



Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

⑫ FASCICULE DU BREVET A5

⑪

623 168

⑯1 Numéro de la demande: 8832/78

⑯3 Titulaire(s):
Kabushiki Kaisha Daini Seikosha, Tokyo (JP)

⑯2 Date de dépôt: 21.08.1978

⑯2 Inventeur(s):
Masayuki Kojima, Koto-ku/Tokyo (JP)

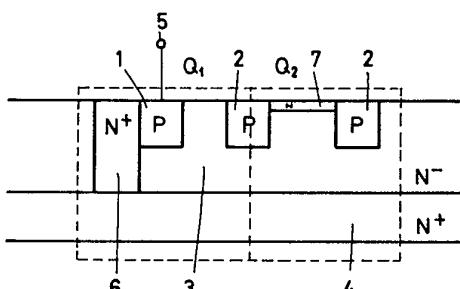
⑯4 Brevet délivré le: 15.05.1981

⑯4 Mandataire:
Bovard & Cie., Bern

⑯4 Dispositif semi-conducteur logique.

⑯7 Un dispositif semi-conducteur logique à transistor à effet de champ à jonction comprend un transistor PNP injecteur (Q_1) ayant un émetteur (1), un collecteur (2) et une région de base (3) qui constitue en émettant le canal d'un transistor à effet de champ à jonction (Q_2) dont l'électrode de commande est constituée par le collecteur (2) du transistor PNP et dont la source est constituée par le substrat (4) du dispositif. Pour éviter que l'efficacité du dispositif soit amoindrie par le fait qu'une partie des «trous» émis par l'émetteur injecteur (1) en direction de la région de base (3), constituée par une couche épitaxiale de type N, à faible concentration, se perdent étant donné qu'ils ne sont pas émis en direction du collecteur (2) constituant l'électrode de commande, l'émetteur (1) du transistor PNP est entouré, sur toutes ses parties non efficacement dirigées, par une région épitaxiale (6) à haute concentration d'impuretés. Il en résulte deux valeurs de tension de diffusion différentes et une grande efficacité est obtenue si la tension appliquée se situe entre ces deux valeurs.

Ce dispositif est avantageux pour les applications de logique à fréquence élevée et à faible consommation.



REVENDICATIONS

1. Dispositif semi-conducteur logique à transistor à effet de champ à jonction, comprenant un transistor PNP agissant comme injecteur et un transistor à effet de champ longitudinal à jonction agissant comme transistor d' entraînement, caractérisé en ce que ledit transistor PNP est, dans sa plus grande partie, entouré par une région semi-conductrice de type N présentant une concentration d'impuretés plus élevée que celle d'une couche semi-conductrice de type N épitaxiale servant de base au transistor PNP, seule n'étant pas entourée par ladite région une partie d'une couche semi-conductrice de type P servant d'émetteur du transistor injecteur, ladite couche semi-conductrice épitaxiale de type N ayant une basse concentration d'impuretés et la profondeur de ladite région semi-conductrice de type N étant plus grande que celle de l'émetteur du transistor PNP servant d'injecteur.

2. Procédé de mise en action du dispositif semi-conducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on applique à l'injecteur une tension de fonctionnement qui est plus élevée que le potentiel à la jonction entre l'émetteur et la base du transistor injecteur, mais qui est moins élevée que le potentiel à la jonction entre l'émetteur et la région de couche semi-conductrice de type N de cet injecteur, cette dernière, qui est à basse concentration d'impuretés, agissant ainsi en tant qu'entourage.

La présente invention concerne un dispositif semi-conducteur logique à transistor à effet de champ à jonction, comprenant un transistor PNP agissant comme injecteur et un transistor à effet de champ longitudinal à jonction agissant comme transistor d' entraînement. Un tel dispositif semi-conducteur logique (désigné par JFL) est un dispositif semi-conducteur dont la vitesse de commutation est élevée et dont la consommation est faible, c'est-à-dire dont la valeur de produit «retard-puissance» est extrêmement faible. Un tel dispositif comprend un transistor PNP latéral agissant comme injecteur et un transistor à effet de champ longitudinal agissant comme transistor d' entraînement (driving transistor). Une couche d'appauvrissement (depletion layer), qui s'étend depuis une électrode de commande (gate) dans une région formant canal, a une épaisseur relativement élevée puisqu'une couche semi-conductrice de type N a une faible concentration d'impuretés (par exemple approximativement $10^{13}/cm^3$). Cette couche semi-conductrice de type N sert de portion de canal pour le transistor à effet de champ longitudinal. En conséquence, la capacité de l'électrode de commande est fort réduite et le dispositif peut fonctionner avec une vitesse élevée et une faible consommation de puissance.

