

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

(11) Nº de publication : **3 021 160**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)
(21) Nº d'enregistrement national : **15 54009**
(51) Int Cl⁸ : **H 01 L 29/93 (2013.01), H 04 B 1/40**

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 05.05.15.
(30) Priorité : 16.05.14 US 14280404.

(43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 20.11.15 Bulletin 15/47.
(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.
(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

(71) Demandeur(s) : TRIQUINT SEMICONDUCTOR, INC.
— US.

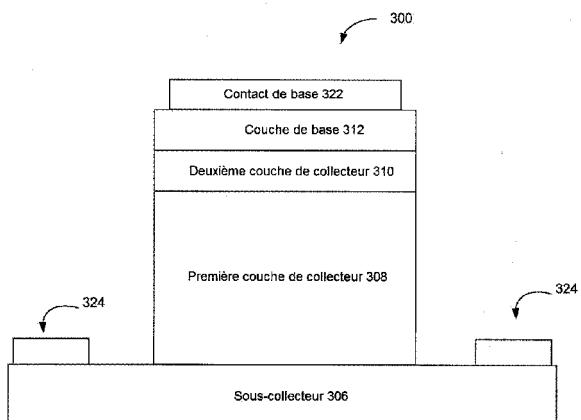
(72) Inventeur(s) : TAO NICK GENGMING.

(73) Titulaire(s) : TRIQUINT SEMICONDUCTOR, INC..

(74) Mandataire(s) : CABINET PLASSERAUD.

(54) DIODE VARACTOR A HETEROSTRUCTURE.

(57) La présente invention concerne des appareils, des procédés et des systèmes pour dispositif à circuit intégré (CI) (300), tel qu'une diode varactor. Le dispositif CI (300) comprend un collecteur composite et une hétérostructure. Une couche (308) de matériau à bande interdite large faisant partie du collecteur est disposée à l'interface collecteur/base. La présence du matériau à bande interdite large peut augmenter la tension de claquage et permettre des profils de dopage hyperabrupt accrus dans la partie à bande interdite plus étroite du collecteur. Ceci peut permettre d'élargir la gamme d'accord et d'améliorer la performance d'intermodulation (IMD) sans diminuer la performance de claquage associée aux dispositifs à homojonction.



DIODE VARACTOR A HETEROSTRUCTURE

Les modes de réalisation de la présente invention concernent, d'une manière générale, le domaine des circuits intégrés et des diodes varactors et, plus particulièrement, des structures de collecteur composite pour diodes varactors.

Les diodes varactors comprennent généralement une jonction pn avec un profil de dopage hyperabrupt situé dans la région de type n, de façon que la capacité de la jonction puisse varier avec la polarisation. Habituellement, les diodes varactors utilisent la jonction base-collecteur dans un transistor bipolaire où la jonction pn est une homojonction composée d'un matériau tel que le silicium (Si) ou l'arséniure de gallium (GaAs). La gamme d'accord et la performance de distorsion d'intermodulation (IMD) d'une diode varactor peuvent toutes les deux être augmentées par l'augmentation des niveaux de dopage. Bien que l'élargissement de la gamme d'accord et l'amélioration de la performance IMD soient souhaitables, l'augmentation du niveau de dopage dans un varactor à homojonction pn classique a un impact négatif sur la performance de claquage et peut diminuer la tension de claquage du dispositif.

Selon un premier aspect, l'invention propose un dispositif à semi-conducteur, comprenant :

un collecteur comportant :
une première couche d'un premier matériau ; et
20 une deuxième couche d'un deuxième matériau formée sur la première couche ; et
une base comportant une troisième couche formée sur la deuxième couche,
dans lequel la bande interdite du deuxième matériau est plus grande que la
bande interdite du premier matériau, et
25 dans lequel la deuxième couche possède une épaisseur d'au moins
300 angströms.

Dans les modes de réalisation préférés du premier aspect de l'invention, il est possible de faire usage d'une ou de plusieurs des configurations suivantes :

- le deuxième matériau est l'arséniure de gallium et d'aluminium (AlGaAs) ;
30 - le deuxième matériau est le phosphure de gallium et d'indium (InGaP) ;

- l'épaisseur de la deuxième couche est approximativement égale à l'épaisseur d'une zone de déplétion dans le collecteur à polarisation nulle ;
 - l'épaisseur de la deuxième couche est inférieure à l'épaisseur d'une zone de déplétion dans le collecteur à polarisation nulle ;
- 5 - l'épaisseur de la deuxième couche est entre environ 300 et 1500 angströms ;
- l'épaisseur de la deuxième couche est entre environ 300 et 1000 angströms ;
- le premier matériau est l'arséniure de gallium (GaAs) ;
- la troisième couche est également en GaAs ;
- la première couche et la deuxième couche sont harmonisées en termes de
- 10 paramètres de réseau ;
- la première couche est dopée de façon que le niveau de dopage augmente dans une direction allant vers une interface entre la première couche et la deuxième couche ;
 - la première couche est au moins quatre fois plus épaisse que la deuxième
- 15 couche.
- Selon un deuxième aspect, l'invention propose un procédé de formation d'un dispositif à semi-conducteur, comprenant :
- la formation d'une première couche d'arséniure de gallium (GaAs) ;
- la formation d'une deuxième couche d'un deuxième matériau sur la première
- 20 couche ; et
- la formation d'une troisième couche de GaAs sur la deuxième couche,
- dans lequel le deuxième matériau est le phosphure de gallium et d'indium (InGaP) ou l'arséniure de gallium et d'aluminium (AlGaAs), et
- dans lequel la première couche est au moins quatre fois plus épaisse que la
- 25 deuxième couche.

