

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

⑪ N° de publication :
(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 471 044

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

⑯

N° 80 24294

⑮

Détecteur de neutrons.

⑯

Classification internationale (Int. Cl. 3). H 01 J 47/12; G 01 T 3/00.

⑯

Date de dépôt..... 14 novembre 1980.

⑯ ⑯ ⑯

Priorité revendiquée : Japon, 15 novembre 1979, n° 148189/1979.

⑯

**Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 24 du 12-6-1981.**

⑯

Déposant : TOKYO SHIBAURA DENKI KABUSHIKI KAISHA, résidant au Japon.

⑯

Invention de : Shinichi Nozaki, Ichiro Tai et Shimpei Shirayama.

⑯

Titulaire : *Idem* ⑯

⑯

**Mandataire : Langner Parry,
7, rue de la Paix, 75002 Paris.**

La présente invention concerne un détecteur de neutrons, utilisable par exemple dans un réacteur nucléaire et agencé en particulier pour détecter exactement des neutrons en dépit de la diminution de la résistance d'isolation d'un élément isolant constituant le détecteur de neutrons, cette diminution de la résistance d'isolation étant provoquée par une température élevée dans le réacteur.

Généralement, des neutrons font l'objet d'une mesure indirecte par détection de particules chargées électriquement ou de rayons γ engendrés par la réaction nucléaire entre des neutrons et des noyaux atomiques, pour la raison que les neutrons ne peuvent pas être directement détectés par une réaction d'ionisation du fait qu'ils ne comportent pas de charge électrique. Pour cette raison, on a utilisé comme détecteur de neutrons une chambre d'ionisation gazeuse dans laquelle une tension continue prédéterminée est appliquée entre une anode et une cathode disposées dans la chambre d'ionisation de manière à engendrer un champ électrique entre elles. Un élément convertisseur de neutrons, qui réagit avec les neutrons et qui les convertit en particules chargées électriquement ou en rayons γ , tel que de l'uranium, du bore ou du plutonium, est déposé sur la surface d'au moins une des électrodes constituées par l'anode et la cathode. On introduit dans la chambre d'ionisation un gaz inerte tel que de l'argon ou de l'hélium et des particules chargées électriquement et engendrées par la réaction ionisent le gaz inerte se trouvant dans la chambre en produisant des électrons et des ions. Du fait de la génération du champ électrique entre l'anode et la cathode, les ions et les électrons sont respectivement attirés par l'anode et la cathode en faisant ainsi passer entre elles un courant d'ionisation proportionnellement à l'intensité du flux de neutrons injecté. En conséquence, le flux de neutrons injecté peut être détecté par mesure du courant d'ionisation ainsi engendré.

Cependant, dans un cas où un détecteur de neutrons du type à chambre d'ionisation gazeuse décrit ci-dessus est

disposé dans un réacteur nucléaire dans un environnement à haute température, il est difficile, puisque la résistance spécifique d'un élément isolant, tel que l'alumine utilisée pour la réalisation de la chambre d'ionisation, 5 est faible dans un environnement à haute température, d'empêcher l'écoulement d'un courant de fuite qui est proportionnel à la tension appliquée entre l'anode et la cathode. En outre, le courant de fuite s'ajoute au courant d'ionisation engendré simultanément et ce courant combiné 10 est détecté et mesuré comme un courant de sortie. En conséquence, il est impossible d'obtenir un courant d'ionisation correct qui soit proportionnel au flux de neutrons injecté par une mesure dudit courant combiné. Par exemple, 15 même de l'alumine de haute pureté, qui constitue un des matériaux minéraux d'isolation présentant la plus haute stabilité thermique, devient électroconductrice à une température élevée supérieure à environ 800°C et elle ne peut pas être utilisée comme matière isolante.

Pour remédier aux inconvénients mentionnés ci-dessus et pour utiliser ce type de détecteur de neutrons pour mesurer le courant d'ionisation proportionnellement au flux de neutrons injecté, on a considéré qu'il était souhaitable de réduire le rapport entre le courant de fuite et le courant d'ionisation à une valeur négligeable, 20 25 c'est à dire à 1/100 ou moins. On peut obtenir une telle réduction de ce rapport en augmentant la sensibilité aux neutrons ou bien en réduisant la résistance d'isolation de la matière isolante autant qu'il est possible. Cependant, pour augmenter la sensibilité aux neutrons, on doit augmenter 30 les dimensions de la chambre d'ionisation, ce qui est évidemment indésirable. En conséquence, pour obtenir le courant d'ionisation réel qui est engendré par le flux de neutrons injecté, il est souhaitable de supprimer autant qu'il est possible la tendance à la diminution de la 35 résistance d'isolation de la chambre d'ionisation.

