

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 80 27441**

---

(54) Dispositif de commutation à semi-conducteur.

(51) Classification internationale (Int. Cl.<sup>3</sup>). H 01 L 29/74, 29/06; H 03 K 17/72.

(22) Date de dépôt..... 24 décembre 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : *EUA, 28 décembre 1979, demande de brevet, n° 107.775, aux noms des inventeurs.*

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 29 du 17-7-1981.

---

(71) Déposant : Société dite : WESTERN ELECTRIC COMPANY, INC., résidant aux EUA.

(72) Invention de : Adrian Ralph Hartman, Terence James Riley et Peter William Shackle.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Flechner,  
63, av. des Champs-Élysées, 75008 Paris.

La présente invention concerne les structures à l'état solide et elle porte plus particulièrement sur des structures à l'état solide à haute tension qui sont utiles dans les systèmes de commutation téléphonique et dans de nombreuses autres applications.

5 Dans un article de Michio Tokunaga et col. intitulé "Development of Integrated Semiconductor Crosspoint Switches and a Fully Electronic Switching System", International Switching Symposium, 26 Octobre 1976, Kyoto, Japon, communication 221-4, on trouve la  
10 représentation d'un interrupteur haute tension entièrement à l'état solide, à isolation diélectrique, qui comporte un corps semi-conducteur massif de type n. Une région d'anode de conductivité de type p+ n'est séparée que par des parties du volume principal du corps d'une première région de gâchette de conductivité de type p+. La première région de gâchette entoure une région de cathode de  
15 conductivité de type n+ et vient en contact avec elle. Une seconde région de gâchette du corps semiconducteur, de type p+, est située dans une partie du corps semiconducteur autre que celle qui se trouve entre la région d'anode et la première région de gâchette. On ferme l'interrupteur en injectant ou en extrayant un courant à  
20 partir de l'une des régions de gâchette. Une fois que la circulation du courant entre l'anode et la cathode cesse, l'interrupteur retourne à son état de repos bloqué ou ouvert. Un défaut de cette structure consiste en ce qu'elle est incapable d'interrompre un courant notable existant qui circule entre l'anode et la cathode (les bornes de  
25 sortie).

Il est souhaitable de disposer d'un interrupteur entièrement à l'état solide très semblable à celui décrit ci-dessus, mais dans lequel il soit possible d'interrompre (ou de bloquer) facilement un courant notable existant qui circule entre les bornes de sortie de  
30 l'interrupteur.

Un interrupteur à l'état solide à haute tension qui correspond à un mode de réalisation de l'invention considéré à titre d'exemple, utilise un corps semi-conducteur monocristallin massif, de type n, faiblement dopé, avec une région d'anode de type p+ fortement  
35 dopée, une première région de gâchette de type n+ fortement dopée, une seconde région de gâchette de type p modérément dopée, et une région de cathode de type n+ fortement dopée. La seconde région de gâchette entoure la région de cathode. La première région de gâchette est située

directement entre la région d'anode et la seconde région de gâchette. Dans un mode de réalisation préféré, le corps semiconducteur est isolé de manière diélectrique d'un élément de support semiconducteur polycristallin.

5 Dans un mode de réalisation, l'interrupteur est conçu de façon à être à l'état "fermé" et conducteur avec l'anode polarisée positivement par rapport à la cathode. On bloque ou on interrompt la conduction de l'anode vers la cathode en élevant le potentiel de la première région de gâchette à une valeur qui entraîne la formation de  
10 régions d'appauvrissement dans le corps du semiconducteur et qui fait en sorte que le potentiel de la partie du volume principal du corps du semiconducteur se trouvant sous la région de gâchette et au-dessus de la couche diélectrique soit plus positif que celui de l'anode, de la cathode et/ou de la seconde région de gâchette.

15 L'emplacement de la première région de gâchette entre les régions d'anode et de cathode constitue un facteur essentiel qui améliore les caractéristiques de coupure de courant de l'interrupteur à l'état solide de l'invention.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre et en se référant au dessin annexé qui  
20 représente un interrupteur à haute tension correspondant au mode de réalisation préféré de l'invention.

