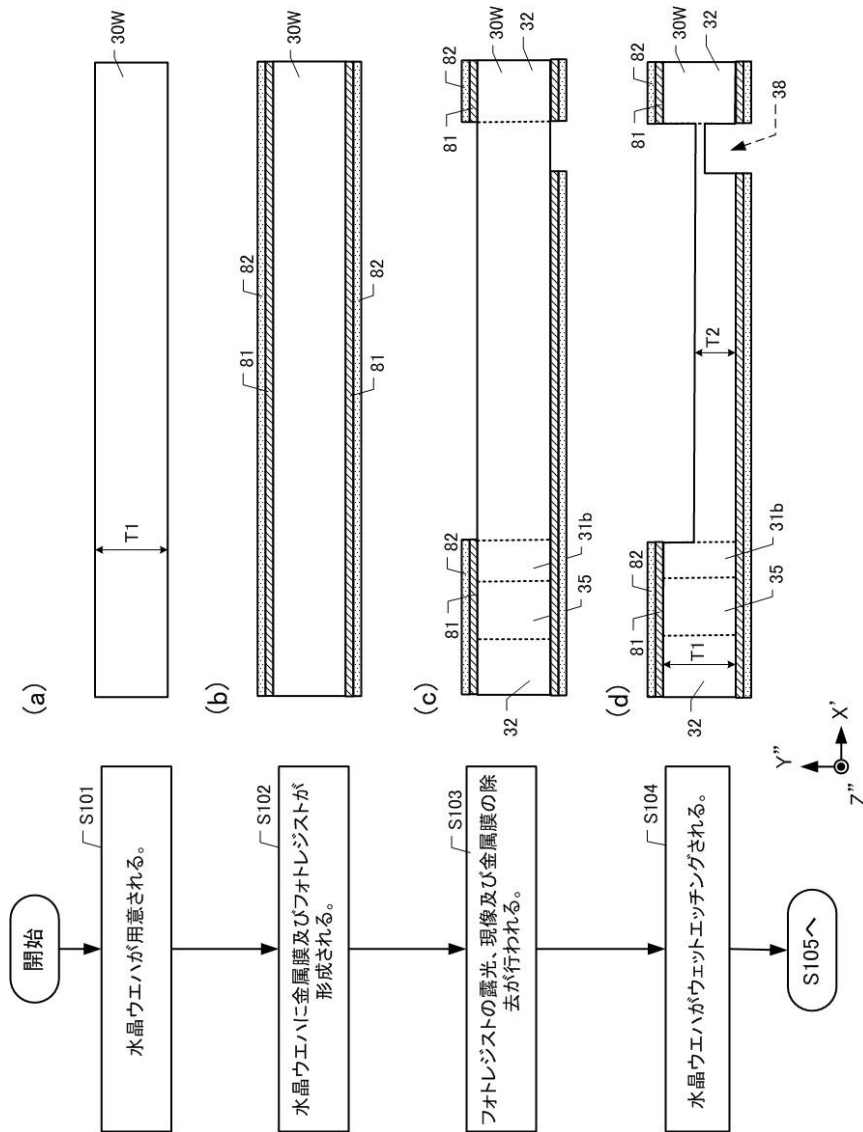
(a)

