

(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2014-197728

(P2014-197728A)

(43) 公開日 平成26年10月16日(2014.10.16)

(51) Int.Cl.

<b>HO3H</b>	<b>3/02</b>	<b>(2006.01)</b>
<b>HO3H</b>	<b>9/19</b>	<b>(2006.01)</b>
<b>HO3H</b>	<b>9/215</b>	<b>(2006.01)</b>

F 1

HO3H	3/02
HO3H	9/19
HO3H	9/215

D

テーマコード(参考)

5 J 1 O 8

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号

特願2013-71571 (P2013-71571)

(22) 出願日

平成25年3月29日 (2013.3.29)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(74) 代理人 100095728

弁理士 上柳 雅善

(74) 代理人 100127661

弁理士 宮坂 一彦

(74) 代理人 100116665

弁理士 渡辺 和昭

(72) 発明者 山田 明法

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72) 発明者 吉田 周平

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

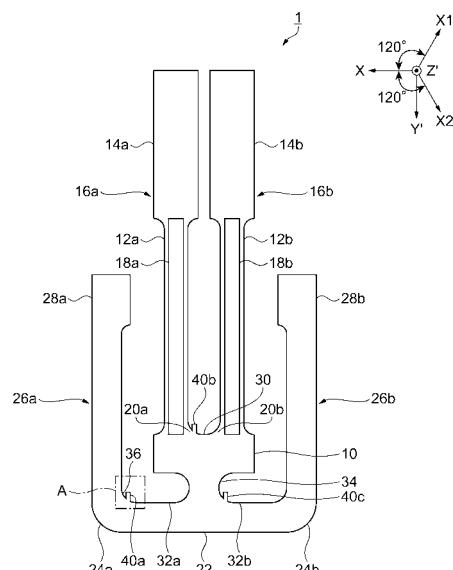
(54) 【発明の名称】振動片の製造方法

## (57) 【要約】

【課題】衝撃時の応力集中による股部や切り欠き部での破損を低減し、耐衝撃特性を向上させた振動片およびその製造方法を提供する。

【解決手段】振動片の外形が有する凹状の外縁において、前記外縁のうち法線ベクトルの方向が少なくとも、前記X軸の正方向、前記X 1軸の正方向、前記X 2軸の正方向、の何れかの方向を向いている箇所を含む領域の水晶基板の表面を覆う凸部が連結されているマスクを用いて振動片を製造する。

【選択図】図 6



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

水晶の電気軸としての X 軸、機械軸としての Y 軸、光学軸としての Z 軸からなる直交座標系の前記 X 軸を回転軸として、前記 Z 軸を前記 Y 軸の - Y 方向へ + Z 側が回転するように回転角度 だけ傾けた軸を Z' 軸、前記 Y 軸を前記 Z 軸の + Z 方向へ + Y 側が回転するように前記回転角度 だけ傾けた軸を Y' 軸としたとき、

前記 Z' 軸を中心に、前記 X 軸と互いに 120° で交差している X1 軸および X2 軸と、

前記 Z' 軸を中心に、前記 Y' 軸と互いに 120° で交差している Y'1 軸および Y'2 軸と、

を含む水晶基板をエッティングすることにより、

基部と、

前記基部の端部から延在され、且つ、一体的に設けられている少なくとも 1 つの振動腕と、

を含む振動片を製造する振動片の製造方法であって、

前記水晶基板の表面に前記振動片に対応するマスクを配置する工程と、

前記水晶基板の前記マスクから露出する領域をウェットエッティングして前記振動片の外形を形成する工程と、

を含み、

前記マスクは、

前記マスクの凹状の外縁において、

前記外縁のうち、前記凹状の外縁の法線ベクトルの方向が少なくとも、前記 X 軸の正方向、前記 X1 軸の正方向、前記 X2 軸の正方向、の何れかの方向を向いている箇所を含む領域の前記水晶基板の表面を覆う凸部を含むことを特徴とする振動片の製造方法。

## 【請求項 2】

請求項 1 において、

前記振動片は、前記 Y' 軸、前記 Y'1 軸、前記 Y'2 軸、の何れか所定の軸に沿って延びる所定の振動腕が設けられており、

前記凸部は、前記所定の軸に直交する、前記 X 軸の正方向、前記 X1 軸の正方向、前記 X2 軸の正方向、の何れかの方向に、前記所定の振動腕の正面の外形よりも大きく作られた前記マスクの端部と前記正面の外形との間の長さを L としたとき、

前記凸部の前記何れかの方向に沿った長さは、少なくとも L / 2 以上であることを特徴とする振動片の製造方法。

## 【請求項 3】

請求項 2 において、

前記凸部の前記何れかの方向に沿った長さは、L 以上 1.5 L 以下であることを特徴とする振動片の製造方法。

## 【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれか一項において、

前記回転角度 は、-15° ～ 15° の関係を満たしていることを特徴とする振動片の製造方法。

## 【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれか一項において、

前記外縁は、前記振動腕と前記基部との連結部の外形であることを特徴とする振動片の製造方法。

## 【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれか一項において、

前記外縁は、前記基部と保持部との間に設けられた切り欠き部の外形であることを特徴とする振動片の製造方法。

## 【請求項 7】

10

20

30

40

50

請求項 1 乃至 6 のいずれか一項において、

前記外縁は、保持腕に設けられた湾曲部の内側の外形であることを特徴とする振動片の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、振動片の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

HDD (ハード・ディスク・ドライブ)、モバイルコンピューター、あるいはICカード等の小型の情報機器や、携帯電話、自動車電話、又はページングシステム等の移動体通信機器等において、振動子や発振器等の電子デバイスが広く使用されている。 10

従来から、振動子や発振器が備える振動片の形状は、基部と、基部から互いに平行となるように並んで延出する一対の振動腕とを有した音叉構造が一般的である。また、基部には振動腕の振動エネルギーを保持部へ漏洩するのを防止するための切り欠き部が設けられている。しかし、基部と結合する一対の振動腕の股部や基部に設けられた切り欠き部が鋭角に形成されているため、衝撃時に股部や切り欠き部に応力集中が発生し、その部分から破損するという問題があった。

そのため、特許文献1では、基部と振動腕の結合部を振動腕の幅が基部に近づくに連れて広がるように曲線で形成し、また、切り欠き部の先端部も曲線で形成することで、衝撃時の応力集中による股部や切り欠き部での破損を低減し、耐衝撃特性を向上させている。 20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2011-239132号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、一般的な水晶振動片の製造方法として、フォトリソグラフィ技術とウェットエッチング技法により、振動片の股部や切り欠き部を曲線に形成したマスクを用いて製造すると、振動片の外形を曲線的に加工した部分において、結晶の異方性により、直線的な結晶面同士が交差する交点が生じ、衝撃時の応力がその交点の部分に集中し破損するという問題がある。 30

