



(22) Date de dépôt/Filing Date: 2014/11/04

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 2015/05/04

(30) Priorité/Priority: 2013/11/04 (FR1302549)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *H01P 5/12* (2006.01),
H01Q 21/00 (2006.01), *H01Q 21/24* (2006.01)

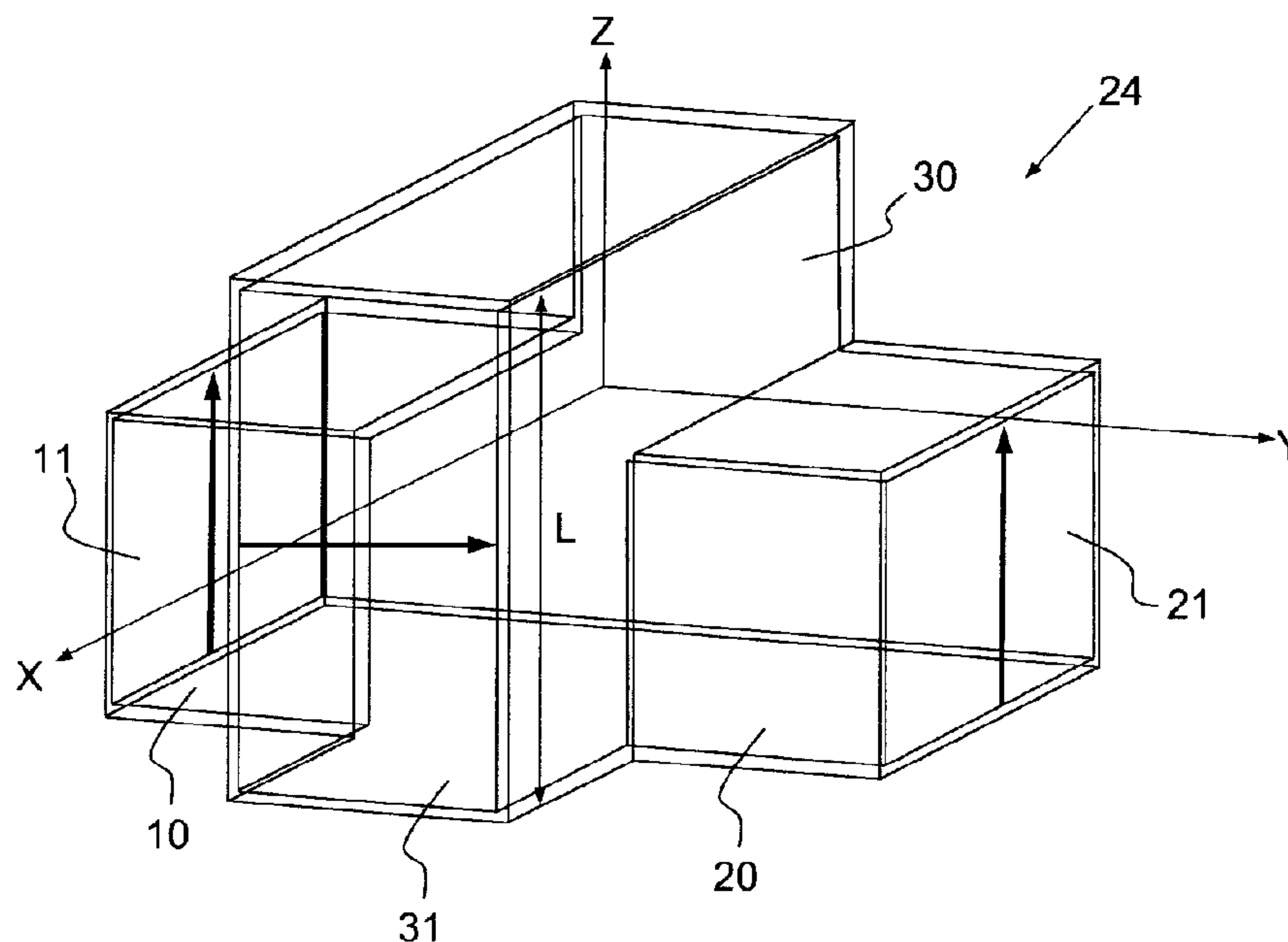
(71) Demandeur/Applicant:
THALES, FR

(72) Inventeurs/Inventors:
LEGAY, HERVE, FR;
COTTIN, ADRIEN, FR;
SAULEAU, RONAN, FR;
POTIER, PATRICK, FR;
BOSSHARD, PIERRE, FR

(74) Agent: MARKS & CLERK

(54) Titre : REPARTITEUR DE PUISSANCE COMPORTANT UN COUPLEUR EN T DANS LE PLAN E, RESEAU
RAYONNANT ET ANTENNE COMPORTANT UN TEL RESEAU RAYONNANT

(54) Title: POWER DISTRIBUTOR COMPRISING A "T" COUPLER IN PLANE E, RADIATING NETWORK AND
ANTENNA COMPRISING SUCH A RADIATING NETWORK



(57) Abrégé/Abstract:

Le répartiteur de puissance comporte au moins deux guides d'onde latéraux à section rectangulaire parallèles entre eux et un guide d'onde transversal à section rectangulaire comportant deux extrémités opposées respectivement connectées aux deux guides d'onde latéraux. Les deux guides d'onde latéraux sont orientés selon une direction Y et montés à plat avec leur grand côté parallèle à un plan XY, le guide d'onde transversal est orienté selon une direction X perpendiculaire à la direction Y et monté sur la tranche avec son petit côté parallèle au plan XY, et chaque guide d'onde latéral est couplé au guide d'onde transversal par un coupleur en té dans le plan E à jonction encastrée, les deux extrémités du guide d'onde transversal étant respectivement encastrées dans chaque guide d'onde latéral, au centre dudit guide d'onde latéral respectif.



A B R E G E

Le répartiteur de puissance comporte au moins deux guides d'onde latéraux à section rectangulaire parallèles entre eux et un guide d'onde transversal à section rectangulaire comportant deux extrémités opposées respectivement connectées aux deux guides d'onde latéraux. Les deux guides d'onde latéraux sont orientés selon une direction Y et montés à plat avec leur grand côté parallèle à un plan XY, le guide d'onde transversal est orienté selon une direction X perpendiculaire à la direction Y et monté sur la tranche avec son petit côté parallèle au plan XY, et chaque guide d'onde latéral est couplé au guide d'onde transversal par un coupleur en té dans le plan E à jonction encastrée, les deux extrémités du guide d'onde transversal étant respectivement encastrées dans chaque guide d'onde latéral, au centre dudit guide d'onde latéral respectif.

Répartiteur de puissance comportant un coupleur en Té dans le plan E, réseau rayonnant et antenne comportant un tel réseau rayonnant

La présente invention concerne un répartiteur de puissance comportant un coupleur en Té dans le plan E, un réseau rayonnant et une antenne comportant un tel réseau rayonnant. Elle s'applique au domaine des antennes multifaisceaux à réseau focal fonctionnant dans des bandes de fréquences basses et plus particulièrement au domaine des télécommunications en bande C, en bande L ou en bande S. Elle s'applique aussi aux éléments rayonnants pour antennes réseaux, notamment en bande X ou en bande Ka, ainsi que pour une antenne spatiale de couverture globale, notamment en bande C.

Un coupleur en Té est une jonction entre trois guides d'onde agencés en forme de T, les trois guides d'onde comportant chacun une extrémité formant un accès d'entrée ou de sortie du coupleur. La jonction en Té peut être de deux types différents, appelés jonction dans le plan E ou dans le plan H selon l'agencement des guides d'onde formant les trois bras 10, 20, 30 du T par rapport au champ électrique E et au champ magnétique H se propageant dans les guides d'onde. De manière connue, lorsqu'une onde électromagnétique se propage dans un guide d'onde rectangulaire, le champ électrique E s'étend selon une direction perpendiculaire aux grands côtés du guide d'onde et le champ magnétique H s'étend selon une direction parallèle aux grands côtés du guide d'onde.

Le coupleur en Té le plus couramment utilisé pour les répartiteurs de puissance en technologie guide d'onde est la jonction en Té dans le plan H représentée schématiquement sur la figure 1a. Les guides d'onde sont à section rectangulaire, chaque guide d'onde étant délimité par une paroi métallique périphérique constituée de deux grands côtés, de deux petits côtés et comportant un accès d'entrée ou de sortie. Les trois guides d'onde d'entrée et de sortie 10, 20 et 30 sont montés à plat sur leur grand côté et s'étendent dans un même plan XY, le guide d'onde d'entrée 30 étant perpendiculaire aux deux guides d'onde latéraux de sortie 10 et 20. La jonction est dite dans le plan H car les accès de sortie 11, 21 des deux

guides d'onde latéraux 10 et 20, qui forment la barre horizontale d'un T, sont orientés dans le même plan XY que le champ H établi dans l'accès d'entrée 31 du guide d'onde d'entrée 30.

La jonction en Té dans le plan H est fréquemment utilisée dans un réseau de répartition en guides d'onde pour connecter les deux accès de sortie 11, 21 à deux éléments rayonnants 12, 22, comme par exemple des cornets compacts, l'ensemble formant un réseau rayonnant qui peut être utilisé dans une antenne plane. Le réseau rayonnant représenté sur la figure 1b, comporte une jonction en Té dans le plan H montée parallèlement au plan XZ et deux cornets rayonnants orientés selon l'axe Z et connectés aux deux accès de sortie de la jonction en Té. Pour des raisons d'encombrement, en particulier pour les bandes de fréquence basses, il peut être souhaité que le réseau de répartition soit situé dans le plan XY ce qui permet de réduire l'épaisseur du réseau de répartition selon la direction Z. Dans ce cas, les éléments rayonnants peuvent être alimentés par le réseau de répartition par l'intermédiaire d'une fente de couplage électromagnétique 13, 23 comme le montre la figure 1c. Cette technique de couplage est sensible à la direction de propagation de l'onde électromagnétique incidente. Si les deux éléments rayonnants 12, 22 sont excités par des ondes électromagnétiques se propageant dans des directions opposées, alors ils rayonnent en opposition de phase. Le réseau de répartition doit alors compenser cette différence de phase d'excitation. Si ce réseau de répartition est constitué d'une jonction en Té dans le plan H, pour que les éléments rayonnants soient excités en phase par une même source d'alimentation et rayonnent de façon cohérente, il est nécessaire d'ajouter un stub 14, constitué par un tronçon de guide d'onde, ayant une longueur égale à une demi-longueur d'onde guidée, sur l'un des deux accès de sortie 11 ou 21. Ce tronçon de guide d'onde 14 réalise une inversion de phase de 180° qui compense la différence de phase due à l'excitation par une fente électromagnétique. Ce tronçon de guide d'onde supplémentaire augmente la distance entre deux éléments rayonnants, comme le montre l'exemple de la figure 1c dans lequel le réseau rayonnant comporte une jonction en Té dans le plan H orientée parallèlement au plan XY et deux éléments rayonnants de type cornet orientés selon la direction Z.

De plus, le répartiteur de puissance ainsi formé est dissymétrique, ce qui est préjudiciable aux performances en bande passante du réseau rayonnant.

Pour exciter les éléments rayonnants en phase avec un réseau de répartition symétrique et compact, il est alors nécessaire de disposer d'un coupleur en Té dans le plan E, comme le montrent les figures 2a et 2b. Le coupleur en Té dans le plan E représenté schématiquement sur la figure 2a permet d'exciter deux éléments rayonnants en phase, sans nécessiter de tronçon de guide d'onde supplémentaire. Dans cette jonction en Té dans le plan E, les deux guides d'onde latéraux 10 et 20 sont montés à plat sur leur grand côté et dans le prolongement l'un de l'autre selon une même direction X du plan XY et le guide d'onde d'entrée 30 est couplé perpendiculairement aux deux guides d'onde latéraux 10 et 20 et s'étend selon une direction Z perpendiculaire au plan XY. La jonction est dite dans le plan E car les deux accès de sortie 11, 21 aux extrémités des deux guides d'onde latéraux 10, 20 qui forment la barre transversale d'un T, sont dans le même plan XY que le champ E établi dans l'accès d'entrée du guide d'onde d'entrée 30. Toutefois, cette jonction en Té connue est caractérisée par un accès d'entrée 31 disposé selon une direction normale Z au plan XY formé par les grands côtés des guides rectangulaires de sortie. Cette disposition augmente l'encombrement en hauteur du coupleur et l'encombrement d'un répartiteur de puissance et d'une antenne plane comportant un tel coupleur en Té dans le plan E et des éléments rayonnants 12, 22 couplés à ce répartiteur de puissance par l'intermédiaire des fentes de couplage 13, 23 respectives.

Comme représenté sur la figure 3, il est également possible de réaliser un coupleur en Té dans le plan E en montant le guide d'onde d'entrée 30 et les deux guides d'onde latéraux 10, 20 de sortie à plat sur deux étages distincts superposés l'un au-dessus de l'autre, les grands côtés de tous les guides d'onde 10, 20, 30 étant parallèles au plan XY. Dans ce cas, les deux guides d'onde latéraux de sortie sont remplacés par un guide d'onde unique 40 reliant les deux accès de sortie 11, 21. Si le guide d'onde d'entrée 30 est disposé à l'étage inférieur et le guide d'onde de sortie 40 est situé à l'étage supérieur, le couplage dans le plan E s'opère en aménageant une fente 35 à l'extrémité du guide d'onde d'entrée 30, dans la paroi supérieure, et une fente correspondante au centre de la paroi inférieure du

guide d'onde 40 de sortie reliant les deux accès de sortie. Le couplage entre l'accès d'entrée 31 et les accès de sortie 11, 21 étant dans le plan E, les deux accès de sortie 11, 21 peuvent être connectés à deux éléments rayonnants de sorte qu'ils rayonnent en cohérence de phase. Il n'est ainsi pas nécessaire d'ajouter un tronçon de guide d'onde sur l'un des accès de sortie, ce qui améliore la compacité du répartiteur de puissance obtenu. Cependant pour exciter les guides d'onde latéraux de façon symétrique, il est nécessaire que les fentes de couplage soient aménagées dans le guide d'onde d'entrée de façon dissymétrique. En particulier, sur la figure 3, la fente de couplage est disposée au bord du guide d'onde d'entrée et non pas au centre. Il en résulte donc, comme dans le cas d'un coupleur en té dans le plan H, une dissymétrie du répartiteur de puissance. Cette dissymétrie résulte en un couplage déséquilibré entre les accès de sortie et altère aussi la bande passante de l'antenne obtenue. Elle nuit aussi à la compacité du réseau rayonnant.

Le but de l'invention est de résoudre les problèmes des répartiteurs de puissance existants et de proposer un nouveau répartiteur de puissance en technologie guide d'onde comportant un coupleur en Té dans le plan E parfaitement symétrique et plus compact en hauteur, permettant d'alimenter des éléments rayonnants en phase sans ajouter un stub, et pouvant ainsi contribuer à une réduction de l'encombrement des répartiteurs de puissance utilisés dans des réseaux d'éléments rayonnants en bande de fréquence basse, comme dans les bandes C, L, ou S.

Pour cela, l'invention concerne un répartiteur de puissance comportant au moins deux guides d'onde latéraux à section rectangulaire parallèles entre eux et un guide d'onde transversal à section rectangulaire comportant deux extrémités opposées respectivement connectées aux deux guides d'onde latéraux. Les deux guides d'onde latéraux sont orientés selon une direction Y et montés à plat avec leur grand côté parallèle à un plan XY, le guide d'onde transversal est orienté selon une direction X perpendiculaire à la direction Y et monté sur la tranche avec son petit côté parallèle au plan XY. Chaque guide d'onde latéral est couplé au guide d'onde transversal par un coupleur en té dans le plan E à jonction encastrée, les deux extrémités du

guide d'onde transversal étant respectivement encastrées dans chaque guide d'onde latéral, au centre dudit guide d'onde latéral respectif.

Avantageusement, les deux guides d'onde latéraux peuvent comporter chacun deux extrémités opposées constituant quatre accès d'entrée/sortie et le guide d'onde transversal comporte un accès d'alimentation central.

Selon un mode de réalisation, au niveau de chaque jonction encastrée, le guide d'onde guide d'onde transversal peut comporter une cavité externe munie d'un film absorbant et une fente de couplage débouchant dans la cavité externe.