- Dans les modes de réalisation préférés du deuxième aspect de l'invention, il est possible de faire usage d'une ou de plusieurs des configurations suivantes :
- l'épaisseur de la deuxième couche est inférieure ou égale à l'épaisseur d'une zone de déplétion dans un collecteur du dispositif à semi-conducteur à polarisation nulle ;
 - la formation de la première couche comprend en outre le dopage de la première couche de façon que le niveau de dopage augmente dans une direction allant vers une interface entre la première couche et la deuxième couche ;

- la formation de la première couche comprend en outre le dopage de la première couche de façon que le niveau de dopage augmente d'au moins un ordre de grandeur sur l'épaisseur de la première couche jusqu'à une valeur maximale à une interface entre la première couche et la deuxième couche ;
- 5 - l'épaisseur de la deuxième couche est entre environ 300 et 1500 angströms ;
- le procédé comprend en outre la formation d'un contact sur la troisième couche de GaAs.

Selon un troisième aspect, l'invention propose un système comprenant :

un émetteur/récepteur servant à émettre et recevoir des signaux de
10 radiofréquence (RF) ; et

un varactor incorporé dans ou couplé à l'émetteur/récepteur, le varactor comportant :

- un collecteur comportant :
- une première couche d'un premier matériau ; et
- 15 une deuxième couche d'un deuxième matériau formée sur la première couche ; et
- une base comportant une troisième couche formée sur la deuxième couche, dans lequel la bande interdite du deuxième matériau est plus grande que la bande interdite du premier matériau.

20 Dans un mode de réalisation préféré du troisième aspect de l'invention, le varactor fait partie d'un circuit d'accord d'impédance ou d'un circuit d'accord d'antenne.

Les modes de réalisation seront facilement compris grâce à la description détaillée suivante prise conjointement avec les dessins annexés. Pour faciliter cette
25 description, les mêmes numéros de référence désignent les mêmes éléments de structure. Des modes de réalisation sont illustrés à titre d'exemple et non dans un but limitatif sur les figures des dessins annexés.

La figure 1 illustre schématiquement une diode varactor comportant une hétérojonction pn selon certains modes de réalisation.

30 La figure 2 est un graphique illustrant la performance IMD d'une diode varactor conforme à la figure 3.

La figure 3 est un schéma de procédé d'un procédé de fabrication d'une diode varactor selon divers modes de réalisation.

La figure 4 illustre schématiquement un exemple de système comportant un dispositif CI selon divers modes de réalisation.

La figure 5 illustre schématiquement une diode varactor comportant une hétérojonction pn selon certains modes de réalisation.

5 Les modes de réalisation de la présente divulgation fournissent des diodes varactors à hétérostructure, des procédés de fabrication et des systèmes.

Dans la description détaillée suivante, il est fait référence aux dessins joints qui forment une partie de celle-ci, sur lesquels les mêmes numéros désignent les mêmes parties et sur lesquels sont présentés, à titre illustratif, des modes de 10 réalisation dans lesquels le sujet de la présente divulgation peut être mis en pratique. Il doit être compris que d'autres modes de réalisation peuvent être utilisés et que des modifications structurelles ou logiques peuvent être apportées sans s'écartez de la portée de la présente divulgation. Par conséquent, la description détaillée suivante ne doit pas être prise dans un sens limitatif, et la portée des modes de réalisation est 15 définie par les revendications annexées et leurs équivalents.

Dans le cadre de la présente divulgation, la phrase « A et /ou B » signifie (A), (B) ou (A et B). Dans le cadre de la présente divulgation, la phrase « A, B et/ou C » signifie (A), (B), (C), (A et B), (A et C), (B et C) ou (A, B et C).

La description peut utiliser les phrases « dans un mode de réalisation » ou 20 « dans des modes de réalisation », qui peuvent chacune faire référence à un ou plusieurs modes de réalisation identiques ou différents. En outre, les termes « comprenant », « incluant », « ayant » et équivalents, tels qu'utilisés par rapport aux modes de réalisation de la présente divulgation, sont synonymes.

Le terme « couplé à », ainsi que ses dérivés, peut être utilisé dans le présent 25 document. « Couplé » peut avoir une ou plusieurs des significations suivantes. « Couplé » peut vouloir dire que deux ou plus de deux éléments sont en contact physique ou électrique direct. Cependant, « couplé » peut également vouloir dire que deux ou plus de deux éléments sont indirectement en contact les uns avec les autres, tout en coopérant et interagissant les uns avec les autres, ou peut vouloir dire qu'un 30 ou plusieurs autres éléments sont couplés ou connectés entre lesdits éléments couplés les uns aux autres.

Dans divers modes de réalisation, la phrase « une première couche formée sur une deuxième couche » peut signifier que la première couche est formée au-dessus

de la deuxième couche et qu'au moins une partie de la première couche peut être en contact direct (par exemple, en contact physique et/ou électrique direct) ou en contact indirect (par exemple, avec une ou plusieurs autres couches entre la première couche et la deuxième couche) avec au moins une partie de la deuxième couche.

5 Les diodes varactors traditionnelles peuvent comprendre des homojonctions p-n qui présentent certains problèmes. Afin d'améliorer la performance IMD et/ou la gamme d'accord, il est nécessaire d'augmenter les niveaux de dopage du dispositif. Cependant, l'augmentation des niveaux de dopage dans un dispositif à base d'homojonction p-n peut entraîner la diminution de la performance de claquage. En
10 tant que tels, les dispositifs à niveaux de dopage accrus peuvent présenter une diminution des plages de fonctionnement car la performance peut se dégrader aux tensions élevées quand la tension de fonctionnement se rapproche de la tension de claquage. Ainsi, la performance IMD et la gamme d'accord des dispositifs à base d'homojonction p-n peuvent être limitées car l'augmentation des niveaux de dopage
15 requise pour produire la performance IMD et les gammes d'accord souhaitées peut aboutir à une diminution inacceptable de la performance de claquage du dispositif.