【課題を解決するための手段】

【0005】

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

【0006】

【適用例1】本適用例に係る振動片の製造方法は、水晶の電気軸としてのX軸、機械軸としてのY軸、光学軸としてのZ軸からなる直交座標系の前記X軸を回転軸として、前記Z軸を前記Y軸の-Y方向へ+Z側が回転するように回転角度だけ傾けた軸をZ'軸、前記Y軸を前記Z軸の+Z方向へ+Y側が回転するように前記回転角度だけ傾けた軸をY'軸としたとき、前記Z'軸を中心、前記X軸と互いに120°で交差しているX1軸およびX2軸と、前記Z'軸を中心、前記Y'軸と互いに120°で交差しているY'1軸およびY'2軸と、を含む水晶基板をエッチングすることにより、基部と、前記基部の端部から延在され、且つ、一体的に設けられている少なくとも1つの振動腕と、を含む振動片を製造する振動片の製造方法であって、前記水晶基板の表面上に前記振動片に対応するマスクを配置する工程と、前記水晶基板の前記マスクから露出する領域をウェットエッチングして前記振動片の外形を形成する工程と、を含み、前記マスクは、前記マスクの凹状の外縁において、前記外縁のうち、前記凹状の外縁の法線ベクトルの方向が少なくと 40

も、前記 X 軸の正方向、前記 X 1 軸の正方向、前記 X 2 軸の正方向、の何れかの方向を向いている箇所を含む領域の前記水晶基板の表面を覆う凸部を含むことを特徴とする。

【 0 0 0 7 】

本適用例によれば、水晶基板から振動腕を有する振動片を製造する方法において、振動片の外形形状で凹状の外縁に X 軸、X 1 軸および X 2 軸の各正方向に向けて、凸部を連結したマスクとすることで、振動片の外形を形成するエッティングにおいて、結晶の異方性により生じる、衝撃時に応力集中し易い直線的な結晶面同士が交差する交点の発生を防ぎ、耐衝撃特性に優れた振動片を得ることができるという効果がある。

【 0 0 0 8 】

[ 適用例 2 ] 上記適用例に記載の振動片の製造方法において、前記振動片は、前記 Y 軸、前記 Y ' 1 軸、前記 Y ' 2 軸、の何れか所定の軸に沿って延びる所定の振動腕が設けられており、前記凸部は、前記所定の軸に直交する、前記 X 軸の正方向、前記 X 1 軸の正方向、前記 X 2 軸の正方向、の何れかの方向に、前記所定の振動腕の正面の外形よりも大きく作られた前記マスクの端部と前記正面の外形との間の長さを L としたとき、前記凸部の前記何れかの方向に沿った長さは、少なくとも L / 2 以上であることを特徴とする。 10

【 0 0 0 9 】

本適用例によれば、マスクの凸部の各 X 軸の正方向の何れかの方向の長さをマスクの端部とエッティングにより形成した振動腕の外形との間の長さ L に対して、L / 2 以上として、振動片の外形形状で凹状の外縁における X 軸、X 1 軸および X 2 軸の各正方向からのエッティングを遅らせることができるために、結晶の異方性により生じる、衝撃時に応力集中し易い直線的な結晶面同士が交差する交点の発生を防ぐことができる。 20

【 0 0 1 0 】

[ 適用例 3 ] 上記適用例に記載の振動片の製造方法において、前記凸部の前記何れかの方向に沿った長さは、L 以上 1 . 5 L 以下であることを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

本適用例によれば、マスクの凸部の各 X 軸方向の何れかの方向の長さを L 以上 1 . 5 L 以下の範囲内として、振動片の外形形状で凹状の外縁における X 軸、X 1 軸および X 2 軸の各正方向からのエッティングを遅らせることができるために、結晶の異方性により生じる、衝撃時に応力集中し易い直線的な結晶面同士が交差する交点の発生を防ぐことができ、また、逆に凸部を残すことがないという効果がある。 30

【 0 0 1 2 】

[ 適用例 4 ] 上記適用例に記載の振動片の製造方法において、前記回転角度 は、- 15 ° 15 ° の関係を満たしていることを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

本適用例によれば、水晶基板の X 軸廻りに回転する回転角度 を - 15 ° 15 ° の範囲として、振動片の有する 2 次曲線の温度特性における頂点温度を変化させることができるために、所定の温度範囲における温度特性規格を満足する振動片を得ることができるという効果がある。

【 0 0 1 4 】

[ 適用例 5 ] 上記適用例に記載の振動片の製造方法において、前記外縁は、前記振動腕と前記基部との連結部の外形であることを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

本適用例によれば、凸部を連結する外縁が振動腕と基部との連結部の外形であることにより、X 1 軸の正方向からのエッティングを遅らせることができるために、結晶の異方性により生じる、衝撃時に応力集中し易い直線的な結晶面同士の交点の発生を防ぐことができるという効果がある。

【 0 0 1 6 】

[ 適用例 6 ] 上記適用例に記載の振動片の製造方法において、前記外縁は、前記基部と保持部との間に設けられた切り欠き部の外形であることを特徴とする。 40 50

## 【0017】

本適用例によれば、凸部を連結する外縁が基部と保持部との間に設けられた切り欠き部の外形であることにより、X軸、X1軸およびX2軸の各正方向からのエッチングを遅らせることができるため、結晶の異方性により生じる、衝撃時に応力集中し易い直線的な結晶面同士の交点の発生を防ぐことができるという効果がある。

## 【0018】

[適用例7] 上記適用例に記載の振動片の製造方法において、前記外縁は、保持腕に設けられた湾曲部の内側の外形であることを特徴とする。

## 【0019】

本適用例によれば、凸部を連結する外縁が保持腕に設けられた湾曲部の内側の外形であることにより、X1軸の正方向からのエッチングを遅らせることができるため、結晶の異方性により生じる、衝撃時に応力集中し易い直線的な結晶面同士の交点の発生を防ぐことができるという効果がある。

