

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

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

2 496 993

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21) **N° 81 23598**

(54) Condensateur variable.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). H 01 L 29/92; H 01 G 7/00.

(22) Date de dépôt 17 décembre 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : Japon, 18 décembre 1980, n° 180061/1980.

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 25 du 25-6-1982.

(71) Déposant : Société dite : CLARION CO., LTD, résidant au Japon.

(72) Invention de : Takamasa Sakai.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Z. Weinstein,
20, av. de Friedland, 75008 Paris.

La présente invention se rapporte à un condensateur variable permettant d'obtenir une variation régulière et modérée de capacité.

On utilise généralement une diode à jonction PN comme diode à capacité variable parce que quand une tension de polarisation inverse est appliquée à la jonction PN, les porteurs à proximité de la jonction se déplacent pour former ainsi une couche diélectrique et l'épaisseur de la couche diélectrique est soumise à la tension de polarisation inverse.

Une telle diode traditionnelle formant condensateur variable a une structure telle qu'une électrode à laquelle la tension de polarisation est appliquée sert également d'électrode pour lire la variation de capacité. Par conséquent, si l'on utilise une masse ayant une concentration régulière, la caractéristique de la variation de capacité est telle que cette variation de capacité est relativement modérée quand une haute tension de polarisation est appliquée, amenant ainsi la nécessité de contrôler le profil de diffusion au moyen d'implantation d'ions et analogues. Cela représente une difficulté pour la production de tels dispositifs et même si le contrôle du profil de diffusion peut être accompli, il ne peut l'être que sur une gamme étroite. Par ailleurs, du fait de la structure ci-dessus décrite, la conception du circuit est quelque peu restreinte. De plus, avec une tension d'alimentation de l'ordre de 12V, qui est une tension standard dans une voiture et autres, l'épaisseur de la couche diélectrique formée selon le mouvement des porteurs est également restreinte.

La présente invention a pour but de résoudre les inconvénients ci-dessus mentionnés.

Selon la présente invention, on prévoit un condensateur variable qui comprend :

une masse d'un cristal semi-conducteur ayant au moins une surface en pente;

une section de contrôle de couche diélectrique prévue sous la surface en pente;

une section de lecture de la capacité prévue sur une autre surface de la masse;

5 un moyen pour appliquer une tension de polarisation inverse à la section de contrôle de la couche diélectrique; et

une source de tension variable pour appliquer la tension de polarisation inverse.

10 L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, caractéristiques, détails et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description explicative qui va suivre faite en référence aux dessins schématiques annexés donnés uniquement à titre d'exemple, 15 illustrant plusieurs modes de réalisation de l'invention et dans lesquels :

- les figures 1 à 3 montrent des vues en coupe illustrant différents modes de réalisation selon l'invention, respectivement;

20 - la figure 4 montre un circuit équivalent des modes de réalisation des figures 1 à 3; et

- les figures 5 (a), (b) et (c) montrent des vues en coupe et une vue en perspective d'un autre mode de réalisation de l'invention.

25 La présente invention sera décrite en détail en se référant aux modes de réalisation préférés illustrés sur les dessins.

La figure 1 montre un mode de réalisation selon la présente invention, c'est-à-dire une structure réelle 30 d'un condensateur variable 10 du type à jonction PN. Une masse d'un cristal semi-conducteur 11 fait en un matériau du type N, a deux surfaces en pente 20 et une surface supérieure horizontale. Dans une partie centrale de la surface supérieure est formée une région 12 du type P en tant que première jonction PN. Une électrode 13 de lecture de capacité faite en un matériau métallique, est formée

en contact avec la région 12 du type P. Le long des deux surfaces en pente 20 placées des deux côtés de la région 12 de type P, sont prévues d'autres régions du type P 14 et 15 pour former une seconde jonction PN et une troisième 5 jonction PN, respectivement. En contact avec les régions respectives 14 et 15 du type P sont formées des électrodes de commande (électrodes de polarisation) 16 et 17 faites en un matériau métallique. Le long du fond de la masse 11 est formée une électrode ohmique 18 (électrode opposée).

