

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

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

2 644 629

(21) N° d'enregistrement national :

90 03 161

(51) Int Cl<sup>5</sup> : H 01 L 13/16, 31/026; H 03 K 17/78.

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 13 mars 1990.

(71) Demandeur(s) : CHAMPION SPARK PLUG EUROPE S.A.  
— BE.

(30) Priorité : GB, 15 mars 1989, n° 89 05910.9.

(72) Inventeur(s) : Peter Howson.

(43) Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 38 du 21 septembre 1990.

(60) Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : Cabinet Regimbeau, Martin, Schrimpf,  
Warcin et Ahner.

(54) Interrupteur électronique comprenant un semi-conducteur photosensible.

(57) Un interrupteur électronique comprend un semi-conduc-  
teur photosensible et une source de lumière qui, lorsqu'elle est  
actionnée, éclaire le semi-conducteur et permet à ce dernier  
de devenir conducteur, le semi-conducteur photosensible étant  
un mélange fritté comprenant de 63 à 74 % en poids de  
cadmium, de 16 à 24 % en poids de sélénium, de 8 à 14 %  
en poids de soufre, de 0,1 à 1 % en poids de chlore et de  
0,005 à 0,1 % de cuivre.

A1  
FR 2 644 629 - A1  
D

INTERRUPTEUR ELECTRONIQUE COMPRENANT UN SEMI-CONDUCTEUR  
PHOTOSENSIBLE

---

La présente invention est relative à un interrupteur électronique comprenant un semi-conducteur photosensible et une source de lumière qui, lorsqu'elle est actionnée, éclaire le semi-conducteur et permet à ce 5 dernier de devenir conducteur.

Des semi-conducteurs photosensibles sont bien connus et ne doivent pas être décrits en détail. La caractéristique principale de tels semi-conducteurs est 10 leur capacité de passer d'un état non-conducteur de l'électricité et à haute résistance à un état conducteur de l'électricité et à faible résistance lorsqu'ils sont éclairés.

15 Les matériaux utilisés actuellement comme ou dans des semi-conducteurs photosensibles sont par exemple : le silicium, le carbone, le germanium, l'arséniure de gallium, le carbure de silicium, le sélénium de cadmium, le sulfure de cadmium, le 20 phosphure d'indium et le phosphure de potassium. Ces semi-conducteurs photosensibles connus peuvent être utilisés dans divers dispositifs électroniques, par exemple dans des interrupteurs électroniques, et sont généralement dopés avec des "impuretés" telles que, par 25 exemple, le cobalt, le cuivre, le chrome, l'or, le fer, l'oxygène, l'argent et le zinc.

Des interrupteurs électroniques comprenant un semi-conducteur photosensible sont décrits, par exemple, dans les brevets américains suivants :

US-A- 4 301 362, US-A- 4 347 437, US-A- 4 438 331,

5 US-A- 4 490 709, US-A- 4 577 114 et US-A-4 695 733.

Différentes configurations d'interrupteurs sont décrites dans ces brevets. Ils comprennent tous une source de lumière et un semi-conducteur photosensible muni de deux électrodes séparées. Les semi-conducteurs sont réalisés 10 en des matériaux divers et la source de lumière est généralement un laser.

Lorsque, pour un semi-conducteur donné, une certaine tension de polarisation est appliquée aux

15 électrodes d'un interrupteur photosensible, le semi-conducteur ne permet pas au courant électrique de passer entre les électrodes et l'interrupteur est en position "arrêt", mais lorsque la source de lumière projette de l'énergie lumineuse sur la surface du semi-conducteur

20 située entre les deux électrodes, le semi-conducteur devient conducteur de l'électricité et l' interrupteur est en position "marche". L'avantage principal d'interrupteurs de ce type est qu'ils peuvent laisser passer ou interrompre un courant électrique très

25 rapidement.

Un désavantage des interrupteurs photosensibles connus et, en particulier des interrupteurs décrits dans les six brevets américains

30 mentionnés ci-dessus est qu'ils sont seulement capables de commutier des alimentations en énergie électrique qui ont un voltage inférieur à quelques KV, par exemple jusqu'à 3 - 5 KV, et ne peuvent donc pas être utilisés dans des appareils électriques pour lesquels un voltage

35 supérieur est requis.

Un premier objet de l'invention est dès lors un interrupteur électronique activé par de la lumière, qui est capable de maintenir/interrompre des courants électriques de faible ampérage et de haut voltage, 5 c'est-à-dire des alimentations en énergie électrique ayant un voltage d'au moins 30 kV et ayant un ampérage de moins de 0,2 A. Un autre objet de l'invention est un interrupteur photosensible haut voltage et faible ampérage qui soit compact et très économique. Un objet 10 de l'invention est également un interrupteur photosensible capable de fonctionner à fréquence élevée.

Le demandeur a maintenant trouvé que certaines compositions semi-conductrices de sélénium-sulfures de cadmium dopées présentent une combinaison désirée de propriétés telles que, lorsqu'elles sont utilisées comme semi-conducteurs dans un interrupteur photosensible, ce dernier est capable de commuter des alimentations en énergie électrique de haut voltage et 15 de faible ampérage, peut être construit sous forme compacte et à faible coût et peut fonctionner à fréquence élevée.