La Fig. 1 représente une vue en élévation verticale d'un des détecteurs de neutrons du type à chambre d'ionisation gazeuse, dans lequel une chambre d'ionisation D

est reliée à l'extrémité inférieure d'un câble de guidage C pour dériver un courant d'ionisation du cœur de réacteur. Dans la zone centrale de la chambre d'ionisation, il est prévu une électrode 1 formant anode et, sur la surface 5 d'une électrode 2 formant cathode qui est placée en regard de l'anode 1, on dépose, par exemple par cuisson, un élément convertisseur de neutrons 3 se composant d'au moins une des substances suivantes : uranium, bore et plutonium, et qui produit une réaction nucléaire avec le 10 flux de neutrons injecté en engendrant ainsi des particules chargées électriquement. La cathode 2 est agencée de manière à jouer le rôle d'un carter extérieur de la chambre d'ionisation D. L'anode 1 est isolée de la cathode 2 et elle est supportée par une matière isolante minérale 15 5. telle que de la magnésie, de l'alumine, du nitrure de bore ou de la silice ; un gaz inerte tel que de l'argon ou de l'hélium est introduit dans un espace existant entre l'anode et la cathode de la chambre d'ionisation. Le câble de guidage C comprend un conducteur électrique central 11 20 s'étendant dans la direction axiale du câble, un conducteur électrique extérieur 14 formé par un tube revêtu de métal et disposé coaxialement par rapport au conducteur 11, et une matière isolante minérale ou inorganique 15, telle que de l'alumine, de la magnésie, du nitrure de bore ou de la 25 silice, qui remplit l'espace existant entre les conducteurs électriques 11 et 14. L'extrémité inférieure du conducteur central 11 est connectée électriquement avec l'extrémité supérieure de l'anode 1 tandis que l'extrémité inférieure du conducteur extérieur 14 est connectée électriquement 30 à la cathode 2. Les volumes intérieurs du câble C et de la chambre d'ionisation D sont scellés de façon étanche à l'air et sont séparés par une paroi 16 formée d'une matière isolante minérale ou inorganique telle que de la magnésie, de l'alumine, du nitrure de bore ou de la silice, 35 l'extrémité supérieure du câble C, non représentée, étant également scellée de la même manière.

Dans un détecteur de neutrons du type décrit ci-dessus, le flux de neutrons injecté dans la chambre

d'ionisation produit une réaction nucléaire seulement avec l'élément convertisseur de neutrons 3 qui est déposé sur la surface intérieure de la cathode 2, en engendrant ainsi un courant d'ionisation qui est mesuré par l'intermédiaire du conducteur 11 à l'aide d'un dispositif connu placé à l'extérieur du coeur de réacteur. Cependant, puisque l'intérieur du coeur de réacteur se trouve dans une condition de haute énergie et de haute densité de flux de neutrons (environ 10^{14} neutrons /cm²/s.), et puisqu'on fait fonctionner le réacteur à une température élevée d'environ 800 à 1000°C, la résistance d'isolation de la matière isolante constituant le détecteur de neutrons du type décrit ci-dessus est diminuée et le courant de fuite s'ajoute au courant d'ionisation, ce qui rend difficile la seule mesure du courant réel d'ionisation engendré par le flux de neutrons injecté.

On a représenté sur la fig. 2 un circuit équivalent d'un détecteur de neutrons du type indiqué sur la fig. 1, des courants d'intensités I_1 , I_2 , I_3 passant dans une résistance d'isolation R_1 du câble C, dans une résistance d'isolation R_2 de la paroi séparatrice 16 et dans la résistance d'isolation R_3 de l'élément isolant inorganique 5 quand une tension est appliquée à partir d'une source de courant V. Le courant I_0 correspondant à la somme desdits courants I_1 , I_2 , I_3 et un courant d'ionisation I_4 engendré par le flux de neutrons injecté passent dans un ampèremètre A. Le circuit équivalent représenté sur la fig. 2 peut être encore simplifié, comme indiqué sur la fig. 3, où un courant I_0 correspondant à la somme du courant d'ionisation I_4 et du courant I_R passant dans une résistance intérieure I_0 (anode) sont mesurés à l'aide de l'ampèremètre A. Comme le montre ce circuit, la résistance R_0 diminue quand la température interne du détecteur de neutrons augmente et le courant I_0 augmente également. En conséquence l'ampèremètre A ne peut pas indiquer seulement le courant d'ionisation réel I_4 .