10

## 【図面の簡単な説明】

## 【0020】

【図1】従来の振動片の製造方法に用いるエッチング用のマスクの形状図。

【図2】従来のエッチング用のマスクで製造した振動片の平面図。

【図3】従来のエッチング用のマスクで製造した振動片のB1部SEM写真図。

【図4】従来のエッチング用のマスクで製造した振動片のB2部SEM写真図。

20

【図5】従来のエッチング用のマスクで製造した振動片のB3部SEM写真図。

【図6】本発明の第1の実施形態に係る振動片の製造方法に用いるエッチング用のマスクの形状図。

【図7】本発明の第1の実施形態に係るエッチング用のマスクのA部拡大図。

【図8】本発明の第1の実施形態に係るエッチング用のマスクの凸部の変形例1を示す形状図。

【図9】本発明の第1の実施形態に係るエッチング用のマスクの凸部の変形例2を示す形状図。

【図10】本発明の第1の実施形態に係るエッチング用のマスクの凸部の変形例3を示す形状図。

30

【図11】本発明の第2の実施形態に係る振動片の製造方法に用いるエッチング用のマスクの形状図。

【図12】本発明の第2の実施形態に係るエッチング用のマスクのD部拡大図。

【図13】本発明の第2の実施形態に係る振動片の平面図。

【図14】本発明の第3の実施形態に係る振動片の製造方法に用いるエッチング用のマスクの形状図。

【図15】本発明の第3の実施形態に係るエッチング用のマスクのE部拡大図。

【図16】本発明の第3の実施形態に係る振動片の平面図。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0021】

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。

40

## 【0022】

2本の振動腕を有する音叉構造の振動片の製造方法は、大型の水晶基板に複数の振動片を一括して形成することができるフォトリソグラフィ技術とウェットエッチング技法を用いて行われる。

先ず、水晶基板の正面の表裏にエッチング保護膜、例えば、クロム(Cr)を下地とした金(Au)を蒸着やスパッタリング等によって成膜し、レジスト膜を塗布後に振動片の外形形状に形成されたマスクを用いてフォトリソグラフィ技術により、水晶基板の表面に振動片に対応する外形形状のマスクを配置する。その後、エッチング保護膜となるマスクから露出した領域をフッ酸系エッチング液でウェットエッチングすることにより振動片の外形を形成することができる。

50

## 【0023】

次に、本発明の実施形態に係る水晶基板について説明する。

音叉構造の振動片を製造するために使用される水晶基板は、水晶のX軸とY軸とを含む面を主面とし、Z軸に沿った方向を厚さ方向としたとき、X軸を中心にして回転角度で回転した基板であり、I E E E表示(Z Y w)の関係を満たしている。つまり、水晶の電気軸としてのX軸、機械軸としてのY軸、光学軸としてのZ軸からなる直交座標系の前記X軸を回転軸として、前記Z軸を前記Y軸の-Y方向へ+Z側が回転するように回転角度だけ傾けた軸をZ'軸、前記Y軸を前記Z軸の+Z方向へ+Y側が回転するように前記回転角度だけ傾けた軸をY'軸とする。

この水晶基板は、一般的に、Zカット水晶基板と称されるものである。また、水晶基板の結晶軸は、X軸、Y'軸、Z'軸で構成され、Z'軸を中心に、X軸と互いに120°で交差しているX1軸とX2軸、Z'軸を中心に、Y'軸と互いに120°で交差しているY'1軸とY'2軸、を備えている。更に、回転角度=0°の場合は、Y'軸=Y軸、Z'軸=Z軸となる。

10

## 【0024】

なお、回転角度は振動片の温度特性に関係するパラメーターのため、2次曲線の温度特性における頂点温度を常温付近とするために回転角度=+2°の水晶基板が多く用いられる。しかし、支持部の構造や位置、接合材の種類、励振用電極の種類や厚さ、水晶基板の厚さなどによって、振動片の温度特性の頂点温度が変動するため、所定の温度範囲における温度特性規格を満足するためには-15°～15°の範囲内にすることが好ましい。

20

## 【0025】

次に、従来のエッティング用のマスクで製造した振動片について説明する。

図1は、従来の振動片の製造方法に用いるエッティング用のマスクの形状図である。また、図2は、図1に示す従来のエッティング用のマスクで製造した振動片の平面図である。図3、図4および図5は、図2のB1部、B2部およびB3部のSEM写真図である。図1と図2はマスク101と振動片101aとの関係であるが、構成する同一の部分には同一符号を付してある。

20

## 【0026】

図1と図2に示すように、従来の振動片101aの製造方法に用いるエッティング用のマスク101とマスク101を用いて製造した振動片101aは、基部10と、溝部18a、18bを有する振動部12a、12bと錐部14a、14bとを備えた振動腕16a、16bと、湾曲部24a、24bと支持部28a、28bとを有する保持腕26a、26bを備えた保持部22と、を含む。

30

## 【0027】

振動腕16a、16bは、曲線の外縁を有する連結部20a、20bを介して基部10に連結されている。また、保持部22は、基部10の平面視で2本の振動腕16a、16bが連結された側とは対向する位置に配置され、基部10と連結している位置に切り欠き部32a、32bが設けられている。なお、略矩形状である振動部12a、12bの長辺方向は、Y'軸に平行した方向に沿って形成されている。また、振動部12a、12bの長辺方向は、水晶は三方晶系のため、Z'軸の周りを120°回転したY'1軸やY'2軸方向に沿って形成しても構わない。

40

## 【0028】

ここで、従来のマスク101は、凹状である股部30や切り欠き部32a、32bを曲線状として、衝撃時の応力集中による破損を低減し、耐衝撃特性を向上させている。

しかし、製造した振動片101aの耐衝撃特性を評価した結果、破損による不良が発生する虞があることが判明した。破損した振動片101aを調査すると、従来のマスク101を用いてウェットエッティングにより製造した振動片101aのB1部、B2部およびB3部には、図3、図4および図5に示すように、振動片101aの外形に直線的な結晶面同士が交差する交点(破線ので囲ったC1部、C2部およびC3部)があり、この交点

50

部分を起点として破損が生じていることが判明した。

【0029】

なお、結晶面同士の交点の位置は、Y'軸と平行で、エッチング加工された振動片101aの表面部の外形に接した仮想直線BL1a, BL1b, BL1cと60°の角度を成して交わる仮想直線BL2a, BL2b, BL2cが振動片101aの表面の外形に接した箇所である。

【0030】

次に、振動片101aのB1部、B2部およびB3部において、結晶面同士の交点が生じる要因は、水晶基板のエッチング速度が結晶軸方向により異なり、この場合、X1軸の正方向が一番速いためである。つまり、X1軸の正方向からのエッチングが速いことで、エッチング速度の遅い結晶面がX1軸の正方向の両側に生じ、その後、エッチングが進行することで、両側の結晶面同士が接するためである。なお、水晶は三方晶系のため、X1軸の他にZ'軸の周りを120°回転したX軸とX2軸とがあり、いずれも正方向からのエッチング速度は同等で、各結晶軸方向の中で一番速い。