Selon la présente invention, on fournit un 20 interrupteur électronique comprenant un semi-conducteur photosensible et une source de lumière qui, lorsqu'elle est actionnée, éclaire le semi-conducteur et permet à ce dernier de devenir conducteur, dans lequel le semi-conducteur photosensible est un mélange fritté 25 comprenant de 63 à 74% en poids de cadmium, de 16 à 24% en poids de sélénium, de 8 à 14% en poids de soufre, de 0,1 à 1% en poids de chlore et de 0,005 à 0,1% en poids 30 de cuivre.

Le semi-conducteur se présente, de préférence, sous la forme d'une couche adhérente sur un substrat électriquement isolant. Le semi-conducteur est muni d'électrodes séparées auxquelles est connecté, en 5 service, le circuit à contrôler par l'interrupteur. Les électrodes peuvent être deux couches d'électrode séparées et adhérant sur la couche semi-conductrice frittée ou le substrat peut être muni de deux couches d'électrode séparées et adhérentes et la couche semi- 10 conductrice frittée adhérente peut être appliquée sur les couches d'électrode et sur le substrat entre celles-ci ; dans ce dernier cas les couches d'électrode sont en dessous de la couche semi-conductrice.

15 Les couches d'électrode peuvent être réalisées en toute matière conductrice de l'électricité, qui convient, des matières préférées étant, par exemple, de l'argent, de l'indium et de l'aluminium et des résines, par exemple, des résines époxy chargées 20 d'un ou de plusieurs de ces métaux.

Un autre objet de la présente invention est une méthode de réalisation d'un interrupteur électronique selon l'invention, dans laquelle on prépare 25 une pâte d'un mélange de poudres finement divisées comprenant de 35 à 55% en poids de sélénium de cadmium, de 35 à 55% en poids de sulfure de cadmium, de 5 à 15% en poids de chlorure de cadmium et de 0,01 à 0,1% en poids de chlorure de cuivre, d'un liant et d'un liquide 30 volatil, on forme un revêtement de pâte sur un substrat électriquement isolant, on sèche le revêtement, on fritte le revêtement séché à une température de 540° C à 800° C pour former une couche adhérente de semi-conducteur photosensible sur le substrat, on place des 35 couches d'électrode séparées et adhérentes soit sur,

soit sous la couche de semi-conducteur et on assemble le substrat recouvert avec une source de lumière.

La formation de la couche semi-conductrice  
5 frittée peut être réalisée selon des techniques conventionnelles de frittage qui sont bien connues de l'homme du métier.

De manière à obtenir les propriétés de  
10 photosensibilité et électriques désirées dans le semi-conducteur fritté, les matières poudreuses finement divisées doivent être de la plus haute pureté, par exemple de 99,999% ou plus et la dimension des particules de la poudre est, de préférence, inférieure à  
15 3 µm.

Des liants et des liquides volatils qui conviennent pour former la pâte sont bien connus de l'homme du métier. Il est généralement préféré  
20 d'utiliser l'éthylcellulose en tant que liant mais d'autres liants qui conviennent sont, par exemple, l'huile de lin et l'acétate de cellulose. Des liquides volatils préférés sont des liquides organiques. Des liquides organiques qui conviennent sont par exemple,  
25 l'essence de térébenthine, l'acétone et l'éthanol, parmi ceux-ci l'essence de térébenthine est généralement préférée.

Le liant se trouve, de préférence, sous forme  
30 d'une solution à 10% en poids dans le liquide volatil. La proportion de la solution liant/liquide volatil dans la pâte dépend naturellement de la viscosité désirée de la pâte, qui dépend en fait de la méthode utiliser de revêtement du substrat avec la pâte. Pour de nombreuses  
35 applications, une pâte contenant environ 15% en poids de

solution liant/liquide volatil convient.

Des méthodes qui conviennent pour former une couche de pâte sur le substrat comprennent, par 5 exemple, l'impression au tamis, la pulvérisation, la centrifugation et la sédimentation. L'impression au tamis ou sérigraphie est une méthode très précise qui produit une couche présentant une surface lisse nivélée et ayant une épaisseur de 10 à 50µm en fonction de 10 l'ouverture du tamis. Cette méthode est généralement préférée.

Des matières de substrats électriquement isolants qui conviennent sont, par exemple, des 15 céramiques en oxyde d'aluminium, du verre de silice et du verre "Pyrex" <sup>(R)</sup>. Le substrat recouvert est alors séché pour éliminer le liquide volatil, de préférence, par chauffage dans un four à une température d'environ 100°C pendant environ 10 minutes.

20 Le revêtement séché est alors fritté sous une atmosphère sensiblement inerte à une température de 540°C à 800°C. Dans ce but le substrat recouvert est, de préférence, placé dans un conteneur à travers lequel 25 un courant d'azote (ou d'un autre gaz inerte) contenant une faible proportion d'oxygène, de préférence, ajouté sous forme d'air, peut passer et le conteneur est placé dans un four ou fourneau qui convient, de préférence, dans un four électrique. La proportion d'air dans le 30 mélange gaz inerte/air est de façon appropriée de 1 à 2% en volume. Le mélange gaz inerte/air passe à travers le conteneur à une vitesse relativement faible, par exemple de 2 à 6 litres par heure.

Le four est porté de façon graduelle à la température de frittage par exemple sur une période de 30 minutes et est maintenu à la température de frittage pendant 45 à 150 minutes, de préférence, pendant 45 à 5 120 minutes. La température de frittage ne semble pas être critique. Si la température est de loin inférieure à 540°C, la couche n'est pas frittée et lorsqu'elle est supérieure à 800°C, la couche se décompose. Les meilleures résultats sont obtenus pour des températures 10 de frittage de 540°C à 700°C.

