(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication : **0 350 111 B1**

(12) # FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication du fascicule du brevet : **18.01.95 Bulletin 95/03**

(51) Int. Cl.[6] : **H01J 43/22**

(21) Numéro de dépôt : **89201727.8**

(22) Date de dépôt : **29.06.89**

(54) **Dynode du type "à feuilles", multiplicateur d'électrons et tube photomultiplicateur comportant de telles dynodes.**

(30) Priorité : **05.07.88 FR 8809083**

(43) Date de publication de la demande : **10.01.90 Bulletin 90/02**

(45) Mention de la délivrance du brevet : **18.01.95 Bulletin 95/03**

(84) Etats contractants désignés : **CH DE FR GB LI**

(56) Documents cités :
EP-A- 0 131 339
US-A- 3 265 916

(73) Titulaire : **PHILIPS PHOTONIQUE**
Avenue Roger Roncier
F-19 Brive-La-Gaillarde (Corrèze) (FR)
(84) **FR**
Titulaire : **Philips Electronics N.V.**
Groenewoudseweg 1
NL-5621 BA Eindhoven (NL)
(84) **CH DE GB LI**

(72) Inventeur : **L'Hermite, Pierre**
SOCIETE CIVILE S.P.I.D.
209, rue de l'Université
F-75007 Paris (FR)

(74) Mandataire : **Charpail, François et al**
Société Civile S.P.I.D.
156, Boulevard Haussmann
F-75008 Paris (FR)

Il est rappelé que : Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 0 350 111 B1

Description

La présente invention concerne une dynode multiplicatrice d'électrons du type "à feuilles", c'est à dire essentiellement constituée de deux demi-dynodes ayant la forme de feuilles percées de trous disposés en un réseau d'un motif donné. Elle concerne également un multiplicateur d'électrons et un tube photomultiplicateur comportant de telles dynodes multiplicatrices.

L'invention trouve une application particulièrement avantageuse dans le domaine des tubes photomultiplicateurs.

L'utilisation, dans les tubes photomultiplicateurs, de dynodes et de multiplicateurs dits "à feuilles" est connue, par exemple, du document US-A- 3 265 916. Ce brevet décrit, en effet, une dynode multiplicatrice d'électrons, constituée de deux demi-dynodes parallèles, portées à un même potentiel électrique, et réalisées à l'aide de feuilles métalliques percées de trous régulièrement disposés selon un réseau répétitif d'un même motif de base. Dans un multiplicateur comportant plusieurs de ces dynodes, la première demi-dynode joue le rôle d'électrode extractrice des électrons issus de la dynode précédente, tandis que la deuxième demi-dynode est l'électrode émettrice d'électrons. A cet effet, il est donné aux trous de la demi-dynode émettrice une forme largement évasée de façon que les parois des trous, recouvertes d'un matériau à émission secondaire, constituent les zones utiles de multiplication électronique. Les électrons secondaires ainsi créés, attirés par l'électrode extractrice suivante, franchissent la demi-dynode émettrice à travers le trou qui leur a donné naissance. Les avantages qu'un multiplicateur "à feuilles" apporte aux tubes photomultiplicateurs sont nombreux. Ils offrent en effet sous un encombrement réduit, une grande surface de collection, ce qui les rend particulièrement avantageux lorsque les électrons incidents se présentent sous la forme d'un faisceau large, comme c'est le cas en focalisation de proximité ou en association avec une première dynode focalisée de grande dimension. D'autre part, la possibilité de cloisonner le multiplicateur permet de réaliser, dans un même tube, un certain nombre de tubes photomultiplicateurs secondaires, avec les avantages que cela procure en physique nucléaire, par exemple, quant à la localisation précise des particules détectées.

Toutefois, les dynodes multiplicatrices d'électrons connues de l'état de la technique présentent l'inconvénient que les trous évasés nécessaires à la multiplication des électrons sont relativement coûteux à réaliser puisqu'ils exigent attaque chimique et utilisation de masques. De plus, il faut signaler que, dans le but d'augmenter la surface multiplicatrice, l'ouverture de sortie des trous est relativement petite ce qui rend plus délicat le positionnement correct des feuilles métalliques les unes par rapport aux autres au sein d'un même multiplicateur d'électrons.