30

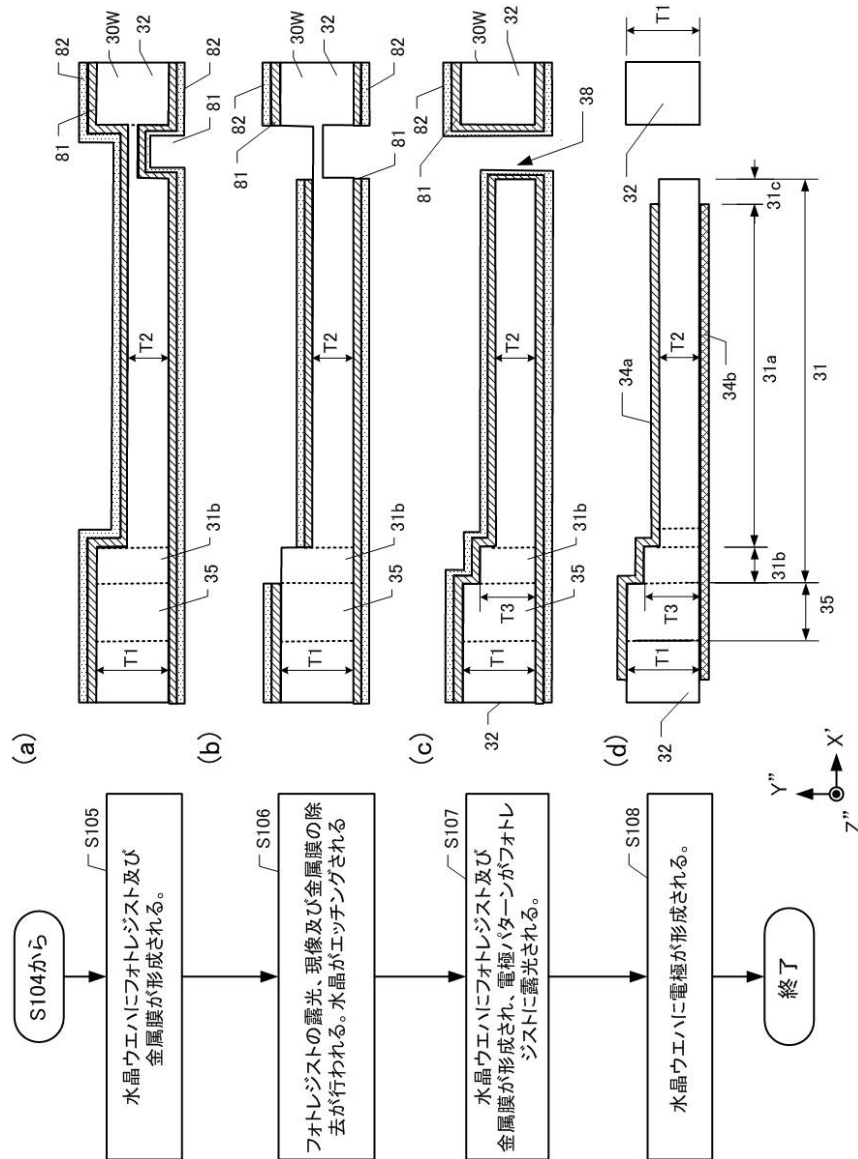
(b)

