

(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2012-60628  
(P2012-60628A)

(43) 公開日 平成24年3月22日(2012.3.22)

(51) Int.Cl.

НОЗН 9/02 (2006.01)  
НОЗН 3/02 (2006.01)

F

НОЗН 9/02  
НОЗН 9/02  
НОЗН 3/02

### テーマコード（参考）

5 J 108

(P2012-60628A)

22日(2012.3.22)

## （10）告別言　「別れ」の言葉（2012.07.22）

審査請求 未請求 請求項の数 11 0.1 (全 30 頁)

|              |                              |
|--------------|------------------------------|
| (21) 出願番号    | 特願2011-56555 (P2011-56555)   |
| (22) 出願日     | 平成23年3月15日 (2011. 3. 15)     |
| (31) 優先権主張番号 | 特願2010-178228 (P2010-178228) |
| (32) 優先日     | 平成22年8月7日 (2010. 8. 7)       |
| (33) 優先権主張国  | 日本国 (JP)                     |

(71) 出願人 000232483  
日本電波工業株式会社  
東京都渋谷区笹塚一丁目50番1号 笹塚  
N Aビル  
(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  
F ターム (参考) 5J108 BB02 CC04 CC11 DD02 EE03  
EE07 EE18 FF11 GG03 GG08  
GG14 GG20 GG21 KK04 MM01  
MM11

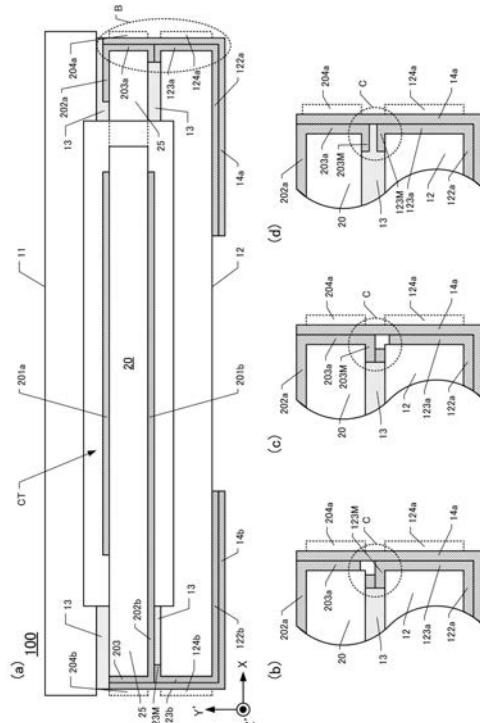
(54) 【発明の名称】圧電デバイス及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 水晶側面電極とベース側面電極とが断線せず確実に電気的に接続されるように圧電デバイス及びその製造方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 圧電デバイス(100)は、圧電振動片(21)と外枠(22)とを有し第1キャスターイション(204)が形成される圧電フレーム(20)と、接着剤(13)により外枠に接合され第2キャスターイション(124)が形成されるベース部(12)と、リッド部(11)とを備える。圧電フレームは、励振電極と第2引出電極と、第1キャスターイションに形成された第1側面電極とを有する。ベース部は、第2キャスターイションに形成された第2側面電極と、外部電極とを有する。第1及び第2キャスターイションには、第1側面電極又は第1引出電極と第2側面電極とを電気的に接続するように一対の接続電極(14)が形成されている。

【選択図】 図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

電圧の印加により振動する圧電振動片と、前記圧電振動片を囲んで前記圧電振動片と一体に形成され一主面と他主面とを含む外枠と、前記外枠の外周の縁部に形成される一対の第1キャスターとを有する圧電フレームと、

第1面と、その第1面の反対側の第2面と、外周の縁部に形成される一対の第2キャスターとを有し、前記第1面が非導電性接着剤により前記外枠の前記一主面に接合されるベース部と、

前記非導電性接着剤により前記外枠の前記他主面に接合され、前記ベース部とともに前記圧電振動片を密閉するリッド部と、を備え、

前記圧電フレームは、前記圧電振動片の前記一主面及び前記他主面に形成された一対の励振電極と、前記一主面側の励振電極から前記第1キャスターまで引き出された前記一主面の第1引出電極及び前記他主面側の励振電極から前記第1キャスターまで引き出された前記他主面の第2引出電極と、前記第2引出電極に電気的に接続され前記第1キャスターに形成された第1側面電極とを有し、

前記ベース部は、前記第1側面電極又は前記第1引出電極にそれぞれ電気的に接続され前記一対の第2キャスターに形成された一対の第2側面電極を有し、

前記第1及び第2キャスターには、前記第1側面電極又は前記第1引出電極と前記第2側面電極とを電気的に接続するように一対の接続電極が形成されている圧電デバイス。

**【請求項 2】**

前記第1及び第2キャスターには前記接続電極を覆うように前記非導電性接着剤が形成されている圧電デバイス。

**【請求項 3】**

前記一主面から前記他主面への方向から見ると、前記外枠の外周及び前記ベース部の外周は四角形であり、前記第1及び第2キャスターは前記四角形の角部に形成される請求項1又は請求項2に記載の圧電振動デバイス。

**【請求項 4】**

前記一主面から前記他主面への方向から見ると、前記外枠の外周及び前記ベース部の外周は四角形であり、前記第1及び第2キャスターは前記四角形の辺に形成される請求項1又は請求項2に記載の圧電振動デバイス。

**【請求項 5】**

前記圧電振動片は、厚みすべり振動モードを有する圧電振動片であり、

前記外枠の外周及び前記ベース部の外周は長い長辺とその長辺より短い短辺とを有する四角形であり、

前記第1及び第2キャスターが前記短辺に沿って形成される請求項4に記載の圧電デバイス。

**【請求項 6】**

一対の前記第1キャスターは、前記圧電振動片の中心を通り前記長辺に平行である中心線の前記短辺方向の両側に形成され、

一対の前記第2キャスターは、前記ベース部の中心を通り前記長辺に平行である中心線の前記短辺方向の両側に形成されている請求項5に記載の圧電デバイス。

**【請求項 7】**

前記接着剤は、前記ベース部及び前記リッド部の融点よりも低い低融点ガラス又はポリイミド樹脂を含む請求項1から請求項6のいずれか一項に記載の圧電デバイス。

**【請求項 8】**

前記圧電振動片は、厚みすべり振動モードを有する圧電振動片又は一対の振動腕を有する音叉型圧電振動片である請求項1から請求項4のいずれか一項に記載の圧電デバイス。

**【請求項 9】**

一主面と他主面とを有する圧電振動片と前記圧電振動片の周囲を囲み且つ前記圧電振動

10

20

30

40

50

片を支持する外枠とを有する圧電フレームを複数含み、隣り合う前記外枠間に前記一主面から前記他主面まで貫通する少なくとも一対の第1貫通孔が形成された圧電ウエハを用意する第1用意工程と、

前記一主面と前記他主面とに形成される一対の励振電極と、前記一対の励振電極から前記一対の第1貫通孔までそれぞれ引き出された一対の引出電極と、前記第1貫通孔に形成され前記引出電極と電気的に接続される第1側面電極とを形成する第1電極形成工程と、

第1面及びその第1面と反対側の第2面とを有するベース部を複数含み、前記圧電ウエハと接合する際に前記一対の第1貫通孔と一致し且つ隣り合う前記ベース部間に前記ベース部を貫通する少なくとも一対の第2貫通孔が形成された第1ウエハを用意する第2用意工程と、

前記第2貫通孔に形成され前記第1側面電極と電気的に接続される第2側面電極を形成する第2電極形成工程と、

前記圧電ウエハの前記一主面に前記第1ウエハの前記第1面を接着剤により接合する第1接合工程と、

前記第1接合工程の後に、前記第1及び第2キャスタレーションに前記第1側面電極及び前記第2側面電極を覆うように接続電極を形成する第3電極形成工程と、

を備える圧電デバイスの製造方法。

#### 【請求項10】

前記第2電極形成工程又は前記第3電極形成工程で、前記第1ウエハの前記第2面に形成され前記第2側面電極に電気的に接続される一対の外部電極が形成される請求項9に記載の圧電デバイスの製造方法。

#### 【請求項11】

前記圧電フレームの前記外枠に接合するリッド部を複数含む第2ウエハを用意する第3用意工程と、

前記第1接合工程及び前記第3電極形成工程後、前記圧電ウエハの前記他主面に前記第2ウエハを前記接着剤により接合する第2接合工程を備え、

前記第2接合工程で、前記接続電極が前記接着剤で覆われるよう、溶融した前記接着剤が前記第1及び第2貫通孔に流れ込む請求項9又は請求項10に記載の圧電デバイスの製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### 【0001】

本発明は、厚みすべり振動モードを有するA Tカット型の圧電振動片又は一対の振動腕を有する音叉型の圧電振動片をキャビティ内に有する圧電デバイス及びその製造方法に関する。

#### 【背景技術】

#### 【0002】

圧電振動子やS A Wフィルタなどの圧電デバイスは、表面実装型(S M D : Surface Mounted Device)タイプのパッケージが主に用いられている。パッケージは、エッチングにより形成された水晶などの圧電材料を用いた水晶パッケージまたはガラスを用いたガラスパッケージが提案されている。

#### 【0003】

例えば、特許文献1に開示された圧電デバイスは、ウエハ状態で製造できるように圧電素子(水晶フレーム)とベース基体(ベース部)との四隅にキャスタレーションが形成され、キャスタレーションに電極としての金属膜が形成されている。これにより、キャスタレーションに形成された金属膜を介して実装端子部(外部電極)と励振電極から引き出された引出電極とが電気的に接続される。

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0004】

10

20

30

40

50

【特許文献 1】 WO 2007 / 023685 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 に開示された圧電デバイスは水晶フレームのキャスター・ションに形成された金属膜とベース部のキャスター・ションに形成された金属膜とはその金属膜の厚さで接続されている。このため、水晶フレームの金属膜とベース側の金属膜とが十分に接続できず断線が生じるおそれがある。

【0006】

本発明は、水晶側面電極とベース側面電極とが断線せず確実に電気的に接続されるように圧電デバイス及びその製造方法を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0007】

第 1 観点の圧電デバイスは、電圧の印加により振動する圧電振動片と、圧電振動片を囲んで圧電振動片と一緒に形成され一主面と他主面とを含む外枠と、外枠の外周の縁部に形成される一対の第 1 キャスター・ションとを有する圧電フレームと、第 1 面とその第 1 面の反対側の第 2 面と外周の縁部に形成される一対の第 2 キャスター・ションとを有し第 1 面が非導電性接着剤により外枠の一主面に接合されるベース部と、非導電性接着剤により外枠の他主面に接合され、ベース部とともに圧電振動片を密閉するリッド部とを備える。

圧電フレームは、圧電振動片の一主面及び他主面に形成された一対の励振電極と、一主面側の励振電極から第 1 キャスター・ションまで引き出された一主面の第 1 引出電極及び他主面側の励振電極から第 1 キャスター・ションまで引き出された他主面の第 2 引出電極と、第 2 引出電極に電気的に接続され第 1 キャスター・ションに形成された第 1 側面電極とを有する。ベース部は、第 1 側面電極又は第 1 引出電極にそれぞれ電気的に接続され一対の第 2 キャスター・ションに形成された一対の第 2 側面電極を有する。第 1 及び第 2 キャスター・ションには、第 1 側面電極又は第 1 引出電極と第 2 側面電極とを電気的に接続するように一対の接続電極が形成されている。

20

【0008】

第 2 観点の圧電デバイスにおいて、第 1 及び第 2 キャスター・ションには接続電極を覆うように接着剤が形成されている。

30

【0009】

第 3 観点の圧電デバイスは、一主面から他主面への方向から見ると、外枠の外周及びベース部の外周は四角形であり、第 1 及び第 2 キャスター・ションは四角形の角部に形成される。

【0010】

第 4 観点の圧電デバイスは、一主面から他主面への方向から見ると、外枠の外周及びベース部の外周は四角形であり、第 1 及び第 2 キャスター・ションは四角形の辺に形成される。