Divers modes de réalisation, décrits en détail ci-dessous, permettent d'augmenter les niveaux de dopage sans sacrifier la performance de claquage. En particulier, l'utilisation de la structure de collecteur composite et d'une
20 hétérojonction peut fournir une meilleure gamme d'accord et une meilleure performance IMD, ainsi qu'une meilleure performance de claquage.

La figure 1 illustre schématiquement un dispositif CI 300 comprenant une hétérojonction pn selon divers modes de réalisation. Par exemple, le dispositif CI 300 peut être une diode varactor.

25 Le dispositif CI 300 peut comprendre un sous-collecteur 306 sur lequel l'hétérostructure est formée. Le dispositif CI 300 peut comprendre un collecteur composite ayant au moins deux couches. Le collecteur composite peut comprendre une première couche de collecteur 308 et une deuxième couche de collecteur 310. La première couche de collecteur 308 peut être formée à partir d'un matériau à bande
30 interdite relativement étroite. Dans certains cas, la première couche de collecteur 308 peut être formée à partir de GaAs. La première couche de collecteur 308 peut comprendre un profil de dopage hyperabrupt. En général, un dopage consiste à ajouter des impuretés aux matériaux utilisés pour former les diverses couches afin de

modifier leur propriété électrique. Ceci peut créer un excès d'électrons (dopage de type n) ou des trous d'électrons (dopage de type p). Les lettres « n » et « p » sont utilisées pour indiquer que les matériaux sont modérément dopés, tandis que « n+ » et « p+ » sont utilisés pour indiquer que les matériaux sont hautement dopés. Dans 5 certains modes de réalisation, la couche de base ou les couches peuvent être de type p ou p+, tandis que les couches de collecteurs peuvent être de type n.

Un profil de dopage hyperabrupt est un profil de dopage dans lequel le niveau de dopage varie sur l'épaisseur de la couche, de façon que le niveau de dopage soit bien plus élevé à une interface qu'à l'autre. La première couche de collecteur 308 10 peut comprendre un profil de dopage hyperabrupt de façon que la concentration de dopage soit un minimum à proximité de l'interface première couche de collecteur 308/sous-collecteur 306 et a un maximum à proximité de l'interface première couche de collecteur 308/deuxième couche de collecteur 310. La présence d'un profil de dopage hyperabrupt peut permettre à la capacité de varier avec la polarisation. 15 L'augmentation du niveau de dopage hyperabrupt peut augmenter la gamme d'accord et/ou la performance d'intermodulation (IMD) du dispositif. Dans les dispositifs classiques, l'augmentation du niveau de dopage hyperabrupt peut également diminuer la tension de claquage, mais l'inclusion de la deuxième couche de collecteur 310 peut permettre d'augmenter le niveau de dopage tout en maintenant 20 ou en améliorant la performance de claquage.

La deuxième couche de collecteur 310 peut être formée à partir d'un matériau à bande interdite plus large ; en particulier, le matériau utilisé pour former la deuxième couche de collecteur 310 peut avoir une bande interdite plus large que celle du matériau utilisé pour former la première couche de collecteur 308. Dans 25 certains modes de réalisation, la deuxième couche de collecteur 310 peut être formée à partir de phosphure de gallium et d'indium (InGaP) ou d'arséniure de gallium et d'aluminium (AlGaAs). Dans certains modes de réalisation, la deuxième couche de collecteur 310 peut comprendre plusieurs couches. Par exemple, il peut être possible d'utiliser des couches en InGaP et en AlGaAs dans la deuxième couche de collecteur 30. La présence de la deuxième couche de collecteur 310 peut augmenter la tension 30 de claquage sans provoquer un changement indésirable de gamme d'accord ou de performance IMD. En outre, la présence de la deuxième couche de collecteur 310 peut permettre d'utiliser des profils de dopage hyperabrupt accrus dans la première

- couche de collecteur 308. De tels profils de dopage hyperabrupt accrus n'auraient pas été possibles avec les dispositifs à homojonction classiques à cause de la diminution indésirable de la tension de claquage. Par conséquent, l'inclusion de la deuxième couche de collecteur 310 peut faciliter l'élargissement des gammes d'accord et
- 5 l'amélioration de la performance IMD tout en augmentant la tension de claquage. Dans certains modes de réalisation, la première couche de collecteur 308 peut comprendre un profil de dopage hyperabrupt dans lequel la concentration de dopage augmente d'au moins un ordre de grandeur sur l'épaisseur de la première couche de collecteur 308.
- 10 L'épaisseur de la deuxième couche de collecteur 310 peut être critique pour réaliser l'amélioration de la performance de claquage sans impact négatif sur la gamme d'accord ou la performance IMD. Dans certains modes de réalisation, la deuxième couche de collecteur 310 peut être inférieure ou à peu près égale à l'épaisseur de la zone de déplétion dans le collecteur à polarisation nulle. Pendant le
- 15 fonctionnement, au fur et à mesure de l'augmentation de la polarisation, le champ électrique maximum résidera dans la deuxième couche de collecteur 310. Le matériau à bande interdite plus large utilisé pour former la deuxième couche de collecteur 310 peut avoir un seuil de claquage par avalanche plus élevé par rapport au matériau à bande interdite plus étroite formant la première couche de collecteur
- 20 308. Par conséquent, l'inclusion de la deuxième couche de collecteur 310, ayant une épaisseur suffisante pour que le champ électrique maximum aux valeurs de polarisation appliquée élevées réside dans la deuxième couche de collecteur 310, peut augmenter la tension de claquage globale du dispositif. Dans certains modes de réalisation, la deuxième couche de collecteur 310 peut avoir une épaisseur située
- 25 entre environ 300 angströms et 1500 angströms. Dans certains modes de réalisation, la deuxième couche de collecteur 310 peut avoir une épaisseur située entre environ 300 angströms et 1000 angströms. Dans certains modes de réalisation, la deuxième couche de collecteur 310 peut avoir un réseau harmonisé avec celui de la première couche de collecteur 308.
- 30 Le profil de dopage hyperabrupt peut continuer à travers la deuxième couche de collecteur 310 dans certains modes de réalisation. Dans d'autres modes de réalisation, la deuxième couche de collecteur 310 peut avoir un profil de dopage constant ou certains autres profils de dopage.