Comme le transistor à effet de champ longitudinal se trouve déjà à l'état non passant lorsque la tension appliquée à l'électrode de commande $V_G = 0$, ce dispositif est actionné par formation d'un canal par application d'une tension de commande dans le sens passant (par opposition au type «à enrichissement», à l'état passant avec une tension de commande nulle et fonctionnant par application d'une tension agissante de blocage, dans le sens inverse).

Toutefois, malgré le fait que la capacité de l'électrode de commande est très faible, le fait que le courant de charge ne circule pas efficacement (en sa totalité) depuis l'injecteur jusqu'à l'électrode de commande empêche un fonctionnement à très basse puissance bien qu'un fonctionnement à haute vitesse est possible. Ce phénomène d'efficacité est dénommé facteur de multiplication du courant d'un transistor PNP en régime base à la masse. En admettant que C soit la capacité de l'électrode de commande à charger, V étant la tension appliquée à l'injecteur, ΔV étant l'amplitude logique et α étant le facteur de multiplica-

tion de courant du transistor en base à la masse, le produit «retard-puissance» (PDP), qui constitue un indice de fonctionnement à fréquence élevée et de faible consommation de puissance, peut être établi comme suit:

$$PDP = \frac{C \cdot V \cdot \Delta V}{\alpha} \quad (1)$$

De cette expression (1), dans laquelle il est entendu que plus la valeur de PDP est faible, meilleures sont les performances du dispositif, on peut conclure que plus α est élevé, plus les performances seront hautes.

On remarque que la valeur α est en pratique inférieure à 1 et que la condition idéale pour ce paramètre serait d'atteindre la valeur 1.

15 C'est donc un objet de la présente invention que de produire un dispositif semi-conducteur du type en question qui fournit des performances améliorées en tendant à faire atteindre au paramètre α une valeur très voisine de 1.

Conformément à l'invention ce but est atteint par la présence 20 des caractères énoncés dans la revendication 1.

Le dessin annexé illustre, à titre d'exemple et comparativement à ce que connaissait l'art antérieur, une forme d'exécution de l'objet de l'invention; dans ce dessin:

la fig. 1 est une vue schématique en coupe d'un dispositif JFL 25 de l'art antérieur, et

la fig. 2 est une vue schématique en coupe d'une forme d'exécution du dispositif JFL objet de l'invention.

On remarque que dans les deux figures du dessin, les éléments analogues sont désignés par les mêmes signes de référence. Le

30 signe de référence 1 représente l'émetteur d'un transistor PNP Q_1 , qui agit en tant qu'injecteur. Le signe de référence 2 représente le collecteur de ce transistor PNP Q_1 , qui constitue en même temps l'électrode de commande du transistor d' entraînement Q_2 , lequel est un élément semi-conducteur de type P. La base 3 du transistor PNP injecteur Q_1 est constituée d'une couche épitaxiale de type N ayant une basse concentration d'impuretés. Cette couche épitaxiale de type N agit en tant que canal du transistor d' entraînement (driving transistor) Q_2 et elle est formée sur un substrat 4 qui agit en tant que source de ce transistor d' entraînement Q_2 .

40 Le type de conductivité du substrat 4 est le même que celui de la couche épitaxiale.

Le drain du transistor d' entraînement Q est formé d'une portion semi-conductrice 7, de type N.

45 Dans un dispositif classique comme celui qu' illustre la fig. 1, les «trous» (charges électriques élémentaires positives) qui sont injectés par l'électrode d' injection dans la couche épitaxiale agissant en tant que base se trouvent diffusés depuis tous les endroits d' interface de jonction entre la base et l'émetteur du 50 transistor PNP injecteur Q_1 , en direction de la couche épitaxiale 3, aucune direction privilégiée n'étant imposée à ces «trous», puisqu'il n'y a pas de champ électrique dans la base du transistor. Ainsi seule une partie des «trous» est collectée dans le collecteur 2 et le facteur de multiplication de courant du transistor PNP en base à la masse se trouve de ce fait fortement réduit. 55 Cet inconvénient a effectivement constitué un obstacle à un fonctionnement s' effectuant à la fois à vitesse élevée et à basse consommation d'énergie.

Pour éliminer cet obstacle, le dispositif proposé par la présente 60 invention et illustré par la fig. 2 comprend des moyens qui empêchent les «trous» d'être injectés sur un côté (inefficace) de l' interface de jonction entre la base et l'émetteur du transistor PNP injecteur Q_1 , cet empêchement intervenant sur le côté de cette interface de jonction qui se présente à l' endroit de l'émetteur 1 du 65 transistor PNP injecteur Q_1 et qui ne fait pas face au collecteur 2 de ce transistor.