【0011】

第 5 観点の圧電デバイスにおいて、圧電振動片は厚みすべり振動モードを有する圧電振動片であり、外枠の外周及びベース部の外周は長い長辺とその長辺より短い短辺とを有する四角形であり、第 1 及び第 2 キャスター・ションが短辺に沿って形成される。

40

【0012】

第 6 観点の圧電デバイスにおいて、一対の第 1 キャスター・ションは圧電振動片の中心を通り長辺に平行である中心線の短辺方向の両側に形成され、一対の第 2 キャスター・ションはベース部の中心を通り長辺に平行である中心線の短辺方向の両側に形成されている。

【0013】

第 7 観点の圧電デバイスにおいて、接着剤はベース部及びリッド部の融点よりも低い低融点ガラス又はポリイミド樹脂を含む。

50

## 【0014】

第8観点の圧電デバイスにおいて、圧電振動片は厚みすべり振動モードを有する圧電振動片又は一対の振動腕を有する音叉型圧電振動片である。

## 【0015】

第9観点の圧電デバイスの製造方法は、一主面と他主面とを有する圧電振動片と圧電振動片の周囲を囲み且つ圧電振動片を支持する外枠とを有する圧電フレームを複数含み隣り合う外枠間に一主面から他主面まで貫通する少なくとも一対の第1貫通孔が形成された圧電ウエハを用意する第1用意工程と、一主面と他主面とに一対の励振電極と一対の励振電極から一対の第1貫通孔までそれぞれ引き出された一対の引出電極と第1貫通孔に形成され引出電極と電気的に接続される第1側面電極とを形成する第1電極形成工程と、第1面及びその第1面と反対側の第2面とを有するベース部を複数含み圧電ウエハと接合する際に一対の第1貫通孔と一致し且つ隣り合うベース部間にベース部を貫通する少なくとも一対の第2貫通孔が形成された第1ウエハを用意する第2用意工程と、第2貫通孔に形成され第1側面電極と電気的に接続される第2側面電極を形成する第2電極形成工程と、圧電ウエハの一主面に第1ウエハの第1面を接着剤により接合する第1接合工程と、第1接合工程の後に、第1及び第2キャスターに第1側面電極及び第2側面電極を覆うように接続電極を形成する第3電極形成工程とを備える。

10

## 【0016】

第10観点の圧電デバイスの製造方法は、第2電極形成工程又は第3電極形成工程で、第1ウエハの第2面に形成され第2側面電極に電気的に接続される一対の外部電極が形成される。

20

## 【0017】

第11観点の圧電デバイスの製造方法は、ベース部と同じ形状のリッド部を複数含む第2ウエハを用意する第3用意工程と、第1接合工程及び第3電極形成工程後、圧電ウエハの他主面に第2ウエハを接着剤により接合する第2接合工程を備える。また第2接合工程で、接続電極が接着剤で覆われるよう、溶融した接着剤が第1及び第2貫通孔に流れ込む。

30

## 【発明の効果】

## 【0018】

本発明は、水晶側面電極とベース側面電極とが断線せず確実に電気的に接続された圧電デバイス及びその製造方法が得られる。

30

## 【図面の簡単な説明】

## 【0019】

【図1】第1水晶振動子100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)、(c)及び(d)は、水晶側面電極203とベース側面電極123との断線を示した図で、図2(a)の点線Bに囲まれた部分の拡大図である。

40

【図3】第1水晶振動子100の製造を示したフローチャートである。

【図4】第1実施形態のリッドウエハ11Wの平面図である。

【図5】第1実施形態の水晶ウエハ20Wの平面図である。

【図6】第1実施形態のベースウエハ12Wの平面図である。

40

【図7】第2実施形態の第2水晶振動子200の断面図で、図1のA-A断面に対応される。

【図8】第3水晶振動子300の分解斜視図で、接着剤13が省略されている。

【図9】第3実施形態の水晶ウエハ30Wの平面図である。

【図10】第3実施形態の変形例である第3水晶振動子300'の分解斜視図で、接着剤13が省略されている。

【図11】第3実施形態の変形例の水晶ウエハ30Wの平面図である。

【図12】第3実施形態の変形例のベースウエハ32Wの平面図である。

【図13】第4水晶振動子400の分解斜視図で、接着剤13が省略されている。

50

【図14】第4実施形態の水晶ウエハ40Wの平面図である。

【図15】第5水晶振動子500の分解斜視図で、接着剤13が省略されている。

【発明を実施するための形態】

【0020】

(第1実施形態)

<第1水晶振動子100の全体構成>

第1水晶振動子100の全体構成について、図1及び図2を参照しながら説明する。

図1は、第1水晶振動子100の分解斜視図である。図1は、後述する接続電極14a、14b及び接着剤13が省略されて描かれている。図2(a)は図1のA-A断面図で、図2(b)、(c)及び(d)は水晶側面電極203とベース側面電極123との断線を示した図で図2(a)の点線Bに囲まれた部分の拡大図である。

10

【0021】

第1水晶振動子100は、水晶振動片としてATカットの水晶振動片を有している。ATカットの水晶振動片は、主面(YZ面)が結晶軸(XYZ)のY軸に対して、X軸を中心としてZ軸からY軸方向に35度15分傾斜されている。このため、第1実施形態及び以降の第2～第4実施形態ではAT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。つまり、第1実施形態において第1水晶振動子100の長手方向をX軸方向、第1水晶振動子100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。

20

【0022】

図1に示されたように、第1水晶振動子100は、リッド凹部111を有する矩形のリッド部11と、ベース凹部121を有するベース部12と、リッド部11及びベース部12に挟まれる矩形の水晶フレーム20とを備える。

【0023】

ベース部12はガラス又は水晶材料で形成され、その表面(+Y'側の面)にベース凹部121の周囲に形成された第2接続面M2を有している。ベース部12の四隅には、ベース貫通孔BH1(図6を参照)を形成した際のXZ'平面で1/4円弧に窪んだベースキャスタークション124(124a、124b)が形成されている。ベース部12において、実装面(水晶振動子の実装面)のX軸方向の両側には一対の外部電極122a、122bがそれぞれ形成されている。また、ベースキャスタークション124にはベース側面電極123が形成されている。ベース側面電極123a、123bの一端は外部電極122a、122bに接続する。ここで、ベース側面電極123a、123bの他端はベース部12の第2接続面M2にまで伸びて接続パッド123Mが形成されることが好ましい。接続パッド123Mは後述する水晶側面電極203に確実に電気的に接続する。

30

【0024】

水晶フレーム20はATカットされた水晶材料で形成され、ベース部12の第2接続面M2に接合され、+Y'側の表面Meと-Y'側の裏面Miとを有している。水晶フレーム20は水晶振動部21と水晶振動部21を囲む外枠25とで構成されている。また、水晶振動部21と外枠25との間には、表面Meから裏面Miまで貫通する「U」字型の間隙部23が形成される。間隙部23が形成されていない部分が水晶振動部21と外枠25との連結部24となっている。水晶振動部21の表面Me及び裏面Miには励振電極201a、201bがそれぞれ形成され、連結部24及び外枠25の両面には励振電極201a、201bとそれぞれ導電された引出電極202a、202bが形成されている。さらに、水晶フレーム20の四隅には、水晶貫通孔CH1(図5を参照)を形成した際の水晶キャスタークション204(204a、204b)が形成されている。

40

【0025】

水晶フレーム20の裏面Miに形成された引出電極202bはベース側面電極123bに電気的に接続されている。また、水晶キャスタークション204aには水晶側面電極203aが形成され、水晶側面電極203aは引出電極202aとベース側面電極123aとに電気的に接続されている。ここで、水晶側面電極203aは水晶フレーム20の裏面

50

M iまで伸びて接続パッド 2 0 3 Mが形成されることが好ましい。接続パッド 2 0 3 Mはベース側面電極 1 2 3 aと確実に電気的に接続する。

【0 0 2 6】

第1水晶振動子 1 0 0 は、水晶フレーム 2 0 の表面 M eに接合されるガラス又は水晶材料である水晶からなるリッド部 1 1をさらに備えている。リッド部 1 1はリッド凹部 1 1の周囲に形成された第1接続面 M 1を有している。図2 ( a )に示されたように、リッド部 1 1、水晶フレーム 2 0 の外枠 2 5 及びベース部 1 2 により水晶振動部 2 1を収納するキャビティ C Tが形成される。キャビティ C Tは窒素ガスで満たされたり又は真空状態にされたりする。

【0 0 2 7】

リッド部 1 1と、水晶フレーム 2 0 と、ベース部 1 2 とは例えば低融点ガラスなどの非導電性接着剤(以下は接着剤と称する) 1 3 により接合される。低融点ガラスは、3 5 0 ~ 4 0 0 で溶融する鉛フリーのバナジウム系ガラスを含む。バナジウム系ガラスはバインダーと溶剤とが加えられペースト状であり、溶融された後固化されることで他の部材と接着する。バナジウム系ガラスの融点は水晶材料又はガラスなどで形成されたリッド部 1 1及びベース部 1 2 の融点より低く、また、このバナジウム系ガラスは接着時の気密性と耐水性・耐湿性などの信頼性が高い。バナジウム系ガラスは空気中の水分がキャビティ C T内に進入したりキャビティ C T内の真空度を低下させたりすることを防止する。さらに、バナジウム系ガラスはガラス構造を制御することにより熱膨張係数も柔軟に制御できるので、水晶又はガラスなどの熱膨張係数に合わせることができる。

【0 0 2 8】

図2に示されたように、第1水晶振動子 1 0 0 は、ベースキャスター 1 2 4 及び水晶キャスター 2 0 4 の外側に接続電極 1 4 ( 1 4 a , 1 4 b )を有する。接続電極 1 4 a は、外部電極 1 2 2 a の全部又は一部、ベース側面電極 1 2 3 a 及び水晶側面電極 2 0 3 a を覆うように形成される。また接続電極 1 4 b は、外部電極 1 2 2 b の全部又は一部、ベース側面電極 1 2 3 b 及び水晶キャスター 2 0 4 を覆うように形成される。これにより、外部電極 1 2 2 a 、 1 2 2 b は、ベース側面電極 1 2 3 a 、 1 2 3 b 、水晶側面電極 2 0 3 a 及び引出電極 2 0 2 a 、 2 0 2 b を介して、励振電極 2 0 1 a 、 2 0 1 b と確実に電気的に接続される。

【0 0 2 9】

例えば、図2 ( b )の点線 C で囲まれているように、製造不良によって水晶側面電極 2 0 3 a がベース部 1 2 側の角部で断線する場合がある。また、図2 ( c )の点線 C で囲まれているように、ベース側面電極 1 2 3 a が水晶フレーム 2 0 側の角部で断線する場合がある。さらに図2 ( d )の点線 C で囲まれているように、接続パッド 1 2 3 M と接続パッド 2 0 3 Mとの間に接着剤 1 3 が入り込む場合がある。このとき、ベース側面電極 1 2 3 a 及び水晶側面電極 2 0 3 a を接続する接続電極 1 4 a が形成されることで、外部電極 1 2 2 a がベース側面電極 1 2 3 a 及び水晶側面電極 2 0 3 a を介して引出電極 2 0 2 a に確実に接続することができる。

【0 0 3 0】

第1実施形態において、外部電極 1 2 2 a 、 1 2 2 b の下側( Y ' 側)に接続電極 1 4 a 、 1 4 b が形成されているが、接続電極 1 4 a 、 1 4 b が形成されなくてもよい。

【0 0 3 1】

また、第1水晶振動子 1 0 0 の一対の外部電極 1 2 2 a 、 1 2 2 b 又は接続電極 1 4 a 、 1 4 b に交番電圧(正負を交番する電位)が印加される。外部電極 1 2 2 a 、ベース側面電極 1 2 3 a 、接続電極 1 4 a 、水晶側面電極 2 0 3 a 、引出電極 2 0 2 a 及び励振電極 2 0 1 a が同じ極性となり、外部電極 1 2 2 b 、ベース側面電極 1 2 3 b 、接続電極 1 4 b 、引出電極 2 0 2 b 及び励振電極 2 0 1 b が同じ極性となる。

