

**Code de distribution interne :**

- (A) [ - ] Publication au JO
- (B) [ - ] Aux Présidents et Membres
- (C) [ - ] Aux Présidents
- (D) [ X ] Pas de distribution

**Liste des données pour la décision  
du 17 juillet 2025**

**N° du recours :** T 1825/22 - 3.4.03

**N° de la demande :** 17154327.5

**N° de la publication :** 3203527

**C.I.B. :** H01L29/778, H01L29/10,  
H01L29/207, H01L29/20

**Langue de la procédure :** FR

**Titre de l'invention :**

TRANSISTOR A HETEROJONCTION A HAUTE MOBILITE ELECTRONIQUE DE  
TYPE NORMALEMENT BLOQUE

**Demandeur :**

Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies  
Alternatives

**Référence :**

**Normes juridiques appliquées :**

CBE Art. 52(1), 56, 84, 97(1), 111(1), 123(2)

**Mot-clé :**

Modifications - généralisation intermédiaire

**Décisions citées :**

T 0714/00



**Beschwerdekammern**

**Boards of Appeal**

**Chambres de recours**

Boards of Appeal of the  
European Patent Office  
Richard-Reitzner-Allee 8  
85540 Haar  
GERMANY  
Tel. +49 (0)89 2399-0

N° du recours : T 1825/22 - 3.4.03

**D E C I S I O N**  
**de la Chambre de recours technique 3.4.03**  
**du 17 juillet 2025**

**Requérant :** Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies  
(Demandeur) Alternatives  
25 Rue Leblanc  
Bat Le Ponant  
75015 Paris (FR)

**Mandataire :** INNOV-GROUP  
209 Avenue Berthelot  
69007 Lyon (FR)

**Décision attaquée :** Décision de la division d'examen de l'Office  
européen des brevets postée le 14 mars 2022 par  
laquelle la demande de brevet européen n°  
17154327.5 a été rejetée conformément aux  
dispositions de l'article 97(2) CBE.

**Composition de la Chambre :**

**Président** T. Häusser  
**Membres :** A. Böhm-Pélissier  
T. Bokor

## **Exposé des faits et conclusions**

I. Le recours est dirigé contre la décision de la division d'examen de rejeter la demande de brevet européen n° 17 154 327 en raison de modifications non admissibles (article 123(2) CBE). Le sujet concernant la question de l'activité inventive a été examiné dans la décision contestée, dans le cadre d'une opinion incidente.

II. Il est fait référence aux documents suivants dans la décision contestée :

D1 = US 2011/068371 A1

D2 = WANG MAOJUN ET AL: "Normally-off Hybrid Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/GaN MOSFET on Silicon Substrate Based on Wet-Etching", 2014, 26<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON POWER SEMICONDUCTOR DEVICES & IC'S (ISPSD), IEEE, 15 June 2014, pages 253-256, XP032620486.

III. Le requérant (demandeur) demande l'annulation de la décision de rejet de la demande de brevet ainsi que la délivrance d'un brevet sur la base de la requête principale ou, à défaut, sur la base de l'une des requêtes subsidiaires 1 à 6 présentées avec le mémoire exposant les motifs du recours.

IV. **Revendication 1 de la requête principale**  
(les désignations "(A)", "(B)", etc. des caractéristiques ont été ajoutées par la Chambre) :

(A) Transistor à effet de champ (1) à haute mobilité électronique de type normalement bloqué, caractérisé en ce qu'il comprend :

(B) - une première couche de GaN (14) à dopage de type P, incluant du Magnésium [sic] formant un dopant de type P,

(C) la concentration en dopants de type P dans la première couche de GaN (14) étant au moins égale à  $1 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  et au plus égale à  $1 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ,

(D) la concentration en magnésium activé dans la première couche de GaN (14) est au moins égale à  $1 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  et au plus égale à  $1 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ,

(E) ladite première couche de GaN (14) présentant une épaisseur comprise entre 10 et 50 nm ;

(F) - une deuxième couche de GaN (15) à dopage de type N formée sur la première couche de GaN de façon à former une jonction p/n (F') complètement déplétée,

(G) la deuxième couche de GaN (15) présentant une épaisseur  $W_{\text{nepi}} < W_{n0}$ , avec :

