



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) EP 0 802 029 A2

(12) DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
22.10.1997 Bulletin 1997/43

(51) Int. Cl.⁶: B28D 7/04

(21) Numéro de dépôt: 97103800.5

(22) Date de dépôt: 07.03.1997

(84) Etats contractants désignés:
DE FR GB IT

(30) Priorité: 16.04.1996 CH 957/96

(71) Demandeur: HAUSER, Charles
CH-1261 Genolier (CH)

(72) Inventeur: HAUSER, Charles
CH-1261 Genolier (CH)

(74) Mandataire: Micheli & Cie
Rue de Genève 122,
Case Postale 61
1226 Genève-Thonex (CH)

(54) **Procédé pour l'orientation de plusieurs monocristaux posés côte à côte sur un support de découpage en vue d'une découpe simultanée dans une machine de découpage et dispositif pour la mise en oeuvre de ce procédé**

(57) Le procédé et le dispositif de positionnement (1) permet de monter plusieurs monocristaux (2) sur un support (3) en vue d'une découpe simultanée selon des directions bien définies par rapport à la structure cristalline de chaque monocristal; ils suppriment le réglage en machine et minimisent la durée de découpe en procédant à une mise en position hors machine selon des angles de rotation (d.g) obtenus mathématiquement à partir de données mesurées et/ou imposées et qui positionnent chaque monocristal géométrique dans un plan perpendiculaire à la direction de découpage (z''') tout en amenant le plan de découpe de chaque monocristal (2) parallèle à la direction de découpage de la machine. Le dispositif de mise en oeuvre du procédé comprend un châssis (5), un dispositif de préhension (8) monté tournant sur le châssis et portant chacun des monocristaux (2) et un plateau rotatif (11) destiné à maintenir le support de découpage (3) appartenant à la fois au dispositif de positionnement (1) et à la machine de découpage. Par un mécanisme de levage (9), le support (3) et chaque monocristal (2) sont mis en contact et rendus solidaires après avoir obtenu leur orientation relative prédéterminée par rotation autour des axes x et z''' . Le procédé et le dispositif permettent d'obtenir un positionnement exact de chaque monocristal (2) hors machine dans des conditions propices, un montage compact, optimisé de plusieurs monocristaux sur le support de découpage et un découpage précis avec une productivité maximum.

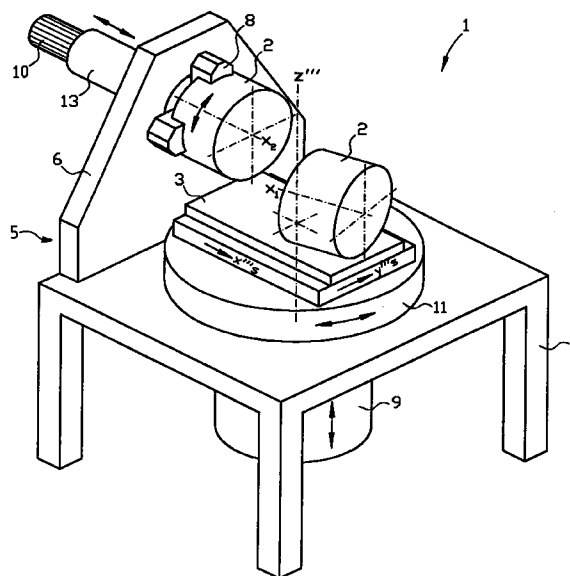


fig. 6

EP 0 802 029 A2

Description

La présente invention concerne un procédé pour l'orientation de monocristaux en vue de leur découpe dans une machine de découpage selon un plan de découpe prédéterminé.

Les monocristaux généralement à usages optiques ou semi-conducteurs nécessitent que ceux-ci soient découpés selon des orientations très précises par rapport aux axes du réseau cristallin. De plus, leur fabrication ne permet pas de contrôler de manière parfaite l'orientation des axes du réseau cristallin par rapport aux axes géométriques. Il faut donc pour que la découpe soit correcte corriger l'erreur de fabrication et tenir compte des angles formés entre le plan de découpe et le plan cristallin choisi ou imposé par les utilisations ou procédés subséquents. Etant donné que la découpe se fait à partir de monocristaux géométriques, il faudra les positionner et les maintenir dans l'espace de telle manière que le déplacement du système de découpe soit parallèle au plan de découpe désiré de chacun des monocristaux. Il existe une infinité de positions possibles, toutefois il n'en n'existe que quatre par monocristal qui en plus le place dans un plan perpendiculaire au plan de découpe de la machine. Le positionnement de chacun des monocristaux selon l'une de ces quatre positions permet donc de découper non seulement dans l'orientation désirée mais également de minimiser le temps de la découpe et de charger de manière optimale la machine de découpe, donc d'améliorer la productivité du dispositif de découpe.

Des dispositifs d'orientation de monocristaux sont déjà connus et utilisés dans l'industrie des semi-conducteurs sur des tronçonneuses à diamètre intérieur ou sur des scies à fils. Le positionnement se fait à l'aide de table orientable y",z" montée directement sur la machine. L'ajustement se fait après mesure optique ou aux rayons X. La correction est alors introduite selon y",z". Cette manière de pratiquer a le désavantage d'une part d'avoir une position du monocristal inclinée par rapport à l'avance de l'élément de découpe, ce qui est très défavorable dans le cas d'une scie à fils où la nappe de fils doit être parallèle au monocristal géométrique, et d'autre part de ne pas minimiser la longueur de découpe, ce qui est alors défavorable pour les scies à diamètre intérieur en diminuant leur productivité. De plus, cette manière de pratiquer oblige à régler la table de la machine avant chaque découpe de manière très précise et dans un environnement industriel souvent sale donc peu propice à ce type d'opération. Le temps de réglage de la machine contribue également à la baisse de la productivité. Cette manière de pratiquer ne permet également pas la découpe simultanée de plusieurs monocristaux ayant des orientations différentes les uns des autres.

La machine de découpe a une longueur de table fixe, alors que les monocristaux eux-mêmes peuvent avoir des longueurs variables en raison de contrainte de fabrication ou de qualité. Le temps de découpe dans le

cas d'une scie à fils est indépendant de la longueur à découper, il est donc nécessaire d'avoir un remplissage maximum si l'on veut avoir une productivité maximum. Ce remplissage maximum ne peut se faire qu'en combinant plusieurs monocristaux orientés selon une technique utilisant pour chacun d'eux les axes qui définissent un plan perpendiculaire au plan de découpe et qui définissent également le monocristal géométrique.

La présente invention a pour but de remédier aux inconvénients précités et de permettre un réglage précis du positionnement de chaque monocristal monté sur un support de découpe commun dans un environnement propre et d'augmenter la productivité du découpage.

L'invention est caractérisée à cet effet par les caractéristiques figurant aux revendications indépendantes, à savoir par le fait que plusieurs monocristaux sont préparés pour une découpe simultanée, qu'on oriente successivement chacun des monocristaux au moyen d'un dispositif de positionnement hors de la machine de découpage selon une orientation prédéterminée par rapport à un support de découpage, qu'on fixe successivement chacun des monocristaux conformément à ladite orientation prédéterminée sur le support de découpage dont la mise en place dans la machine de découpage est géométriquement définie par rapport au plan de découpage de la machine, et qu'on dispose le support de découpage après fixation de ces monocristaux dans la machine de découpage selon ladite mise en place géométriquement définie pour obtenir ladite orientation prédéterminée de chaque monocristal dans la machine de découpage et que l'on découpe simultanément tous les monocristaux montés sur le support de découpage.

Par ces caractéristiques, il est possible d'obtenir un positionnement et une orientation précise de chacun des monocristaux constituant la charge de découpage dans un environnement de mesure propice, sans qu'il soit nécessaire d'effectuer aucun réglage de positionnement sur la machine de découpe. Les temps d'arrêt de cette dernière peuvent donc être diminués considérablement et la quantité de tranches produites par charge de découpage étant maximale, la productivité de la machine de découpage est accrue d'autant.

