



⑫ **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet :
12.10.94 Bulletin 94/41

⑤① Int. Cl.⁵ : **H01J 47/02, H01J 47/06,**
H01J 47/12

②① Numéro de dépôt : **89912456.4**

②② Date de dépôt : **24.10.89**

⑧⑥ Numéro de dépôt international :
PCT/FR89/00553

⑧⑦ Numéro de publication internationale :
WO 90/04851 03.05.90 Gazette 90/10

⑤④ **PROCEDE ET DISPOSITIF DE LOCALISATION BIDIMENSIONNELLE ET PARTICULES NEUTRES,**
NOTAMMENT POUR FAIBLES TAUX DE COMPTAGE.

③⑩ Priorité : **28.10.88 FR 8814186**
28.10.88 FR 8814187

④③ Date de publication de la demande :
21.08.91 Bulletin 91/34

④⑤ Mention de la délivrance du brevet :
12.10.94 Bulletin 94/41

⑧④ Etats contractants désignés :
AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE

⑤⑥ Documents cités :
EP-A- 0 000 271
EP-A- 0 228 933
NUCLEAR INSTRUMENTS AND METHODS,
VOL. 156, NO. 1, OCTOBER 1978, NORTH-
HOLLAND PUBLISHING CO., (AMSTERDAM,
NL), J.E. BATEMAN ET AL. : "A HYBRID
MWPC GAMMA RAY DETECTING SYSTEM
FOR MEDICINE", PAGES 27-31.
IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR
SCIENCE, VOL. NS-34, NO. 1, FEBRUARY
1987, IEEE, (NEW YORK, US), I. DORION ET
AL. : "A NOVEL UNIDIMENSIONAL POSITION
SENSITIVE MULTIWIRED DETECTOR", PAGES
442-448.

⑤⑥ Documents cités :
NUCLEAR INSTRUMENTS AND METHODS,
VOL. 167, NO. 2, DECEMBER 1979, NORTH-
HOLLAND PUBLISHING CO., (AMSTERDAM,
NL), M. ANDERSEN ET AL. : "A VERSATILE
HELIUM-FILLED DETECTOR USING THIN
FOILS FOR CONVERTING LOW ENERGY
GAMMA RAYS TO ELECTRONS", PAGES
351-354.

⑦③ Titulaire : **SCHLUMBERGER INDUSTRIES**
50, avenue Jean-Jaurès
B.P. 620-05
F-92542 Montrouge Cédex (FR)

⑦② Inventeur : **MAITREJEAN, Serge**
6, rue Jean-Dolent
F-75014 Paris (FR)
Inventeur : **RUSCEV, Mario**
6, avenue de la République
F-92130 Issy-les-Moulineaux (FR)
Inventeur : **DORION, Irène**
19, rue des Lombards
F-75004 Paris (FR)

⑦④ Mandataire : **Bentz, Jean-Paul**
SCHLUMBERGER INDUSTRIES
Propriété Intellectuelle
Groupe Electricité
B.P. 620-02
F-92542 Montrouge Cédex (FR)

EP 0 441 853 B1

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).

Description

La présente invention concerne notamment un dispositif pour la détection et la localisation de particules dans un flux de particules neutres émises par une source, comprenant:

- un convertisseur solide sensiblement plan, propre, sous l'impact de ces particules neutres, à produire des charges électriques, ce convertisseur comprenant des éléments de conversion électriquement autonomes les uns par rapport aux autres;
- des fils anodiques, destinés à être portés à un potentiel électrique différent de celui du convertisseur pour faire apparaître un champ électrique, et à produire une amplification des charges par ionisation d'un gaz environnant, stimulée par ce champ électrique;
- des moyens de collectage de charges, comprenant des éléments conducteurs électriquement autonomes les uns par rapport aux autres, dont certains au moins constituent des éléments de conversion; et,
- une enceinte perméable aux particules neutres, renfermant le convertisseur, les fils anodiques, les moyens de collectage des charges, et le gaz.

La présente invention concerne en outre un procédé pour détecter et localiser des particules dans un flux de particules neutres émises par une source dans un tel dispositif.

Un dispositif de ce type est décrit dans la demande de brevet européen publiée sous le numéro Ep-A-0 000 271.

Bien que ce dispositif antérieur permette la réalisation directe d'images bidimensionnelles, sa conception repose sur la recherche d'une optimisation de l'efficacité dans certaines applications particulières au détriment d'une optimisation de la résolution.