La première couche de collecteur 308 peut être bien plus épaisse que la deuxième couche de collecteur 310. Dans certains modes de réalisation, la première couche de collecteur 308 peut être au moins quatre fois plus épaisse que la deuxième couche de collecteur 310.

5 Le dispositif CI 300 peut comprendre en outre une couche de base 312 formée sur la deuxième couche de collecteur 310. Dans certains modes de réalisation, la couche de base 312 peut être formée à partir du même matériau que celui utilisé pour la première couche de collecteur 308. La couche de base 312 peut avoir un dopage différent de celui de la première et la deuxième couche de collecteur 308 et
10 310, de façon qu'une jonction pn soit formée à l'interface entre la deuxième couche de collecteur 310 et la couche de base 312.

Le dispositif CI 300 peut comprendre en outre un contact de base 322 et des contacts de collecteur 324. Le contact de base 322 et les contacts de collecteur 324 peuvent être formés à partir d'un matériau conducteur afin de connecter le dispositif
15 CI 300 aux autres composants d'un système. Dans certains cas, le contact de base 322 et les contacts de collecteur 324 peuvent être formés selon des schémas de métallisation dans lesquels une ou plusieurs couches de métaux différents (par exemple, de l'or, de l'argent, du titane, du cuivre, du platine) sont disposées.

La figure 2 est un graphique 400 illustrant la performance IMD d'un
20 dispositif CI (par exemple, une diode varactor) conforme au dispositif CI 300 de la figure 1. Le graphique 400 comporte deux lignes 402 et 404. La ligne 404 montre une performance IMD idéale en termes de changement des termes de la dérivée de la

capacité normalisée (C/C_0) par rapport à la tension (V), $\frac{d(C/C_0)}{dV}$, où C_0 est la capacité à tension nulle. La ligne 402 montre la performance du dispositif CI 300. Le
25 dispositif CI 300 peut présenter une meilleure performance IMD par rapport à un dispositif à homojonction classique. En particulier, le dispositif CI 300 (voir la ligne 402) peut suivre de près la courbe de performance idéale 404 et ne pas dévier substantiellement même aux valeurs de tension plus élevées. Ceci est le résultat de la meilleure performance de claquage due à l'inclusion de la deuxième couche de
30 collecteur 310. On peut voir sur le graphique 400 que l'inclusion de la deuxième couche de collecteur 310 peut fournir une plus grande plage de tensions de fonctionnement (aucune déviation importante par rapport à la courbe de tension

idéale 404 aux niveaux de tension élevés) pour le dispositif et améliorer la performance IMD (la ligne 402 suit de près la courbe de performance idéale 404).

La figure 3 est un schéma de procédé d'un procédé 500 permettant de fabriquer un dispositif CI, tel que le dispositif CI 300, selon divers modes de 5 réalisation.

Le procédé 500 commence à 504 avec la formation d'une première couche de GaAs. Ceci peut comprendre la formation de la couche 308 de la figure 1. La couche peut être formée par croissance épitaxiale ou grâce à d'autres techniques appropriées. La formation de la première couche de GaAs peut comprendre la création d'un profil 10 de dopage hyperabrupt au sein de la première couche. Le niveau de dopage peut augmenter à partir d'une valeur minimale à l'interface collecteur/sous-collecteur jusqu'à un niveau maximum à l'interface entre la première couche de collecteur et la deuxième couche de collecteur.

Le procédé 500 peut se poursuivre à 508 avec la formation d'une deuxième 15 couche d'un deuxième matériau sur la première couche. Ceci peut comprendre la formation de la deuxième couche de collecteur 310 de la figure 1. La couche peut être formée par croissance épitaxiale ou grâce à d'autres techniques appropriées. La couche peut être formée à partir d'un matériau ayant une bande interdite plus large que celle du matériau (par exemple, GaAs) constituant la première couche. Comme 20 précédemment mentionné, la présence d'une couche à bande interdite plus large à l'interface collecteur/base peut augmenter la tension de claquage tout en facilitant l'utilisation de niveaux de dopage accrus dans la première couche de collecteur. Dans certains modes de réalisation, cette couche peut être formée à partir d'InGaP ou d'AlGaAs. L'épaisseur de la deuxième couche peut être bien inférieure à l'épaisseur 25 de la première couche, comme mentionné dans les divers modes de réalisation ci-dessus. La deuxième couche peut avoir une épaisseur qui est à peu près égale ou inférieure à l'épaisseur de la zone de déplétion du collecteur à polarisation nulle. Le matériau pour la deuxième couche peut être choisi de façon que le réseau de la deuxième couche corresponde à celui de la première couche. Comme précédemment 30 mentionné, la deuxième couche peut comprendre plus d'une couche et peut comprendre des couches de différents matériaux, comme InGaP ou AlGaAs.

Le procédé 500 peut comprendre en outre, à 512, la formation d'une troisième couche de GaAs sur la deuxième couche. Ceci peut comprendre la

formation de la couche de base 312 de la figure 1. La troisième couche peut être formée par croissance épitaxiale ou grâce à d'autres techniques appropriées.