Dans un mode d'exécution préféré, l'invention est caractérisée par le fait que ladite orientation prédéterminée est obtenue en disposant chaque monocristal sur le dispositif de positionnement de façon qu'un de ses axes géométriques de la forme géométrique de chaque monocristal soit compris dans un plan de référence correspondant au plan de travail de la machine de découpage perpendiculaire au plan de découpage, en effectuant une rotation de chaque monocristal d'un premier angle prédéterminé propre à chaque monocristal autour dudit axe géométrique pour amener la normale au plan de découpe du monocristal dans ledit plan de référence, et en effectuant une rotation relative entre le support de découpage et chaque monocristal d'un second angle prédéterminé propre à chaque monocristal autour d'un axe perpendiculaire audit plan de réf-

rence de façon que la normale au plan de découpe soit orientée suivant une direction de référence correspondant à la normale au plan de découpage de la machine, ledit axe géométrique et la normale au plan de découpe de chaque monocristal étant compris dans ledit plan de référence.

On remédie ainsi de façon précise et aisée au désavantage d'avoir une position des monocristaux inclinée par rapport à la direction de l'avancement des éléments de découpage de la machine, ce qui est particulièrement défavorable dans les scies à fils. L'axe géométrique principal de chacun des monocristaux peut ainsi être orienté parfaitement parallèlement au plan de travail et à la nappe de fils, on obtient donc une découpe optimale tout en minimisant la longueur de découpe et en maximisant la charge de découpe.

Favorablement, le procédé utilisé par la présente invention est caractérisé en ce qu'on définit l'orientation du plan de découpe de chaque monocristal par rapport au réseau cristallin, en ce qu'on mesure l'orientation du réseau cristallin par rapport à la forme géométrique de chaque monocristal, et en ce qu'on calcule les premier et second angles de rotation en tenant compte de l'orientation du plan de découpe par rapport au réseau cristallin et par rapport à la forme géométrique de chaque monocristal.

Par ces caractéristiques, on obtient une grande précision du positionnement et une rapidité de montage considérable.

Le procédé selon l'invention s'applique particulièrement avantageusement à l'utilisation de monocristaux dont la forme géométrique est sensiblement cylindrique circulaire, ledit axe géométrique correspondant à l'axe principal du monocristal.

L'invention s'applique également à un dispositif de mise en oeuvre du procédé qui est caractérisé par le fait qu'il comprend un dispositif de positionnement destiné à orienter les monocristaux correspondant à la charge de découpage hors de la machine de découpage conformément à une orientation prédéterminée de chaque monocristal par rapport à un support de découpage sur lequel les monocristaux sont destinés à être fixés et dont la mise en place dans la machine de découpage est géométriquement définie et dont les axes principaux sont parallèles aux axes de la machine de découpage.

Ce dispositif pour la mise en oeuvre du procédé est avantageusement caractérisé par le fait qu'il comprend des premiers moyens pour supporter les monocristaux dans une orientation telle qu'un des axes géométriques de la forme géométrique de chaque monocristal en cours de montage est compris dans un plan de référence correspondant au plan de travail de la machine de découpage et pour effectuer une rotation dudit monocristal d'un premier angle prédéterminé autour dudit axe géométrique afin d'amener la normale au plan de découpe du monocristal en cours de montage dans ledit plan de référence et des seconds moyens pour effectuer une rotation relative entre le support de découpage et chaque monocristal en cours de montage

d'un second angle prédéterminé autour d'un axe perpendiculaire audit plan de référence de façon que la normale au plan de découpe soit orientée suivant une direction de référence correspondant à la normale au plan de découpage de la machine, et par le fait qu'il comprend des troisièmes moyens pour effectuer un mouvement de translation relatif entre le monocristal et le support de découpage destiné à positionner de la manière la plus compact le monocristal en cours de montage avec les monocristaux déjà montés sur le support de découpage et des quatrièmes moyens pour effectuer un mouvement de translation relatif perpendiculaire de rapprochement entre le support de découpage et le monocristal en vue de fixer ce dernier sur le support de découpage dans ladite orientation prédéterminée, et qu'il peut répéter l'opération plusieurs fois en assemblant de manière compact sur le support de découpage les monocristaux constituant la charge de découpage.

Par ces caractéristiques, on obtient un positionnement rapide, précis et adapté aux machines de découpage permettant un découpage exact de chaque monocristal dans un temps minimum, indépendant du nombre de monocristaux constituant la charge de découpage. De plus, la précision de la découpe sera indépendante de la machine de découpage utilisée ou de l'opérateur dans le cas de chaînes de production.

Un mode d'exécution favorable est caractérisé par le fait que les premiers moyens comprennent un système de préhension monté de façon tournante selon un axe de rotation sur une partie supérieure d'un châssis du dispositif de positionnement et agencé de façon à supporter le monocristal, et un premier organe de mesure angulaire susceptible de déterminer le premier angle de rotation prédéterminé, par le fait que les seconds moyens comprennent un plateau rotatif monté de façon tournante par rapport audit châssis et dont le plan principal est parallèle audit plan de référence et à l'axe de rotation du système de préhension, ce plateau rotatif étant agencé de façon à maintenir le support de découpage dans une position géométriquement définie, un second organe de mesure angulaire étant prévu pour déterminer ledit second angle de rotation prédéterminé, par le fait que les troisièmes moyens comportent un mécanisme de translation parallèlement audit axe de rotation permettant de positionner le monocristal de la manière la plus compacte avec les autres monocristaux montés avant ou après lui sur le support de découpage, par le fait que les quatrièmes moyens comprennent un mécanisme de translation selon une direction perpendiculaire audit plan de référence permettant le rapprochement du support de découpage et du monocristal et par le fait que le support de découpage est conformé de façon que son positionnement dans la machine de découpage s'effectue selon une position géométrique correspondant à la position géométrique définie sur ledit plateau rotatif de façon que le plan de référence et la direction de référence correspondent au plan de travail et à la normale au plan de découpage de la

machine.

Ces caractéristiques permettent un positionnement de plusieurs monocristaux sur le même support de découpage, particulièrement simple, rapide et peu onéreux, tout en assurant une grande précision de découpe de l'ensemble des monocristaux.

D'autres avantages ressortent des caractéristiques exprimées dans les revendications dépendantes et de la description exposant ci-après l'invention plus en détail à l'aide de dessins qui représentent schématiquement et à titre d'exemple un mode d'exécution.

La figure 1 illustre en perspective un exemple de monocristal avec ses axes géométriques et cristallographiques et le plan de découpe choisi.

Les figures 2A et 2B illustrent selon deux vues orthogonales la position du monocristal obtenu par un procédé connu et couramment utilisé ne permettant pas la découpe simultanée de plusieurs monocristaux.

Les figures 3A et 3B représentent selon deux vues orthogonales les positions de deux monocristaux obtenues conformément à la présente invention.

La figure 4 représente un schéma vectoriel des différents référentiels utilisés.

Les figures 5A, 5B, 5C illustrent les positions occupées par chacun des monocristaux en suivant le procédé d'orientation utilisé par la présente invention.

La figure 6 est une vue en perspective d'un mode d'exécution du dispositif pour la mise en oeuvre du procédé.

Les figures 7A et 7B illustrent selon deux vues le positionnement de trois monocristaux orientés sur un support de découpage.

De façon générale, l'invention donne la possibilité d'installer sur la machine de découpage des monocristaux préorientés montés sur le même support de découpage et dont le plan de découpe est orienté parallèlement au plan de découpe de la machine, de manière à minimiser la longueur de découpe et en même temps de maximiser le remplissage du support de découpage. Cette détermination de l'orientation se fera mathématiquement pour chaque monocristal à partir des mesures effectuées pour déterminer l'erreur de chaque monocristal géométrique par rapport au réseau cristallin en y incluant les exigences du procédé subséquent en relation avec les axes cristallins. Le montage des monocristaux sur un support de découpage pourra se faire alors à l'aide d'un dispositif de positionnement qui autorise la mesure exacte des angles de rotation des monocristaux géométriques, et de les monter tels quels sur un support de découpage commun qui est une pièce avec indexation appartenant à la machine de découpage. Les monocristaux peuvent être bridés ou de préférence collés sur le support de découpage, support qui une fois transféré sur la machine de découpage présentera les monocristaux parfaitement préorientés prêts à être sciés sans ajustement subséquent. De plus, la précision de la découpe sera indépendante de la machine utilisée ou de l'opérateur dans le cas de chaînes de production.

