

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

⑫

N° 83 05467

⑤4 Dispositif de commutation à semiconducteur.

⑤1 Classification internationale (Int. Cl.³). H 01 L 27/04.

⑫② Date de dépôt..... 1^{er} avril 1983.

⑫③ ⑫② ⑫① Priorité revendiquée : US, 1^{er} avril 1982, n° 364.298.

④1 Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 40 du 7-10-1983.

⑦1 Déposant : GENERAL ELECTRIC COMPANY. — US.

⑦2 Invention de : Michael Stuart Adler.

⑦3 Titulaire : *Idem* ⑦1

⑦4 Mandataire : Alain Catherine, GETSCO,
42, av. Montaigne, 75008 Paris.

La présente invention concerne de façon générale les transistors bipolaires avec des dispositifs de commande combinés, et elle porte plus particulièrement sur de tels transistors avec des dispositifs de commande capables de bloquer et de débloquer les transistors de façon active.

On sait qu'un transistor est dit "conducteur" ou "débloqué" lorsqu'il établit un chemin à conductance élevée entre ses électrodes de collecteur et d'émetteur et est dit "bloqué" lorsqu'il établit un chemin à faible conductance entre ses électrodes. Parmi les éléments de commande de l'art antérieur destinés à débloquent un transistor bipolaire, on trouve un transistor bipolaire branché selon une configuration Darlington avec un transistor bipolaire "commandé" (c'est-à-dire qu'il fournit un courant de base au transistor commandé, ou "commande la base" de ce dernier), et un transistor à effet de champ métal-oxyde-semiconducteur ("TEC MOS") qui commande la base d'un transistor bipolaire.

Chacun des éléments de commande de déblocage précédents comporte un inconvénient important. L'élément de commande de déblocage à transistor bipolaire a sa propre entrée de commande. Cette entrée nécessite un courant appréciable pour faire fonctionner le transistor et est donc ce qu'on appelle une entrée à basse impédance. Il serait souhaitable de réaliser un élément de commande de déblocage ayant une impédance d'entrée élevée.

L'élément de commande de déblocage à TEC MOS a effectivement une impédance d'entrée élevée ; cependant, il occupe une aire considérable du dispositif monolithique ré-

sultant lorsqu'il est intégré avec le transistor bipolaire. Il serait donc souhaitable de réaliser un élément de commande de déblocage occupant une aire notablement plus faible que celle d'un TEC MOS, mais qui ait une impédance d'entrée élevée.

Un but de l'invention est donc de réaliser un transistor bipolaire avec un dispositif de commande intégré, ayant un élément de commande de déblocage qui occupe une aire notablement plus faible que celle d'un TEC MOS, mais qui ait une impédance d'entrée élevée.

L'invention a également pour but de réaliser un transistor bipolaire avec un dispositif de commande combiné comportant un élément de commande de blocage actif.

L'invention a également pour but de réaliser un transistor bipolaire combiné avec un dispositif de commande comportant des éléments de commande de blocage et de déblocage pouvant être actionnés en commun à partir d'une seule source de tension.

Un mode de réalisation préféré de l'invention consiste en un dispositif de commutation à semiconducteur qui comprend un élément à transistor bipolaire et un élément de commande. L'élément à transistor bipolaire comprend des régions d'émetteur et de base et des première et seconde régions de collecteur qui ont des types de conductivité alternés et sont jointes ensemble en succession, une électrode de base contiguë à la région de base et une électrode de collecteur qui est connectée électriquement à la seconde région de collecteur. L'élément de commande comprend des première, seconde, troisième et quatrième régions qui ont des types de conductivité alternés et sont jointes ensemble en succession, une première électrode contiguë à la fois aux première et seconde régions, une seconde électrode connectée électriquement à la quatrième région, une troisième électrode et une couche isolante qui sépare la troisième électrode par rapport à la seconde région. La partie principale, au moins, de la troisième

région, la seconde région, et les première et quatrième régions sont dopées progressivement avec des concentrations de dopage respectives qui augmentent notablement. L'électrode de base est connectée électriquement à la première électrode 5 et l'électrode de collecteur est connectée électriquement à la seconde électrode.

Dans un mode de réalisation de l'invention, le dispositif de commutation à semiconducteur comprend en outre des moyens d'extraction de porteurs de courant, en couplage 10 électrique avec la région de base du transistor bipolaire, pour extraire des porteurs majoritaires à partir de cette région.

La suite de la description se réfère aux dessins annexés qui représentent respectivement :

- 15 Figure 1 : une coupe schématique d'une structure à semiconducteur dans laquelle l'invention est mise en oeuvre ;
- Figure 2 : une coupe similaire à la figure 1, montrant une structure à semiconducteur qui comporte un substrat de type N, au lieu d'un substrat de type P comme sur la figure 1 ;
- 20 Figure 3 : une coupe similaire à la figure 1, montrant un autre mode de réalisation de l'invention ; et
- Figure 4 : une coupe similaire à la figure 3, montrant encore un autre mode de réalisation de l'invention.

