

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 10782

(54)

Dispositif en circuit intégré.

(51)

Classification internationale (Int. Cl. ³). H 01 L 27/06, 29/86; H 03 H 9/46.

(22)

Date de dépôt..... 1^{er} juin 1981.

(33) (32) (31)

Priorité revendiquée : *EUA, 6 juin 1980, demande de brevet, n° 157.452.*

(41)

Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 50 du 11-12-1981.

(71)

Déposant : Société dite : WESTERN ELECTRIC COMPANY, INCORPORATED, résidant aux
EUA.

(72)

Invention de : James Peter Ballantyne, Paul Egon Fleischer, Kenneth Robert Laker et Aristides
Antony Yiannoulos.

(73)

Titulaire : *Idem* (71)

(74)

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

La présente invention concerne un dispositif en circuit intégré qui comprend une zone adjacente à la surface s'étendant entre deux zones distantes, toutes d'un premier type de conductivité, dans une région

- 5 semiconductrice du type de conductivité opposé, une couche conductrice recouvrant la zone adjacente à la surface, et une couche diélectrique entre la couche conductrice et la zone adjacente à la surface.

- On connaît parfaitement les résistances et les
- 10 condensateurs réalisés sous la forme d'éléments intégrés, mais discrets, dans les circuits intégrés à semiconducteur. Les résistances sont fabriquées dans la masse de la matière semiconductrice, sur du silicium polycristallin déposé à la surface du dispositif, ou sous la forme
- 15 d'éléments à couche mince sur un semiconducteur et d'autres substrats. Les condensateurs peuvent être de la configuration MOS bien connue ou ils peuvent utiliser les couches conductrices et isolantes à plusieurs niveaux qui sont établies pour réaliser les interconnexions d'un dispositif
- 20 à semiconducteur, à la surface du dispositif. On connaît également l'utilisation de la capacité d'une jonction PN pour diverses applications. Le brevet US 4 092 619 décrit un dispositif à effet de champ MOS destiné à être utilisé en tant que filtre passe-bas commandé par tension. Cependant,
- 25 les résistances et les condensateurs en circuit intégré n'ont souvent pas la linéarité exigée pour l'utilisation dans les filtres actifs. Ou bien, pour parvenir à la linéarité exigée, les éléments doivent avoir une taille qui consomme un espace excessif dans le dispositif à
- 30 semiconducteur. Les dimensions de tels éléments peuvent même interdire leur intégration. On rencontre d'autres difficultés dans la fabrication de condensateurs et de résistances, avec la technologie MOS, pour parvenir à une maîtrise correcte des caractéristiques de fonctionnement
- 35 de ces éléments.

Il est également important, dans la résolution des problèmes ci-dessus, que le procédé de fabrication de tels éléments passifs s'écarte aussi peu que possible du

traitement classique de la technologie utilisée pour fabriquer les circuits intégrés à semiconducteur.

Il est ainsi souhaitable de disposer d'éléments résistifs et capacitifs intégrables qui aient de faibles dimensions et qui puissent être fabriqués facilement avec des paramètres précis. De tels éléments doivent avantageusement présenter des caractéristiques linéaires sur leur plage utile. De tels éléments doivent pouvoir être intégrés facilement dans des configurations de filtres pour des applications diverses.

Ces problèmes sont résolus dans un dispositif en circuit intégré du type décrit ci-dessus qui est caractérisé en ce que la concentration en impuretés de la zone adjacente à la surface est telle qu'elle évite une modulation de conductivité aux potentiels de fonctionnement habituels qui sont appliqués entre la couche conductrice et la zone adjacente à la surface, le dispositif pouvant être utilisé en tant qu'élément condensateur-résistance-condensateur (CRC).

Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, un élément condensateur-résistance-condensateur (CRC) réparti comprend une structure similaire à un transistor MOS, à la différence cependant que la région de canal implantée est dopée avec un niveau qui empêche pratiquement toute modulation de conductivité. Cependant, le niveau de dopage du canal est suffisamment faible pour permettre son utilisation en tant que résistance linéaire efficace. De plus, du fait que la jonction PN canal-substrat procure une autre capacité, un élément CRC combiné verticalement et réparti latéralement est formé entre la grille qui se trouve au sommet et le substrat.

Plus précisément, dans le cas de la réalisation en technologie MOS à canal N, un élément de filtre CRC conforme à l'invention comporte un canal d'une profondeur d'environ 1 à 2 microns qui est implanté de façon à avoir une résistivité comprise entre 200 et 600 ohms par carré. A ce niveau de dopage, et pour des tensions caractéristiques grille-canal comprises entre ± 10 volts,

il n'y a pratiquement pas de modulation de conductivité dans le canal. Le dispositif ne fonctionne donc pas en dispositif à effet de champ, bien qu'il existe un couplage capacitif de la grille vers le canal et du canal vers le
5 substrat.