【0 0 3 2】

さらに、第1実施形態では接着剤 1 3 として低融点ガラスが用いられているが、低融点ガラスの代わりにポリイミド樹脂などが用いられてもよい。

10

20

30

40

50

## 【0033】

<第1水晶振動子100の製造方法>

図3は、第1水晶振動子100の製造を示したフローチャートである。図3において、リッド部11の製造ステップS11と、水晶フレーム20の製造ステップS12と、ベース部12の製造ステップS13とは別々に並行して行うことができる。また、図4は第1実施形態のリッドウエハ11Wの平面図で、図5は第1実施形態の水晶ウエハ20Wの平面図で、図6は第1実施形態のベースウエハ12Wの平面図である。

## 【0034】

ステップS11では、リッド部11が製造される。ステップS11はステップS111及びS112を含んでいる。

ステップS111において、図4に示されたように、均一厚さの水晶平板のリッドウエハ11Wにリッド凹部111が数百から数千個形成される。リッドウエハ11Wには、エッチング又は機械加工によりリッド凹部111が形成され、リッド凹部111の周囲には第1接続面M1が形成される。

## 【0035】

ステップS112において、図4に示されたように、スクリーン印刷でリッドウエハ11Wの第1接続面M1に接着剤13として低融点ガラスが形成される。その後、低融点ガラスを仮硬化することで、低融点ガラス膜がリッドウエハ11Wの第1接続面M1に形成される。低融点ガラス膜は水晶貫通孔CH1（水晶キャスターイション204）に対応する箇所113には形成されていない。

10

20

## 【0036】

ステップS12では、水晶フレーム20が製造される。ステップS12はステップS122及びS122を含んでいる。

ステップS121において、図5に示されたように、均一の水晶ウエハ20Wにエッチングにより複数の水晶フレーム20の外形が形成される。すなわち、水晶振動部21と、外枠25と、間隙部23とが形成される。同時に、各水晶フレーム20の四隅には水晶ウエハ20Wを貫通するように円形の水晶貫通孔CH1が形成される。水晶貫通孔CH1が4分割されると1つの水晶キャスターイション204（図1を参照）になる。

30

## 【0037】

ステップS122において、まずスパッタリングまたは真空蒸着によって水晶ウエハ20Wの両面及び水晶貫通孔CH1に金属層が形成される。そして、金属層の全面にフォトレジストが均一に塗布される。その後、露光装置（不図示）を用いて、フォトマスクに描かれた励振電極201a、201b、引出電極202a、202b及び水晶側面電極203aのパターンが水晶ウエハ20Wに露光される。次に、フォトレジストから露出した金属層がエッチングされる。これにより、水晶ウエハ20W両面には励振電極201a、201b及び引出電極202a、202bが形成され、水晶貫通孔CH1には水晶側面電極203が形成される（図1及び図2を参照）。

## 【0038】

ステップS13では、ベース部12が製造される。ステップS13はステップS131～S133を含んでいる。

40

ステップS131において、図6に示されたように、均一厚さの水晶平板のベースウエハ12Wにベース凹部121が数百から数千個形成される。ベースウエハ12Wには、エッチング又は機械加工によりベース凹部121が形成され、ベース凹部121の周囲には第2接続面M2が形成される。同時に、各ベース部12の四隅にはベースウエハ12Wを貫通するように円形のベース貫通孔BH1が形成される。ベース貫通孔BH1が4分割されると1つのベースキャスターイション124（図1を参照）になる。

## 【0039】

ステップS132では、ステップS122で説明されたスパッタ及びエッチング方法によって図6に示されたようにベース部12の実装面に一対の外部電極122a、122bが形成される。同時に、ベース貫通孔BH1にはベース側面電極123が形成される（図

50

1 及び図 2 を参照)。

【0040】

ステップ S 133において、スクリーン印刷でベースウエハ 12W の第 2 接続面 M2 に接着剤 13 として低融点ガラスが形成される。その後、低融点ガラスを仮硬化することで、低融点ガラスがベースウエハ 12W の第 2 接続面 M2 に形成される。

【0041】

ステップ S 14 では、接着剤 13 が加熱され水晶ウエハ 20W とベースウエハ 12W とが加圧される。そして水晶ウエハ 20W とベースウエハ 12W とが接着剤 13 により接合する。

【0042】

ステップ S 15 では、外部電極 122a、122b、ベース側面電極 123 及び水晶側面電極 203 を覆うように一対の接続電極 14a、14b が形成される。詳しく説明すると、接合された水晶ウエハ 20W とベースウエハ 12W とは水晶ウエハ 20W が下向きになるようにテーブル(図示しない)に載置される。その後、外部電極 122a、122b に対応する領域及びベース貫通孔 BH1 に対応する領域に開口が形成されたマスク(図示しない)が、ベースウエハ 12W の実装面側に配置される。そして、スパッタ又は真空蒸着されることで、接続電極 14a、14b が形成される。これにより、ステップ S 132 で形成されたベース側面電極 123 とステップ S 122 で形成された水晶側面電極 203 とが確実に電気的に接続される(図 2 (b)、(c) 及び (d) を参照)。

【0043】

ステップ S 16 では、接着剤 13 が加熱されリッドウエハ 11W と水晶ウエハ 20W とが加圧される。そしてリッドウエハ 11W が接着剤 13 により水晶ウエハ 20W の表面 M e に接合される。

【0044】

ステップ S 17 では、接合されたリッドウエハ 11W と、水晶ウエハ 20W と、ベースウエハ 12W とが個々に切断される。切断工程では、レーザーを用いたダイシング装置、または切断用ブレードを用いたダイシング装置などを用いて図 4 ~ 図 6 に示された一点鎖線のスクライブライン SL に沿って第 1 水晶振動子 100 を単位として個片化する。これにより、数百から数千の第 1 水晶振動子 100 が製造される。

【0045】

図 3 で説明された第 1 水晶振動子 100 の製造方法では、接合する前に接着剤 13 がリッドウエハ 11W 及びベースウエハ 12W に形成されているが、水晶ウエハ 20W の両面に形成されてもよい。また、例えば接着剤 13 としてポリイミド樹脂が用いられる場合においてはスクリーン印刷でもよいし、感光性のポリイミド樹脂であれば露光して接続面 M に接着剤 13 を形成することもできる。

【0046】

(第 2 実施形態)

<第 2 水晶振動子 200 の全体構成>

図 7 は、第 2 実施形態の第 2 水晶振動子 200 の断面図で、図 1 の A - A 断面に対応される。なお、第 1 実施形態と同じ構成要件については同じ符号を付して説明する。

【0047】

図 7 に示されたように、第 2 水晶振動子 200 は第 1 実施形態で説明された第 1 水晶振動子 100 とほぼ同じ構成となっている。但し、第 2 水晶振動子 200 においてリッド部 11 と水晶フレーム 20 とを接合した接着剤 13 は、接続電極 14a、14b を覆う。以降は、接続電極 14a、14b を覆う接着剤 13 を接着剤 13' として説明する。

【0048】

図 3 のステップ S 112 に示されたように、スクリーン印刷でリッドウエハ 11W の第 1 接続面 M1 に接着剤 13 が形成された。図 4 では接着剤 13 は水晶貫通孔 CH1(水晶キャスター 204)に対応する箇所 113 には形成されていなかったが、第 2 実施形態では、第 1 接続面 M1 全面に接着剤 13 が形成される。また接着剤 13 が第 1 実施

10

20

30

40

50

形態より厚く形成されている。

【0049】

図3のステップS16に示されたように、接着剤13が加熱されリッドウエハ11Wと水晶ウエハ20Wとが加圧される際に、溶けた接着剤13は自重により垂れて水晶キャスターイション204及びベースキャスターイション124まで流れ込む。そして、接続電極14a、14bを覆った接着剤13'が室温まで冷やされて固化する。

【0050】

接着剤13'が接続電極14a、14bを覆って保護するので、さらに外部電極122a、122bと励振電極201a、201bとの断線を防止できる。また、接着剤13'が形成されているので、耐衝撃性が高まる。

10

【0051】

(第3実施形態)

<第3水晶振動子300の全体構成>

図8は、第3水晶振動子300の分解斜視図で、接着剤13が省略されて描かれている。なお、第1実施形態と同じ構成要件については同じ符号を付して説明する。

【0052】

図8に示されたように、第3水晶振動子300は、リッド部11と、ベース凹部121を有する矩形のベース部32と、リッド部11及びベース部32に挟まれる矩形の水晶フレーム30とを備える。

20

【0053】

水晶フレーム30は、その四隅に水晶貫通孔CH3(図9を参照)を形成した際のXZ'平面においてZ'軸方向に伸びた矩形の水晶キャスターイション304が形成されている。これは、エッティング液で水晶結晶をエッティングするとき、結晶方位によってエッティング速度が大きく異なるからである。つまり、水晶結晶においてはX軸方向がエッティングしにくい性質があるので、水晶キャスターイション304を形成するとき、X軸方向と垂直な方向であるZ'軸方向に沿ってエッティングすることが好ましい。

【0054】

さらに、水晶キャスターイション304がXZ'平面においてZ'軸方向に伸びている。このため、外枠35に形成された引出電極302aと水晶側面電極303aとはより大きい接続幅で接触してより確実に電気的に接続する。

30

【0055】

第3実施形態において、ベース部32は水晶から形成されている。また、ベース部32の四隅には水晶フレーム30の水晶キャスターイション304と対応するように、ベース貫通孔(図示しない)を形成した際のXZ'平面でZ'軸方向に伸びた矩形となったベースキャスターイション324が形成されている。ここで、ベースキャスターイション324がXZ'平面においてZ'軸方向に伸びているので、外部電極322a、322bとベース側面電極323a、323bとはより大きい接続幅で接触してより確実に電気的に接続することができる。別言すれば、ベースキャスターイション324が四角形状であるため、円形に比べてメッキ幅を確保でき導通を保障できる。

40

【0056】

また、第3水晶振動子300はベースキャスターイション324のベース側面電極323及び水晶キャスターイション304の水晶側面電極303を覆うように接続電極34が形成されている。ここで、接続電極34aはベース側面電極323aと水晶側面電極303aとを接続し、接続電極34bはベース側面電極323bと水晶側面電極303b(引出電極302b)とを接続する。これにより、外部電極322a、322bは励振電極201a、201bに確実に電気的に接続される。

【0057】

ここで、接続電極34はベース側面電極323及び水晶側面電極303のみを覆うように形成されているが、外部電極322a、322bの全部又は一部まで覆ってもよい。

50

【0058】

さらに、第3水晶振動子300は第2実施形態で説明されたようにリッド部11と水晶フレーム30とを接合した接着剤13が接続電極34を覆うようにしてもよい。このような構成よれば、接着剤13'（図2を参照）が接続電極34をカバーして保護するので、耐衝撃性を高めることができる。

【0059】

<第3水晶振動子300の製造方法>

第3水晶振動子300の製造方法は、第1実施形態の図3で説明されたフローチャートと同じである。但し、水晶ウエハ30W及びベースウエハ（図示しない）における貫通孔の形状が異なる。図9は、第3実施形態の水晶ウエハ30Wの平面図である。

【0060】

図9に示されたように、各水晶フレーム30の四隅には水晶ウエハ30Wを貫通するように矩形でZ'軸方向に長辺を有する水晶貫通孔CH3が形成される。水晶貫通孔CH3が4分割されると1つの水晶キャスター304（図8を参照）になる。

【0061】

ベースウエハについて説明しないが、ベースウエハも図9に示された水晶ウエハ30Wと対応するように、各ベース部32の四隅にはベースウエハを貫通するように矩形のベース貫通孔（図示しない）が形成される。ベース貫通孔が4分割されると1つのベースキャスター324（図8を参照）になる。

【0062】

（第3実施形態の変形例）

<第3水晶振動子300'の全体構成>

図10は、第3実施形態の変形例である第3水晶振動子300'の分解斜視図で、接着剤13が省略されている。なお、第3実施形態と同じ構成要件については同じ符号を付して説明する。