Les couches frittées ainsi obtenues sont fermes, adhérentes et stables chimiquement. Une réduction de l'épaisseur a lieu lors de l'opération de 15 frittage et les épaisseurs finales sont généralement comprises dans l'intervalle de 5 à 25 µm, dépendant de l'épaisseur initiale de la couche. Il y a également toujours une perte en poids lors du frittage et la composition chimique finale du semi-conducteur peut 20 varier quelque peu en fonction de la température de frittage et en fonction de la durée du frittage.

La couche semi-conductrice frittée est alors munie de deux électrodes séparées qui peuvent être 25 réalisées, par exemple, en argent, en indium ou en aluminium ou en une résine époxy chargée avec un de ces métaux. Les électrodes peuvent être formées sur le semi-conducteur soit (a) par évaporation du métal d'électrode sur la surface du semi-conducteur, soit (b) 30 par impression au tamis de la résine époxy chargée sur la surface, soit (c) par compression d'une feuille de métal sur la surface du semi-conducteur.

De ces trois méthodes, les méthodes (a) et (b) sont généralement préférées. Dans ces deux méthodes, la surface entre les électrodes est masquée avant d'appliquer la matière d'électrode sur la surface du semi-conducteur. La méthode (a) est généralement suivie par un bref traitement thermique qui, lorsque de l'argent ou de l'aluminium est utilisé, consiste, par exemple, à chauffer la couche d'électrode sous azote à 300° C pendant 20 minutes. La méthode (b) requiert un chauffage de la résine époxy dans de l'air, par exemple, à 150° C pendant 35 minutes pour durcir la couche.

Une autre méthode pour munir le semi-conducteur de deux électrodes séparées consiste à former les électrodes sous forme de couches sur le substrat électriquement isolant, par l'une quelconque des méthodes décrites ci-dessus, tout en masquant la surface entre les électrodes, et à former ensuite la couche semi-conductrice sur les électrodes, et sur la surface du substrat entre celles-ci.

L'interrupteur électronique selon l'invention peut se mettre sous plusieurs formes. Pour des raisons de compacité, il est préférable que la couche semi-conductrice et le substrat aient la forme d'un cylindre creux. Il est également préféré que dans cette forme de réalisation la couche semi-conductrice soit la surface interne du cylindre creux et que la source de lumière soit placée le long de l'axe longitudinal du cylindre.

30

Une variété de sources de lumière peuvent être utilisées. Il est préféré d'utiliser une ou plusieurs diodes à luminescence (DEL) ou une lampe à décharge luminescente ou un tube donnant une

lumière ayant une longueur d'onde de 500 à 900 nm. Des DELs qui conviennent comprennent des DELs rouges à haut rendement avec un pic d'émission de lumière rouge visible à 660 nm et un angle de visée de 140°, et des 5 DELs infra rouges qui émettent un pic d'émission à 830 nm et ont un angle de visée de plus de 30° C.

Des lampes à décharge qui conviennent sont, par exemple, des lampes et tubes à décharge au néon.

10 Pour une meilleure compréhension de l'invention, des formes préférées de réalisation de semi-conducteur/substrat et dispositifs interrupteurs seront décrites maintenant, à titre d'exemple, en se 15 référant aux dessins ci-annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue en plan d'une forme de réalisation de semi-conducteur/substrat ;
- 20 - la figure 2 est une coupe selon la figure II-II de la figure 1 ;
- la figure 3 est une coupe selon la ligne III-III de la figure 1 ;
- 25 - la figure 4 est une vue en coupe transversale d'une première forme de réalisation d'un dispositif interrupteur électronique cylindrique ;
- 30 - la figure 5 est une coupe en élévation selon la ligne V-V de la figure 4 ;
- la figure 6 est une vue en coupe transversale d'une 35 deuxième forme de réalisation d'un dispositif interrupteur électronique cylindrique, et

- la figure 7 est une coupe en élévation selon la ligne VII - VII de la figure 6.

En se référant aux figures 1 à 3, 5 l'assemblage semi-conducteur/substrat comprend une couche semi-conductrice photosensible frittée 1 enduite sur un substrat plat électriquement isolant 2 et des électrodes séparées conductrices de l'électricité 3A et 3B. La couche semi-conductrice 1 a la composition 10 Cd/Se/S/Cl/Cu décrite ci-avant.

L'interrupteur électronique montré aux figures 4 et 5 comprend une couche semi-conductrice photosensible frittée adhérente 11 et un substrat isolant 12 sous forme d'un cylindre creux, et deux électrodes 13A et 13B à chaque extrémité du cylindre. 15 L'interrupteur comprend également une source de lumière 14 qui est un tube à décharge donnant une lumière ayant une longueur d'onde de 500 à 900 nanomètres. La source de lumière 14 est disposée le long de l'axe du cylindre 11/12. La couche semi-conductrice 11 a la composition 20 Cd/Se/S/Cl/Cu décrite ci-avant.