Le dispositif de positionnement se présentera sous la forme d'une table ou d'un châssis avec un plateau rotatif ayant son axe de rotation z'' vertical sur lequel est posé le support de découpage sur lequel les monocristaux seront ultérieurement fixés. Ce support a un système d'indexation identique à celui de la machine de découpage. Le support des monocristaux est une pièce interface entre le dispositif de positionnement et la machine de découpage. Il aura donc la même position sur le dispositif de positionnement et sur la machine de découpage. Au dessus du plateau rotatif mais fixe par rapport à la table se trouve un mécanisme permettant la tenue du monocristal et de le faire tourner selon son axe horizontal x avec en plus une possibilité de déplacement selon ce même axe x . Ce système est composé dans le cas de monocristaux cylindriques d'un système de préhension permettant la prise du monocristal par son extrémité. Le monocristal peut alors tourner selon son axe x parallèle à son allongement. Le mouvement du plateau et la rotation du monocristal permettent de le positionner dans n'importe quelle orientation. La valeur des deux angles de rotation sera déterminée par les exigences du produit terminé et calculée mathématiquement. Le mécanisme de déplacement selon x permet de positionner le monocristal n'importe où sur le support de découpage afin d'assurer un remplissage maximum. Une fois les deux rotations et la translation selon x effectuées, un mécanisme fait mettre en présence le support avec le monocristal lui-même tout en conservant leur position relative. Ceci peut se faire soit par l'élévation du plateau rotatif soit par l'abaissement du monocristal. Une fois mis en contact le monocristal sera bridé ou collé en position. L'opération sera répétée avec d'autres monocristaux jusqu'au remplissage complet du support de découpage. Le support de découpage pourra alors être transféré sur la machine de découpage. Les monocristaux sont alors orientés, prêts à être découpés simultanément. Les angles de rotation selon x et z'' sont mesurés par des dispositifs électroniques intégrés tels qu'encodeurs ou mécaniques par verniers par exemple.

La figure 1 représente un exemple de monocristal à découper 2 qui possède une forme géométrique cylindrique avec des axes géométriques x, y, z , l'axe x étant l'axe principal. Les axes x', y', z' du réseau cristallin de ce monocristal ne sont pas parallèles aux axes géométriques. Les angles a et f entre les axes y, y' et z, z' sont déterminés par mesure optique ou aux rayons X et définissent généralement l'erreur de fabrication du monocristal. La figure 1 montre également le plan de découpe 12 choisi ou imposé du monocristal avec ses axes y'' et z'' inclinés des valeurs angulaires p et t par rapport aux axes y', z' du réseau cristallin et la normale x'' au plan de découpe. Les valeurs angulaires p et t sont généralement définies en fonction des nécessités de l'utilisation ultérieure du monocristal découpé. Il est bien entendu que ces angles p et t pourront par exemple être égaux à zéro au cas où l'on désire obtenir des plaquettes de silicium découpées parallèlement au plan

(100).

Les figures 2A et 2B représentent en vue latérale et en plan, la position du monocristal 2 obtenue par le procédé connu et couramment utilisé avant la présente invention en effectuant une orientation du monocristal par rotation autour des axes géométriques y et z. Le monocristal 2 n'est alors pas parallèle au plan de la nappe des fils 4 dans le cas de l'utilisation d'une scie à fils comme moyen de découpage. Le plan de machines x''', y''' de la machine de découpage n'est pas parallèle à l'axe géométrique x du monocristal 1. La direction d'avancement selon z''' de la nappe de fils 4 n'est pas perpendiculaire au monocristal, ce qui est préjudiciable pour la qualité de la découpe, de plus cela ne permet pas le montage de plusieurs monocristaux ayant des orientations différentes.

Les figures 3A et 3B illustrent l'orientation de monocristaux obtenue par le procédé conformément à la présente invention en effectuant une orientation des monocristaux par rotation autour des axes x₁, x₂ et z'''. La nappe de fils 4 de la scie à fils utilisée comme machine de découpage se trouve dans le plan x''', y''' et l'axe géométrique x₁, x₂ des monocristaux est parallèle à ce plan x''', y'''. Chaque monocristal se trouve donc dans une position optimale par rapport aux moyens de découpage, de façon à obtenir une découpe très précise.

Le schéma vectoriel des divers référentiels utilisés pour le positionnement est représenté à la figure 4 et comprend le référentiel x, y, z lié à la forme géométrique du monocristal le référentiel x', y', z' lié au réseau cristallin du monocristal le référentiel x'', y'', z'' correspondant au plan de découpe du monocristal et le référentiel x''', y''', z''' utilisé pour le dispositif de positionnement et la machine de découpage.

Le plan de découpe correspond au plan y'', z'' et sa normale correspond à la direction x''. Le défaut d'alignement de la forme géométrique du monocristal 2 avec le réseau cristallin est déterminé par les angles a et f, correspondant aux angles y'y et z'z'. Les angles p et t correspondant aux angles y''y' et z''z' déterminent l'orientation des plans de découpe choisis par rapport au référentiel du réseau cristallin. La normale x'' au plan de découpe y''z'' définit un vecteur X''(x, y, z) qui fait un angle g avec l'axe géométrique x et la projection du vecteur X''(x, y, z) sur le plan y, z fait un angle d avec y.

L'angle d correspond donc à l'angle de rotation autour de l'axe géométrique x pour amener la normale x'' au plan de découpe y'', z'' dans un plan de référence correspondant au plan de travail x''', y''' de la machine.

L'angle g correspond à l'angle de rotation autour de l'axe vertical z''' de façon que la normale x'' au plan de découpe soit orientée suivant une direction de référence correspondant à la normale x''' au plan de découpe y'''z''' de la machine pour faire coïncider le plan de découpe souhaité avec le plan de découpage de la machine de découpage.

Les angles d et g peuvent être calculés pour chaque monocristal et la solution mathématique se présen-

tera sous la forme suivante :

$$X' = M(a, f)X$$

avec M(a, f) matrice de rotation pour les angles a, f et

$$X'' = M(t, p)X'$$

avec M(t, p) matrice de rotation pour les angles p, t.

On en déduit que les deux angles d et g que l'on fera effectuer à chacun des monocristaux géométriques selon x et z''' seront obtenus par les composantes X''x, X''y, X''z de X''(x, y, z) dans le repère x''', y''', z''' où X'' est le vecteur normal au plan y'', z'' dans le référentiel machine.

$$d = \arctang(X''z/X''y)$$

$$g = \arctang((\sqrt{X''y^2 + X''z^2})/X''x)$$

Le procédé de positionnement pour obtenir l'orientation optimale représentée aux figures 3A et 3B est décrit plus précisément en référence aux figures 5A, 5B et 5C illustrant trois positions successives. En figure 5A, le monocristal est placé sur le dispositif de positionnement et ses axes géométriques x, y, z sont alignés avec les axes x''', y''', z''' du dispositif d'alignement et de la machine de découpage.

On effectue alors une rotation autour de l'axe géométrique x''' ou x de la valeur angulaire d pour amener le vecteur X'' dans le plan x''', y''' (figure 5B). Une rotation d'un angle g du monocristal géométrique selon l'axe z''' amène le vecteur X'' dans une position colinéaire avec l'axe x''' (figure 5C). Après ces deux rotations, le monocristal géométrique x, y, z est orienté parallèlement au plan x''', y''' avec un angle g par rapport à la normale X'' au plan de découpe correspondant aux nécessités du procédé utilisé ultérieurement. Le sciage résultant aura bien les angles t et p par rapport aux axes cristallographies y' et z'. Il est bien entendu que la seconde rotation pourra également être effectuée en tournant le support de découpage d'un angle -g, le monocristal restant immobile comme cela est réalisé dans le mode d'exécution illustré à la figure 6.