【0063】

図10に示されたように、第3水晶振動子300'は、リッド部11と、ベース部32'、リッド部11及びベース部32'に挟まれる水晶フレーム30'を備える。

【0064】

水晶フレーム30'は、X軸方向の両辺に水晶貫通孔CHa、CHb（図11を参照）を形成した際のXZ'平面においてZ'軸方向に伸びた矩形の水晶キャスター304a'、304b'が形成されている。ここで、水晶キャスター304a'、304b'は水晶フレーム30'の中心を通るX軸方向に伸びる中心線（図示しない）Z'軸方向の両側に配置されている。また、水晶キャスター304a'、304b'のZ'軸方向の長さは0.4mm程度である。

【0065】

ベース部32'のX軸方向の両辺には、水晶フレーム30'の水晶キャスター304a'、304b'と対応するように、ベース貫通孔BHa、BHB（図12を参照）を形成した際のXZ'平面でZ'軸方向に伸びた矩形となったベースキャスター324a'、324b'が形成されている。ここで、ベースキャスター324a'、324b'はベース部32'の中心を通るX軸方向に伸びる中心線（図示しない）Z'軸方向の両側に配置されている。

【0066】

第3水晶振動子300'は、ベースキャスター324a'、324b'のベース側面電極323a'、323b'及び水晶キャスター304a'、304b'の水晶側面電極303a'、303b'を覆うように接続電極34a、34bが形成されている。ここで、接続電極34aはベース側面電極323a'、水晶側面電極303a'を接続し、接続電極34bはベース側面電極323b'、水晶側面電極303b'（引出電極302b'）と接続する。これにより、外部電極322a'、322b'は引出電極302a'、302b'を介して励振電極201a、201bに確実に電気的に接続される。別言すれば、ベースキャスター324a'、324b'が四角形状であ

10

20

30

40

50

るため、円形に比べてメッキ幅を確保でき導通を保障できる。

【0067】

ここで、接続電極34a、34bはベース側面電極323a'、323b'及び水晶側面電極303a'、303b'のみを覆うように形成されているが、外部電極322a'、322b'の全部又は一部まで覆ってもよい。

【0068】

<第3水晶振動子300'の製造方法>

第3水晶振動子300'の製造方法は、第1実施形態の図3で説明されたフローチャートと同じである。但し、水晶ウエハ30W及びベースウエハ32Wにおける貫通孔の形状が異なる。図11は第3実施形態の変形例の水晶ウエハ30Wの平面図で、図12は第3実施形態の変形例のベースウエハ32Wの平面図である。

10

【0069】

図11及び図12に示されたように、水晶貫通孔CHa及びベース貫通孔BHaは水晶フレーム30'又はベース部32'の+X軸方向の+Z'軸側に形成され、水晶貫通孔CHb及びベース貫通孔BHBは水晶フレーム30'又はベース部32'の-X軸方向の-Z'軸側に形成されている。また、隣り合った水晶貫通孔CHa、CHb同士、及び隣り合ったベース貫通孔BHa、BHB同士はX軸方向で離れて形成される。

【0070】

このような構成によれば、図3のステップS17においてスクリーブラインSL1は水晶貫通孔CHa及びベース貫通孔BHaのみを通り、スクリーブラインSL2は水晶貫通孔CHb及びベース貫通孔BHBのみを通過することになる。これにより、図10に示された第3水晶振動子300'が形成される。

20

【0071】

(第4実施形態)

<第4水晶振動子400の全体構成>

第4水晶振動子400の全体構成について、図13を参照しながら説明する。図13は、第4水晶振動子400の分解斜視図で、接着剤13が省略されて描かれている。なお、第1実施形態と同じ構成要件には同じ符号を付して説明する。

20

【0072】

図13に示されたように、第4水晶振動子400は、リッド部11と、ベース凹部121を有するベース部42と、リッド部11及びベース部42に挟まれる矩形の水晶フレーム40とを備える。

30

【0073】

水晶フレーム40は、両面に励振電極201a、201bが形成された水晶振動部41と、水晶振動部41を囲む外枠45とで構成されている。また、水晶振動部41と外枠45との間には、水晶振動部41からX軸方向の両側に沿ってそれぞれ伸びるように外枠45と連結した一対の連結部46a、46bを有している。このため、水晶振動部41と外枠45との間に2つの「L」字型の間隙部43a、43bが形成される。水晶フレーム40のX軸方向に配置されたZ'軸方向に伸びる両辺には、角丸長方形の水晶貫通孔CH4(図14を参照)を形成した際の水晶キャスター404a、404bが形成されている。水晶キャスター404には水晶側面電極403が形成されている。

40

【0074】

また、連結部46a及び外枠45の表面Meには励振電極201aから引き出し水晶キャスター404aの水晶側面電極403aと接続された引出電極402aが形成され、連結部46b及び外枠45の裏面Miには励振電極201bから引き出し後述するベースキャスター424bのベース側面電極423bと接続された引出電極402b(水晶側面電極403b)が形成されている。

【0075】

ベース部42は、実装面のX軸方向の両側に一対の外部電極422a、422bがそれぞれ形成されている。水晶フレーム40の水晶キャスター404a、404bと

50

対応するように、X軸方向の両辺に角丸長方形のベース貫通孔（図示しない）を形成した際のベースキャスタレーション424a、424bが形成されている。また、ベースキャスタレーション424aには一端が外部電極422aに接続され、他端が水晶フレーム40の水晶キャスタレーション404aに接続されたベース側面電極423aが形成されている。ベースキャスタレーション424bには一端が外部電極422bに接続され、他端が水晶フレーム40の引出電極402bに接続されたベース側面電極423bが形成されている。

【0076】

これにより、励振電極201a、201bは引出電極402a、402b、水晶側面電極403a、ベース側面電極423a、423bを介して第4水晶振動子400の実装面に形成された外部電極422a、422bにそれぞれ接続される。

10

【0077】

また、第4水晶振動子400はベースキャスタレーション424のベース側面電極423及び水晶キャスタレーション404の水晶側面電極403を覆うように接続電極44が形成されている。ここで、接続電極44aはベース側面電極423aと水晶側面電極403aとを接続し、接続電極44bはベース側面電極423bと引出電極402b（水晶側面電極403b）とを接続する。これにより、外部電極422a、422bは励振電極201a、201bと確実に電気的に接続される。

【0078】

さらに、第4水晶振動子400は第2実施形態で説明されたようにリッド部11と水晶フレーム40とを接合した接着剤13が接続電極44を覆うようにしてもよい。このような構成よれば、接着剤13'（図2を参照）が接続電極44を保護する。

20

【0079】

<第4水晶振動子400の製造方法>

第4水晶振動子400の製造方法は、第1実施形態の図3で説明されたフローチャートと同じである。但し、水晶ウエハ40W及びベースウエハ（図示しない）における貫通孔の形状が異なる。図14は、第4実施形態の水晶ウエハ40Wの平面図である。

【0080】

図14に示されたように、各水晶フレーム40のX軸方向の両側には水晶ウエハ40Wを貫通するように角丸長方形の水晶貫通孔CH4が形成される。水晶貫通孔CH4が半分割されると1つの水晶キャスタレーション404（図13を参照）になる。

30

【0081】

ベースウエハについて説明しないが、ベースウエハも図14に示された水晶ウエハ40Wと対応するように、各ベース部42のX軸方向の両側にはベースウエハを貫通するように角丸長方形のベース貫通孔（図示しない）が形成される。ベース貫通孔が半分割されると1つのベースキャスタレーション424（図13を参照）になる。

【0082】

（第5実施形態）

<第5水晶振動子500の全体構成>

第5水晶振動子500の全体構成について、図15を参照しながら説明する。図15は、第5水晶振動子500の分解斜視図で、接着剤13が省略されて描かれている。図15に示された第5水晶振動子500は音叉型の水晶振動片60を有しているので、その座標系は第1～第4実施形態のATカットで示された座標系と異なる。つまり、図15では第1～第4実施形態と同じX軸が用いられ、振動腕52が伸びる方向をY軸方向とし、X軸方向及びY軸方向に垂直な高さ方向をZ軸方向とする。また、第1実施形態と同じ構成要件には同じ符号を付して説明する。

40

【0083】

図15に示されたように、第5水晶振動子500は、リッド部11と、ベース部12と、リッド部11及びベース部12に挟まれる水晶フレーム50とを備える。

【0084】

50

水晶フレーム 5 0 は、その中央領域に形成された音叉型の水晶振動片 6 0 と、その外側に形成された外枠 5 5 と、音叉型の水晶振動片 6 0 と外枠 5 5 とを連結する一対の支持腕 5 4 と有している。音叉型の水晶振動片 6 0 と外枠 5 5 と一対の支持腕 5 4 との間には間隙部 5 3 が形成されている。音叉型の水晶振動片 6 0 の外形を規定する間隙部 5 3 はウェットエッティングにより形成されている。音叉型の水晶振動片 6 0 は、外枠 5 5 及び一対の支持腕 5 4 と同じ厚さで形成されている。

#### 【0085】

また、音叉型の水晶振動片 6 0 は - Y 側に形成され Z 軸方向から見てほぼ矩形形状の基部 5 1 と、基部 5 1 の一辺から + Y 軸方向に沿って伸びた一対の振動腕 5 2 を備えている。一対の振動腕 5 2 の断面はほぼ矩形形状であり、表面、裏面及び両側面には励振電極 5 0 1 a、5 0 1 b が形成されている。ただし、図 15 には音叉型の水晶振動片 6 0 の表面と片側の側面しか描かれていない。一対の振動腕 5 2 の表面および裏面には、Y 軸方向に伸びる溝部 5 7 が形成されていてもよい。その溝部 5 7 に励振電極が形成されると、振動腕 5 2 に発生する電界が大きくなり C I (クリスタルインピーダンス) 値の上昇が抑えられる。さらに、振動腕 5 2 の + Y 側の先端には錐部 5 6 がそれぞれ形成されてもよい。錐部 5 6 は音叉型の水晶振動片 6 0 の一対の振動腕 5 2 が振動しやすくなるための錐であり、且つ周波数調整のために設けられている。音叉型の水晶振動片 6 0 は、たとえば 32.768 kHz で振動する振動片で、極めて小型の振動片となっている。

10

#### 【0086】

また、一対の支持腕 5 4 から外枠 5 5 に渡って水晶フレーム 5 0 の表面 M e 及び裏面 M i には引出電極 5 0 2 a、5 0 2 b が形成されている。引出電極 5 0 2 a は + X 側から外枠 5 5 に引き出され、引出電極 5 0 2 b は - X 側から外枠 5 5 に引き出される。さらに、引出電極 5 0 2 a、5 0 2 b はそれぞれに一対の振動腕 5 2 に形成された励振電極 5 0 1 a、5 0 1 b に電気的に接続されている。

20

#### 【0087】

さらに、第 5 実施形態において引出電極 5 0 2 a、5 0 2 b が水晶フレーム 5 0 の両面に形成されるので、水晶キャスター 204 a、204 b には水晶側面電極 5 0 3 a、5 0 3 b がそれぞれ形成されている。その他の構成は第 1 実施形態と同じであるので、説明を省略する。

30

#### 【0088】

##### <第 5 水晶振動子 500 の製造方法>

第 5 水晶振動子 500 の製造方法は、第 1 実施形態の図 3 で説明されたフローチャートと同じである。但し、水晶フレームを製造するステップ S 1 2 では音叉型の水晶振動片が形成される。

40

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0089】

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 I C などをキャビティ内に収容した水晶発振器にも適用できる。また、水晶以外にタンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウムなどの圧電材料を利用することができる。また、本明細書ではリッドウエハと水晶ウエハとベースウエハとが低融点ガラス、ポリイミド樹脂などの非導電性接着剤により接合されるが、陽極接合又は共晶金属により接合されてもよい。

#### 【符号の説明】

#### 【0090】

1 1 ... リッド部、 1 1 W ... リッドウエハ

1 2、3 2、3 2'、4 2 ... ベース部、 1 2 W ... ベースウエハ

2 0、3 0、3 0'、4 0、5 0 ... 水晶振動片、 2 0 W、3 0 W、4 0 W ...

