

REALISATION DE PHOTOTRANSISTORS InP/InGaAs A GUIDE D'ONDE

Vincent MAGNIN, Jérôme VAN DE CASTEELE

Institut d'Electronique et de Microélectronique du Nord, B.P. 69, 59652 Villeneuve d'Ascq Cedex

Frederic.Journet@iemn.univ-lille1.fr

Les phototransistors sont des composants prometteurs pour les systèmes performants de télécommunication (numériques ou micro-ondes) par fibre optique fonctionnant aux grandes longueurs d'onde (1,3 μm et 1,55 μm). Ils permettent à la fois de détecter un signal optique et d'amplifier ce signal, regroupant ainsi les fonctionnalités d'une photodiode PIN et d'un HBT (Transistor Bipolaire à Hétérojonction). Ils ont l'avantage sur les photodiodes à avalanche d'avoir un gain élevé sans différence de potentiel élevée et sans bruit d'excès dû à l'avalanche.

Nous présentons l'étude et la réalisation technologique de phototransistors InP-InGaAs du type guide d'onde à éclairage par la tranche (ce qui les distingue de la plupart des phototransistors actuels avec éclairage par le dessus). Une telle structure permet d'optimiser l'absorption de la lumière tout en permettant un fonctionnement dans le domaine hyperfréquence voire millimétrique. Elle doit être optimisée par simulation tant du point de vue optique qu'électrique.

En reprenant la structure épitaxiale d'un phototransistor développé par British Telecom, nous avons réalisé un phototransistor à deux terminaisons (sans contact de base) éclairé par la tranche [1]. Nous avons montré pour la première fois ses possibilités de mélange [2]. En effet, l'existence de non-linéarités au sein de ces composants permet de mélanger deux signaux optiques modulés en amplitude, et de récupérer le signal électrique qui résulte du battement entre les deux signaux de modulation. Pour comparaison, nous avons également réalisé, à partir des mêmes couches un phototransistor éclairé par le dessus.

En modifiant l'épitaxie, nous avons alors réalisé un phototransistor à trois terminaisons éclairé par la tranche [2]. Nous présenterons la réalisation technologique de ce composant. Le mesa d'émetteur est réalisé par gravure chimique et par gravure ionique réactive. Le contact de base Pt/Ti/Pt/Au est auto-aligné sur l'émetteur. Les plots d'épaissement sont déposés sur polyimide. Les mesures réalisées permettent d'estimer la *fréquence de gain optique unité* f_t à 40 GHz.

Afin d'optimiser la structure de ce composant, nous avons développé différents outils de simulation :

- la *méthode des faisceaux propagés* en 2D et 3D permet de simuler la propagation de la lumière injectée dans le guide. Nous pouvons ainsi évaluer le rendement quantique du composant, étudier l'influence des conditions d'éclairage (diamètre de la fibre, angle d'injection, alignement...) et optimiser la structure épitaxiale au point de vue du confinement optique.

- un *modèle hydrodynamique 1D* incluant l'énergie des porteurs et un circuit de base nous permet de simuler le fonctionnement hyperfréquence des composants. Nous pouvons ainsi comprendre les phénomènes physiques à l'intérieur du composant, calculer les caractéristiques statiques et dynamiques (gain...) et optimiser la structure épitaxiale au point de vue du transport électronique.

Outre les potentialités de ces composants comme photorécepteurs, pouvant être associés à une fonction de mélangeur optique-optique ou optique-électrique, on peut penser, à terme, à utiliser ces composants pour contrôler optiquement les caractéristiques d'un oscillateur micro-onde.



Figure 1: photographie au microscope électronique à balayage d'un phototransistor à 3 terminaisons en fin de procédé.

Références :

- [1] J. Van De Castele, " Etude et réalisation de transducteurs opto-hyperfréquences sur matériaux III-V ", thèse de doctorat soutenue à l'Université des Sciences et Technologies de Lille le 2 octobre 1996.
- [2] J. Van De Castele, J.P. Vilcot, J.P. Gouy, F. Mollot et D. Decoster, " Electro-optical mixing in an edge-coupled GaInAs/InP heterojunction phototransistor ", *Electronics Letters*, 23 mai 1996, Vol. 32, n°11, pages 1030-1032.