Le procédé 500 peut comprendre également, à 516, la formation d'un contact sur la troisième couche de GaAs. Ceci peut comprendre la formation du contact de 5 base 322 de la figure 1. Ceci peut comprendre la mise en œuvre d'un procédé de métallisation pour former le contact. Dans certains modes de réalisation, ceci peut comprendre la formation d'une ou de plusieurs couches de métal par dépôt par projection ou grâce à d'autres techniques appropriées.

Les diverses opérations sont décrites à leur tour sous la forme de multiples 10 opérations discrètes, de la manière la plus efficace pour comprendre le sujet revendiqué. Cependant, il ne doit pas être interprété que l'ordre de la description implique que ces opérations dépendent nécessairement d'un ordre. En particulier, ces opérations peuvent ne pas être mises en œuvre dans l'ordre de présentation. Les 15 opérations décrites peuvent être réalisées dans un ordre différent de celui du mode de réalisation décrit. Diverses opérations supplémentaires peuvent être mises en œuvre et/ou des opérations décrites peuvent être omises dans d'autres modes de réalisation.

Un dispositif CI, par exemple le dispositif CI 300, peut être incorporé dans divers appareils et systèmes. Bien qu'il soit représenté par 300 sur la figure 4, n'importe quel dispositif CI conforme aux techniques décrites dans le présent 20 document peut remplacer le dispositif CI 300. Un schéma de principe d'un exemple de système 600 est illustré sur la figure 4. Comme illustré, le système 600 comprend un module amplificateur de puissance (AP) 602 qui peut être un module AP de radiofréquence (RF) dans certains modes de réalisation. Le système 600 peut comprendre un émetteur/récepteur 604 couplé au module amplificateur de puissance 25 602, comme illustré. Le module amplificateur de puissance 602 peut comprendre un dispositif CI, par exemple le dispositif CI 300 décrit dans le présent document.

Le module amplificateur de puissance 602 peut recevoir un signal RF d'entrée, RFin, provenant de l'émetteur/récepteur 604. Le module amplificateur de puissance 602 peut amplifier le signal RF d'entrée, RFin, pour fournir le signal RF de sortie, RFout. Le signal RF d'entrée, RFin, et le signal RF de sortie, RFout, le peuvent faire partie tous les deux d'une chaîne de transmission, notée respectivement par Tx - RFin et Tx - RFout sur la figure 4.

- Le signal RF de sortie amplifié, RFout, peut être fourni à un module inverseur d'antenne (ASM) 606, qui effectue l'émission par liaison radio (OTA) du signal RF de sortie, RFout, par l'intermédiaire d'une structure d'antenne 608. L'ASM 606 peut également recevoir des signaux RF par l'intermédiaire de la structure d'antenne 608
- 5 et coupler les signaux RF reçus, Rx, à l'émetteur/récepteur 604 le long d'une chaîne de réception. Dans certains modes de réalisation, l'émetteur/récepteur 604 peut comprendre en plus/en variante le dispositif CI 300, par exemple un circuit d'accord d'impédance. Dans certains modes de réalisation, l'ASM 606 peut comprendre en plus/en variante le dispositif CI 300, par exemple dans un circuit d'accord d'antenne.
- 10 Dans divers modes de réalisation, la structure d'antenne 608 peut comprendre une ou plusieurs antennes directionnelles et/ou omnidirectionnelles telles que, par exemple, une antenne dipôle, une antenne monopôle, une antenne à plaque, une antenne cadre, une antenne microruban ou tout autre type d'antenne appropriée pour une émission/réception OTA de signaux RF.
- 15 Dans certains modes de réalisation, le système 600 peut comprendre un conditionneur électrique 610. Le conditionneur électrique 610 peut être couplé et fournir de l'énergie à divers composants du système 600 tels que, mais sans s'y limiter, le module AP 602 et l'émetteur/récepteur 604.

Dans divers modes de réalisation, le système 600 peut être particulièrement utile pour accorder une impédance ou une antenne à une radiofréquence à puissance élevée. Par exemple, le système 600 peut être approprié pour l'un ou l'autre parmi les communications terrestres et par satellite, les systèmes radar et, éventuellement, dans diverses applications industrielles et médicales. Plus précisément, dans divers modes de réalisation, le système 600 peut être choisi parmi un dispositif radar, un

20 dispositif de communication par satellite, un appareil mobile, une station de base de téléphone cellulaire, une radio de diffusion ou un système amplificateur pour téléviseur.

La figure 5 représente une diode varactor comportant une hétérojonction pn selon certains modes de réalisation. Les figures et la discussion précédentes ont

30 utilisé les termes collecteur et base associés aux transistors car les diodes varactors peuvent être formées sous la forme de transistors. Dans certains modes de réalisation, cependant, les diodes varactors peuvent être formées sous la forme de diode p-n sans être nécessairement classées comme transistors. La figure 5 représente une diode