50

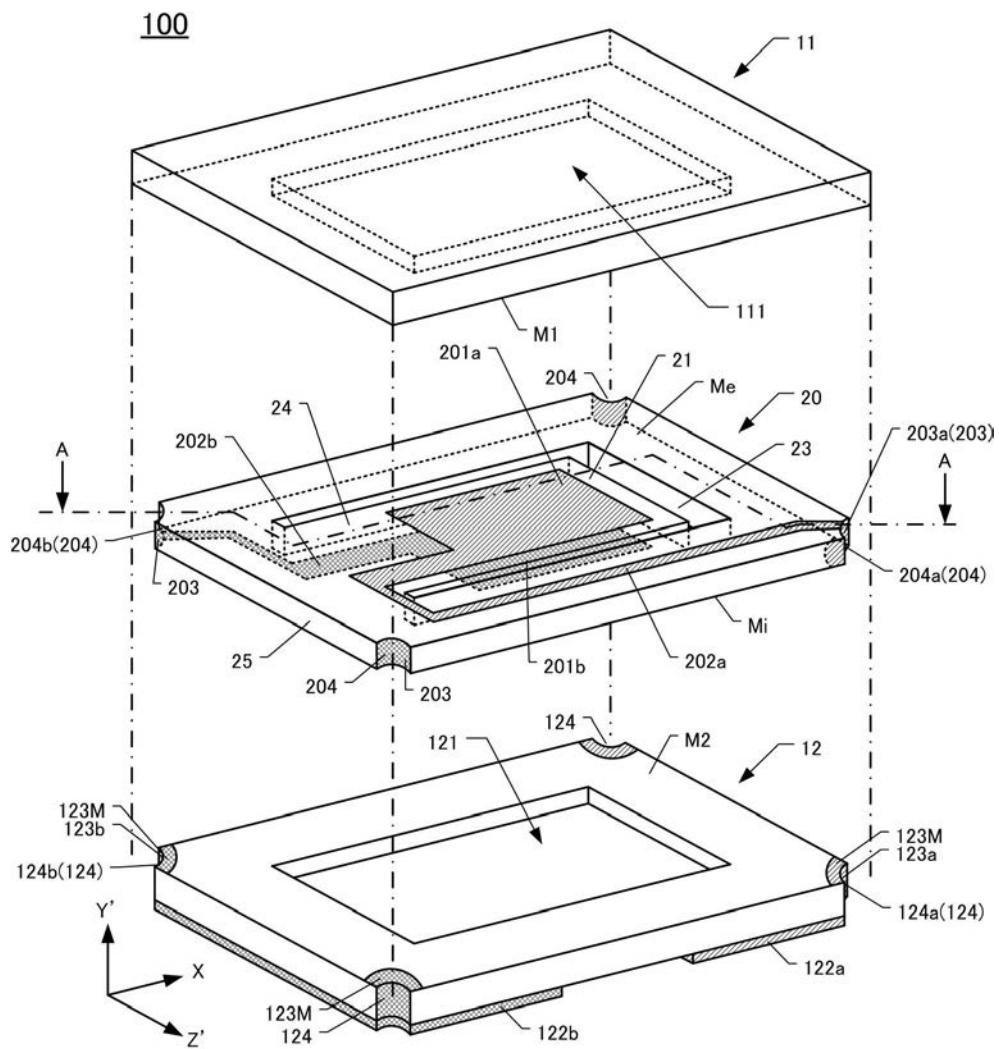
水晶ウエハ

1 3、1 3' ... 接着剤

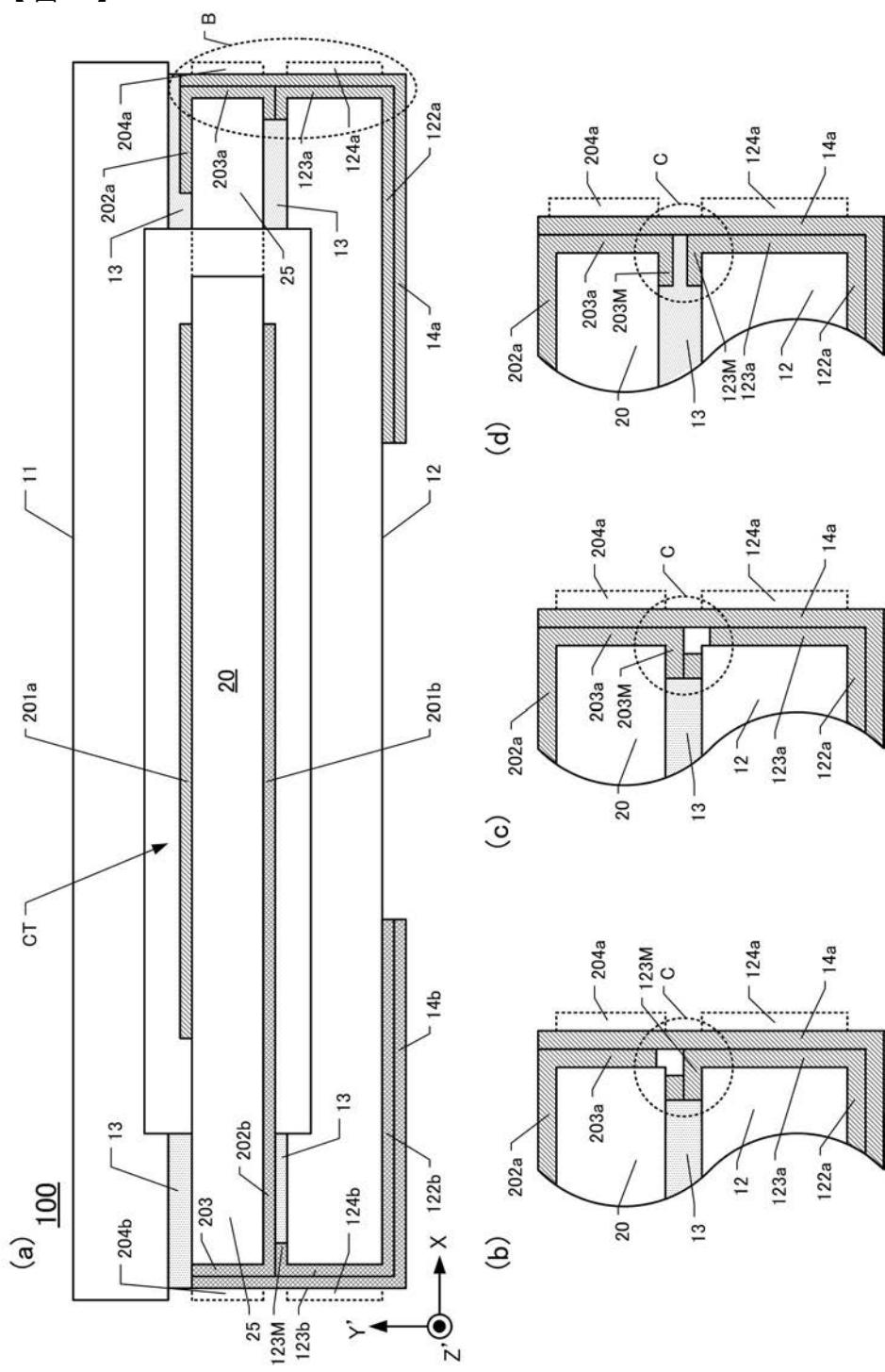
50

1 4 a、1 4 b、3 4 a、3 4 b、4 4 a、4 4 b ... 接続電極  
1 0 0、2 0 0、3 0 0、3 0 0'、4 0 0、5 0 0 ... 水晶振動子  
1 2 2 a、1 2 2 b、3 2 2 a、3 2 2 b、3 2 2 a'、3 2 2 b'、4 2 2 a、4 2  
2 b ... 外部電極  
1 2 3 a、1 2 3 b、3 2 3 a、3 2 3 b、3 2 3 a'、3 2 3 b'、4 2 3 a、4 2  
3 b ... ベース側面電極  
1 2 4 a、1 2 4 b、3 2 4 a、3 2 4 b、3 2 4 a'、3 2 4 b'、4 2 4 a、4 2  
4 b ... ベースキャスター<sup>レ</sup>ーション  
2 0 1 a、2 0 1 b ... 励振電極  
2 0 2 a、2 0 2 b、3 0 2 a、3 0 2 b、3 0 2 a'、3 0 2 b'、4 0 2 a、4 0  
2 b、5 0 2 a、5 0 2 b ... 引出電極  
2 0 3 a、2 0 3 b、3 0 3 a、3 0 3 b、3 0 3 a'、3 0 3 b'、4 0 3 a、4 0  
3 b ... 水晶側面電極  
2 0 4 a、2 0 4 b、3 0 4 a、3 0 4 b、3 0 4 a'、3 0 4 b'、4 0 4 a、4 0  
4 b ... 水晶キャスター<sup>レ</sup>ーション