Ce dernier est constitué par un dispositif de positionnement 1 qui permet d'orienter chaque monocristal 2 hors d'une machine de découpage conformément à une orientation prédéterminée par rapport à un support de découpage se présentant sous forme d'un support 3 sur lequel les monocristaux seront fixés après orientation adéquate. Le dispositif de positionnement 1 comprend à cet effet une table ou un châssis 5 avec une partie supérieure 6 et une partie inférieure 7.

Le monocristal 2 à orienter est porté par un dispositif de préhension 8 tournant avec son axe principal orienté parallèlement à l'axe x. Un organe de mesure angulaire, sous forme d'un encodeur 10 permet de mesurer l'angle de rotation d du monocristal autour de l'axe x. Le dispositif de préhension 8 peut se déplacer

linéairement selon x grâce à un mécanisme de translation 13.

Un plateau rotatif 11 est monté tournant selon l'axe z''' sur la partie inférieure 7 du châssis 1. Un système de mesure angulaire intégré dans le plateau rotatif 11 permet de mesurer l'angle de rotation θ autour de l'axe z''' . Le support 3 est maintenu dans une orientation prédéterminée précise sur le plateau rotatif 11.

Le plateau rotatif 11 est également monté de façon coulissante suivant la direction z''' sur la partie inférieure 7 du châssis afin de pouvoir rapprocher le support 3 du monocristal 2 au moyen d'un mécanisme de levage 9 pour fixer le monocristal 2 sur le support 3. Après fixation successive de plusieurs monocristaux, le support 3 et les monocristaux 2 peuvent être placés dans la machine de découpage selon une position géométrique prédéterminée de façon que le plan de référence x''', y''' du support 3 corresponde au plan de travail x'', y'' de la machine de découpage et de façon que la perpendiculaire x''' au plan de découpage de la machine soit parallèle à la direction de référence x'''_s du support.

Ainsi le dispositif décrit utilisant le procédé décrit en détail permet la réalisation de la présente invention, à savoir le positionnement de plusieurs monocristaux sur un support de découpage hors de la machine de découpage de telle manière que les monocristaux, une fois montés sur leur support et introduits sur une machine de découpage, soient découpés simultanément avec une orientation donnée des axes cristallins par rapport au plan de sciage. De plus, la position des monocristaux cylindriques est telle que les génératrices de ceux-ci se trouvent placées parallèlement à la nappe de fils 4 dans le cas d'une scie à fils ou parallèlement à la direction du mouvement définissant l'épaisseur des tranches s'il s'agit d'une découpe avec lame. On mesure pour ceci l'orientation du réseau cristallin par rapport à la forme géométrique du monocristal optiquement ou au moyen de rayons X. Le dispositif de positionnement 1 ou le support de découpage 3 pourront à cet effet avantageusement être agencés pour pouvoir être montés sur un générateur de rayons X de façon que le positionnement des monocristaux puisse être effectué et contrôlé simultanément. L'orientation du plan de découpe y'', z'' par rapport au réseau cristallin x', y', z' étant imposée par l'application ultérieure, les valeurs des deux angles de rotation des monocristaux d selon l'axe x et g selon l'axe z''' du dispositif de positionnement sont déterminés mathématiquement. Une fois les deux rotations réalisées selon les valeurs calculées pour chaque monocristal, les monocristaux se trouveront dans la position recherchée pour la machine de découpage, à savoir perpendiculairement à l'avance (z''') de la découpe ayant en plus leurs plans de découpe ($y_1''z_1'', y_2''z_2'', y_3''z_3''$) parallèle à celui ($y''z''$) de la machine, comme cela est illustré aux figures 7A et 7B pour trois monocristaux Z ayant des axes cristallographiques x_1, x_2, x_3 parallèles au plan $x''y''$ de la machine de découpage et du support 3. Le dispositif de position-

nement permettra la fixation des monocristaux soit par bridage soit par collage sur le support 3 préindexé par rapport à la machine de découpage. En outre, l'orientation donnée par le procédé minimise dans le cas de monocristaux cylindriques la longueur de sciage. La machine de découpage ne nécessite donc aucun dispositif de réglage pour assurer une découpe selon les spécifications angulaires requises après le transfert des monocristaux sur le support de découpage et de celui-ci dans la machine de découpage. La nappe de fils d'une scie à fils demeure parallèle aux monocristaux géométriques durant toute la découpe tout en assurant une orientation adéquate des tranches ainsi produites. De même, la lame de scie d'une machine à lames demeure perpendiculaire aux monocristaux.

Il est bien entendu que le mode de réalisation décrit ci-dessus ne présente aucun caractère limitatif et qu'il peut recevoir toutes modifications désirables à l'intérieur du cadre tel que défini par la revendication 1. En particulier, les deux angles de rotation autour des axes x et z''' pourraient être remplacés par des angles pris et calculés par rapport à d'autres référentiels géométriques et cristallographiques, mais qui aboutissent au même résultat que la normale au plan de découpe de chaque monocristal est orientée dans une direction de référence correspondant à la normale au plan de découpage de la machine et qu'un axe géométrique prédéterminé de chaque monocristal et la normale au plan de découpe sont compris dans un plan de référence correspondant au plan de travail de la machine. De même, le plan de découpe pourra être déterminé par d'autres angles que p et t par rapport au réseau cristallin et le décalage du réseau cristallin par rapport à la forme géométrique de chaque monocristal pourra être indiqué par d'autres angles mesures que a et f .

Les dispositifs de préhension pourraient être remplacés par d'autres moyens pour supporter le monocristal en cours d'orientation et pour effectuer une rotation dudit monocristal tel que par exemple des cylindres sur lesquels ledit monocristal est posé temporairement et qui sont montés tournant sur la table ou le châssis. Des supports de rotation pourraient être agencés aux deux extrémités opposées du monocristal. La rotation relative entre ledit monocristal et le support de découpage autour de l'axe z''' pourrait également être obtenu en effectuant une rotation dudit monocristal par rapport au support de découpage qui resterait immobile sur la table ou le châssis du dispositif de positionnement. Le plateau rotatif serait alors remplacé par un organe rotatif selon z''' et portant le support temporaire du monocristal.

Les organes de mesures angulaires pourraient être électroniques, optiques ou mécaniques.

Le rapprochement ou la mise en contact du monocristal et du support de découpage pourraient être effectué par le bas ou par le haut et en déplaçant soit le support de découpage soit ledit monocristal.

Les rotations autour des deux axes horizontal et vertical x, z''' pourraient être interverties dans le temps

en effectuant d'abord la rotation autour de l'axe z''' et ensuite la rotation autour de l'axe horizontal x .

La translation parallèlement à x pourrait être réalisée en déplaçant non pas le monocristal mais le support de découpage.

Le procédé et le dispositif pourraient également être utilisés pour le découpage orienté de monocristaux de toute autre forme géométrique ou de tout autre matériau qu'un monocristal, tel que des ensembles polycristallins à orientation cristalline prédéterminée, des cristaux à mâcles simples ou polysynthétiques, des agrégats cristallins orientés, des alliages, des substances cristallines orientées contenues dans une substance amorphe, par exemple des matériaux polarisants, ou simplement pour donner une forme particulière aux tranches obtenues.

