

## INTRODUCTION GENERALE

C'est Schockley qui publia dans les années cinquante, les premiers travaux sur les transistors bipolaires. Aujourd'hui, après avoir atteint le degré de maturité technologique nécessaire, les transistors bipolaires à hétérojonction TBH (HBT en anglais pour dire hétérojonction bipolaire transistor) sont employés comme éléments actifs pour certains circuits monolithiques. Ils viennent même concurrencer les composants dédiés à l'hyperfréquence tels que le HEMT (High Electron Mobility Transistor) dans certaines applications. Les applications actuellement visées pour les HBT sont essentiellement les fonctions mixtes analogiques/numériques et les oscillateurs commandés en tension, à faible bruit [1]. De plus, leur faible tension d'alimentation potentielle (double HBT) et les récents records de montées en fréquence ( $f_{\max} \approx 1\text{THz}$ ) en font des composants plus qu'intéressants pour les applications de télécommunication. Leur fort rendement en puissance ajoutée et leur faible bruit en  $1/f$ , les rendent très attractifs. De plus, leur structure verticale et compacte fait d'eux des composants tout à fait adaptés pour des systèmes exigeant des degrés d'intégration élevés [2].

La longueur de grille des transistors à effet de champ présente un obstacle majeur pour des applications dans le domaine des hyperfréquences, car cette longueur est limitée par la résolution des techniques de photolithographie, ne permettant pas d'obtenir une distance drain-source en deçà de  $0,5\ \mu\text{m}$ .

Pour le transistor H.B.T, les techniques d'épithaxie actuelles permettent de réaliser une longueur de base en deçà de  $0,1\ \mu\text{m}$ , ce qui permet d'améliorer énormément les performances en hyperfréquences.

Le transistor bipolaire à hétérostructure permet d'atteindre les performances suivantes :

- Un grand coefficient  $\alpha$  du fait que les trous (porteurs minoritaires de l'émetteur), qui passent de la base vers l'émetteur, sont bloqués par la hauteur de barrière dans la bande de valence.
- Une faible résistance de la base, du fait que celle-ci peut être fortement dopée.
- Un courant de fuite de l'émetteur très faible, à cause de la faible tension aux bornes de la jonction émetteur-base.

La structure du transistor HBT présente aussi deux particularités par rapport au FET :

- Elle est verticale comme celle du transistor bipolaire, et non horizontale comme dans un transistor à effet de champ. De ce fait ; le transistor HBT est beaucoup moins sensible aux effets des pièges, en volume. En plus ; le transport des charges s'effectue en volume, perpendiculairement aux couches épithaxiées.

- Elle comporte une hétérojonction.

Au cours de ces dernières années, la technologie mise en œuvre pour la fabrication des HBT a beaucoup évolué. Les progrès de la technologie ont permis d'améliorer sans cesse les réalisations de ces composants.

Jusqu'à aujourd'hui, les transistors de puissance fonctionnant au-delà du gigahertz étaient basés principalement sur une technologie de semi-conducteur III-V comme l'arséniure de gallium (GaAs). De nombreux laboratoires ont focalisé leurs axes de recherche sur l'utilisation de nouveaux matériaux plus performants que l'arséniure de gallium (GaAs) pour les applications de puissance et hyperfréquence.

Entre autres, on a le nitrure de gallium (GaN) qui possède une large bande d'énergie interdite (3.4 eV), une vitesse de saturation des porteurs élevée et de très bonnes stabilités thermique et chimique : des propriétés très intéressantes pour des applications de puissance en hyperfréquence. Ce matériau présente aussi un champ de claquage élevé (supérieur à 3MV/cm c'est-à-dire 7 à 8 fois supérieur à celui de GaAs) ; ce qui permet de réaliser des HBTs à base de AlGaN/GaN possédant des tensions de claquage importantes, de l'ordre de 100 V.

Contrairement à certains matériaux à grand gap comme le carbure de silicium ou le diamant, des alliages ternaires tels que AlGaN ou InGaN peuvent être réalisés à partir du GaN.

Notre mémoire porte sur la modélisation et simulation des performances d'un HBT AlGaN/GaN. Nous divisons notre travail en quatre chapitres :

- Le premier chapitre est consacré aux rappels des propriétés structurales, électroniques et thermiques des nitrures d'éléments III ainsi qu'à leur élaboration. Nous traitons en particulier le composé binaire GaN et le composé ternaire AlGaN en mettant l'accent sur les polarisations piézoélectrique et spontanée.
- Au chapitre 2 ; nous présentons une étude théorique détaillée de l'hétérojonction pn à l'équilibre thermique et quand elle est polarisée avec une explication voulue la plus claire possible, ceci en résolvant les équations nécessaires pour comprendre l'évolution des grandeurs physiques fondamentales. Ensuite, nous déterminons les grandeurs physiques fondamentales de l'hétérojonction AlGaN/GaN en utilisant le logiciel de simulation AFORS-HET.
- Le troisième chapitre ; nous commençons par le transistor bipolaire à homojonction : nous expliquons son fonctionnement, les phénomènes et les effets qui y existent ainsi que ses limites. Par la suite, nous faisons une étude détaillée du HBT à base d'AlGaN/GaN en soulignant les avantages qu'il présente par rapport au premier transistor.

- Au quatrième chapitre ; nous présentons d'abord la structure et les paramètres de notre dispositif. A l'aide du simulateur AFORS-HET, nous calculons ses grandeurs physiques fondamentales. Nous utilisons ensuite SILVACO pour l'étude statique : nous déterminons les courbes de Gummel ; nous calculons aussi la fréquence de transition et la fréquence maximale du transistor, tout en essayant d'interpréter ces résultats.

Nous terminons notre mémoire par une conclusion où nous résumons les résultats obtenus en mettant en relief les performances du matériau utilisé, par rapport aux autres semi-conducteurs utilisés dans le même domaine. Nous nous fixons des perspectives à atteindre dans le même axe de recherche.