(H)

$$W_{n0} = \sqrt{\frac{2\varepsilon_s \cdot V_{bi} \cdot N_A}{q \cdot N_D \cdot (N_A + N_D)}}$$

Avec

$N_D$  : la densité volumique de donneurs dans la deuxième couche de GaN;

$N_A$  : la densité volumique d'accepteurs dans la première couche de GaN;

$V_{bi}$  : le potentiel de diffusion de la jonction P/N formée à l'interface entre les première et deuxième couches de GaN ;

$\varepsilon_s$  : la permittivité du GaN

(I) - une troisième couche de GaN (16) non intentionnellement dopée et formée sur la deuxième couche de GaN ;

(J) - une couche semi-conductrice (17) formée à l'aplomb de la troisième couche de GaN non intentionnellement dopée pour former une couche de gaz d'électrons (18) (J') à l'interface entre cette couche semi-conductrice (17) et la troisième couche de GaN (16) ;

(K) - une cavité ménagée à travers ladite troisième couche de GaN (K') et à travers la couche semi-conductrice (17),

(L) et s'étendant jusqu'à la deuxième couche de GaN (15) sans atteindre le fond de cette deuxième couche de GaN ;

(M) - une grille (3) incluant un matériau de grille conducteur (31) et une couche d'isolant de grille (32) disposés dans ladite cavité,

(N) ladite couche d'isolant de grille isolant électriquement ledit matériau de grille conducteur (31) par rapport auxdites deuxième et troisième couches de GaN (N') et par rapport à la couche semi-conductrice (17).

V. En substance, **l'argumentation** du requérant est la suivante :

a) La demande satisfait aux exigences de l'article 123(2) CBE, car les caractéristiques provenant de la description qui ont été reprises dans les revendications n'ont pas été isolées d'un contexte spécifique et n'ont pas été introduites dans un contexte plus large (généralisation intermédiaire).

VI. L'objet de la revendication 1 est inventif, car D1 enseigne clairement que l'épaisseur de la couche 750 ne doit pas être inférieure à 100 nm, et qu'il s'oppose ainsi précisément à une réduction de l'épaisseur de cette couche. De même rien dans D1 ne suggère une réduction de la concentration en magnésium.

## **Motifs de la décision**

### **1. L'invention**

1.1 L'invention décrit un transistor dans lequel le courant peut être bloqué en aval du canal du transistor et la diffusion des dopants peut être limitée. Cela permet

une déplétion totale de la jonction p/n et une réduction de la concentration chimique des dopants dans la couche à dopage de type P (p-GaN). Ainsi, la couche de p-GaN peut être plus mince et plus facilement effilée, et la couche à dopage de type N (n-GaN) peut également être plus mince, ce qui limite encore la diffusion des dopants.

- 1.2 On y parvient en optimisant l'épaisseur de couche et la concentration de dopage des couches de déplétion dopées P et N (14 et 15), la couche dopée P (14) étant très mince et l'épaisseur de couche de la couche dopée N (15) dépendant *inter alia* de l'épaisseur de couche de la couche dopée P et des concentrations de dopage des deux couches.

Fig. 1

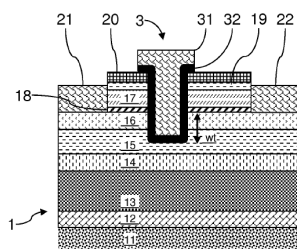


Fig. 1 de la demande

## 2. Articles 84 et 123(2) CBE

- 2.1 Afin de lever les objections émises au titre de l'article 123(2) CBE dans la décision attaquée, une nouvelle requête principale a été déposée avec le mémoire exposant les motifs du recours dans laquelle la caractéristique contestée a été remplacée par la formulation littérale de la description. En particulier, la caractéristique (C) a été modifiée. La nouvelle requête principale est admise, car elle élimine toutes les objections soulevées au titre de l'article 123(2) CBE.