Revendications

1. Procédé pour l'orientation de monocristaux (2) en vue de leur découpe dans une machine de découpage selon un plan de découpe (y'', z'') prédéterminé, caractérisé par le fait que plusieurs monocristaux sont préparés pour une découpe simultanée, qu'on oriente successivement chacun des monocristaux (2) au moyen d'un dispositif de positionnement (1) hors de la machine de découpage selon une orientation prédéterminée par rapport à un support de découpage (3), qu'on fixe successivement chacun des monocristaux (2) conformément à ladite orientation prédéterminée sur le support de découpage (3) dont la mise en place dans la machine de découpage est géométriquement définie par rapport au plan de découpage (y''', z''') de la machine, et qu'on dispose le support de découpage (3) après fixation de ces monocristaux (2) dans la machine de découpage selon ladite mise en place géométriquement définie pour obtenir ladite orientation prédéterminée de chaque monocristal (2) dans la machine de découpage et que l'on découpe simultanément tous les monocristaux (2) montés sur le support de découpage (3).
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que ladite orientation prédéterminée est obtenue en disposant chaque monocristal (2) sur le dispositif de positionnement (1) de façon qu'un de ses axes géométriques (x) de la forme géométrique (x, y, z) de chaque monocristal soit compris dans un plan de référence (x''', y''') correspondant au plan de travail (x'', y'') de la machine de découpage perpendiculaire au plan de découpage (y''', z'''), en effectuant une rotation de chaque monocristal d'un premier angle prédéterminé (d) propre à chaque monocristal autour dudit axe géométrique (x) pour amener la normale (x'') au plan de découpage (y'', z'') du monocristal dans ledit plan de référence, et en effectuant une rotation relative entre le support de découpage (3) et chaque monocristal d'un second angle prédéterminé (g) propre à chaque monocristal autour d'un axe (z''') perpendiculaire audit plan de référence de façon que la normale (x'') au plan de découpe (y'', z'') soit orientée suivant une direction de référence correspondant à la normale au plan de découpage (y''', z''') de la machine, ledit axe géométrique (x) et la normale (x'') au plan de découpe de chaque monocristal (2) étant compris dans ledit plan de référence.
3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé par le fait que les premier et second angles de rotation (d, g) sont déterminés mathématiquement.
4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'on définit l'orientation du plan de découpe (y'', z'') de chaque monocristal par rapport au réseau cristallin (x', y', z'), en ce qu'on mesure l'orientation du réseau cristallin (x', y', z') par rapport à la forme géométrique (x, y, z) de chaque monocristal, et en ce qu'on calcule les premier et second angles de rotation (d, g) en tenant compte de l'orientation du plan de découpe (y'', z'') par rapport au réseau cristallin (x', y', z') et par rapport à la forme géométrique (x, y, z) de chaque monocristal, et que ceci est effectué pour chaque monocristal séparément.
5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé par le fait que l'orientation du réseau cristallin (x', y', z') par rapport à la forme géométrique (x, y, z) est déterminée optiquement ou au moyen de rayons X.
6. Procédé selon l'une des revendications 2 à 5, caractérisé en ce qu'on utilise des monocristaux (2) dont la forme géométrique est sensiblement cylindrique circulaire, ledit axe géométrique (x) de chaque monocristal (2) correspondant à leur axe principal cristallin et en ce que les monocristaux (2) sont maintenus l'un après l'autre pour fixation et orientation par un système de préhension (8) du dispositif de positionnement (1), l'axe de rotation du système de préhension (8) étant parallèle audit plan de référence (x_s''', y_s''').
7. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'il comprend un dispositif de positionnement (1) destiné à orienter les monocristaux (2) hors de la machine de découpage conformément à une orientation prédéterminée par rapport à un support de découpage (3) sur lequel chaque monocristal (2) est destiné à être fixé conjointement et de manière compacte avec d'autres et dont la mise en place dans la machine de découpage est géométriquement définie et dont les axes principaux (x_s''', y_s''') sont parallèles aux axes (x'', y'') de la machine de découpage.
8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé par

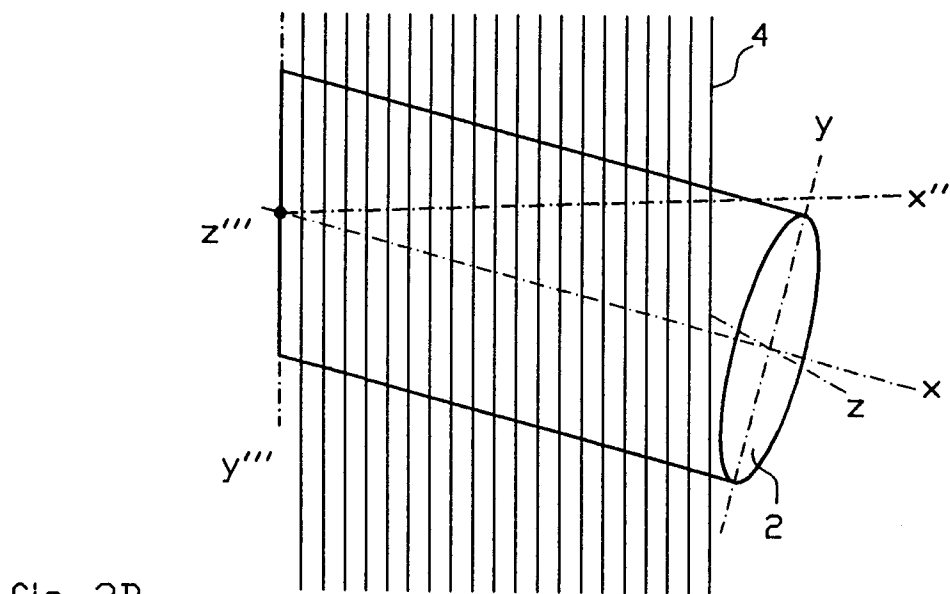
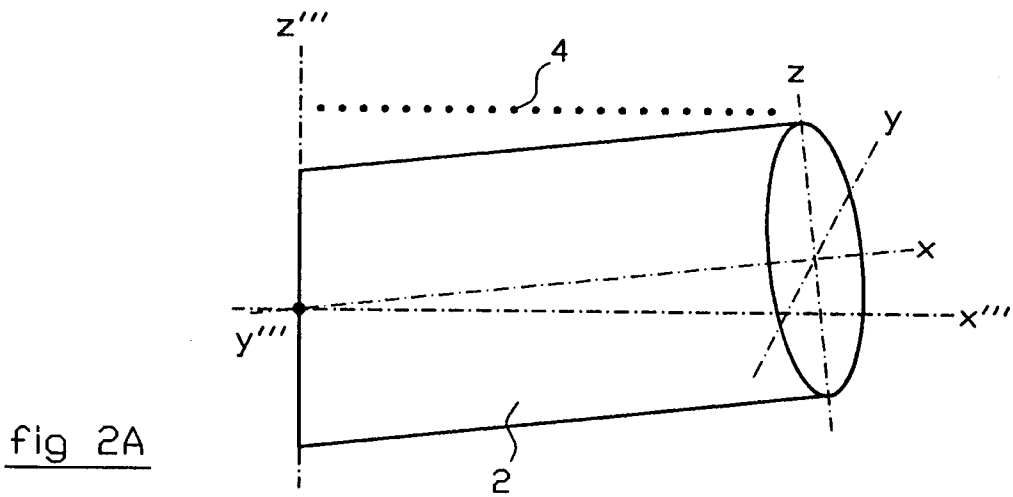
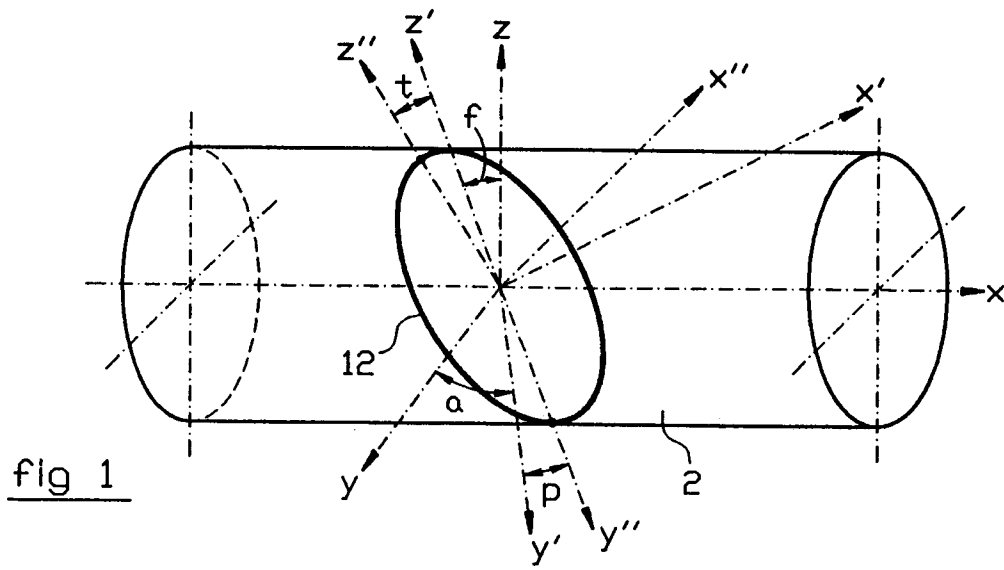
le fait qu'il comprend des premiers moyens (8) pour supporter le monocristal (2) dans une orientation telle qu'un des axes géométriques (x) de la forme géométrique (x,y,z) de chaque monocristal est compris dans un plan de référence correspondant au plan de travail (x'',y'') de la machine de découpage et pour effectuer une rotation du monocristal (2) d'un premier angle prédéterminé (d) autour dudit axe géométrique (x) pour amener la normale (x'') au plan de découpe (y'',x'') du monocristal dans ledit plan de référence et des seconds moyens (11) pour effectuer une rotation relative entre le support de découpage (3) et chaque monocristal (2) d'un second angle prédéterminé (g) autour d'un axe (z'') perpendiculaire audit plan de référence de façon que la normale (x'') au plan de découpe (y'',z'') soit orientée suivant une direction de référence correspondant à la normale au plan de découpage (y'',z'') de la machine.