30A

【図 4】

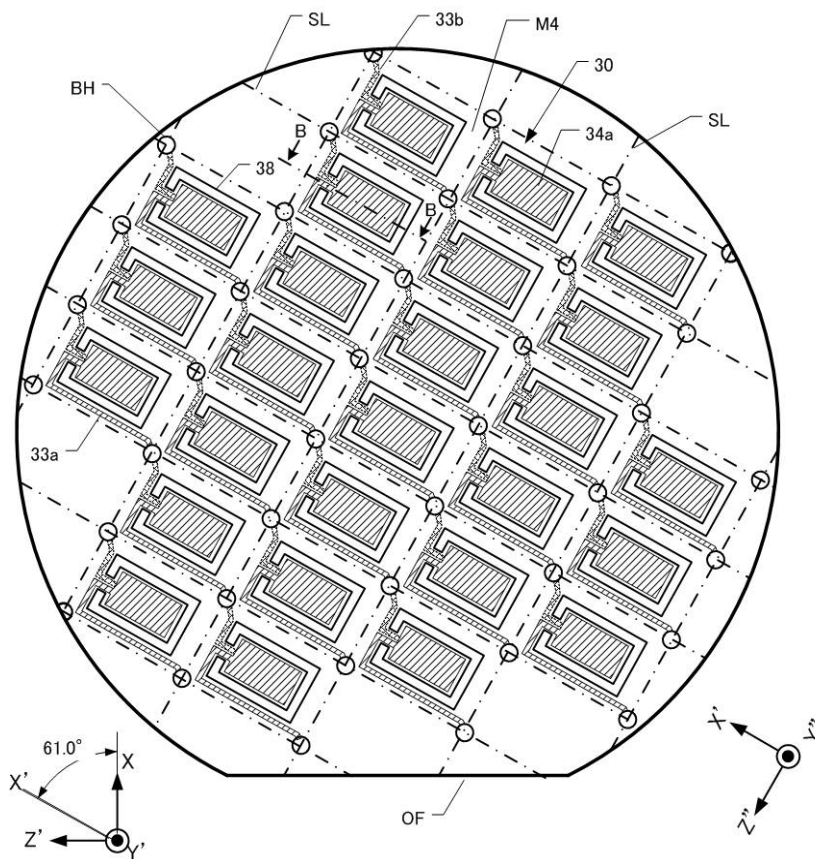


【図 5】



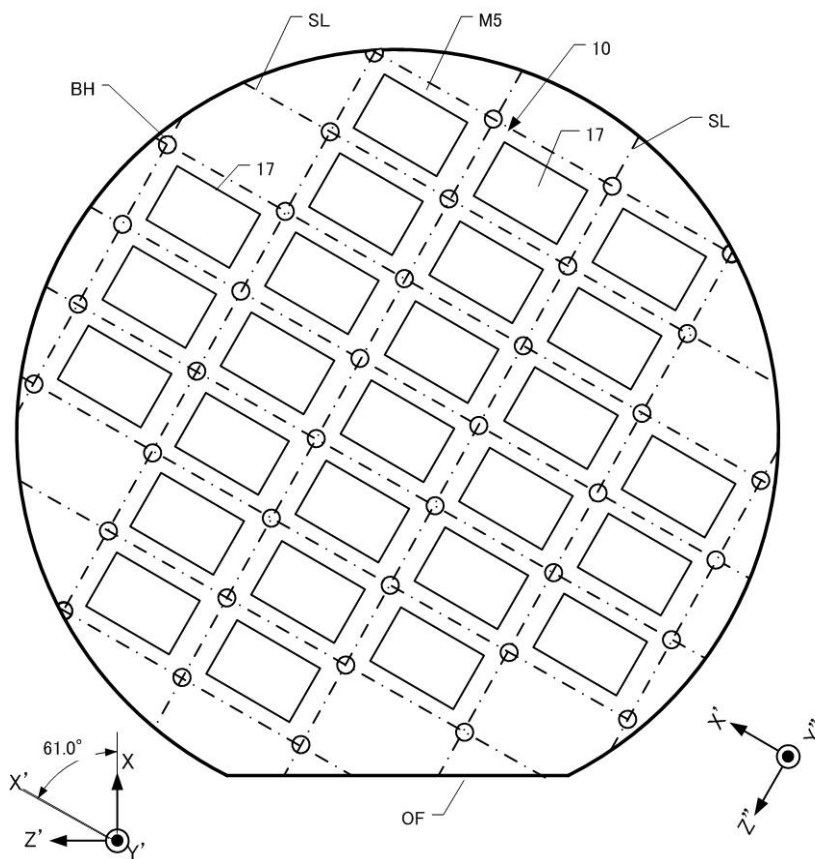
【 図 6 】

30W