On se reportera maintenant au dessin qui représente une vue en perspective d'une structure 10 qui comporte une surface plane 11  
25 et qui comprend un élément semiconducteur polycristallin 12 qui supporte un corps semiconducteur monocristallin 16 dont le volume principal est du type de conductivité n et qui est séparé de l'élément de support 12 par une couche diélectrique 14.

Le corps 16 comprend une première région d'anode localisée  
30 18, qui est de conductivité de type p<sup>+</sup> et dont une partie forme une partie de la surface 11. Le corps 16 comprend également une région de gâchette localisée 20, qui est de conductivité de type n<sup>+</sup> et dont une partie forme une partie de la surface 11. Le corps 16 comprend une troisième région localisée, ou région de cathode, 24, qui est de con-  
35 ductivité de type n<sup>+</sup> et dont une partie forme une partie de la surface 11. Une région 22, qui est de conductivité de type p, entoure étroitement la région 24 et fait fonction d'écran évitant le percement de la

couche d'appauvrissement. Cette région a également pour action d'empêcher l'inversion des parties du corps 16 qui se trouvent au niveau de la surface 11 ou à proximité de celle-ci, entre les régions 20 et 24. La région de gâchette 20 est située entre la région d'anode 18 et la région 22 et elle est séparée des deux par des parties du volume principal de type n- du corps 16. Les régions 18, 20 et 24 ont des résistivités faibles en comparaison de celle des parties du volume principal du corps 16. La résistivité de la région 22 est intermédiaire entre celle de la région de cathode 24 et celle du volume principal du corps 16.

Les électrodes 28, 30 et 32 sont des conducteurs qui établissent un contact à faible résistance avec les parties de surface des régions respectives 18, 20 et 24. Un diélectrique comportant des ouvertures couvre la surface principale 11 de façon à isoler les électrodes 28, 30 et 32 de toutes les régions autres que celles avec lesquelles elles doivent être en contact électrique. Une électrode 36 établit un contact à faible résistance avec le support 12 au moyen d'une région fortement dopée 34 qui est du même type de conductivité n que le support 12.

Le support 12 comme le corps 16 sont avantageusement en silicium et la conductivité du support 12 est soit de type n, soit de type p. Comme il est représenté, les électrodes 28, 30 et 32 recouvrent avantageusement les régions de semiconducteur avec lesquelles elles établissent un contact à faible résistance, mais elles sont électriquement isolées de ces dernières par des parties de la couche 26. L'électrode 32 recouvre également complètement la région 22. Ce recouvrement, correspondant à la présence de "plaques de champ", facilite le fonctionnement à haute tension du fait qu'il accroît la tension à laquelle le claquage se produit.

Dans le mode de réalisation qui est considéré à titre d'exemple, le support 12, le corps 16, et les régions 18, 20, 22, 24 et 34 sont tous en silicium et ont respectivement des conductivités de type n-, n-, p+, n+, p, n+ et n+, le symbole "+" désignant une résistivité relativement faible tandis que le symbole "-" désigne une résistivité relativement élevée. La couche diélectrique 14 est en dioxyde de silicium et les électrodes 28, 30, 32 et 36 consistent toutes en couches d'aluminium.

On peut former plusieurs corps 16 séparés sur un support

commun 12 pour réaliser plusieurs interrupteurs en une seule structure intégrée.

On fait fonctionner de façon caractéristique la structure 10 en tant qu'interrupteur ayant un chemin à faible impédance entre la région d'anode 18 et la région de cathode 24 lorsqu'il est à l'état 5 conducteur et ayant une impédance <sup>élevée</sup> entre ces deux régions lorsqu'il est à l'état bloqué. Le potentiel qui est appliqué à la région de gâchette 20 détermine l'état de l'interrupteur lorsque des tensions d'alimentation appropriées sont maintenues sur les autres électrodes. Il y a 10 conduction entre la région d'anode 18 et la région de cathode 24 si le potentiel de la région d'anode 18 est suffisamment supérieur à celui de la région de cathode 24 et si le potentiel de la région de gâchette 20 est inférieur à celui de la région d'anode 18. A l'état conducteur, des trous sont injectés dans le corps 16 à partir de la région d'anode 15 18 et des électrons sont injectés dans le corps 16 à partir de la région de cathode 24. On fait en sorte que ces trous et ces électrons soient en nombre suffisant pour former un plasma qui module la conductivité du corps 16. Ceci abaisse effectivement la résistance du corps 16 de façon que la résistance entre la région d'anode 18 et la région 20 de cathode 24 soit relativement faible lorsque la structure 10 fonctionne à l'état conducteur. Ce type de fonctionnement constitue ce qu'on appelle un double injection de porteurs.