Aussi, le problème technique à résoudre par l'objet de la présente invention est de réaliser une dynode multiplicatrice d'électrons, comportant une première demi-dynode, dite demi-dynode extractrice, et une deuxième demi-dynode, dite demi-dynode émettrice, les demi-dynodes étant parallèles, portées à un même potentiel électrique, et ayant la forme de feuilles percées de trous disposés en un réseau d'un même motif de base, la deuxième demi-dynode ayant une surface de multiplication électronique sur laquelle se produit la multiplication d'électrons, dynode multiplicatrice qui serait bon marché à fabriquer, et dont le montage serait facilité par un tolérancement moins sévère sans nuire pour autant à l'efficacité de collection.

La solution au problème technique posé consiste, selon la présente invention, en ce que, lesdits trous sont des trous à bord droit, et en ce que la surface de la feuille de la deuxième demi-dynode constitue ladite surface de multiplication électronique.

Ainsi, les trous étant à bord droit, car destinés uniquement au passage des électrons, leur réalisation est beaucoup plus facile et moins coûteuse, et peut être conduite à l'aide de moyens mécaniques conventionnels. D'autre part, la surface de multiplication électronique étant sensiblement plus grande que dans le cas des dynodes de l'état de la technique, on peut envisager d'augmenter le diamètre des trous sans beaucoup affecter le pouvoir de collection des demi-dynodes émettrices, ce qui a pour effet de rendre moins critique l'assemblage des dynodes dans un multiplicateur d'électrons. En ce sens, un multiplicateur d'électrons comportant, dans l'ordre, une première demi-dynode frontale et une pluralité de dynodes multiplicatrices d'électrons portées à des potentiels électriques croissants, selon l'invention, est remarquable en ce que lesdites dynodes et la demi-dynode frontale ont une structure conforme à la dynode définie précédemment, et sont positionnées de sorte que chaque demi-dynode extractrice est située en coïncidence avec la demi-dynode émettrice précédente. En conséquence, les demi-dynodes extractrices peuvent jouer leur rôle d'extraction des électrons secondaires produits par les demi-dynodes émettrices précédentes, sans créer d'obstacle au passage de ces électrons vers les demi-dynodes émettrices suivantes, dans la mesure où les trous des demi-dynodes extractrices coïncident avec les trous des demi-dynodes émettrices précédentes.

Enfin, un tube photomultiplicateur comportant une photocathode, une première dynode, un multiplicateur d'électrons couplé à la première dynode, et une anode, est remarquable en ce qu'il comporte un multiplicateur d'électrons selon l'invention et en ce que, entre ladite première dynode et le multiplicateur, est intercalée une grille d'entrée, parallèle à la demi-dynode émettrice, frontale et dont le potentiel électri-

que est égal au potentiel électrique de cette demi-dynode frontale.

Comme on le verra plus loin en détail, la grille d'entrée sert d'électrode de blindage indispensable à la première demi-dynode émettrice pour que les électrons qui y sont issus puissent être extraits par la demi-dynode extractrice de la dynode suivante.

La description qui va suivre en regard des dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs, fera bien comprendre en quoi consiste l'invention et comment elle peut être réalisée.

La figure 1 est une vue en coupe d'une dynode multiplicatrice d'électrons selon l'invention.

La figure 2 est une vue de dessus de la dynode de la figure 1.

La figure 3 est une vue en coupe d'un multiplicateur d'électrons selon l'invention.

La figure 4 est une vue en coupe d'un tube photomultiplicateur selon l'invention.