Sur la fig. 2, en admettant que Nd_1 est la densité de porteurs électroniques dans la couche épitaxiale à faible concentration

d'impuretés, cette dernière agissant en tant que base, et en admettant qu'un côté de l'interface de jonction entre cette base et l'émetteur du transistor PNP injecteur Q_1 ne fait pas face au collecteur 2 de ce transistor, la tension de diffusion V_1 à l'interface de jonction entre la base et l'émetteur est donnée par l'équation (2)

$$V_1 = -\frac{KT}{\gamma} \ln \frac{N_A N_{D_1}}{n_i^2} \quad (2)$$

équation dans laquelle γ est la charge électrique, K est la constante de Boltzman, T est la température ambiante ($^{\circ}\text{K}$), et « n_i » est la densité de porteur dans un semi-conducteur intrinsèque.

Par ailleurs, dans un dispositif conforme à l'objet de la présente invention, on assume que N_{D_2} est la densité de porteurs électroniques dans une région semi-conductrice de type N 6 ayant une haute concentration d'impuretés et qui est disposée de façon à entourer le transistor PNP injecteur Q_1 sur sa plus grande partie, c'est-à-dire en tout endroit excepté sur sa partie qui effectue l'injection, et on obtient une tension de diffusion V_2 à l'interface de jonction entre l'émetteur 1 et cette région semi-conductrice de type N, tension V_2 qui est donnée par l'équation (3)

$$V_2 = -\frac{KT}{\gamma} \ln \frac{N_A N_{D_2}}{n_i^2} \quad (3)$$

Avec les valeurs suivantes:

$$\begin{aligned} N_A &= 10^{18}/\text{cm}^3, \\ N_{D_1} &= 10^{13}/\text{cm}^3 \text{ et} \\ N_{D_2} &= 10^{18}/\text{cm}^3, \end{aligned}$$

on obtient:

$$V_1 = 0,94 \text{ V et } V_2 = 0,58 \text{ V.}$$

Ainsi, si la tension d'émetteur du transistor PNP injecteur Q_1 est établie entre V_1 et V_2 (par exemple à 0,7 V), les «trous», dans le transistor PNP injecteur Q, ne seront pas injectés en direction de la région semi-conductrice de type N6, qui a une haute concentration d'impuretés, mais ils seront seulement injectés dans la couche épitaxiale 3 qui a une faible concentration d'impuretés, et qui, agissant en tant que région de base, se trouve en face du collecteur 2.

Ainsi les «trous» injectés depuis le transistor PNP injecteur Q_1 pourront être collectés par le collecteur 2 avec efficacité.

Ainsi, suivant ce que l'on vient de décrire, puisque le transistor PNP injecteur est presque complètement entouré par une région semi-conductrice de type N à concentration d'impuretés plus élevée que celle de la région de base de ce transistor PNP, seule n'étant pas entourée la partie de la jonction entre la base et l'émetteur de l'injecteur qui est nécessaire à l'injection, et puisque la tension appliquée à l'injecteur est plus haute que le potentiel de diffusion à la jonction entre l'émetteur et la base du transistor tout en étant plus basse que le potentiel de diffusion à la jonction entre l'émetteur du transistor et cette couche semi-conductrice de type N qui l'entoure quasi complètement et qui présente une concentration d'impuretés élevée, le facteur de multiplication de courant du transistor en base à la masse se trouve grandement augmenté de sorte qu'il est possible d'améliorer la vitesse de commutation et la consommation de puissance, étant entendu que le transistor en base à la masse est un transistor PNP injecteur latéral.

Naturellement, plus la profondeur de la région semi-conductrice de type N qui agit en tant qu'entourage est grande, plus l'efficacité du dispositif est élevée.

FIG. 1

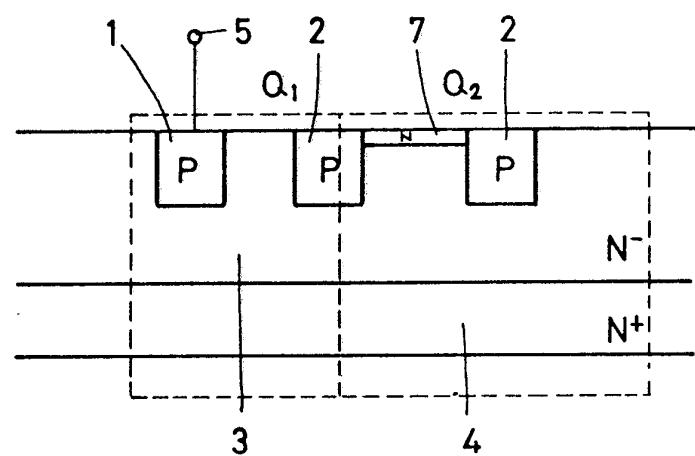


FIG. 2