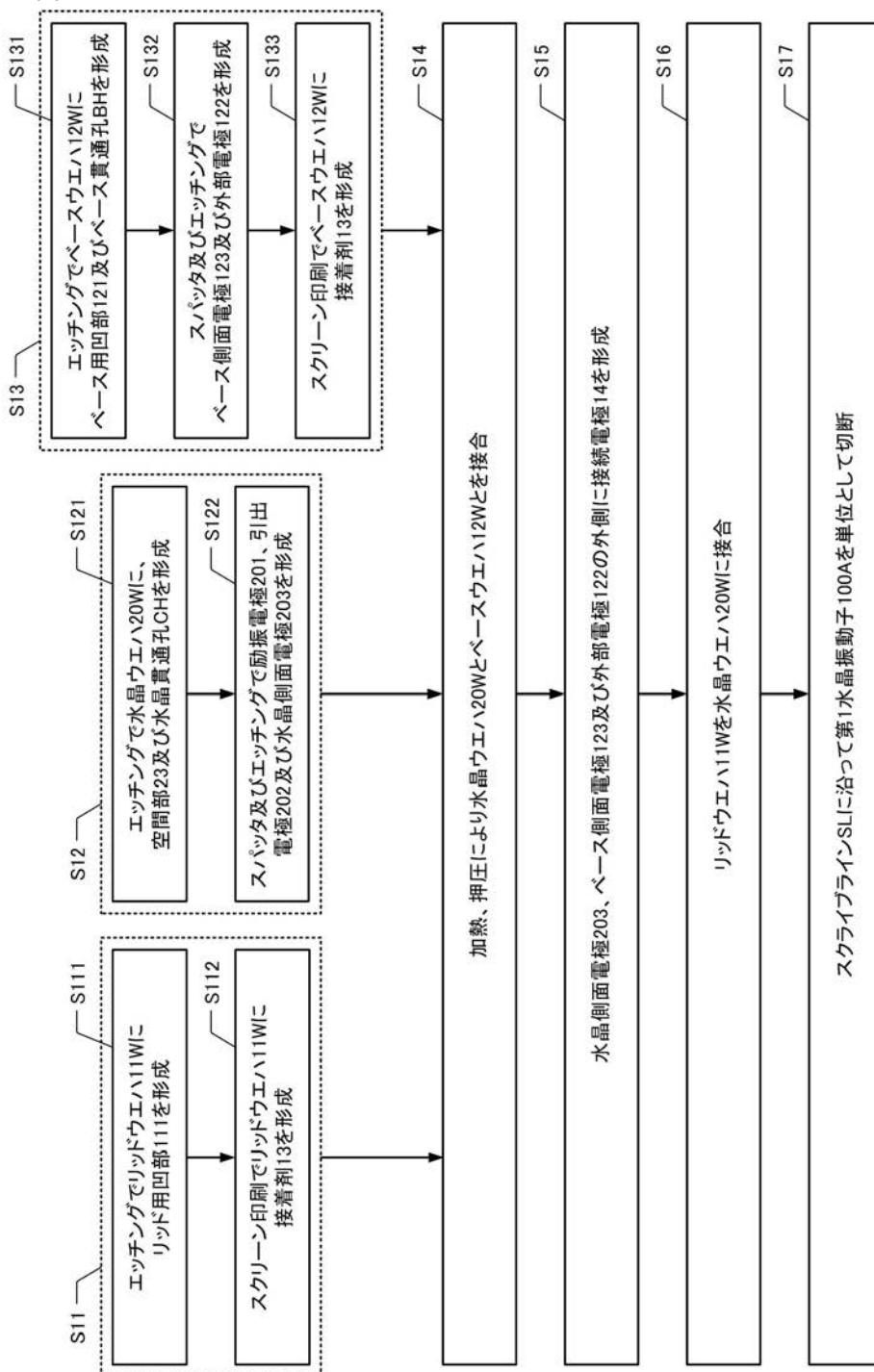
【図1】



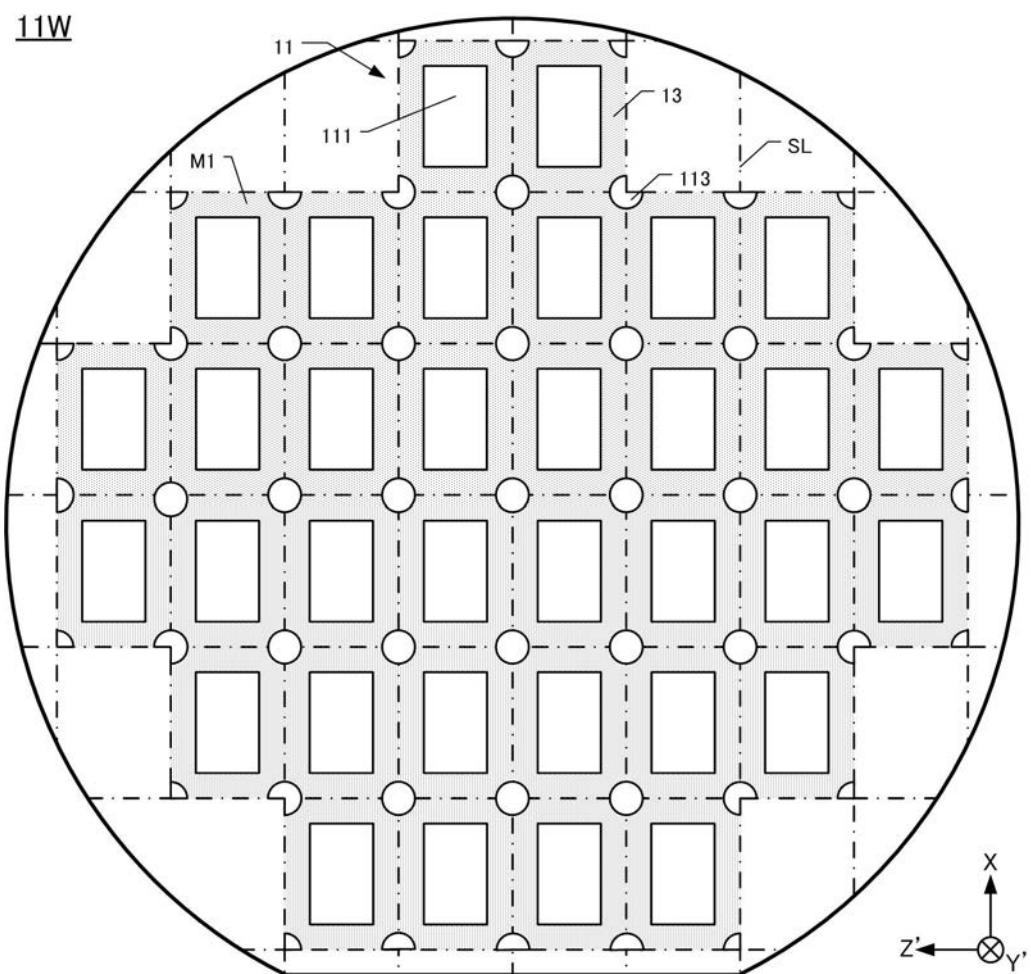
【 図 2 】



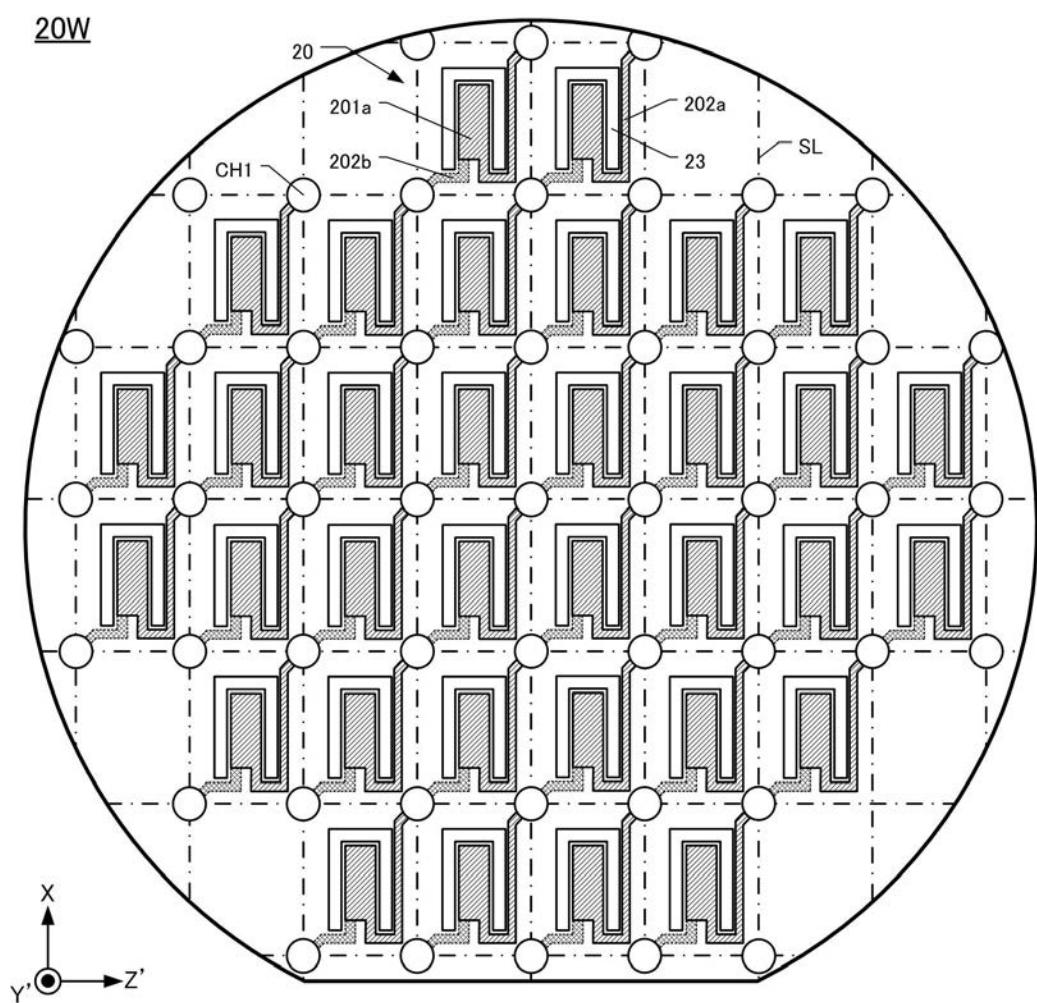
【図3】



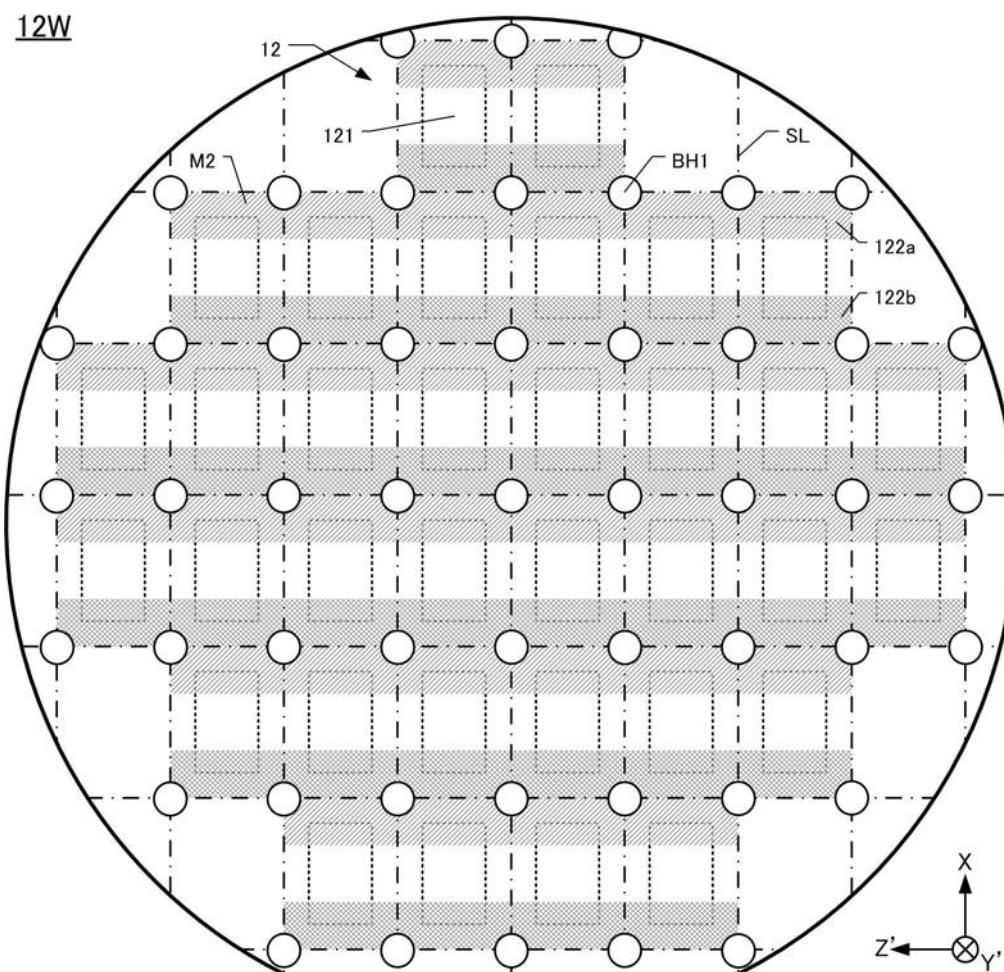
【図4】