La figure 1 montre, en coupe, une dynode D multiplicatrice d'électrons, constituée de deux demi-dynodes d, d′ parallèles et portées à un même potentiel électrique V. Ces demi-dynodes se présentent sous la forme de feuilles métalliques 10, 20, réalisées par exemple en acier doux, et percées de trous 11, 21 disposés en un réseau régulier répétitif d'un même motif 12, 22 de base. Dans le mode d'exécution montré à la figure 2, les motifs de base 12, 22 sont tous deux constitués par un triangle équilatéral, mais ils pourraient tout aussi bien être constitués par un carré, un rectangle, etc... Comme on peut le voir sur les figures 1 et 2, les trous 11, 21 sont des trous à bord droit, de réalisation très simple. Typiquement, lesdits trous 11, 21 peuvent avoir un diamètre de 0,5 mm, tandis que la distance entre deux trous consécutifs est de l'ordre de 1 mm. D'autre part, la deuxième demi-dynode d′, dite demi-dynode émettrice est recouverte d'un matériau 25 à émission secondaire, comme de l'antimoine ou de l'oxyde de béryllium, la multiplication des électrons incidents 30 se produisant sur la surface 23 de ladite feuille métallique 20 correspondante, la deuxième dynode d′ peut également être réalisée dans un matériau donnant lieu à émission secondaire comme un alliage de cuivre-béryllium ayant subi le traitement classique : chauffage-migration du béryllium et oxydation. Enfin, les figures 1 et 2 montrent que la demi-dynode émettrice d′ et la première demi-dynode d, dite demi-dynode extractrice, sont décalées entre elles de sorte que chaque trou 11, 21 de l'une d, d′ des demi-dynodes se trouve en regard du centre 24, 14 d'un motif 22, 12 de base de l'autre d′, d demi-dynode. De cette manière, les électrons 30 qui traversent la demi-dynode extractrice d par un trou 11 rencontrent nécessairement la demi-dynode émettrice 20 en un endroit doué d'émission secondaire.

Le multiplicateur 50 d'électrons représenté à la figure 3 comporte, dans l'ordre, une première demi-dynode émettrice d'_2 ou demi-dynode frontale et une pluralité de dynodes $D_3...,D_i$, $D_{i+1},...,D_n$ multiplicatrices d'électrons, du type de celles décrites précédemment en référence aux figures 1 et 2. Ainsi que le montre la figure 3, chaque demi-dynode extractrice d_{i+1} est située en position de coïncidence avec la demi-dynode émettrice d'_i précédente. De plus, de façon à ce que les électrons puissent progresser de la première demi-dynode émettrice d'_2 à la dernière demi-dynode émettrice d'_n, la première demi-dynode émettrice d'_2 et les dynodes $D_3,...,D_i$, $D_{i+1},...,D_n$ multiplicatrices successives sont portées à des potentiels électriques V_2, $V_3,...,V_i,V_{i+1},...,V_n$ croissants. La demi-dynode extractrice d_{i+1}, par exemple, a donc pour fonction d'attirer vers la demi-dynode émettrice d'_{i+1} les électrons issus de la demi-dynode émettrice d'_i, mais elle sert également à blinder électriquement la demi-dynode émettrice d'_{i+1} des dynodes précédentes. En l'absence de ce blindage, qui créée une zone de faible champ entre les demi-dynodes d_{i+1} et d'_{i+1}, il ne serait pas possible aux électrons émis par la demi-dynode émettrice d'_{i+1} d'être extraits par la demi-dynode extractrice d_{i+2} suivante. De façon à ce que l'effet de blindage soit suffisant, il y a intérêt à ce que la distance entre une demi-dynode extractrice et la demi-dynode émettrice d'une même dynode soit relativement grande, par exemple de 0,5 à 0,8.mm. La distance entre une demi-dynode émettrice et la demi-dynode extractrice suivante pouvant être plus petite, de l'ordre de quelques dixièmes de mm, typiquement 0,3 mm.

La figure 4 montre, en coupe, un tube photomultiplicateur 60 comportant une photocathode 61, une première dynode D_1 cylindrique de grande dimension, un multiplicateur 50 conforme à celui de la figure 3, et une anode A. A titre d'exemple, le multiplicateur 50 d'électrons est couplé à la première dynode D_1 à l'aide des moyens de couplage décrits dans la demande de brevet français, non publiée, n°88 07 778, mais, bien sûr, d'autres moyens de couplage connus de l'homme du métier peuvent être utilisés. Comme on peut le voir à la figure 4, est intercalée entre la première dynode D_1 et le multiplicateur 50, une grille G d'entrée, parallèle à la demi-dynode émettrice frontale d'_2, et dont le potentiel électrique est égal au potentiel électrique V_2 de cette demi-dynode émettrice d'_2. Ladite grille G d'entrée constitue donc avec la demi-dynode émettrice frontale une deuxième dynode D_2 équivalente aux dynodes d'ordre supérieur $D_3,...,D_n$. Le rôle essentiel de la grille G d'entrée est d'assurer, avec une bonne transparence, un blindage pour la demi-dynode émettrice d'_2. De façon usuelle, le potentiel électrique V_1 de la première dynode D_1 est inférieur au potentiel électrique V_2 de la dynode D_2 équivalente.