10 Avec cet agencement, quand la tension de polarisation inverse V_B est appliquée aux seconde et troisième jonctions PN formées le long des surfaces en pente 20, par une source de tension variable, l'épaisseur d'une couche diélectrique 19 qui est formée sous la 15 première jonction PN varie modérément du fait de l'existence des surfaces en pente 20. La variation de capacité est lue à l'électrode 13 de lecture de capacité. Ainsi, la structure telle que représentée sur la figure 1 fonctionne comme une diode à capacité variable.

20 La figure 2 montre un autre mode de réalisation selon l'invention où est illustrée une structure réelle d'un condensateur variable 21 de Schottky. Entre la surface supérieure de la masse 11 du cristal semi-conducteur en un matériau du type N avec les surfaces en pente 20 et une 25 électrode 22 de lecture de capacité en un matériau métallique, est formée une barrière de Schottky. Des deux côtés de la barrière et le long des surfaces en pente 20 sont formées les régions 14 et 15 du type P en tant que première et seconde jonctions PN, respectivement. Les électrodes de 30 commande (électrodes de polarisation) 16 et 17 faites en un matériau métallique, sont formées en contact avec les régions 14 et 15 du type P, respectivement. Par ailleurs, l'électrode ohmique (électrode opposée) 18 est formée le long du fond de la masse 11.

35 Avec cet agencement, quand une tension de polarisation inverse est appliquée aux première et seconde

jonction PN formées le long des surfaces en pente 20, l'épaisseur de la couche diélectrique 19 alors formée sous la barrière de Schottky, varie modérément du fait de la présence des surfaces en pente 20. La variation de capacité alors provoquée est lue à l'électrode 22 de lecture de capacité. Ainsi, la structure représentée sur la figure 2 fonctionne également comme une diode à capacité variable.

La figure 3 montre un autre mode de réalisation de l'invention où est illustrée la structure réelle d'un condensateur variable appelé MIS 23. La masse du cristal semi-conducteur 11 en un matériau du type N a des surfaces en pente 20 le long desquelles sont formées les première et seconde jonctions PN 14, 15, respectivement. Les électrodes de commande (électrode de polarisation) 16 et 17 faites en un matériau métallique sont formées en contact avec les régions 14 et 15 du type P. Par ailleurs, à la surface supérieure de la masse 11 est prévu un isolateur 24 tendu entre les régions 14 et 15 du type P. Une électrode 25 de lecture de capacité est prévue sur l'isolateur 24. En effet, une structure MIS est formée sur une partie centrale de la surface supérieure qui est l'une des surfaces supérieures de la masse 11. Par ailleurs, l'électrode ohmique (électrode opposée) 18 est prévue le long du fond ou bas de la masse 11.

Avec cet agencement, quand une tension de polarisation inverse est appliquée aux première et seconde jonctions PN formées le long des surfaces en pente 20, l'épaisseur de la couche diélectrique 19 formée sous la structure MIS, varie modérément du fait de la présence des surfaces en pente 20. La variation de capacité alors provoquée est lue à l'électrode 25 de lecture de capacité. Ainsi, la structure telle que représentée sur la figure 3 sert également de diode à capacité variable.

En fait, le condensateur tel que décrit ci-dessus fonctionne de la même façon si la région du type N et la région du type P sont formées de façon contraire. Sans être restreint

à la section de lecture de la capacité, la section de contrôle de la couche diélectrique peut également avoir une structure à jonction PN, une structure à barrière de Schottky ou une structure MIS.

5 La figure 4 montre un circuit équivalent utilisé dans chacun des condensateurs variables des modes de réalisation ci-dessus décrits. Les bornes a et b sont des bornes de polarisation pour appliquer la tension de polarisation inverse aux première et seconde jonctions PN
10 respectivement, tandis que les bornes c et d sont des bornes de lecture de capacité pour lire la variation de la capacité.