9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé par le fait qu'il comprend des troisièmes moyens (13) permettant un déplacement relatif selon l'axe géométrique (x) des monocristaux (2) pour permettre l'assemblage le plus compact des différents monocristaux (2) sur le support de découpage et des quatrièmes moyens (9) pour effectuer un mouvement de translation relatif entre chaque monocristal (2) et le support de découpage (3) destinés à rapprocher le support de découpage (3) et le monocristal (2) en vue de fixer ce dernier sur le support de découpage, dans ladite orientation prédéterminée.

10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé par le fait que les premiers moyens comprennent un système de préhension (8) monté de façon tournante selon un axe de rotation sur une partie supérieure (6) d'un châssis (5) du dispositif de positionnement (1) et agencé de façon à supporter le monocristal (2), et un premier organe de mesure angulaire (10) susceptible de déterminer le premier angle de rotation prédéterminé (d), par le fait que les seconds moyens comprennent un plateau rotatif (11) monté de façon tournante par rapport audit châssis (5) et dont le plan principal est parallèle audit plan de référence et à l'axe de rotation du système de préhension (8), ce plateau rotatif (11) étant agencé de façon à maintenir le support de découpage (3) dans une position géométriquement définie, un second organe de mesure angulaire étant prévu pour déterminer ledit second angle de rotation prédéterminé (g), par le fait que les troisièmes moyens comportent un mécanisme de translation (13) parallèlement audit axe de rotation (x) permettant de positionner le monocristal (2) de la manière la plus compacte avec les autres monocristaux montés avant ou après lui sur le support de découpage (3), par le fait que les quatrièmes moyens

comprennent un mécanisme de translation (9) selon une direction perpendiculaire (z'') audit plan de référence, permettant le rapprochement du support de découpage (3) et du monocristal (2) et par le fait que le support de découpage (3) est conformé de façon que son positionnement dans la machine de découpage s'effectue selon une position géométrique correspondant à la position géométrique définie sur ledit plateau rotatif de façon que le plan de référence et la direction de référence correspondent au plan de travail (x'',y'') et à la normale (x'') au plan de découpage de la machine.

11. Dispositif selon l'une des revendications 7 à 10, caractérisé en ce que le support de découpage (3) et/ou le dispositif de positionnement (1) sont agencés de façon à pouvoir être montés sur un générateur de rayons X.