- 2.2 La modification de la caractéristique (C) est fondée sur le passage suivant de la description :

(page 7, lignes 13 et 14 ; soulignement ajouté par la Chambre) : *La couche de GaN dopée P 14 présente une épaisseur comprise entre 10 et 50 nm et une concentration en dopants P de  $1 * 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  à  $1 * 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ .*

Caractéristique (C) (modifications de la caractéristique contestée soulignées par la Chambre) : *(C) la concentration en ~~magnésium~~ dopants de type P dans la première couche de GaN (14) étant au moins égale à  $1 * 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  et au plus égale à  $1 * 10^{18} \text{ cm}^{-3}$*

- 2.3 La Chambre est d'avis que cette modification lève les objections au titre de l'article 123(2) CBE (décision contestée, section II), étant donné que les modifications sont fondées d'une manière littérale sur la description (voir ci-dessus).
- 2.4 La caractéristique (C) peut être isolée du contexte des autres caractéristiques de l'exemple de réalisation examiné en lien avec la caractéristique (C) (en particulier les autres couches et leurs propriétés) sans généralisation intermédiaire (voir T 0714/00, point 3.3 des motifs), étant donné que les caractéristiques directement liées à la caractéristique isolée sont soit énumérées dans la revendication 1, soit présentées comme facultatives, et qu'aucune caractéristique essentielle n'est omise. En particulier, l'épaisseur de la couche 14, qui est mentionnée dans le passage ci-dessus directement en lien avec la concentration de dopage, est également mentionnée dans la revendication (caractéristique (E)).

- 2.5 De plus, la caractéristique (F') ("complètement déplétée") provenant de la description a été reprise dans la revendication 1 afin de délimiter davantage l'objet par rapport à D1. Cette caractéristique figure à la page 6, lignes 8 à 10, de la description initialement déposée et remplit également les conditions évoquées ci-dessus.
- 2.6 Par ailleurs, les caractéristiques (J'), (K') et (N') provenant de la description ont été reprises dans la revendication 1 afin de répondre aux objections pour manque de clarté de la division d'examen. Ces caractéristiques figurent aux lignes 10 à 12 de la page 4 ainsi qu'aux lignes 13-14 et 19-20 de la page 5 de la description initialement déposée, et elles remplissent également les conditions des articles 123(2) et 84 CBE.
- 2.7 Par conséquent, la revendication 1 de la requête principale remplit les conditions des articles 123(2) et 84 CBE.

### 3. **Activité inventive**

#### 3.1 **État de la technique le plus proche**

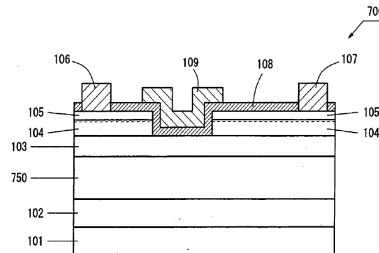
D1 divulgue une structure de couche très similaire à celle de l'invention revendiquée. Seules les concentrations de dopage et les épaisseurs de couche sont différentes. D2 divulgue également une structure de couche similaire, mais avec des compositions de couche et des épaisseurs différentes. Par conséquent, D1 est considéré comme l'état de la technique le plus proche.

#### 3.2 **Divulgation de D1**



D1 présente un Transistor à Haute Mobilité d'Électrons (THME/HEMT). Les paragraphes [0079] à [0082], [0085] et [0120] exposent une grande partie des caractéristiques de la revendication 1.

FIG. 8



D1, Fig. 8

### 3.3 Différences

3.3.1 Ainsi, D1 (Fig. 8, [0002], [0079]-[0085], [0120]-[0122]) expose un :

- (A) transistor (HEMT) à effet de champ (700) à haute mobilité électronique de type normalement bloqué ([0002], [0121]), caractérisé en ce qu'il comprend :
- (B) - une première couche de GaN (750) à dopage de type P ([0120]), incluant du magnésium formant un dopant de type P ([0120],
- (C) la concentration en dopants de type P dans la première couche de GaN (750) étant au moins égale à  $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  ("doped with Mg ( $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ )", voir [0120]) et au plus égale à  $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ,
- (D) la concentration en magnésium activé dans la première couche de GaN (750) est au moins égale à  $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  et au plus égale à  $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  ("hole concentration of  $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ", voir [0120]),
- (E) ladite première couche de GaN (750) présentant une épaisseur comprise entre 10 et 50 de 100 nm ([0120]) ;
- (F) - une deuxième couche de GaN (103, [0085]) à dopage de type N formée sur la première couche de GaN de façon


à former une jonction p/n ~~complètement~~ déplétée (implicite),

(G) la deuxième couche de GaN (103) présentant une épaisseur  $W_{\text{hepi}} < W_{\text{no}}$ , avec