Si C_0 désigne la différence de capacité obtenue quand la tension de polarisation de la barrière de Schottky est zéro et quand la tension de polarisation de la structure MIS est zéro sans prendre en considération le glissement sur bande plate et si C_D indique la différence de capacité obtenue alors que la couche diélectrique 19 croît, la différence de capacité C lue à chacune des 20 sections de lecture de capacité (les électrodes 13, 22 et 25) peut être exprimée comme suit :

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_0} + \frac{1}{C_D} \dots \dots \dots \quad (1)$$

Par ailleurs, si l'épaisseur de la couche diélectrique est désignée par d, la surface d'électrode par S et la constante diélectrique du cristal semi-conducteur par \mathcal{E} , respectivement, la différence de capacité C_D de la couche diélectrique peut être exprimée comme suit :

$$C_D = \mathcal{E}_s \cdot S/d \dots \dots \dots \quad (2)$$

30 Afin de concevoir le condensateur variable afin qu'il ait une proportion importante de variation de capacité, la capacité C_D peut être étudiée pour être faible par rapport à la capacité C_0 comme cela est apparent à la lecture de l'expression (1), et l'épaisseur de la couche 35 diélectrique d peut être importante.

Traditionnellement, l'épaisseur d de la couche

diélectrique est fortement limitée du fait de la structure du condensateur variable n'ayant qu'une électrode servant d'électrode de polarisation ainsi que d'électrode de lecture de capacité. Cependant, selon la présente invention où les 5 jonctions PN sont formées le long des surfaces en pente, l'épaisseur d de la couche diélectrique 19 peut varier de façon modérée même si la tension d'alimentation est de l'ordre de 12V comme on l'a mentionné ci-dessus et la couche diélectrique 19 peut en conséquence devenir 10 remarquablement importante en comparaison à une couche traditionnelle. Par conséquent, on peut s'attendre à une augmentation remarquable de la variation de la capacité alors que. Par ailleurs, la gamme variable de la capacité par rapport à la tension peut être conçue de façon 15 appropriée.

En particulier dans la structure MIS représentée sur la figure 3, la proportion de variation de la capacité C_{\max}/C_{\min} est exprimée comme suit :

$$\frac{C_{\max}}{C_{\min}} = \frac{d}{d_0} \cdot \frac{\epsilon_0}{\epsilon_0} (\epsilon_s \cdot \frac{d_0}{d} + 1) \dots \dots \dots (3)$$

La lettre d_0 désigne l'épaisseur de l'isolateur 24 et ϵ_0 est la constante diélectrique de l'isolateur 24. 25 Avec cet agencement, il est facile d'elever la proportion de variation de capacité à environ 70, ce qui est extrêmement important en comparaison avec des agencements traditionnels.

Les figures 5 (a), (b) et (c) illustrent chacune un autre mode de réalisation selon l'invention. La figure 30 5 (a) montre une structure d'un circuit intégré où un certain nombre de condensateurs variables du type à jonction PN sont intégrés dans la masse 11 du cristal semi-conducteur. Les condensateurs variables sont en alignement pour permettre ainsi au dispositif d'obtenir totalement une caractéristique de variation de capacité souhaitée. Dans ce cas, 35 les condensateurs variables respectifs peuvent être conçus pour avoir des caractéristiques différentes de capacité ou

pour être utilisés indépendamment.

La figure 5 (b) illustre une structure de la masse où également la partie centrale du substrat pour former la section de lecture de capacité comprend des surfaces en pente 20'. Ainsi, comme la croissance de la couche diélectrique 19 reçoit une autre variation, on peut obtenir une caractéristique de variation de capacité différente.

La figure 5 (c) illustre une structure de la masse où un certain nombre de condensateurs variables sont prévus dans la masse 11 du substrat semi-conducteur en alignement dans sa direction longitudinale. La masse telle que construite ci-dessus peut être utilisée telle qu'elle est si les condensateurs variables sont connectés en alignement, ou autrement on peut l'utiliser en tant qu'une pièce obtenue en la coupant aux parties indiquées par les lignes en pointillés sur le dessin.

Les surfaces en pente dans les modes de réalisation ci-dessus décrits peuvent recevoir une pente souhaitée grâce à un moyen mécanique connu de meulage. Par ailleurs, en choisissant un matériau ayant un cristal spécifique comme masse et en choisissant un liquide chimique approprié d'attaque pour forcer ainsi le liquide à réagir sur la masse, on peut former des surfaces en pente ayant une pente souhaitée en toutes positions sur la masse.