L'invention concerne aussi un réseau rayonnant comportant au moins un répartiteur de puissance et quatre éléments rayonnants respectivement couplés aux quatre accès du répartiteur de puissance.

L'invention concerne aussi une antenne à formation de faisceaux comportant au moins un réseau rayonnant.

Selon un mode de réalisation, l'antenne à formation de faisceaux comporte au moins deux répartiteurs de puissance disposés parallèlement entre eux et reliés entre eux selon la direction Y des guides d'onde latéraux des deux répartiteurs de puissance par des transducteurs orthomodes OMT et des éléments rayonnants respectivement couplés aux accès de sortie des transducteurs orthomodes respectifs.

Selon un autre mode de réalisation, l'antenne à formation de faisceaux comporte au moins deux répartiteurs de puissance disposés perpendiculairement entre eux et reliés entre eux par des transducteurs orthomodes OMT, et des éléments rayonnants respectivement couplés aux accès de sortie des transducteurs orthomodes respectifs.

Avantageusement, l'antenne à formation de faisceaux peut comporter en outre au moins un réflecteur et au moins deux réseaux rayonnants identiques adjacents montés devant le réflecteur, les deux réseaux rayonnants adjacents étant dédiés à deux polarisations différentes orthogonales entre elles.

Avantageusement, l'antenne à formation de faisceaux comporte au moins quatre répartiteurs de puissance et des moyens de combinaison/division de puissance connectés entre les accès des répartiteurs de puissance et des accès d'entrée de chaque OMT, les répartiteurs de puissance étant reliés entre eux deux à deux selon deux directions orthogonales X, Y d'un plan XY.

Avantageusement, les moyens de combinaison/division de puissance comportent des coupleurs en Té dans le plan E à jonction encastrée à quatre accès, les quatre accès étant constitués de deux accès d'entrée orientés selon la direction X et de deux accès de sortie orientés selon la direction Y, trois accès reliant, selon la direction Y, les guides d'onde latéraux au guide d'onde transversal d'un premier répartiteur de puissance, le quatrième accès reliant, selon la direction X, le guide d'onde transversal du premier répartiteur de puissance à un guide d'onde transversal d'un deuxième répartiteur de puissance adjacent.

D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront clairement dans la suite de la description donnée à titre d'exemple purement illustratif et non limitatif, en référence aux dessins schématiques annexés qui représentent :

- figure 1a : un schéma en perspective d'un exemple de coupleur en Té dans le plan H, selon l'art antérieur ;
- figure 1b : un schéma en coupe d'un exemple de réseau rayonnant comportant le coupleur en Té dans le plan H de la figure 1a monté parallèlement au plan XZ du réseau rayonnant, selon l'art antérieur ;
- figure 1c : un schéma en coupe d'un exemple de réseau rayonnant comportant le coupleur en Té dans le plan H de la figure 1a monté parallèlement au plan XY du réseau rayonnant, selon l'art antérieur ;
- figure 2a : un schéma en perspective d'un premier exemple de coupleur en Té dans le plan E, selon l'art antérieur ;

- figure 2b : un schéma en coupe d'un exemple de réseau rayonnant comportant le coupleur en Té dans le plan E de la figure 2a orienté selon le plan XY, selon l'art antérieur ;
- figure 3 : un schéma en perspective d'un deuxième exemple de coupleur en Té dans le plan E, selon l'art antérieur ;
- figure 4a : un schéma en perspective d'un exemple de coupleur en Té dans le plan E à jonction encastrée à trois accès, selon l'invention ;
- figure 4b : un schéma en perspective d'un coupleur en Té dans le plan E à jonction encastrée à trois accès comportant une cavité absorbante, selon l'invention ;
- figure 5 : un schéma en coupe selon le plan YZ, d'un exemple de réseau rayonnant utilisant un coupleur en Té dans le plan E, selon l'invention ;
- figure 6a : une vue schématique de dessus d'un exemple de réseau de répartition de puissance à quatre accès comportant deux coupleurs en Té dans le plan E, selon l'invention ;
- figure 6b : une vue schématique en coupe d'une antenne comportant deux répartiteurs de puissance identiques alimentés par des sources d'alimentation dédiées et connectés à des éléments rayonnants, selon l'invention ;
- figure 7a : une vue schématique de dessus d'un exemple de réseau de répartition de puissance comportant trois répartiteurs à quatre accès, identiques à ceux de la figure 6a, disposés parallèlement entre eux et reliés entre eux par des OMT, selon l'invention ;
- figure 7b : une vue schématique en coupe d'un exemple d'antenne multifaisceaux comportant le réseau de répartition de puissance de la figure 7a couplé à des éléments rayonnants et formant des sources primaires placées dans le plan focal d'un réflecteur de l'antenne multifaisceaux, selon l'invention ;
- figure 7c : un exemple de connexion de deux répartiteurs de puissance par des OMT selon l'invention ;

- figure 7d : une vue schématique de dessus d'un exemple de réseau de répartition de puissance comportant trois répartiteurs à quatre accès, identiques à ceux de la figure 6a, disposés perpendiculairement entre eux et reliés entre eux par des OMT, selon l'invention ;
- figure 8 : une vue schématique longitudinale d'un exemple de transducteur orthomode septum, selon l'invention.
- figure 9 : un schéma de dessus d'un premier exemple de réseau de répartition comportant plusieurs répartiteurs de puissance reliés entre eux deux à deux selon deux directions d'un plan, selon l'invention ;
- figure 10a : un schéma en coupe longitudinale d'un exemple de coupleur directionnel couplé à un élément rayonnant par l'intermédiaire d'un OMT, selon l'invention ;
- figure 10b : un schéma en coupe longitudinale d'un exemple de circulateur à ferrite couplé à un élément rayonnant par l'intermédiaire d'un OMT, selon l'invention ;
- figure 11 : un schéma en perspective d'un coupleur en Té dans le plan E à jonction encastrée à quatre accès, selon l'invention ;
- figure 12 : un schéma de dessus d'un deuxième exemple de réseau de répartition comportant plusieurs répartiteurs de puissance reliés entre eux deux à deux selon deux directions d'un plan, selon l'invention ;
- figure 13 : un schéma en perspective d'un coupleur en Té dans le plan E à jonction encastrée à quatre accès comportant une cavité absorbante, selon l'invention.

La figure 4a représente un exemple de coupleur en Té dans le plan E selon l'invention. Le coupleur en Té comporte une jonction encastrée et peut comporter trois ou quatre accès d'entrée/sortie. Sur la figure 4a, le coupleur en Té 24 comporte trois guides d'onde 10, 20, 30, chaque guide d'onde étant délimité par une paroi métallique périphérique constituée de deux grands côtés, de deux petits côtés et comportant un accès d'entrée ou de sortie 11, 21, 31. Deux guides d'onde latéraux 10 et 20 sont montés à plat sur leur

grand côté et un guide d'onde central 30 est monté sur la tranche sur son petit côté, et encastré entre les deux guides d'onde latéraux 10, 20. Ainsi, les guides d'onde latéraux 10, 20 ont leurs parois de plus grande largeur parallèles au plan XY, alors que le guide d'onde central 30 a ses parois de plus grande largeur perpendiculaires au plan XY. Tous les guides d'onde et tous les accès d'entrée et de sortie sont donc parallèles au plan XY, mais l'axe longitudinal du guide d'onde central 30 est orienté selon la direction X perpendiculairement aux axes longitudinaux des deux guides d'onde latéraux 10, 20 qui sont orientés selon la direction Y. L'encastrement du guide d'onde central 30 entre les deux guides d'onde latéraux 10, 20 permet de limiter l'épaisseur du coupleur à la largeur L d'un grand côté du guide d'onde central 30. Les extrémités des guides d'onde latéraux 10, 20 forment deux accès latéraux 11, 21 de sortie, ou d'entrée, orientés selon la direction Y et l'une des extrémités du guide d'onde central 30 forme un accès d'entrée, ou de sortie, 31 orienté selon la direction X perpendiculaire à la direction Y. Les trois guides d'onde étant disposés dans un même plan XY. La structure du coupleur est alors parfaitement symétrique, les accès d'entrée/sortie des guides d'onde latéraux sont disposés symétriquement par rapport à l'accès d'entrée/sortie du guide d'onde central, et les couplages de l'accès 31 du guide d'onde central vers les deux accès 11, 21 des deux guides d'onde latéraux sont parfaitement équilibrés. La jonction de ce coupleur en Té dans le plan E étant encastrée, ce coupleur en Té présente l'avantage d'être parfaitement symétrique, plus simple à réaliser et permet de réaliser un répartiteur de puissance symétrique plus compact que tous les répartiteurs de puissance connus. Pour adapter les deux accès 11, 21 des deux guides d'onde latéraux, il est nécessaire que les sections des guides d'onde latéraux 10, 20 soient moins larges que la section du guide d'onde central 30.

Le coupleur en Té dans le plan E à jonction encastrée 24 forme un répartiteur de puissance symétrique entre un accès 31 d'entrée/sortie du guide d'onde central et deux accès 11, 21 de sortie/entrée des guides d'onde latéraux et peut être utilisé pour alimenter en phase deux éléments rayonnants différents d'un réseau rayonnant 50 comme représenté par exemple sur la figure 5. Deux éléments rayonnants 51, 52, par exemple des cornets ou des cavités rayonnantes telles que des cavités Fabry-Perot,

peuvent être couplés aux deux accès 11, 21 des guides d'onde latéraux 10, 20 du coupleur dans le plan E à jonction encastrée et être alimentés en phase par une source d'alimentation 53 connectée à l'accès 31 du guide d'onde central 30. La liaison entre chaque accès latéral 11, 21 et les deux éléments rayonnants correspondants, peut être réalisée par un guide d'onde coudé. Les deux éléments rayonnants 51, 52 connectés en réseau par le coupleur en Té dans le plan E forment un réseau rayonnant 50 qui peut être utilisé, seul ou en combinaison avec d'autres éléments rayonnants en réseau, dans une antenne plane fonctionnant en émission ou en réception.

Le coupleur en Té 24 à jonction encastrée à trois accès représenté sur la figure 4a est sensible en adaptation à la cohérence de phase des signaux incidents sur les deux accès 21 et 11 des guides d'onde latéraux lorsque le répartiteur de puissance fonctionne en réception. Si les signaux incidents ne sont plus en opposition de phase, comme c'est le cas par exemple pour les signaux reçus par les éléments rayonnants pour une onde incidente avec une direction non normale à la surface du réseau, alors les signaux sont légèrement déséquilibrés en phase. Il peut en résulter une désadaptation du coupleur en Té à trois accès, néfastes au diagramme de rayonnement du réseau rayonnant. Dans ce cas, comme représenté sur la figure 4b, le coupleur en Té à jonction encastrée à trois accès 24 peut comporter une cavité 25 au fond de laquelle est déposé un film absorbant 26. La cavité munie du film absorbant peut par exemple être aménagée sous la paroi inférieure 27 du guide d'onde central 30 du coupleur 24 et est alimentée par une fente longitudinale 28 aménagée dans ladite paroi inférieure 27. La cavité 25 munie du film absorbant 26 permet d'absorber les ondes électromagnétiques qui se propagent dans le répartiteur de puissance et qui ne respectent pas les conditions de phase nécessaires au fonctionnement du coupleur en Té dans le plan E.

La figure 6a représente un exemple de réseau de répartition de puissance à quatre accès de sortie comportant deux coupleurs en Té dans le plan E à jonction encastrée, selon l'invention. Le répartiteur de puissance comporte deux guides d'onde latéraux 61, 62 parallèles entre eux et un guide d'onde transversal 63 couplé perpendiculairement aux deux guides d'onde latéraux, le couplage entre chaque guide d'onde latéral et le guide d'onde transversal étant réalisé par un coupleur en Té dans le plan E à jonction

encastrée selon l'invention. Chaque guide d'onde latéral 61, 62 est monté à plat avec ses grands côtés parallèles au plan XY et le guide d'onde transversal 63 est monté sur la tranche avec ses grands côtés perpendiculaires au plan XY. Le guide d'onde transversal comporte deux extrémités 63a, 63b respectivement encastrées dans chaque guide d'onde latéral. Le répartiteur de puissance 60 est parfaitement symétrique, les deux jonctions en T dans le plan E étant encastrées au centre de chaque guide d'onde latéral au niveau des deux extrémités 63a, 63b du guide d'onde transversal 63. Chaque guide d'onde latéral comporte deux extrémités opposées constituant deux accès de sortie/d'entrée 64, 65, respectivement 66, 67, du répartiteur de puissance 60, auxquels peuvent être couplés quatre éléments rayonnants, chaque accès de sortie/entrée 64, 65, 66, 67 du répartiteur de puissance 60 constituant alors un accès d'entrée/sortie d'un élément rayonnant. Le répartiteur de puissance 60 comporte également un accès d'alimentation 68 aménagé au centre du guide d'onde transversal, dans l'une des parois supérieure ou inférieure. L'accès d'alimentation 68 peut être connecté à une source d'alimentation, non représentée, dont la puissance sera distribuée par le répartiteur de puissance 60 jusqu'aux quatre accès de sortie/entrée 64, 65, 66, 67 pour alimenter en phase les quatre accès d'entrée/sortie des éléments rayonnants correspondants. Dans le cas où le coupleur en T dans le plan E à jonction encastrée comporte une cavité externe 25 munie d'un film absorbant 26 comme représenté sur les figures 4b et 13, au niveau de chaque jonction encastrée, le guide d'onde transversal 63 comporte une fente de couplage 28 aménagée dans une paroi périphérique et débouchant dans la cavité externe 25. L'ensemble constitué du répartiteur de puissance 60 et des éléments rayonnants 69 constitue un réseau rayonnant qui peut être utilisé comme une antenne plane fonctionnant en mono-polarisation. Les quatre éléments rayonnants 69 connectés en réseau par le réseau répartiteur de puissance 60 rayonnent en phase et participent à la formation d'un même faisceau 1. Il est possible de combiner plusieurs réseaux rayonnants identiques pour obtenir la formation de plusieurs faisceaux contigus. Les réseaux rayonnants peuvent être utilisés seuls comme antenne à rayonnement direct ou être utilisés en combinaison avec un ou plusieurs réflecteurs.

Comme représenté sur l'exemple de la figure 6b, représentant une vue schématique en coupe d'une antenne comportant deux réseaux rayonnants montés dans le plan focal d'un réflecteur 89, en utilisant plusieurs répartiteurs de puissance identiques 60, 70 alimentés par des sources d'alimentation dédiées, il est possible de réaliser plusieurs antennes planes identiques, qui utilisées en tant que sources primaires positionnées dans le plan focal d'un réflecteur parabolique 89, génèrent des faisceaux contigus. Chaque faisceau 1, 2 est formé par quatre éléments rayonnants respectifs 69, 79, dont deux éléments rayonnants sont visibles sur la vue en coupe de la figure 6b. Les quatre éléments rayonnants formant chaque faisceau 1, 2 sont respectivement connectés aux quatre accès de sortie/entrée d'un répartiteur de puissance 60, 70 dédié et alimentés en phase et dans une polarisation identique par une source d'alimentation centrale connectée à l'accès d'alimentation 68, 78 respectif du répartiteur de puissance correspondant 60, 70.

Les figures 7a et 7c représentent un exemple de réseau de répartition de puissance comportant trois répartiteurs de puissance 60, 70, 80 ayant chacun quatre accès de sortie/entrée, selon l'invention. Les trois répartiteurs de puissance 60, 70, 80 sont disposés côte à côte parallèlement entre eux et couplés à des diplexeurs de polarisation ou à des transducteurs orthomodes OMT 71, 72, 73, 74 (en anglais : Orthogonal Mode Transducer) pour alimenter des éléments rayonnants 69 dans deux polarisations orthogonales P1, P2. Chaque répartiteur de puissance est identique à celui de la figure 6a mais deux répartiteurs de puissance adjacents sont dédiés à deux polarisations différentes et orthogonales entre elles. Les OMT 71, 72, 73, 74 constituent les accès d'entrée/sortie des éléments rayonnants 69. Ce réseau de répartition peut être utilisé seul comme antenne à rayonnement direct ou, comme représenté sur la figure 7b, ce réseau de répartition peut être utilisé comme un réseau de sources primaires placé dans le plan focal d'un réflecteur 89 d'une antenne multifaisceaux. Chaque source primaire est alors constituée de quatre éléments rayonnants couplés en phase et alimentés dans une polarisation identique par l'un des répartiteurs de puissance et permet de former un faisceau. Deux répartiteurs de puissance adjacents sont alimentés par deux polarisations différentes orthogonales entre elles, ce qui

permet de former deux faisceaux adjacents polarisés orthogonalement et décalés spatialement.