L'invention a pour but de remédier aux inconvénients d'un détecteur de neutrons du type défini ci-dessus

et de fournir un détecteur de neutrons perfectionné qui soit capable de détecter un courant d'ionisation réel engendré par un flux de neutrons injecté dans le détecteur, et ne contenant essentiellement pas de courant de fuite 5 provenant d'une matière isolante intérieure et engendré dans une atmosphère à haute température.

Conformément à la présente invention, il est prévu un détecteur de neutrons du type défini ci-dessus, comprenant une chambre d'ionisation pourvue d'une anode et 10 d'une cathode en vue de détecter un flux de neutrons injecté dans la chambre d'ionisation et un câble de guidage connecté à la chambre d'ionisation, ledit câble de guidage comprenant un conducteur central placé à l'intérieur du câble et coaxialement à celui-ci et connecté à l'une des- 15 dites électrodes formant l'anode et la cathode de façon à dériver un courant d'ionisation engendré par le flux de neutrons hors de la chambre d'ionisation, ainsi qu'un conducteur extérieur disposé coaxialement par rapport au conducteur central et isolé de celui-ci, ledit conducteur 20 extérieur étant connecté à l'autre électrode et étant relié électriquement à un carter de la chambre d'ionisation, ledit détecteur étant caractérisé en ce qu'un conducteur annulaire intermédiaire est disposé coaxialement et entre lesdits conducteurs central et extérieur du câble en étant 25 isolé par rapport à ceux-ci, en ce qu'il est prévu des conducteurs annulaires supérieur et inférieur qui sont noyés dans des éléments isolants disposés entre l'anode et la cathode de manière à supporter celle des électrodes formant l'anode et la cathode qui est reliée au conducteur 30 central et en ce que lesdits conducteurs annulaires supérieur et inférieur sont reliés électriquement ensemble, le conducteur annulaire supérieur étant lui-même connecté au conducteur annulaire intermédiaire du câble de guidage.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention 35 seront mis en évidence dans la suite de la description, donnée à titre d'exemple non limitatif en référence aux dessins annexés dans lesquels :

la fig. 1 est une vue en coupe verticale schématique d'un

- détecteur de neutrons du type à chambre d'ionisation correspondant à l'art antérieur et disposé dans un réacteur nucléaire,
- la fig. 2 représente un circuit équivalent du détecteur de neutrons de la fig. 1,
- 5 la fig. 3 représente une forme simplifiée du circuit équivalent de la fig. 2,
- la fig. 4 est une vue en coupe verticale schématique d'un détecteur de neutrons du type à chambre d'ionisation.
- 10 conforme à la présente invention,
- la fig. 5 représente un circuit équivalent du détecteur de neutrons de la fig. 4, et
- la fig. 6 représente une forme simplifiée du circuit équivalent de la fig. 5.
- 15 On a représenté sur la fig. 4 un détecteur de neutrons du type à chambre d'ionisation gazeuse conforme à la présente invention, des éléments correspondant à ceux des fig. 1 à 3 étant désignés par les mêmes références numériques. Sur la fig. 4, il est prévu dans le câble C un
- 20 conducteur électrique intermédiaire tubulaire 12 qui est disposé coaxialement entre le conducteur central 11 et le conducteur extérieur 14, une matière isolante inorganique ou minérale 15, telle que de l'alumine, de la magnésie, du nitrure de bore ou de la silice, étant placée dans les
- 25 intervalles existants entre les conducteurs respectifs en vue d'assurer l'isolation des conducteurs les uns par rapport aux autres.
- L'électrode 1 formant l'anode de la chambre d'ionisation D du détecteur de neutrons est supportée à ses
- 30 extrémités supérieure et inférieure par des éléments 5 formés d'une matière isolante inorganique telle que de l'alumine, de la magnésie, de la silice ou de l'oxyde de beryllium, cette anode 1 étant isolée électriquement de la cathode 2 par les éléments porteurs 5. A l'intérieur des
- 35 deux éléments porteurs 5, il est prévu des conducteurs électriques annulaires 6, qui sont isolés électriquement de l'anode 1 et de la cathode 2. La cathode 2, et un carter 13 de la chambre d'ionisation D, sont isolés à l'aide d'un