Un autre exemple de dispositif de l'art antérieur figure dans le document publié dans la revue Nuclear Instruments and Methods, Volume 156, n°1, Octobre 1978 et intitulé "A hybrid MWPC gamma ray detecting system for applications in nuclear medicine", pages 27-31, de J.E. Bateman et al. Ce document décrit un empilement de compteurs proportionnels multifils dans lequel les cathodes sont constituées de feuilles métalliques convertissant les rayons gammas incidents en électrons et les anodes sont constituées de nappes de fils parallèles entre eux. Des rainures parallèles entre elles sont formées à la surface des cathodes, ces rainures étant alternativement perpendiculaires à la direction des fils anodiques.

Le but de la présente invention est au contraire de permettre la réalisation d'images de résolution supérieure et de permettre, à titre secondaire, l'obtention d'un haut contraste, même dans des conditions

a priori défavorables d'irradiation de l'objet à examiner, et plus particulièrement en cas de taux de conversion médiocres et/ou en présence de flux de particules incidentes de faible intensité.

A cette fin, le dispositif de l'invention, est essentiellement caractérisé en ce que lesdits éléments de conversion propres à assurer également le collectage de charges sont constitués de cellules réparties suivant une matrice bidimensionnelle plane disposée au delà des fils anodiques par rapport à la source.

Grâce à cette disposition, les images obtenues par le dispositif de l'invention ont une résolution supérieure à celle des images obtenues par le dispositif antérieur décrit dans le brevet EP-A-0 000 271, dont la matrice bidimensionnelle est formée par deux plans parallèles d'éléments linéaires également parallèles les uns aux autres, les éléments de deux plans différents étant cependant croisés.

En effet cette disposition antérieure, en raison de l'espacement des deux plans qui forment ensemble la matrice bidimensionnelle, et de l'erreur de parallaxe qui en résulte, introduit pour tout rayonnement non perpendiculaire à la matrice des déformations différentes des images partielles récupérées sur les deux plans, dont résulte une altération sensible de la résolution.

Selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, le convertisseur comprend une plaque isolante dont une face porte lesdites cellules, cette plaque comportant, pour chaque cellule, une traversée mettant cette cellule en contact électrique avec un conducteur aboutissant sur l'autre face de cette plaque.

Selon une disposition en soit connue, il est préférable pour l'invention que les fils anodiques soient disposés dans au moins un plan sensiblement parallèle à celui du convertisseur, et soient sensiblement parallèles les uns aux autres.

Compte tenu de la disposition adoptée dans l'invention, il est préférable, pour obtenir une bonne efficacité, que les cellules comprennent un matériau de conversion choisi dans le groupe comprenant le gadolinium, le bore, et le lithium, dans le cas où les particules neutres utilisées sont des neutrons et que les cellules comprennent un matériau de conversion choisi dans le groupe comprenant le fer, et l'argent dans le cas où les particules neutres utilisées sont des rayons X, en particulier des X mous.

Dans les cas où, quel qu'en soit la cause, le taux de comptage des particules est faible, il est avantageux que le gaz contienne une substance d'extinction présente dans une proportion d'au moins 25 pourcent et que le rapport de la distance "S" entre deux fils anodiques voisins, à la distance "G" entre ces fils et le convertisseur, soit au moins égal à 1.

Ces caractéristiques autorisent le dispositif à fonctionner selon un mode connu de l'homme de l'art sous la dénomination anglo-saxonne de "self-

quenching streamer mode", caractérisé par l'apparition d'avalanches électroniques s'empilant jusqu'à une taille critique du nuage de charges, pour laquelle elles s'étouffent.

Les avantages particuliers, que ce mode de fonctionnement par ailleurs connu développe dans l'application spécifique qu'en fait l'invention, seront mieux compris dans la description détaillée de celle-ci.

De préférence, l'un au moins des éléments de collectage de charges est relié à un potentiel électrique de référence par l'intermédiaire d'une capacité propre à accumuler les charges collectées par cet élément.

Une telle intégration des charges contribue à compenser les effets négatifs associés aux flux de particules à faible taux de comptage.

De préférence, le dispositif comprend aussi une source de tension propre à créer entre la cathode et les fils anodiques une tension électrique au moins égale à 2000 volts, et les fils anodiques ont un diamètre minimum supérieur à 20 microns.