Alternativement, sur l'exemple de la figure 7d, deux réseaux de répartition adjacents peuvent être disposés perpendiculairement entre eux. Dans cette seconde configuration, les réseaux de répartition adjacents sont couplés à des OMT comportant deux accès orthogonaux entre eux.

Dans ces deux exemples de réalisation, deux répartiteurs de puissance adjacents 60, 70 correspondent respectivement à deux polarisations orthogonales différentes et permettent d'élaborer deux faisceaux adjacents polarisés orthogonalement et décalés spatialement.

Pour que les faisceaux 1, 2, 3 élaborés par le réflecteur 89 se recouvrent à un niveau élevé comme représenté sur la figure 7b, il est nécessaire que les ouvertures rayonnantes 4, 5, 6 des sources primaires s'entrelacent. La figure 7c illustre le cas où les ouvertures rayonnantes des sources primaires sont entrelacées selon la direction Y. Pour cela, selon l'invention, les répartiteurs de puissance 60, 70, 80 sont disposés les uns à côté des autres et reliés entre eux deux à deux par des transducteurs orthomodes OMT 71, 72, 73, 74 à deux accès d'entrée et une sortie apte à délivrer deux polarisations orthogonales linéaires ou circulaires. Ainsi, un OMT permettant de diplexer des signaux d'entrée en deux signaux de polarisation circulaire peut par exemple être de type polariseur septum.

La figure 8 illustre une vue longitudinale d'un exemple de transducteur orthomode de type polariseur septum qui peut être utilisé dans l'invention. L'OMT de type polariseur septum est constitué d'un guide d'onde comportant deux accès d'entrée 83, 84 fonctionnant en opposition de phase, un accès de sortie 85 fonctionnant selon deux polarisations orthogonales et d'une lame interne longitudinale 86, appelée septum, séparant les deux accès d'entrée et s'étendant selon la direction Z sur une partie de la longueur du guide d'onde de l'OMT. La lame interne 86 du septum comporte différents paliers permettant de transformer un champ électromagnétique de polarisation linéaire en entrée du septum en un champ électromagnétique de polarisation circulaire droite ou gauche, en sortie du septum, selon l'accès d'entrée excité. L'OMT de type polariseur septum fonctionne en polarisation circulaire, mais il est également possible d'utiliser un OMT fonctionnant en

polarisation linéaire pour élaborer des faisceaux de polarisations linéaires orthogonales.

Lorsque le réseau de répartition de puissance comporte deux répartiteurs de puissance 60, 70, les deux répartiteurs de puissance peuvent être reliés entre eux par l'intermédiaire de deux OMT 71, 72, l'accès de sortie 85 de chaque OMT étant destiné à être connecté à un élément rayonnant 69. Dans ce cas, les deux accès d'entrée 83, 84 de chaque OMT 71, 72 sont respectivement connectés à deux accès de sortie 65, 75, respectivement 67, 77, appartenant à chacun des deux répartiteurs de puissance. Lorsque le réseau de répartition comporte plus de deux répartiteurs de puissance, tous les répartiteurs de puissance peuvent être reliés entre eux par l'intermédiaire de plusieurs OMT 71, 72, 73, 74, chaque OMT étant couplé à deux accès de sortie de deux répartiteurs de puissance adjacents 60, 70 ou 70, 80. Le guide d'onde transversal de chaque répartiteur de puissance comporte un accès d'entrée 68, 78, 88 qui peut être alimenté par une source d'alimentation dédiée. Par exemple, les accès d'entrée 68, 78, 88 de trois répartiteurs de puissance adjacents deux à deux 60, 70, 80 peuvent être alimentés avec un mode TE₁₀. Chaque OMT connecté à deux répartiteurs adjacents 60, 70, 80 va élaborer deux signaux en polarisations circulaires orthogonales. Selon l'accès d'entrée de l'OMT, la polarisation circulaire élaborée en sortie de l'OMT sera droite ou gauche. Ainsi, les OMT connectés à un premier répartiteur de puissance peuvent être orientés de façon à élaborer des signaux en phase et ayant une même première polarisation P1 et les OMT connectés à un second répartiteur de puissance peuvent être orientés de façon à élaborer des signaux en phase et ayant une même deuxième polarisation P2 orthogonale à P1. Les accès de sortie 85 de chaque OMT 71, 72, 73, 74 peuvent alors être respectivement couplés à des éléments rayonnants respectifs, par exemple des cornets ou des cavités Fabry-Perot, afin d'obtenir des réseaux rayonnants aptes à former des faisceaux dans la première polarisation P1 ou dans la seconde polarisation P2. Les réseaux rayonnants obtenus peuvent être utilisés en tant que source primaire d'un réflecteur parabolique 89 pour former des faisceaux adjacents 1, 2 ayant deux couleurs différentes, les deux couleurs correspondant respectivement aux polarisations P1 et P2.

Dans les exemples représentés sur les figures 7a, 7c et 7d, les réseaux de répartition sont reliés les uns aux autres selon une seule direction Y ce qui permet de réaliser des faisceaux entrelacés s'étendant dans une seule direction. De même, avec un réseau de répartition comportant plusieurs répartiteurs de puissance 60, 70, 80, 90 reliés entre eux deux à deux selon deux directions d'un plan XY comme représenté sur l'exemple de réseau de répartition de la figure 9, et en alimentant les éléments rayonnants des répartiteurs adjacents en quatre couleurs différentes, il est possible de former des faisceaux entrelacés selon deux directions d'un plan, les faisceaux adjacents ayant des couleurs différentes. Les quatre couleurs différentes correspondent à quatre couples de valeurs de fréquence et de polarisation différentes (F1, P1), (F2, P1), (F1, P2), (F2, P2). Pour cela, il est nécessaire que chaque élément rayonnant puisse être alimenté par quatre couleurs différentes provenant de quatre répartiteurs de puissance différents.

Selon un mode de réalisation, chaque élément rayonnant 69 peut être alimenté par quatre couleurs différentes en utilisant, à l'émission, un moyen de combinaison de puissance connecté entre chaque accès de sortie d'un répartiteur de puissance et chaque accès d'entrée 83, 84 d'un OMT 71, 72. A la réception, le moyen de combinaison de puissance fonctionne comme un moyen de division de puissance, les accès de sortie du répartiteur de puissance deviennent des accès d'entrée et inversement, les accès d'entrée 83, 84 des OMT 71, 72 deviennent des accès de sortie. Le fonctionnement d'une antenne à la réception étant inverse de celui à l'émission, dans la suite de la description, la qualification des différents accès correspond à un fonctionnement en émission.

Le moyen de combinaison/division de puissance 92, 93 peut être réalisé de différentes façons. Sur l'exemple de la figure 10a, deux moyens de combinaison/division de puissance 92, 93 sont représentés, chaque moyen de combinaison/division de puissance étant réalisé par un coupleur directionnel en guides d'onde à deux accès de sortie. Sur la figure 10a, le coupleur directionnel comporte deux guides d'onde d'entrée couplés entre eux à une extrémité par des trous 94 aménagés dans la paroi métallique interne séparant les deux guides d'onde, mais beaucoup d'autres variantes existent et peuvent être utilisées. Ce coupleur à trous comporte un accès isolé 95 connecté à une charge résistive et un accès de sortie 96 connecté à

une entrée de l'OMT 71. Cependant un tel combineur/diviseur de puissance atténue les signaux reçus lorsqu'il fonctionne en réception. Ces atténuations peuvent être compensées en ajoutant des amplificateurs à faible bruit entre les répartiteurs de puissance et les OMT.

Alternativement, selon un autre mode de réalisation, le combineur/diviseur peut être transformé en un circulateur 97 par exemple en insérant une rondelle de ferrite 98 dans le combineur/diviseur comme représenté sur l'exemple de la figure 10b.

Alternativement, selon un autre mode de réalisation de l'invention, le moyen de combinaison/division de puissance peut être constitué par un coupleur en Té dans le plan E à jonction encastrée à quatre accès. Comme représentée sur la figure 11, selon l'invention, le coupleur en Té dans le plan E à jonction encastrée 99 comporte deux guides d'onde latéraux 10 et 20 montés à plat sur leur grand côté et un guide d'onde central 30 monté sur la tranche sur son petit côté, le guide d'onde central 30 étant encastré entre les deux guides d'onde latéraux 10, 20 comme la structure du coupleur en Té à jonction encastrée représenté sur la figure 4. Ce coupleur en Té dans le plan E à jonction encastrée comporte également deux accès de sortie 11, 21 situés aux deux extrémités des deux guides d'onde latéraux et un premier accès d'entrée 31 situé à une première extrémité du guide d'onde central 30. En outre, Ce coupleur en Té dans le plan E à jonction encastrée comporte un deuxième accès d'entrée 91 supplémentaire situé à la deuxième extrémité du guide d'onde central 30, à l'opposé du premier accès d'entrée 31. Les deux accès d'entrée 31, 91 sont orientés selon la direction X perpendiculaire à la direction Y des deux accès de sortie 11, 21. Dans ce cas, lorsque les deux accès 11, 21 des guides d'onde latéraux 10, 20 du coupleur à jonction encastrée à quatre accès sont alimentés en opposition de phase, alors les signaux se séparent équitablement vers les deux accès 31, 91 du guide d'onde central 30. Cela permet alors de multiplier par deux le nombre d'accès de sortie du répartiteur de puissance correspondant et donc le nombre d'accès d'entrée d'alimentation des éléments rayonnants qui y sont connectés. Il est alors possible de réaliser une antenne à formation de faisceaux entrelacés selon deux directions d'un plan XY en réalisant un répartiteur de puissance comprenant des coupleurs en Té dans le plan E à jonction encastrée à quatre accès selon deux directions d'un plan comme

représenté schématiquement sur l'exemple de la figure 12. Les coupleurs en Té dans le plan E à jonction encastrée à quatre accès 99 sont insérés dans certains répartiteurs de puissance en lieu et place des coupleurs en Té dans le plan E à jonction encastrée à trois accès 24, ce qui permet d'assurer la liaison avec un répartiteur de puissance adjacent selon la direction X parallèle à l'axe longitudinal du guide d'onde central de chaque répartiteur de puissance. Le quatrième accès de chaque coupleur 99 situé à une extrémité du guide d'onde central d'un répartiteur de puissance est disponible et peut être directement connecté au guide d'onde central d'un répartiteur de puissance adjacent. De cette façon, deux répartiteurs adjacents selon la direction X parallèle à l'axe longitudinal du guide d'onde central de chaque répartiteur de puissance, reliés entre eux par un coupleur à quatre accès 99, partagent un guide d'onde latéral, ce qui permet d'entrelacer les ouvertures rayonnantes correspondantes selon la direction X. Il est alors possible de former des faisceaux entrelacés selon deux directions d'un plan, les faisceaux adjacents ayant des couleurs différentes. Les quatre couleurs différentes correspondent à quatre couples de valeurs de fréquence et de polarisation différentes (F1, P1), (F2, P1), (F1, P2), (F2, P2). De la même façon que pour le répartiteur de la figure 9, la jonction encastrée à quatre accès 99 divise les signaux reçus par les éléments rayonnants, et les route vers les accès de sortie 78, 78b lorsqu'il fonctionne en réception. Ces atténuations peuvent être compensées en ajoutant des amplificateurs à faible bruit entre les répartiteurs de puissance et les OMT.

Pour une utilisation en émission, les couplages entre les deux accès d'entrée 31, 91 du coupleur en Té dans le plan E à jonction encastrée sont importants et résultent en des couplages importants au niveau des accès d'entrée d'alimentation 68, 78, 88 du répartiteur de puissance ce qui nécessite l'emploi d'isolateurs à ce niveau. En outre, pour limiter ce couplage entre accès, et diminuer les pertes en puissance dans ces isolateurs, Il est également possible d'inclure une rondelle de ferrite au centre de la jonction encastrée du coupleur. Le couplage entre les deux accès d'entrée 31 et 91 est alors significativement modifié, et les signaux émis vers les accès d'entrée 31 ou 91 du coupleur en Té sont alors intégralement routés en se séparant équitablement vers les deux accès de sortie 11 et 21.

Le coupleur en Té 99 à jonction encastrée à quatre accès représenté sur la figure 11 est sensible en adaptation à la cohérence de phase des signaux incidents sur les accès 21 et 11 lorsque le répartiteur fonctionne en réception, ou sur les accès 31 et 91 lorsque le répartiteur fonctionne à l'émission. Si les signaux incidents ne sont plus en opposition de phase, comme c'est le cas par exemple pour les signaux reçus par les éléments rayonnants pour une onde incidente avec une direction non normale à la surface du réseau, alors les signaux sont légèrement déséquilibrés en phase. Il peut en résulter une désadaptation du coupleur en Té à quatre accès 99, néfastes au diagramme de rayonnement du réseau rayonnant. Dans ce cas, comme représenté sur la figure 13, le coupleur en Té à jonction encastrée à quatre accès 99 peut comporter une cavité 100 au fond de laquelle est déposé un film absorbant 101. La cavité absorbante peut être aménagée par exemple, sous la paroi inférieure 104 du guide d'onde central 30 du coupleur 99 et est alimentée par deux fentes longitudinales 102, 103 aménagées dans ladite paroi inférieure 104.

Bien que l'invention ait été décrite en liaison avec des modes de réalisation particuliers, il est bien évident qu'elle n'y est nullement limitée et qu'elle comprend tous les équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci entrent dans le cadre de l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Répartiteur de puissance comportant au moins deux guides d'onde latéraux à section rectangulaire parallèles entre eux et un guide d'onde transversal à section rectangulaire comportant deux extrémités opposées respectivement connectées aux deux guides d'onde latéraux, dans lequel les deux guides d'onde latéraux sont orientés selon une direction Y et montés à plat avec leur grand côté parallèle à un plan XY, le guide d'onde transversal est orienté selon une direction X perpendiculaire à la direction Y et monté sur la tranche avec son petit côté parallèle au plan XY, et chaque guide d'onde latéral est couplé au guide d'onde transversal par un coupleur en té dans le plan E à jonction encastrée, les deux extrémités du guide d'onde transversal étant respectivement encastrées dans chaque guide d'onde latéral, au centre dudit guide d'onde latéral respectif.
2. Répartiteur de puissance selon la revendication 1, dans lequel les deux guides d'onde latéraux comportent chacun deux extrémités opposées constituant quatre accès d'entrée/sortie et le guide d'onde transversal comporte un accès d'alimentation central.
3. Répartiteur de puissance selon la revendication 2, dans lequel, au niveau de chaque jonction encastrée, le guide d'onde transversal comporte une cavité externe munie d'un film absorbant et une fente de couplage débouchant dans la cavité externe.
4. Réseau rayonnant, comportant au moins un répartiteur de puissance selon l'une des revendications 2 ou 3, et quatre éléments rayonnants respectivement couplés aux quatre accès du répartiteur de puissance.
5. Antenne à formation de faisceaux, comportant au moins un réseau rayonnant selon la revendication 4.
6. Antenne à formation de faisceaux selon la revendication 5, comportant au moins deux répartiteurs de puissance disposés parallèlement entre eux et reliés entre eux, selon la direction Y des guides d'onde latéraux des deux répartiteurs de puissance, par des transducteurs orthomodes

OMT, et des éléments rayonnants respectivement couplés aux accès de sortie des transducteurs orthomodes respectifs.