La figure 1 montre une structure à semiconducteur 25 10 dans laquelle l'invention est mise en oeuvre. La structure 10 comprend des éléments semiconducteurs 11, 12 et 13 qui constituent respectivement un transistor bipolaire, un transistor bipolaire comportant un élément de blocage actif (qu'on appellera simplement ci-après "transistor bipolaire modifié"), 30 et un redresseur à grille isolée (qu'on appellera simplement ci-après "RGI"). Conformément à l'invention, chacun des éléments 11, 12 et 13 peut exister sous forme de dispositif séparé, au lieu d'exister dans la structure monolithique 10. La structure 10 établit un chemin à conductance élevé entre une 35 électrode d'émetteur 16 et une électrode de collecteur 28

lorsqu'elle est débloquée, et un chemin à faible conductance entre ces électrodes 16 et 28 lorsqu'elle est bloquée.

Le transistor bipolaire 11 comprend deux cellules 15 et 17 qui sont commodément identiques l'une à l'autre ; on ne décrira donc en détail ci-après que la cellule 15.

La cellule 15 du transistor bipolaire comprend une région d'émetteur 18 de type N, une région de base 20 de type P, deux régions de collecteur 21 et 22 de type N, et une région de type P supplémentaire, 24, qui est nécessaire dans la structure à semiconducteur monolithique 10 du fait que cette structure comprend un substrat massif 30, en matière de type P, pour réaliser le RGI 13. Les concentrations de dopage caractéristiques (c'est-à-dire le nombre d'atomes d'agent de dopage par centimètre cube) pour les diverses régions du transistor bipolaire 11 sont de l'ordre des nombres suivants :

Région d'émetteur 18 : 10^{19}
 Région de base 20 : 10^{17} à 5×10^{18}
 Région de collecteur 21 : 5×10^{13} à 5×10^{15}
 Région de collecteur 22 : 10^{20}
 Région de type P 24 : 10^{19}

On peut donc dire, par exemple, que la région de base 20 a une concentration de dopage notablement supérieure à la concentration de dopage de la région de collecteur 21, l'expression "notablement supérieure" (ou "notablement inférieure") signifiant supérieure (ou inférieure) d'au moins environ un ordre de grandeur.

Une électrode d'émetteur 25 est contiguë à la région d'émetteur 18 ; une électrode de base 27 est contiguë à la région de base 20 ; et une électrode de collecteur 28 est contiguë à la région de type P supplémentaire, 24. La région de collecteur de type N 22 est conçue de façon à avoir une longueur de diffusion pour les trous inférieure à la hauteur verticale 23 de cette région, ce qui peut être facilité en dopant plus fortement la région de collecteur 22 que la région de type P 24. Ceci fait en sorte que la structure P-N-

P-N parasite formée par la région de base 20 de type P, les régions de collecteur 21 et 22 de type N, la région 24 de type P et la région 18 de type N, ne puisse pas se verrouiller dans un état conducteur. Si un tel transistor 11 n'est pas intégré dans une structure monolithique avec le RGI 13 (envisagé ci-après), la région de type P 24 est inutile et il est préférable de l'éliminer du transistor bipolaire 11.

Le transistor bipolaire modifié 12, qui comprend un élément de commande de blocage actif, est représenté sous une forme comprenant une seule cellule 31, bien que pour obtenir un blocage plus rapide, la structure à semiconducteur 10 puisse comporter des cellules supplémentaires similaires à la cellule 31, partageant de préférence une région de type P commune, 20'. Les régions 18', 20', 21', 22' et 24' et les électrodes des 25', 27' et 28' sont commodément pratiquement similaires aux régions et aux électrodes portant les références correspondantes dans le transistor bipolaire 11.

La cellule de transistor bipolaire modifié 31 comprend en outre une structure de blocage 32, de type MOS, destinée à extraire les trous (porteurs majoritaires) à partir de la région de base de type P, 20'. La structure 32 comprend une région de type P 33, une région de type P 34 et une électrode 35 qui est isolée de la région de type P 34 par une couche isolante 36. Les concentrations de dopage des deux régions de type P 33 et 34 sont notablement supérieures à la concentration de dopage de la région de collecteur 21', et elles sont commodément supérieures à la concentration de dopage de la région d'émetteur 18'. La région de type P 34 établit, au repos, un chemin de conduction pour les trous entre la région de base de type P 20' et l'électrode d'émetteur 25', par l'intermédiaire de la région de type P 33, qui est contiguë à l'électrode 25'. Au repos, la région de type P 34 a une conductivité pour les trous qui est suffisamment élevée pour mettre fin au courant d'attaque de base du transistor 12. Ceci se produit du fait que la région de type P 34 dérive un courant

de trous suffisant à partir de la région de base 20', vers l'électrode d'émetteur 25', ce qui bloque le transistor 12. Cependant, le fait de polariser l'électrode isolée 35 avec une tension positive dépassant une tension de seuil de blocage, appauvrit en trous la région de type P 34 et réduit sa conductivité pour les trous dans une mesure telle qu'elle n'absorbe plus le courant d'attaque de base du transistor 12. Du fait que la région de type P 34 est conductrice au repos, la structure de blocage 32 est du type conducteur au repos.

10 Le RGI 13 comprend deux cellules 38 et 39 qui sont commodément mutuellement symétriques, au moins en ce qui concerne la partie du RGI 13 contenue dans la couche épitaxiale 40. On ne décrira donc en détail ci-après que la cellule de RGI 38.