L'invention concerne aussi un procédé pour détecter et localiser des particules dans un flux de particules neutres émises par une source dans un tel dispositif, comprenant les opérations consistant à:

- recevoir ces particules sur un convertisseur solide sensiblement plan, et produire ainsi des charges électriques à partir de ces particules neutres;
- amplifier ces charges par ionisation stimulée d'un gaz environnant; et
- collecter, sur le convertisseur, en différents emplacements espacés les uns des autres, les charges présentes dans au moins un plan sensiblement parallèle au convertisseur; ce procédé étant principalement caractérisé en ce que lesdits emplacements constituent une matrice bidimensionnelle plane.

Dans le cas de faibles taux de comptage, l'opération d'amplification de charges comprend de préférence l'application d'un champ électrique de valeur suffisante pour permettre l'apparition d'avalanches électroniques à taille auto-régulée.

Le procédé peut avantageusement comprendre une autre opération, consistant à accumuler pendant un certain temps les charges électriques collectées.

De préférence, la conversion des particules neutres en charges électriques est assurée avec un taux de conversion tel que le nombre de particules détectées est inférieur à 10^5 particules par seconde et par centimètre carré de surface du convertisseur.

Ce procédé est particulièrement adapté, pour des raisons qui seront détaillées dans la suite de la description, à l'utilisation de neutrons thermiques en tant que particules neutres.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront clairement de la description qui en est faite ci-après, à titre indicatif et nullement limi-

tatif, en référence aux dessins annexés, parmi lesquels:

- la figure 1 est une vue schématique représentant, en perspective, la mise en oeuvre d'un dispositif conforme à l'invention;
- la figure 2 est une vue schématique éclatée d'un dispositif conforme à l'invention; et
- la figure 3 est une vue en coupe d'un dispositif de détection utilisable dans le système de la figure 1, faite suivant le plan III-III de la figure 2;

La figure 1 représente en 1 une source de particules neutres, par exemple une source de rayons X mous, mais plus typiquement une source de neutrons thermiques dans les applications principales de l'invention.

Une partie au moins du flux de particules émis par cette source traverse un objet à examiner 2 et parvient au dispositif 3 sur lequel porte plus particulièrement la présente invention.

Comme le montre plus en détail la figure 2, ce dispositif 3 comprend tout d'abord une enceinte, destinée à renfermer un gaz et formée d'une embase 4a et d'un couvercle 4b rendus solidaires l'un de l'autre de façon étanche vis-à-vis de l'atmosphère, le couvercle 4b étant en revanche perméable aux particules neutres émises par la source 1, aux neutrons par exemple.

Le gaz contenu dans l'enceinte est un mélange gazeux autorisant l'apparition d'un mode de fonctionnement "streamer", autrement dit l'apparition d'avalanches d'électrons dont la taille est auto-régulée par étouffement spontané.

A cette fin, ce gaz comprend une substance d'extinction (quencher) efficace, constituée de molécules carbonées et polyatomiques comportant de nombreux modes de relaxation, tel que l'isobutane ou le néopentane, en proportion d'au moins 25 pourcent.

Par exemple, ce gaz peut être un mélange de 50 pourcent de gaz carbonique et de 50 pourcent d'isobutane, soumis à une pression de l'ordre de un à cinq bars.

A l'intérieur de l'enceinte, et parallèlement à l'embase 4a sont disposés:

- un convertisseur solide sensiblement plan 5, propre, sous l'impact de ces particules neutres, à produire des charges électriques;
- un réseau plan 6 de fils conducteurs tels que 6a, 6b, disposé parallèlement au convertisseur et à distance de celui-ci;
- et, de préférence, une grille plane de fils conducteurs 7, elle-même disposée à distance du réseau 6.

Le convertisseur 5 et la grille plane sont reliés à un potentiel électrique de référence, et sont par exemple portés à des potentiels voisins du potentiel de la terre régnant à l'extérieur de l'enceinte, l'un et l'autre jouant le rôle de cathodes.

Les fils du réseau plan 6 sont en revanche reliés

à une source externe de potentiel électrique qui délivre un potentiel positif + V par rapport aux potentiels moyens du convertisseur 5 et de la grille 7, par exemple de l'ordre de 2000 à 7000 volts.

Le convertisseur 5 comprend une plaque isolante 8, mieux visible sur la figure 3, et une matrice bidimensionnelle de cellules, telles que 9a, 9b, 9c, disposées sur une face de la plaque 8.