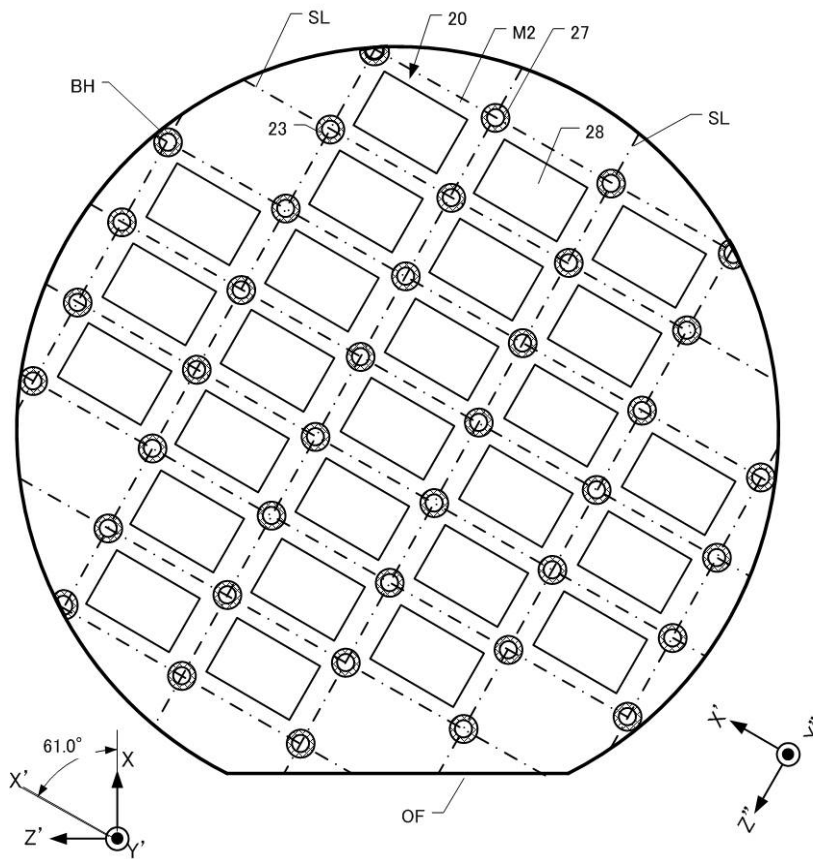


【 図 7 】

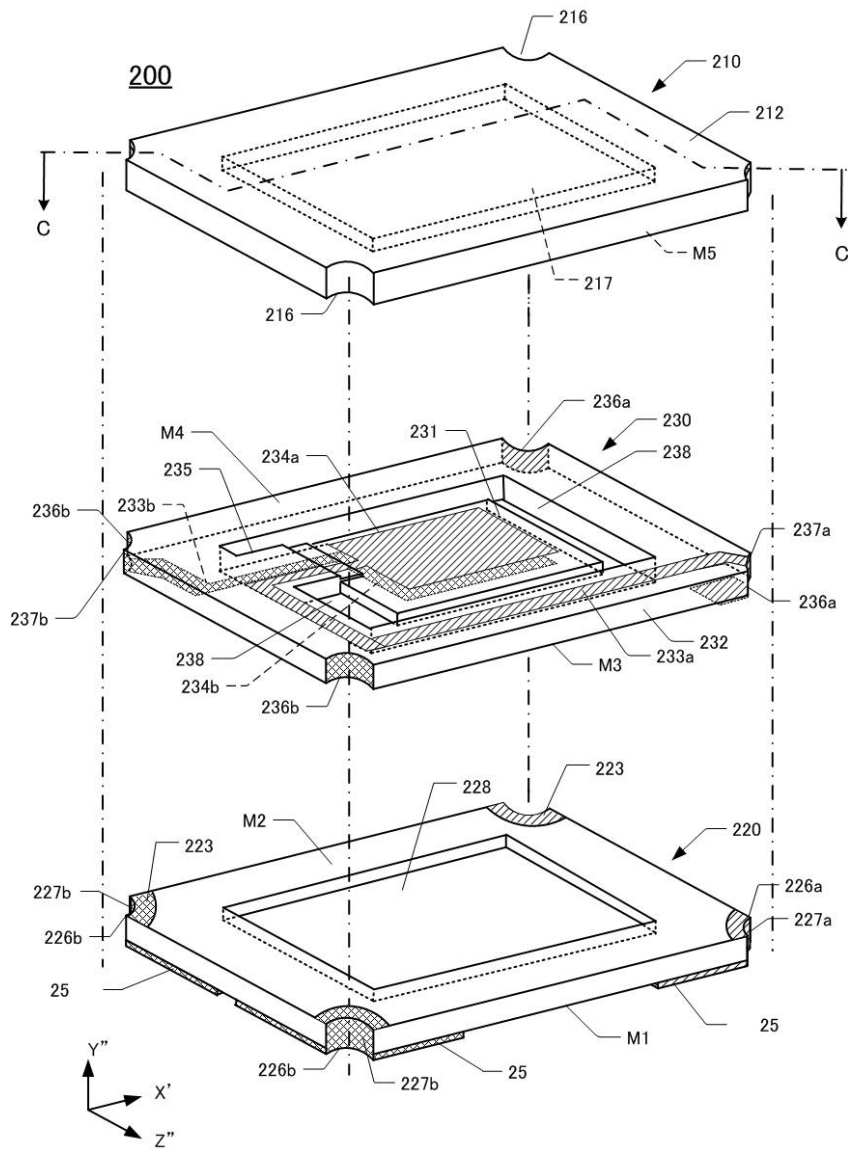
10W



【図 8】

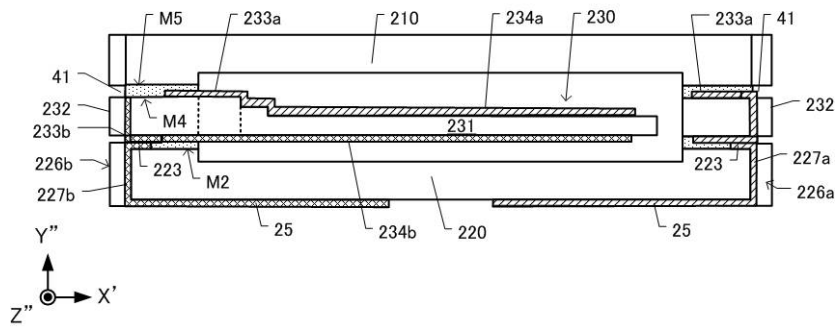
