世界知的所有権機関
国際事務局

PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(51) 国際特許分類6 **G01P 15/09, G01L 9/08, 1/16, H01L 41/22**	**A1**	(11) 国際公開番号	**WO99/02995**
		(43) 国際公開日	1999年1月21日(21.01.99)

(21) 国際出願番号 PCT/JP98/03101

(22) 国際出願日 1998年7月10日(10.07.98)

(30) 優先権データ
特願平9/186332 1997年7月11日(11.07.97) JP

(71) 出願人（米国を除くすべての指定国について）
松下電器産業株式会社
(MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.)[JP/JP]
〒571-8501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka, (JP)
(72) 発明者；および
(75) 発明者／出願人（米国についてのみ）
西原和成(NISHIHARA, Kazunari)[JP/JP]
〒593-8303 大阪府堺市上野芝向ヶ丘町4-11-8 Osaka, (JP)
窪田清朝(KUBOTA, Kiyotomo)[JP/JP]
〒571-0059 大阪府門真市堂山町12-27-B202 Osaka, (JP)
多鹿博文(TAJIKA, Hirohumi)[JP/JP]
〒535-0031 大阪府大阪市旭区高殿2-18-13-311 Osaka, (JP)
野村幸治(NOMURA, Koji)[JP/JP]
〒575-0013 大阪府四条畷市田原台2-37-8 Osaka, (JP)
島村徹郎(SHIMAMURA, Tetsuro)[JP/JP]
〒606-8247 京都府京都市左京区田中東春菜町15-7 Kyoto, (JP)
佐々木幸紀(SASAKI, Yukinori)[JP/JP]
〒662-0032 兵庫県西宮市桜谷町11-13-501 Hyogo, (JP)
山口雅子(YAMAGUCHI, Masako)[JP/JP]
〒572-0833 大阪府寝屋川市初町2-17-1007 Osaka, (JP)
(74) 代理人
弁理士 滝本智之, 外(TAKIMOTO, Tomoyuki et al.)
〒571-8501 大阪府門真市大字門真1006番地
松下電器産業株式会社内 Osaka, (JP)

(81) 指定国 KR, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

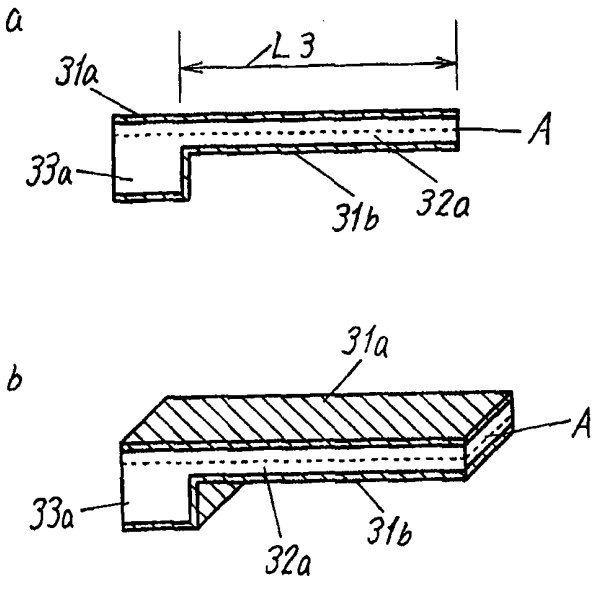
添付公開書類
国際調査報告書

(54)Title: **BIMORPH PIEZOELECTRIC DEVICE FOR ACCELERATION SENSOR AND METHOD OF ITS MANUFACTURE**

(54)発明の名称 加速度センサー用バイモルフ型圧電素子とその製造方法

(57) Abstract

A bimorph piezoelectric acceleration sensor used for sensing the vibration of any of various types of devices such as a hard-disc drive, a CD-ROM drive, etc., which is small in size, high in sensitivity, reduced in variation of sensitivity and low in cost and is produced by grinding a blank of lithium niobate to form a free-vibration part and a support integrally and simultaneously. Two lithium niobate single crystal plates are directly joined to each other in such a way that the directions of polarization are opposite to each other to form a free-vibration part (32a) whose one side is ground to be used as the (32a), while a non-ground part is used as a support (33a), and electrodes (31a and 31b) are formed by electroless plating.



(57)要約

本発明は、ハードディスクやＣＤ－ＲＯＭ等の各種機械の振動検出に用いられる圧電バイモルフ型加速度センサーに関するもので、ニオブ酸リチウムを研削することにより自由振動部と支持体を一体かつ同時に形成することにより、小型・高感度かつ感度ばらつきの小さい低コストな加速度センサー用バイモルフ型圧電素子を提供することを目的とする。

ニオブ酸リチウム単結晶板を分極方向を逆にして直接接合した自由振動部（３２ａ）の片側を、研削により自由振動部（３２ａ）を、非研削部を支持体(３３ａ)として一体かつ同時に形成し、電極（３１ａ，３１ｂ）を無電解めっきにより形成する。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AL アルバニア
AM アルメニア
AT オーストリア
AU オーストラリア
AZ アゼルバイジャン
BA ボズニア・ヘルツェゴビナ
BB バルバドス
BE ベルギー
BF ブルギナ・ファソ
BG ブルガリア
BJ ベナン
BR ブラジル
BY ベラルーシ
CA カナダ
CF 中央アフリカ
CG コンゴー
CH スイス
CI コートジボアール
CM カメルーン
CN 中国
CU キューバ
CY キプロス
CZ チェッコ
DE ドイツ
DK デンマーク
EE エストニア
ES スペイン
FI フィンランド
FR フランス
GA ガボン
GB 英国
GD グレナダ
GE グルジア
GH ガーナ
GM ガンビア
GN ギニア
GW ギニア・ビサオ
GR ギリシャ
HR クロアチア
HU ハンガリー
ID インドネシア
IE アイルランド
IL イスラエル
IN インド
IS アイスランド
IT イタリア
JP 日本
KE ケニア
KG キルギスタン
KP 北朝鮮
KR 韓国
KZ カザフスタン
LC セントルシア
LI リヒテンシュタイン
LK スリ・ランカ
LR リベリア
LS レソト
LT リトアニア
LU ルクセンブルグ
LV ラトヴィア
MC モナコ
MD モルドヴァ
MG マダガスカル
MK マケドニア旧ユーゴスラヴィア共和国
ML マリ
MN モンゴル
MR モーリタニア
MW マラウイ
MX メキシコ
NE ニジェール
NL オランダ
NO ノールウェー
NZ ニュー・ジーランド
PL ポーランド
PT ポルトガル
RO ルーマニア
RU ロシア
SD スーダン
SE スウェーデン
SG シンガポール
SI スロヴェニア
SK スロヴァキア
SL シエラ・レオネ
SN セネガル
SZ スワジランド
TD チャード
TG トーゴー
TJ タジキスタン
TM トルクメニスタン
TR トルコ
TT トリニダッド・トバゴ
UA ウクライナ
UG ウガンダ
US 米国
UZ ウズベキスタン
VN ヴィェトナム
YU ユーゴースラビア
ZW ジンバブエ

明　細　書

加速度センサー用バイモルフ型圧電素子とその製造方法

技術分野

本発明は、ハードディスクやＣＤ－ＲＯＭ等の各種機械の振動検出に用いられる圧電バイモルフ型加速度センサーに関し、特に加速度センサー用圧電素子とその製造方法に関するものである。

背景技術

携帯型パーソナルコンピュータの普及が進むに伴い、これに使用されるハードディスク記憶装置（以降ＨＤＤと呼ぶ）の耐衝撃性が重要視されるようになってきている。これまでに衝撃を加速度として検出する方法として種々の方式のものが実用化されているが、ＨＤＤに内蔵するためには小型・薄型の表面実装型が要求される。これらの要求を満たすものとして圧電セラミックを用いた加速度センサーが広く使用されている。圧電セラミックが加速度センサーとして使用できるのは、加速度（衝撃）αに比例する力Ｆにより圧電セラミックに歪みが生じ、その歪みを電荷（電圧）として取り出せるからである。これを数式で表せば以下のようになる。

$$F = k1 \times \alpha \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

$$Q(V) = k2 \times F \cdots\cdots (2)$$

ここで、ｋ１およびｋ２は比例定数である。

このような圧電セラミックを用いた加速度センサーの構造例を第１２図に示す。第１２図(a)は片持ち梁構造のバイモルフ型加速度センサーであり、第１２図(b)は両持ち梁構造のバイモルフ型加速度センサーを示している。第１３図は第１２図(a)の片持ち梁構造のバイモルフ型加速度センサーの製造方法を示しており、第１４図は第１２図(b)の両持ち梁構造のバイモルフ型加速度センサーの製造方法を示している。

図において、１ａ～１ｄは圧電セラミック、２ａ～２ｄは圧電セラミック上に形成した電極、７ｈ，７ｊはバイモルフ型圧電素子、３ａ，３ｃ，３ｄはバイモルフ型圧電セラミックを接着する接着剤、４ａ，４ｃ，４ｄはバイモルフ型圧電素子を支持、固定する支持体をそれぞれ示している。第１２図(a)の片持ち梁構造では、支持体４ａに固定されていないバイモルフ型圧電素子７ｈのＬ１部が加速度検出用の自由振動部となり、加速度に応じて自由振動部が歪み、歪みによってバイモルフ型圧電素子７ｈ内に生じる電荷を加速度として検出する。第１２図(b)の両持ち梁構造も第１２図(a)と同様に、支持体４ｃ，４ｄに固定されていないバイモルフ型圧電素子７ｊのＬ２部が加速度検出用の自由振動部となる。

なお、これらの加速度センサーの製造方法は、分極方法を反転させた一対の圧電セラミック１ａ～１ｄを接着剤あるいはグリーンシートで積層、一体焼成して形成したバイモルフ型圧電素子７ｈ，７ｊを、支持体４ａ，４ｃ，４ｄに接着剤３ａ，３ｃ，３ｄにより片持ちあるいは両持ち梁の構造になるように接着固定している。

しかしながら、従来の支持体に圧電素子を接着固定する方法は、自由振動部の寸法がばらつくために、固定状態が一定でなくなり、加速度に対する感度がばらつくという問題点があった。加速度αがかかった時、長さLの自由振動部をもつバイモルフ型圧電素子に発生する電荷（電圧）Q（V）は以下のように表される。

$$Q(V) = k3 \times L^2 \times \alpha \cdots\cdots (3)$$

ここで、k3は比例定数である。

発生電荷はセンサーの感度となるので、センサー感度は式(3)より自由振動部の長さLの2乗に比例することになる。

また、製造方法として一つ一つの圧電素子を支持体に接着しなければならないため、低コスト化の妨げとなっていた。

発明の開示

本発明は上記課題を解決するものであり、自由振動部の寸法ばらつきが少なく、小型で高感度で感度ばらつきの少ない加速度センサー用バイモルフ型圧電素子とその製造方法を提供することを目的とする。