Chacune des cellules, telles que 9a, est destinée à fournir un signal représentant un point d'une image bidimensionnelle de l'objet 2.

Chacune des cellules fonctionne donc indépendamment de ses voisines, et l'image obtenue est constituée d'une matrice de points dont chacun correspond à l'une de ces cellules.

L'intensité lumineuse associée à un point de l'image dépend de la quantité de particules reçues par la cellule correspondante, cette quantité étant elle-même dépendante de l'épaisseur et de la nature du matériau dont est fait l'objet dans l'angle solide délimité par la source d'une part et par la cellule en question d'autre part.

Le fonctionnement du dispositif est illustré sur la figure 3.

Le trajet ondulé T1 représente celui d'une particule neutre, un neutron par exemple, qui, après avoir été émise par la source 1 et traversé l'objet 2, le couvercle 4b du détecteur, la grille 7 et le plan de fils 6, atteint une cellule 9c du convertisseur 5.

Frappée par cette particule neutre, la cellule 9c, constituée d'un matériau adéquat, émet de façon statistiquement observable et reproductible un électron rapide dont la trajectoire est représentée en T2.

En traversant l'enceinte, cet électron rapide provoque l'ionisation du gaz sur son parcours, et les électrons ainsi produits dérivent vers le fil le plus proche, par exemple 6c, du réseau 6 sous l'effet du champ électrique résultant de la différence entre les potentiels du convertisseur 5 et du plan de fils 6. Ce mouvement est repéré par les flèches telles que T3 sur la figure 3.

Parvenus à quelques diamètres du fil 6c, ces électrons sont très violemment accélérés par le champ électrique, dont la valeur augmente considérablement au voisinage immédiat du fil.

Ils acquièrent alors suffisamment d'énergie pour ioniser le gaz à leur tour, provoquant ainsi une amplification électronique.

Selon une caractéristique de l'invention, cette amplification correspond à un mode de fonctionnement dans lequel apparaissent des avalanches d'électrons dont la taille est auto-régulée.

Ce phénomène, dont résulte une augmentation considérable de la charge électrique, représentée par le nombre final d'électrons produit par chaque électron rapide, se poursuit jusqu'à étouffement spontané des avalanches.

Les ions positifs correspondants, représentant

un nombre de charges égal à celui des charges de l'ensemble des électrons créés, s'écartent du fil 6c dont ils sont repoussés en raison de leur charge, et dérivent vers les cathodes les plus proches, constituées par la grille 7 d'une part et par le convertisseur 5 d'autre part.

Les ions positifs créés du côté de la grille sont recueillis par cette dernière tandis que ceux créés du côté du convertisseur 5 sont recueillis par une cellule de celui-ci, la cellule 9c en l'occurrence. Leur mouvement est repéré sur la figure 3 par les flèches en pointillé T4.

Comme le montre la figure 3, le convertisseur 5 présente une structure en couches supportée par une plaque isolante 8, cette dernière étant par exemple constituée par une carte de circuit imprimé en résine époxy, d'une épaisseur de 3.2 millimètres.

La surface supérieure de cette plaque est recouverte d'une couche de cuivre 10, de quelques microns d'épaisseur.

Sur la couche de cuivre 10 est déposée une couche de colle conductrice 11, grâce à laquelle l'ensemble peut être recouvert d'une couche d'un matériau de conversion 12, par exemple une feuille de gadolinium, d'une épaisseur d'un dixième de micron, préalablement dorée pour en éviter l'oxydation.

Cet empilage de couches 10, 11, et 12, déposé sur la plus grande partie au moins de la surface de la plaque 8, est ensuite découpé, par des traits de fraise scie tels que 13 attaquant la face supérieure de cette plaque, en éléments électriquement isolés les uns des autres, qui constituent les cellules 9a, 9b, 9c, etc.

De plus, la plaque isolante 8 comporte, pour chaque cellule telle que 9c, une traversée telle que 14c mettant cette cellule en contact électrique avec un conducteur tel que 15c aboutissant sur l'autre face de la plaque 8.

De préférence, chaque fil tel que 6c est tendu exactement au-dessus d'une rangée de cellules telles que 9c, celles-ci ayant avantageusement une forme rectangulaire ou carrée.

