

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE

SERVICE

de la PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

BREVET D'INVENTION

P.V. n° 40.867

N° 1.465.698

Classification internationale : G 01 t // G 21 g

Discriminateur de particules nucléaires.

Établissement public dit : UNITED KINGDOM ATOMIC ENERGY AUTHORITY résidant en Grande-Bretagne.

Demandé le 3 décembre 1965, à 14^h 59^m, à Paris.

Délivré par arrêté du 5 décembre 1966.

(Bulletin officiel de la Propriété industrielle, n° 2 du 13 janvier 1967.)

(Demande de brevet déposée en Grande-Bretagne le 21 décembre 1964, sous le n° 51.929/1964, au nom du demandeur.)

La présente invention se rapporte à des discriminateurs de particules nucléaires, et plus particulièrement à des moyens pour établir une distinction entre des types de particules nucléaires détectées par des compteurs à scintillations.

L'expression « particules nucléaires » utilisée dans la présente demande de brevet englobe en fait, des radiations atomiques en général c'est-à-dire des particules telles que des neutrons, des protons, des électrons et des particules alpha, et aussi des rayonnements tels que les rayons gamma. Ainsi, un discriminateur selon l'invention peut être utilisé, par exemple, pour distinguer des neutrons dans un arrière plan de rayons gamma.

De nombreux discriminateurs de particules nucléaires ont été proposés antérieurement. Leur fonctionnement dépend du fait que lorsqu'une particule nucléaire frappe une matière luminescente, la forme de l'impulsion électrique produite par un photomultiplicateur associé est déterminée par le type de particule nucléaire. Ceci est dû au fait que la matière luminescente présente deux modes de déclin de la luminescence, certains photons étant émis avec une grande vitesse de déclin de luminescence (ceci étant désigné par « composante rapide ») et certains photons étant émis avec une faible vitesse de déclin de luminescence (ceci étant désigné par « composante lente »). Pour une substance luminescente donnée, le rapport de l'intensité de la composante rapide à l'intensité de la composante lente est caractéristique du type de particule nucléaire. La forme de l'impulsion est donc aussi caractéristique du type de particule nucléaire, ceci résultant du fait que l'amplitude de la crête initiale de l'impulsion est déterminée en grande partie par la composante rapide et que la forme de la partie arrière de l'impulsion est déterminée par la composante lente.

Toutefois, en pratique, on a rencontré des dif-

ficultés avec des discriminateurs de particules nucléaires proposés antérieurement, qui établissaient mal une distinction pour des particules à faibles énergies et qui présentaient un fonctionnement peu satisfaisant à des grandes vitesses de comptage. Par conséquent, un but de l'invention est de fournir un discriminateur de particules nucléaires perfectionné.

Conformément à l'invention, un discriminateur de particules nucléaires, dans lequel une impulsion électrique est produite par un photomultiplicateur par suite de l'incidence d'une particule nucléaire sur une matière luminescente associée, comprend un moyen pour produire un premier signal dont l'amplitude est sensiblement proportionnelle à l'intégrale de la charge fournie par le photomultiplicateur pendant la partie de ladite impulsion qui est due à la composante rapide, un moyen pour produire un second signal dont l'amplitude est sensiblement proportionnelle à l'intégrale de la charge fournie par le photomultiplicateur pendant pratiquement toute l'impulsion, et un moyen pour comparer les amplitudes des premier et second signaux, l'arrangement étant tel que la comparaison des amplitudes des premier et second signaux permet d'établir une distinction entre deux types différents de particules nucléaires incidentes.

Conformément à une caractéristique de l'invention, un discriminateur de particules nucléaires, dans lequel une impulsion électrique est produite par un photomultiplicateur par suite de l'incidence d'une particule nucléaire sur une matière luminescente associée, comprend un moyen pour produire un premier signal dont l'amplitude est sensiblement proportionnelle à l'intégrale de la charge fournie par le photomultiplicateur pendant la partie de l'impulsion qui est due à la composante rapide, un moyen pour produire un second signal dont l'amplitude est sensiblement proportionnelle

à l'intégrale de la charge fournie par le photomultiplicateur pendant la partie de l'impulsion qui est due à la composante lente, et un moyen pour comparer les amplitudes des premier et second signaux, l'arrangement étant tel que la comparaison des amplitudes des premier et second signaux permet d'établir une distinction entre deux types différents de particules nucléaires incidentes.

On décrira ci-après l'invention en se référant aux dessins annexés, dans lesquels :

La figure 1 représente le schéma du discriminateur, en grande partie sous forme de rectangles; et

La figure 2 représente des formes d'ondes idéalisées utilisées pour l'explication du fonctionnement du discriminateur de particules.

On va se référer maintenant à la figure 1 : les particules nucléaires incidentes, représentées par les lignes en tireté 1, sont contraintes à tomber sur un scintillateur 2 comprenant une matière luminescente organique. Un photomultiplicateur 3 associé fournit une impulsion électrique de sortie qui dépend des scintillations résultantes.