L'interrupteur électronique montré aux figures 6 et 7 comprend une couche semi-conductrice cylindrique creuse 21 et un substrat isolant 22 similaires à la couche semi-conductrice 11 et au substrat 12 de la forme de réalisation précédente. Toutefois, dans cette forme de réalisation, les électrodes prennent la forme de deux bandes d'électrode allongées 23A et 23B placées le long de deux génératrices opposées du cylindre. L'ensemble interrupteur comprend, de plus, six diodes électroluminescentes 24 placées le long de l'axe du cylindre 21,22. La couche semi-conductrice 21 a la composition 30 Cd/Se/S/Cl/Cu décrite ci-avant. 35

Le fonctionnement des interrupteurs électroniques montrés aux figures 4 et 5 et aux figures 6 et 7 est le suivant. Une tension de polarisation de grille est appliquée par les électrodes (13A-13B, 23A-5 23B) et aucun courant ne passe tant que la source de lumière n'éclaire pas, tandis que dès qu'elle éclaire, un courant passe.

Des interrupteurs électroniques tels que 10 montrés peuvent être très compacts. Les propriétés des semi-conducteurs décrits sont telles que les interrupteurs peuvent utiliser sans dommage des impulsions de voltage jusqu'à 30 kV ou plus avec un espace entre les électrodes aussi petit que 10 ou 20 mm.

15 De manière à ce que l'invention puisse être mieux comprise, les exemples suivants, pour lesquels tous les pourcentages sont donnés en poids sauf indication contraire, sont donnés à titre 20 d'illustration uniquement.

#### Exemple 1

Un mélange poudreux de composition suivante 25 ("La première composition") :

séléniure de cadmium	45 %
sulfure de cadmium	45 %
chlorure de cadmium	9,91 %
chlorure de cuivre (cuivrique)	0,09 %

30 a été formé et a ensuite été moulu à sec dans un boyeur mécanique, tel qu'un désintégrateur, de manière à obtenir un mélange homogène dans lequel toutes les 35 particules avaient une granulométrie inférieure à 3 µm.

Une solution à 10% d'éthylcellulose dans de l'essence de térébenthine a été mélangée avec le mélange de poudre, la quantité de solution étant de 15 % des poids combinés de la solution et du mélange poudreux.

5 On a continué de mélanger jusqu'à ce qu'une pâte lisse était obtenue.

La pâte a été appliquée par impression au tamis sur la surface d'un substrat céramique de haute densité à 96% en oxyde d'aluminium du type utilisé pour la production de circuits en couche épaisse. Les dimensions du substrat étaient 5 cm x 3,5 cm x 0,05 cm et la pâte a été imprimée de manière à couvrir une surface rectangulaire de 5 cm x 3 cm. L'utilisation d'un tamis 305 mesh a donné une couche de pâte d'environ 15  $\mu\text{m}$  d'épaisseur.

Le substrat recouvert a été placé dans un four et a été chauffé à 100° C pendant 10 minutes pour évaporer l'essence de térébenthine.

Une pâte similaire à celle décrite ci-dessus mais ayant la composition suivante de composés inorganiques ("La deuxième composition") :

25	séléniure de cadmium	35%
	sulfure de cadmium	55%
	chlorure de cadmium	9,99%
	chlorure de cuivre	0,01%

30 a été imprimée au tamis pour former deux bandes de 3 mm de largeur et de 4,5 cm de longueur, ces bandes recouvrant sur 1,5 mm les longs côtés de la couche précédemment imprimée.

Le but de ces bandes était de fournir un meilleur contact électrique entre la couche semi-conductrice frittée et les électrodes en indium (voir ci-dessous). Il a été trouvé que des compositions 5 contenant plus de 45% de sulfure de cadmium et une relativement faible proportion de cuivre donne un meilleur contact électrique que des compositions contenant 45% ou plus de sélénium de cadmium et une proportion plus importante de cuivre.

10

Le substrat recouvert a été replacé dans le four et a été chauffé à 100° C pendant 10 minutes pour évaporer l'essence de térébenthine des bandes imprimées.

15

Le substrat recouvert a ensuite été placé dans un conteneur en verre Pyrex<sup>®</sup> ayant un couvercle supérieur de même matériau. Du gaz pouvait être introduit par une extrémité du conteneur au moyen d'un tube en verre Pyrex<sup>®</sup> et pouvait être déchargé par 20 l'autre extrémité opposée au moyen d'une ouverture entre le conteneur et son couvercle supérieur. Cet ensemble a été placé dans un four chauffé électriquement.

25

Avant de chauffer, de l'azote pur a d'abord été introduit dans le conteneur à un débit de 4,5 litres par heure pendant une période de 20 minutes pour chasser le volume d'air qui était initialement présent. Le four a ensuite été chauffé à 580°C pendant une période de 50 minutes tout en continuant à faire passer de 30 l'azote pur. Une fois que la température de 580° C a été atteinte, une faible proportion d'air, à savoir 1% en volume, a été ajoutée à l'azote et le débit de ce mélange a été maintenu à 4,5 litres par heure. La température de 580° C a été maintenue pendant 60 minutes 35 et à la fin de cette période, le four a été éteint et

on a laissé le four se refroidir pendant une période de 60 à 90 minutes. Le débit du mélange azote/air a été maintenu jusqu'au refroidissement du four à une température inférieure à 150°C. Par après, de l'air 5 pouvait être soufflé à travers le four pour accélérer le refroidissement.

La couche frittée obtenue était ferme, adhérente et chimiquement stable. Il y avait une 10 réduction d'environ 40% de l'épaisseur de la couche. Des études au microscope électronique de la surface du matériau fritté ont montré que cette dernière consistait principalement de gros grains d'environ 9  $\mu\text{m}$  fondus ensemble aux jonctions de ceux-ci.