- varactor 700 formée sous la forme d'une diode p-n. La diode varactor 700 peut comprendre un substrat 702. Le substrat peut être en GaAs, en silicium ou en un autre matériau approprié. La diode varactor 700 peut comprendre en outre une couche n+ 704. Un contact n 720 peut être formé sur la couche n+ 704. La diode varactor 700 peut comprendre en outre une couche n 706. La couche n 706 peut présenter divers profils de dopage et peut comprendre un profil de dopage hyperabrupt, comme précédemment mentionné. Le profil de dopage de la couche n 706 peut avoir un impact sur la gamme d'accord et la performance IMD de la diode varactor 700.
- Une couche n 708 à bande interdite large peut être formée sur la couche n 706. La couche n 708 à bande interdite large peut avoir une bande interdite plus large que celle du matériau de la couche n 706. Comme précédemment mentionné en ce qui concerne d'autres modes de réalisation, la présence de la couche n 708 à bande interdite large peut augmenter la tension de claquage du dispositif et permettre des profils de dopage plus agressifs au sein de la couche n 706. Dans certains modes de réalisation, la couche n 708 à bande interdite large peut être à peu près égale ou inférieure à l'épaisseur de la zone de déplétion des couches n à polarisation nulle. Dans certains modes de réalisation, la couche n 708 à bande interdite large peut avoir une épaisseur située entre environ 300 angströms et 1500 angströms. Dans certains modes de réalisation, la couche n 708 à bande interdite large peut avoir une épaisseur située entre environ 300 angströms et 1000 angströms. Dans certains modes de réalisation, la couche n 708 à bande interdite large peut avoir un réseau harmonisé avec celui de la couche n 704. La couche n 708 à bande interdite large peut être analogue à la deuxième couche de collecteur 310 mentionnée ci-dessus en référence à la figure 1.
- La diode varactor 700 peut comprendre en outre une couche p+ 710 déposée sur la couche n 708 à bande interdite large. La jonction p-n peut être formée à l'interface entre ces deux couches. Finalement, la diode varactor 700 peut comprendre un contact p 730 formé sur la couche p+ 710.
- Bien que certains modes de réalisation aient été illustrés et décrits dans le présent document à des fins de description, une grande variété de modes de réalisation alternatifs et/ou équivalents calculés pour atteindre les mêmes objectifs peuvent remplacer les modes de réalisation présentée et décrits sans s'écartez de la

portée de la présente divulgation. La présente demande est destinée à couvrir toute adaptation ou variation des modes de réalisation décrits dans le présent document. Par conséquent, il est manifestement prévu que les modes de réalisation décrits dans le présent document soient seulement limités par les revendications et leurs
5 équivalents.

REVENDICATIONS

1. Dispositif à semi-conducteur (300, 700), comprenant :
un collecteur présentant :
une première couche (308, 706) d'un premier matériau ; et
une deuxième couche (310, 708) d'un deuxième matériau formée sur la première
5 couche (308, 706) ; et
une base comportant une troisième couche (312, 710) formée sur la deuxième
couche (310, 708),
dans lequel la bande interdite du deuxième matériau est plus grande que la bande
interdite du premier matériau, et
10 dans lequel la deuxième couche (310) possède une épaisseur d'au moins
300 angströms.
2. Dispositif (300, 700) selon la revendication 1, dans lequel le deuxième matériau
est l'arséniure de gallium et d'aluminium (AlGaAs).
15
3. Dispositif (300, 700) selon la revendication 1, dans lequel le deuxième matériau
est le phosphure de gallium et d'indium (InGaP).
4. Dispositif (300, 700) selon la revendication 1, dans lequel l'épaisseur de la
deuxième couche (310, 708) est approximativement égale à l'épaisseur d'une zone
20 de déplétion dans le collecteur à polarisation nulle.
5. Dispositif (300, 700) selon la revendication 1, dans lequel l'épaisseur de la
deuxième couche (310, 708) est inférieure à l'épaisseur d'une zone de déplétion dans
25 le collecteur à polarisation nulle.
6. Dispositif (300, 700) selon la revendication 1, dans lequel l'épaisseur de la
deuxième couche (310, 708) est entre environ 300 et 1500 angströms.
- 30 7. Dispositif (300, 700) selon la revendication 6, dans lequel l'épaisseur de la
deuxième couche (310, 708) est entre environ 300 et 1000 angströms.

8. Dispositif (300, 700) selon la revendication 1, dans lequel le premier matériau est l'arséniure de gallium (GaAs).
- 5 9. Dispositif (300, 700) selon la revendication 8, dans lequel la troisième couche (312, 710) est également en GaAs.
- 10 10. Dispositif (300, 700) selon la revendication 1, dans lequel la première couche (308, 706) et la deuxième couche (310, 708) sont harmonisées en termes de paramètres de réseau.
- 15 11. Dispositif (300, 700) selon la revendication 1, dans lequel la première couche (308, 706) est dopée de façon que le niveau de dopage augmente dans une direction allant vers une interface entre la première couche (308, 706) et la deuxième couche (310, 708).
- 20 12. Dispositif (300, 700) selon la revendication 1, dans lequel la première couche (308, 706) est au moins quatre fois plus épaisse que la deuxième couche (310, 708).
13. Procédé (500) de formation d'un dispositif à semi-conducteur (300, 700), comprenant :
 - la formation (504) d'une première couche (308, 706) d'arséniure de gallium (GaAs) ;
 - la formation (508) d'une deuxième couche (310, 708) d'un deuxième matériau sur la première couche (308, 706) ; et
 - la formation (512) d'une troisième couche (312, 710) de GaAs sur la deuxième couche (310, 708),
 - dans lequel le deuxième matériau est le phosphure de gallium et d'indium (InGaP) ou l'arséniure de gallium et d'aluminium (AlGaAs), et
- 25 30 dans lequel la première couche (308, 706) est au moins quatre fois plus épaisse que la deuxième couche (310, 708).