Revendications

1. Dynode (D) multiplicatrice d'électrons, comportant une première demi-dynode (d), dite demi-dynode extractrice, et une deuxième demi-dynode (d'), dite demi-dynode émettrice, les demi-dynodes (d, d') étant parallèles, portées à un même potentiel électrique (V), ayant la forme de feuilles (10, 20) percées de trous (11, 21) disposés en un réseau d'un même motif (12, 22) de base, motif qui sur l'une des demi-dynodes, est décalé par rapport au motif de l'autre demi-dynode, de telle sorte que chaque trou (11, 21) de l'une (d, d') des demi-dynodes se trouve en regard du centre (24, 14) d'un motif (22, 12) de base de l'autre (d', d) demi-dynode, et la deuxième demi-dynode (d') ayant une surface de multiplication électronique sur laquelle se produit la multiplication d'électrons, caractérisée en ce que lesdits trous (11, 21) sont des trous à bords droits et en ce que la surface de la feuille (20) de la deuxième demi-dynode constitue ladite surface de multiplication électronique.

2. Multiplicateur (50) d'électrons comportant, dans l'ordre, une demi-dynode émettrice frontale (d'_2), puis une pluralité de dynodes (D_3,...,D_i,D_{i+1},...,D_n) multiplicatrices d'électrons, portées à des potentiels électriques (V_2, V_3,..., V_i, V_{i+1}, V_n) croissants, caractérisé en ce que lesdites dynodes et la demi-dynode frontale (d'_2) ont une structure conforme à la revendication 1 et sont positionnées de sorte que chaque demi-dynode extractrice (d_{i+1}) est située en coïncidence avec la demi-dynode émettrice (d'_i) précédente.

3. Tube photomultiplicateur (60) comportant une photocathode (61), une première dynode (D_1), un multiplicateur (50) d'électrons et une anode (A), caractérisé en ce que le multiplicateur d'électrons (50), couplé à la première dynode (D_1) est conforme à la revendication 2, et en ce que, entre ladite première dynode (D_1) et le multiplicateur (50), est intercalée une grille (G) d'entrée, parallèle à la demi-dynode émettrice frontale (d'_2), et de même potentiel électrique (V_2) que le potentiel de cette demi-dynode frontale.

Claims

1. An electron multiplier dynode (D) comprising a first half-dynode (d), called extracting half-dynode, and a second half-dynode (d'), called emitting half-dynode, the half-dynodes (d, d') being parallel disposed, and an equal potential (V) being applied to both half-dynodes which are in the form of sheets (10, 20) in which apertures (11, 21) are formed according to a pattern having one and the same basic configuration (12, 22), with the configuration of one of the half-dynodes being staggered with respect to the configuration of the other half-dynode in such a manner that each aperture (11, 21) of one (d, d') of the half-dynodes is located opposite the centre (24, 14) of a basic configuration (22, 12) of the other (d', d) half-dynode, the second half-dynode (d') having an electron multiplication surface for electron multiplication, characterized in that the said apertures (11, 21) have straight edges and in that the surface of the sheet (20) of the second half-dynode constitutes the said electron multiplication surface.

2. An electron multiplier (50) comprising, in succession, an emitting, front half-dynode (d'_2) and a plurality of electron multiplier dynodes (D_3, .., D_i, D_{i+1}, ..., D_n) to which increasing potentials (V_2, V_3, ..., V_i, V_{i+1}, V_n), characterized in that such dynodes and the front half-dynode (d'_2) are structured as claimed in Claim 1 and are positioned so that each extracting half-dynode (d_{i+1}) coincides with the preceding emitting half-dynode (d'_i).

3. A photomultiplier tube (60) comprising a photocathode (61), a first dynode (D_1), an electron multiplier (50) and an anode (A), characterized in that the electron multiplier (50) as claimed in Claim 2, is coupled to the first dynode (D_1), and in that an input grid (G) is provided between the said first dynode (D_1) and the multiplier (50), which grid is disposed parallel to the emitting, front half-dynode (d'_2), and the potential applied to the grid is equal to the potential (V_2) applied to this front half-dynode.