Les zones de type N qui se trouvent aux extrémités du canal, qui sont les homologues de la source et du drain, constituent les zones des bornes de la résistance formée par le canal. Des électrodes ohmiques sont établies en
10 contact avec ces zones de bornes, ainsi qu'avec la partie du corps semiconducteur de type de conductivité opposé. Une quatrième connexion est établie avec la couche conductrice qui recouvre le diélectrique au sommet du canal, c'est-à-dire la grille, en termes de technologie
15 MOS.

La structure CRC répartie qu'on vient de décrire constitue une structure d'élément de filtrage de dimensions avantageusement réduites qu'on peut fabriquer en ajoutant à la technologie MOS classique une phase d'implantation
20 d'impuretés avec un masque de résine photosensible. Il est important de noter que la phase supplémentaire ne comporte aucun traitement à haute température.

Plus précisément, à la suite de la définition de la topologie du dispositif et pendant l'opération
25 d'ajustement du seuil, on inclut une opération spéciale nécessitant un masque de résine photosensible supplémentaire pour définir uniquement les zones de canal des éléments CRC. Ensuite, en utilisant la résine photosensible comme masque, une opération d'implantation d'impuretés produit
30 le niveau de dopage approprié dans le canal. L'alignement du masque pour cette opération est une tâche relativement peu critique.

On peut utiliser cet élément de filtre CRC pour réaliser divers circuits constituant des filtres actifs
35 intégrés. De ce fait, cet élément convient particulièrement bien, par exemple, pour réaliser un filtre constituant un circuit de protection anti-repliement, incorporé à un circuit intégré, pour des réseaux de condensateurs

commutés. En particulier, deux éléments CRC répartis connectés dans un réseau avec un amplificateur opérationnel en configuration à gain unité sans inversion, et comprenant une connexion de réaction positive, forment un élément
5 de filtrage passe-bas du type "Sallen et Key".

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre d'un mode de réalisation, donné à titre d'exemple non limitatif. La suite de la description se réfère aux dessins annexés sur lesquels :

10 La figure 1 est un schéma d'un circuit anti-repliement du type "Sallen et Key" qui comprend une paire d'éléments CRC d'un type correspondant à l'invention, et

La figure 2 est une coupe d'une partie d'une puce de circuit intégré à semiconducteur qui comprend un
15 seul élément CRC en technologie NMOS, à canal N, conforme à un mode de réalisation préféré de l'invention.

La configuration de circuit représentée sur la figure 1 est une forme généralisée du filtre passe-bas du type "Sallen et Key" qui est conforme à l'invention. Elle
20 convient particulièrement, par exemple, à l'utilisation pour la protection anti-repliement dans les réseaux de condensateurs commutés. Comme il est représenté, le circuit comprend un amplificateur opérationnel 13 qui comporte une borne de sortie 12, une connexion de réaction
25 négative 17 et une connexion de réaction positive 14 allant vers la borne de grille 15A de l'élément CRC 15. La borne 15B du condensateur de jonction avec le substrat de l'élément CRC 15 est connectée à la masse en alternatif, tandis qu'une borne de la résistance de l'élément 15 est
30 connectée à la borne d'entrée 11 et l'autre borne est connectée à la résistance de l'élément CRC 16. La masse en alternatif est constituée normalement par le conducteur d'alimentation branché au substrat, qui correspond de façon caractéristique à une tension
35 d'alimentation de -5 volts. L'autre extrémité de la résistance de l'élément CRC 16 est connectée à l'entrée de l'amplificateur opérationnel 13. La borne 16B du condensateur de substrat de l'élément CRC 16 est connectée

à la masse en alternatif, comme dans le cas de l'élément CRC 15, et la borne de grille 16A peut être connectée à la masse "directe", en continu.

Les éléments CRC 15 et 16 du circuit de la figure 1 peuvent avantageusement être incorporés, en compagnie de l'amplificateur opérationnel, dans une puce de circuit intégré fabriquée conformément à la technologie MOS à canal N, à canal P ou de type complémentaire. Dans la technologie à canal N, les éléments CRC 15 et 16 sont réalisés de la manière qui est représentée sur la figure 2.