15

La composition chimique de la première composition frittée était la suivante :

	cadmium	68,4%
20	sélénium	20,2%
	soufre	11,06%
	chlore	0,3%
	cuivre	0,04%.

25 De l'indium a ensuite été évaporé sur les portions marginales des longs côtés du substrat pour former des électrodes. Dans ce but, un masque métallique a été placé pour couvrir toute la première composition frittée et les zones marginales larges de 1 30 mm de la deuxième composition de chaque côté de la première composition. L'indium a ensuite été évaporé, en utilisant un appareil conventionnel d'évaporation de métal, pour revêtir le substrat masqué. Le masque a ensuite été précausioneusement retiré. 35 L'épaisseur du revêtement d'indium était de 0,5 $\mu\text{m}$ . Le

substrat recouvert a été placé dans un four et a été chauffé à 160°C pendant 15 minutes pour provoquer la fusion de l'indium à la surface de la deuxième composition frittée.

5

Le produit final avait donc une bande de première composition large de 27 mm (entre les longs côtés du substrat), une bandelette de deuxième composition large d'environ 1 mm sur chaque côté d'elle 10 et une bandelette d'électrode en indium large d'environ 3 mm sur l'autre côté de la deuxième composition et s'étendant jusqu'aux longs bords du substrat.

15 Pour former l'interrupteur, six diodes à luminescence (DEls) du type à lumière visible ont été montées sur une partie d'une plaquette de circuit imprimé mesurant 5 cm x 3,5 cm, en deux rangées de trois s'étendant à travers la largeur de la plaquette. Chaque rangée était positionnée avec son centre à 1,75 cm de 20 chaque extrémité et les DELs étaient disposées pour être espacées de façon égale le long de la longueur de la rangée. Chaque rangée de trois DELs était électriquement connectée en série et les deux rangées étaient connectées en parallèle pour former une 25 connexion de commande commune. Les rangs de DELs étaient montés au dessus de la surface du semi-conducteur sur le substrat avec un espacement de 3 mm entre la surface et la tête de chaque DEL. L'assemblage de la plaquette de DELs et le substrat recouvert étaient 30 montés dans un cadre rigide en plastique qui isolait électriquement le substrat recouvert des DELs. Des connexions électriques étaient réalisées aux électrodes en indium sur chaque bord du substrat. L'assemblage complet était alors immergé dans de l'huile isolante 35 pour transformateur pour empêcher des étincelles

électriques de se produire à travers la surface de la couche semi-conductrice.

Les DELs utilisés étaient des diodes rouges à haut rendement avec un pic d'émission de lumière rouge visible à 660 nm et un angle de visée de 140°. Leur intensité lumineuse pour un courant de 20 mA était de 200 mcd (0,2 candela). Pour un fonctionnement en courant pulsé, l'intensité lumineuse pour des impulsions de 100 mA était de façon typique de 1 candela à 25° C.

Les propriétés électriques de l'interrupteur étaient les suivantes :

15 Les propriétés électriques ont été enregistrées pour l'interrupteur immergé dans de l'huile isolante pour transformateur à une température de 25°C et dans une totale obscurité.

20 Pour une tension de courant continu de 30 kV appliquée à travers les contacts du semi-conducteur, un courant inférieur à 2  $\mu$ A a été enregistré, ceci correspondant à une résistance dans l'obscurité de l'interrupteur supérieure à 15.000 mega ohms.

25 Le claquage électrique du semi-conducteur est apparue à des tensions de courant continu de 35-40 kV lors de tests effectués sur plusieurs échantillons.

30 L'interrupteur pouvait résister à des impulsions de haut voltage du type généré par une bobine d'allumage d'un moteur à essence d'une grandeur d'au moins 35 kV et une fréquence de répétition des impulsions de 200 par seconde.

## Conditions d'éclairement :

Les propriétés suivantes ont été notées avec l'interrupteur immergé dans de l'huile isolante pour 5 transformateur à une température de 25°C et avec les conditions d'éclairement suivantes.

Courant passant de la diode, impulsions de courant d'une durée de 3 ms et d'intensités supérieures 10 à 0,15, à une fréquence de répétition des impulsions de 50 par seconde.

## Test du temps de réponse :

15 Une polarisation en courant continu de 500 Volts était appliquée à travers les contacts de la couche semi-conductrice et les conditions de courant passant données ci-dessus étaient appliquées aux diodes provoquant des impulsions de courant à générer dans le 20 circuit mis sous tension. Les caractéristiques de ces impulsions étaient les suivantes :

courant maximum enregistré	18,5 mA
25 temps entre le courant minimum et le courant maximum où le temps zéro marque le début de l'impulsion d'éclairement	1,4 ms
30 temps pour que le courant tombe à 1% de la valeur de pic après la fin de l'impulsion de courant de diode	1,7 ms
35 résistance minimale estimée	27.000 ohms

## Capacité maximale du courant d'impulsion d'allumage.

La sortie d'une bobine d'allumage haute tension était connectée en série avec les électrodes de la couche semi-conductrice de sorte que l'interrupteur représente la seule impédance de courant dans le circuit. La bobine d'allumage était agencée pour produire une impulsion de courant d'allumage à un moment dans le temps qui coïncidait avec le milieu de la durée de l'impulsion de courant passant de DEL, c'est-à-dire l'impulsion de courant d'allumage a lieu au moment où l'interrupteur actionné par l'impulsion est dans un état de moindre résistance et conduit à chaque impulsion.