15 La cellule de RGI 38 comprend des régions de type N 41 et 42, une région de type P 44, une région de type N 45, une région de type P 47 et, facultativement (comme on l'envisagera ci-après), des régions de type N 48. Les concentrations de dopage appropriées pour les diverses régions de la cellule de RGI 38 sont de l'ordre des nombres suivants :

Régions de type N 41 et 42 : 10^{19}

Région de type P 44 : 10^{17} à 5×10^{18}

Région de type N 45 : 10^{14} à 5×10^{15} (au moins pour une partie principale)

25 Région de type P 47 : 10^{19}

Région de type N 48 : 10^{20}

30 Une électrode 50 est contiguë à la fois aux régions de type N 41 et 42 et à la région de type P 44. Une électrode 51 est contiguë à la région de type P 47. Une électrode 52 est séparée de la couche épitaxiale 40 par une couche isolante 53 et recouvre une partie de la région de type P 44, entre la région de type N 41 et la région de type N 45.

35 L'état de fonctionnement de la cellule de RGI 38 dépend du niveau de tension sur la grille 37, par rapport à l'électrode 50 du RGI. La grille 37 est connectée à l'élec-

trode isolée 52. Lorsque la grille 37 est polarisée à une tension inférieure à un niveau de seuil (qu'on appellera simplement ci-après "tension de seuil du RGI"), le RGI 13 demeure bloqué. Lorsqu'une tension positive supérieure à la tension de seuil du RGI est appliquée sur la grille 37, un canal d'inversion 54 est créé dans la région de type P 44, sous l'électrode isolée 52. Le canal d'inversion 54 ferme un circuit dans lequel les électrons peuvent circuler de l'électrode 50 vers la région de type N 45, par l'intermédiaire de la région de type N 41. L'intensité du courant d'électrons dans le canal 54 augmente lorsqu'on augmente le niveau de la tension de polarisation sur la grille 37.

Du fait que de nombreux trous et électrons sont présents dans la région de type N 45 lorsque le RGI est dans son état débloqué, il en résulte l'existence d'un retard au blocage du RGI 13, pendant lequel ces trous et ces électrons se recombinent. Pendant ce retard, le courant du RGI 13 continue à circuler à un niveau faible. La présence des régions de type N facultatives 48 réduit le retard du fait que ces régions absorbent des électrons provenant de la région de type N 45 et les injectent dans la région de type P 47, dans laquelle ils se recombinent rapidement. Cependant, les régions de type N 48 ne réduisent que partiellement le retard de blocage, conformément à un modèle qui est connu dans la technique sous l'appellation de modèle numérique bidimensionnel, fonction du temps, ayant une solution exacte.

Le RGI 13 ne fonctionne pas si l'une quelconque de ses structures N-P-N parasites, formées par exemple par la région de type N 41, la région de type P 44 et la région de type N 45, à un gain suffisamment élevé pour verrouiller le RGI dans un état conducteur. On peut utiliser diverses techniques pour réduire ce gain. Par exemple, on peut minimiser la largeur latérale des régions de type N 41 et 42, et on peut maximiser la largeur sur laquelle la région de type P 44 est court-circuitée à l'électrode 50, comme dans la région 55.

De plus, on peut établir des centres de recombinaison dans la région de type P 44 ou dans la région de type N 45, ou dans les deux, pour supprimer des porteurs qui augmenteraient par ailleurs le gain des structures N-P-N parasites.

5 On va considérer maintenant l'interaction entre le transistor bipolaire 11 et le RGI 13, avec le transistor bipolaire 11 initialement bloqué, en supposant que la grille 37 est polarisée à une tension positive supérieure à la tension de seuil du RGI. Ceci crée le canal d'inversion 54 et
10 permet une circulation d'électrons de l'électrode 50 du RGI vers la région de type N 45. Simultanément, la région de type P 47 injecte des trous dans la région de type N 45 et ces trous se recombinent avec les électrons dans la région 45, ce qui fait circuler un courant dans le RGI 13.

15 Le RGI 13 attaque la région de base 20 du transistor bipolaire en absorbant à partir de l'électrode de base 27 des électrons qui sont dirigés vers l'électrode 50 du RGI. Ceci fait que la région frontière 57 entre l'électrode de base 27 et la région de base 20, qui est une région à vitesse
20 de recombinaison élevée, fournit des trous à la région de base 20. Comme on le sait, l'application d'un courant de trous suffisant à la région de base de type P 20 a pour effet de débloquent le transistor bipolaire 11. Pour que le transistor 11 demeure débloquent, le RGI 13 doit fournir en permanence un
25 courant de trous à la région de base 20.

Lorsqu'on désire bloquer le transistor bipolaire 11, on réduit la tension de polarisation de la grille 37 au-dessous du niveau de tension de seuil du RGI, ce qui élimine le canal d'inversion 54 et supprime l'application d'électrons à
30 la région de type N 45 à partir de l'électrode 50 du RGI. Les électrons qui restent dans la région de type N 45 doivent se recombiner (avec des trous) avant que le courant de trous appliqué à la région de base 20 soit réduit jusqu'à une valeur suffisamment faible pour bloquer le transistor bipolaire 11.
35 Comme indiqué ci-dessus, il existe un retard au blocage du

RGI 13 qui est dû à la recombinaison d'électrons dans la région de type N 45 du RGI. Bien qu'un tel retard provoquerait probablement un échauffement excessif du RGI 13 s'il acheminait le courant de charge vers un circuit (non représenté) externe à la structure de semiconducteur 10, au lieu de l'acheminer vers le transistor bipolaire 11, ce retard ne provoque qu'un échauffement minimal du RGI 13 pendant le blocage.