上記目的を達成するために、本発明の加速度センサー用バイモルフ型圧電素子とその製造方法は、分極方向の異なる一対の圧電単結晶板を直接接合により対面接合してなる加速度センサー用バイモルフ型圧電素子であって、前記一対の圧電単結晶板の少なくとも一方の一部を研削して設けられた自由振動部と、前記自由振動部の片側または両側に一体に設けられた非研削部よりなる支持体とを有することを特徴とする構成であり、

また前記一対の圧電単結晶板を対面接合し加熱することにより直接接合する第一の工程と、直接接合された前記一対の圧電単結晶板の少なくとも一方を行あるいは列に所定の間隔及び深さに研削して自由振動部を形成する第二の工程と、研削された前記圧電単結晶板の主表面に電極を形成する第三の工程と、研削により形成された前記圧電単結晶板の自由振動部および非研削部を所定の間隔に行列に切断することにより支持体を形成する第四の工程からなることを特徴とする製造方法である。

この発明により、小型・高感度の加速度センサー用バイモルフ型圧電素子と感度ばらつきが少なく低コストな加速度センサー用バイモルフ型圧電素子を提供することができる。

図面の簡単な説明

第１図(a)は本発明の第１の実施例における加速度センサー用バイモルフ型圧電素子の断面図、(b)は同斜視図、第２図(a)は本発明の第２の実施例における加速度センサー用バイモルフ型圧電素子の断面図、(b)は同斜視図、第３図は本発明の第３の実施例における加速度センサー用バイモルフ型圧電素子製造方法を示す斜視工程図、第４図は同斜視工程図、第５図は同断面工程図、第６図は本発明の第４の実施例における加速度センサー用バイモルフ型圧電素子製造方法を示す斜視工程図、第７図は同斜視工程図、第８図は同断面工程図、第９図は本発明の第５の実施例における加速度センサー用バイモルフ型圧電素子製造方法を示す斜視工程図、第１０図は同斜視工程図、第１１図は同断面工程図、第１２図(a)は従来の加速度センサー用バイモルフ

型圧電素子（片持ち梁構造）の断面図、(b)は従来構造の加速度センサー用バイモルフ型圧電素子（両持ち梁構造）の断面図、第１３図は従来工法による加速度センサー用バイモルフ型圧電素子（片持ち梁構造）の製造方法の一例を示す断面工程図、第１４図は従来工法による加速度センサー用バイモルフ型圧電素子（両持ち梁構造）の製造方法の一例を示す断面工程図である。

発明を実施するための最良の形態

（実施例１）

本発明の第１の実施例における加速度センサー用バイモルフ型圧電素子を第１図を用いて詳細に説明する。第１図において、(a)は片持ち梁構造の加速度センサー用バイモルフ型圧電素子の断面図を、(b)はその斜視図を示している。３２ａは研削により形成した加速度検出用のセンサー部となる自由振動部を示しており、３３ａは自由振動部を形成するときの非研削部を支持体として同時形成したものであり、自由振動部３２ａと一体となっている。自由振動部３２ａの厚みは０．１㎜、長さＬ３は２㎜、幅は０．５㎜、支持体３３ａの厚みは０．４㎜とした。自由振動部３２ａは、２枚のＬｉＮｂＯ$_3$（ニオブ酸リチウム、以降ＬＮと呼ぶ）単結晶板の正分極面同士を対向主面として接着剤を介さず直接接合により接合されている。

直接接合により２枚のＬＮ単結晶板は完全に一体化されているが、分極方向が反転する接合面を図中では点線Ａで表示している。この分極反転界面Ａを境にして直接接合された２枚の

ＬＮ単結晶板の厚みは０．０５㎜と０．０５㎜で互いに等しくなるように研削されている。センサの検出感度Ｓは、

$S \propto > d / \varepsilon * \rho * L1 * \alpha$

ｄ：圧電定数　　ε：誘電率　　ρ：質量密度

Ｌ１：自由振動部長さ　　β：定数

で表される。圧電定数ｄと誘電率εはＬＮ単結晶板では異方性を有し、切り出し面により異なる、そのため、ｄ／εが最大となるように１２０°～１５０°回転Ｙ板をシミュレーションにより予め求めて高感度な検出感度を実現している。さらに、分極方向を逆にして接合することにより温度上昇にともなう自由振動部３２ａ内の電荷の発生を解消し、センサー感度の良好な温度特性を実現している。

３１ａ，３１ｂは加速度検出時に発生する電荷を取り出すための電極であり、電極材料として、下地のＬＮ単結晶板との密着力および電極膜の安定性を考慮し、Ｃｒ／Ａｕ、あるいはＴｉ／Ａｕ等が望ましい。加速度がかかったとき、支持体３３ａを固定することにより自由振動部３２ａに歪みが生じ、その歪みに比例した電荷を電極３１ａ，３１ｂを介して取り出し、加速度を検出する。接着剤等を介さず、片持ち梁構造を形成するための段差を自由振動部と一体で形成したこと、また、圧電定数ｄおよび電気機械結合係数ｋが最大になるようにＬＮ単結晶板の切り出し面を選択することにより、セラミック圧電素子を用いた加速度センサー用バイモルフ型圧電素子感度の２～３倍の６ｍＶ／Ｇの高感度を得ることができた。

（実施例２）

本発明の第２の実施例における加速度センサー用バイモルフ型圧電素子を第２図を用いて詳細に説明する。第２図において、(a)は両持ち梁構造の加速度センサー用バイモルフ型圧電素子の断面図を、(b)はその斜視図を示している。３２ｂは研削により形成した加速度検出用のセンサー部となる自由振動部を示しており、３３ｂ，３３ｃは自由振動部を形成するときの非研削部を支持体として同時形成したものであり、自由振動部３２ｂと一体となっている。自由振動部３２ｂの厚みは０．１㎜、長さＬ４は２㎜、幅は０．５㎜、支持体３３ｂ，３３ｃの厚みは０．４㎜とした。自由振動部３２ｂは、２枚のＬＮ単結晶板の正分極面同士を対向主面として接着剤を介さず直接接合により接合されている。

直接接合により２枚のＬＮ単結晶板は完全に一体化されているが、分極方向が反転する接合面を図中では点線Ｂで表示している。この分極反転界面Ｂを境にして直接接合された２枚のＬＮ単結晶板の厚みは０．０５㎜と０．０５㎜で互いに等しくなるように研削されている。センサの検出感度Ｓは、

$S \propto > d / \varepsilon * \rho * L1 * \alpha$

ｄ：圧電定数　　ε：誘電率　　ρ：質量密度

Ｌ１：自由振動部長さ　　β：定数

で表される。圧電定数ｄと誘電率εはＬＮ単結晶板では異方性を有し、切り出し面により異なる、そのため、ｄ／εが最大となるように１２０°～１５０°回転Ｙ板をシミュレーションにより予め求めて高感度な検出感度を実現している。さらに、分極方向を逆にして接合することにより温度上昇にともなう自由振動部３２ｂ内の電荷の発生を解消し、センサー感度の良好な

温度特性を実現している。

３１ｃ，３１ｄは加速度検出時に発生する電荷を取り出すための電極であり、電極材料として、下地のＬＮ単結晶板との密着力および電極膜の安定性を考慮し、Ｃｒ／Ａｕ、あるいはＴｉ／Ａｕ等が望ましい。加速度がかかったとき、支持体３３ｂ，３３ｃを固定することにより自由振動部３２ｂに歪みが生じ、その歪みに比例した電荷を電極３１ｃ，３１ｄを介して取り出し、加速度を検出する。接着剤等を介さず、片持ち梁構造を形成するための段差を自由振動部３２ｂと一体で形成したこと、また、圧電定数ｄおよび電気機械結合係数ｋが最大になるようにＬＮ単結晶板の切り出し面を選択することにより、セラミック圧電素子を用いた加速度センサー用バイモルフ型圧電素子感度の２～３倍の高感度を得ることができた。

（実施例３）

本発明の第３の実施例における加速度センサー用バイモルフ型圧電素子の製造方法を第３図～第５図を用いて詳細に説明する。第３図および第４図は製造工程の斜視図を、第５図はその断面図を示している。６ｅ，６ｆはＬＮ単結晶板を、５ａ，５ｂそれぞれのＬＮ単結晶板の分極方向を示している。図中の点線は、分極方向を逆にして直接接合された２枚のＬＮ単結晶板の分極反転界面Ａを示している。７ｃは自由振動部（研削部）であり、８ｃは支持体（非研削部）を示している。１２ｃは研削に使用する砥石を、１３ｃは研削用砥石１２ｃを所定の間隔に固定するためのスペーサーを示している。９は直接接合された２枚のＬＮ単結晶板の主表面に形成した電極を、１７ａ～１７ｆ，

１６ａ～１６ｐは切断方向を示している。

本実施例の加速度センサー用バイモルフ型圧電素子の製造方法は、まずはじめに２枚のＬＮ単結晶板６ｅ，６ｆの表面を洗浄し、貼り合わせて加熱することにより直接接合する（ａ～ｂ工程）。ＬＮ単結晶板の厚みは、最終形状を考慮して決定する。ここでは、一例として０．３５㎜と０．３５㎜の厚みのＬＮ単結晶板を直接接合する。洗浄及び貼り合わせは直接接合する対向主面にゴミが混入しないようにクリーンルームで行うことが望ましい。また、直接接合するＬＮ単結晶板の対向主面は正分極同士とする。センサの検出感度Ｓは、

$S \propto > d / \varepsilon * \rho * L1 * \alpha$

ｄ：圧電定数　　ε：誘電率　　ρ：質量密度

Ｌ１：自由振動部長さ　　β：定数

で表される。圧電定数ｄと誘電率εはＬＮ単結晶板では異方性を有し、切り出し面により異なる、そのため、ｄ／εが最大となるように１２０°～１５０°回転Ｙ板をシミュレーションにより予め求めて高感度な検出感度を実現している。さらに、正分極面同士を対向主面として接合することにより、温度上昇時の電荷の発生を解消し、良好なセンサー感度の温度特性を得られることになる。また、接合時にｘ軸あるいはｚ軸に対し、±１°以内のずれで接合することで接合強度を向上でき、加速度センサーの耐衝撃性を向上できる。貼り合わせ後の加熱温度は引っ張り試験の結果、破壊のモードが接合界面でなくバルク破壊を起こす２７５℃以上とした。加熱の上限値に関しては、ＬＮのキュリー点温度である１１５０℃付近まで可能である。