La forme de base de l'onde de l'impulsion de courant produite par ce circuit était celle d'une montée au pic de courant en un temps de 75  $\mu$ s et ensuite une décroissance progressive à un courant nul sur une période de temps de 1,5 ms à une fréquence de répétition d'impulsions de 50 par seconde.

Les courants maximums sont modifiés en changeant le courant primaire de la bobine d'allumage et dans une large mesure en changeant le type de bobine d'allumage.

Courant pulsé maximum qui était maintenu pendant une période de temps supérieure à deux heures avec aucun signe de dégradation de l'interrupteur 70 mA

Energie estimée de l'impulsion d'allumage 45 mJ

Puissance dissipée par la couche à 25°C 2,2 W

5 courant pulsé maximum qui provoque une dégradation de la couche semi-conductrice après 10 minutes 100 mA

10 Energie estimée de l'impulsion d'allumage 93 mJ

Puissance dissipée par la couche à 25°C 4,65 W

15  
Exemple 2

20 Une couche semi-conductrice frittée a été formée sur un substrat en oxyde d'aluminium de la manière décrite dans l'exemple 1, mais avec les modifications suivantes.

25 La composition des matières inorganiques était la suivante :

séléniure de cadmium	35 %
sulfure de cadmium	55 %
chlorure de cadmium	9,95 %
chlorure de cuivre	0,05 %

30 Seule cette composition était utilisée (c'est-à-dire qu'une une deuxième composition de matières inorganiques n'était pas utilisée dans cet exemple).

Le substrat était en la même matière et de même dimension que celui de l'exemple 1, mais la pâte a été imprimée au tamis pour former un rectangle de 3 cm x 2 cm.

5

Dans l'étape de frittage, le pourcentage d'air dans le mélange azote/air était de 2% en volume et la température de frittage était de 540°C.

10

De l'indium a été évaporé sur le semi-conducteur fritté pour former des couches de contact établies dans le sens de la largeur du substrat, chacune desdites couches s'étendant depuis un petit côté du substrat jusqu'à recouvrir la couche semi-conductrice sur 1,5 mm.

20

Le substrat recouvert fini était, dès lors, généralement du type représenté aux figures 1,2 et 3 et comprenait une couche semi-conductrice d'environ 2 cm de largeur et 2,7 cm de longueur avec des contacts en indium établis dans le sens de la largeur de la couche et recouvrant le bord de celle-ci sur une distance de 1,5 mm à chaque extrémité.

25

Ce substrat recouvert était assemblé avec deux tubes à décharge luminescente en tant que source de lumière. Ceux-ci sont des témoins lumineux au néon disponibles dans le commerce. Les deux tubes au néon sont placés avec la longueur de chaque tube agencée dans le sens de la largeur du semi-conducteur et sont espacés de sorte que l'axe central des tubes est positionné à 1 cm des électrodes et à 1 cm au-dessus de la surface du semi-conducteur. Un petit réflecteur plat était placé au-dessus des tubes au néon pour accroître l'éclairage de la surface.

Chacun des tubes au néon était connecté en série avec l'autre et la forme de l'onde de courant utilisée pour commander les tubes au néon était la même que celle de l'exemple 1 sauf que le courant maximum 5 était limité à 20 mA.

Propriétés électriques :

Conditions dans l'obscurité

10

Les propriétés suivantes ont été enregistrées avec l'interrupteur immergé dans de l'huile isolante pour transformateur à une température de 25°C et dans une obscurité totale.

15

Pour une tension en courant continu de 30 kV appliquée entre les contacts de la couche semi-conductrice, un courant de moins de 1  $\mu$ A a été enregistré, ce qui équivalait à une résistance de 20 l'interrupteur dans l'obscurité supérieure à 30.000 mega ohms.

Le claquage électrique de la matière semi-conductrice avait lieu à une tension en courant continu de 37 à 39 kV selon des tests effectués sur 25 différents échantillons.

L'interrupteur pouvait résister à des impulsions de tension élevée du type généré par une 30 bobine d'allumage avec une grandeur d'au moins 32 kV et une fréquence de répétition des impulsions de 200 par seconde.

Conditions de l'interrupteur éclairé.

Les propriétés de l'interrupteur ont été enregistrées avec l'interrupteur immergé dans une huile isolante pour transformateur à une température de 25° C et avec les conditions d'éclairement suivantes :

5

courant au néon : impulsions de courant d'une durée de 3 ms et d'indensités supérieures à 0,02, à une fréquence de répétition des impulsions de 50 par seconde.

10

Test du temps de réponse :

Une polarisation en courant continu de 500 volts était appliquée entre les contacts de la couche semi-conductrice et les conditions données ci-dessus relatives au courant passant étaient appliquées aux tubes au néon pour provoquer des impulsions de courant à générer dans le circuit avec une polarisation de 500 volts. Les caractéristiques de ces impulsions étaient les suivantes :

courant maximum enregistré 12,5 mA

25 temps depuis le courant minimum au courant maximum où le temps zéro marque le début de l'impulsion d'éclairement 1,2 ms

30 temps pour que le courant tombe à 1% de la valeur maximale après la fin de l'impulsion de courant de diode 3,7 ms

35 résistance minimale estimée 40.000 ohms

capacité maximale d'impulsion d'allumage

Condition de test :

5 Une sortie d'une bobine haute tension  
d'allumage a été connectée en série avec les électrodes  
de la couche semi-conductrice de sorte que  
l'interrupteur représente la seule impédance au courant  
dans le circuit. La bobine d'allumage était disposée de  
10 manière à produire une impulsions de courant d'allumage à  
un moment dans le temps qui coïncidait avec le milieu  
de la durée de l'impulsion de courant du néon, c'est-à-  
dire que l'impulsion du courant d'allumage avait lieu au  
moment où l'interrupteur commandé par l'impulsion est  
15 dans un état de moindre résistance et conduit à chaque  
impulsion.