A titre d'exemple, la grille cathodique 7 peut être constituée de fils d'acier inoxydable d'un diamètre de 50 microns chacun, s'entrecroisant à angle droit, suivant un pas de 500 microns, le rôle de cette grille étant de permettre une symétrisation du champ électrique sur les fils tels que 6c.

Le plan de fils 6 est réalisé sous la forme d'un tissage sur un cadre isolant de fils de tungstène dorés d'un diamètre minimum d'au moins 20 microns, et de préférence de 50 à 100 microns chacun, disposés parallèlement les uns aux autres suivant un pas S de 2.54 millimètres par exemple. L'ensemble des fils est relié à une source de potentiel électrique extérieur à l'enceinte 3, délivrant une tension de 5000 volts par exemple.

La distance G entre le plan de fils 6 et le convertisseur 5 d'une part et la distance entre le plan de fils

6 et la grille 7 d'autre part sont de préférence égales et de l'ordre de 3 à 5 millimètres.

Les cellules telles que 9c ont par exemple la forme de carrés de 2 millimètres de côté, réalisés au même pas que les fils, 2.54 millimètres en l'occurrence.

Le matériau de conversion 12 utilisé dans les cellules telles que 9c est avantageusement constitué de gadolinium dans le cas où les particules neutres émises par la source 1 sont des neutrons thermiques, et de fer ou d'argent dans le cas où ces particules sont des rayons X, en particulier des X mous.

Les conducteurs tels que 15c sont d'une part reliés au potentiel de terre par l'intermédiaire de capacités respectives telles que 16c, d'autre part reliés, chacun au moins pendant un intervalle de temps donné, à un dispositif électronique 17, de type connu en soi, dont la fonction est de convertir le signal présent sur chacun de ces conducteurs en un point d'une image vidéo et/ou en une information susceptible d'être stockée dans une mémoire optique, électronique, ou autre.

Dans les conditions exposées, les fils tels que 6c jouent le rôle de moyens d'amplification et de collecte de charges négatives, tandis que le convertisseur et ses cellules jouent à la fois le rôle de moyens de conversion, de cathode, et de moyens de collecte de charges positives.

En fait, dans la mesure où le signal utile, pour chaque point de l'image de l'objet, est constitué par le signal électrique présent sur les conducteurs tels que 15c, les cellules telles que 9c constituent plus précisément les éléments utiles des moyens de collecte de charges.

L'invention développe tous ses avantages lorsque le nombre de particules neutres détectées est inférieur à 10^5 particules par seconde et par centimètre carré de surface du convertisseur, et elle revêt un intérêt particulier lorsque les particules détectées sont des neutrons thermiques.

Comme mentionné plus haut, l'opération d'amplification de charges comprend l'application d'un champ électrique de valeur suffisante pour permettre l'apparition d'avalanches d'électrons à taille auto-régulée (streamer mode), et il est avantageux, à cette fin, que le rapport de la distance S (figure 3) entre deux fils anodiques voisins 6b, 6c, à la distance G entre ces fils et la cathode 12, soit au moins égal à 1.

L'intérêt du mode de fonctionnement "streamer" pour un détecteur appliqué à l'imagerie conformément à l'invention trouve son origine dans les deux raisons suivantes.

D'une part, ce mode permet la création, pour chaque électron rapide émis par le convertisseur, d'un nombre de charges extrêmement élevé, typiquement de l'ordre de 10^7 à 10^9 , de sorte qu'il est possible, même à partir d'un petit nombre de particules reçues par le convertisseur, ou d'un petit nombre de particu-

les converties par lui, d'obtenir une image d'un objet irradié tel que 2 (figure 1). Cette propriété est en outre exploitée au mieux selon le mode de réalisation de l'invention qui comprend une accumulation, pendant un certain temps, des charges électriques collectées, dans une capacité telle que 16c.

D'autre part et surtout, ce mode de fonctionnement permet de pallier un défaut intrinsèque que présentent les convertisseurs solides dans certaines conditions d'utilisation, notamment pour la détection de neutrons thermiques.

En effet, si le nombre d'électrons rapides créés à partir d'un nombre prédéterminé de neutrons incidents est constant, statistiquement au moins, en revanche les électrons rapides issus du convertisseur solide présentent une très grande dispersion énergétique.