7. Antenne à formation de faisceaux selon la revendication 5, comportant au moins deux répartiteurs de puissance disposés perpendiculairement entre eux et reliés entre eux par des transducteurs orthomodes OMT, et des éléments rayonnants respectivement couplés aux accès de sortie des transducteurs orthomodes respectifs.
8. Antenne à formation de faisceaux selon la revendication 5, comportant au moins un réflecteur et au moins deux réseaux rayonnants identiques adjacents montés devant le réflecteur, les deux réseaux rayonnants adjacents étant dédiés à deux polarisations différentes orthogonales entre elles.
9. Antenne à formation de faisceaux selon l'une des revendications 6 à 8, comportant au moins quatre répartiteurs de puissance et des moyens de combinaison/division de puissance connectés entre les accès des répartiteurs de puissance et des accès d'entrée de chaque OMT, les répartiteurs de puissance étant reliés entre eux deux à deux selon deux directions orthogonales X, Y d'un plan XY.
10. Antenne à formation de faisceaux selon la revendication 9, dans lequel les moyens de combinaison/division de puissance comportent des coupleurs en Té dans le plan E à jonction encastrée à quatre accès, les quatre accès étant constitués de deux accès d'entrée orientés selon la direction X et de deux accès de sortie orientés selon la direction Y, trois accès reliant, selon la direction Y, les guides d'onde latéraux au guide d'onde transversal d'un premier répartiteur de puissance, le quatrième accès reliant, selon la direction X, le guide d'onde transversal du premier répartiteur de puissance à un guide d'onde transversal d'un deuxième répartiteur de puissance adjacent.