【0031】

そのため、振動片の耐衝撃特性を向上させるために、エッチングによって生じる結晶面同士の交点を回避するには、股部30や切り欠き部32a, 32bにおいて、X軸、X1軸およびX2軸の各正方向からのエッチング速度を遅くする必要がある。

【0032】

<第1の実施形態>

図6は、本発明の第1の実施形態に係る振動片の製造方法に用いるエッチング用のマスクの形状図である。また、図7は、図6に示す本発明の第1の実施形態に係るエッチング用のマスクのA部拡大図である。

第1の実施形態に係るエッチング用のマスク1は、図6に示すように、従来のマスク101とは異なり、保持腕26aの湾曲部24aの内側の凹状の外縁36に凸部40aが連結して形成されている。また、振動腕16aと基部10との連結部20aで、振動腕16a, 16bの股部30側に凸部40bが連結して形成されている。更に、基部10と保持部22との間に設けられた切り欠き部32bの先端34に凸部40cが連結して形成されている。

【0033】

凸部40aは、図7に示すように、Y'軸方向を長辺とする略矩形形状であり、Y'軸方向と平行して配置されている。また、マスク1と連結された側と反対側で、センターラインCLに対し-X軸側に位置する凸部40aの角部は、仮想直線BL1と60°の角度を成して交わる仮想直線BL2と、マスク1の外形ラインと、の接点における法線ベクトルNVの正方向に一致するように配置されている。なお、法線ベクトルNVの方向は、水晶基板の結晶軸であるX軸方向と120°の角度を成すX1軸方向と同じである。

【0034】

更に、凸部40aの法線ベクトルNVに沿った長さL1は、実線で示すマスク1の外形ラインと破線で示すエッチング加工後の振動片100の外形ラインとの間の長さLの少なくともL/2以上であり、できればL以上1.5L以下の範囲内であるのが好ましい。凸部40aのL1の長さをL以上1.5L以下の範囲内とすることで、振動片100の外形形状で凹状の外縁におけるX軸、X1軸およびX2軸の各正方向からのエッチングを遅らせることができるため、結晶の異方性により生じる直線的な結晶面同士の交差する交点の発生を防ぐことができる。これにより、衝撃時に応力集中が起き難くなる。また更に、逆に凸部を残さないためである。

【0035】

なお、股部30に設けられた凸部40bと、切り欠き部32bに設けられた凸部40cとは、拡大して説明していないが、凸部40aと同様である。凸部40bの-X軸側の角部は、Y'軸と平行に形成されている振動部12aの股部30側の側面に沿った仮想直線と60°の角度を成して交わる仮想直線がマスク1の外形ラインとの接点における法線

10

20

30

40

50

ベクトル(  $X_1$  軸方向と同じ)の正方向に一致するように配置されている。

【 0 0 3 6 】

また、凸部 40c の -  $X$  軸側の角部は切り欠き部 32b の先端 34 の外形ラインと接する  $Y'$  軸と平行な仮想直線と  $60^\circ$  の角度を成して交わる仮想直線がマスク 1 の外形ラインとの接点における法線ベクトル(  $X_1$  軸方向と同じ)の正方向に一致するように配置されている。

【 0 0 3 7 】

このような凸部 40a, 40b, 40c を有するマスク形状とすることで、 $X_1$  軸の正方向からのエッティング速度を遅くすることができるため、股部 30 や切り欠き部 32b に生じ易い直線的な結晶面同士の交点の発生を回避でき、耐衝撃特性が向上した振動片 100 を得ることができる。

10

【 0 0 3 8 】

< 変形例 >

ここで、第 1 の実施形態に係る凸部の変形例について説明する。

図 8 ~ 図 10 は、本発明の第 1 の実施形態に係るエッティング用のマスクの凸部の変形例 1 ~ 3 を示す形状図である。なお、第 1 の実施形態との共通部分については、同一符号を付して詳細な説明を省略し、第 1 の実施形態と異なる部分を中心に説明する。

【 0 0 3 9 】

図 8 に示すように、エッティング用のマスク 1a における変形例 1 の凸部 42a は、略矩形形状であり、長辺方向が  $X_1$  軸方向と一致する法線ベクトル NV に沿って配置されている。

20

これによれば、凸部 42a により  $X_1$  軸方向からのエッティングを確実に遅延させることができるので、股部 30 や切り欠き部 32b に生じ易い直線的な結晶面同士の交点の発生を回避でき、耐衝撃特性の向上を図ることができる。

【 0 0 4 0 】

図 9 に示すように、エッティング用のマスク 1b における変形例 2 の凸部 42b は、略台形形状であり、長さ L1 とする長手方向が  $X_1$  軸方向と一致する法線ベクトル NV に沿って配置されている。従って、 $X_1$  軸方向からのエッティングを確実に遅延させることができ、股部 30 や切り欠き部 32b に生じ易い直線的な結晶面同士の交点の発生を回避できるので、耐衝撃特性の向上を図ることができる。

30

【 0 0 4 1 】

図 10 に示すように、エッティング用のマスク 1c における変形例 3 の凸部 42c は、三角形状であり、三角の頂点が  $X_1$  軸方向と一致する法線ベクトル NV に沿って配置されている。よって、 $X_1$  軸方向からのエッティングを確実に遅延させることができ、股部 30 や切り欠き部 32b に生じ易い直線的な結晶面同士の交点の発生を回避できることとなり、耐衝撃特性の向上を図ることができる。

【 0 0 4 2 】

< 第 2 の実施形態 >

次に、本発明の第 2 の実施形態について説明する。

図 11 は、本発明の第 2 の実施形態に係る振動片の製造方法に用いるエッティング用のマスクの形状図である。また、図 12 は、図 11 に示す本発明の第 2 の実施形態に係るエッティング用のマスクの D 部拡大図である。図 13 は、本発明の第 2 の実施形態に係るエッティング用のマスクを用いて製造した振動片の平面図である。なお、図 11 と図 13 はマスク 2 と振動片 200 との関係であるが、構成する同一の部分には同一符号を付してある。

40

【 0 0 4 3 】

図 13 に示す振動片 200 は、基部 110 と、溝部 118a, 118b を有する振動部 112a, 112b と錐部 114a, 114b とを備えた振動腕 116a, 116b と、支持部 128 を有する保持部 122 と、を含み構成されている。振動腕 116a, 116b は、曲線の外縁を有する連結部 120a, 120b を介して基部 110 に連結されている。また、保持部 122 は、平面視で 2 本の振動腕 116a, 116b の間に配置され、

50

基部 110 と連結している位置に切り欠き部 132a, 132b が設けられている。

【0044】

振動片 200 を製造するための第 2 の実施形態に係るエッチング用のマスク 2 は、振動腕 116a の連結部 120a に凸部 140a が連結して形成されている。また、保持部 122 と基部 110 との間に設けられた切り欠き部 132a, 132b にはそれぞれの先端 134a, 134b に凸部 140b, 140c が連結して形成されている。