~~(H)~~

(I) - une troisième couche de GaN (104, [0079]) non intentionnellement dopée et formée sur la deuxième couche de GaN (103) ;

(J) - une couche semi-conductrice (105) formée à l'aplomb de la troisième couche de GaN (104) non intentionnellement dopée pour former une couche de gaz d'électrons (voir figure 8) à l'interface entre cette couche semi-conductrice (105) et la troisième couche de GaN (104) (paragraphe [0079]),

(K) - une cavité (  ) ménagée à travers ladite troisième couche de GaN (104) et à travers la couche semi-conductrice (105, voir figure 8),

(L) et s'étendant jusqu'à la deuxième couche de GaN (103) sans atteindre le fond de cette deuxième couche de GaN (103) ;

(M) - une grille (108, 109) incluant un matériau de grille conducteur (109) et une couche d'isolant de grille (108) disposés dans ladite cavité ([0082], [0083]),

(N) ladite couche d'isolant de grille (108) isolant électriquement ledit matériau de grille conducteur (109) par rapport auxdites deuxième (103) et troisième couches (104) de GaN et par rapport à la couche semi-conductrice (105) ([0082], [0083]).

3.3.2 Par conséquent, D1 ne révèle pas les caractéristiques suivantes :

- (C) la concentration en dopants de type P dans la première couche de GaN (14) est au plus égale à  $1 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ,
- (E) la première couche de GaN (14) présente une épaisseur comprise entre 10 et 50 nm;
- (F') - la deuxième couche de GaN (103, [0085]) forme une jonction p/n complètement déplétée,
- (G) la deuxième couche de GaN (15) présentant une épaisseur  $W_{\text{nepi}} < W_{\text{n0}}$ , avec :
- (H)

$$W_{n0} = \sqrt{\frac{2\varepsilon_s \cdot V_{bi} \cdot N_A}{q \cdot N_D \cdot (N_A + N_D)}}$$

Avec

- $N_D$  : la densité volumique de donneurs dans la deuxième couche de GaN;
- $N_A$  : la densité volumique d'accepteurs dans la première couche de GaN;
- $V_{bi}$  : le potentiel de diffusion de la jonction P/N formée à l'interface entre les première et deuxième couches de GaN ;
- $\varepsilon_s$  : la permittivité du GaN

### 3.4 Effet des différences

Les différences ont pour effet de bloquer le courant en aval du canal et de limiter la diffusion des dopants (magnésium) de type p. Les cinq caractéristiques (C), (E), (F'), (G) et (H) permettent une déplétion totale de la jonction p/n et une réduction de la concentration chimique des dopants (magnésium) dans la première couche de GaN. Ainsi, la première couche de GaN peut être plus mince et plus facilement effilée, et la deuxième couche de GaN peut également être plus mince, ce qui limite encore la diffusion des dopants.

### 3.5 Problème technique

Le problème technique consiste à bloquer le courant en aval du canal du transistor tout en limitant la diffusion des dopants (magnésium).

### 3.6 Non-évidence

#### 3.6.1 *Concentration en dopants de type P / caractéristique (C)*

D1 ne décrit qu'une seule valeur de concentration chimique de magnésium de  $1 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ . La personne du métier n'a pas de motif de diminuer cette concentration chimique du magnésium, puisque celle-ci s'avère nécessaire pour obtenir une concentration de trous qui corresponde aux valeurs recherchées dans D1. La personne du métier n'est donc nullement incitée à diminuer d'un facteur 10 la concentration chimique en magnésium de D1, puisque la concentration de trous de D1 pourrait alors s'avérer bien plus basse que ce qui est recherché dans D1.

#### 3.6.2 *L'épaisseur de la première couche de GaN a une épaisseur entre 10 et 50 nm / caractéristique (E)*

D1 enseigne clairement que l'épaisseur de la couche 750 ne doit pas être inférieure à 100 nm (voir paragraphes [0122] et [0124]).

Dans D1, la couche 750 doit avoir une épaisseur minimale de 100 nm en raison de la forte concentration de magnésium et de trous, ce qui peut entraîner un courant de fuite en raison de l'effet tunnel si la couche 750 est trop fine.