L'échauffement ou la dissipation de puissance du RGI 13 pendant le blocage est égal au produit du courant du RGI 13 et de sa tension (c'est-à-dire la tension entre les bornes 50 et 51). Pendant le blocage, la tension ou le courant du RGI 13, ou les deux, sont maintenus à un niveau bas, ce qui minimise l'échauffement du RGI 13. En particulier, le transistor 11 passe dans un mode de stockage lorsqu'il commence à se bloquer. Pendant ce mode de stockage, la tension du transistor 11 (c'est-à-dire la tension entre les électrodes 16 et 28) demeure basse. De plus, pendant le mode de stockage, le courant du RGI 13 est limité à une fraction faible du courant de charge dans le circuit externe. Plus précisément, il est égal au courant de charge divisé par le gain du transistor 11. Lorsque le mode de stockage du transistor 11 s'est terminé, la tension aux bornes du RGI 13 augmente effectivement ; cependant, à ce moment, les électrons en excès dans la région de type N 45 du RGI se sont recombinaés, et le courant du RGI 13 est très faible.

On va maintenant considérer l'interaction entre le transistor bipolaire modifié 12 et le RGI 13. Lorsqu'une tension de polarisation sur la grille 37 est initialement inférieure à la tension de seuil de blocage, par exemple lorsque la polarisation est de zéro volt, le transistor 12 demeure bloqué. Ceci vient du fait que la région de type P 34 dans le transistor 12 établit un chemin pour la circulation d'un courant de trous de la région de base de type P 20' vers l'électrode d'émetteur 25', ce qui supprime le courant d'attaque de base du transistor 12.

Lorsque la tension de polarisation sur la grille 37 est augmentée jusqu'à une valeur supérieure à la tension de seuil du RGI et à la tension de seuil de blocage, deux actions ont lieu ;

- 5 (1) La région de type P 34 devient appauvrie en trous et ne peut plus supprimer le courant d'attaque de base du transistor 12 ; et
- (2) Le canal d'inversion 54 est créé et le RGI 13 fournit un courant d'attaque de base au transistor 12.

10

Par conséquent, le transistor 12 devient conducteur. Pour bloquer le transistor 12, on diminue la tension de polarisation sur la grille 37 au-dessous de la tension de seuil du RGI et de la tension de seuil de blocage, et une inversion

15 des deux actions précédentes commence. Pendant le blocage, le RGI 13 n'est pas soumis à un échauffement excessif, pour les raisons indiquées ci-dessus en ce qui concerne le blocage du RGI 13 et du transistor bipolaire 11. De plus, l'utilisation de la structure de blocage 32 réduit fortement l'échauffement

20 fement du transistor bipolaire 12 en le bloquant rapidement.

Un avantage du RGI 13 et du transistor bipolaire modifié 12 consiste en ce qu'une seule grille 37 est nécessaire pour faire fonctionner à la fois le RGI 13 et la structure de blocage 32, conductrice au repos, du transistor 12.

25 Avec le RGI 13 intégré de façon monolithique avec les transistors bipolaires 11 et 12 dans la structure à semi-conducteur 10, la région de transistor de type N 22' doit s'étendre horizontalement vers le RGI 13, à partir d'un emplacement situé sous la région de base de type P 20', sur une

30 distance 61 suffisante (lorsqu'on la considère en liaison avec la distance 62 entre la région 44 de type P du RGI et la région 47 de type P du RGI) pour empêcher que des trous provenant de la région de type P 47 n'atteignent la région de base de transistor de type P, 20' et ne verrouillent dans un

35 état conducteur la structure P-N-P-N parasite formée par la

région de type P 47, la région de type N 45, la région de type P 20' et la région de type N 18'.

On va maintenant considérer la figure 2 qui montre une structure à semiconducteur 70 comportant un substrat massif de type N 72, au lieu d'un substrat massif de type P, comme dans la structure 10 de la figure 1. A l'exception de la différence indiquée ci-dessous, les parties restantes de la structure 70 sont identiques aux parties restantes de la structure 10. En particulier, les éléments semiconducteurs 10 11', 12' et 13' de la structure 70 donnent lieu à une interaction mutuelle de la même manière que les éléments correspondants 11, 12 et 13 de la structure 10.

La région de type N 74 forme les transistors bipolaires 11' et 12' sans la nécessité d'une région supplémentaire semblable à la région de type N 22 de la structure à semiconducteur 10 (figure 1).

Les régions de type P 76 dans le RGI 13' correspondent à la région de type P 47 du RGI 13 (figure 1). Les régions de type P 76 comprennent de préférence un ensemble 20 de régions, comme représenté, avec la région de type N 74 contiguë à la région de type N 78, entre des régions de type P 76 adjacentes (par exemple au point 80). Ceci permet à la région de type N 74 d'extraire les électrons en excès dans la région de type N 78, pendant que le RGI 13' se bloque. Comme 25 représenté, les régions de type P 76 ont ainsi pour action de réduire le retard au blocage du RGI 13', d'une manière similaire à la fonction des régions de type N 48 de la structure 10 (figure 1).

Les concentrations de dopage caractéristiques pour 30 la région de type N 74 et les régions de type P 76 sont respectivement de 10^{19} et 10^{20} .