【0045】

図 12 に示すマスク 2 の D 部拡大図において、凸部 140a は、第 1 の実施形態に係る凸部 40a, 40b, 40c と同様に、凸部 140a の長さ L1 が法線ベクトル NV1 (X1 軸方向と同じ) の正方向に一致するように設けられている。しかし、凸部 140b は、略矩形形状であり、長辺方向がマスク 2 の切り欠き部 132a の先端 134a と Y' 軸に平行な仮想直線 BL21 との接点における法線ベクトル NV2 (X 軸方向と同じ) の正方向に一致するように配置されている。つまり、第 1 の実施形態の変形例 1 と同様な構成で設けられている。

【0046】

このような凸部 140a, 140b, 140c を有するマスク形状とすることで、X 軸や X1 軸の各正方向からのエッチング速度を遅くすることができるため、連結部 120a や切り欠き部 132a, 132b に生じ易い直線的な結晶面同士の交点の発生を回避でき、耐衝撃特性が向上した振動片 200 を得ることができる。

【0047】

<第 3 の実施形態>

次に、本発明の第 3 の実施形態について説明する。

図 14 は、本発明の第 3 の実施形態に係る振動片の製造方法に用いるエッチング用のマスクの形状図である。また、図 15 は、図 14 に示す本発明の第 3 の実施形態に係るエッチング用のマスクの E 部拡大図である。図 16 は、本発明の第 3 の実施形態に係るエッチング用のマスクを用いて製造した振動片の平面図である。なお、図 14 と図 16 はマスク 3 と振動片 300 との関係であるが、構成する同一の部分には同一符号を付してある。

【0048】

図 16 に示す振動片 300 は、基部 210 と、溝部 218a, 218b を有する振動部 212a, 212b と錐部 214a, 214b とを備えた振動腕 216a, 216b と、支持部 228 を有する保持部 222 と、を含み構成されている。振動腕 216a, 216b は、曲線の外縁を有する連結部 220a, 220b を介して基部 210 に連結されている。また、保持部 222 は、基部 210 の平面視で 2 本の振動腕 216a, 216b が連結された側とは対向する位置に配置され、基部 210 と連結している位置に切り欠き部 232a, 232b が設けられている。

【0049】

振動片 300 を製造するための第 3 の実施形態に係るエッチング用のマスク 3 は、保持部 222 と基部 210 との間に設けられた切り欠き部 232a の先端 234a に凸部 240a が連結して形成されている。また、振動腕 216a の連結部 220a に凸部 240b が連結して形成されている。更に、切り欠き部 232b の先端 234b に凸部 240c, 240d が連結して形成されている。

【0050】

図 15 に示すマスク 3 の E 部拡大図において、凸部 240c は、第 1 の実施形態に係る凸部 40a, 40b, 40c と同様に、凸部 240c の長さ L1 が切り欠き部 232b の先端 234b と接する Y' 軸に平行な仮想直線 BL31 と 60° の角度 を成して交わる仮想直線 BL32 がマスク 3 の外形ラインとの接点における法線ベクトル NV3 (X1 軸方向と同じ) の正方向に一致するように設けられている。しかし、凸部 240d は、略矩形形状であり、マスク 3 と連結された側と反対側で、+Y' 軸側に位置する凸部 240d の角部は X 軸方向と平行で切り欠き部 232b の基部 210 側の側面に沿った仮想直線 BL41 と 60° の角度 を成して交わる仮想直線 BL42 がマスク 3 の外形ラインとの接

10

20

30

40

50

点における法線ベクトル  $NV4$  (  $X2$  軸方向と同じ ) の正方向に一致するように設けられている。

### 【0051】

このような凸部  $240a$ ,  $240b$ ,  $240c$ ,  $240d$  を有するマスク形状とすることで、 $X$  軸、 $X1$  軸および $X2$  軸の各正方向からのエッティング速度を遅くすることができるため、股部  $230$  や切り欠き部  $232a$ ,  $232b$  に生じ易い直線的な結晶面同士の交点の発生を回避でき、耐衝撃特性が向上した振動片  $300$  を得ることができる。

### 【0052】

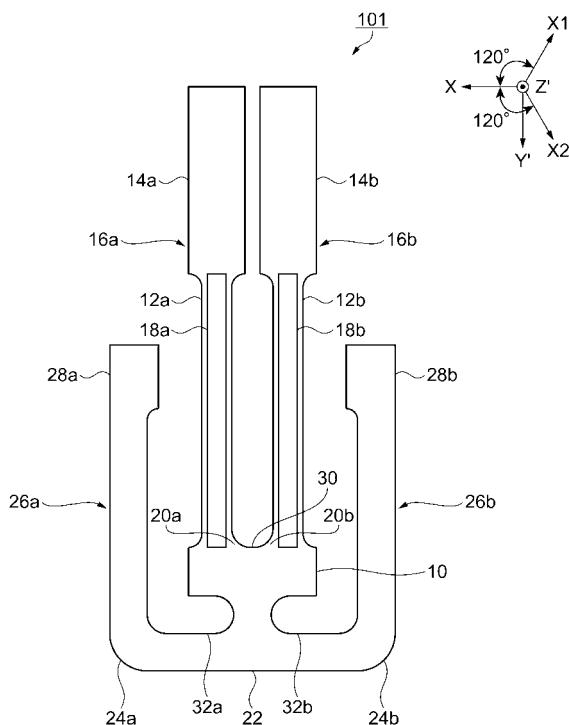
以上、本発明の実施形態に係る振動片を製造するマスク  $1$ ,  $2$ ,  $3$  では、凸部が $X$  軸の 3 軸 ( $X$  軸、 $X1$  軸および $X2$  軸) 総てに対応して設けられているものと、1 軸 ( $X1$  軸) のみや 2 軸 ( $X$  軸と $X1$  軸) のみに設けられているものがある。これは、曲線状に形成された連結部や切り欠き部の大きさや角度の違いにより直線的な結晶面同士の交点の発生が異なるためであり、各種構造の振動片を製造するマスクにおいて、凸部を $X$  軸の 3 軸総てに設けても、1 軸のみや 2 軸のみに設けても構わない。また、凸部の長さ  $L1$  は、前述したように、マスクの外形ラインとエッティング加工後の振動片の外形ラインとの長さ  $L$  の少なくとも  $L/2$  以上であり、できれば  $L$  以上  $1.5L$  以下の範囲内であるのが好ましい。