La région 22 contribue à limiter le percement d'une couche d'appauvrissement qui se forme au cours du fonctionnement entre la 25 région de gâchette 20 et la région de cathode 24 et elle contribue à empêcher la formation d'une couche d'inversion de surface entre ces deux régions. En outre, elle permet de parvenir plus facilement à un espacement relativement réduit entre la région de gâchette 20 et la région de cathode 24. Ceci facilite l'obtention d'une résistance rela- 30 tivement faible entre la région d'anode 18 et la région de cathode 24 dans l'état conducteur.

Le support 12 est maintenu de façon caractéristique au niveau de potentiel le plus positif disponible. La conduction entre la région d'anode 18 et la région de cathode 24 est bloquée ou coupée si 35 le potentiel de la région de gâchette 20 est suffisamment plus positif que celui de la région d'anode 18, de la région de cathode 24 et de la région 22. La valeur du potentiel positif excédentaire qui est nécessaire pour bloquer ou couper la conduction est fonction de la géométrie

et des niveaux de concentration en impuretés (dopage) de la structure 10. Ce potentiel de gâchette positif donne à une section du corps 16, entre la région de gâchette 20 et la couche diélectrique 14, un potentiel plus positif que celui de la région d'anode 18, de la région de cathode 24 et/ou de la région d'anode 22. Cette barrière de potentiel positif bloque la conduction des trous de la région d'anode 18 vers la région de cathode. En outre, des régions d'appauvrissement sont formées aux jonctions entre la région d'anode 18 et le corps 16 et entre la région 22 et le corps 16. Le champ électrique à l'intérieur des régions d'appauvrissement formées a pour action de retenir les trous à l'intérieur de la région d'anode 18 et de la région 22, et il limite donc la circulation du courant entre les régions d'anode et de cathode (18 et 24). La région de gâchette 20 recueille les électrons qui sont émis par la région de cathode 24 avant qu'ils puissent atteindre la région d'anode 18.

Lorsque la structure 10 est à l'état conducteur, la diode à jonction qui est formée par la région d'anode 18 et le corps de semiconducteur 16 devient polarisée en sens direct. Des moyens de limitation de courant, comme une charge (non représentée), sont normalement incorporés pour limiter la conduction par la diode polarisée en sens direct. Lorsque la structure 10 est à l'état conducteur, on peut élever le potentiel de la région de gâchette 20 au-dessus de celui de la région d'anode 18 et la circulation du courant entre la région d'anode 18 et la région de cathode 24 se prolonge tant que la partie du corps de semiconducteur 16 qui se trouve au-dessous de la région de gâchette 20 et qui descend jusqu'à la couche diélectrique 14 est à un potentiel plus positif que celui de la région d'anode 18, de la région de cathode 24 et de la région 22.

Un mode de réalisation caractéristique peut être conçu de la manière suivante. L'élément de support 12 est un substrat de silicium de type n ayant une épaisseur de 0,46 à 0,56 mm pour assurer un support mécanique, avec une concentration en impuretés d'environ  $2 \times 10^{13}$  impuretés/cm<sup>3</sup>, ce qui correspond à une résistivité supérieure à 100 ohms-centimètres. Les autres dimensions sont imposées par la taille et le nombre des corps 16 à inclure. La couche diélectrique 14 est une couche de dioxyde de silicium d'une épaisseur de 2 à 4 microns. Le corps 16 a de façon caractéristique une épaisseur de 30 à 55 microns,

une longueur approximative de 430 microns, une largeur de 300 microns, et il est de conductivité de type n- avec une concentration en impuretés comprise dans la plage approximative de  $5 \text{ à } 9 \times 10^{13}$  impuretés/cm<sup>3</sup>. La région d'anode 18 est de conductivité de type p+, elle a de

5 façon caractéristique une épaisseur de 2 à 4 microns, une largeur de 44 microns et une longueur de 52 microns et sa concentration en impuretés est approximativement de  $10^{19}$  impuretés/cm<sup>3</sup>, ou davantage.