Avec le RGI 13' intégré de façon monolithique avec les transistors bipolaires 11' et 12' dans la structure à semiconducteur 70, la région de transistor de type P 84 doit 35 être séparée horizontalement de la plus proche des régions

de type P 76 du RGI d'une distance 86 suffisante (considérée en liaison avec la distance 88 entre la région de type P 90 du RGI et les régions de type P 76 du RGI) pour empêcher que des trous provenant des régions de type P 76 n'atteignent la région de base de transistor de type P 84 et ne verrouillent à l'état conducteur la structure P-N-P-N parasite qui est formée par la région de type P 76, la région de type N 78, la région de type P 84 et la région de type N 92.

On va maintenant considérer la figure 3 qui représente une structure à semiconducteur 100 qui correspond à un mode de réalisation supplémentaire de l'invention. La structure à semiconducteur 100 comprend un RGI 101, qui peut commodément être identique au RGI 13 décrit ci-dessus, un transistor bipolaire 102, qui peut commodément être identique à la cellule de transistor bipolaire 15 décrite ci-dessus, et une structure de blocage conductrice au repos, 103, similaire à la structure de blocage conductrice au repos, 32, de la figure 1.

La structure de blocage conductrice au repos 103 comprend une région de type P 106, une électrode 107 et une couche d'isolation 108 qui sépare l'électrode 107 et la région 106. L'extrémité gauche de la région 106 est contiguë à la région de base de transistor de type P 105 et son extrémité droite est connectée électriquement à l'électrode d'émetteur de transistor 112, par l'intermédiaire d'une région de type P 111 et d'une électrode 109 contiguë à la région 111. La structure de blocage conductrice au repos 103 bloque le transistor bipolaire 102 lorsque la tension de polarisation sur la grille 107 est inférieure à une valeur de seuil, en supprimant le courant d'attaque de base du transistor 102.

Dans un autre mode de réalisation, le RGI 101 constitue un dispositif séparé du transistor bipolaire 102 et de la structure de blocage conductrice au repos 103. Dans un tel mode de réalisation, il n'est pas nécessaire

que le transistor 102 comprenne la région de type P 114.

On va maintenant considérer la figure 4 qui représente une structure à semiconducteur 200 correspondant à encore un autre mode de réalisation de l'invention. La structure à semiconducteur 200 comprend un RGI 201, qui est commodément identique au RGI 13, décrit ci-dessus, une structure de blocage conductrice au repos 202, similaire à la structure de blocage conductrice au repos 32 de la figure 1, et un transistor bipolaire 203 qui peut commodément être identique à la cellule de transistor bipolaire 15 de la figure 1. La structure de blocage conductrice au repos 202 est similaire à la structure de blocage conductrice au repos 103 de la figure 3, dans la mesure où elle comprend une région de type P 205, une couche d'isolation 207 qui sépare une électrode 206 par rapport à la région 205, et une région de type P 208 sur laquelle se trouve une électrode 210. Cependant, la région de type P 205 n'est pas contiguë à la région de base de transistor bipolaire de type P 212 ; à la place, elle est connectée électriquement à la région de base 212 par l'intermédiaire de la région de RGI de type P 214, de l'électrode de RGI 215 et de l'électrode de base de transistor bipolaire 217.

Dans un autre mode de réalisation, le RGI 201 et la structure de blocage conductrice au repos 202 constituent un dispositif séparé du transistor bipolaire 203. Dans un tel mode de réalisation, il n'est pas nécessaire que le transistor 203 comporte la région de type P 218.

Dans les structures à semiconducteur 100 et 200 des figures respectives 3 et 4, les structures de blocage conductrices au repos 103 et 202 ne nécessitent pas une diffusion P^+ supplémentaire, comme c'est nécessaire pour la région de type P 34 du transistor bipolaire modifié 12 de la figure 1, ce qui simplifie la fabrication des structures à semiconducteur 100 et 200.

Dans une technique préférée pour fabriquer la

structure à semiconducteur 10 de la figure 1, on utilise un substrat massif de type P, 30, on forme les régions de type N 22 et 22' par diffusion ou implantation ionique dans le substrat 30, par sa surface supérieure. Si on le désire, on peut former à ce moment de façon similaire les régions de type N 48 du RGI. On fait ensuite croître la couche épitaxiale 40 sur le substrat massif 30. On forme ensuite les diverses régions de type P, par exemple les régions 44, 20' et 20 par diffusion ou implantation ionique par la surface supérieure de la couche épitaxiale 40. On forme les diverses régions N⁺ qui sont contiguës à la surface supérieure de la couche épitaxiale 40, comme les régions 41, 42, 18' et 18, par diffusion ou implantation ionique par la surface supérieure de la couche épitaxiale 40. On forme ensuite les régions de type P 33 et 34 de la structure de blocage conductrice au repos 32, par diffusion ou implantation ionique, simultanément ou dans un ordre quelconque, par la surface supérieure de la couche épitaxiale 40. On fait ensuite croître de l'oxyde isolant pour former les couches d'isolation 36 et 53. On applique un métal ou du silicium polycristallin fortement dopé pour former les électrodes 35 et 52. Enfin, on forme les diverses autres électrodes (c'est-à-dire les électrodes 25, 27, 28, 25', 27', 28', 50 et 51) par évaporation ou dépôt.

La fabrication de la structure à semiconducteur 70 est similaire à la fabrication de la structure à semiconducteur 10, avec l'exception suivante. On utilise un substrat massif de type N au lieu d'un substrat massif de type P. Ensuite, on diffuse ou on implante les régions de type P 76 dans le substrat 72, par sa surface supérieure. Les opérations restantes sont les mêmes que pour la structure à semiconducteur 10.