### 【符号の説明】

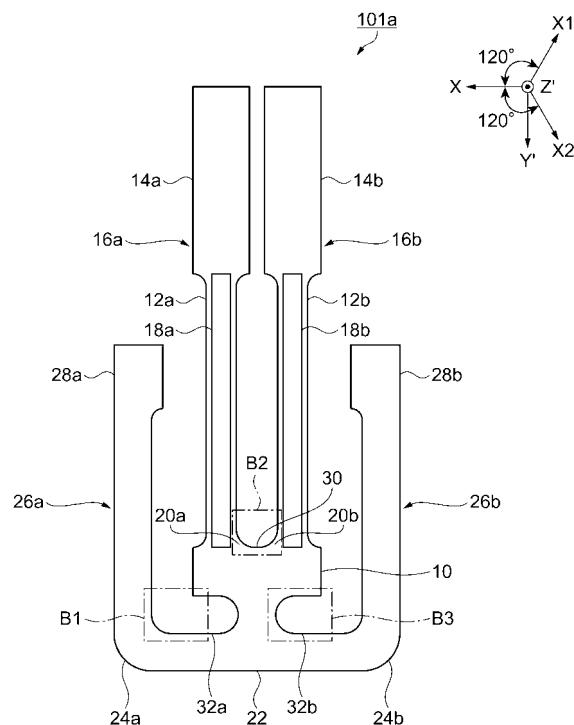
### 【0053】

1 ... マスク、10 ... 基部、12a, 12b ... 振動部、14a, 14b ... 錘部、16a, 16b ... 振動腕、18a, 18b ... 溝部、20a, 20b ... 連結部、22 ... 保持部、24a, 24b ... 湾曲部、26a, 26b ... 保持腕、28a, 28b ... 支持部、30 ... 股部、32a, 32b ... 切り欠き部、34 ... 先端、36 ... 外縁、40a, 40b, 40c ... 凸部、100 ... 振動片。