また、真空または大気中での加熱とすることにより装置コストを低減できる。加熱後、貼り合わせた一対のＬＮ単結晶板６ｅ，６ｆは完全に一体となるが、接合面である分極反転界面Ａを図中では点線で示している。

次に、直接接合されたＬＮ単結晶板の片方をラップ加工あるいは平面研削等により、分極反転界面までの厚みｔ１を０．０５㎜になるように０．３㎜加工する（ｃ工程）。このとき、直接接合時に０．０５㎜の厚みのＬＮ単結晶板を用いれば、この工程は省略することができる。

次に、もう片方の面を厚みＷ１の砥石１２ｃを用いて研削を行い、センサー部となる自由振動部７ｃと非研削部からなる片持ち梁の支持部となる支持体８ｃを一体かつ同時に形成する（ｄ工程）。研削に少なくとも１枚以上の砥石１２ｃを用い、砥石幅Ｗ１、砥石固定用スペーサー幅Ｗ２は自由振動部７ｃの長さ、支持体８ｃの長さを考慮して決定する。ここでは、Ｗ１を２㎜、Ｗ２を０．５㎜とし、自由振動部７ｃの長さを２㎜、支持体８ｃの長さを０．５㎜に加工した。また、研削量は表面より０．３㎜とし、自由振動部７ｃの厚みを０．１㎜とすることにより、分極反転界面Ａを境に直接接合されたＬＮ単結晶板の厚みをｔ２，ｔ３を０．０５㎜と互いに同じになるように研削する。ｔ２，ｔ３の厚みを同じにすることにより、高感度を実現した。

次に、研削加工したＬＮ単結晶板の表裏面に電荷検出用の電極９を形成する（ｅ工程）。このとき、電極９は蒸着あるいは無電解めっきで形成し、電極材料としてはＬＮ単結晶板との密着強度を考慮しＣｒ／Ａｕ、あるいはＴｉ／Ａｕが望ましい。

次にダイシングあるいはスライサーにより１７ａ～１７ｆ，１６ａ～１６ｐのように行列に切断を行い、支持体８ｃ、自由振動部７ｃを有する片持ち梁構造の加速度センサー用バイモルフ型圧電素子を形成する（ｆ工程）。切断時には少なくとも１枚以上の切断刃を用い、切断時の行列の間隔はセンサーの形状を考慮して決定する。ここでは、１７ａ～１７ｆの間隔を２．５㎜、１６ａ～１６ｐの間隔を０．５㎜とすることにより、長さ２．５㎜、幅０．５㎜、厚み０．４㎜の超小型の加速度センサー用バイモルフ型圧電素子を実現した。自由振動部７ｃの長さを使用する砥石１２ｃの精度と研削及び切断時の機械精度によって決定するため、従来の接着剤で支持体を固定する方法のセンサー感度ばらつきが±２０％であったのに対し、本発明では±３％と大幅な高精度化を実現した。また、支持体形成に対する工数においても従来５分／個かかっていた接着時間が本発明では０．０１分／個（１枚砥石での研削工程のみ）と１／５０に大幅に低減でき、本発明により感度ばらつきが小さくかつ低コストな片持ち梁構造の加速度センサー用バイモルフ型圧電素子製造方法を提供できる。

（実施例４）

本発明の第４の実施例における加速度センサー用バイモルフ型圧電素子の製造方法を第６図～第８図を用いて詳細に説明する。第６図および第７図は製造工程の斜視図を、第８図はその断面図を示している。６ｃ，６ｄはＬＮ単結晶板を、５ａ，５ｂはそれぞれのＬＮ単結晶板の分極方向を示している。図中の点線は、分極方向を逆にして直接接合された２枚のＬＮ単結晶板

の分極反転界面Ｂを示している。７ｂは自由振動部（研削部）であり、８ｂは支持体（非研削部）を示している。１２ｂは研削に使用する砥石を、１３ｂは研削用砥石１２ｂを所定の間隔に固定するためのスペーサーを示している。９は直接接合された２枚のＬＮ単結晶板の主表面に形成した電極を、１４ａ～１４ｃ，１５ａ～１５ｋは切断方向を示している。

本実施例の加速度センサー用バイモルフ型圧電素子の製造方法は、まずはじめに２枚のＬＮ単結晶板６ｃ，６ｄの表面を洗浄し、貼り合わせて加熱することにより直接接合する（ａ～ｂ工程）。ＬＮ単結晶板の厚みは、最終形状を考慮して決定する。ここでは、一例として０．３５㎜と０．３５㎜の厚みのＬＮ単結晶板を直接接合する。洗浄及び貼り合わせは直接接合する対向主面にゴミが混入しないようにクリーンルームで行うことが望ましい。また、直接接合するＬＮ単結晶板の対向主面は正分極面同士とする。センサの検出感度Ｓは、

$S \propto > d / \varepsilon * \rho * L1 * \alpha$

ｄ：圧電定数　　ε：誘電率　　ρ：質量密度

Ｌ１：自由振動部長さ　　β：定数

で表される。圧電定数ｄと誘電率εはＬＮ単結晶板では異方性を有し、切り出し面により異なる、そのため、ｄ／εが最大となるように１２０°～１５０°回転Ｙ板をシミュレーションにより予め求めて高感度な検出感度を実現している。さらに、正分極面同士を対向主面として接合することにより、温度上昇時の電荷の発生を解消し、良好なセンサー感度の温度特性を得られることになる。また、接合時にｘ軸あるいはｚ軸に対し、

±１° 以内のずれで接合することで接合強度を向上でき、加速度センサーの耐衝撃性を向上できる。貼り合わせ後の加熱温度は引っ張り試験の結果、破壊のモードが接合界面でなくバルク破壊を起こす２７５℃以上とした。加熱の上限値に関しては、ＬＮのキュリー点温度である１１５０℃付近まで可能である。また、真空または大気中での加熱とすることにより装置コストを低減できる。加熱後、貼り合わせた一対のＬＮ単結晶板６ｃ，６ｄは完全に一体となるが、接合面である分極反転界面Ｂを図中では点線で示している。

次に、直接接合されたＬＮ単結晶板の片方をラップ加工あるいは平面研削等により、分極反転界面までの厚みｔ１を０．０５㎜になるように０．３㎜加工する（ｃ工程）。このとき、直接接合時に０．０５㎜の厚みのＬＮ単結晶板を用いれば、この工程は省略することができる。

次に、もう片方の面を厚みＷ１の砥石１２ｂを用いて研削を行い、センサー部となる自由振動部７ｂと非研削部からなる両持ち梁の支持部となる支持体８ｂを一体かつ同時に形成する（ｄ工程）。研削に少なくとも１枚以上の砥石１２ｂを用い、砥石幅Ｗ１、砥石固定用スペーサー幅Ｗ２は自由振動部７ｂの長さ、支持体８ｂの長さを考慮して決定する。ここでは、Ｗ１を２㎜、Ｗ２を０．５㎜とし、自由振動部７ｂの長さを２㎜、支持体８ｂの長さを０．５㎜に加工した。また、研削量は表面より０．３㎜とし、自由振動部７ｂの厚みを０．１㎜とすることにより、分極反転界面Ｂを境に直接接合されたＬＮ単結晶板の厚みｔ２，ｔ３を０．０５㎜と互いに同じになるように研削す

る。ｔ２，ｔ３の厚みを同じにすることにより、高感度を実現した。

次に、研削加工したＬＮ単結晶板の表裏面に電荷検出用の電極９を形成する（ｅ工程）。このとき、電極９は蒸着あるいは無電解めっきで形成し、電極材料としてはＬＮ単結晶板との密着強度を考慮しＣｒ／Ａｕ、あるいはＴｉ／Ａｕが望ましい。

次にダイシングあるいはスライサーにより１４ａ～１４ｃ，１５ａ～１５ｋのように行列に切断を行い、支持体８ｂ、自由振動部７ｂを有する両持ち梁構造の加速度センサー用バイモルフ型圧電素子を形成する（ｆ工程）。切断時には少なくとも１枚以上の切断刃を用い、切断時の行列の間隔はセンサーの形状を考慮して決定する。ここでは、14a~14cの間隔を２．５㎜、１５ａ～１５ｋの間隔を０．５㎜とすることにより、長さ２．５㎜、幅０．５㎜、厚み０．４㎜の超小型の加速度センサー用バイモルフ型圧電素子を実現した。自由振動部７ｂの長さを使用する砥石１２ｂの精度と研削及び切断時の機械精度によって決定するため、従来の接着剤で支持体を固定する方法のセンサー感度ばらつきが±２０％であったのに対し、本発明では±３％と大幅な高精度化を実現した。また、支持体形成に対する工数においても従来５分／個かかっていた接着時間が本発明では０．０１分／個（１枚砥石での研削工程のみ）と１／５０に大幅に低減でき、本発明により感度ばらつきが小さくかつ低コストな両持ち梁構造の加速度センサー用バイモルフ型圧電素子製造方法を提供できる。

（実施例５）

本発明の第５の実施例における加速度センサー用バイモルフ型圧電素子の製造方法を第９図～第１１図を用いて詳細に説明する。第９図および第１０図は製造工程の斜視図を、第１１図はその断面図を示している。６ａ，６ｂはＬＮ単結晶板を、５ａ，５ｂはそれぞれのＬＮ単結晶板の分極方向を示している。図中の点線は、分極方向を逆にして直接接合された２枚のＬＮ単結晶板の分極反転界面Ｃを示している。７ａは自由振動部（研削部）であり、８ａは支持体（非研削部）を示している。１２ａは研削に使用する砥石を、１３ａは研削用砥石１２ａを所定の間隔に固定するためのスペーサーを示している。９は直接接合された２枚のＬＮ単結晶板の主表面に形成した電極を、１０ａ～１０ｆ，１１ａ～１１ｋは切断方向を示している。

本実施例の加速度センサー用バイモルフ型圧電素子の製造方法は、まずはじめに２枚のＬＮ単結晶板６ａ，６ｂの表面を洗浄し、貼り合わせて加熱することにより直接接合する（ａ～ｂ工程）。ＬＮ単結晶板の厚みは、最終形状を考慮して決定する。ここでは、一例として０．３５㎜と０．３５㎜の厚みのＬＮ単結晶板を直接接合する。洗浄及び貼り合わせは直接接合する対向主面にゴミが混入しないようにクリーンルームで行うことが望ましい。また、直接接合するＬＮ単結晶板６ａ，６ｂの対向主面は正分極面同士とする。センサの検出感度Ｓは、