1/15

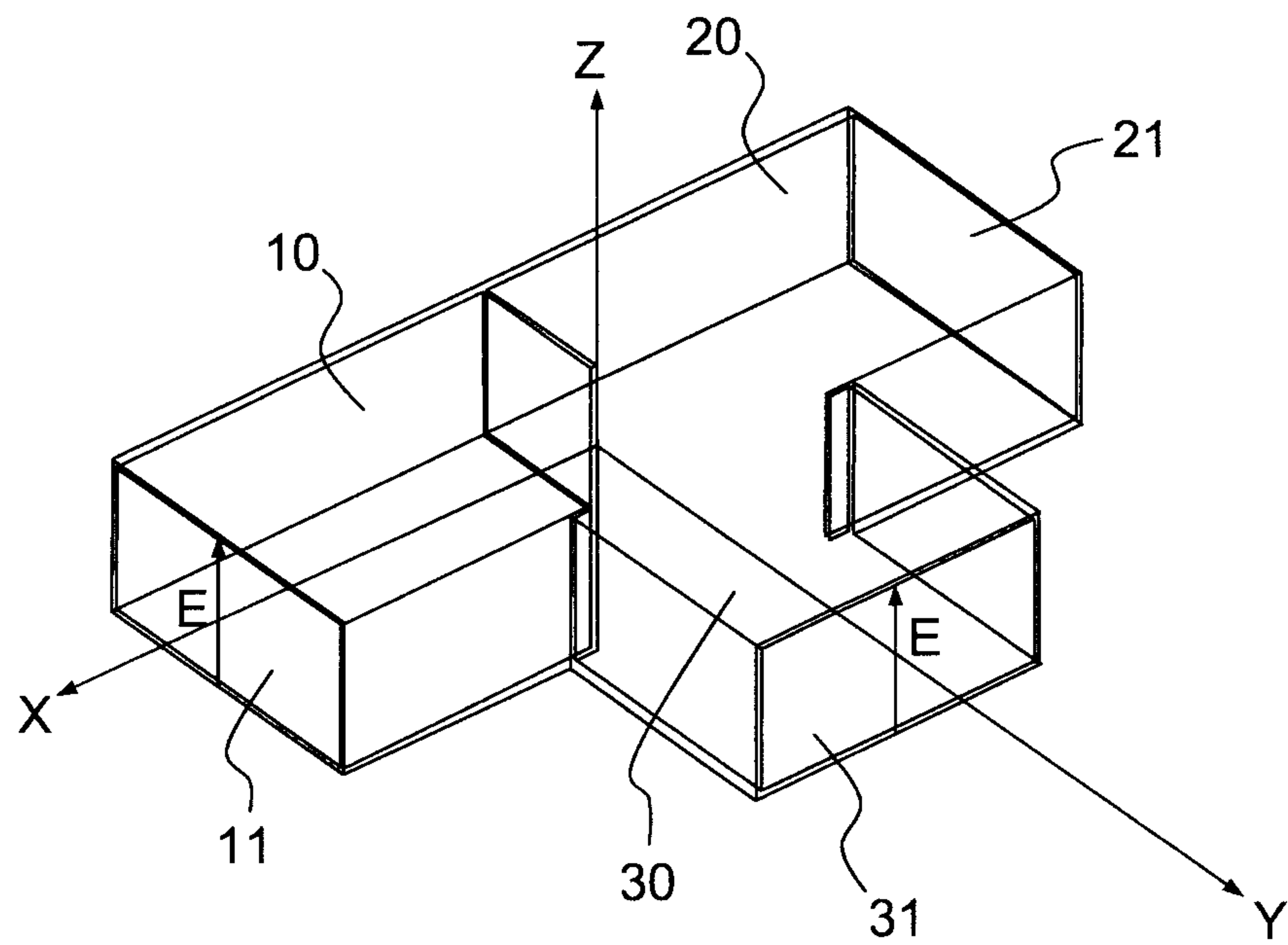


FIG.1a

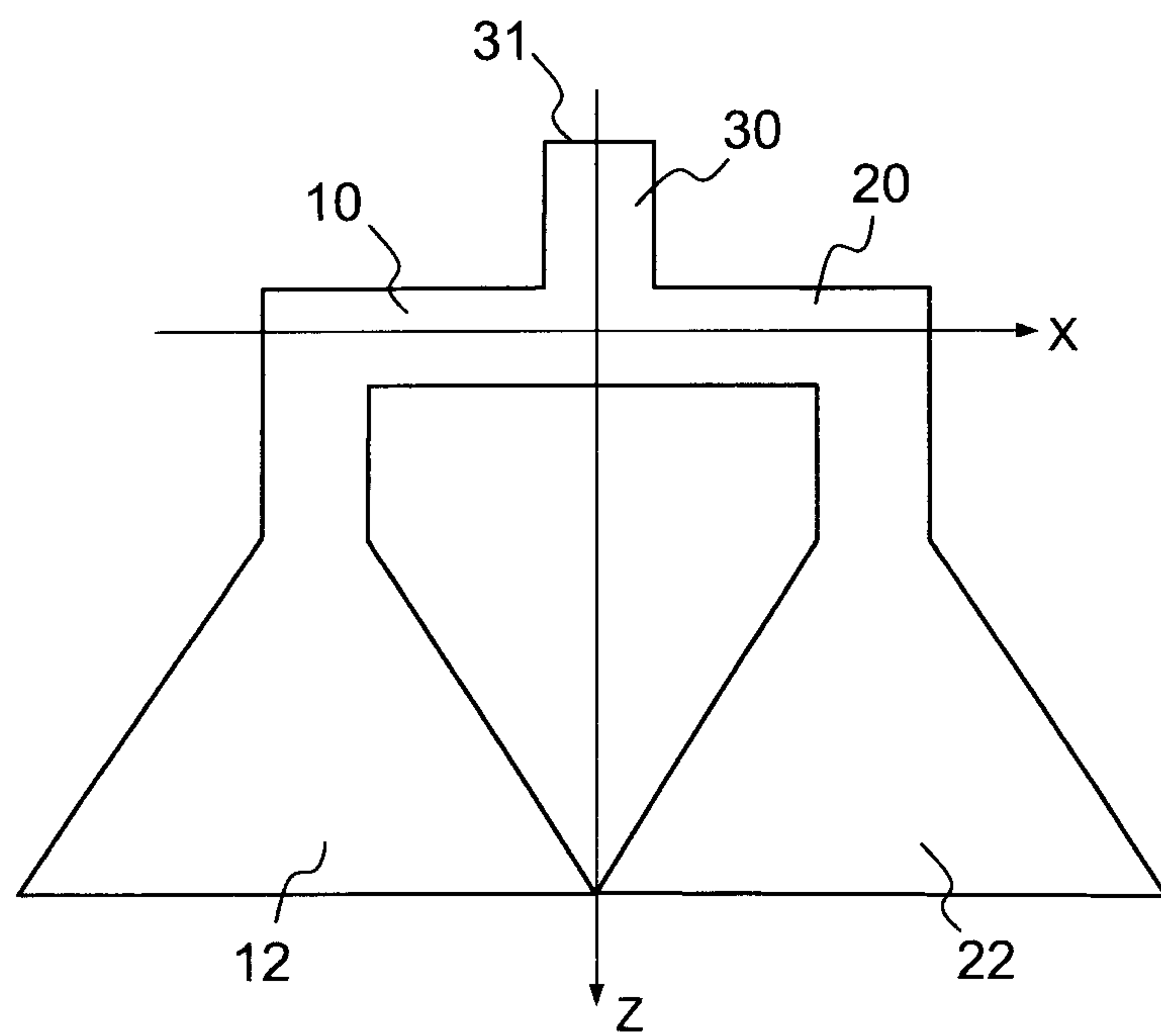


FIG.1b

2/15

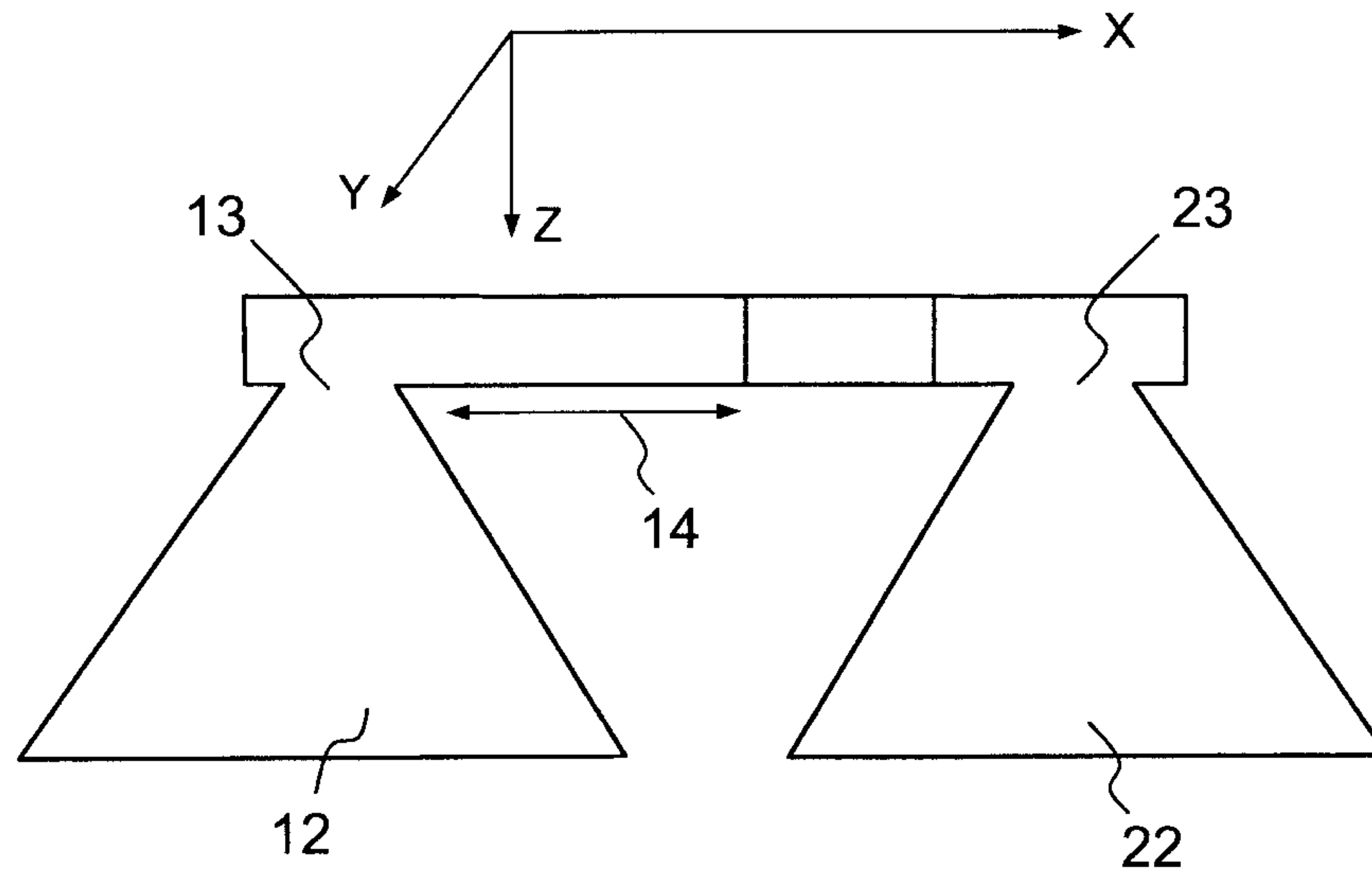


FIG. 1c

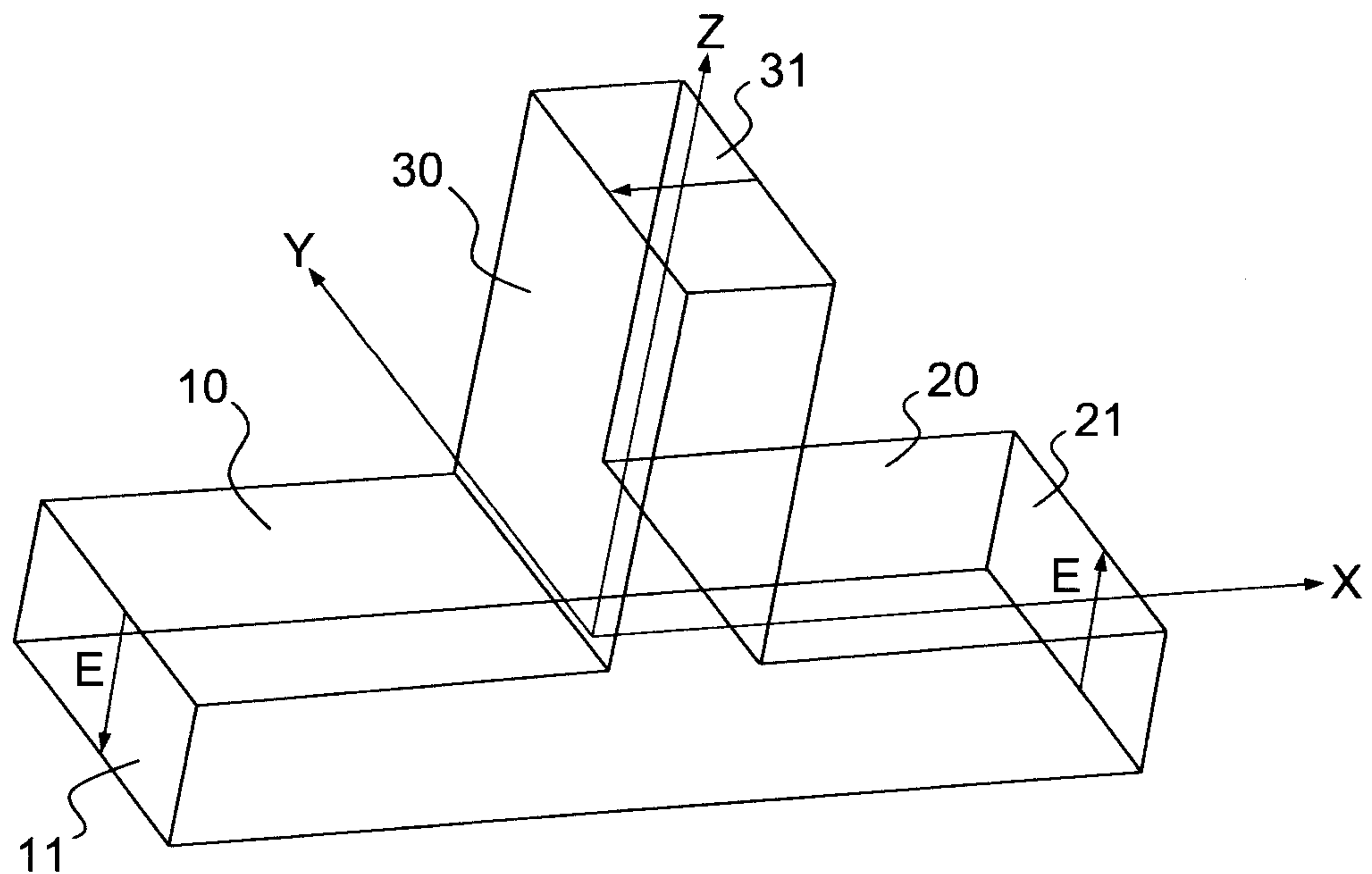


FIG. 2a

3/15

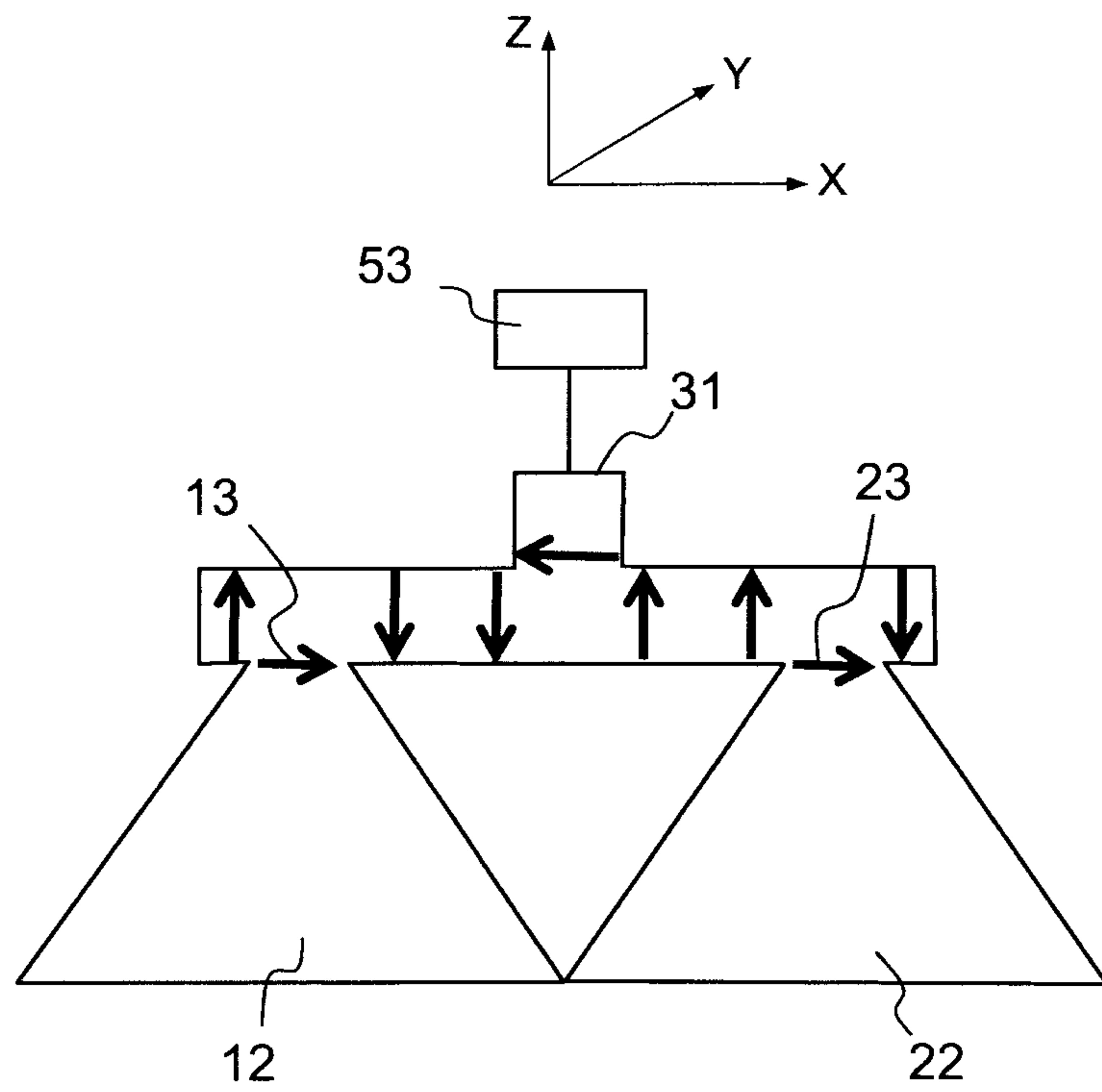


FIG. 2b