La forme de base de l'onde de l'impulsion de courant produite par ce circuit était celle d'une montée au courant maximum en une période de 75  $\mu$ s et ensuite d'une décroissance progressive à un courant nul sur une période de temps de 1,5 ms à une fréquence de répétition d'impulsion de 50 par seconde.

25 Les courants maximums sont modifiés en changeant le courant primaire de la bobine d'allumage et dans une large mesure en changeant le type de bobine d'allumage.

30

courant maximum pulsé qui était maintenu pendant une période supérieure à deux heures sans signe de dégradation de l'interrupteur 60 mA

Energie estimée de l'impulsion  
d'allumage

54 mJ

5 Puissance dissipée par la  
couche à 25°C 2,7 W

10 Courant maximum pulsé qui  
provoquait une dégradation de  
la couche photoconductrice  
après 10 minutes 80 mA

Energie estimée de l'impulsion  
d'allumage 96 mJ

15 Puissance dissipée par la  
couche à 25°C 4,8 W

REVENDICATIONS

1. Interrupteur électronique comprenant un semi-conducteur photosensible (1, 11, 21) et une source de lumière (14,24) qui, lorsqu'elle est activée, éclaire le semi-conducteur et permet à ce dernier de devenir conducteur, caractérisé en ce que le semi-conducteur photosensible est un mélange fritté comprenant de 63 à 74% en poids de cadmium, de 16 à 24% en poids de sélénium, de 8 à 14% en poids de soufre, de 0,1 à 1% en poids de chlore et de 0,005 à 0,1% en poids de cuivre.
- 10 5
2. Interrupteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le semi-conducteur (1,11,21) se présente sous la forme d'une couche adhérente sur un substrat électriquement isolant (2,12,22).
- 15 15
3. Interrupteur selon la revendication 2, caractérisé en ce que la couche semi-conductrice frittée (1,11,21) est munie de deux couches d'électrodes (3A,3B; 13A, 13B ; 23A, 23B) séparées et adhérentes.
- 20 20
4. Interrupteur suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend un substrat électriquement isolant, deux couches d'électrode séparées adhérant sur le substrat et une couche adhérente de la composition semi-conductrice frittée recouvrant les couches d'électrode et le substrat situé entre elles.
- 25 30
5. Interrupteur suivant la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce que les couches d'électrode (3A, 3B ; 13A, 13B ; 23A, 23B) sont réalisées en argent, indium ou aluminium ou en une résine époxy chargée d'argent, d'indium ou d'aluminium.

6. Interrupteur suivant l'une quelconque des revendications 2 à 5, caractérisé en ce que la couche semi-conductrice adhérente (11, 21) et le substrat (12, 22) ont la forme d'un cylindre creux.

5

7. Interrupteur suivant la revendication 6, caractérisé en ce que la source de lumière (14, 24) est située le long de l'axe longitudinal du cylindre.

10

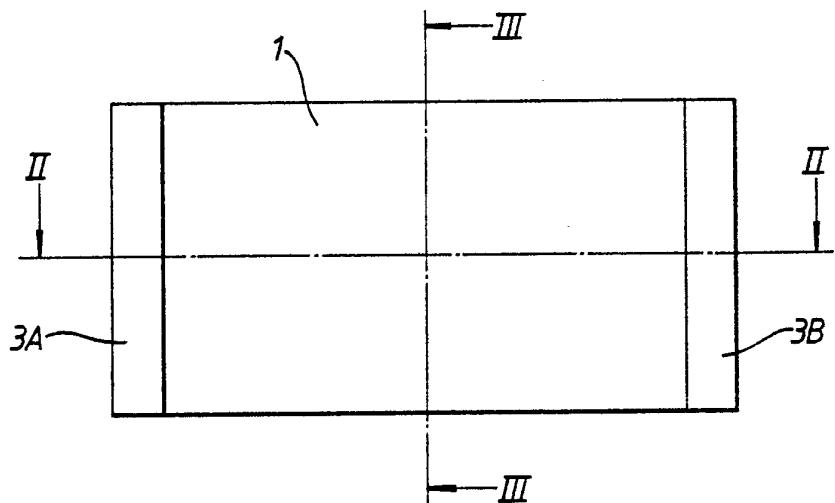
8. Interrupteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la source de lumière est une ou plusieurs diodes luminescentes (24).

15

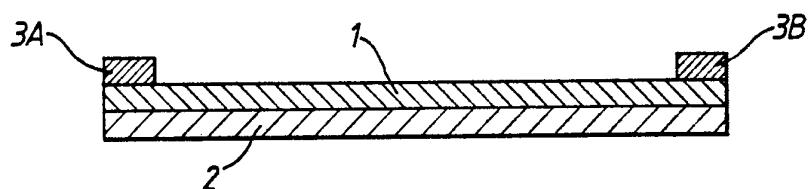
9. Interrupteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la source de lumière est une lampe ou un tube à décharge luminescente (14) donnant une lumière ayant une longueur d'onde de 500 à 900 nanomètres.