$S \propto > d / \varepsilon * \rho * L1 * \alpha$

ｄ：圧電定数　　ε：誘電率　　ρ：質量密度

Ｌ１：自由振動部長さ　　β：定数

で表される。圧電定数dと誘電率εはＬＮ単結晶板では異方性を有し、切り出し面により異なる、そのため、ｄ／εが最大となるように１２０°～１５０°回転Ｙ板をシミュレーションにより予め求めて高感度な検出感度を実現している。さらに、正分極面同士を対向主面として接合することにより、温度上昇時の電荷の発生を解消し、良好なセンサー感度の温度特性を得られることになる。さらに、接合時にｘ軸あるいはｚ軸に対し、±１°以内のずれで接合することで接合強度を向上でき、加速度センサーの耐衝撃性を向上できる。貼り合わせ後の加熱温度は引っ張り試験の結果、破壊のモードが接合界面でなくバルク破壊を起こす２７５℃以上とした。加熱の上限値に関しては、ＬＮのキュリー点温度である１１５０℃付近まで可能である。また、真空または大気中での加熱とすることにより装置コストを低減できる。加熱後、貼り合わせた一対のＬＮ単結晶板６ａ，６ｂは完全に一体となるが、接合面である分極反転界面Ｃを図中では点線で示している。

次に、直接接合されたＬＮ単結晶板の片方をラップ加工あるいは平面研削等により、分極反転界面までの厚みｔ１を０．０５㎜になるように０．３㎜加工する（ｃ工程）。このとき、直接接合時に０．０５㎜の厚みのＬＮ単結晶板を用いれば、この工程は省略することができる。

次に、もう片方の面を厚みＷ１の砥石１２ａを用いて研削を行い、センサー部となる自由振動部７ａと非研削部からなる片持ち梁の支持部となる支持体８ａを一体かつ同時に形成する（ｄ工程）。研削に少なくとも１枚以上の砥石１３ａを用い、

砥石幅Ｗ１、砥石固定用スペーサー幅Ｗ２は自由振動部７ａの長さ、支持体８ａの長さを考慮して決定する。ここでは、Ｗ１を４．０㎜、Ｗ２を１．０㎜とし、自由振動部７ａの長さを４．０㎜、支持体８ａの長さを１．０㎜に加工した。また、研削量は表面より０．３㎜とし、自由振動部７ａの厚みを０．１㎜とすることにより、分極反転界面Ｃを境に直接接合されたＬＮ単結晶板の厚みｔ２，ｔ３を０．０５㎜と互いに同じになるように研削する。ｔ２，ｔ３の厚みを同じにすることにより、高感度を実現した。

次に、研削加工したＬＮ単結晶板の表裏面に電荷検出用の電極９を形成する（ｅ工程）。このとき、電極９は蒸着あるいは無電解めっきで形成し、電極材料としてはＬＮ単結晶板との密着強度を考慮しＣｒ／Ａｕ、あるいはＴｉ／Ａｕが望ましい。

次にダイシングあるいはスライサーにより１０ａ～１０ｆ，１１ａ～１１ｋのように行列に切断を行い、支持体８ａ、自由振動部７ａを有する片持ち梁構造の加速度センサー用バイモルフ型圧電素子を形成する（ｆ工程）。切断時には少なくとも１枚以上の切断刃を用い、切断時の行列の間隔はセンサーの形状を考慮して決定する。ここでは、１０ａ～１０ｆの間隔を２．５㎜、１１ａ～１１ｋの間隔を０．５㎜とすることにより、長さ２．５㎜、幅０．５㎜、厚み０．４㎜の超小型の加速度センサー用バイモルフ型圧電素子を実現した。自由振動部７ａの長さは使用する砥石１２ａの精度と研削及び切断時の機械精度によって決定するため、従来の接着剤で支持体を固定する方法のセンサー感度ばらつきが±２０％であったのに対し、本発明では±３％と大幅

な高精度化を実現した。また、ここでは、自由振動部７ａを形成する研削用砥石１２ａに実施例３の倍の厚みである４㎜の砥石を用いることにより、研削加工時間を実施例３の１／２としている。そのため、支持体形成に対する工数が本発明では０．００５分／個（１枚砥石での研削工程のみ）と従来の１／１００に大幅に低減でき、本発明により感度ばらつきが小さくかつ低コストな片持ち梁構造の加速度センサー用バイモルフ型圧電素子製造方法を提供できる。

産業上の利用可能性

以上のように、本発明は一対の圧電単結晶板を直接接合により対面接合してなる加速度センサー用バイモルフ型圧電素子であって、前記一対の圧電単結晶板の少なくとも一方の一部を研削して設けられた自由振動部と、前記自由振動部の片側または両側に一体に設けられた非研削部よりなる支持体とを有する構成であり、また一対の圧電単結晶板を対面接合し加熱することにより直接接合する第一の工程と、直接接合された前記一対の圧電単結晶板の少なくとも一方を行あるいは列に所定の間隔及び深さに研削して自由振動部を形成する第二の工程と、研削された前記圧電単結晶板の主表面に電極を形成する第三の工程と、研削により形成された前記圧電単結晶板の自由振動部および非研削部を所定の間隔に行列に切断することにより支持体を形成する第四の工程を有する製造方法であり、これにより小型・高感度で感度ばらつきが小さくかつ低コストな加速度センサー用バイモルフ型圧電素子とその製造方法を提供することを可能とする。

請求の範囲

1．一対の圧電単結晶板を直接接合により対面接合してなる加速度センサー用バイモルフ型圧電素子であって、前記一対の圧電単結晶板の少なくとも一方の一部を研削して設けられた自由振動部と、前記自由振動部の片側または両側に一体に設けられた非研削部よりなる支持体とを有する加速度センサー用バイモルフ型圧電素子。

2．圧電単結晶板がニオブ酸リチウム単結晶からなり、対向主面を１２０°～１５０°回転Ｙ板切り出し面としたことを特徴とする請求の範囲第１項記載の加速度センサー用バイモルフ型圧電素子。

3．圧電単結晶板の対向主面が正分極面であることを特徴とする請求の範囲第１項記載の加速度センサー用バイモルフ型圧電素子。

4．自由振動部の直接接合された一対の単結晶板の互いの厚みが同じであることを特徴とする請求の範囲第１項記載の加速度センサー用バイモルフ型圧電素子。

5．一対の圧電単結晶板を対面接合し加熱することにより直接接合する第一の工程と、直接接合された前記一対の圧電単結晶板の少なくとも一方を行あるいは列に所定の間隔及び深さに研削して自由振動部を形成する第二の工程と、研削された前記圧電単結晶板の主表面に電極を形成する第三の工程と、研削により形成された前記圧電単結晶板の自由振動部および非研削部を所定の間隔に行列に切断することに

より支持体を形成する第四の工程を有することを特徴とする加速度センサー用バイモルフ型圧電素子の製造方法。

6．一対の圧電単結晶板の正分極面を直接接合することを特徴とする請求の範囲第５項記載の加速度センサー用バイモルフ型圧電素子の製造方法。

7．一対の圧電単結晶板を対面接合し加熱する温度が２７５℃以上であることを特徴とする請求の範囲第５項記載の加速度センサー用バイモルフ型圧電素子の製造方法。

8．研削により対向する一対の圧電単結晶板の厚みを同じ厚みとして自由振動部を形成することを特徴とする請求の範囲第５項記載の加速度センサー用バイモルフ型圧電素子の製造方法。

9．研削された圧電単結晶板上の電極を無電解めっきあるいは蒸着により形成することを特徴とする請求の範囲第５項記載の加速度センサー用バイモルフ型圧電素子の製造方法。

10．第四の工程で行われる切断に切断刃を用いるとともに、前記切断刃が少なくとも１枚以上所定の間隔で同軸上に固定された切断刃群からなることを特徴とする請求の範囲第５項記載の加速度センサー用バイモルフ型圧電素子の製造方法。

11．第二の工程で用いられる研削用砥石が少なくとも１枚以上同軸上に固定された砥石群からなることを特徴とする請求の範囲第５項記載の加速度センサー用バイモルフ型圧電素子の製造方法。