#### 3.6.3 *La deuxième couche de GaN forme une jonction p/n complètement déplétée / caractéristique (F')*

Une épaisseur minimale de 100 nm de la couche 750 en raison de la forte concentration de magnésium et de

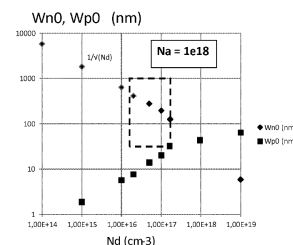
trous ainsi que du courant de fuite a pour conséquence que la déplétion ne peut être que partielle et non complète.

Cela est aussi établi par le diagramme de la figure 9 de la demande de brevet, qui montre que la valeur  $W_{p0}$  (épaisseur correspondant à une déplétion totale dans la couche GaN-p) n'atteint jamais 100 nm, même pour une concentration élevée de magnésium de  $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ .

La jonction 750/103

peut ainsi n'être que partiellement déplétée à la concentration de dopage indiquée en D1 concernant la couche 750.

Fig. 9



demande

#### 3.6.4 Caractéristiques (G) et (H)

L'invention revendiquée recourt à une couche de p-GaN plus mince (10-50 nm) et à des règles d'épaisseur  $W_{nepi}$  spécifiques pour la deuxième couche de n-GaN afin d'obtenir une déplétion totale. Les règles d'épaisseurs paramétriques pour  $W_{nepi}$  ne sont pas arbitraires et permettent de déduire des valeurs réduites d'épaisseur de  $W_{nepi}$  sur la base des concentrations en dopant N permettant une déplétion complète.

D1 prescrit de rendre les couches de GaN aussi épaisses que possible, ce qui est exactement l'inverse d'une déplétion totale et d'une formule d'épaisseur permettant de réduire l'épaisseur des couches. Par conséquent, D1 ne donne aucune indication concernant les caractéristiques (G) et (H).

- 3.6.5 La Chambre ne peut suivre les justifications de la division d'examen (décision attaquée, points III.2.1 et III.2.2), qui fait valoir que, pour obtenir l'effet indiqué ci-dessus, la personne du métier réduit, par essais et erreurs, la concentration de magnésium et l'épaisseur de la couche 750, ce qui l'amène automatiquement aux caractéristiques (E), (F'), (G) et (H). La Chambre est toutefois d'avis que l'enseignement de D1 va précisément à l'encontre d'une réduction de l'épaisseur de la première couche et de la concentration en magnésium. La Chambre ne voit en effet pas pourquoi la personne du métier chercherait à obtenir un résultat qui est l'exact contraire des enseignements explicites de D1 concernant les grandes épaisseurs de couche, les concentrations élevées de magnésium, la déplétion partielle et la limite basse de 100 nm pour l'épaisseur de la couche de p-GaN dans le transistor de D1.
- 3.6.6 Cela vaut d'autant plus que D1 offre une autre solution pour limiter la diffusion des dopants de magnésium et bloquer le courant en aval du canal.
- 3.6.7 La chambre conclut qu'aucun des documents D1 et D2 ne suggère de combiner les caractéristiques (C), (E), (F'), (G) et (H) et que l'objet de la revendication 1 de la requête principale implique par conséquent une activité inventive au sens des articles 52(1) et 56 CBE.

#### 4. **Résumé**

Les revendications de la requête principale satisfont aux exigences des articles 84, 123(2), 52(1) et 56 CBE. La Chambre constate également que la description a été adaptée aux nouvelles revendications et qu'elle fait

état des documents D1 et D2. En conséquence, la décision contestée doit être annulée et l'affaire doit être renvoyée à la division d'examen en vue de la délivrance d'un brevet (articles 97(1) et 111(1) CBE).

—

## **Dispositif**

**Par ces motifs, il est statué comme suit**

1. La décision contestée est annulée.
2. L'affaire est renvoyée à la division d'examen en vue de la délivrance d'un brevet dans la version suivante :

description : pages 1 à 18 produites par lettre du 17 janvier 2025 ;

revendications : 1 à 14 de la requête principale produites par lettre du 19 juillet 2022 ;

dessins : feuilles 1/5-5/5 telles que déposées.

La Greffière :

Le Président :



S. Sánchez Chiquero

T. Häusser

Décision authentifiée électroniquement