Patentansprüche

1. Elektronenvervielfacherdynode (D) mit einer ersten Halbdynode (d), mit der Bezeichnung Extraktions-Halbdynode, und mit einer zweiten Halbdynode (d'), mit der Bezeichnung Emissions-Halbdynode, wobei die Halbdynoden (d, d') parallel zueinander verlaufen, ein gleiches elektrisches Potential (V) führen und die Form durchlochter Blätter (10, 20) mit Löchern (11, 21) in einem Lochnetz mit gleichem Grundmotiv (12, 22) haben, das auf einer der Halbdynoden gegen das Motiv der anderen Halbdynode derart versetzt ist, daß jedes Loch (11, 21) einer der Halbdynoden (d, d') in bezug auf die Mitte (24, 14) ein Grundmuster (22, 12) der anderen Halbdynode (d', d) hat, und die zweite Halbdynode (d') eine Elektronenvervielfachungsfläche enthält, auf der die Elektronenvervielfachung erfolgt, dadurch

gekennzeichnet, daß die Löcher (11, 21) Löcher mit geraden Rändern sind, und daß die Blattoberfläche (20) der zweiten Halbdynode die Elektronenvervielfachungsoberfläche bildet.

2. Elektronenvervielfacher (50) der Reihe nach mit einer ersten vorderen Emitter-Halbdynode (d'_2), und einer Anzahl von Elektronenvervielfacherdynoden ($D_3...D_i$, $D_{i+1}...D_n$), die ansteigende elektrische Potentiale (V_2, $V_3...V_i$, V_{i+1}, V_n) fuhren, dadurch gekennzeichnet, daß die Dynoden und die vordere Halbdynode (d'_2) eine Struktur nach Anspruch 1 haben und derart angeordnet sind, daß jede Extraktor-Halbdynode (d_{i+1}) mit der vorangehenden Emitter-Halbdynode (d'_i) zusammenfällt.

3. Photovervielfacher (60) mit einer Photokathode (61), einer ersten Dynode (D_1), einem Elektronenvervielfacher (50) und einer Anode (A), dadurch gekennzeichnet, daß der mit der ersten Dynode (D_1) gekoppelte Elektronenvervielfacher (50) dem Anspruch 2 entspricht, und daß zwischen der ersten Dynode (D_1) und dem Vervielfacher (50) ein Eintritssgitter (G) parallel zur vorderen Emitter-Halbdynode (d'_2) und mit demselben elektrischen Potential (V_2) wie dem Potential dieser vorderen Halbdynode angeordnet ist.