garnissage protecteur 7 formé d'une matière isolante inorganique, telle que de l'alumine, de la magnésie, de la silice ou de l'oxyde de beryllium et remplissant l'intervalle existant entre la cathode 2 et le carter 13. Le protecteur 5 isolant 7 est pourvu d'un trou vertical de traversée 7' dans lequel est disposé un conducteur de court-circuitage 10, dont les deux extrémités sont connectées électriquement respectivement avec les conducteurs annulaires supérieur et inférieur 6. Le conducteur annulaire supérieur 6 est relié 10 au conducteur tubulaire intermédiaire 12 du câble C par l'intermédiaire d'un conducteur de connexion 9.

L'anode 1 est reliée au conducteur central 12 du câble C par l'intermédiaire d'un conducteur de connexion 8 tandis que la cathode 2 est connectée au carter 13 par 15 l'intermédiaire d'un conducteur de mise à la terre 17. Sur la surface intérieure de la cathode 2 qui est tournée vers l'anode 1, on a déposé, par exemple par cuisson, un élément convertisseur de neutrons 3, formé de bore, d'uranium ou de plutonium, et un gaz inerte d'ionisation, tel que 20 de l'argon ou de l'hélium, est enfermé hermétiquement à l'intérieur de la chambre d'ionisation D. Le câble C et la chambre d'ionisation D sont divisés, de façon étanche à l'air, à une extrémité par une cloison séparatrice 16 constituée d'une matière isolante inorganique telle que de 25 l'alumine ou de l'oxyde de beryllium et, à l'autre extrémité, non représentée, le câble C est également fermé de façon étanche à l'air. O

On a mis en évidence sur la fig. 5 un circuit équivalent du détecteur de neutrons de la fig. 4 et, en 30 considérant le câble de guidage C et la cloison séparatrice 16 étanche à l'air, on voit qu'il est prévu des résistances d'isolation R_{11} et R_{21} entre le conducteur tubulaire intermédiaire 12 et le conducteur central 11 tandis qu'il est prévu des résistances d'isolation R_{12} et R_{22} entre le 35 conducteur intermédiaire 12 et le conducteur extérieur 14. En considérant la chambre d'ionisation D, on voit qu'il est prévu une résistance d'isolation R_{32} entre le conducteur annulaire 6 et l'électrode 2 et qu'il est prévu une

résistance d'isolation R_{31} entre le conducteur annulaire 6 et l'anode 1.

Le circuit équivalent de la fig. 5 peut être simplifié comme indiqué sur la fig. 6, qui montre qu'une résistance d'isolation R_{01} est établie entre le conducteur intermédiaire 12 et le conducteur central 11 aboutissant à la borne de sortie du détecteur de neutrons tandis qu'une résistance d'isolation R_{02} est établie entre le conducteur intermédiaire 12 et le conducteur extérieur 14. Une capacité N existe entre le conducteur central 11 et le conducteur extérieur 14 dans le détecteur de neutrons D. Une tension continue fournie par une source de courant V est appliquée entre les conducteurs respectifs 11, 12 et 14 et un ampèremètre A est branché entre le conducteur central 11 et le conducteur extérieur 14. Les conducteurs 12 et 11 sont ainsi sollicités par le même potentiel.

Comme le montre la fig. 6, il est prévu un circuit fermé comprenant le conducteur intermédiaire 12, le conducteur extérieur 14 et la résistance d'isolation R_{02} ainsi qu'un autre circuit comprenant le conducteur central 11, le conducteur intermédiaire 12 et la résistance d'isolation R_{01} , de sorte qu'un courant de fuite I_{02} engendré par la résistance d'isolation R_{02} ne pourrait pas être mesuré par l'ampèremètre A . En outre, puisque les conducteurs 11 et 12 ne sont pas soumis au même potentiel, il ne passe pas de courant de fuite dans le circuit fermé mentionné en dernier. Le courant d'ionisation I_4 engendré par le flux de neutrons dans la chambre d'ionisation passe dans le circuit fermé comprenant le conducteur 11, la source de courant V et le conducteur extérieur 14. En conséquence, seul le courant I_4 ne contenant pas de courant de fuite est indiqué par l'ampèremètre A .