20

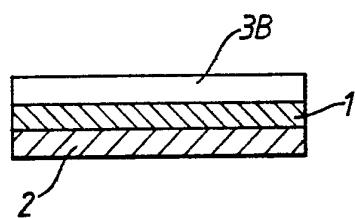
10. Méthode de fabrication d'un interrupteur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on prépare une pâte d'un mélange de poudre finement divisée comprenant de 35 à 55% en poids de sélénium de cadmium, de 35 à 55% en poids de sulfure de cadmium, de 5 à 15% en poids de chlorure de cadmium et de 0,01 à 0,1% en poids de chlorure de cuivre, d'un liant et d'un liquide volatil, on applique un revêtement de la pâte sur un substrat électriquement isolant, on sèche le revêtement, on fritte le revêtement séché à une température de 540° à 800°C pour former une couche adhérente de semi-conducteur photosensible sur le substrat, on place des couches d'électrodes séparées et adhérentes soit sur, soit sous la couche semi-conductrice et on assemble le substrat recouvert avec une source de lumière.



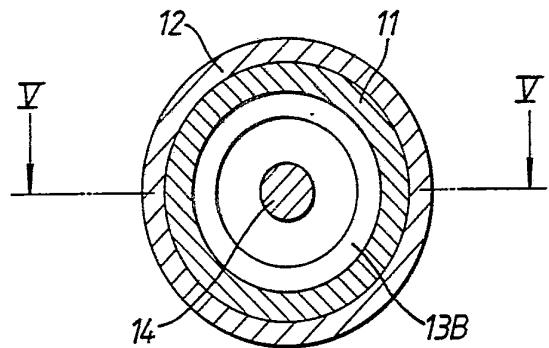
*Fig. 1.*



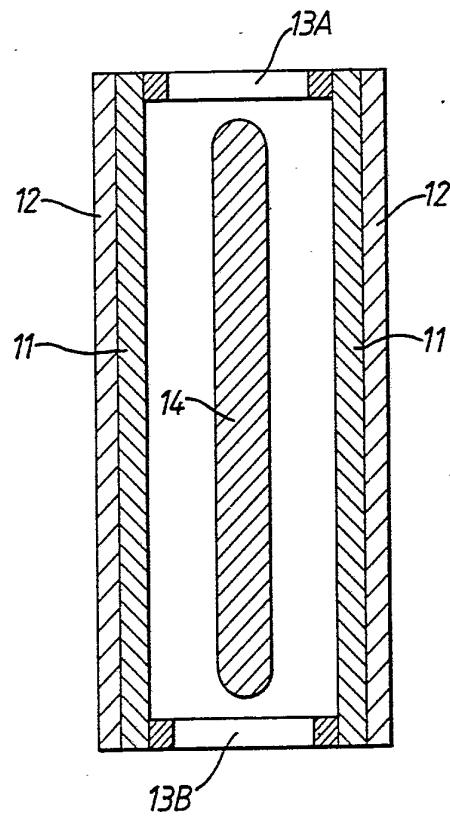
*Fig. 2.*



*Fig. 3.*



*Fig. 4.*



*Fig. 5.*

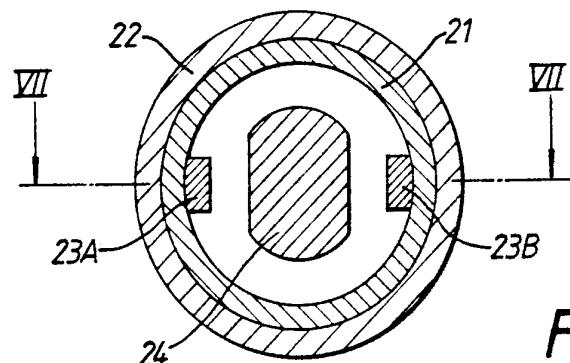


Fig. 6.

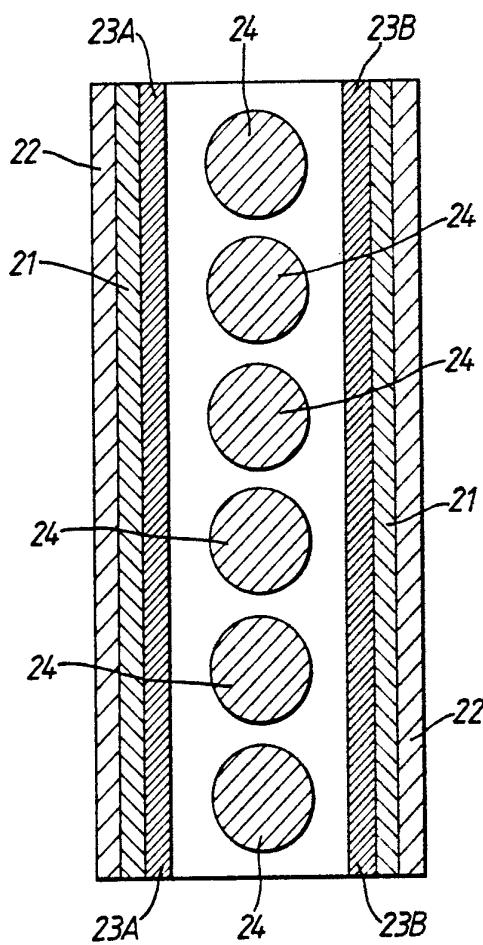


Fig. 7.