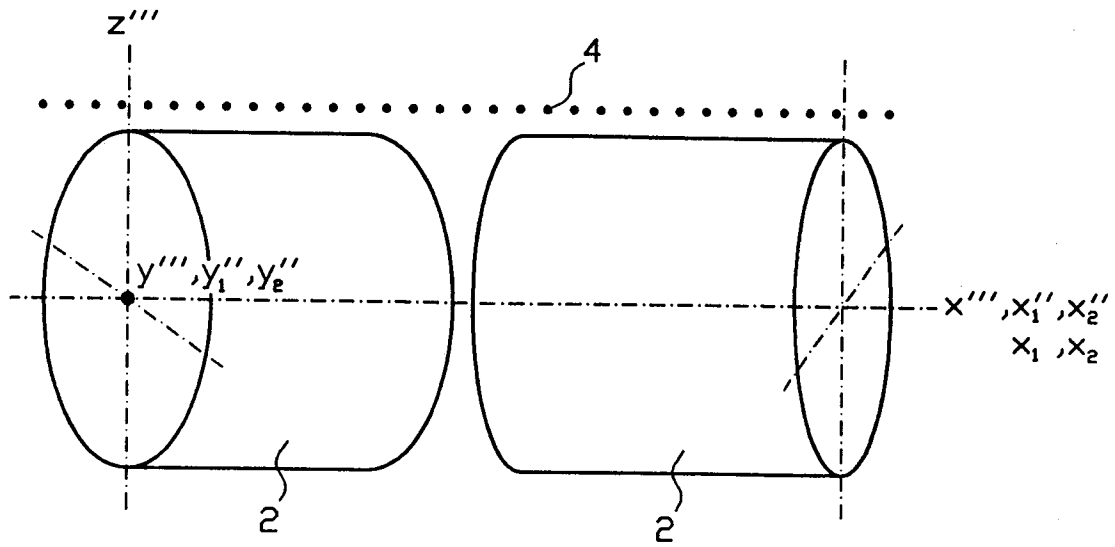


fig 3A

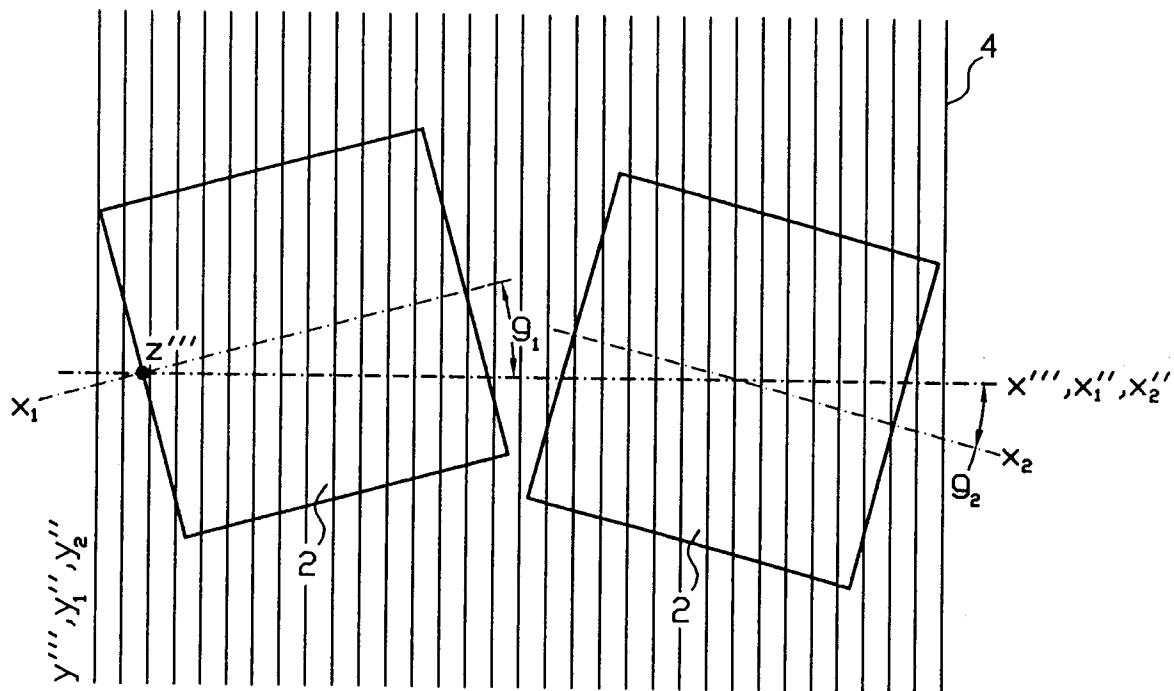


fig 3B

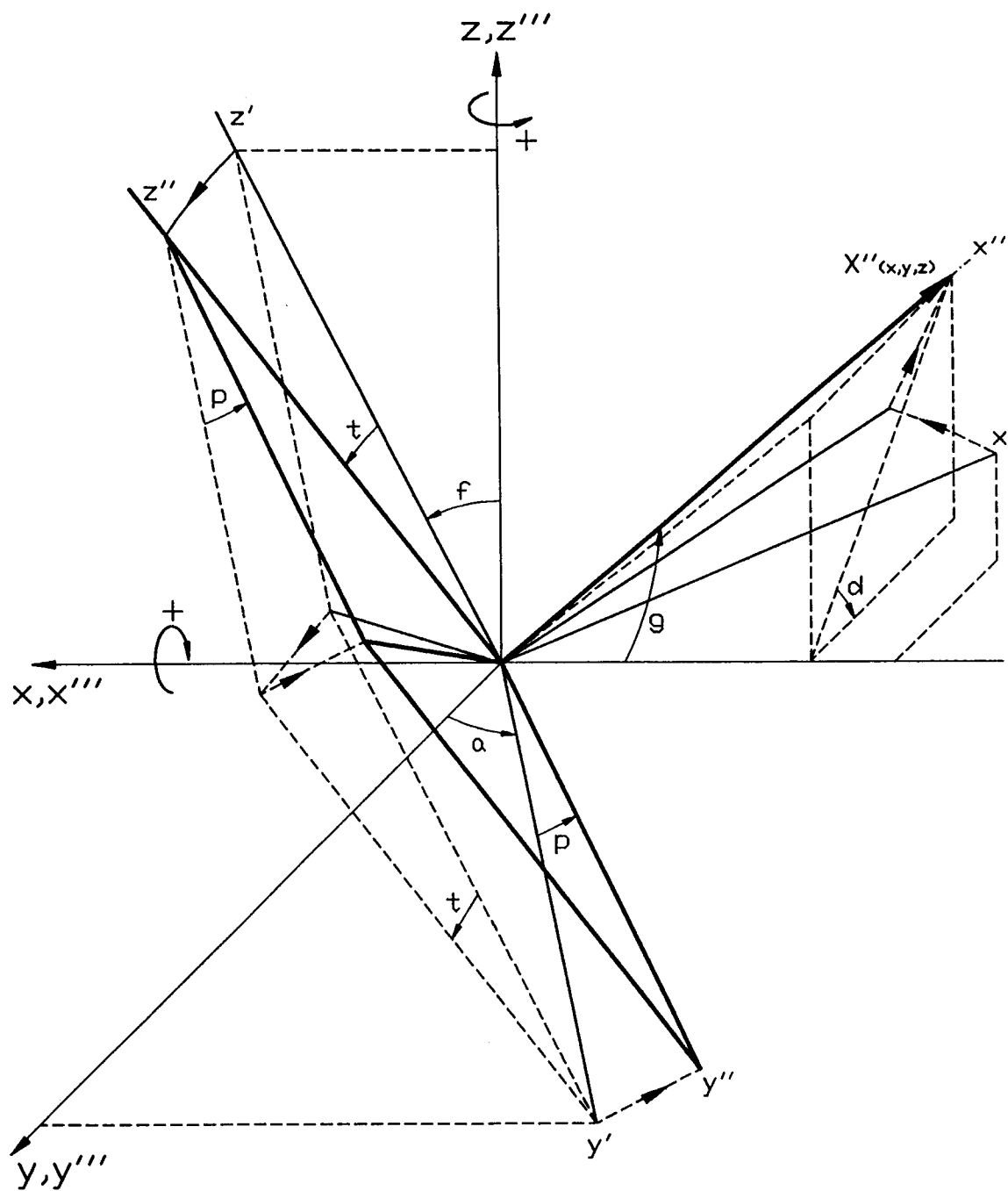


fig 4

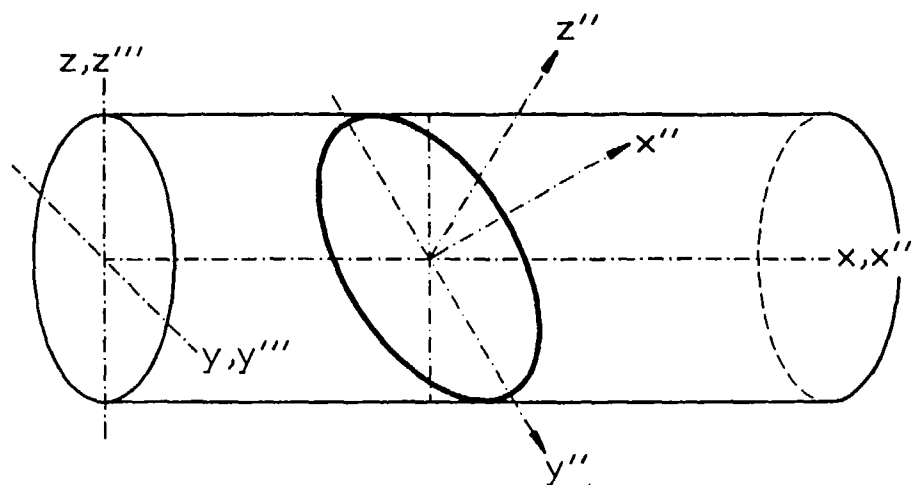


fig 5A

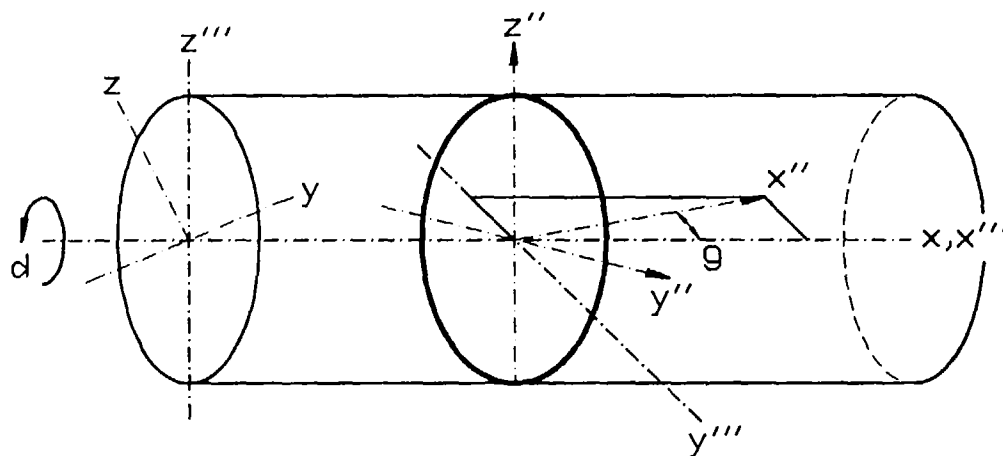