Fig. 1

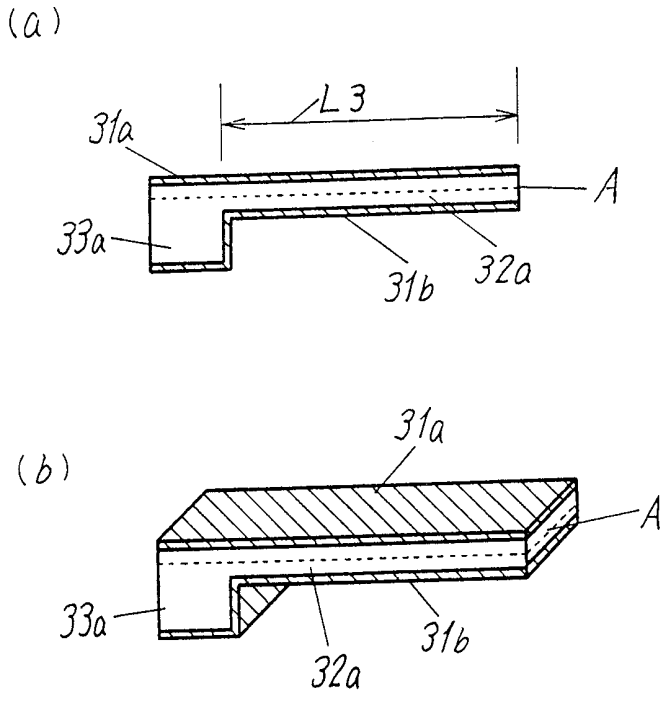


Fig. 2

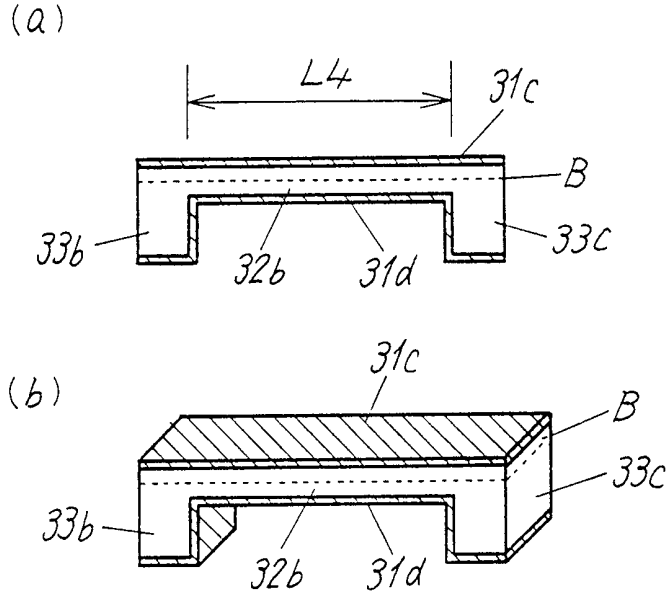


Fig. 3

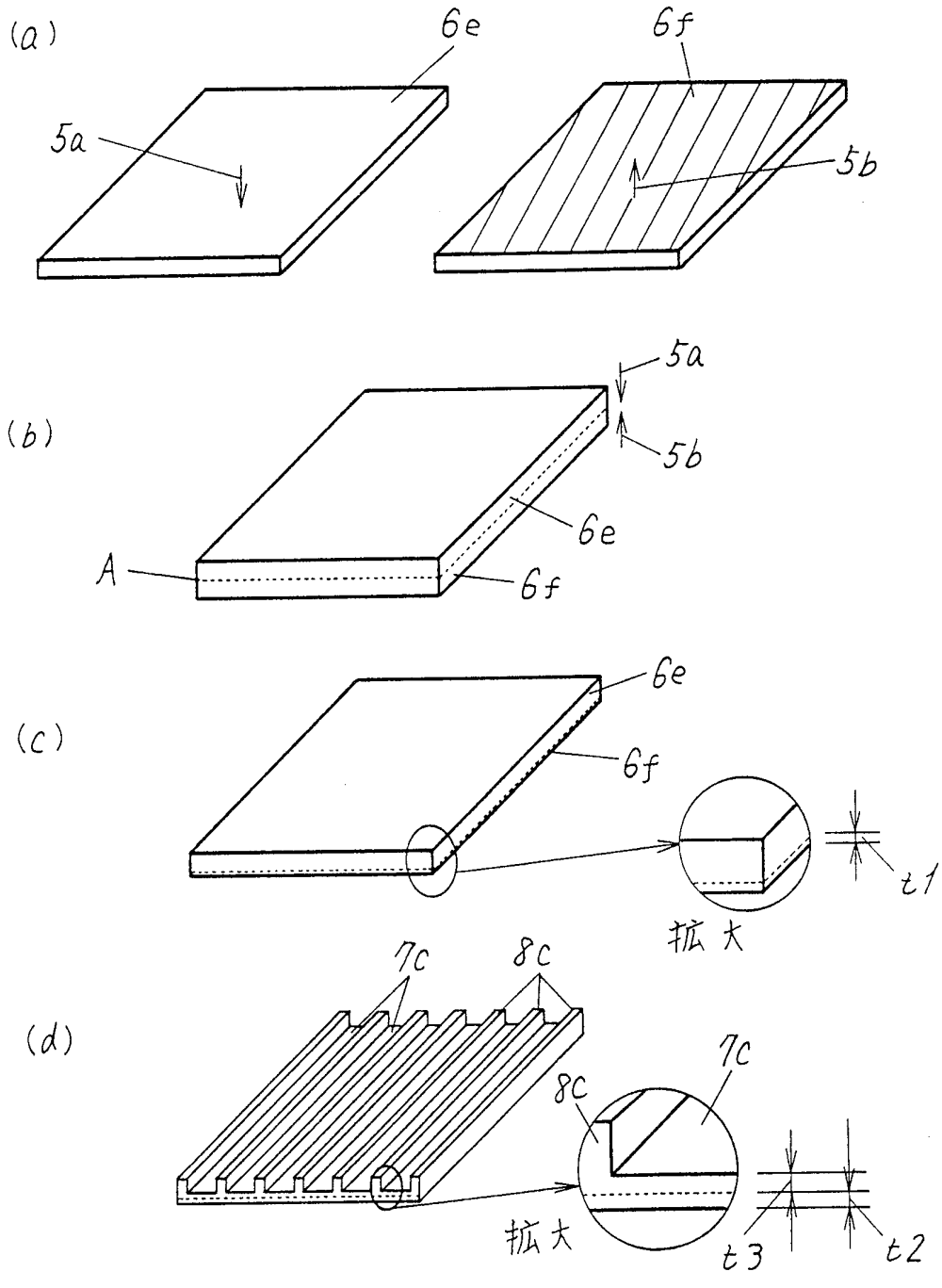


Fig. 4

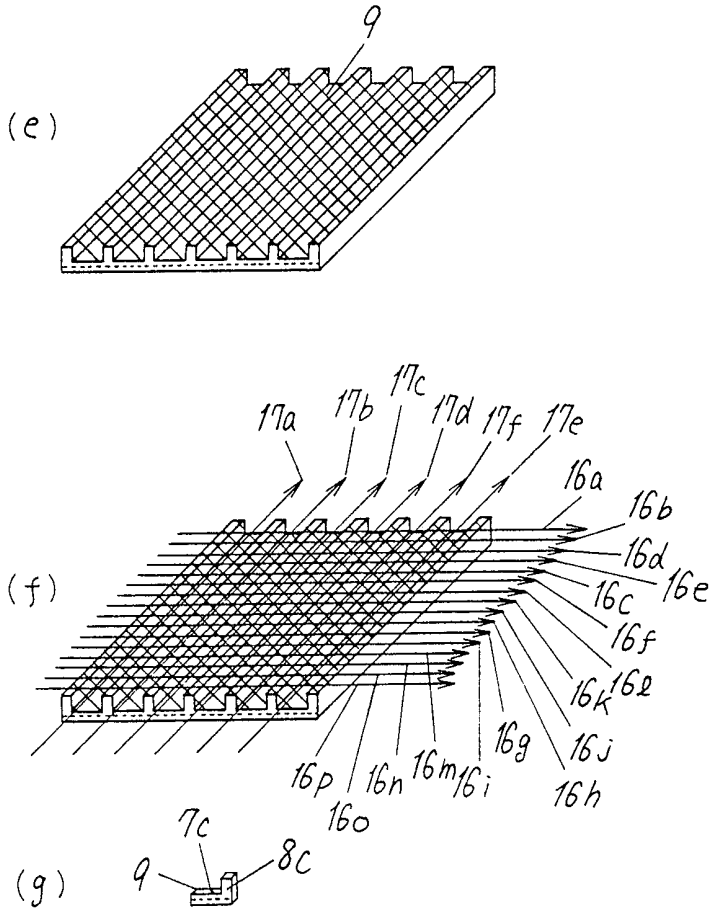

(e)
9
(f)
17a
17b
17c
17d
17f
17e
16a
16b
16d
16e
16c
16f
16l
16k
16j
16g
16h
16i
16m
16n
16p
16o
(g)
7c
9
8c

Fig. 5

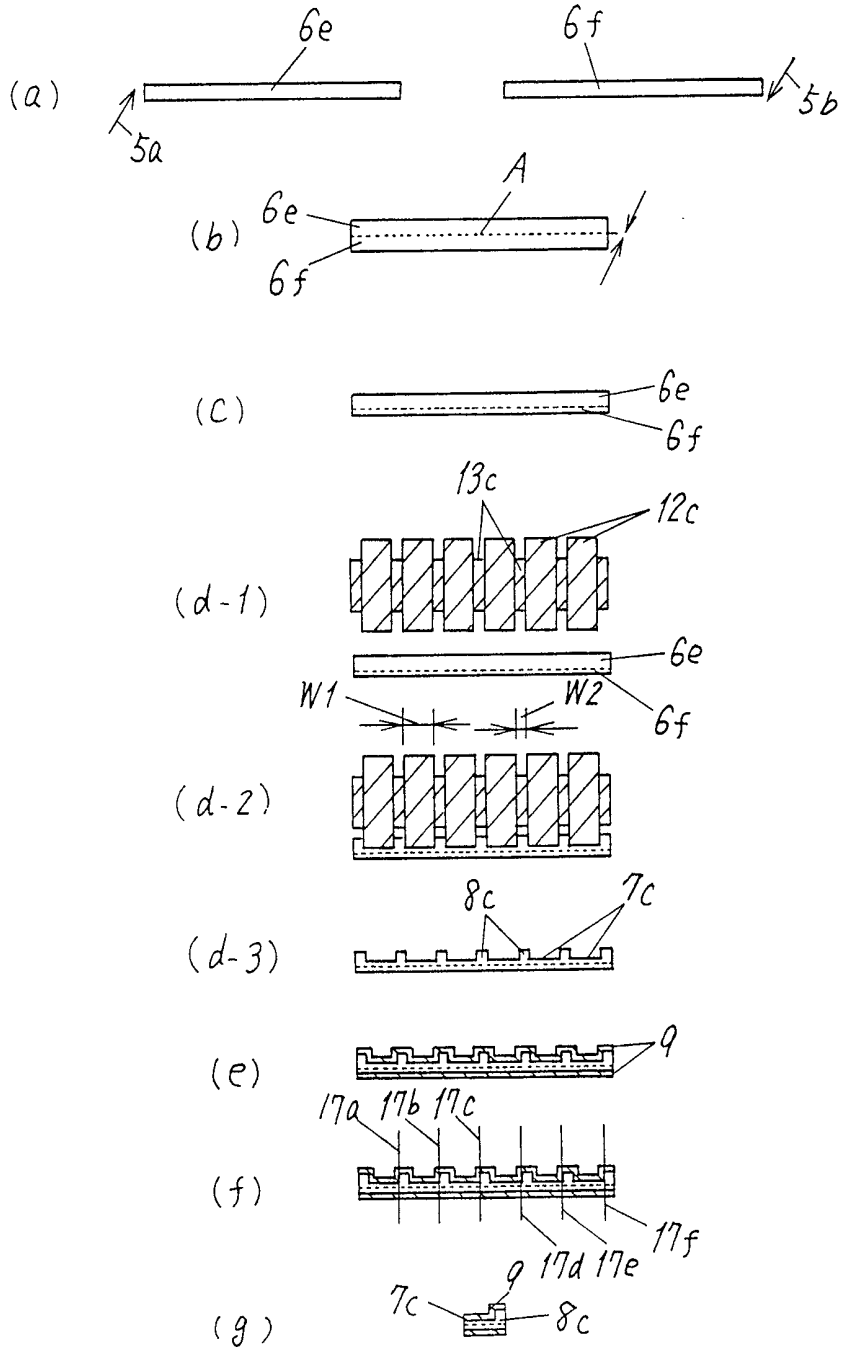

(a)
6e
6f
5a
5b
(b)
A
6e
6f
(c)
6e
6f
(d-1)
13c
12c
6e
W1
W2
6f
(d-2)
(d-3)
8c
7c
(e)
9
(f)
17a
17b
17c
17f
17d
17e
(g)
9
7c
8c