Dans un mode préféré de réalisation de l'invention, on a utilisé de l'acier inoxydable comme élément électro-conducteur et de l'alumine de haut degré de pureté comme matière isolante inorganique. A une température élevée de 800 à 1000°C, on a appliqué une tension continue de 100 V au détecteur et on a obtenu une résistance d'isolation

supérieure à 10^7 ohms, ce qui a signifié qu'il ne s'était pas produit une diminution de la résistance d'isolation, alors que cela était inévitable dans les dispositifs de types connus.

- 5 Conformément à la présente invention, on peut mesurer un courant d'ionisation réel engendré par le flux de neutrons injecté, et ne contenant aucun courant de fuite, dans des conditions de hautes températures régnant dans le coeur d'un réacteur nucléaire. En outre on peut
- 10 mesurer la distribution du flux de neutrons en disposant plusieurs détecteurs de neutrons du type défini ci-dessus avec des espacements prédéterminés dans le coeur d'un réacteur nucléaire. En outre, il est possible de déposer un élément convertisseur de neutrons sur la surface de
- 15 l'électrode dirigée vers la cathode au lieu de déposer cet élément sur la cathode.

REVENDICATIONS

1. Détecteur de neutrons du type comprenant une chambre d'ionisation (D) pourvue d'une électrode formant anode (1) et d'une électrode formant cathode (2) pour détecter un flux de neutrons injecté dans ladite chambre d'ionisation ainsi qu'un câble de guidage (C) relié à ladite chambre d'ionisation, ledit câble de guidage comprenant un conducteur central (11) placé dans et coaxialement par rapport audit câble et relié à une desdites 10 électrodes formant anode et cathode pour dériver un courant d'ionisation créé par ledit flux de neutrons hors de ladite chambre d'ionisation (D), et un conducteur extérieur (14) disposé coaxialement par rapport au conducteur central (11) et isolé de celui-ci, ledit conducteur extérieur (14) 15 étant relié à l'autre électrode et étant en outre relié électriquement à un carter (13) de la chambre d'ionisation, détecteur caractérisé en ce qu'il est prévu un conducteur annulaire intermédiaire (12) disposé coaxialement et entre ledit conducteur central (11) et ledit conducteur extérieur 20 (14) dudit câble (C) en étant isolé de ces conducteurs, ainsi que des conducteurs annulaires supérieur et inférieur (6) qui sont noyés dans des éléments isolants (5) disposés entre l'anode et la cathode pour supporter celle desdites électrodes qui est reliée audit conducteur central, lesdits 25 conducteurs annulaires supérieur et inférieur (6) étant reliés électriquement l'un avec l'autre et ledit conducteur annulaire supérieur (6) étant connecté audit conducteur annulaire intermédiaire (12) dudit câble de guidage (C).
2. Détecteur de neutrons selon la revendication 1, 30 caractérisé en ce qu'il comprend en outre un protecteur d'isolation (7) qui est disposé entre ledit carter (13) de la chambre d'ionisation (D) et ladite autre électrode qui est reliée au conducteur extérieur (14) dudit câble (C), ledit protecteur d'isolation étant pourvu d'un trou vertical 35 de traversée (7') et lesdits conducteurs annulaires supérieur et inférieur (6) étant reliés ensemble par l'intermédiaire d'un conducteur (10) passant dans ledit trou vertical (7').