fig 5B

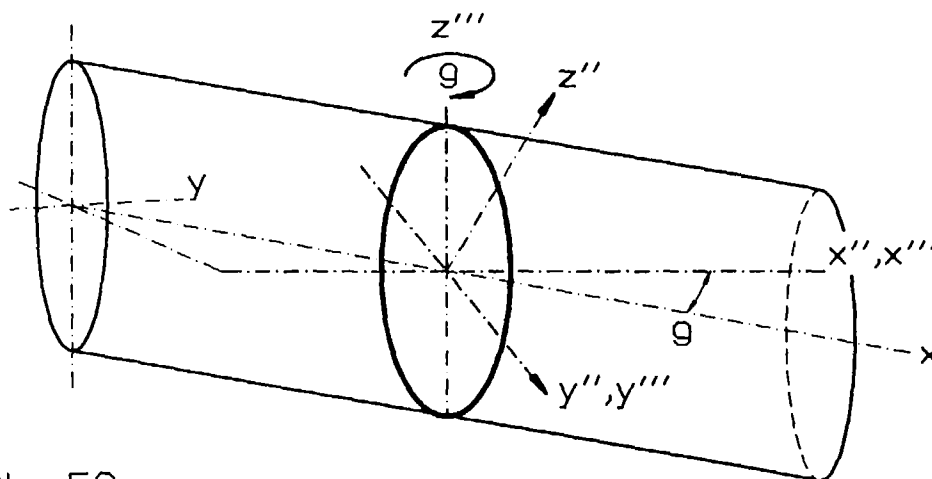


fig 5C

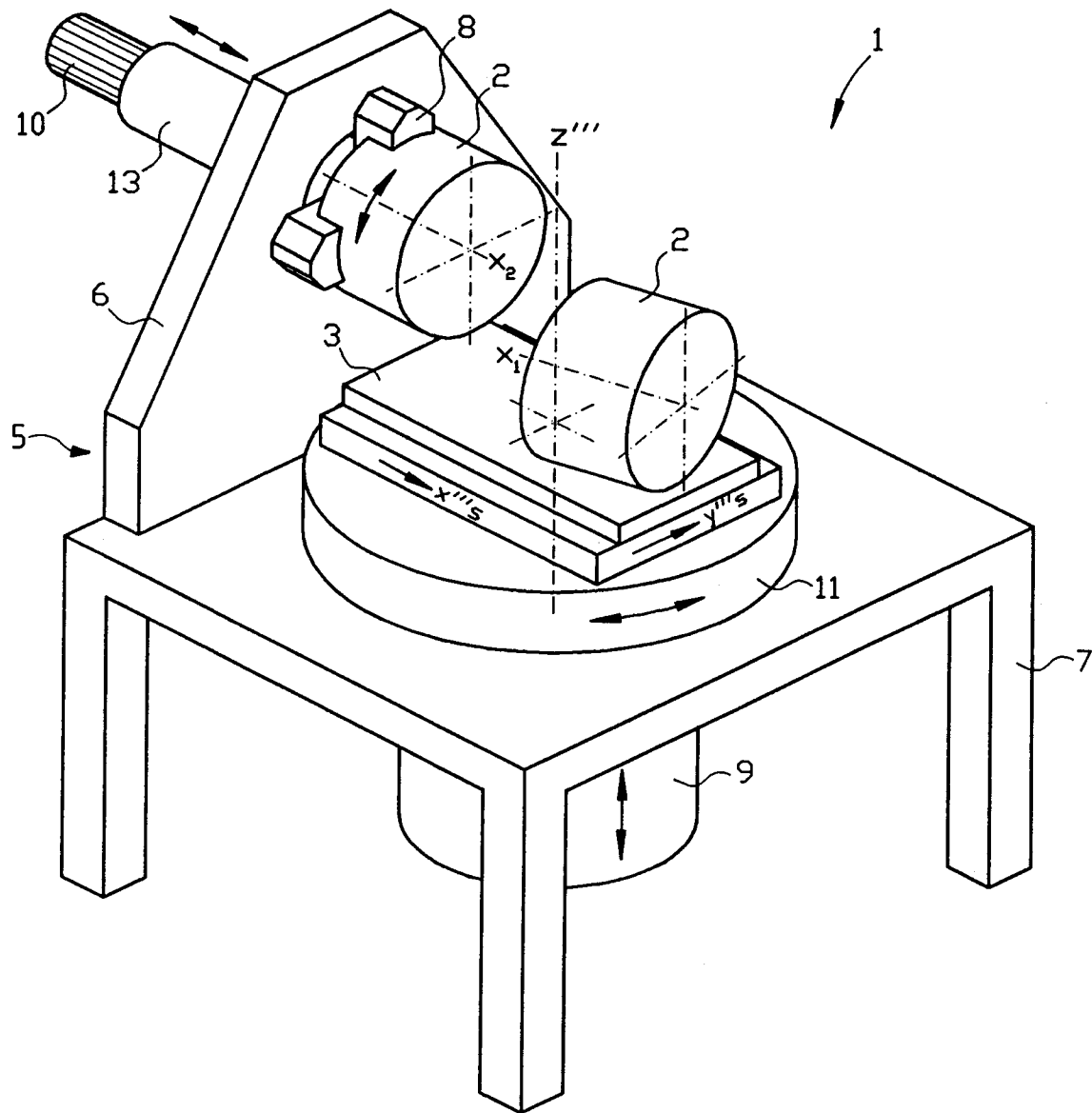


fig 6

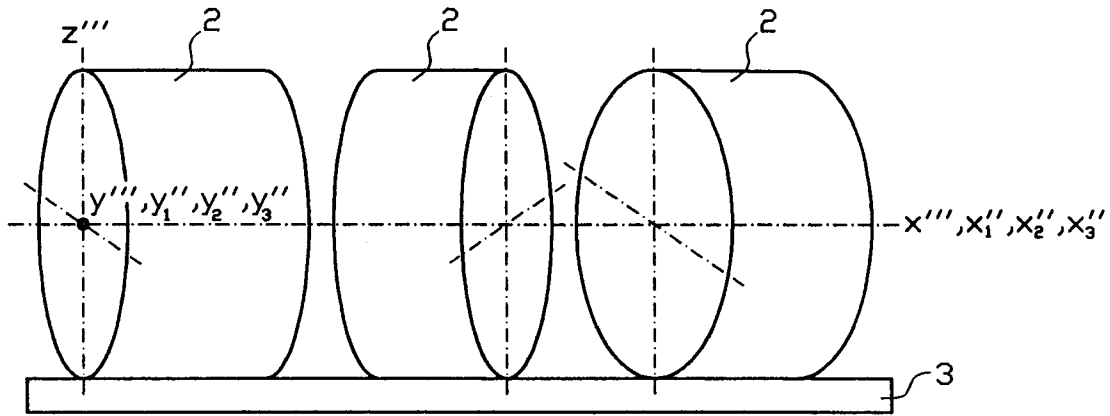


fig 7A

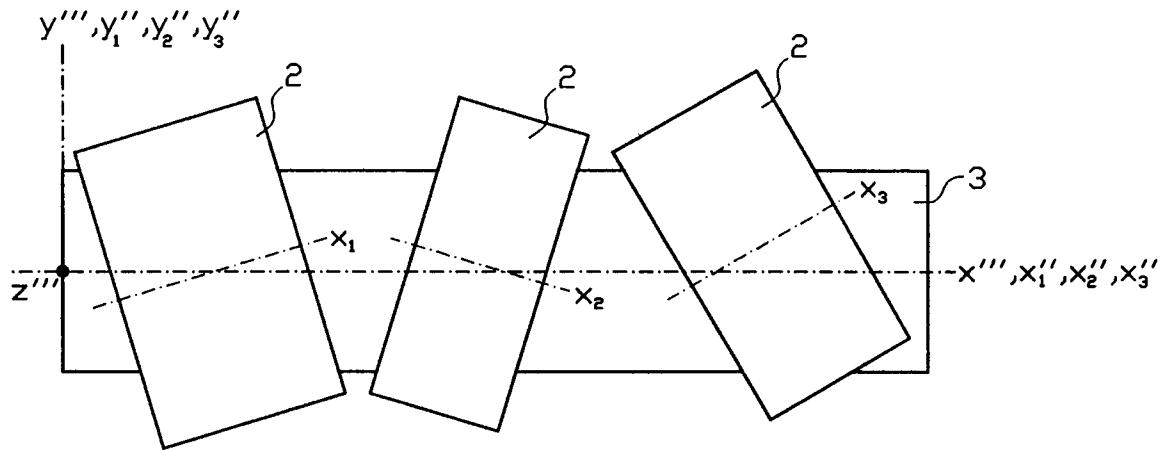


fig 7B