Fig. 6

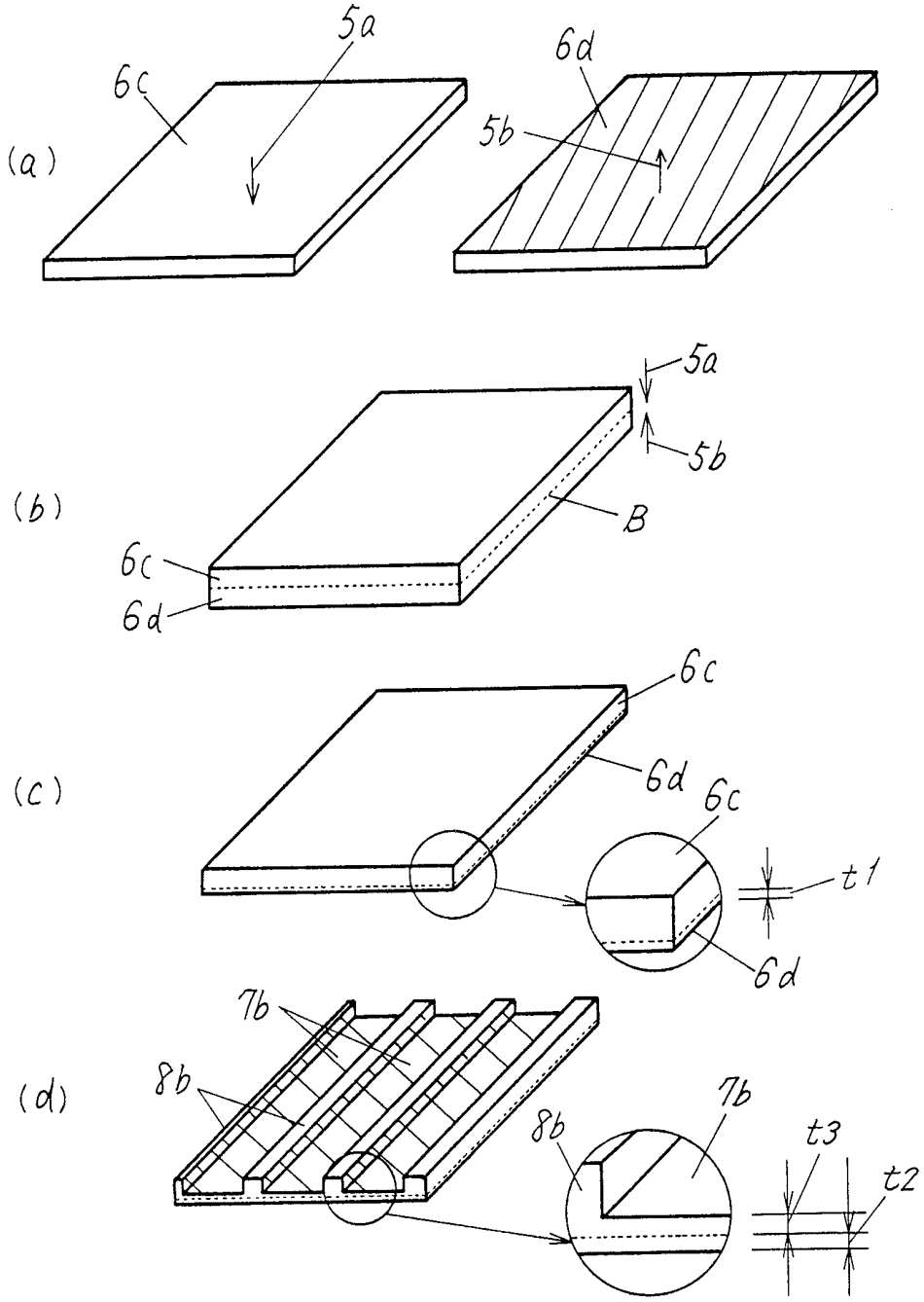


Fig. 7

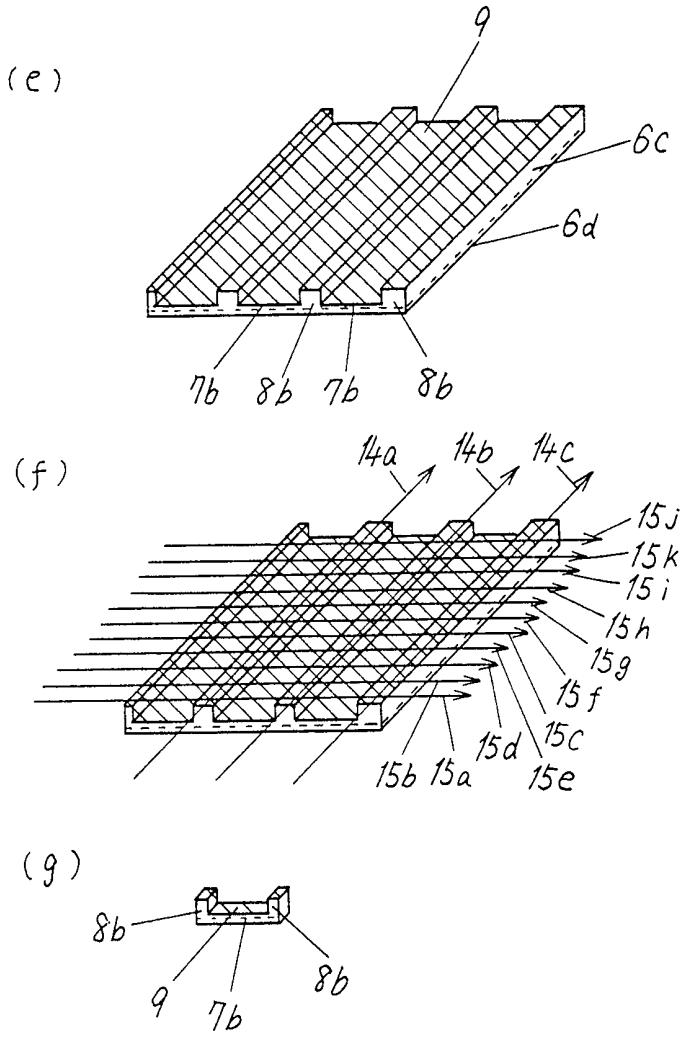

(e)
9
6c
6d
7b
8b
7b
8b
(f)
14a
14b
14c
15j
15k
15i
15h
15g
15f
15c
15d
15e
15b
15a
(g)
8b
9
7b
8b

Fig. 8

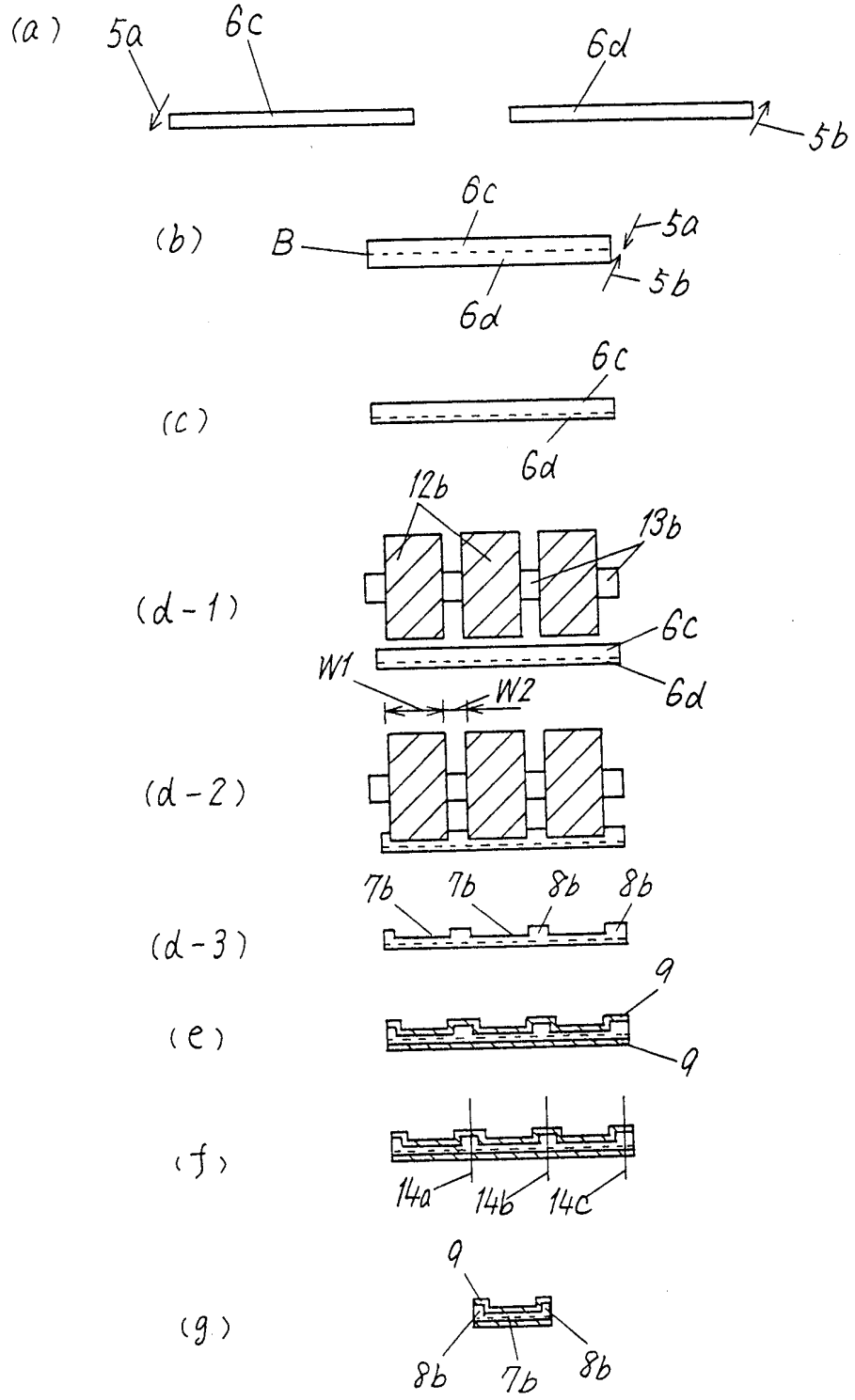

(a)
5a
6c
6d
5b
(b)
B
6c
5a
5b
6d
(c)
6c
6d
(d-1)
12b
13b
6c
W1
W2
6d
(d-2)
(d-3)
7b
7b
8b
8b
(e)
9
9
(f)
14a
14b
14c
(g)
9
8b
7b
8b