La fabrication des structures à semiconducteur 100 et 200 découle de la fabrication de la structure à semiconducteur 10 décrite ci-dessus.

L'invention peut employer une ou plusieurs cellules de RGI et une ou plusieurs cellules de transistor bipolaire, dont une partie ou la totalité peut être modifiée pour porter la structure de blocage conductrice au repos, ou bien 5 cette dernière peut être séparée de la cellule ou des cellules de transistor bipolaire, comme dans le cas représenté sur les figures 3 et 4. L'invention permet l'isolation de toutes les cellules de RGI par rapport aux cellules de transistor bipolaire dans une structure à semiconducteur monolithique, et elle permet également l'isolation des cellules de 10 transistor bipolaire modifié, comme la cellule de transistor bipolaire 31 de la figure 1, par rapport aux cellules de RGI et par rapport aux cellules de transistor bipolaire, lorsque ces dernières sont présentes. Comme indiqué ci-dessus, l'invention englobe également des dispositifs ou des éléments 15 semiconducteurs séparés pour le RGI, le transistor bipolaire et le transistor bipolaire modifié.

Des détails supplémentaires concernant un RGI figurent dans les demandes de brevet US 212 818 et 324 245. 20 Des détails supplémentaires concernant un transistor bipolaire modifié, comme le transistor 12 de la figure 1, figurent dans la demande de brevet française déposée le même jour par la demanderesse sous le titre "Dispositif intégré comprenant un thyristor ou un transistor bipolaire avec commande du 25 blocage et du déblocage par transistor à effet de champ".

Dans un mode de réalisation dans lequel une ou plusieurs cellules de transistor bipolaire et une ou plusieurs cellules de RGI sont intégrées dans une structure monolithique, la ou les cellules de RGI occupent avantageusement une 30 aire très inférieure à celle d'un transistor bipolaire ou d'un transistor à effet de champ MOS. Dans un mode de réalisation dans lequel il existe à la fois une ou plusieurs cellules de RGI et une structure de blocage conductrice au repos, on peut avantageusement faire fonctionner ces deux éléments 35 en commun à partir d'une seule source de tension. Dans

tous les modes de réalisation, la ou les cellules de RGI ont une impédance d'entrée élevée. Par exemple, dans le RGI 13 (figure 1), l'entrée correspond à l'électrode 52 qui est isolée de la couche épitaxiale 40 par une couche d'isolation 53.

5 Bien que l'invention ait été décrite en considérant à titre d'exemple des modes de réalisation particuliers, l'homme de l'art notera qu'elle peut faire l'objet de nombreuses modifications. Par exemple, on pourrait réaliser des structures ou des éléments à semiconducteur complémentaires en appliquant la description de l'invention faite ci-dessus, en
10 considérant que la matière de type N est remplacée par de la matière de type P, et inversement, et que les électrons sont remplacés par des trous, et inversement. En outre, bien qu'on ait considéré ci-dessus que la structure de blocage conductri-
15 ce au repos était du type métal-oxyde-semiconducteur, elle pourrait tout aussi bien être du type conducteur-isolant-semiconducteur.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de commutation à semiconducteur, caractérisé en ce qu'il comprend : (a) un élément à transistor bipolaire (11) comprenant une région d'émetteur (18), une région
5 de base (20) et des première et seconde régions de collecteur (21, 22) ayant des types de conductivité alternés et jointes les unes aux autres en succession, une électrode de base (27) contiguë à la région de base et une électrode de collecteur (28) connectée électriquement à la seconde région de collecteur
10 (22) ; et (b) un élément de commande (13) comprenant des première (41, 42), seconde (44), troisième (45) et quatrième (47) régions ayant des types de conductivité alternés et jointes les unes aux autres en succession, une première électrode (50) contiguë à la fois à la première région (41, 42) et à la seconde
15 de région (44), une seconde électrode (51) connectée électriquement à la quatrième région (47), une troisième électrode (52), et une couche d'isolation (53) séparant la troisième électrode par rapport à la seconde région (44) ; et dans lequel la partie principale, au moins, de la troisième région (45),
20 la seconde région (44) et les première (41, 42) et quatrième (47) régions sont dopées progressivement avec des concentrations de dopage respectives augmentant notablement ; (c) l'électrode de base (27) étant connectée électriquement à la première électrode (50) tandis que l'électrode de collecteur (28) est
25 connectée électriquement à la seconde électrode (51).

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que : (a) l'élément à transistor bipolaire (11) comprend une région supplémentaire (24) ayant le type de conductivité opposé à celui de la région d'émetteur (18) ; et cette région
30 supplémentaire connecte directement la seconde région de collecteur (21) à l'électrode de collecteur (28) et consiste en matière massive ; et (b) la quatrième région (47) de l'élément de commande (13) consiste en matière massive formée en commun avec la matière massive de la région supplémentaire (24) de
35 l'élément à transistor bipolaire (11).