Le dispositif réalisé dans le corps semiconducteur 20 a l'apparence d'un transistor MOS à canal N à appauvrissement de type classique, avec cependant quelques différences importantes en ce qui concerne la structure comme le fonctionnement. Le corps 20 représenté correspond à une coupe d'une partie d'une puce de semiconducteur qui est l'une des nombreuses puces fabriquées dans une tranche semiconductrice de silicium, conformément aux techniques bien connues. Le volume 21 du corps semiconducteur 20 consiste en silicium monocristallin de conductivité de type P. Le corps 20 comporte une surface principale supérieure 22 et une surface principale inférieure 23. Selon une variante au mode de réalisation de la figure 2, la partie de conductivité de type P, 21, peut être formée par une couche de type P obtenue par croissance épitaxiale au sommet d'une région de départ en silicium monocristallin ayant de façon caractéristique une conductivité de type P. Cependant, dans un cas comme dans l'autre, le corps semiconducteur comporte une partie de conductivité de type P, 21, adjacente à la surface principale supérieure 22.

Dans un mode de réalisation particulier, la partie de type P, 21, a une résistivité d'environ 7 à 15 Ω -cm. Des zones de type N à conductivité élevée, 24 et 25, constituent une paire de zones distantes à l'intérieur de la partie de type P, 21, et en position adjacente à la surface principale supérieure 22. La similitude entre les zones 24 et 25 et la source et le drain d'un transistor à

effet de champ MOS apparaît nettement.

La zone 26, adjacente à la surface et de conductivité de type N, s'étend entre les zones 24 et 25 et constitue l'homologue du canal d'un dispositif à effet de champ à appauvrissement. Cependant, la zone 26 qui a une profondeur de 1 à 2 microns à partir de la surface 22 dans ce mode de réalisation particulier, contient un niveau d'impuretés tel que, pour la plage habituelle de tension de fonctionnement, il ne peut pratiquement pas y avoir d'appauvrissement en porteurs suffisant pour produire une modulation de conductivité de cette zone. De façon caractéristique, dans les dispositifs de ce type les tensions appliquées entre la grille et le canal ne dépassent pas environ 10 volts, en sens positif ou négatif. Le niveau d'impuretés dans la zone 26 donne avantageusement une résistivité dans la plage d'environ 200 à 600 ohms par carré. Pour ce mode de réalisation particulier, on utilise une valeur de 400 ohms par carré et le niveau de résistivité de la zone 26 est donc choisi de façon à constituer un élément de résistance linéaire satisfaisant ayant des zones de bornes 24 et 25. Par conséquent, pour réaliser un filtre passe-bas procurant 45 dB de réjection à 200 kHz, l'élément 15 du circuit de ce mode de réalisation particulier mesure de façon caractéristique 8 μm de largeur sur 10 500 μm de longueur et l'élément 16 mesure de façon caractéristique 8 μm de largeur sur 3 100 μm de longueur.

La surface supérieure 22 est recouverte par des couches classiques de matières diélectriques et conductrices, du type habituellement employé dans les dispositifs à semiconducteur MOS. En position adjacente à la surface 22 et s'étendant vers l'extérieur à partir du dispositif proprement dit, se trouve la couche d'oxyde 32, généralement appelée "oxyde de champ" qui est d'épaisseur supérieure à celle de l'oxyde de grille. L'oxyde de grille 38 comporte une partie qui recouvre directement la zone 26. Dans la structure qui est envisagée, l'épaisseur de cet oxyde de grille est de 75 nm et ceci correspond à l'épaisseur des autres oxydes de grille sur la puce. L'électrode de grille

27 recouvre l'oxyde de grille 38 en étant de façon générale alignée avec la zone 26. La couche conductrice 30 est en contact ohmique avec la zone de borne 24 et, de façon similaire, la couche conductrice 31 est connectée à la zone de borne 25. Les couches conductrices 27, 30 et 31 constituant les interconnexions de grille et des zones de bornes peuvent être constituées par un métal conducteur tel que l'aluminium, ou elles peuvent être constituées par du silicium polycristallin conducteur. La connexion avec la partie sous-jacente 21 de conductivité de type P est réalisée au moyen d'une électrode ohmique 33 qui est formée sur la surface principale inférieure 23. La couche 28 qui recouvre à la fois les couches d'oxyde de champ et de grille est une couche d'oxyde contenant du phosphore, connue sous le nom de "verre P", et cette couche est incorporée en vue de la passivation du dispositif. La borne 37 partant de l'électrode de grille 27 est formée de façon caractéristique à un emplacement commode hors du plan de la coupe représentée sur la figure 2. De façon similaire, les bornes 34 et 35 connectées à la résistance peuvent être formées à un emplacement éloigné. Ainsi, le dispositif est un élément à quatre bornes comprenant les bornes 34 et 35 connectées à l'élément résistif, la borne 37 connectée à la grille pour former le couplage capacitif supérieur et le conducteur 36 qui est habituellement connecté au conducteur d'alimentation le plus négatif et qui, pour les applications aux filtres, constitue une connexion de masse en alternatif.