14. Procédé (500) selon la revendication 13, dans lequel l'épaisseur de la deuxième couche (310, 708) est inférieure ou égale à l'épaisseur d'une zone de déplétion dans un collecteur du dispositif à semi-conducteur à polarisation nulle.
- 5 15. Procédé (500) selon la revendication 13, dans lequel la formation (504) de la première couche (308, 706) comprend en outre le dopage de la première couche (308, 706) de façon que le niveau de dopage augmente dans une direction allant vers une interface entre la première couche (308, 706) et la deuxième couche (310, 708).
- 10 16. Procédé (500) selon la revendication 13, dans lequel la formation (504) de la première couche (308, 706) comprend en outre le dopage de la première couche (308, 706) de façon que le niveau de dopage augmente d'au moins un ordre de grandeur sur l'épaisseur de la première couche (308, 706) jusqu'à une valeur maximale à une interface entre la première couche (308, 706) et la deuxième couche (310, 708).
- 15 17. Procédé (500) selon la revendication 13, dans lequel l'épaisseur de la deuxième couche (310, 708) est entre environ 300 et 1500 angströms.
18. Procédé (500) selon la revendication 13, comprenant en outre la formation (516) d'un contact (322, 730) sur la troisième couche (312, 710) de GaAs.
- 20 19. Système (600) comprenant :
- un émetteur/récepteur (602, 604) servant à émettre et recevoir des signaux de radiofréquence (RF) ; et
- 25 un varactor (300) incorporé dans ou couplé à l'émetteur/récepteur (602, 604), le varactor (300) comportant :
- un collecteur comportant :
- une première couche (308) d'un premier matériau ; et
- une deuxième couche (310) d'un deuxième matériau, formée sur la première couche (308) ; et
- 30 une base comportant une troisième couche (312) formée sur la deuxième couche (308),

dans lequel la bande interdite du deuxième matériau est plus grande que la bande interdite du premier matériau.

20. Système selon la revendication 19, dans lequel le varactor (300) fait partie d'un
5 circuit d'accord d'impédance ou d'un circuit d'accord d'antenne.