Comme on l'a décrit ci-dessus, comme la présente invention est agencée de façon que l'épaisseur de la couche diélectrique varie modérément par ce que la section de contrôle de la couche diélectrique est formée le long de surfaces en pente, la couche diélectrique peut croître de façon importante, agrandissant ainsi la variation de capacité. Par ailleurs, bien que l'on prévoie deux sections de contrôle de la couche diélectrique pour l'application de la tension de polarisation par les électrodes de commande (électrodes de polarisation) dans les modes de réalisation ci-dessus décrits, le

nombre des sections de contrôle de la couche diélectrique peut être de un ou plus de deux uniquement si la croissance de la couche diélectrique se trouvant en dessous de la section de lecture de capacité peut être efficacement contrôlée.

R E V E N D I C A T I O N S

1. Condensateur variable, caractérisé en ce qu'il comprend :

une masse d'un cristal semi-conducteur (11) ayant au moins une surface en pente (20) ;

5 Une section de contrôle de couche diélectrique (16,17) prévue sous ladite surface en pente;

une section de lecture de capacité (13) prévue sur une autre surface de ladite masse;

10 un moyen pour appliquer une tension de polarisation inverse à ladite section de contrôle de couche diélectrique; et

une source de tension variable (26) pour appliquer ladite tension de polarisation inverse.

2. Condensateur selon la revendication 1,
15 caractérisé en ce que deux des surfaces en pente ou plus sont formées et en ce que la section de contrôle de couche diélectrique précitée est prévue sous chacune desdites surfaces en pente.

3. Condensateur selon la revendication 2,
20 caractérisé en ce que la surface de la masse précitée sur laquelle est formée la section de lecture de capacité précitée est en pente.

4. Condensateur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la
25 section de lecture de capacité précitée a une structure MIS.

5. Condensateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la section de lecture de capacité a une structure de barrière de Schottky.

30 6. Condensateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la section de lecture de capacité précitée a une structure à jonction PN.

7. Condensateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la section de contrôle de couche diélectrique précitée a une structure MIS.

5 8. Condensateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la section de contrôle de couche diélectrique précitée a une structure de barrière de Schottky.

10 9. Condensateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la section de contrôle de couche diélectrique précitée a une structure de jonction PN.