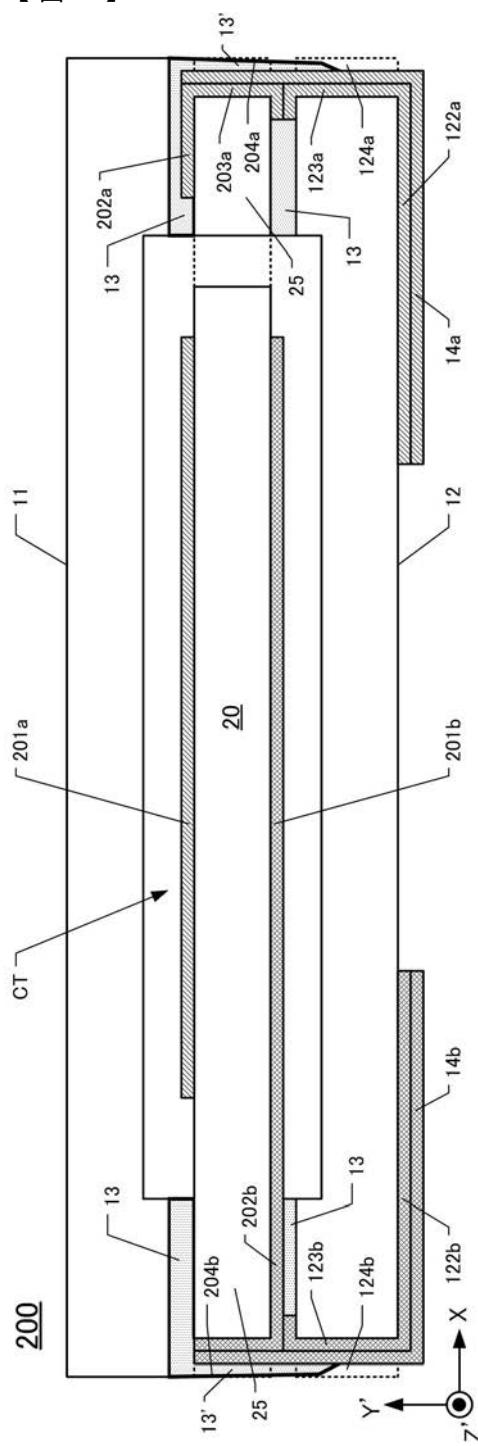
【図5】

20W

【図6】

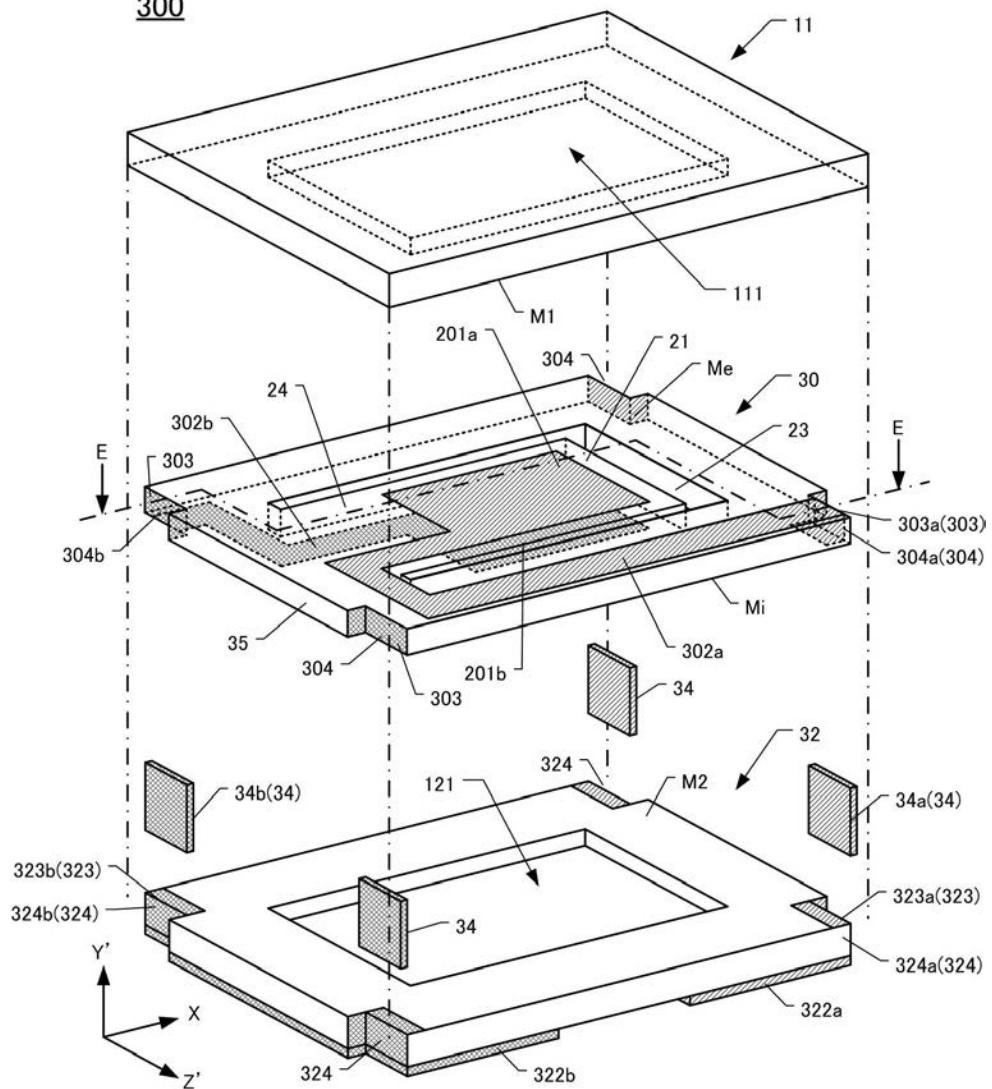


【図7】

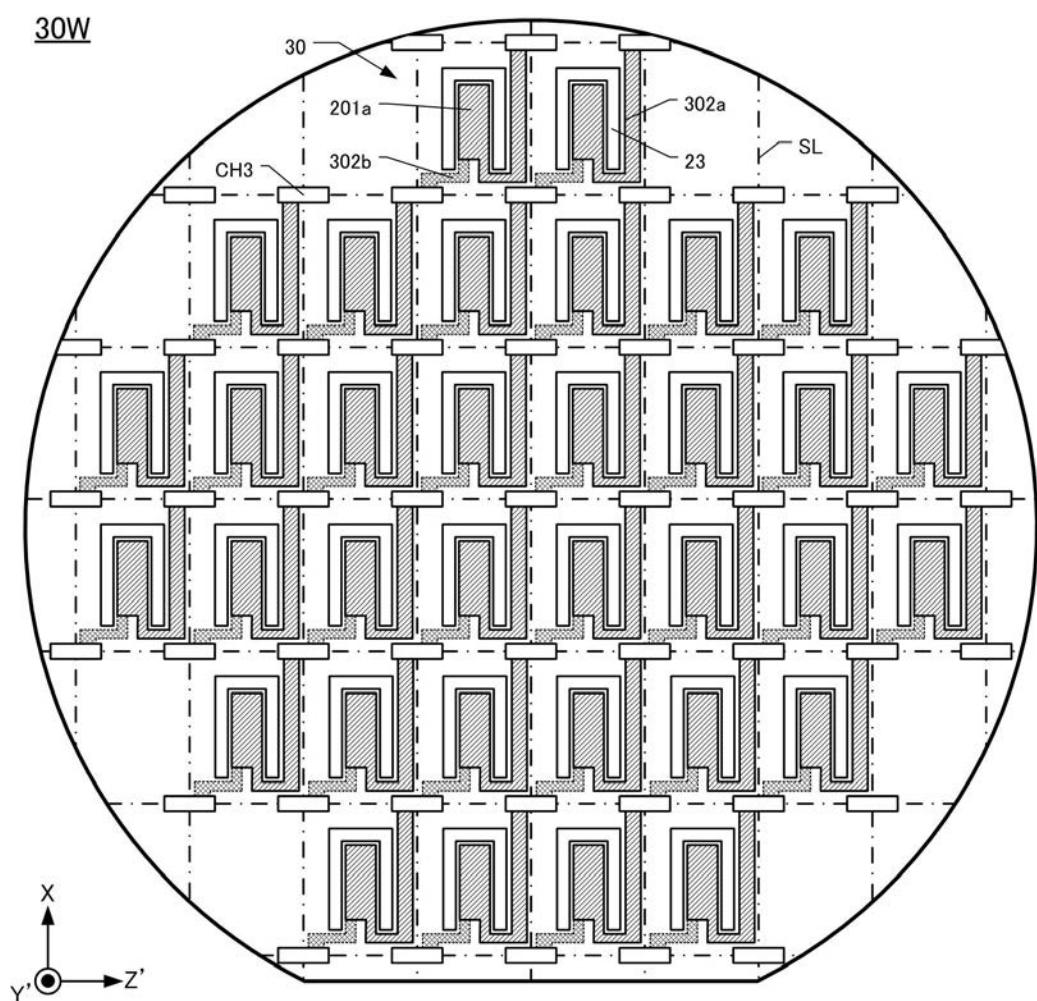


【図8】

300

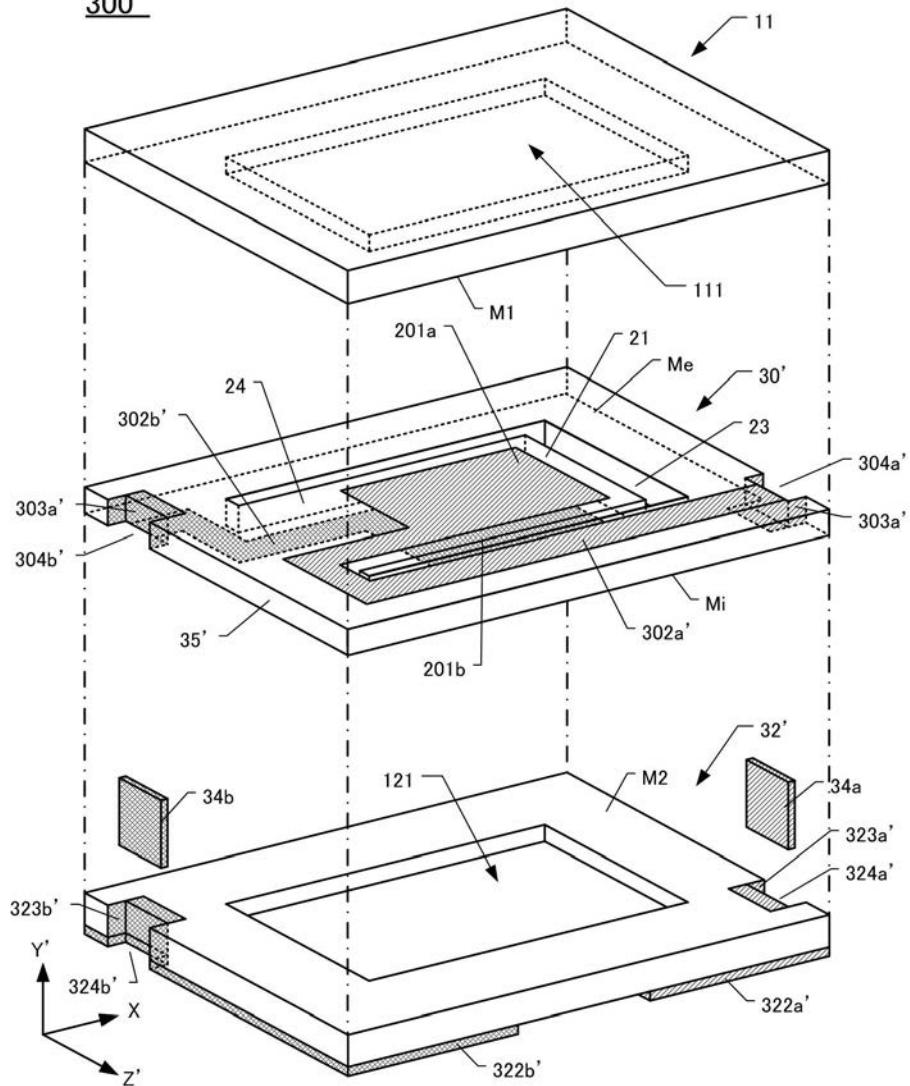


【図9】