L'électrode 28 est de façon caractéristiques en aluminium avec une épaisseur de 1,5 micron, une largeur de 84 microns et une longueur de

10 105 microns. La région 20 est de conductivité de type n+, elle a de façon caractéristique une épaisseur de 2 à 20 microns, une largeur de 15 microns et une longueur de 300 microns, et sa concentration en impuretés est approximativement de  $10^{19}$  impuretés/cm<sup>3</sup>, ou davantage.

L'électrode 30 est en aluminium et elle a une épaisseur de 1,5 micron,

15 une largeur de 50 microns et une longueur de 340 microns. L'écartement entre les bords adjacents des électrodes 28 et 30 et entre les bords adjacents des électrodes 30 et 32 est de façon caractéristique de 40 microns dans les deux cas. La région 22 est de conductivité de type p, elle a de façon caractéristique une épaisseur de 3 à 6 microns, une

20 largeur de 64 microns et une longueur de 60 microns, et sa concentration en impuretés est d'environ  $10^{17}$  à  $10^{18}$  impuretés/cm<sup>3</sup>. La région de cathode 24 est de conductivité de type n+, elle a de façon caractéristique une épaisseur de 2 microns, une largeur de 48 microns et une

25 longueur de 44 microns, et sa concentration en impuretés est approximativement de  $10^{19}$  impuretés/cm<sup>3</sup>, ou davantage. L'électrode 32 est en aluminium et elle a une épaisseur de 1,5 micron, une largeur de 104 microns et une longueur de 104 microns. L'écartement entre les extrémités des régions 18 et 22 et les extrémités respectives du corps 16 est de façon caractéristique de 55 microns. L'écartement entre la ré-

30 gion d'anode 18 et la région de gâchette 20 est de façon caractéristique de 74 microns, de même que l'écartement entre la région de gâchette et la région 22. La région 34 est de conductivité de type n+, elle a de façon caractéristique une épaisseur de 2 microns, une largeur de 26 microns et une longueur de 26 microns, et sa concentration en impuretés

35 est de  $10^{19}$  impuretés/cm<sup>3</sup>, ou davantage. L'électrode 36 est en aluminium et elle a une épaisseur de 1,5 micron, une largeur de 26 microns et une longueur de 26 microns.

Les modes de réalisation qui sont décrits ici sont destinés à illustrer les principes généraux de l'invention. Ils peuvent faire l'objet de diverses modifications sans sortir du cadre de l'invention. Par exemple, selon une variante, l'élément de support 12  
5 peut être du silicium de conductivité de type p, de l'arséniure de gallium, du saphir, un conducteur ou une matière inactive au point de vue électrique. Si la région 12 consiste en une matière inactive au point de vue électrique, on peut supprimer la couche diélectrique 14. En outre, on peut fabriquer le corps 16 sous la forme d'une structure  
10 du type à isolation par air. Ceci permet d'éliminer l'élément de support 12. Les électrodes peuvent en outre être constituées par du silicium polycristallin dopé, de l'or, du titane, ou d'autres types de conducteurs. On peut de plus ajuster les niveaux de concentration en impuretés, les écartements entre les différentes régions et d'autres  
15 dimensions des régions pour permettre l'utilisation de tensions et de courants de fonctionnement notablement différents de ceux qui sont décrits. On peut en outre remplacer le dioxyde de silicium par d'autres types de matières diélectriques, comme du nitrure de silicium. On peut de plus inverser le type de conductivité de toutes les régions  
20 situées à l'intérieur de la couche diélectrique, à condition de modifier convenablement les polarités des tensions, de la manière qui est bien connue. En outre, on peut établir un contact électrique avec la région 22. Selon la résistivité de la région 22, le contact électrique avec cette région pourrait être réalisé directement sur la région 22  
25 ou par l'intermédiaire d'une région de contact en semiconducteur de type p<sup>+</sup> ajoutée dans une partie de la région 22. On pourrait alors utiliser la région 22 comme une seconde région de gâchette de la structure 10. On notera que l'utilisation de deux des structures de l'invention avec la cathode de l'une branchée à l'anode de l'autre et les premières  
30 gâchettes 20 branchées en commun permet de disposer d'un interrupteur bidirectionnel qui peut fonctionner en courant alternatif ou en courant continu.