La sortie du photomultiplicateur 3 est reliée à un discriminateur d'amplitude 4, à réponse très rapide, et aussi à un réseau de dérivation 5. Le réseau 5 présente deux sorties dont l'une est connectée, par un conditionneur 6 à l'émetteur d'un transistor à jonctions 7 du type npn, dont la base est maintenue à un potentiel fixe. Le collecteur du transistor 7 est relié par un condensateur 8 à la masse et aussi à une entrée d'un amplificateur différentiel 9. L'autre entrée de l'amplificateur 9 est maintenue à un potentiel constant V_0 , et les deux entrées sont reliées entre elles par une résistance 10 de très grande valeur. La sortie de l'amplificateur 9 est reliée par un conditionneur 11 à l'entrée mentionnée en premier, c'est-à-dire au condensateur 8.

Un couplage direct est utilisé d'un bout à l'autre de ce montage, de la sortie du photomultiplicateur 3 au condensateur 8, y compris l'amplificateur 9 et le conditionneur 11.

L'autre entrée du réseau de dérivation 5 est connectée à un circuit supplémentaire semblable à celui qui vient d'être décrit. Les mêmes numéros de référence sont utilisés pour ce circuit supplémentaire, mais il leur a été ajouté des suffixes.

Les conditionneurs 6, 6'; 11 et 11' sont susceptibles chacun d'être commandés de façon à être soit débloqués soit bloqués, les signaux de commande étant fournis par un réseau de minutage ou de synchronisation 12 qui est lui-même commandé par le discriminateur d'amplitude 4.

Chacun des amplificateurs 9 et 9' fournit un signal de sortie qui est appliqué à un réseau de différence 13 dont la sortie est reliée à un compteur 14.

On va maintenant décrire le fonctionnement du discriminateur en se référant aussi à la figure 2.

Comme pour les discriminateurs proposés antérieurement, le fonctionnement dépend de la variation de la forme d'onde de l'impulsion fournie par le photomultiplicateur 3 pour différents types de particules nucléaires incidentes. Toutefois, en contraste avec les discriminateurs connus, le discriminateur selon l'invention fonctionne en engendrant à partir de chaque impulsion d'entrée deux signaux dont les amplitudes sont sensiblement proportionnelles au nombre de photons contenus dans la composante rapide et au nombre total de photons qui ont engendré l'impulsion d'entrée, respectivement.

Une impulsion d'entrée typique est représentée par la forme d'onde A. Quand le photomultiplicateur 3 fournit une telle impulsion, le discriminateur d'amplitude 4 (qui élimine simplement des impulsions parasites de faible amplitude) détecte le flanc avant de l'impulsion et déclenche le fonctionnement du réseau de minutage 12. Le réseau de minutage débloque le conditionneur 6 et le conditionneur 6' et bloque les conditionneurs 11 et 11'. Tout ceci se produit à l'instant t_0 qui coïncide en fait avec le flanc avant de l'impulsion d'entrée.

Les conditionneurs 6 et 6' étant débloqués, les transistors 7 et 7' sont débloqués et les condensateurs 8 et 8' commencent à se charger. Les formes d'onde B et C représentent respectivement les tensions engendrées aux bornes des condensateurs 8 et 8'.

Aux instants ultérieurs t_1 et t_2 , les conditionneurs 6 et 6' sont respectivement bloqués de sorte qu'à ces instants les tensions aux bornes des condensateurs 8 et 8' cessent de croître. L'instant t_1 est tel que la charge fournie au condensateur 8 est à peu près seulement celle qui résulte de la partie de l'impulsion d'entrée qui est due à la composante rapide. L'instant t_2 est tel que la charge fournie au condensateur 8' est celle qui est due à la totalité de l'impulsion d'entrée, pratiquement.

Par conséquent, la sélection de t_1 et t_2 dépend en grande partie de la matière luminescente particulière utilisée et de la précision nécessaire, mais pour que la discrimination soit basée sur l'information maximum compatible avec une fréquence de comptage raisonnable, t_2 est normalement tel que la charge due à une fraction de la composante lente, comprise entre 95 et 99 %, est présente.

Si on suppose, pour le moment, que les condensateurs 8 et 8' ont des capacités égales, le rapport des tensions à leurs bornes est égal au rapport de la charge due à la composante rapide à la charge totale et est caractéristique de la particule nucléaire incidente. Des tensions proportionnelles aux tensions engendrées aux bornes des condensateurs 8

et 8' sont en fait disponibles aux bornes de sortie des amplificateurs 9 et 9' et sont utilisées pour décider du type de particule nucléaire incidente.