20W

【図 9】

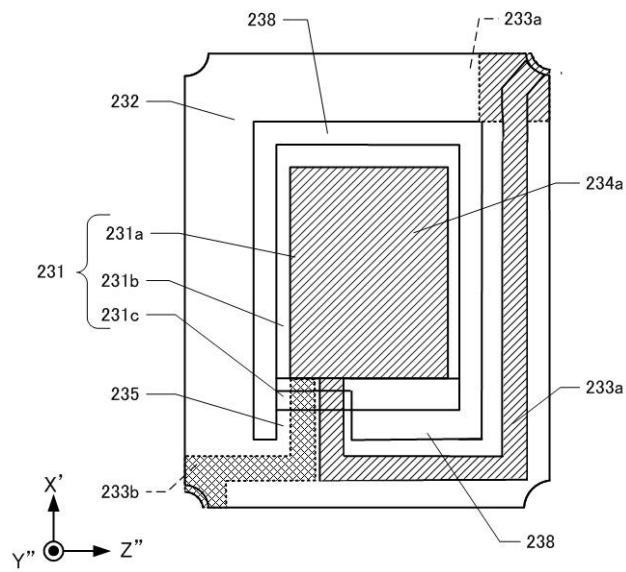


【図 10】

(a)

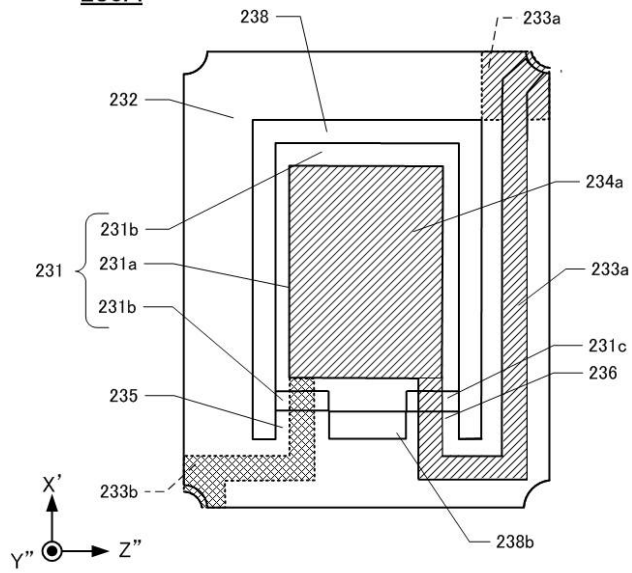
200

(b)