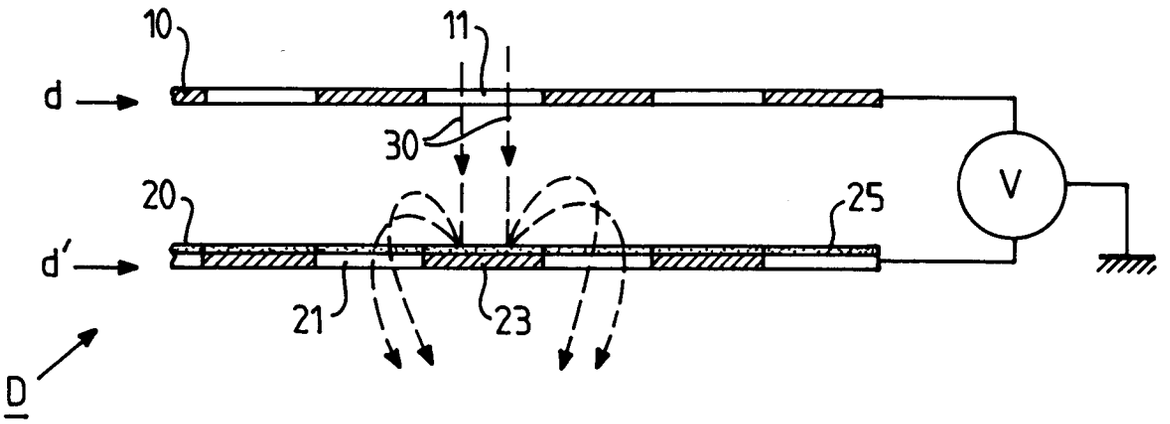


FIG. 1

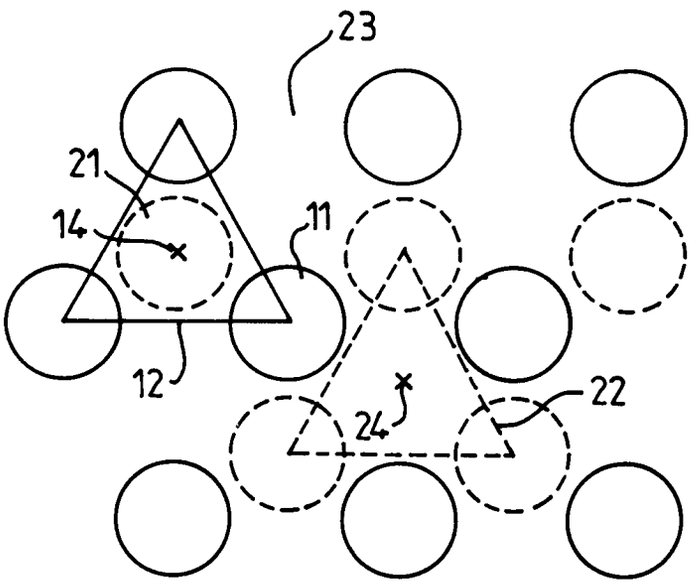


FIG. 2