Il va de soi que de nombreuses autres modifications peuvent être apportées au dispositif décrit et représenté, sans sortir du  
35 cadre de l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif de commutation comprenant un corps de semi-conducteur (16) dont le volume principal est d'un premier type de conductivité, une première région (18) qui se trouve dans le corps (16)  
5 et qui est d'un second type de conductivité opposé au premier type de conductivité, une seconde région (24) qui se trouve dans le corps (16) et qui est du premier type de conductivité, une troisième région (22) du second type de conductivité, la troisième région (22) entourant la seconde région et venant en contact avec elle, une région de gâchette  
10 (20) qui est située dans le corps (16) et qui est du premier type de conductivité; la première région (18), la troisième région (22) et la région de gâchette (20) étant mutuellement séparées par des parties du volume principal du corps de semiconducteur (16) et étant situées sur une première surface principale du corps (16), la résistivité du volume  
15 principal du corps (16) étant supérieure à la résistivité de la première région (18), de la seconde région (24), de la troisième région (22) et de la région de gâchette (20), et les paramètres du dispositif étant tels que, lorsqu'une première tension est appliquée à la région de gâchette, des régions d'appauvrissement sont formées dans le corps  
20 (16) et le potentiel de la partie du volume principal qui se trouve au-dessous de la région de gâchette (22) et au-dessus de la couche diélectrique (24) est plus positif que celui des première, seconde et troisième régions (18,22,24), ce qui bloque pratiquement la circulation du courant entre les première et seconde régions (18,24), et tels que  
25 lorsqu'une seconde tension est appliquée à la région de gâchette (20) alors que des tensions appropriées sont appliquées aux première et seconde régions (18,24), un chemin de courant à résistance relativement faible est établi entre les première et seconde régions (18,24) par double injection de porteurs, caractérisé en ce que la région de gâchette (20) se trouve pratiquement directement entre la première région  
30 (18) et la troisième région (22).

2. Dispositif de commutation selon la revendication 1, caractérisé en ce que le corps de semiconducteur (16) est séparé d'un élément de support en semiconducteur (12) par une couche diélectrique (14).

35 3. Ensemble de dispositifs de commutation, chacun d'eux étant un dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que chaque dispositif est placé sur l'élément de support en semiconducteur (12) et est isolé de façon diélectrique (14) par rapport aux autres dispositifs.

4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que l'élément de support en semiconducteur est conçu de façon à être connecté à une électrode séparée.
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que l'élément de support en semiconducteur est de conductivité de type n ou p, le corps de semiconducteur ainsi que les seconde et troisième régions sont de conductivité de type n, les première et quatrième régions sont de conductivité de type p, la résistivité des première, seconde et troisième régions est inférieure à celle du volume principal du corps de semiconducteur, et la résistivité de la quatrième région est intermédiaire entre celle de la première région et celle du volume principal du corps de semiconducteur.
6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'élément de support en semiconducteur est conçu de façon à être connecté à une électrode séparée.
7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que l'élément de support en semiconducteur est de conductivité de type n ou p, le corps de semiconducteur et les seconde et troisième régions sont de conductivité de type p, les première et quatrième régions sont de conductivité de type n, la résistivité des première, seconde et troisième régions est inférieure à celle du volume principal du corps de semiconducteur, et la résistivité de la quatrième région est intermédiaire entre celle de la première région et celle du volume principal du corps de semiconducteur.
8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'élément de support en semiconducteur est conçu de façon à être connecté à une électrode séparée.