Fig.9

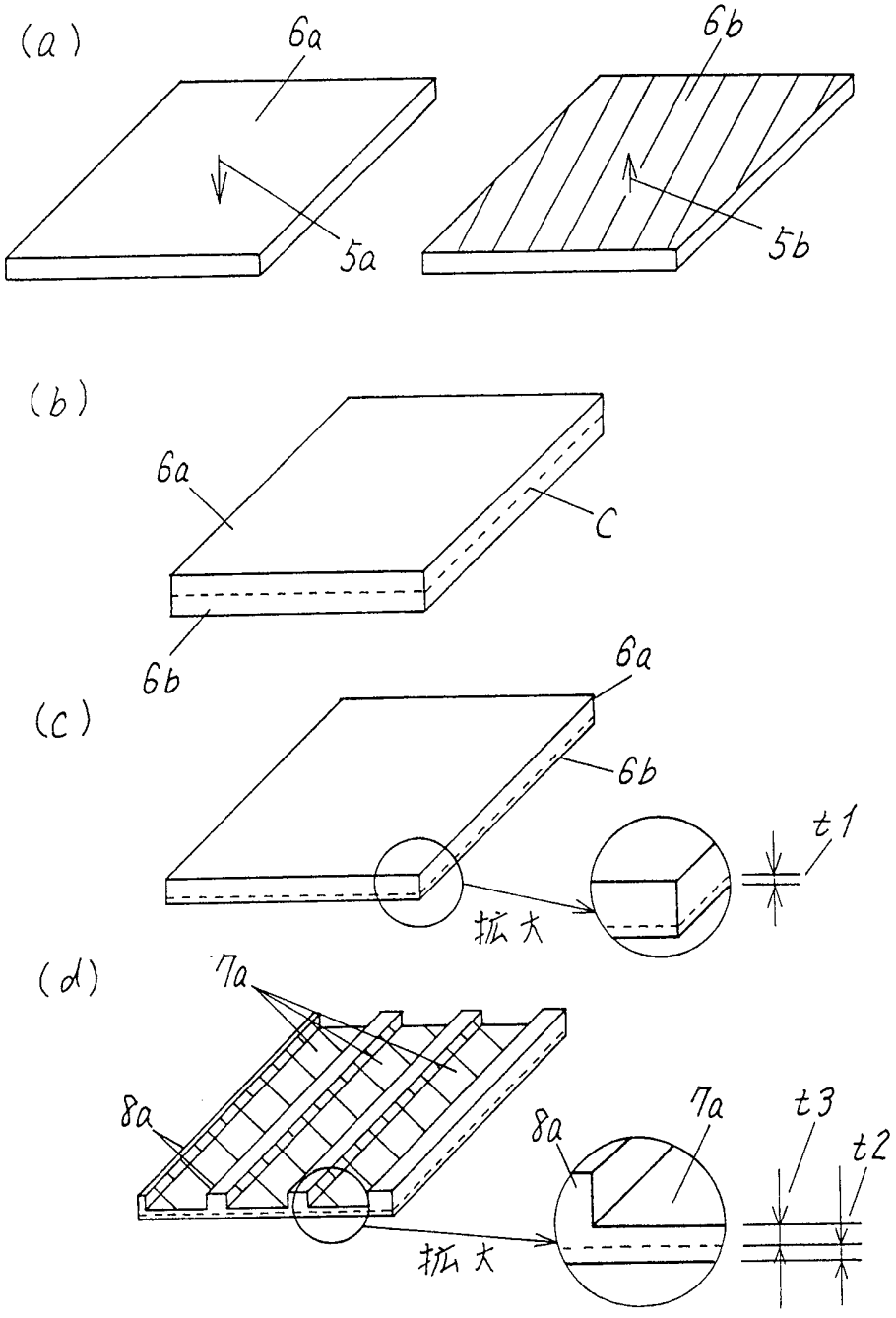


Fig. 10

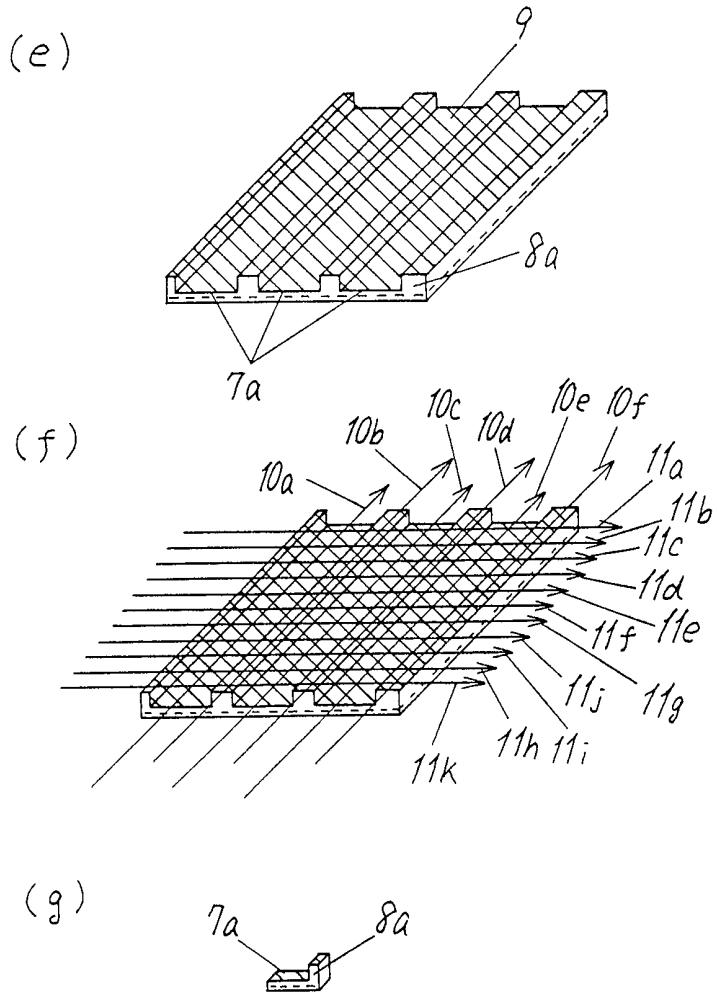

(e)
9
8a
7a
(f)
10a
10b
10c
10d
10e
10f
11a
11b
11c
11d
11e
11f
11g
11h
11i
11j
11k
(g)
7a
8a

Fig.11

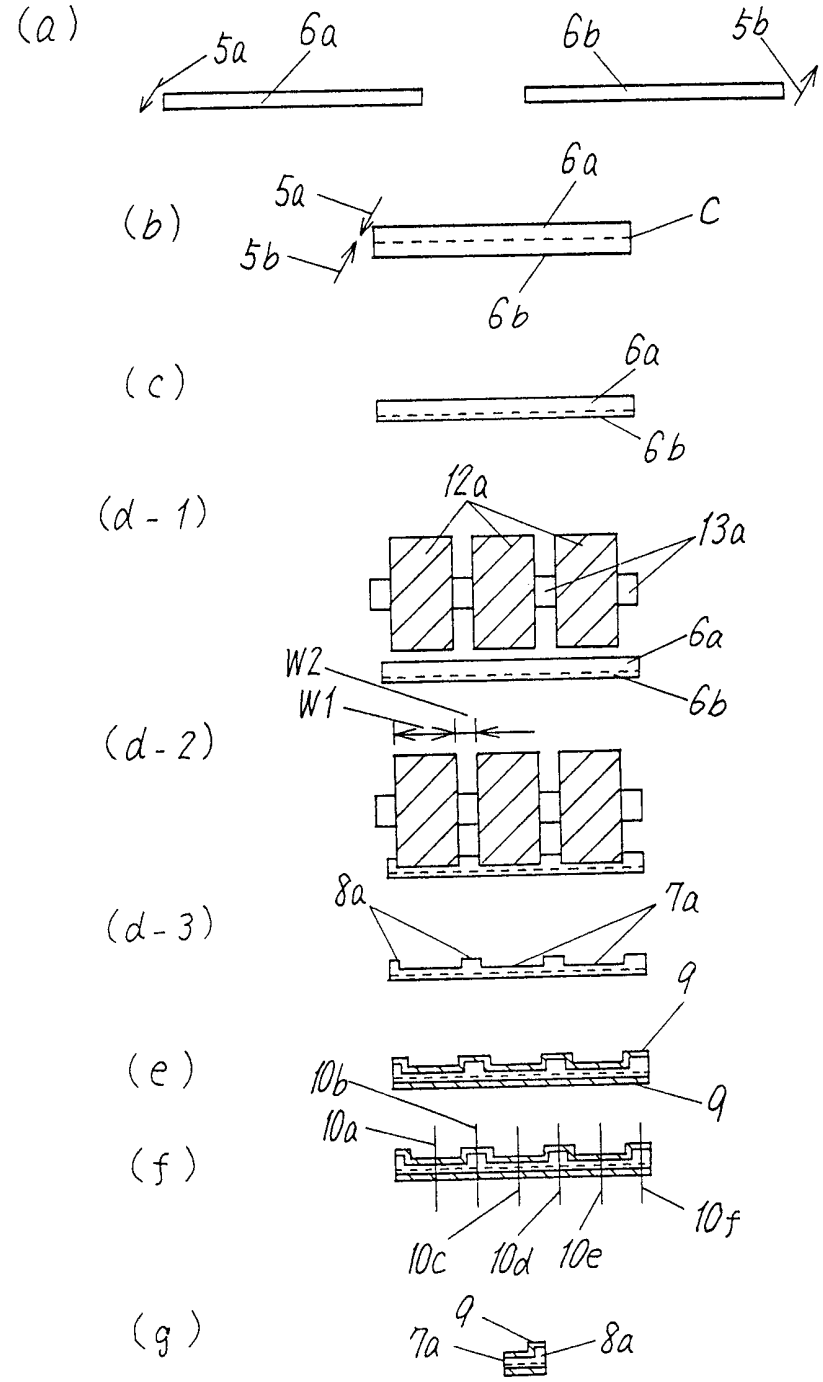

(a)
5a
6a
6b
5b
(b)
6a
5a
C
5b
6b
(c)
6a
6b
(d-1)
12a
13a
6a
W2
W1
6b
(d-2)
(d-3)
8a
7a
9
(e)
10b
9
10a
(f)
10f
10c
10d
10e
(g)
9
7a
8a