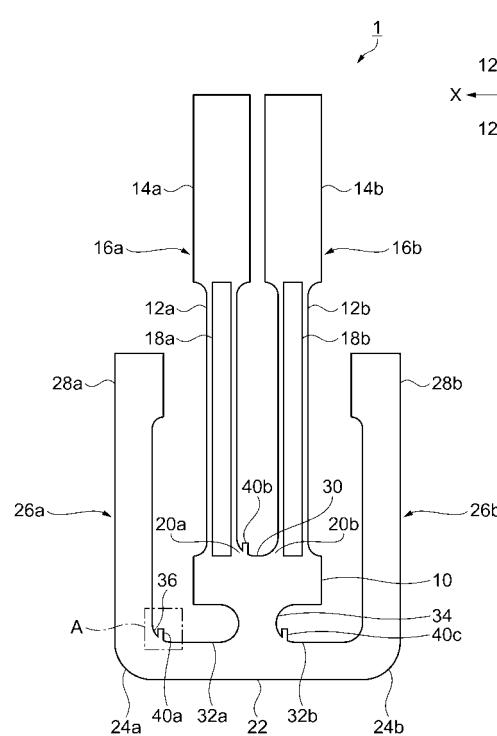
【図 1】



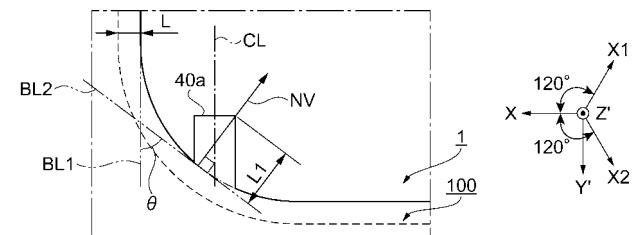
【図 2】



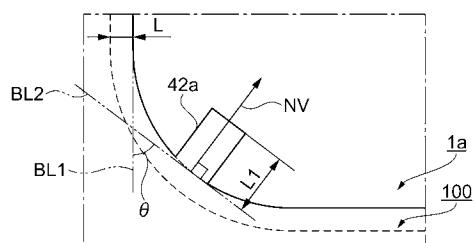
【図6】



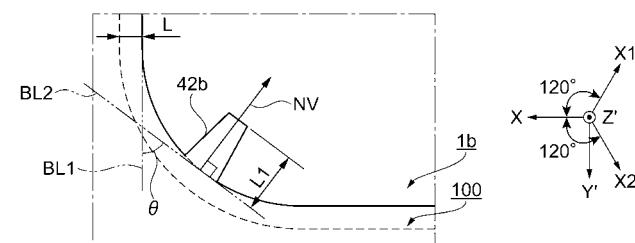
【図7】



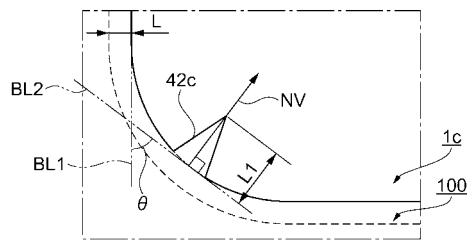
【図8】



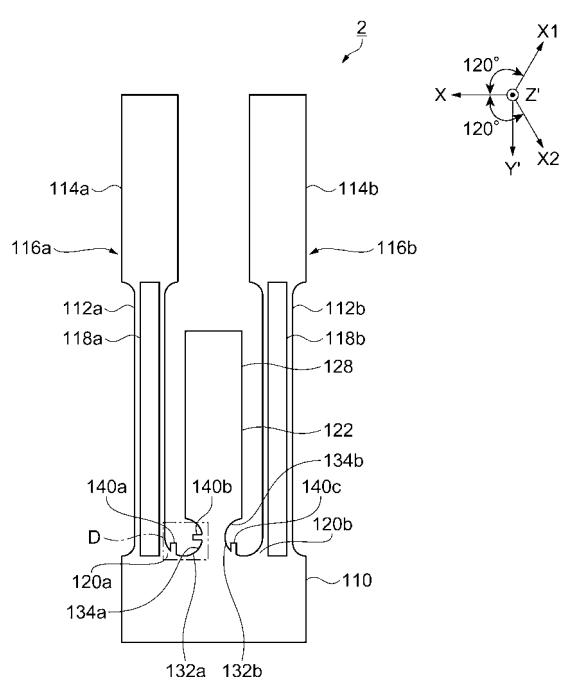
【図9】



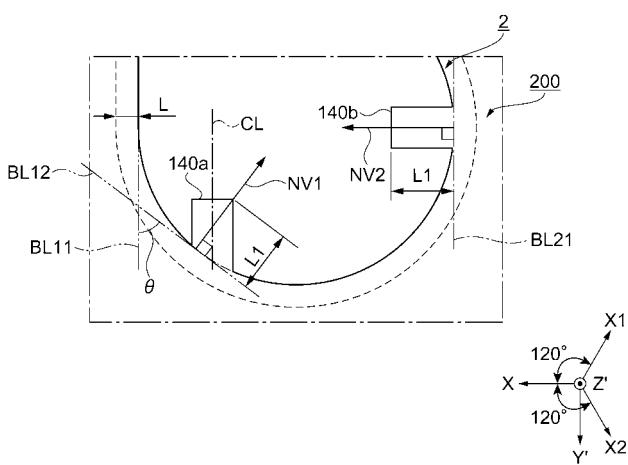
【図 1 0】



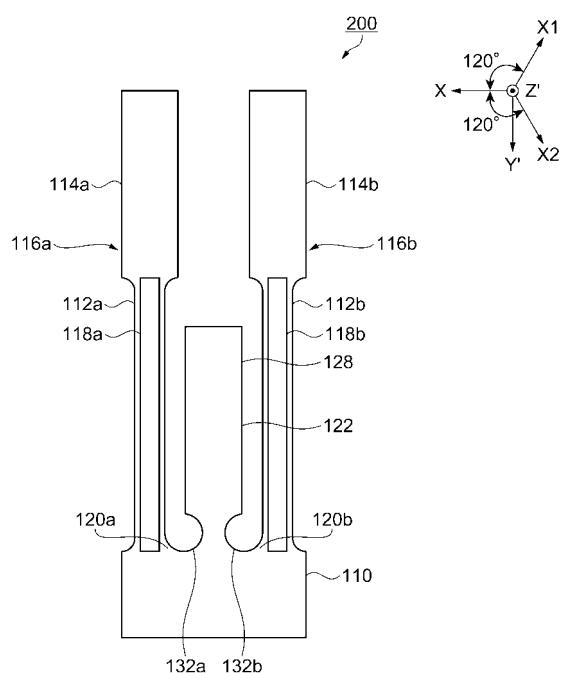
【図 1 1】



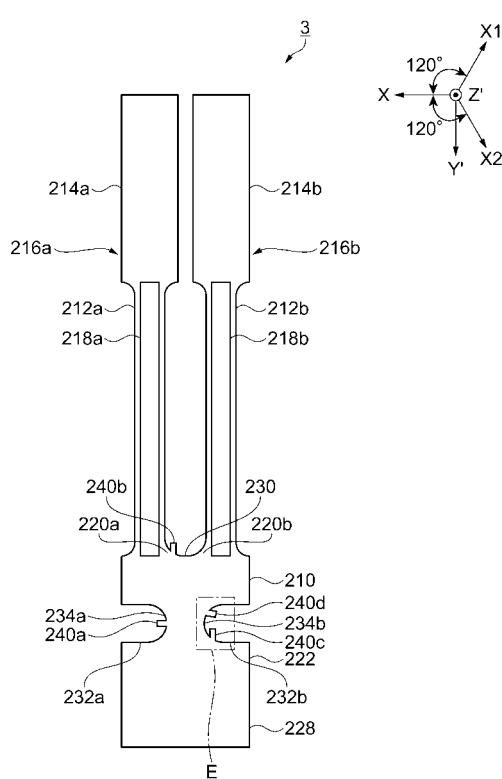