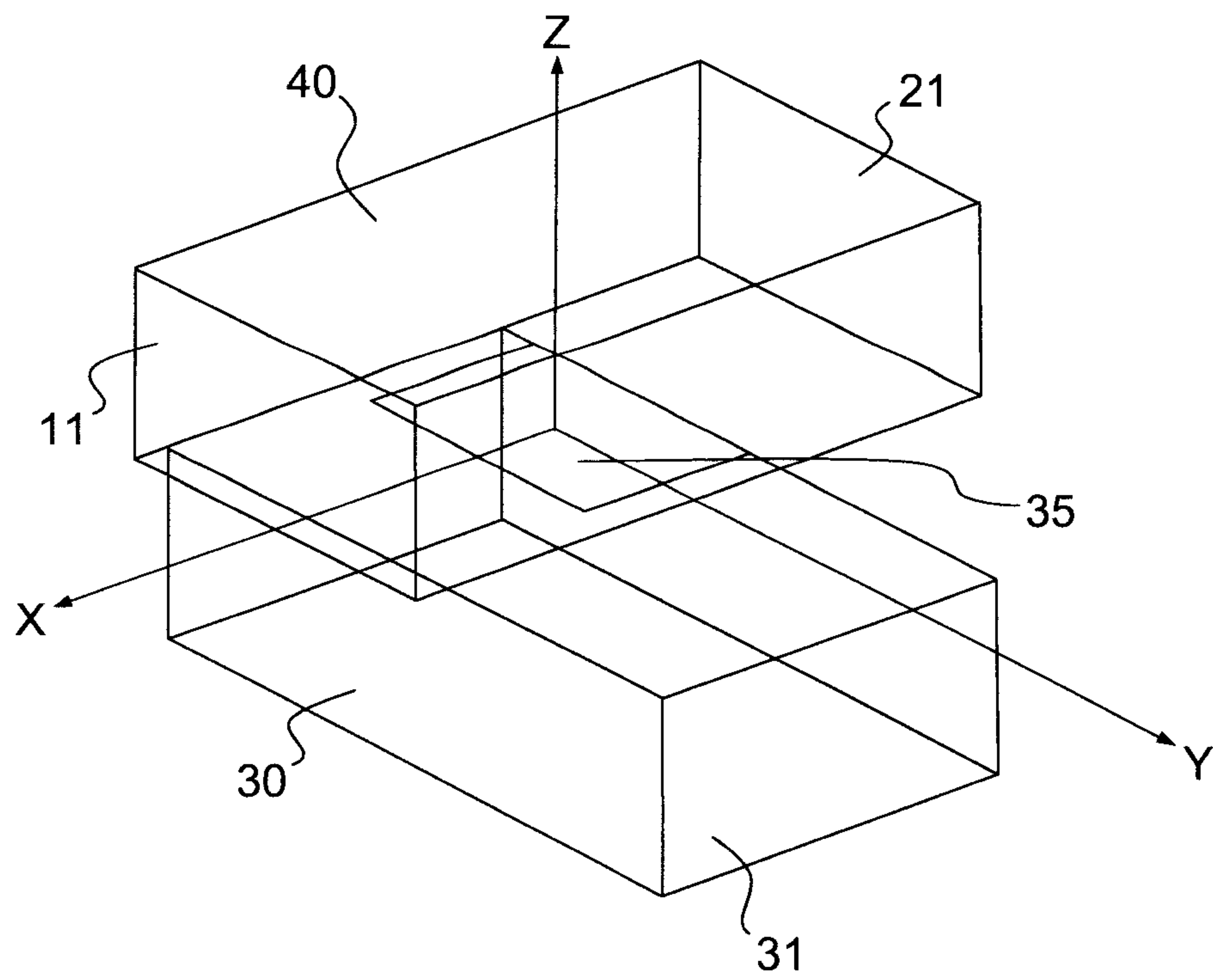


FIG. 3

4/15

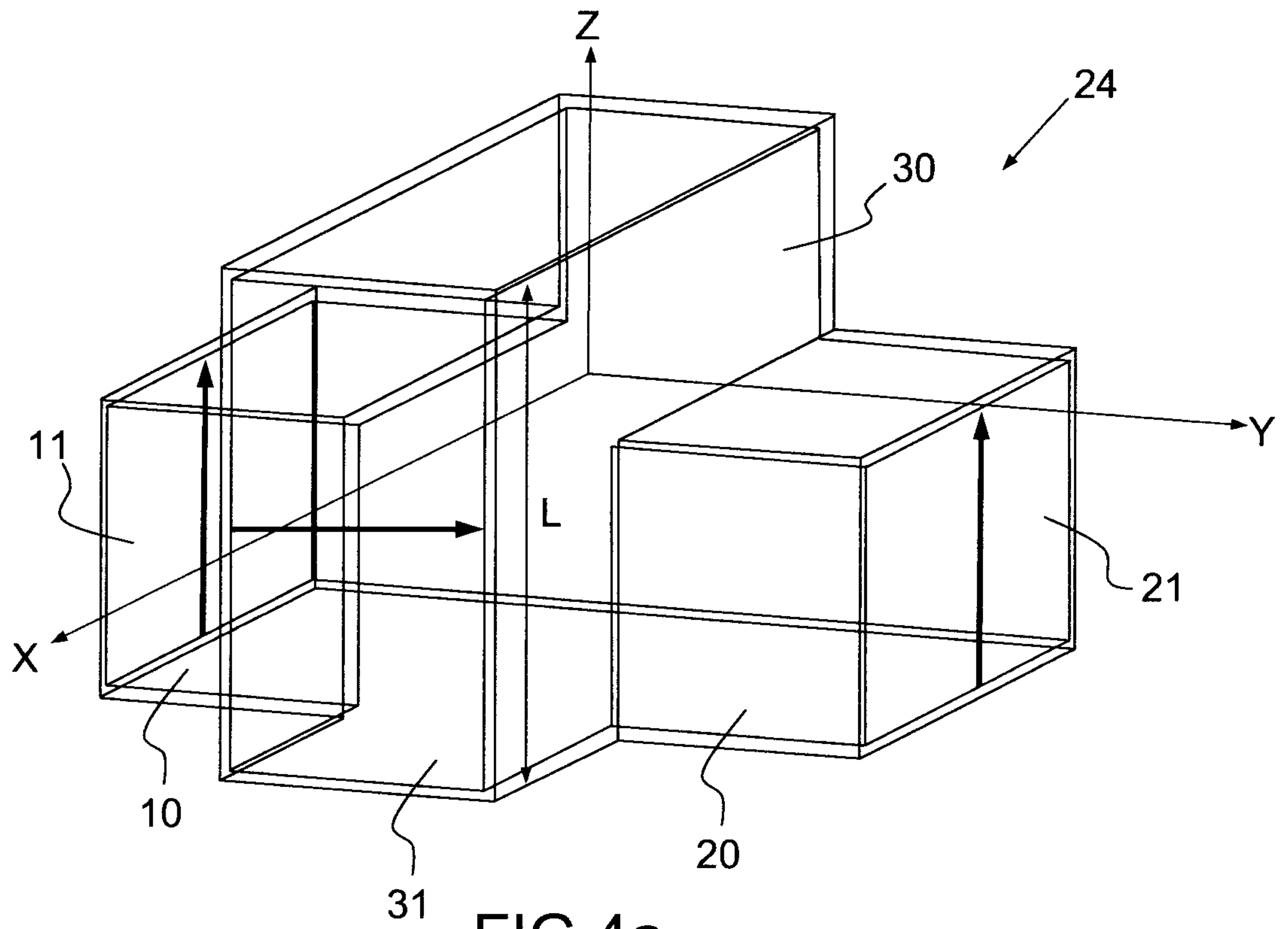


FIG. 4a

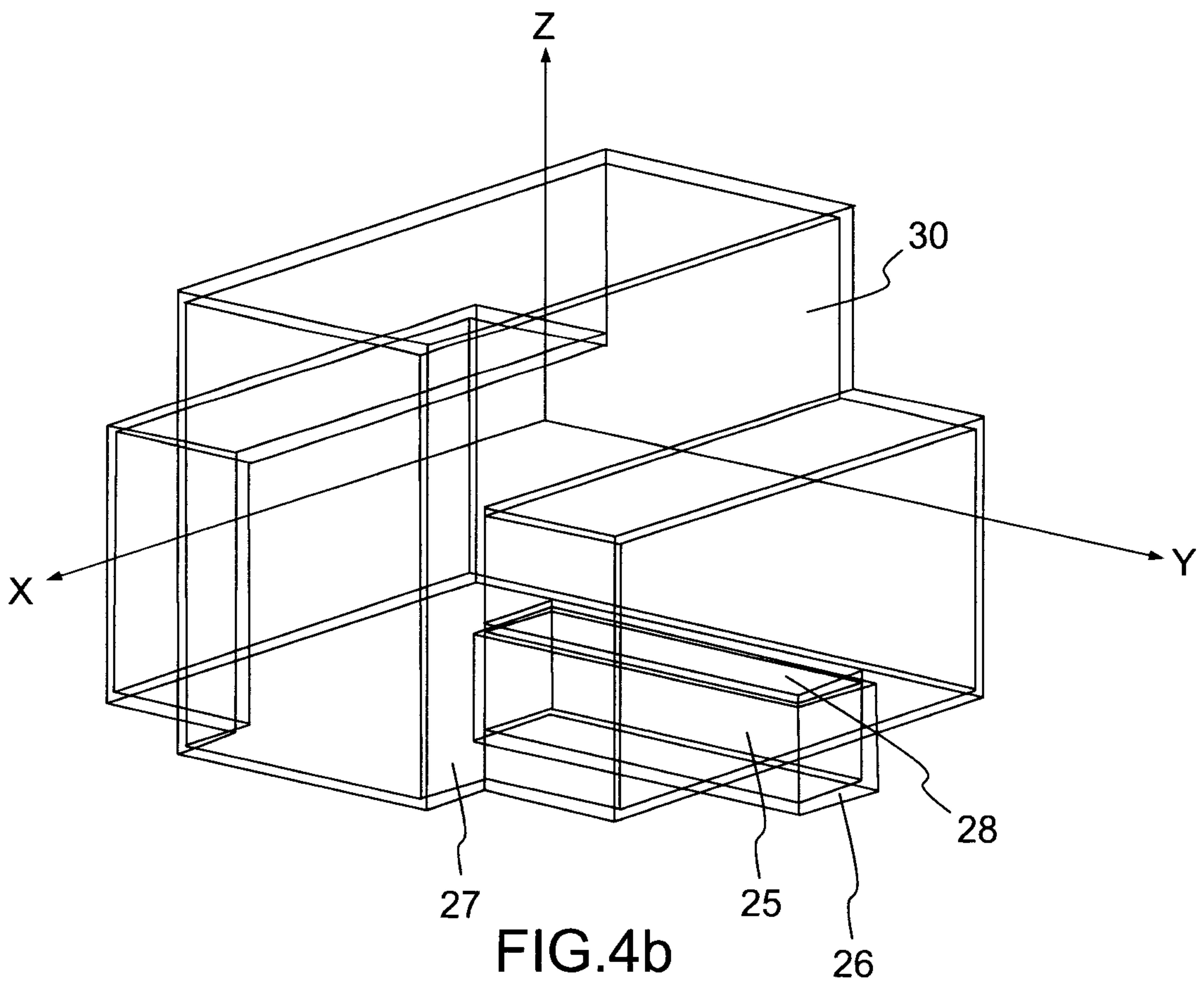


FIG. 4b

5/15

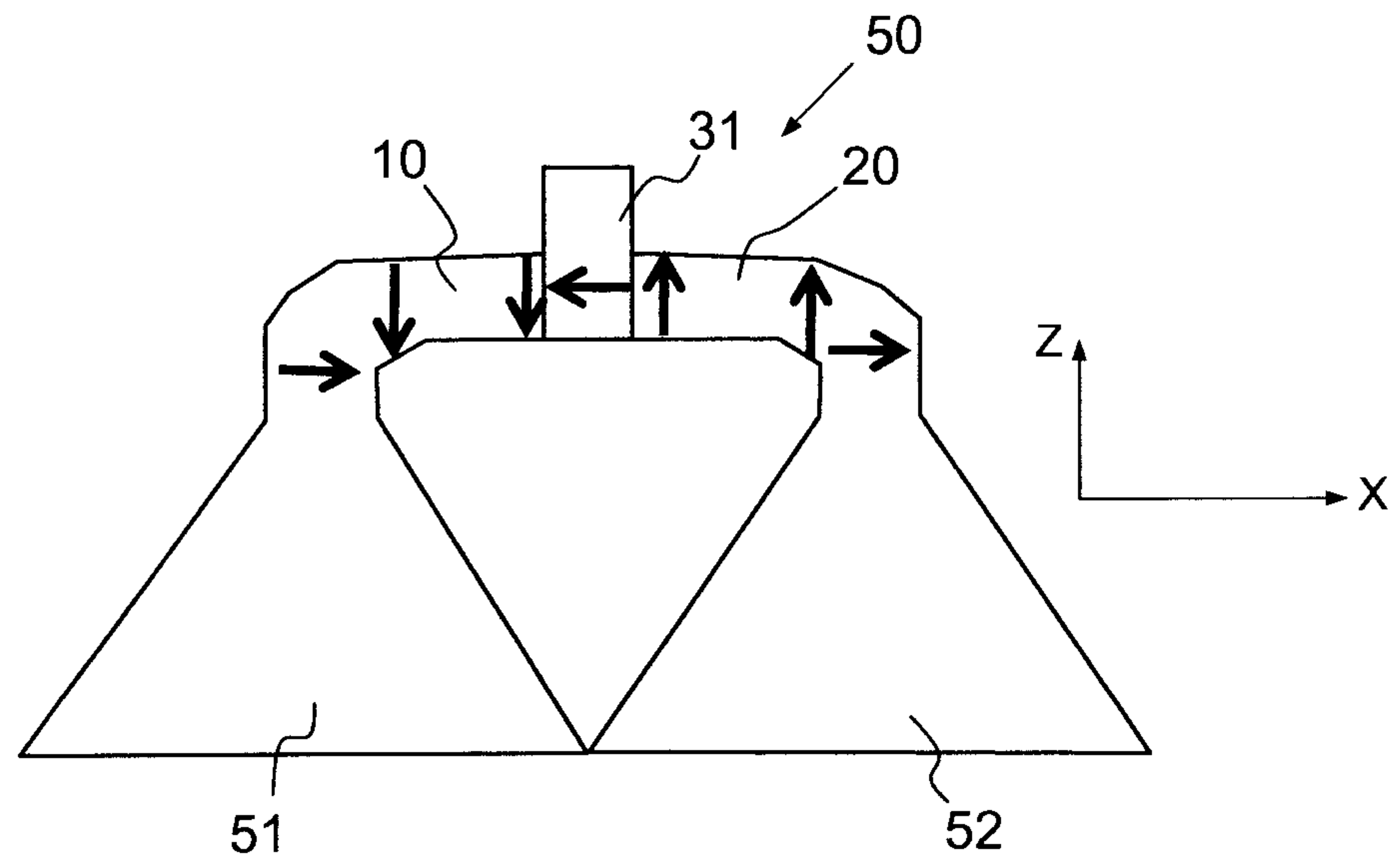


FIG. 5

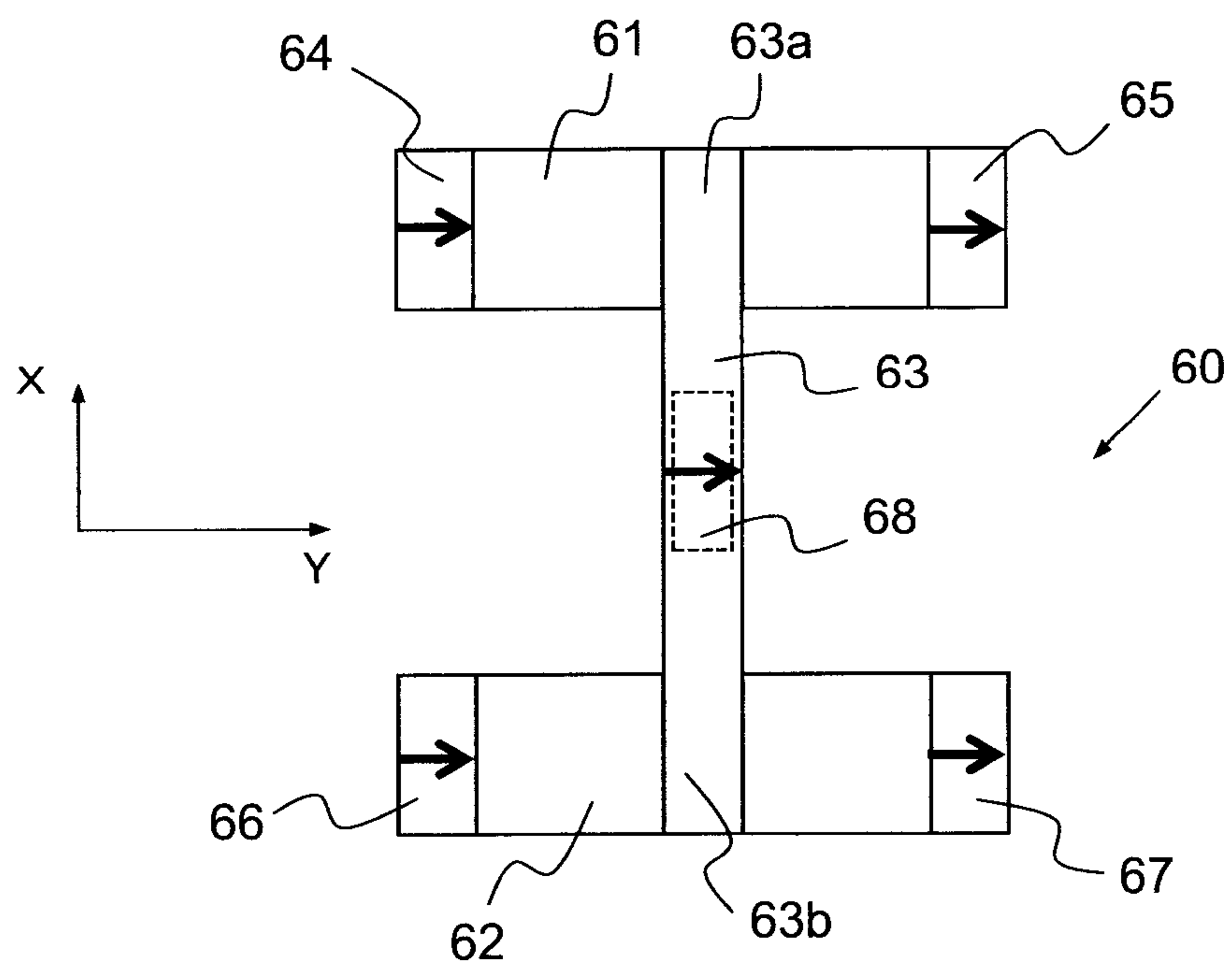


FIG. 6a

6/15