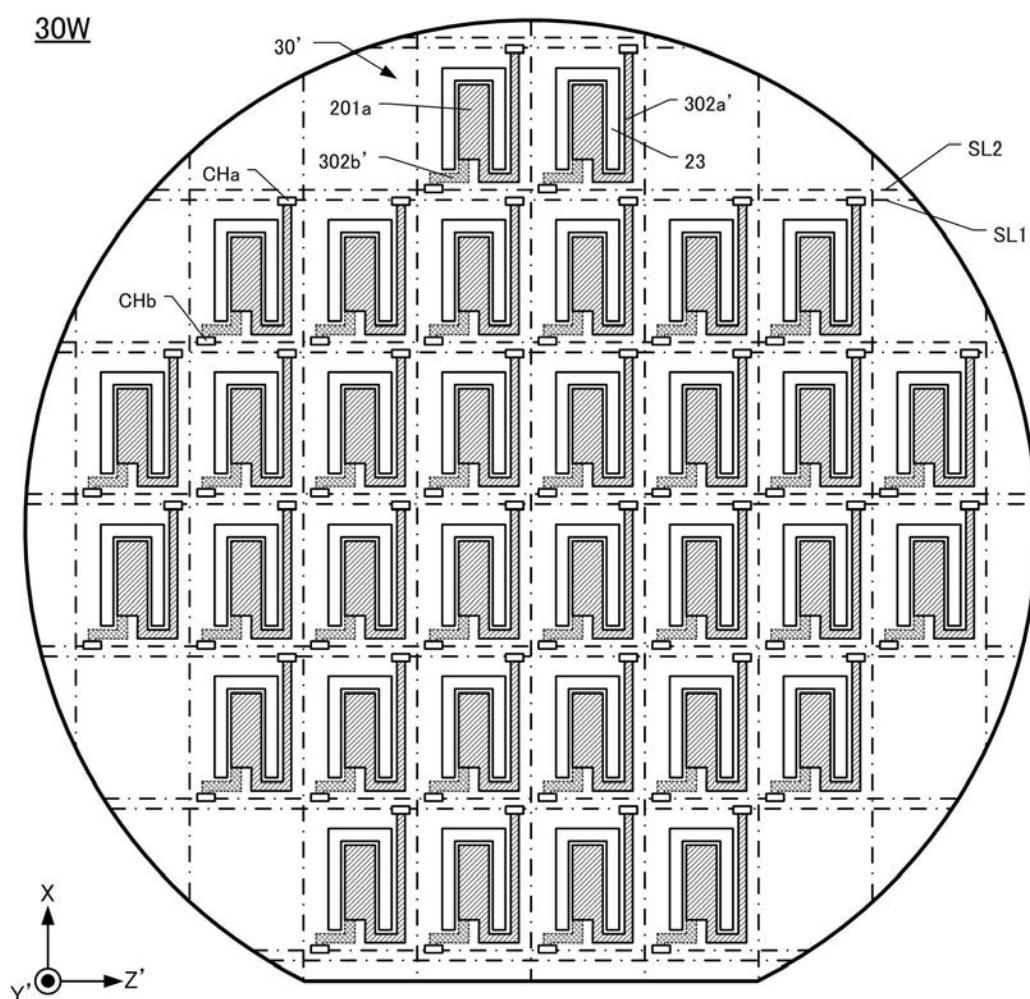


【図 10】

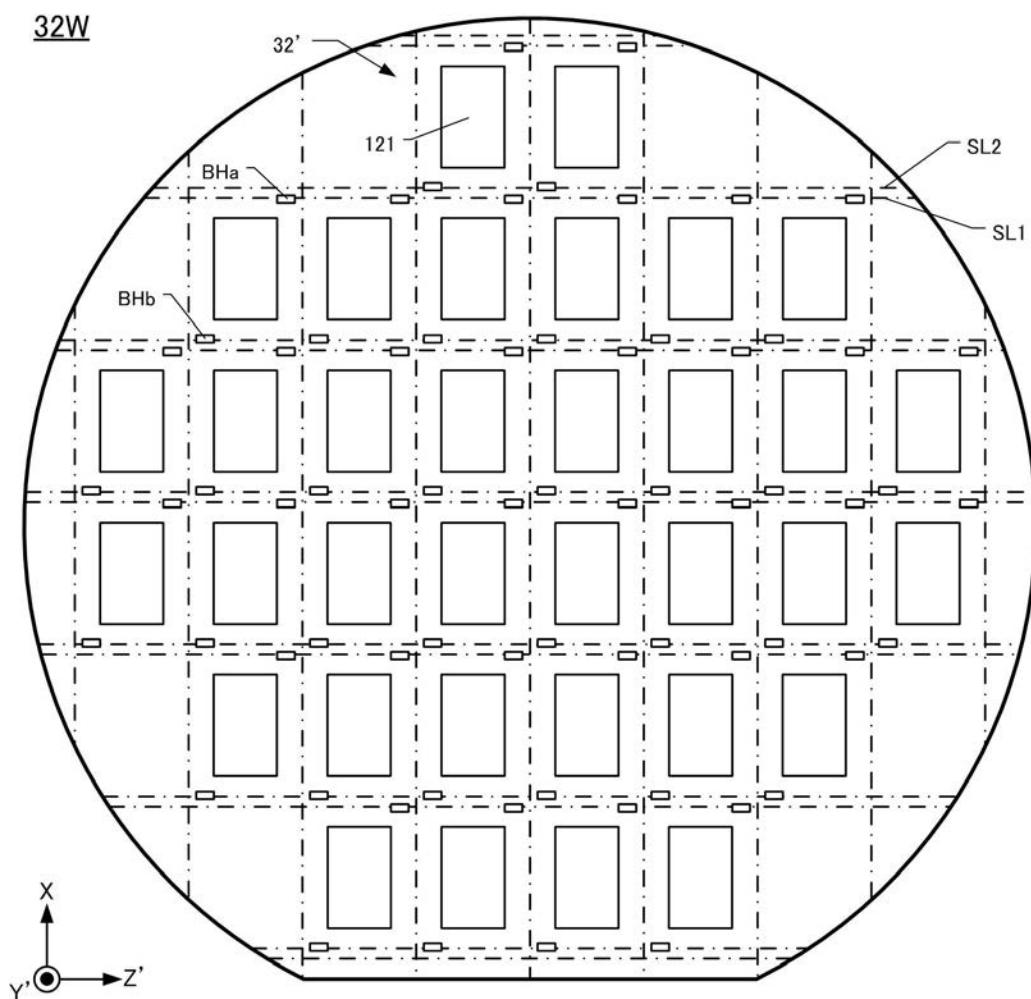
300'



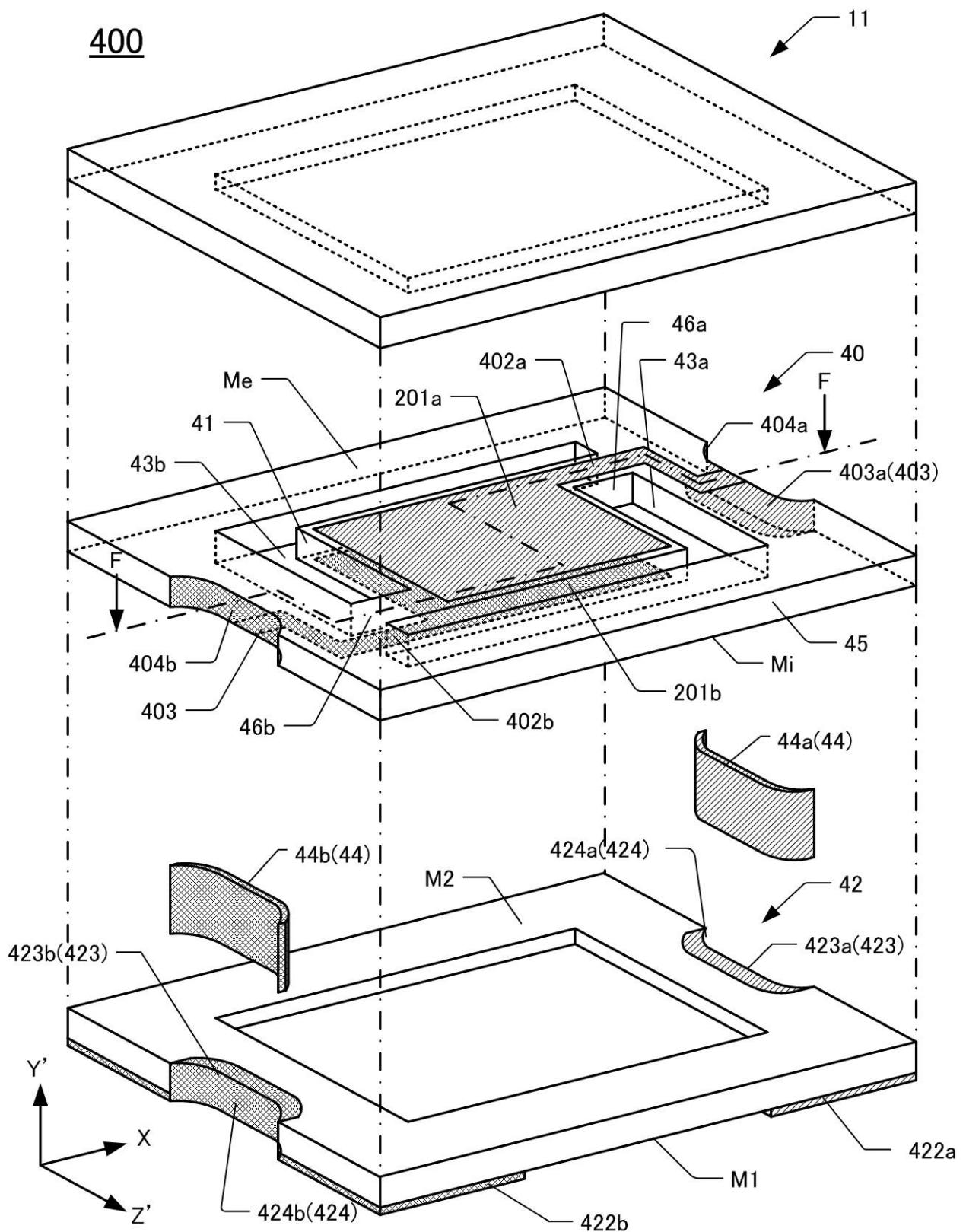
【図11】



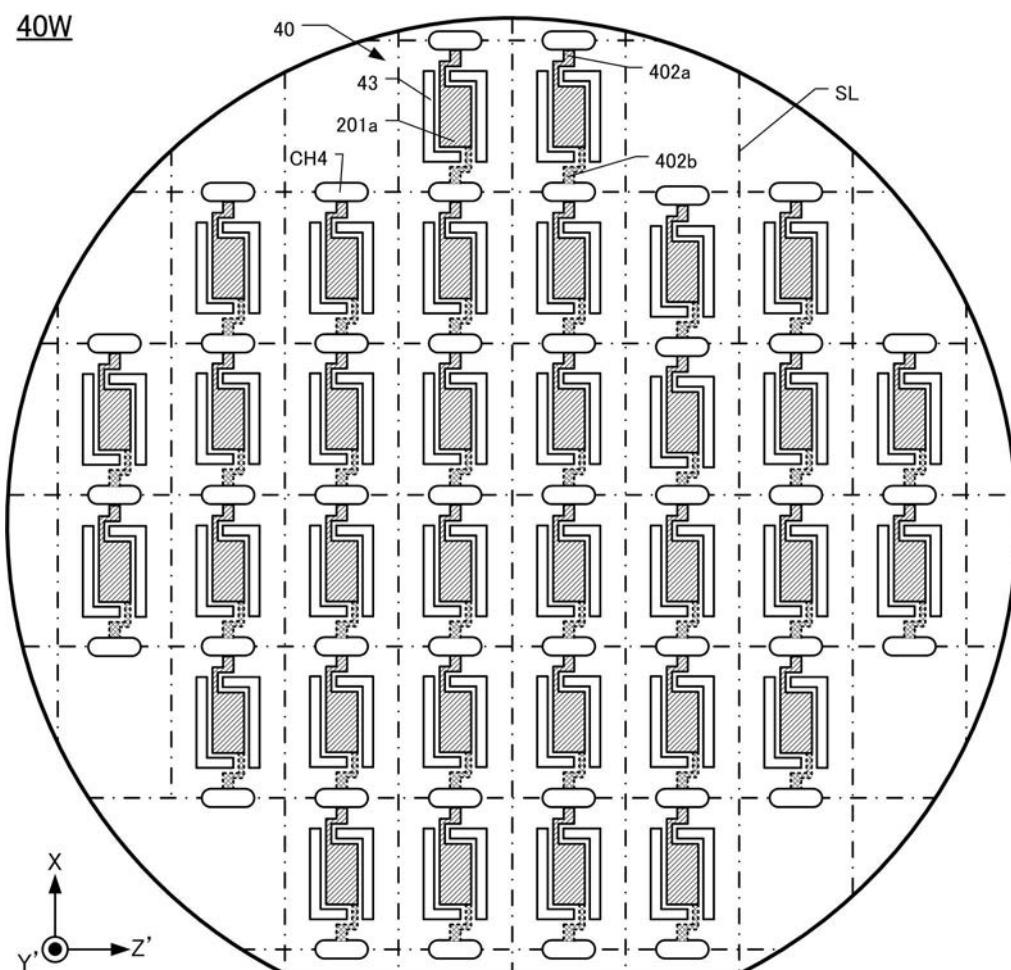
【図12】



【 図 1 3 】



【図14】

40W

【図15】