3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que : (a) l'élément de commande (13') comprend une région supplémentaire (74) du même type de conductivité que la première région ; et cette région supplémentaire connecte directement la troisième région (78) et la seconde électrode (82) et consiste en matière massive ; et (b) la seconde région de collecteur (74) du transistor bipolaire (11') consiste en matière massive formée en commun avec la matière massive de la région supplémentaire de l'élément de commande (13').
- 10 4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1, 2 ou 3, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens d'extraction de porteurs de courant (32) connectés électriquement à la région de base (20') du transistor bipolaire (12) pour extraire de cette région des porteurs majoritaires.
- 15 5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que les moyens d'extraction de porteurs de courant (32) comprennent une électrode (35), une couche d'isolation (36) et une région conductrice au repos (34) du type de conductivité opposé ; cette électrode (35) recouvre la région conductrice au repos mais en étant séparée de cette dernière par la couche d'isolation (36) ; un premier côté de la région conductrice au repos (34) est connecté électriquement à la région de base (20') du transistor bipolaire et un second côté de la région conductrice au repos (34) est connecté électriquement à la région d'émetteur (18') du transistor bipolaire.
- 20 6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que les moyens d'extraction de porteurs de courant (32) comprennent en outre une région (33) ayant un type de conductivité opposé à celui de la région d'émetteur (18') et qui est contiguë au premier côté de la région conductrice au repos (34).
- 25 7. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que le premier côté de la région conductrice au repos (205) est contigu à la seconde région (214) de l'élément de
- 35

commande.

8. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que le premier côté de la région conductrice au repos (34) est contigu à la région de base (20') du transistor bipolaire.

9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que le second côté de la région conductrice au repos (34) est contigu à la région d'émetteur (18') du transistor bipolaire.

10. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que la région conductrice au repos (106) est contiguë à la première région de collecteur du transistor bipolaire.