Or, le nombre de charges de première ionisation directement créées par unité de distance par un électron rapide traversant le gaz est une fonction rapidement variable de l'énergie de cet électron rapide, de sorte que les éléments de collecte de charges, les cellules telles que 9c en l'occurrence, risquent de fournir des signaux respectifs représentatifs non plus du nombre de particules neutres que ces éléments ont reçues, mais de l'énergie des électrons rapides auxquels ces particules ont conduit par conversion.

Le mode "streamer", qui a la propriété d'amplifier les charges de façon fortement non linéaire, permet de rétablir ce défaut en donnant naissance, pour chaque électron rapide, à un nombre de charges collectées qui est sensiblement indépendant du nombre de charges de première ionisation directement créées par les électrons rapides. L'utilisation de ce mode de fonctionnement permet ainsi de ramener les fluctuations du signal utile à un niveau proche des fluctuations poissonniennes de la source.

Revendications

1. Dispositif pour la détection et la localisation de particules dans un flux de particules neutres émises par une source (1), comprenant:
 - un convertisseur solide sensiblement plan (5), propre, sous l'impact de ces particules neutres, à produire des charges électriques, ce convertisseur comprenant des éléments de conversion (9a, 9b, 9c) électriquement autonomes les uns par rapport aux autres;
 - des fils anodiques (6a, 6b), destinés à être portés à un potentiel électrique différent de celui du convertisseur pour faire apparaître un champ électrique, et à produire une amplification des charges par ionisation d'un gaz environnant, stimulée par ce champ électrique;

- des moyens de collectage de charges (9c, 15c), comprenant des éléments conducteurs électriquement autonomes les uns par rapport aux autres dont certains au moins constituent des éléments de conversion; et,
 - une enceinte (4a, 4b) perméable aux particules neutres, renfermant le convertisseur, les fils anodiques, les moyens de collectage de charges, et le gaz;
- caractérisé en ce que lesdits éléments de conversion propres à assurer également le collectage de charges sont constitués de cellules réparties suivant une matrice bidimensionnelle plane disposée au delà des fils anodiques par rapport à la source.
2. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le convertisseur comprend une plaque isolante (8) dont une face porte lesdites cellules, cette plaque comportant, pour chaque cellule, une traversée (14c) mettant cette cellule en contact électrique avec un conducteur (15c) aboutissant sur l'autre face de cette plaque.
 3. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que lesdits fils anodiques sont disposés dans un moins un plan (6) sensiblement parallèle à celui du convertisseur, et sont sensiblement parallèles les uns aux autres.
 4. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que lesdites cellules comprennent un matériau de conversion choisi dans le groupe comprenant le gadolinium, le bore, et le lithium.
 5. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que lesdites cellules comprennent un matériau de conversion choisi dans le groupe comprenant le fer et l'argent.
 6. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications précédentes, combinée à la revendication 3, caractérisé en ce que le gaz contient une substance d'extinction présente dans une proportion est au moins égale à 25 pourcent, et en ce que le rapport de la distance (S) entre deux fils anodiques voisins (6b, 6c), à la distance (G) entre ces fils et le convertisseur (5), est au moins égal à 1.
 7. Dispositif suivant la revendication 6, caractérisé en ce que l'un au moins desdits éléments de collectage de charges est relié à un potentiel électrique de référence par l'intermédiaire d'une capacité (16c) propre à accumuler les charges collectées par cet élément.
 8. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend une source de tension propre à créer entre la cathode et les fils anodiques une tension électrique au moins égale à 2000 volts.
 9. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les fils anodiques (6a, 6b, 6c) ont un diamètre minimum supérieur à 20 microns.
 10. Procédé pour détecter et localiser des particules dans un flux de particules neutres émises par une source (1), dans un dispositif suivant l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant les opérations consistant à :
 - recevoir ces particules sur un convertisseur solide sensiblement plan (5), et produire ainsi des charges électriques à partir de ces particules neutres;
 - amplifier ces charges par ionisation stimulée d'un gaz environnant; et
 - collecter, sur le convertisseur, en différents emplacements espacés les uns des autres, les charges présentes dans au moins un plan sensiblement parallèle au convertisseur;
 caractérisé en ce que lesdits emplacements constituent une matrice bidimensionnelle plane.
 11. Procédé suivant la revendication 10, caractérisé en ce que l'opération d'amplification des charges comprend l'application d'un champ électrique de valeur suffisante pour permettre l'apparition d'avalanches électroniques à taille auto-régulée.
 12. Procédé suivant la revendications 10 ou 11, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une opération consistant à accumuler pendant un certain temps les charges électriques collectées.
 13. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 10 à 12, caractérisé en ce que la conversion des particules en charges électriques est assurée avec un taux de conversion tel que le nombre de particules détectées est inférieur à 10^5 particules par seconde et par centimètre carré de surface du convertisseur.
 14. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 10 à 13, caractérisé en ce que les particules neutres comprennent essentiellement des neutrons thermiques.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erfassung und Lokalisierung von Teilchen in einem Strom neutraler Teilchen, die von einer Quelle (1) emittiert werden, enthaltend:

- einen im wesentlichen ebenen Feststoffwandler (5), der geeignet ist, beim Auftreffen dieser neutralen Teilchen elektrische Ladungen zu erzeugen, wobei dieser Wandler Umwandlungselemente (9a, 9b, 9c) enthält, die voneinander elektrisch unabhängig sind;
- Anodendrähte (6a, 6b), die dazu bestimmt sind, auf ein elektrisches Potential gebracht zu werden, das von demjenigen des Wandlers verschieden ist, damit ein elektrisches Feld erscheint, und eine durch das elektrische Feld stimulierte Verstärkung der Ladungen durch Ionisation eines umgebenden Gases zu verursachen;
- Mittel (9c, 15c) zum Auffangen der Ladungen, die leitende Elemente enthalten, die voneinander elektrisch unabhängig sind und von denen wenigstens einige Umwandlungselemente bilden; und
- ein Gehäuse (4a, 4b), das für die neutralen Teilchen durchlässig ist und den Wandler, die Anodendrähte, die Mittel zum Auffangen der Ladungen und das Gas umschließt;

dadurch gekennzeichnet, daß die Umwandlungselemente, die auch zum Auffangen von Ladungen geeignet sind, durch Zellen gebildet sind, die in einer ebenen zweidimensionalen Matrix verteilt sind, die bezüglich der Quelle jenseits der Anodendrähte angeordnet ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Wandler eine isolierende Platte (8) enthält, deren eine Seite die Zellen trägt, wobei diese Platte für jede Zelle eine Durchföhrung (14c) aufweist, die diese Zelle in elektrischen Kontakt mit einem Leiter (15c) bringt, der zur anderen Seite der Platte geführt ist.

3. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anodendrähte in wenigstens einer Ebene (6) angeordnet sind, die im wesentlichen parallel zu der Ebene des Wandlers liegt, und daß sie im wesentlichen parallel zueinander liegen.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Zellen ein Umwandlungsmaterial enthalten, das aus der Gruppe gewählt ist, die Gadolinium, Bor und Lithium umfaßt.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden An-

sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Zellen ein Umwandlungsmaterial enthalten, das aus der Gruppe gewählt ist, die Eisen und Silber umfaßt.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche in Verbindung mit dem Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Gas eine Löschsubstanz enthält, die in einem Anteil von wenigstens 25 % vorhanden ist, und daß das Verhältnis des Abstandes (S) zwischen zwei benachbarten Anodendrähten (6b, 6c) zu dem Abstand (G) zwischen diesen Drähten und dem Wandler (5) wenigstens gleich 1 ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eines der Elemente zum Auffangen von Ladungen mit einem elektrischen Bezugspotential über eine Kapazität (16c) verbunden ist, die geeignet ist, die von diesem Element aufgefangenen Ladungen zu sammeln.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Spannungsquelle enthält, die geeignet ist, zwischen der Kathode und den Anodendrähten eine elektrische Spannung von wenigstens 2000 Volt zu erzeugen.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der kleinste Durchmesser der Anodendrähte (6a, 6b, 6c) größer als 20 µm ist.

10. Verfahren zum Erfassen und Lokalisieren von Teilchen in einem Strom neutraler Teilchen, die von einer Quelle (1) emittiert werden, in einer Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das die Verfahrensschritte enthält, die darin bestehen, daß