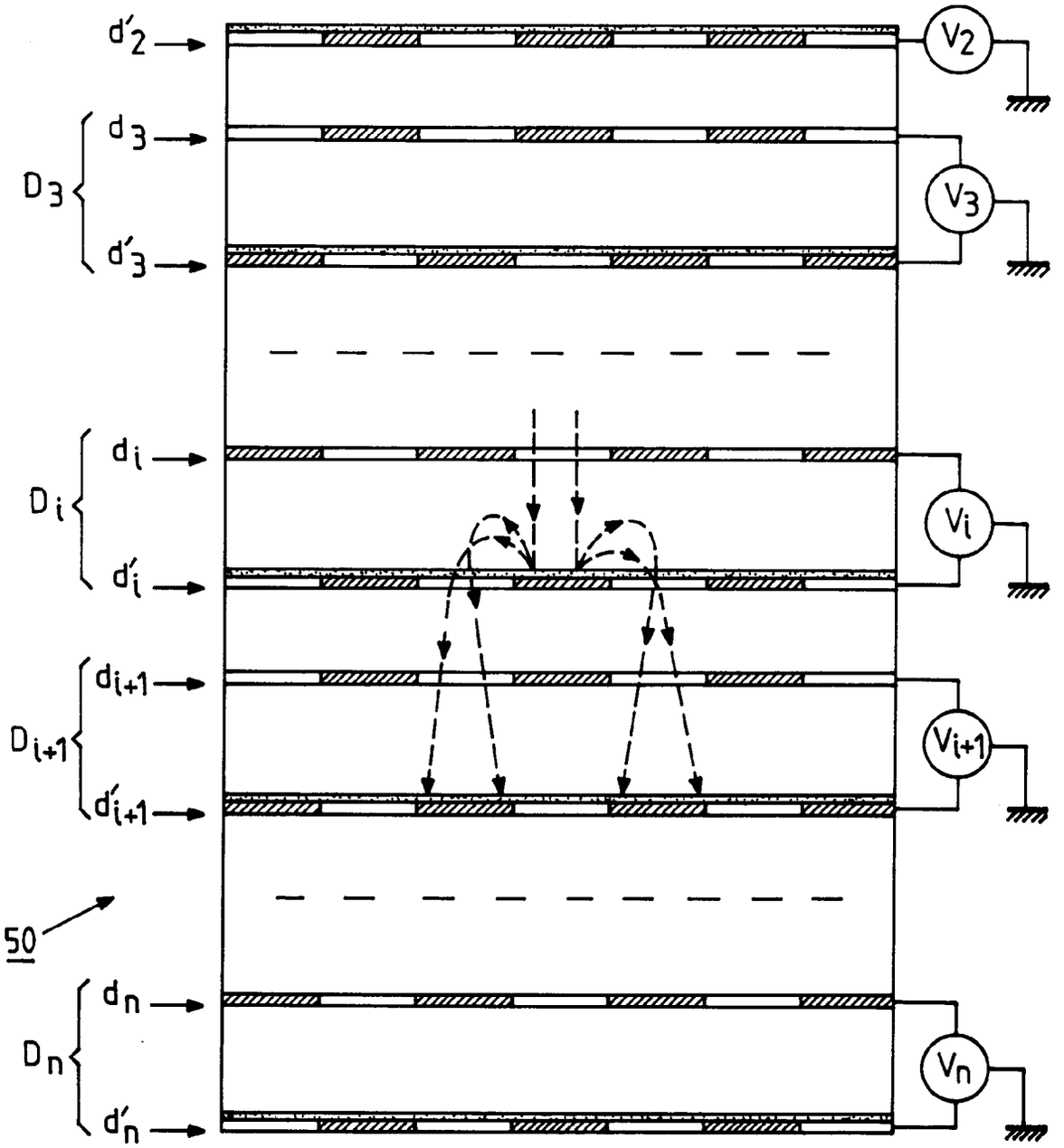


FIG. 3

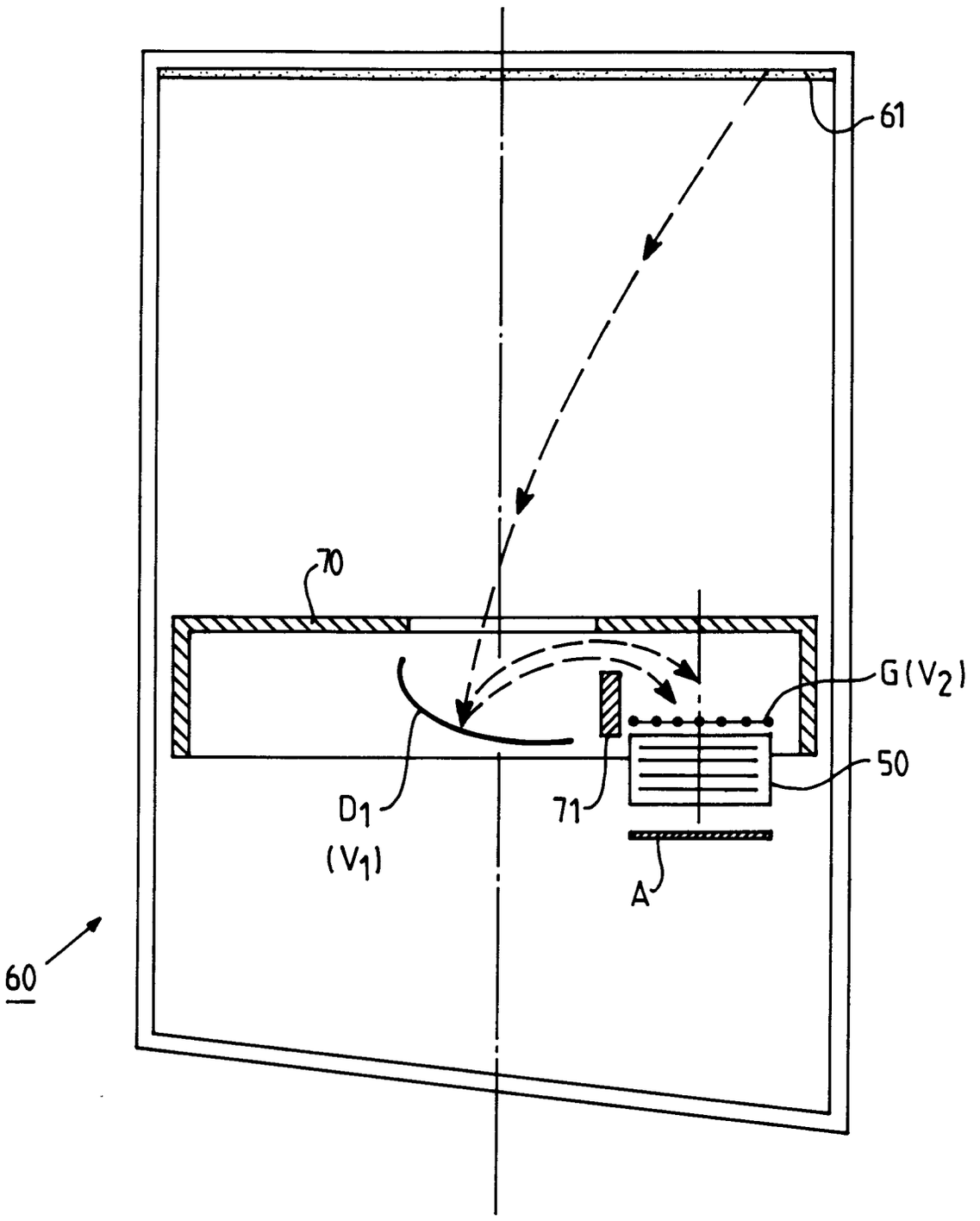


FIG. 4