FIG. 1

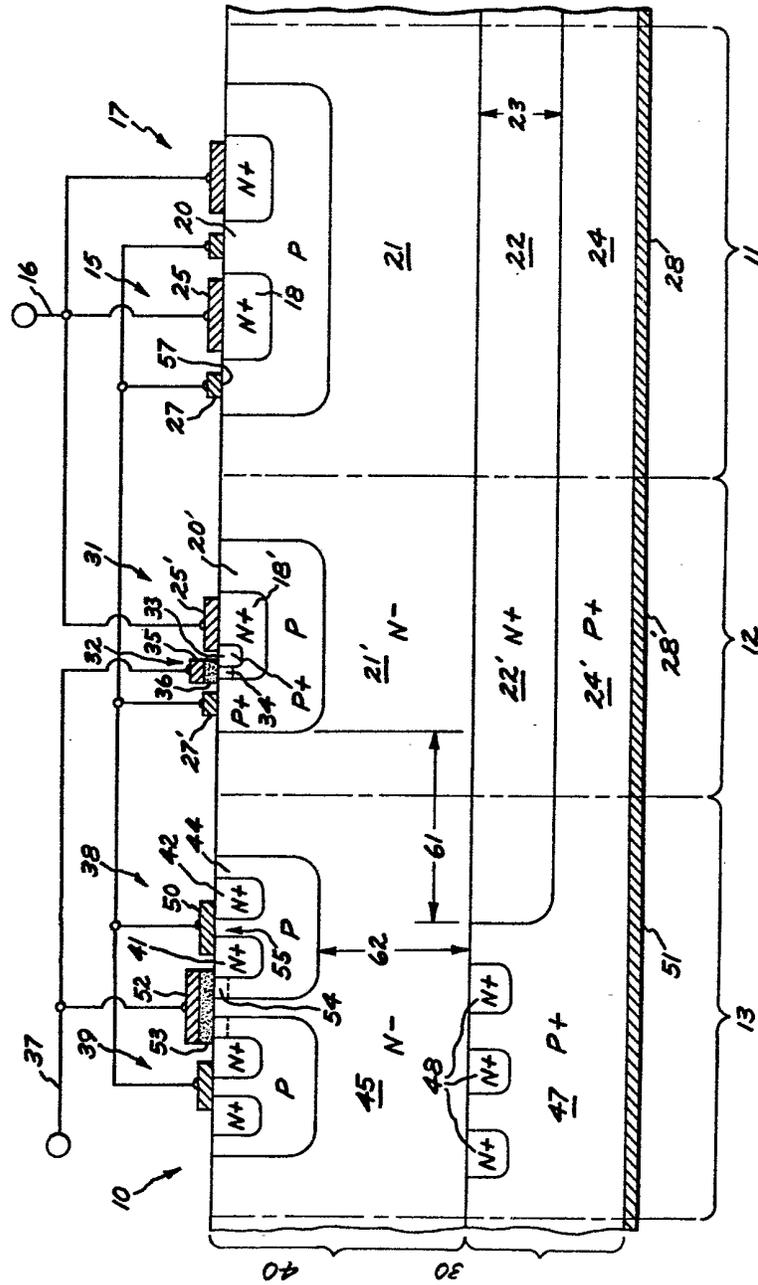


FIG. 2

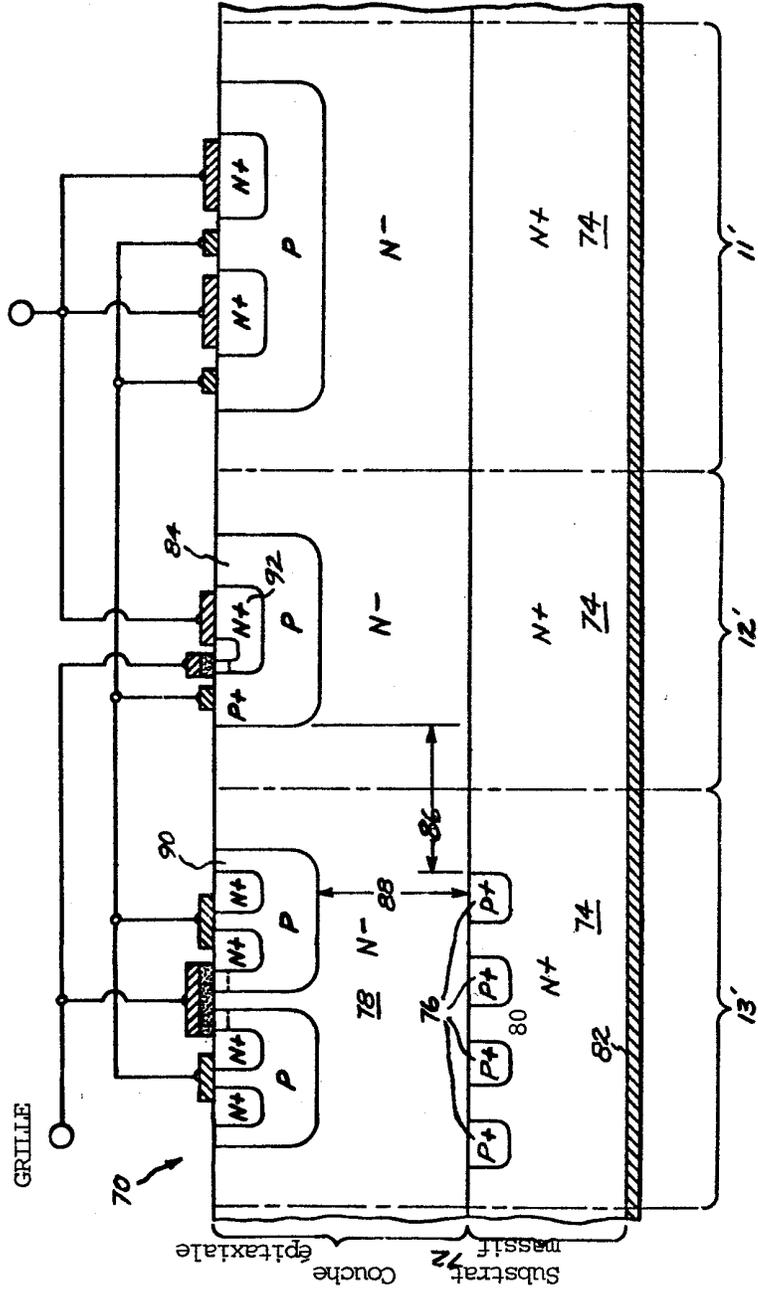


FIG. 3

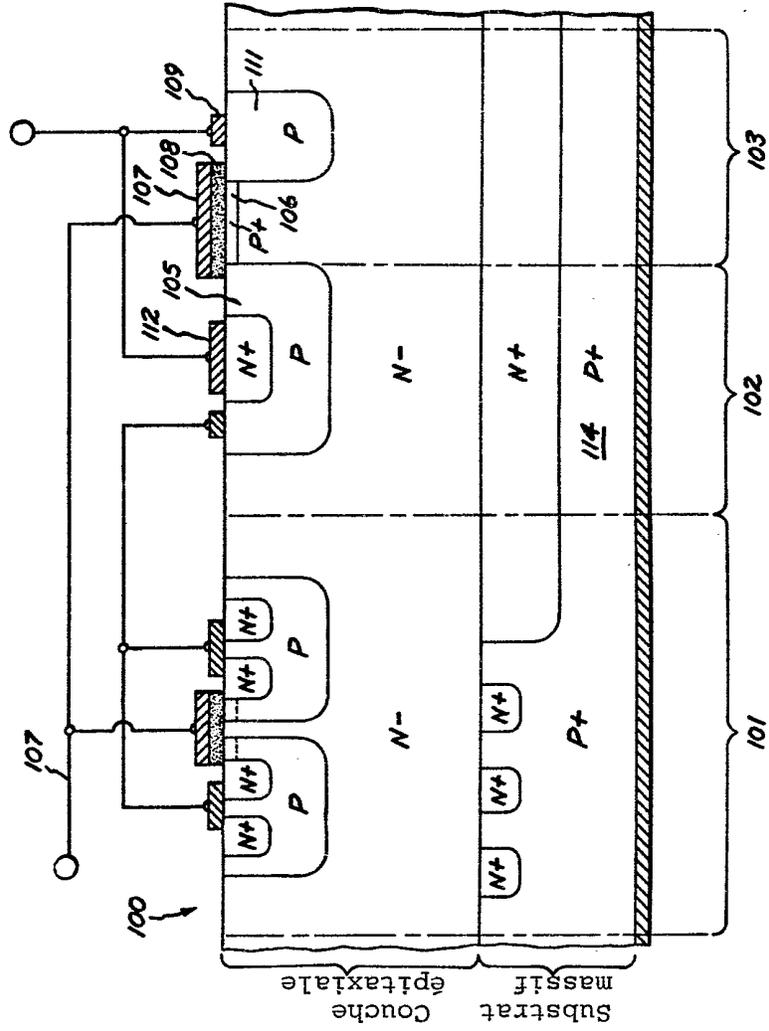


FIG. 4