- diese Teilchen auf einem im wesentlichen ebenen Feststoffwandler (5) empfangen werden und somit elektrische Ladungen aufgrund dieser neutralen Teilchen erzeugt werden;
 - diese Ladungen durch stimulierte Ionisation eines umgebenden Gases verstärkt werden; und
 - auf dem Wandler an verschiedenen, voneinander im Abstand liegenden Stellen die Ladungen aufgefangen werden, die in wenigstens einer im wesentlichen parallel zum Wandler liegenden Ebene vorhanden sind;
- dadurch gekennzeichnet, daß die Stellen eine ebene zweidimensionale Matrix bilden.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Verfahrensschritt der Verstärkung der Ladungen das Anlegen eines elektr-

schen Feldes umfaßt, dessen Wert ausreichend groß ist, um das Auftreten von Elektronenlawinen mit selbstgeregelter Größe zu ermöglichen.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß es ferner einen Verfahrensschritt enthält, der darin besteht, daß die aufgefundenen elektrischen Ladungen während einer bestimmten Zeit gesammelt werden.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Umwandlung der Teilchen in elektrische Ladungen mit einem solchen Umwandlungsgrad erfolgt, daß die Anzahl von erfaßten Teilchen kleiner als 10^5 Teilchen pro Sekunde und pro Quadratzentimeter der Oberfläche des Wandlers ist.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die neutralen Teilchen im wesentlichen thermische Neutronen enthalten.

Claims

1. A device for detecting and locating particles in a flux of neutral particles emitted by a source (1), the device comprising:
 - a substantially plane solid converter (5) suitable for producing electrical charges under the impact of said neutral charges, the converter comprising conversion elements (9a, 9b, 9c) which are electrically independent from one another;
 - anode wires (6a, 6b) for raising to an electric potential different from that of the converter to cause an electric field to appear, and for amplifying charges by ionizing a surrounding gas under stimulation from said electric field;
 - charge collecting means (9c, 15c) comprising conductor elements that are electrically independent from one another, with at least some of them constituting conversion elements; and
 - an enclosure (4a, 4b) permeable to the neutral particles and containing the converter, the anode wires, the charge collecting means, and the gas;
 - the device being characterized in that said conversion elements also suitable for collecting charge are constituted by cells distributed over a plane two-dimensional matrix disposed on the opposite side of the anode wires to the source.
2. A device according to claim 1, characterized in that the converter comprises an insulating plate (8) having one face carrying said cells, said plate including, for each cell, a through hole (14c) put-

ting said cell into electrical contact with a conductor (15c) leading to the other face of said plate.

3. A device according to any preceding claim, characterized in that said anode wires are disposed in at least one plane (6) substantially parallel to the plane of the converter, and are substantially parallel to one another.
4. A device according to any preceding claim, characterized in that said cells comprise a conversion material selected from the group comprising: gadolinium, boron, and lithium.
5. A device according to any preceding claim, characterized in that said cells comprise a conversion material selected from the group comprising: iron and silver.
6. A device according to any preceding claim in combination with claim 3, characterized in that the gas contains a quencher constituting not less than 25% thereof, and in that the ratio of the distance (S) between two adjacent anode wires (6b 6c) to the distance (G) between these wires and the converter (5) is not less than 1.
7. A device according to claim 6, characterized in that at least one of said charge collecting elements is connected to a reference electrical potential via a capacitor (16c) suitable for accumulating the charge collected by said element.
8. A device according to any preceding claim, characterized in that it includes a voltage source suitable for establishing an electrical potential of not less than 2,000 volts between the cathode and the anode wires.
9. A device according to any preceding claim, characterized in that the anode wires (6a, 6b, 6c) have a minimum diameter of not less than 20 microns.
10. A method of detecting and locating particles in a flux of neutral particles emitted by a source (1) in a device according to any preceding claim, comprising the operations consisting in:
 - receiving said particles on a substantially plane solid converter (5), thereby producing electrical charges from said neutral particles;
 - amplifying said charges by stimulated ionization of a surrounding gas; and
 - collecting the charges present in at least one plane substantially parallel to the converter on the converter at different locations that are spaced apart from one another;
 - the method being characterized in that said locations constitute a plane two-dimension-

al matrix.

11. A method according to claim 10, characterized in that the operation of amplifying the charges comprises applying an electric field of sufficient value to enable electron avalanches of self-regulating size to appear. 5
12. A method according to claim 10 or 11, characterized in that it further includes an operation consisting in accumulating the collected electrical charge over a certain length of time. 10
13. A method according to any one of claims 10 to 12, characterized in that the particles are converted into electrical charges with a conversion rate such that the number of detected particles is less than 10^5 particles per second and per square centimeter of converter area. 15
14. A method according to any one of claims 10 to 13, characterized in that the neutral particles essentially comprise thermal neutrons. 20

25

30

35

40

45

50

55