La fabrication du mode de réalisation représenté sur la figure 2 s'effectue en suivant la pratique habituelle pour la fabrication des dispositifs MOS à canal N du type à appauvrissement, avec la modification consistant en ce qu'on emploie une étape supplémentaire spéciale d'ajustage de seuil pour les dispositifs qui doivent constituer des éléments de filtre CRC. Cette étape comprend une opération séparée de masquage par résine photosensible, conçue de façon à ne mettre à nu que la partie de la surface 22 recouvrant la zone 26,

suivie par une implantation ionique qui introduit une impureté de type N pour produire le niveau de dopage désiré. Dans ce mode de réalisation particulier, on effectue une implantation ionique d'arsenic avec une dose
5 de 3×10^{14} ions par centimètre carré, en utilisant un faisceau d'une énergie de 30 keV. Cette étape de masquage n'est relativement pas critique et ne nécessite pas de traitement thermique spécial en plus de celui qui a lieu au cours du traitement ultérieur de la tranche et qui est
10 suffisant pour effectuer les autres ajustages de seuil. Ainsi, la modification de traitement est en fait une modification transparente qui permet néanmoins la fabrication avec un niveau de maîtrise élevé d'un élément de filtre CRC dont les parties constitutives ont la linéarité
15 désirée.

L'élément CRC conforme à l'invention peut également être fabriqué, si on le désire, sous la forme d'une structure MOS à canal P, en procédant à une inversion des types de conductivité et en ajustant de
20 façon appropriée les concentrations en impuretés. Ainsi, l'invention peut avantageusement être appliquée à des circuits intégrés semiconducteurs en technologie PMOS ou CMOS. Dans le cas de l'utilisation de l'invention avec la technologie CMOS, on a un certain avantage à fabriquer
25 l'élément de filtre CRC avec la technologie du type de dispositif qui se trouve dans le caisson d'isolation.

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

REVENDEICATIONS

1. Dispositif en circuit intégré comprenant une zone adjacente à la surface (26) s'étendant entre deux zones distantes (24, 25), toutes d'un premier type de conductivité, dans une région de semiconducteur (21) du type de conductivité opposé, une couche conductrice (27) recouvrant la zone adjacente à la surface, et une couche diélectrique (38) entre la couche conductrice et la zone adjacente à la surface, caractérisé en ce que la concentration d'impuretés dans la zone adjacente à la surface est telle qu'elle empêche une modulation de conductivité avec les potentiels de fonctionnement habituels appliqués entre la couche conductrice et la zone adjacente à la surface, le dispositif pouvant être utilisé en élément condensateur-résistance-condensateur (CRC).

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la concentration en impuretés correspond à une résistivité dans la plage de 200 à 600 ohms par carré, et les potentiels de fonctionnement habituels sont inférieurs à environ 10 volts, en sens positif ou négatif.

3. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comporte une connexion (37) allant vers la couche conductrice, et des connexions à faible résistance (34, 35, 36) avec les zones distantes et la région de semiconducteur.

4. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le premier type de conductivité est le type N et le type de conductivité opposé est le type P.

5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que la zone adjacente à la surface a une résistivité d'environ 400 ohms par carré et une profondeur à partir d'une surface principale supérieure d'environ 1 à 2 microns.

6. Circuit constituant un filtre actif intégré à semiconducteur, caractérisé en ce qu'il comprend deux éléments, chacun d'eux étant du type correspond à l'une

quelconque des revendications 1 à 5, et un élément amplificateur opérationnel (13) branché de façon à fonctionner en mode non inverseur à gain égal à l'unité, et les zones adjacentes à la surface des éléments CRC

- 5 sont connectées en série avec une entrée de l'amplificateur opérationnel, tandis que la sortie de l'amplificateur opérationnel est connectée à la couche conductrice (15A) du premier des éléments CRC.

7. Circuit selon la revendication 6, caractérisé
- 10 en ce que les régions de semiconducteur des éléments CRC sont connectées à la masse en alternatif, la couche conductrice du second des éléments CRC est connectée à la masse en alternatif ou en continu, et il existe une connexion d'entrée du circuit allant à la première des
- 15 zones distantes du premier élément CRC, et une connexion de sortie du circuit branchée à la sortie de l'amplificateur opérationnel.

FIG. 1

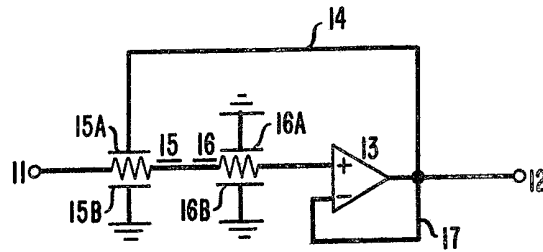


FIG. 2

