

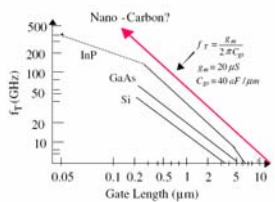
## DESCRIPTION DU PROJET

Les nanotubes pour la HF

objectifs

Transport	Ballistic, $l_e > 1 \mu\text{m}$
Diameter	1 - 50 nm
Exp. mobilities	$\mu > 100000 \text{ cm}^2/\text{V.s}$
Fermi Velocity	$8 \cdot 10^5 \text{ m/s}$

- Démonstration de fonctionnement actif d'un CNT-FET dans la gamme 30KHz - 6 GHz
- réalisation d'un amplificateur de trans-impédance pour la détection de charge unique à la nanoseconde
- estimation expérimentale et théorique des limites ultimes des CNTFETs



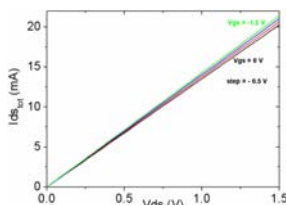
P. Burke Solid-State Electronics 48 (2004) 1981-1986

## RESULTATS MARQUANTS (2006 – 2007)

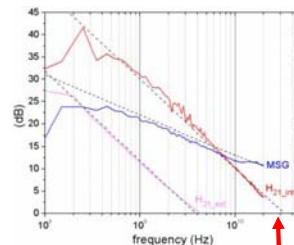
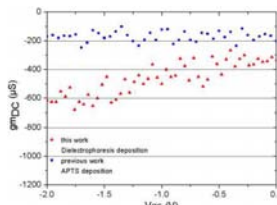
### Optimisation structure CNTFET pour amélioration des performances HF



L'augmentation de la densité de tubes dans le canal est un facteur important dans l'amélioration des performances hyperfréquences. Pour valider cette approche, un procédé de dépôt de tubes par di-électrophorèse a été mis au point. Le CNTFET a une configuration de type bi-grille sur un substrat haute résistivité. Une grille métallique avec isolant  $\text{Al}_2\text{O}_3$  est utilisée. Cette optimisation a permis d'obtenir un courant DC maximal de l'ordre de 20 mA, et une transconductance maximale de 600  $\mu\text{S}$ .



Caractéristique statique -  $I_{DS}(V_{GS})$  - et transconductance  $G_m$   
On remarque une forte influence des NTs métalliques.

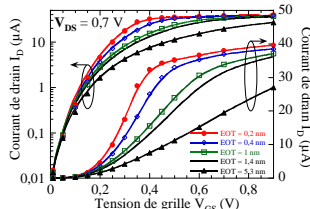


Performances HF d'un CNTFET montrant une fréquence de coupure du gain en courant  $f_t$  (record) de 30GHz; ce qui améliore d'un facteur 4 le précédent résultat. On obtient également un gain en puissance MSG de 12 dB à 10GHz.

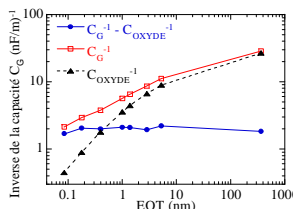
A. Le Louarn, F. Kapche, J.-M. Bethoux, H. Happy, G. Dambrine, V. Derycke, P. Chenevier, N. Izard, M. F. Goffman, and J.-P. Bourgoïn, - APPLIED PHYSICS LETTERS 90, 233108 (2007)

### Simulation des transistors

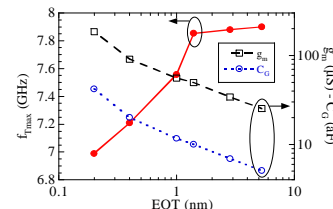
La simulation d'un CNTFET à grille cylindrique est effectuée par la méthode Monte-Carlo avec prise en compte des interactions électrons-phonons. Des caractéristiques statiques ont ainsi été obtenues pour différentes épaisseurs d'oxyde de grille. Les résultats ont pu être interprétés en considérant l'influence de la capacité quantique dont l'existence aux fortes capacités  $C_{ox}$  étudiées a pu être démontrée. Les caractéristiques statiques ont également permis d'extraire l'évolution de  $f_{Tmax}$  en fonction de EOT. Les premiers résultats indiqueraient un gain en performance aux forts EOT.



Caractéristiques  $I_D(V_{GS})$  pour  $V_{DS}=0.7V$  pour 5 épaisseurs d'oxyde

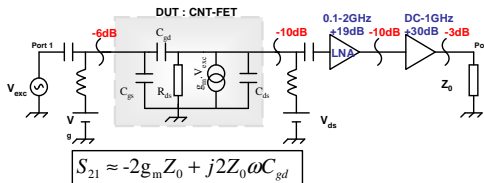


Mise en évidence du régime de capacité quantique aux fortes capacités d'oxyde.

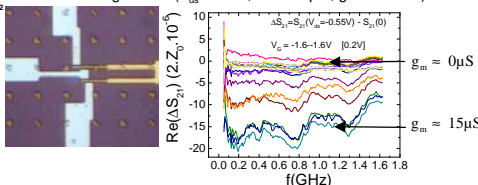


Évolutions de  $f_{Tmax}$ , de la transconductance  $g_m$  et de la capacité de grille  $C_G$  en fonction de l'épaisseur d'oxyde équivalente EOT

### Vers un détecteur de charge unique ns

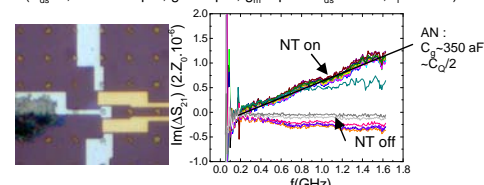


Transistor double grille et sa transmission HF pour différentes tensions grille DC ( $V_{ds}=0.55V$ , canal 1  $\mu\text{m}$ , grille 300nm).



Les performances exceptionnelles DC de ces nanotransistors sont conservées en RF comme le montre la figure ci-contre.

Mesure HF de la capacité de grille pour différentes tensions grille DC ( $V_{ds}=0$ , canal 3.5  $\mu\text{m}$ , grille 3  $\mu\text{m}$ ,  $g_m=4\mu\text{S}$  à  $V_{ds}=0.55V$ ,  $f_T=2\text{GHz}$ ).



Les fréquences de transit estimées (60 GHz pour une grille de 300nm et >200GHz pour 100 nm) correspondent (en GHz) au gain d'un amplificateur de charge nanoseconde. Un tel ampli serait capable de détecter, en quelques ns avec un rapport S/B > 1, la dynamique d'une charge élémentaire.

### CONTACT :

J.P. Bourgoïn (coordinateur), Jean-Philippe.Bourgoïn@cea.fr ; Vincent Derycke, vincent.derycke@cea.fr ; Henri Happy, henri.happy@iemn.univ-lille1.fr ; Bernard Paçais, bernard.placais@lpa.ens.fr ; Sylvie Retailleau, sylvie.retailleau@ief.u-psud.fr