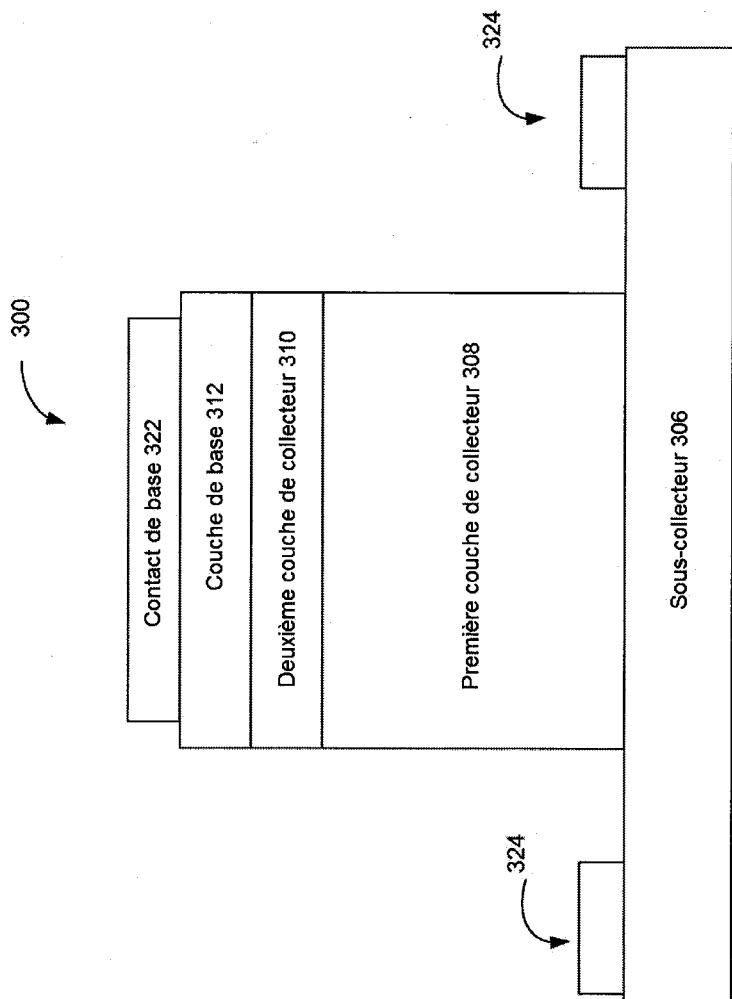


FIG. 1

2/5

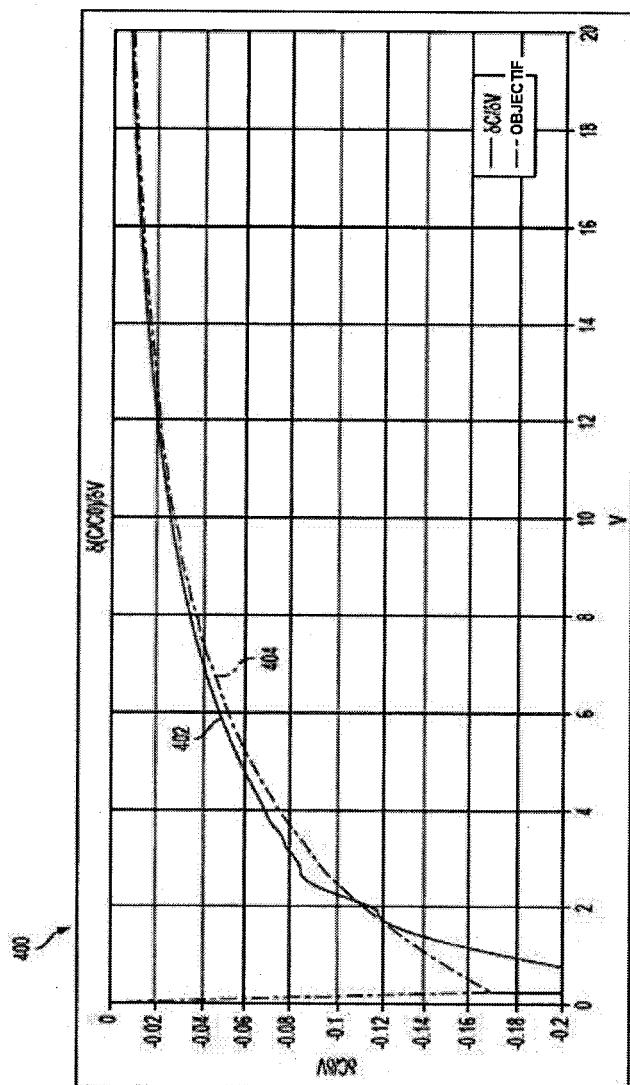


FIG. 2

3/5

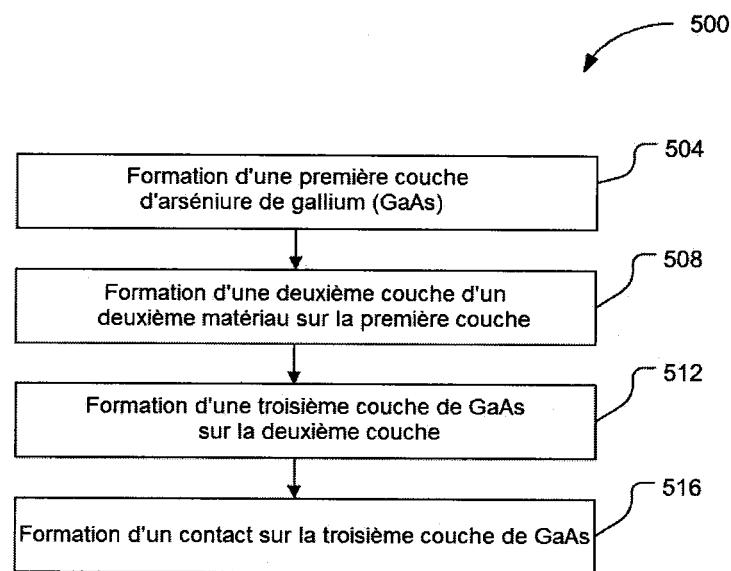


FIG. 3

4/5

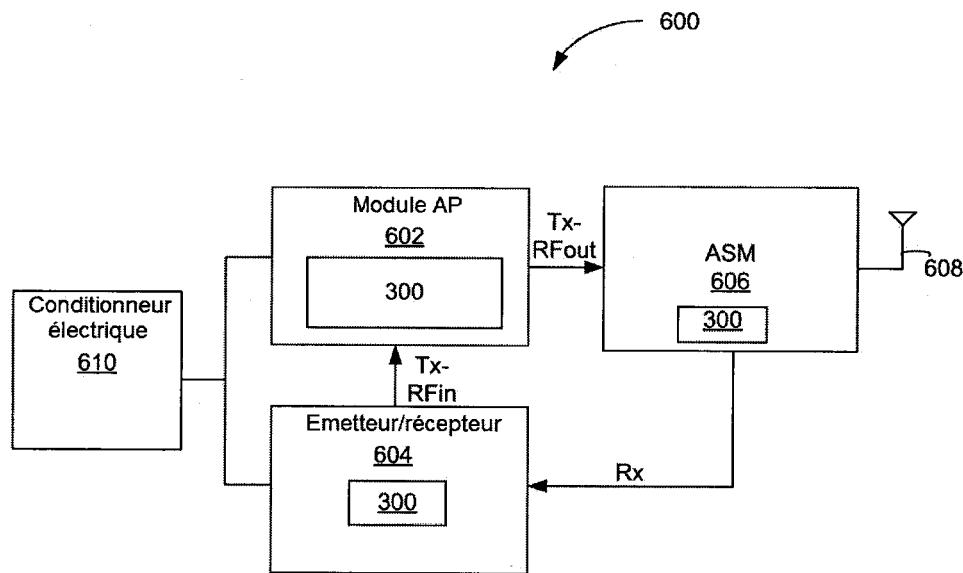


FIG. 4

5/5

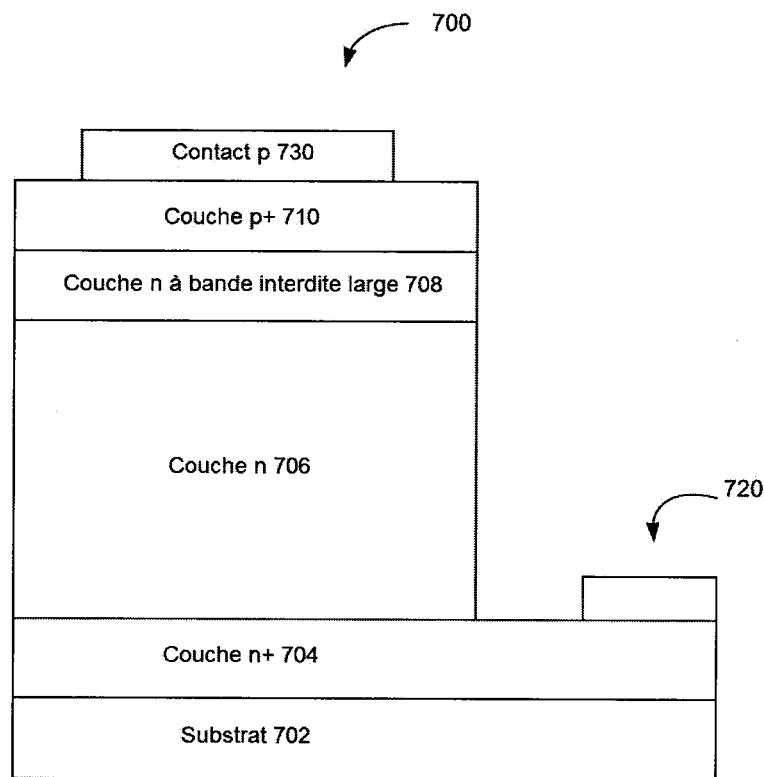


FIG. 5