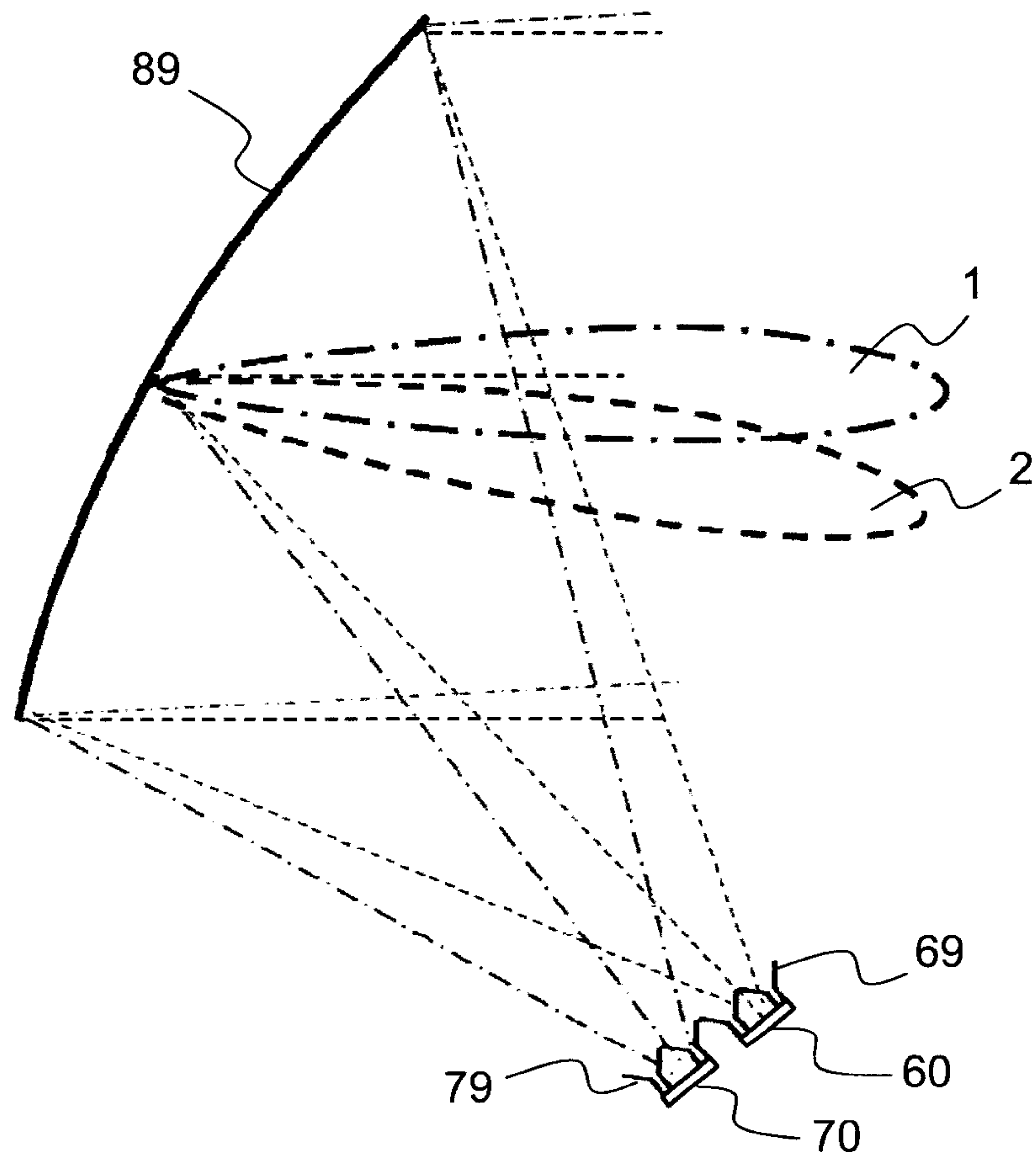


FIG. 6b

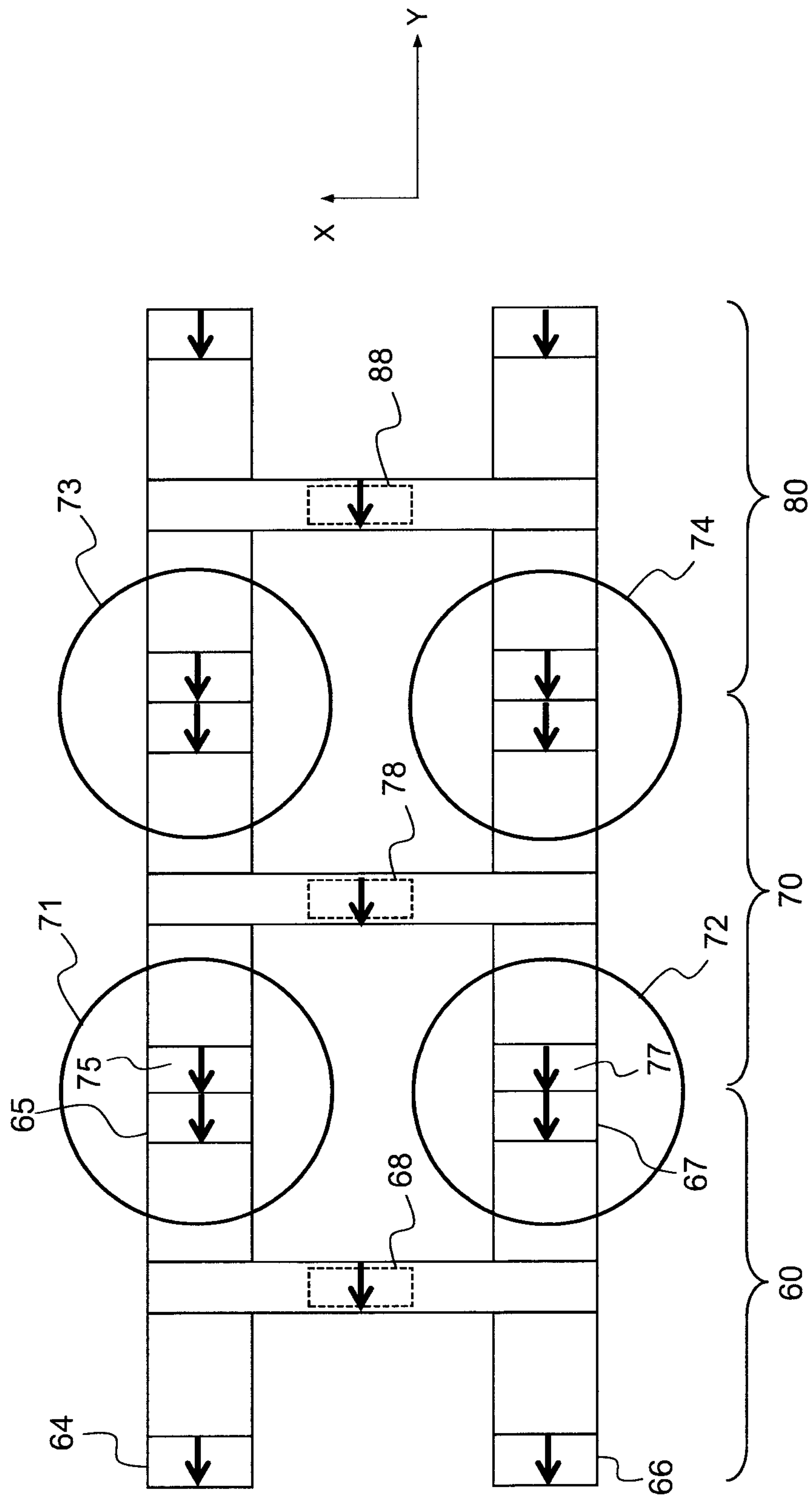


FIG. 7a

8/15

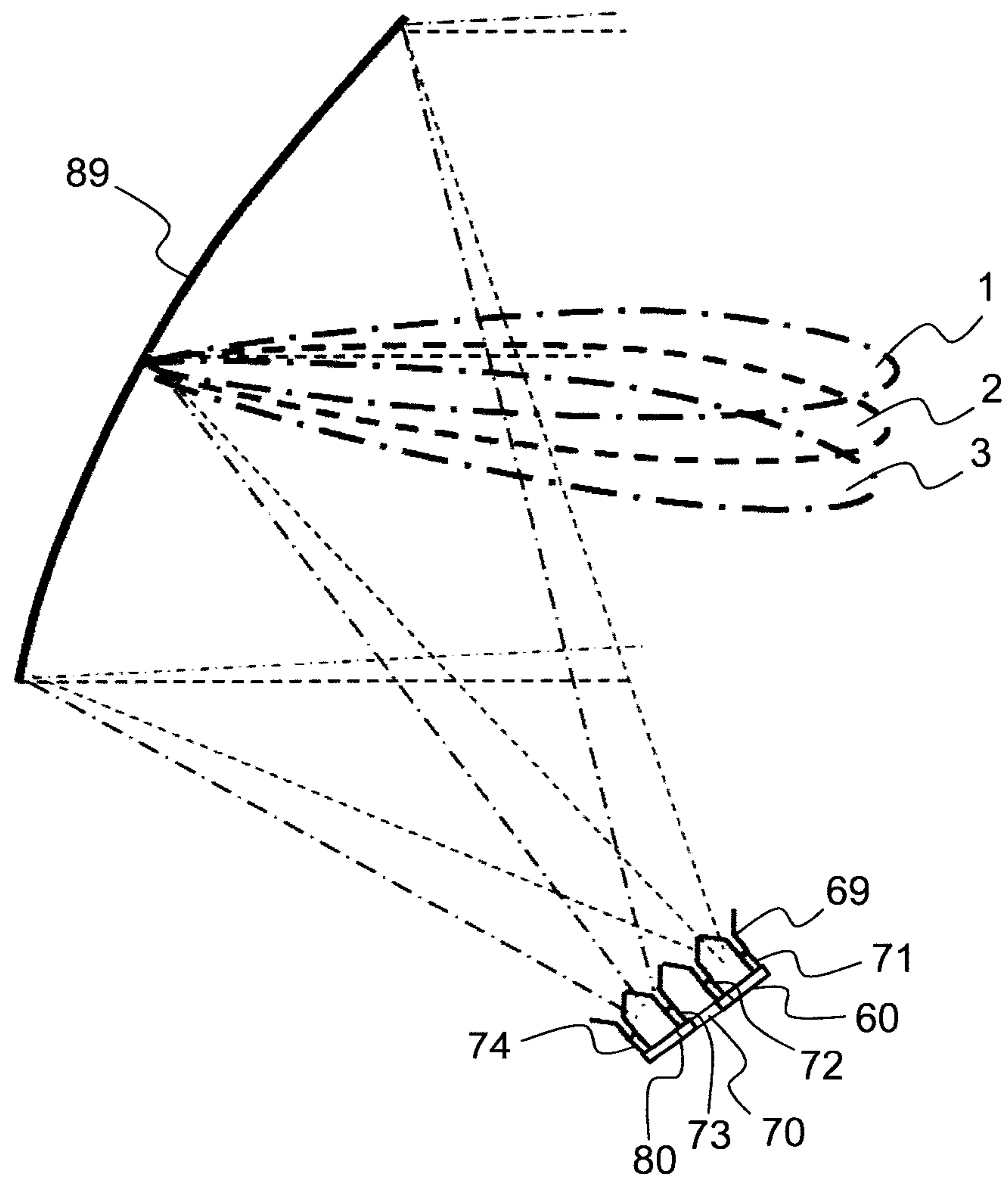


FIG. 7b

9/15

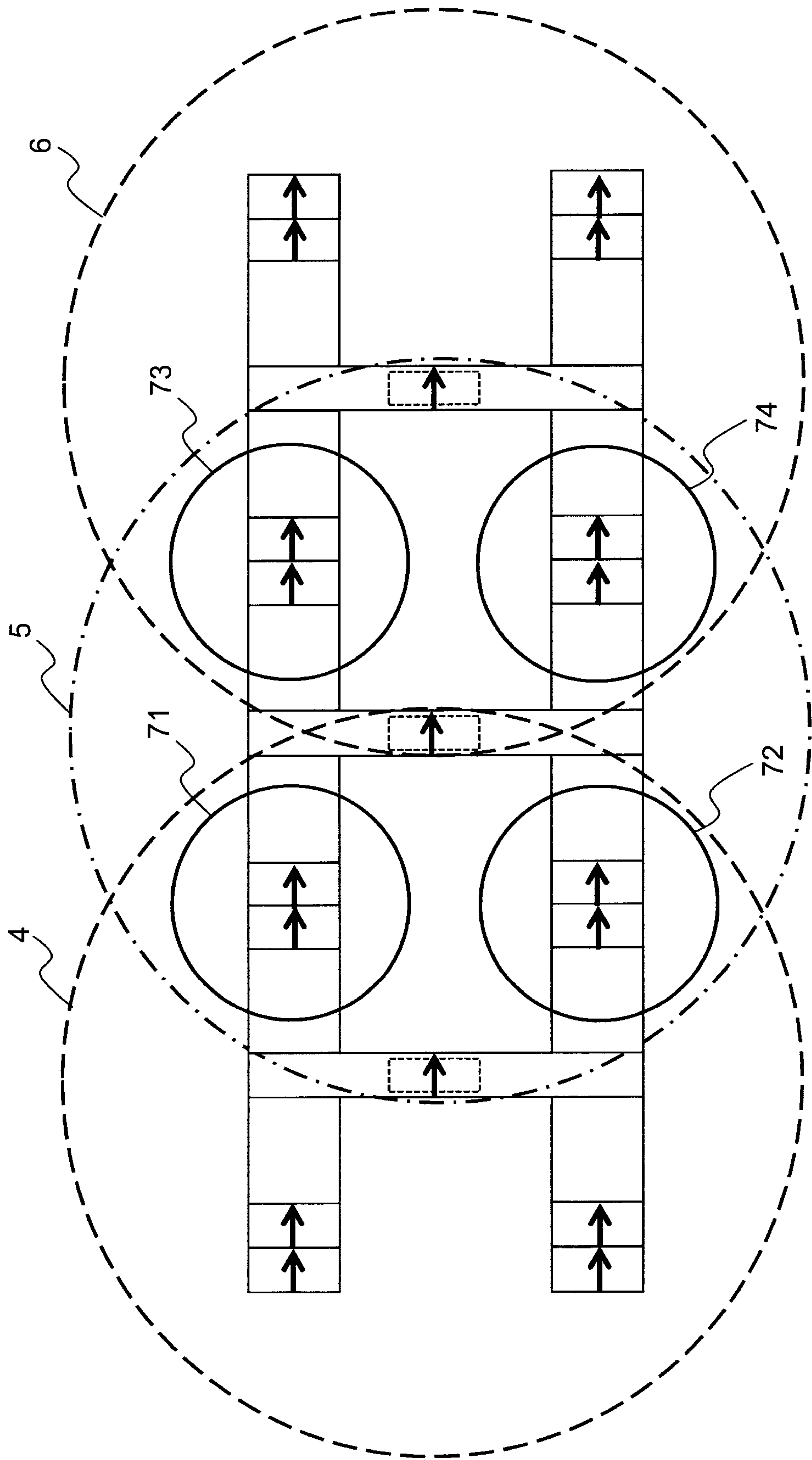


FIG. 7c

10/15

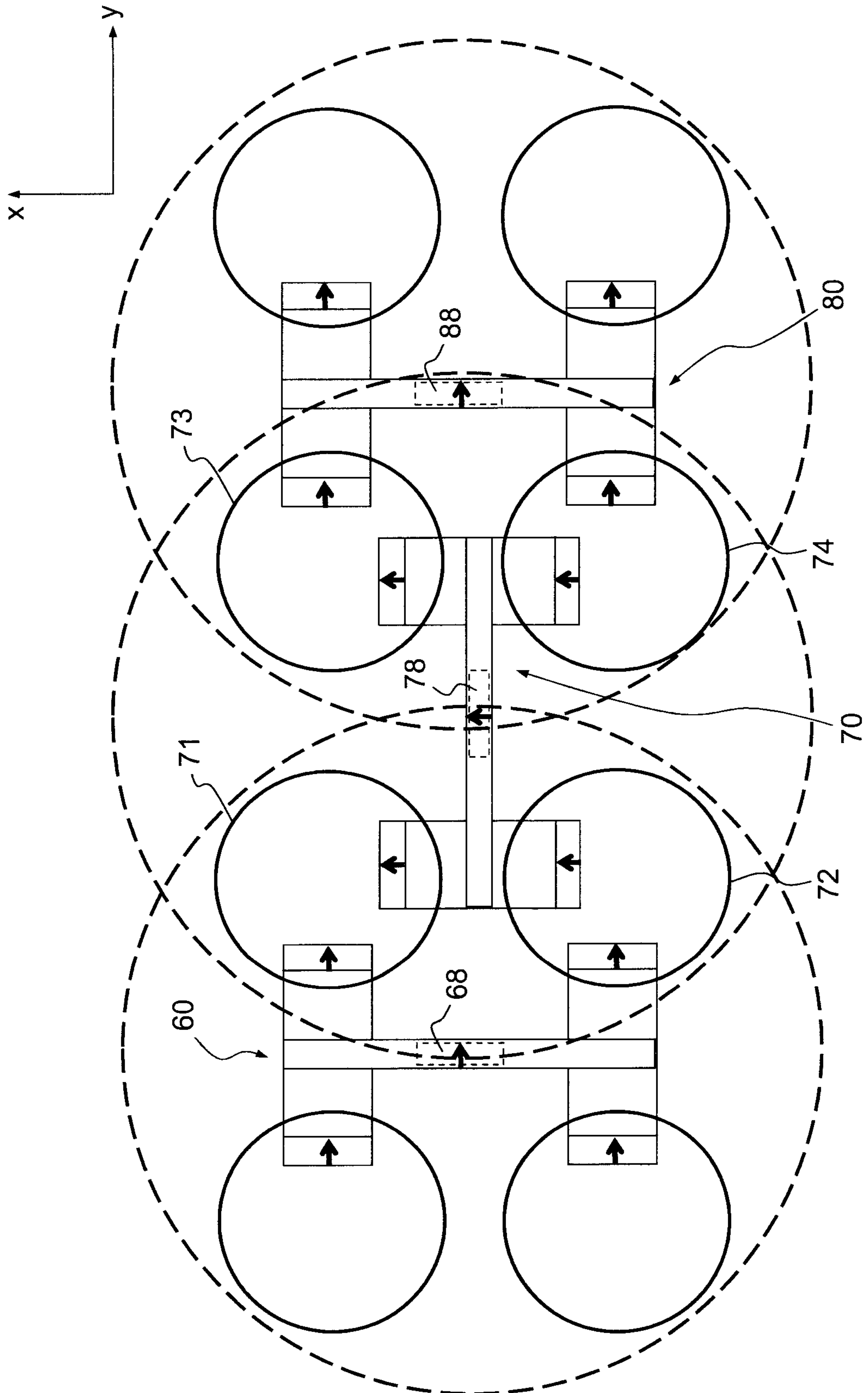


FIG. 7d

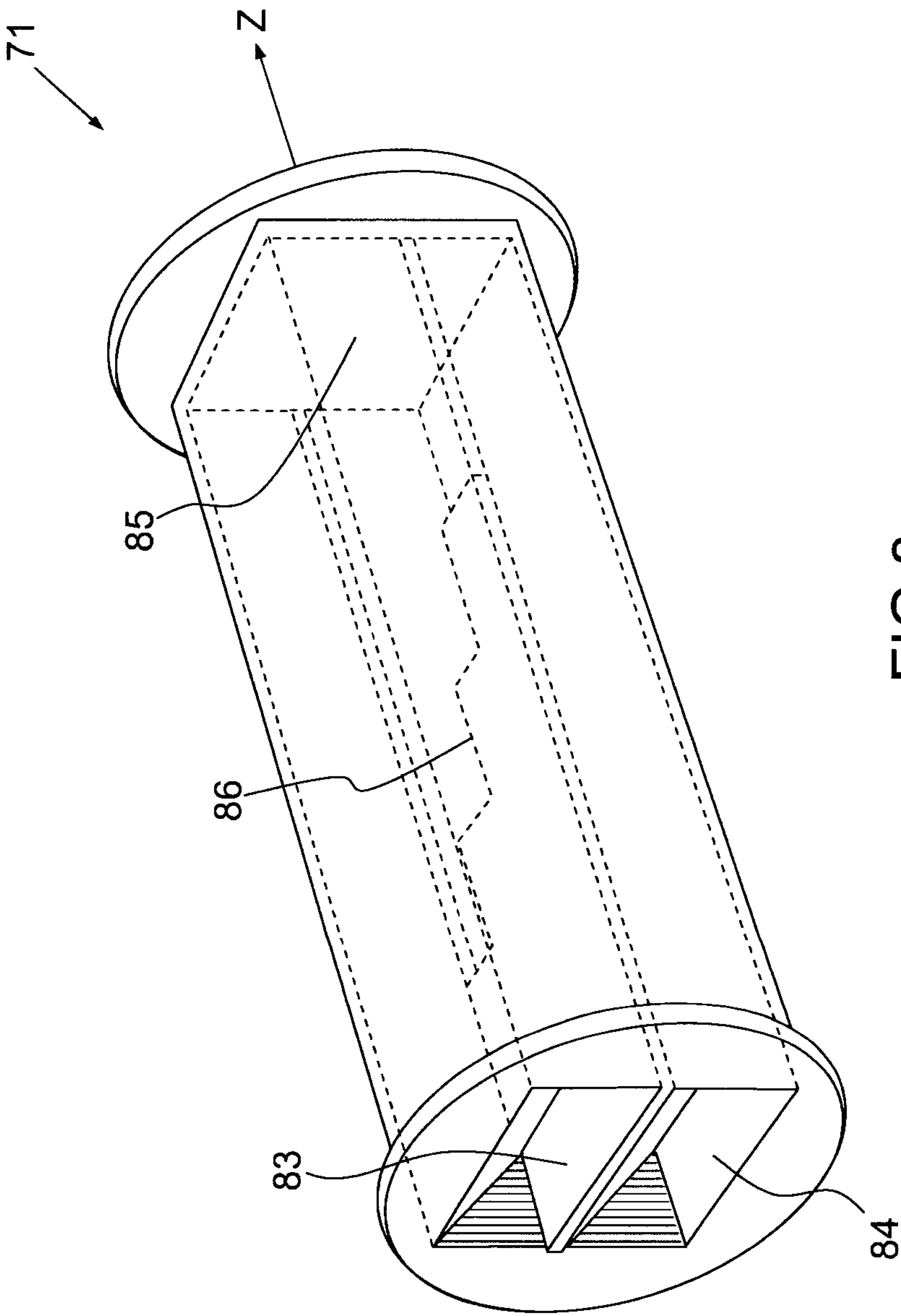


