



Master EEATS – INPG/UJF Grenoble
Master 2 Recherche – Spécialité « Génie Electrique »

Rapport de stage

Filière technologique pour la micro- électronique de puissance

Présenté par : TRINH Trung Hieu

Responsables : Jean-Christophe CREBIER

: Delphine CONSTANTIN

Date de soutenance
19 Juin 2009

Remerciements

Je tiens tout d'abord à exprimer mes sincères remerciements à monsieur Jean-Christophe CREBIER qui est mon encadrant, pour sa gentillesse tout au long de ces cinq mois de stage, pour tous les conseils qu'il m'a donné et pour ses remarques lors de ma pré-soutenance.

Je tiens ensuite à remercier madame Delphine CONSTANTIN qui est mon co-encadrant pour tous ses conseils et pour ses encouragements pendant le stage.

Je remercie l'ensemble des thésards : Kréména Vladimirova, Timoté, TRAN Manh Hung, NGUYEN Xuan Hoa. Ils m'ont donné des conseils et des aides pour des problèmes difficiles dans mon stage.

Je n'oublie pas de remercier l'ensemble du personnel du Laboratoire de Génie Electrique de Grenoble (G2Elab) qui m'a réservé un accueil formidable. Un grand merci à monsieur Gérard MEUNIER, madame ATIENZA qui m'ont accueilli dès mon premier jour en France.

Mes remerciements s'adressent aussi à mes parents et mes amis qui m'ont encouragé vraiment pour achever mon stage.

TABLE DE MATIERE

PRESENTATION GENERALE	2
CHAPITRE 1 : FILIERE TECHNOLOGIQUE POUR MICRO-ELECTRONIQUE DE PUISSANCE	3
1.1. Etapes principales de la filière technologique pour micro électronique de puissance ...	3
1.1.1. Oxydation.....	3
1.1.2. Dépôt chimique en phase vapeur.....	5
1.1.3. Photolithographie.....	6
1.1.4. Gravure.....	7
1.1.5. Implantation.....	8
1.1.6. Diffusion thermique.....	9
1.1.7. Métallisation.....	10
1.1.8. Nettoyage.....	11
1.1.9. Les dispositifs de mesure.....	11
1.2. Estimation du coût de chaque étape.....	12
1.3. Filière technologique pour réalisation de transistor VDMOS à CIME-Nanotech.....	12
1.3.1. Structure et principe de fonctionnement du transistor MOSFET.....	12
1.3.2. Diagramme de cheminement.....	14
1.3.3. Formalisation et structuration logicielle de la filière technologique de puissance.....	28
CHAPITRE II : EVOLUTION DES STRUCTURES DES TRANSISTORS MOS DE PUISSANCE	30
II.1. Introduction.....	30
II.2. Le transistor V-groove.....	31
II.3. Le transistor MOS en tranché.....	35
II.3.1. Introduction.....	35
II.3.2. Technologie du transistor MOS en tranché.....	35
II.3.3. Diagramme de cheminement pour réalisation de transistor MOS en tranchés en salle blanche.....	37
CHAPITRE III : CARACTERISTIQUES STATIQUES ET DYNAMIQUES DES COMPOSANTS	39
III.1. Introduction.....	39
III.2. Le transistor MOS Vgroove.....	39
III.3. Transistor MOS en tranché.....	41
III.4. Comparaison des intérêts d'utilisation entre les transistors VDMOS, MOS Vgroove et MOS en tranché.....	43
CONCLUSION GENERALE	45
REFERENCES	46
ANNEXE	47

PRESENTATION GENERALE

Dans les domaines de la micro-électronique de puissance, les composants semi-conducteurs jouent le rôle majeur. Pour les différents circuits et applications, on choisit les composants en fonctions des objectifs et du cahier des charges. Cependant, on est toujours confronté aux compromis entre deux ou trois caractéristiques : la tenue en tension, la chute de tension à l'état passant et la vitesse de commutation.

Le transistor MOSFET (metal oxyde semi-conductor field effect transistor) a une bonne vitesse de commutation. Il est généralement utilisé dans les convertisseurs statiques à très haute fréquence. Cependant, à surface et courant donnés, il présente une chute de tension à l'état passant plus élevée que IGBT. En effet, un seul type de porteur circule dans ce type de composant dit unipolaire ce qui ne permet pas de moduler la résistivité de sa zone de tenue en tension. De fait, sa résistance à l'état passant est grande entraînant une chute de tension importante. Pour ces raisons, des nouvelles structures inspirées du MOSFET vertical sont proposées et étudiées durant dans le présent rapport de stage de M2R. Celles-ci ont pour objectifs l'amélioration de la résistance à l'état passant, tout en maintenant des vitesses de commutations élevées. L'étude et la réalisation de ce type de composant reposent sur une forte compréhension des procédés technologiques. De fait, le second grand volet de mon stage de M2R porte sur la prise en main des filières technologiques et un effort fut conduit pour tenter de la formaliser.

Mon stage est divisé en trois parties :

Tout d'abord, on présente dans la première partie les étapes de la filière technologique pour la micro-électronique de puissance : Photolithographie, gravure, implantation, dépôt, métallisation, passivation.... Un travail de qualification et de quantification est conduit dans ce premier chapitre. Ensuite, on présente la filière technologique de micro-électronique de puissance qui permet de réaliser le MOSFET vertical en combinant l'estimation du coût de chaque étape de fabrication.

La seconde partie présente les nouvelles structures inspirées du MOSFET vertical : MOS Vgroove et MOS en tranchées. On peut voir dans cette partie les technologies de réalisation du MOS Vgroove et du MOS en tranchées proposées au niveau de l'état de l'art national et international. Une étude comparative des technologies et possibilités technologiques est conduite. Enfin, on présente les technologies convenables à la salle Blanche du CIME-nanotech de Grenoble. Ce même chapitre présente également la troisième partie de mon travail de M2R avec la description des analyses et résultats obtenus au cours des simulations numériques réalisées. Celles ci s'appuient sur les outils ATLAS et ATHENA du logiciel Silvaco pour construire la structure géométrique et tracer les caractéristiques du VDMOS, du MOS en tranchés et du MOS Vgroove. On peut voir les analyses en détail pour chaque composant, ainsi qu'une comparaison entre les caractéristiques des trois structures