Quand une distinction doit être faite entre deux types particuliers de particules nucléaires, il est commode de s'arranger pour que les capacités de condensateurs 8 et 8' ne soient pas égales mais aient des valeurs relatives telles que la différence entre les tensions aux bornes de ces condensateurs soit positive pour un des types de particule nucléaire et négative pour l'autre type, cette différence étant déterminée par le réseau de différence 13. Le compteur 14 enregistre un compte d'une unité seulement quand la différence est positive ou seulement quand elle est négative, selon le type de particule nucléaire qui doit être comptée. Selon une variante, deux compteurs 14 peuvent être prévus, et des particules nucléaires des deux types peuvent être comptées.

A un instant t_3 , qui succède immédiatement à l'instant t_2 , les conditionneurs 11 et 11' sont débloqués.

Il en résulte que les tensions aux bornes des condensateurs 8 et 8' sont ramenées très rapidement et très exactement à leur valeur initiale. Le discriminateur de particules nucléaires est alors prêt pour la particule nucléaire incidente suivante.

Ainsi qu'on l'a exposé, le conditionneur 6' est débloqué de l'instant t_0 à l'instant t_1 mais selon une variante il peut être débloqué de l'instant t_1 à l'instant t_2 . Dans ce cas, le rapport des tensions aux bornes des condensateurs 8 et 8' qu'on suppose à nouveau égales aux fins de l'explication, serait égal au rapport de la charge due à la composante rapide à la charge due à la composante lente et serait, à nouveau, caractéristique de la particule nucléaire incidente.

Dans un mode d'exécution particulier du discriminateur de particules nucléaires utilisant des circuits à fonctionnement rapide comprenant des conditionneurs ayant un temps de montée inférieur à 2 nanosecondes, on obtient une discrimination sur laquelle on peut se fier pour des fréquences de comptage dépassant 10^5 par seconde. Le pouvoir de discrimination entre des types de particules nucléaires à faibles énergies est limité principalement par la statistique du nombre d'électrons photoélectriques produits par la cathode du photomultiplicateur.

RÉSUMÉ

Discriminateur de particules nucléaires dans lequel une impulsion électrique est produite par un photomultiplicateur par suite de l'incidence d'une particule nucléaire sur une matière luminescente associée, caractérisé par les points suivants pris séparément ou en combinaisons :

1° Il comprend un premier moyen générateur pour produire un premier signal dont l'amplitude est sensiblement proportionnelle à l'intégrale de la charge fournie par le photomultiplicateur pendant la partie de l'impulsion qui est due à la composante rapide, un second moyen générateur pour produire un second signal dont l'amplitude est sensiblement proportionnelle à l'intégrale de la charge fournie par le photomultiplicateur pendant un second intervalle de temps, pratiquement toute la durée de l'impulsion, et un moyen comparateur pour comparer les amplitudes des premier et second signaux, l'arrangement étant tel que la comparaison des amplitudes des premier et second signaux permet d'établir une discrimination entre deux types différents de particules nucléaires incidentes;

2° Ledit second intervalle de temps coïncide avec la durée totale de ladite impulsion;

3° Le premier moyen générateur comprend un premier intégrateur de charge auquel l'impulsion est appliquée par l'intermédiaire d'un premier conditionneur, et qui comprend un premier condensateur accumulant la charge et couplé directement à la sortie du photomultiplicateur, un arrangement de minutage qui provoque le déblocage du premier conditionneur à l'instant t_0 , qui coïncide sensiblement avec le flanc avant de ladite impulsion et le blocage de ce premier conditionneur à un instant ultérieur t_1 qui correspond sensiblement à la fin de ladite impulsion et qui est due à la composante rapide, et un moyen servant à engendrer le premier signal aux bornes du premier condensateur, le second moyen générateur comprenant un second intégrateur de charge auquel ladite impulsion est appliquée par l'intermédiaire d'un second conditionneur, le second intégrateur de charge comprenant un second condensateur qui accumule la charge et qui est couplé directement à la sortie du photomultiplicateur;

4° L'arrangement de minutage provoque le déblocage du second conditionneur à l'instant t_0 et le blocage de ce second conditionneur à un instant ultérieur t_2 très proche de la fin de ladite impulsion, et un moyen sert à prélever ledit second signal aux bornes du second condensateur;

5° Un moyen sert à ramener les tensions aux bornes des premier et second condensateurs à une valeur prédéterminée, rapidement et avec précision, à un instant t_3 qui suit immédiatement l'instant t_2 ;

6° Ledit second intervalle de temps coïncide avec la partie de ladite impulsion qui est due à la composante lente;

7° Ledit arrangement de minutage provoque le déblocage du second conditionneur à l'instant t_1 et son blocage à un instant ultérieur t_2 très voisin de la fin de ladite impulsion, et un moyen sert à

prélever le second signal aux bornes du second condensateur;

8° Un moyen ramène les tensions aux bornes

des premier et second condensateurs à une valeur prédéterminée, rapidement et avec précision, à un instant t_3 qui suit immédiatement l'instant t_2 .

Établissement public dit :

UNITED KINGDOM ATOMIC ENERGY AUTHORITY

Par procuration :

SIMONNOT & RINUY