【図 1 2】



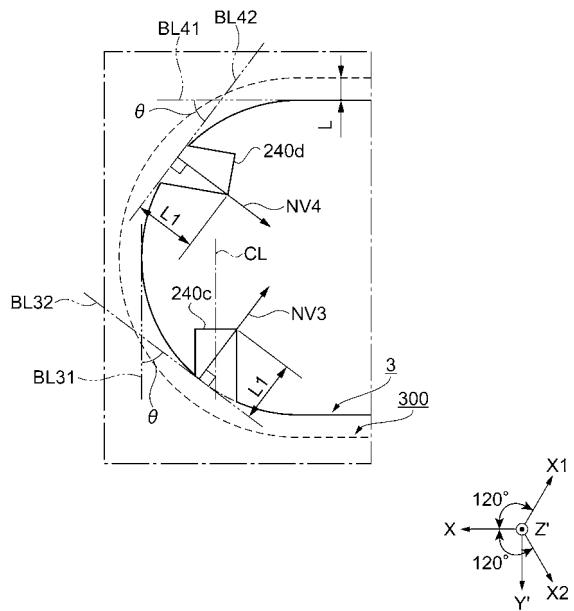
【図 1 3】



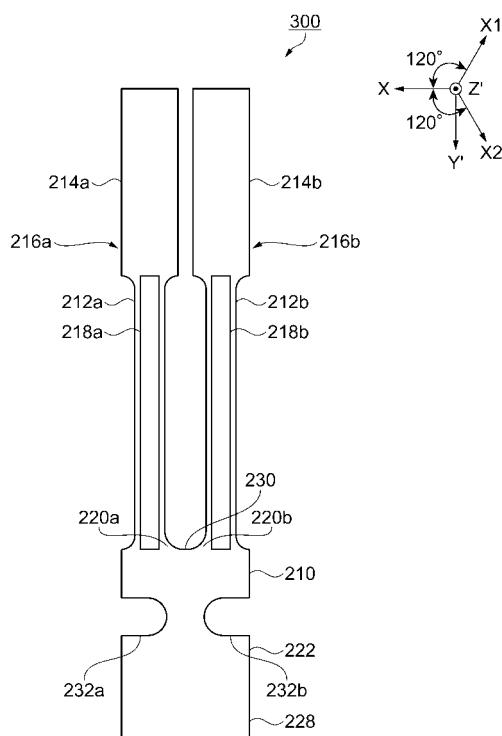
【図14】



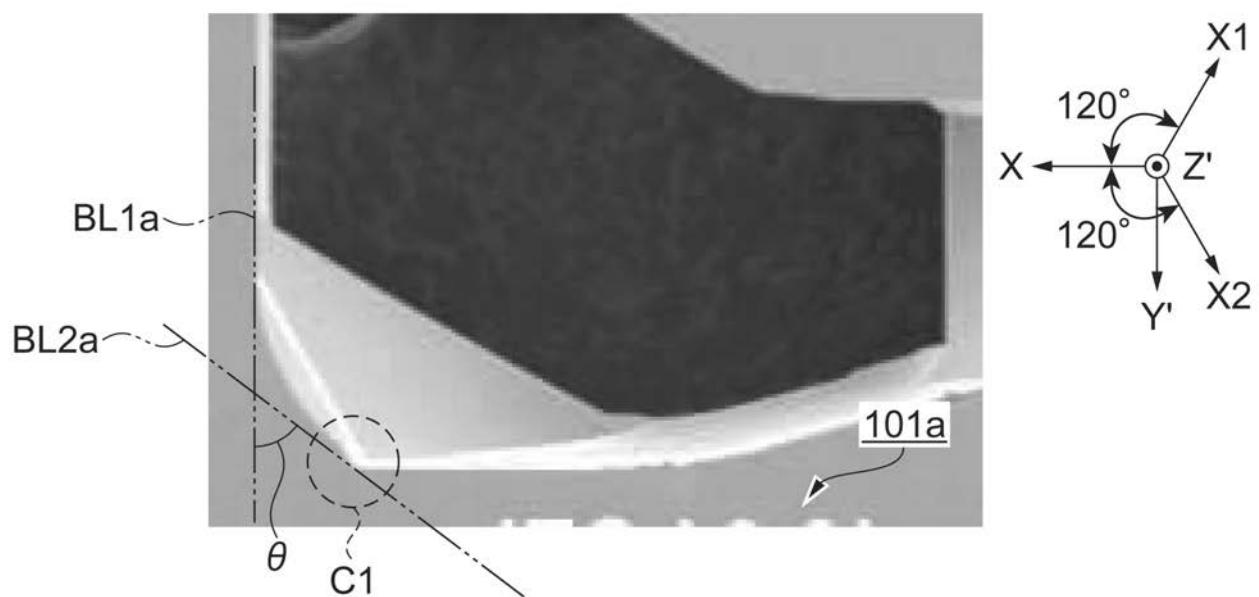
【図15】



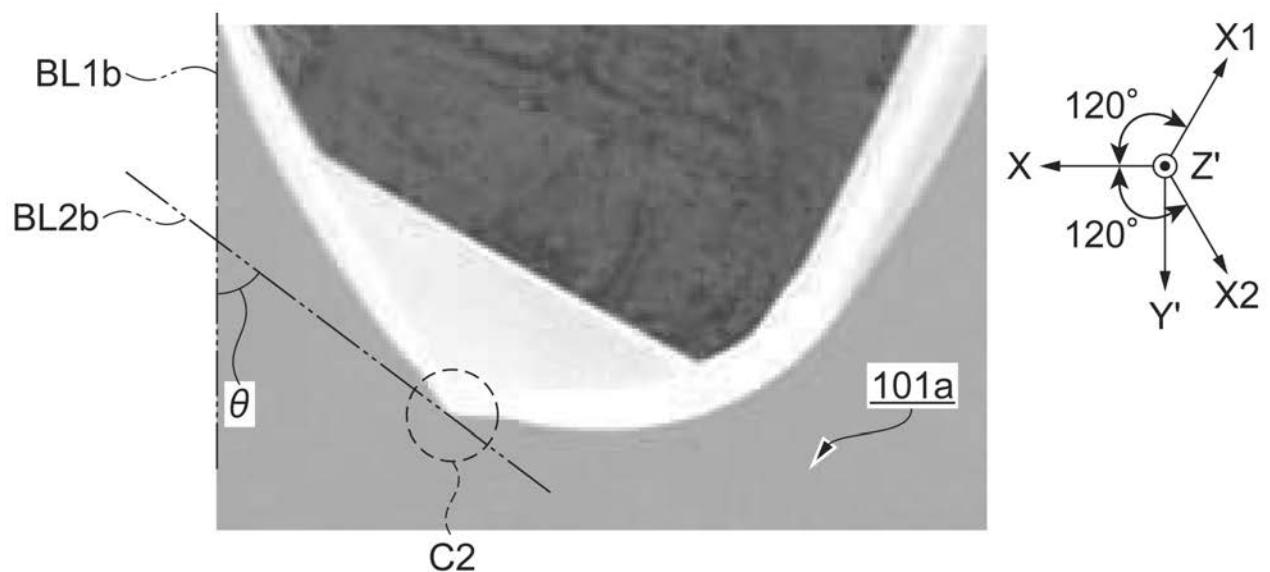
【図16】



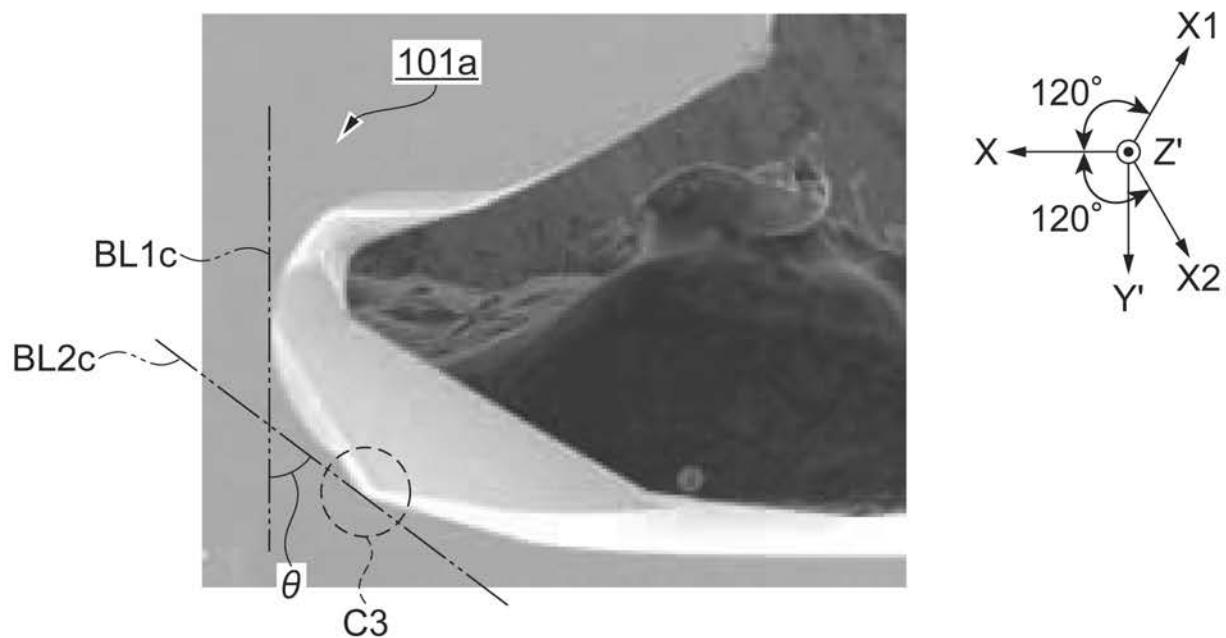
【図3】



【図4】



【図5】



---

フロントページの続き

(72)発明者 小林 良伊  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内  
F ターム(参考) 5J108 BB02 CC06 CC11 KK01 MM11