FIG. 8

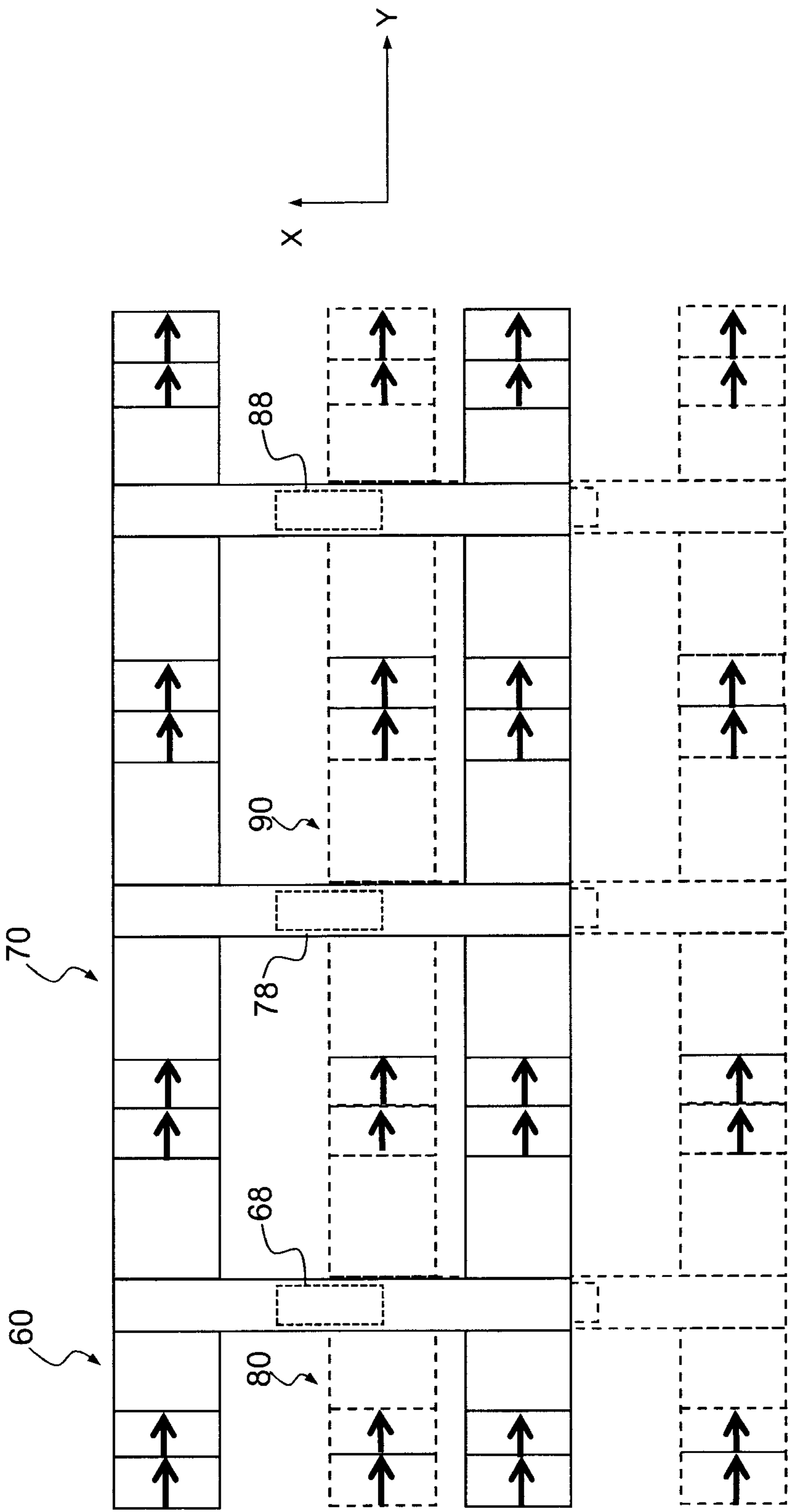


FIG.9

13/15

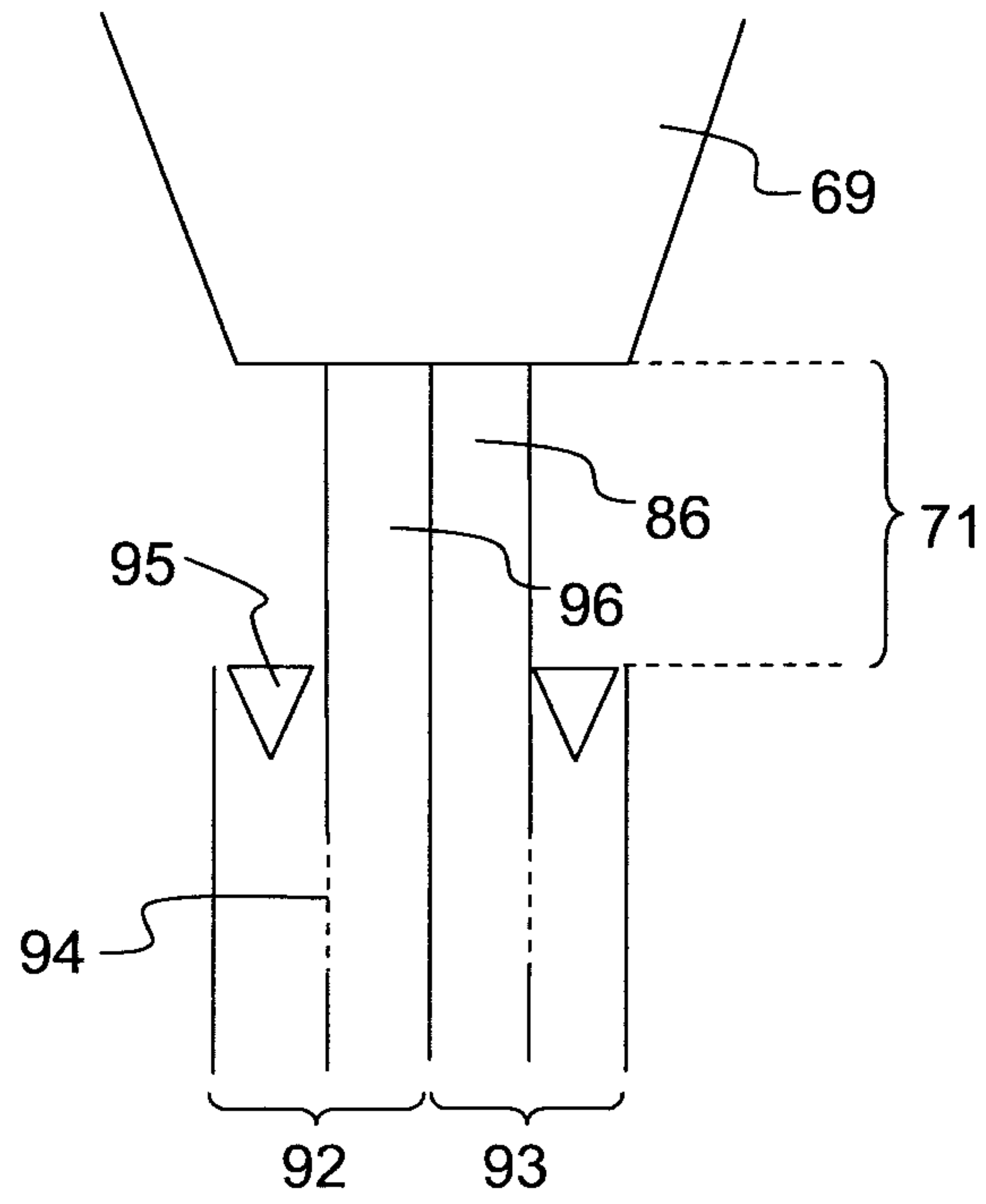


FIG.10a

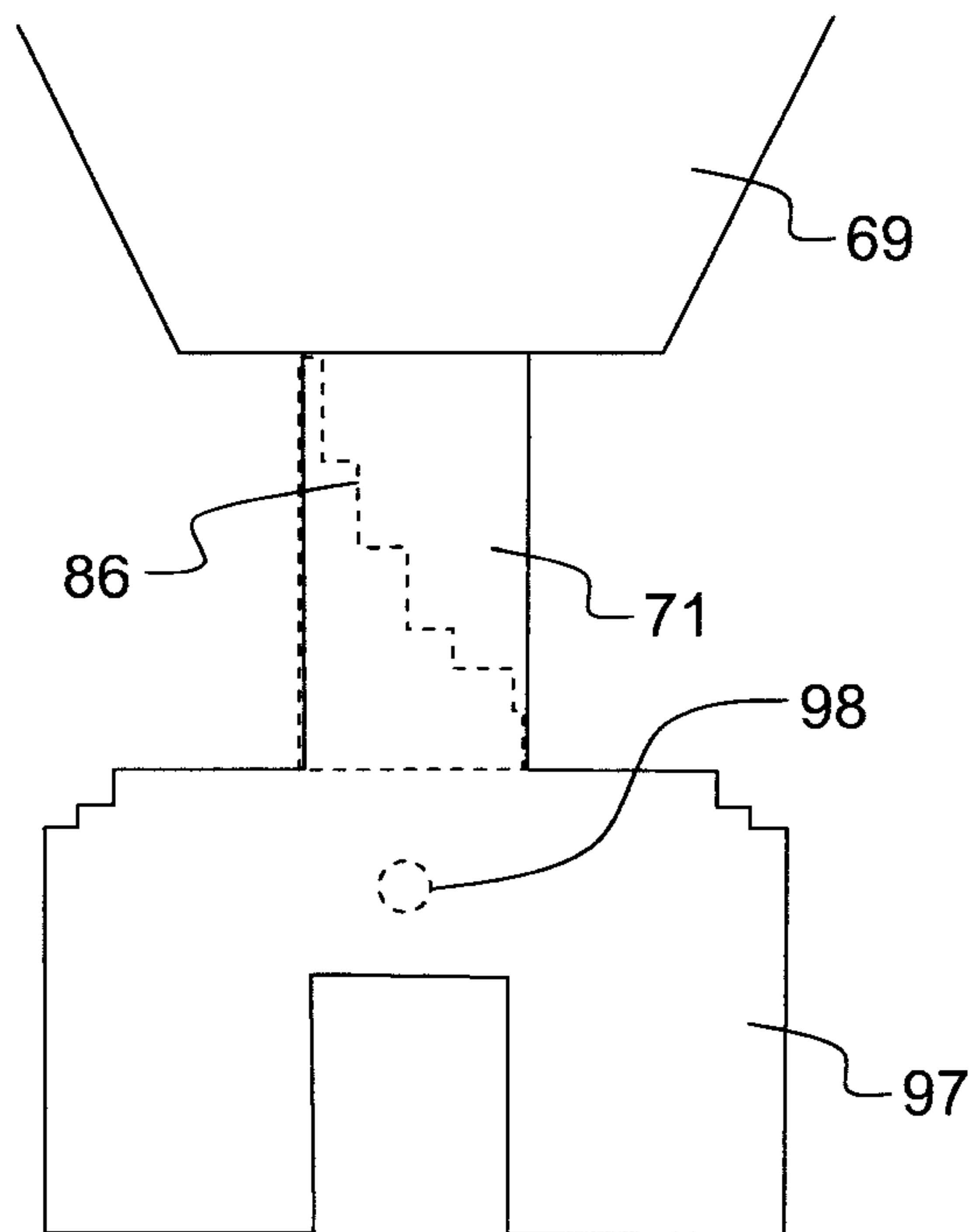


FIG.10b

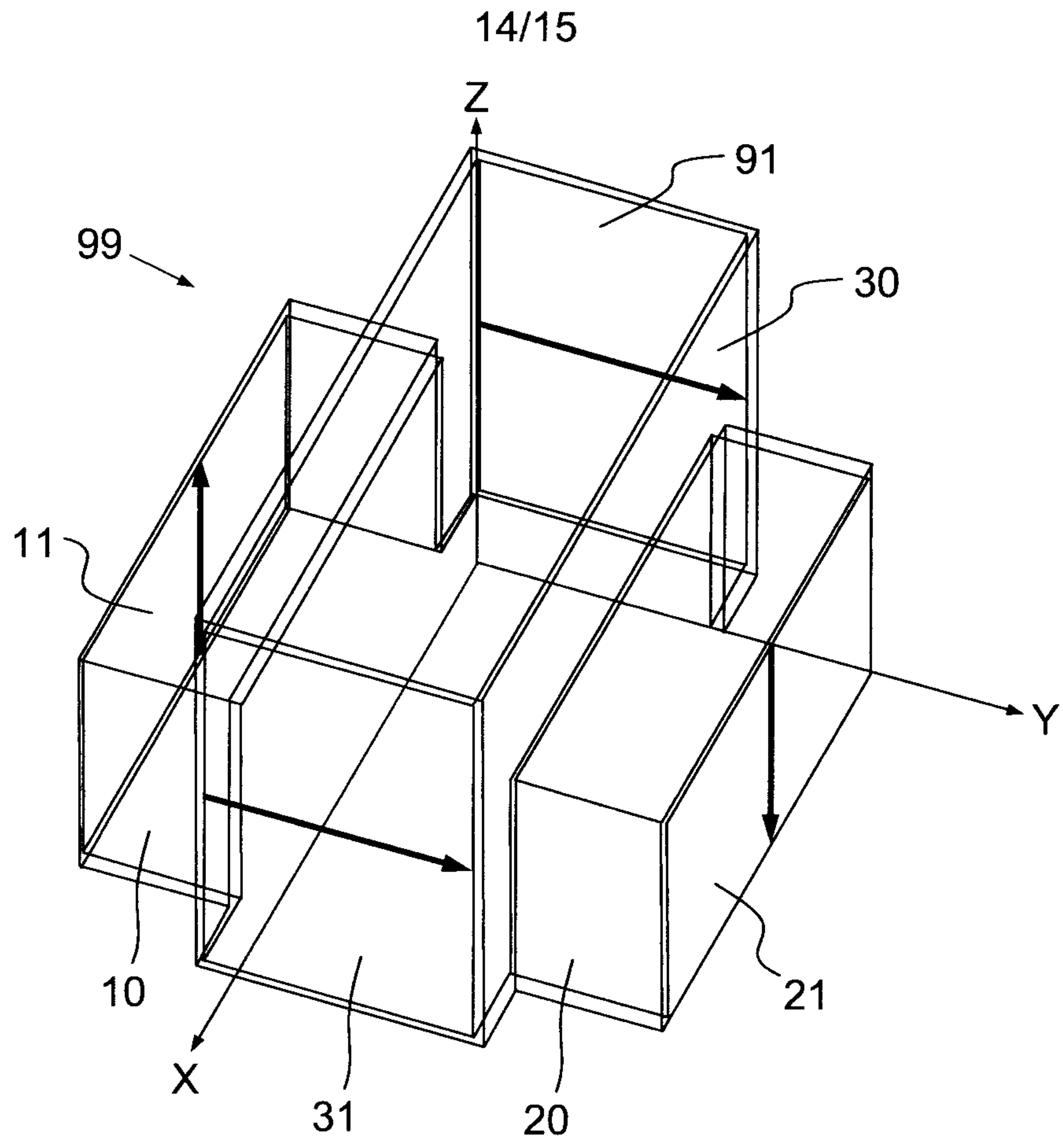


FIG. 11

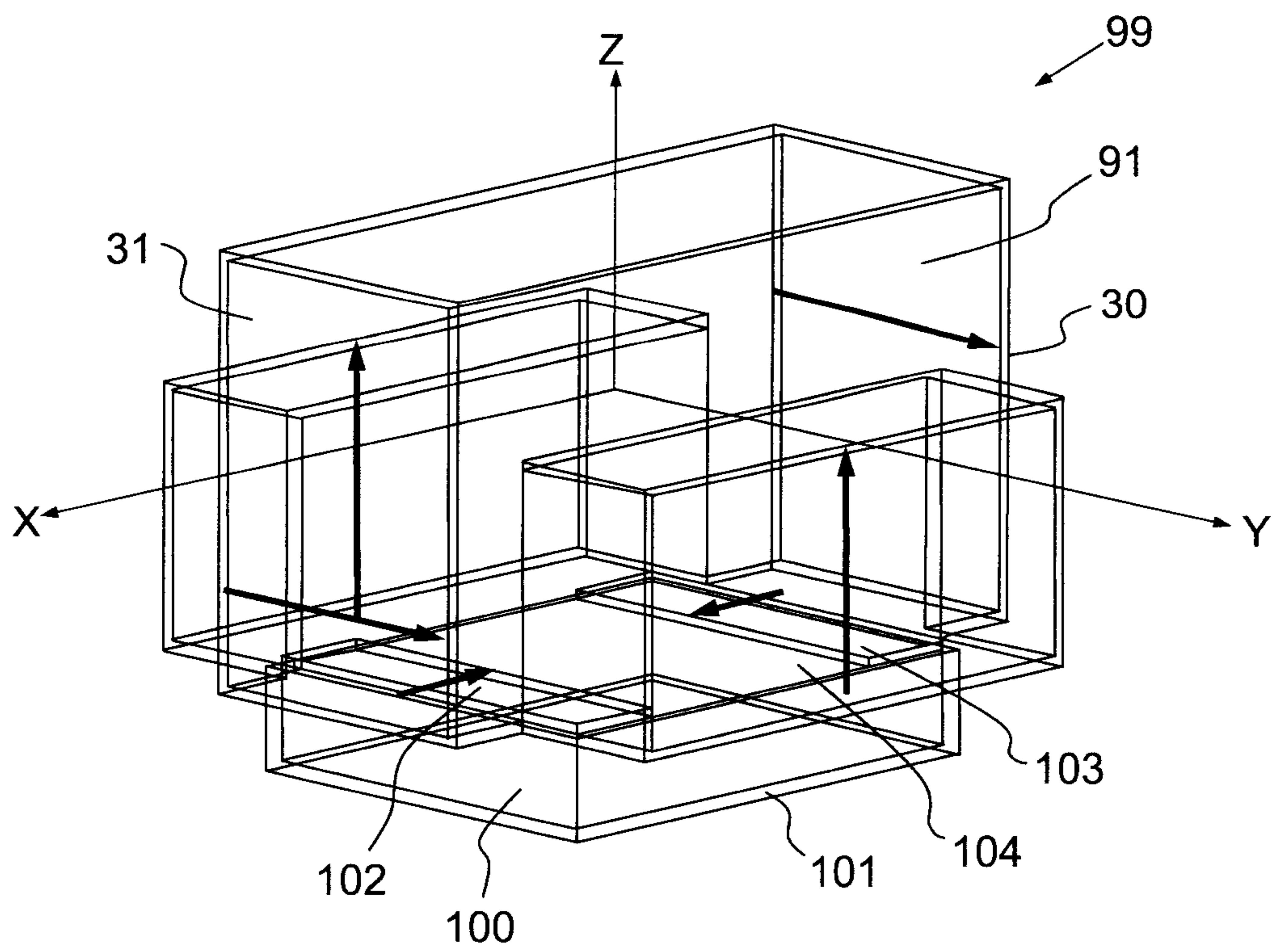


FIG. 13