Fig. 12

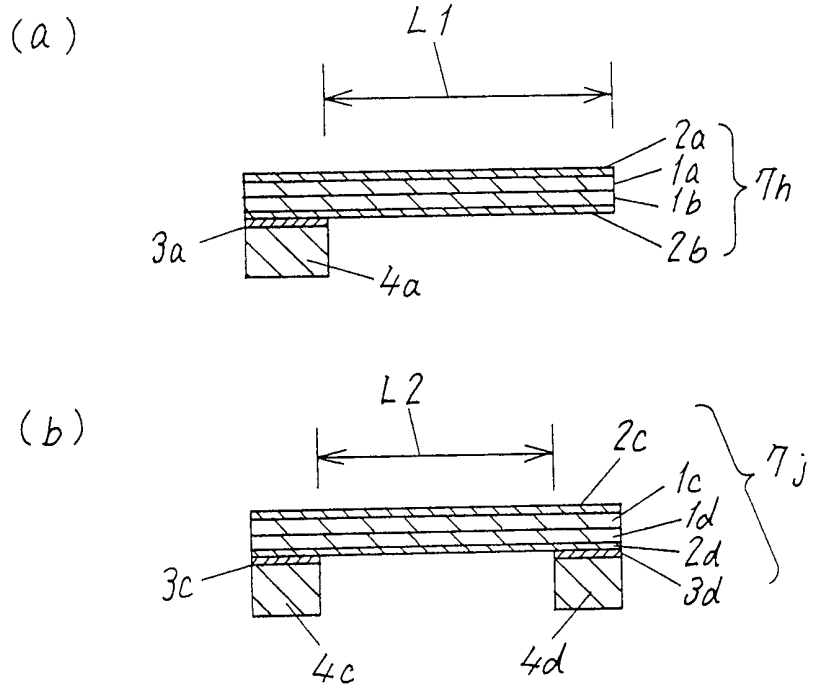


Fig. 13

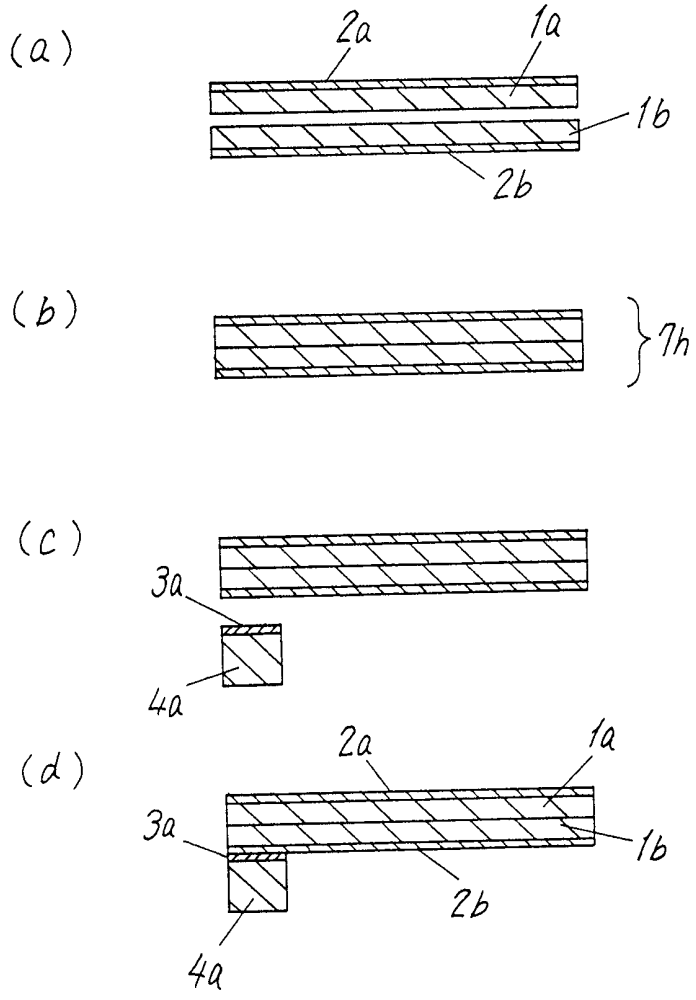
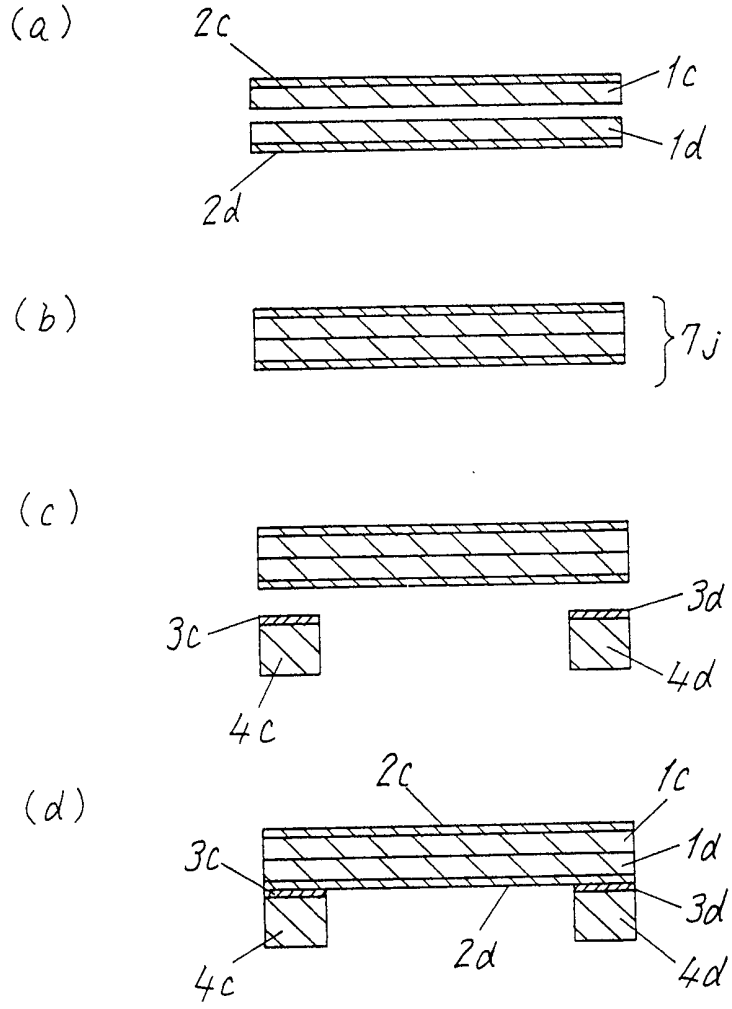


Fig.14



図面の参照符号の一覧表

１ａ～１ｄ……圧電セラミック

２ａ～２ｄ……電極

３ａ，３ｃ，３ｄ……接着剤

４ａ，４ｃ，４ｄ……支持体

５ａ，５ｂ……分極方向

６ａ～６ｆ……ＬＮ単結晶板

７ａ～７ｃ……自由振動部

７ｈ，７ｊ……バイモルフ型圧電素子

８ａ～８ｃ……支持体

９……電極

１２ａ～１２ｃ……研削用砥石

１３ａ～１３ｃ……スペーサー

１０，１１，１４，１５，１６，１７……切断方向

３１ａ～３１ｄ……電極

３２ａ，３２ｂ……自由振動部

３３ａ～３３ｃ……支持体

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP98/03101

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl[6] G01P15/09, G01L9/08, G01L1/16, H01L41/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl[6] G01P15/09, G01L9/08, G01L1/16, H01L41/22

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1998
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1998 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1998

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
WPI/L (QUESTEL), KEYWORD: ACCELERATE, SUPPORT, PLATE PIEZOELECTRIC, BIMORPH

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP, 4-295770, A (The Fujikura Cable Works, Ltd.), 20 October, 1992 (20. 10. 92), Par. Nos. [0012] to [0017] ; Fig. 1 (Family: none)	1-11
A	JP, 9-026433, A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 28 January, 1997 (28. 01. 97), Full text ; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1-11
PA	JP, 9-243656, A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 19 September, 1997 (19. 09. 97), Full text ; Figs. 1 to 13 (Family: none)	1-11
A	JP, 5-172680, A (NGK Spark Plug Co., Ltd.), 9 July, 1993 (09. 07. 93), Par. No. [0016] & EP, 549346, A & DE, 69214924, E	2-4

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
18 September, 1998 (18. 09. 98)	29 September, 1998 (29. 09. 98)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ９８／０３１０１

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Ｉｎｔ．Ｃｌ[6]　Ｇ０１Ｐ１５／０９，Ｇ０１Ｌ９／０８，Ｇ０１Ｌ１／１６，Ｈ０１Ｌ４１／２２

B.　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Ｉｎｔ．Ｃｌ[6]　Ｇ０１Ｐ１５／０９，Ｇ０１Ｌ９／０８，Ｇ０１Ｌ１／１６，Ｈ０１Ｌ４１／２２

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報　　１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報　１９７１－１９９８年
日本国登録実用新案公報　１９９４－１９９８年
日本国実用新案登録公報　１９９６－１９９８年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

ＷＰＩ／Ｌ（ＱＵＥＳＴＥＬ），ＫＥＹＷＯＲＤ：ＡＣＣＥＬＥＲＡＴＥ，ＳＵＰＰＯＲＴ，ＰＬＡＴＥ
ＰＩＥＺＯＥＬＥＣＴＲＩＣ，ＢＩＭＯＲＰＨ

C.　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求の範囲の番号
Ａ	ＪＰ，４－２９５７７０，Ａ（藤倉電線株式会社） ２０．１０月．１９９２（２０．１０．９２） 段落番号【００１２】－【００１７】；第１図 （ファミリーなし）	１－１１
Ａ	ＪＰ，９－０２６４３３，Ａ（株式会社村田製作所） ２８．１月．１９９７（２８．０１．９７） 全文；第１－３図 （ファミリーなし）	１－１１

☒ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 １８．０９．９８	国際調査報告の発送日　29.09.98
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｆ　９１０９ 福田　裕司　印 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２１８

様式ＰＣＴ／ＩＳＡ／２１０（第２ページ）（１９９２年７月）

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ９８／０３１０１

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求の範囲の番号
ＰＡ	ＪＰ，９－２４３６５６，Ａ（松下電器産業株式会社） １９．９月．１９９７（１９．０９．９７） 全文；第１－１３図 （ファミリーなし）	１－１１
Ａ	ＪＰ，５－１７２６８０，Ａ（日本特殊陶業株式会社） ９．７月．１９９３（０９．０７．９３） 段落番号【００１６】 ＆　ＥＰ，５４９３４６，Ａ　＆　ＤＥ，６９２１４９２４，Ｅ	２－４