FIG. I

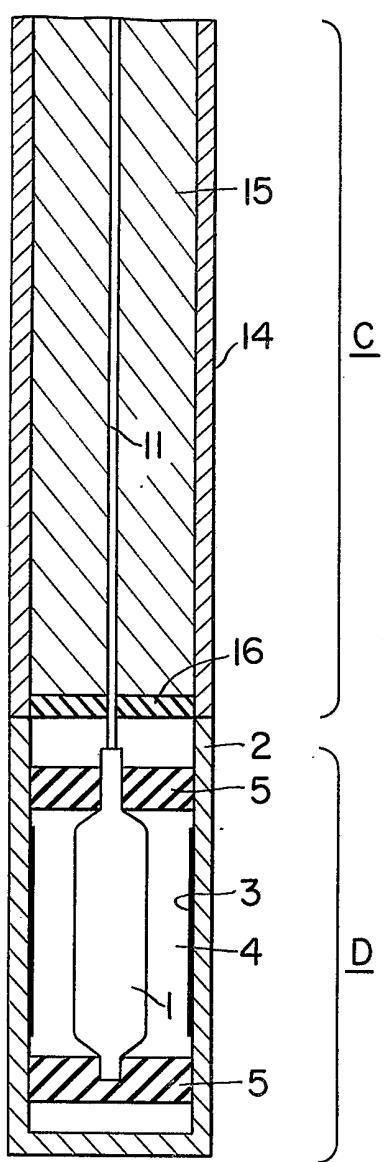


FIG. 4

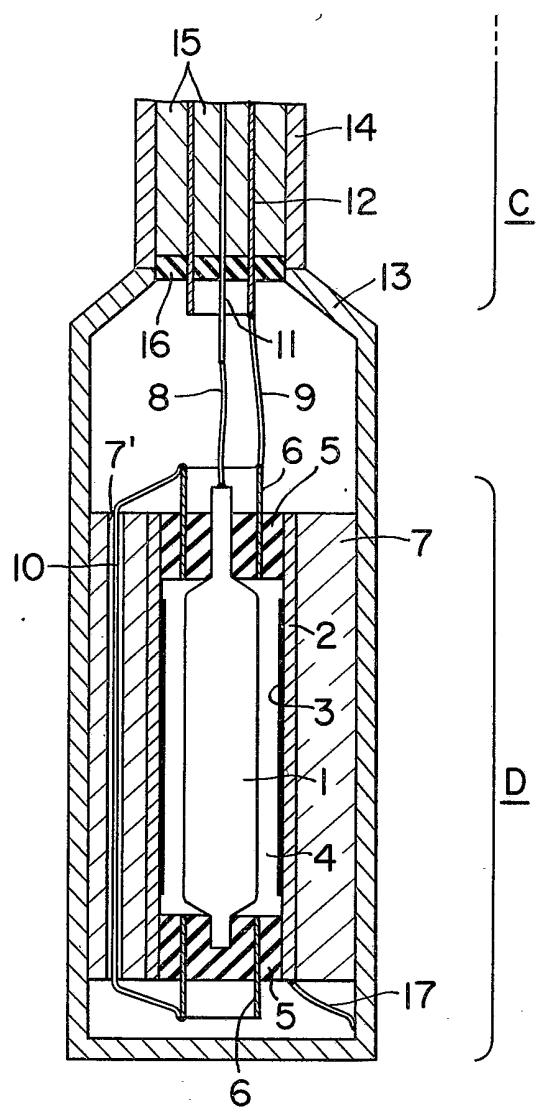


FIG. 2

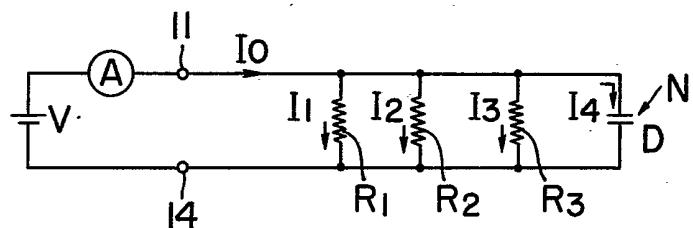


FIG. 3

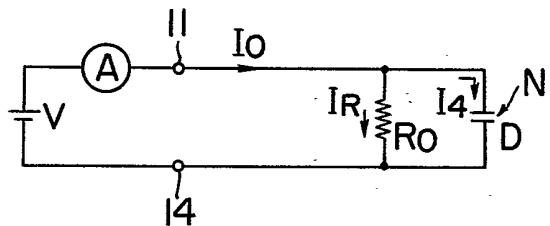


FIG. 5

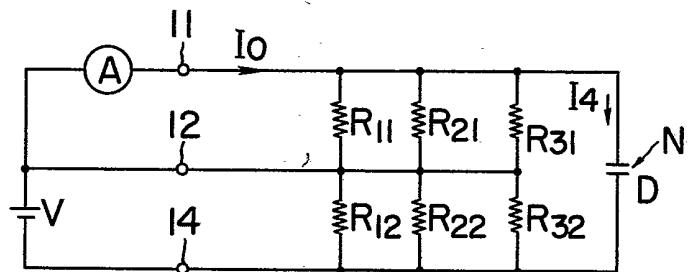


FIG. 6