FIG. 1

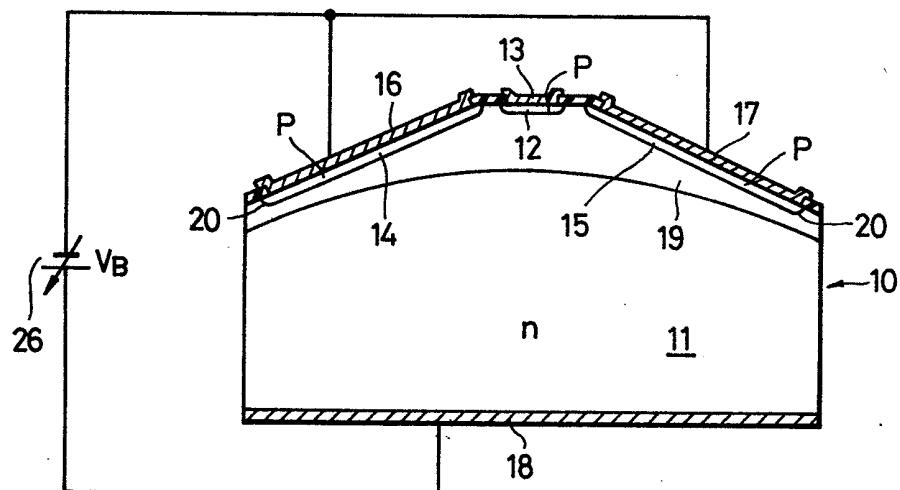


FIG. 2

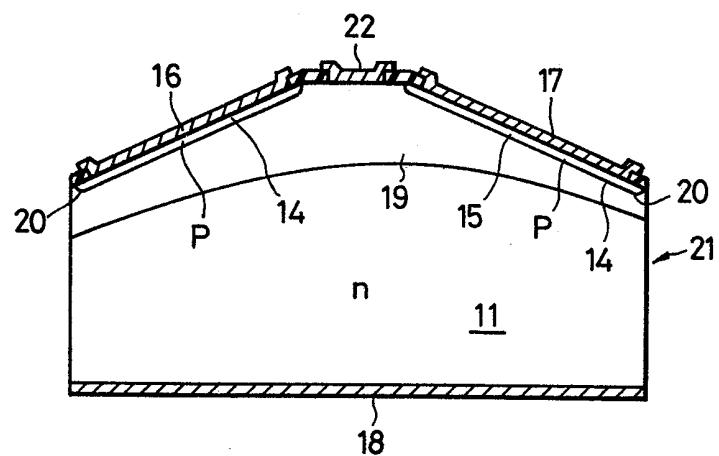


FIG. 3

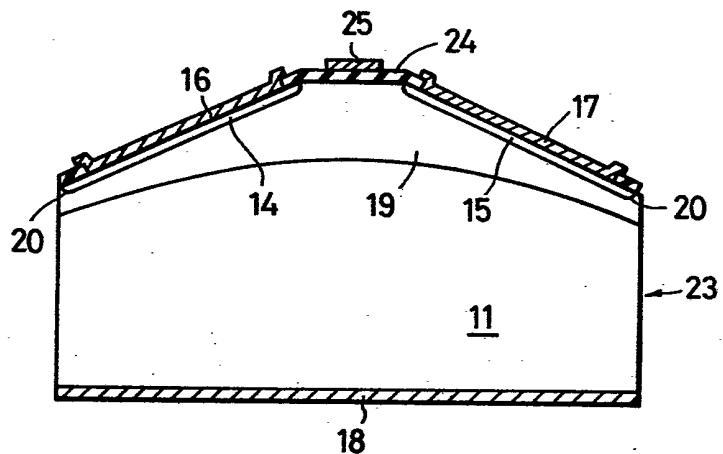


FIG. 4

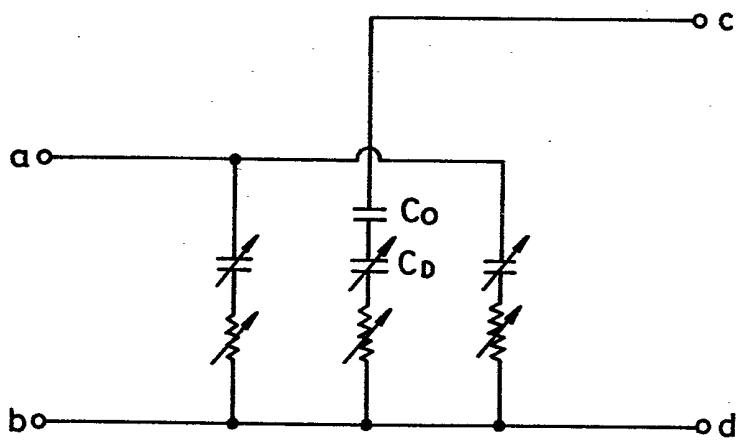
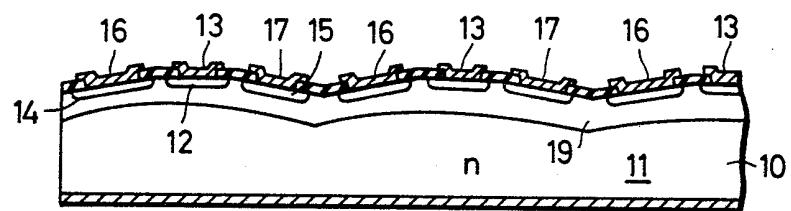
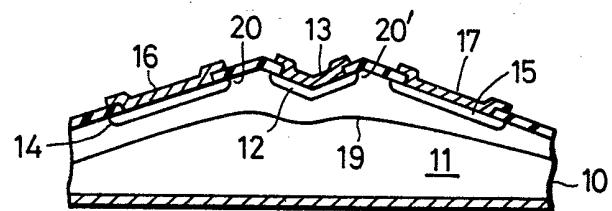


FIG. 5 (a)**FIG. 5 (b)****FIG. 5 (c)**