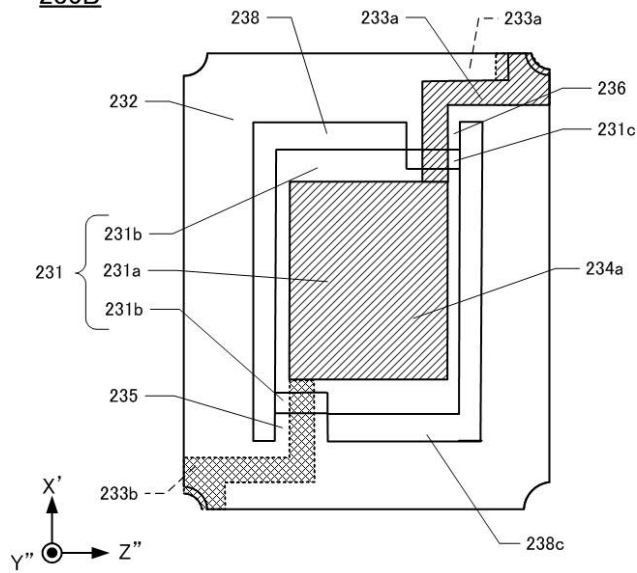
230

【図 11】

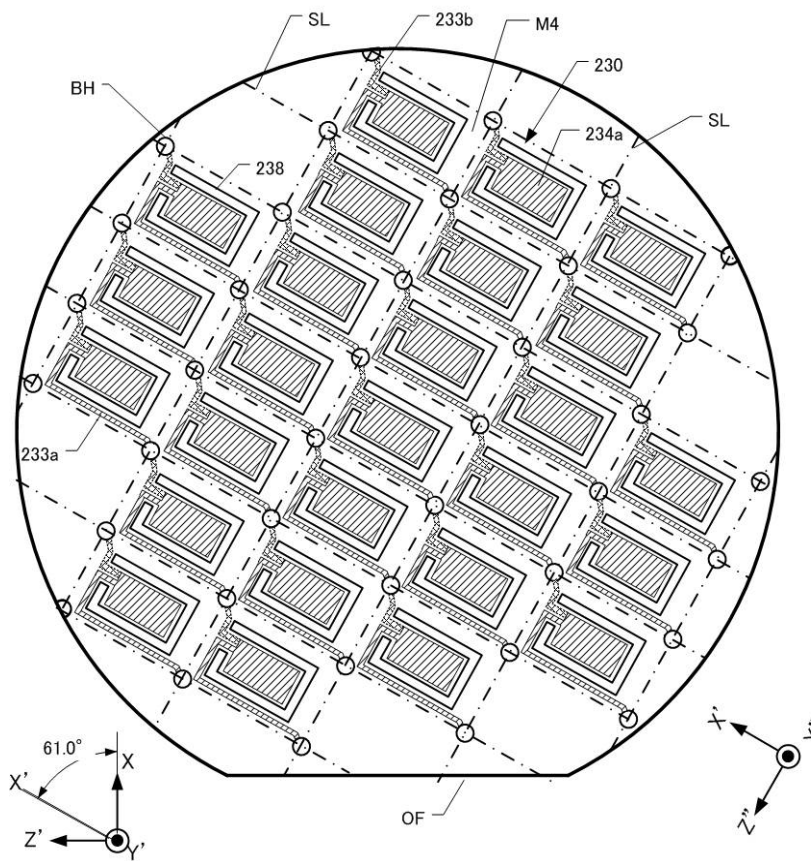
(a)

230A

(b)

230B

【図 12】

230W

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2009-065522(JP,A)
特開2008-252859(JP,A)
特開平07-111435(JP,A)
特開平08-330893(JP,A)
特開平06-021746(JP,A)
特開2002-299991(JP,A)
特開2009-164824(JP,A)
特開2001-024469(JP,A)
実開平01-162931(JP,U)
特開2008-219827(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H03H 9/19