

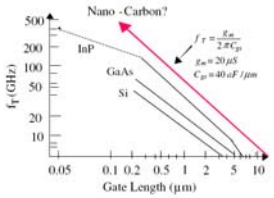
DESCRIPTION DU PROJET

Les nanotubes pour la HF

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

objectifs

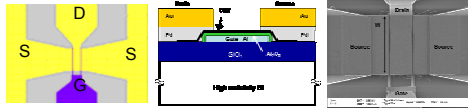
- Démonstration de fonctionnement actif d'un CNT-FET dans la gamme 30KHz - 6 GHz
- réalisation d'un amplificateur de trans-impédance pour la détection de charge unique à la nanoseconde
- estimation expérimentale et théorique des limites ultimes des CNTFETs



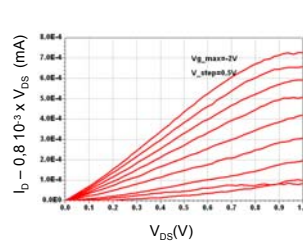
P. Burke Solid-State Electronics 48 (2004) 1981-1986

RESULTATS MARQUANTS ( dec.2005 – sept.2006 )

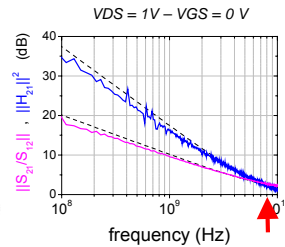
Mise au point de la méthodologie de mesure HF et caractérisation



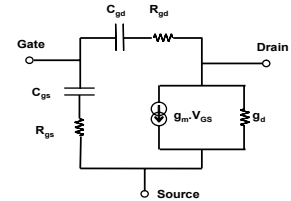
Le CNTFET a une configuration multi-doigts de grille sur un substrat haute résistivité pour réduire les pertes des accès. Les nanotubes sont déposés par fonctionnalisation sélective de surface (densité de l'ordre de 10 tubes/μm). Une grille métallique avec isolant  $\text{Al}_2\text{O}_3$  est utilisée. Cette configuration donne un courant DC et AC élevé qui permet une bonne sensibilité des mesures de paramètres [S] sur analyseur de réseau Agilent E8361A. Une calibration de type LRM est employée.



Caractéristique statique avec élimination de l'influence des NTS métalliques



Performances HF d'un CNTFET montrant une  $f_t$  (record) de 8GHz et un gain en puissance de 10dB à 1GHz. Schéma équivalent intrinsèque du CNTFET et valeurs extraites des mesures de paramètres [S]. Le schéma équivalent permet de retrouver l'évolution des gains avec la fréquence (courbes pointillées à comparer aux courbes pleines expérimentales)

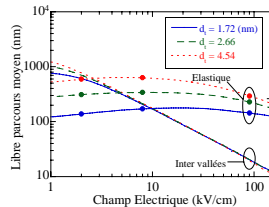


R <sub>gd</sub>	1.4 kΩ
R <sub>gs</sub>	1.8 kΩ
C <sub>gd</sub>	$3.3 \cdot 10^{-15} \text{ F}$
C <sub>gs</sub>	$1.3 \cdot 10^{-15} \text{ F}$
g <sub>m</sub>	-215 μS
g <sub>d</sub>	0.7 mS

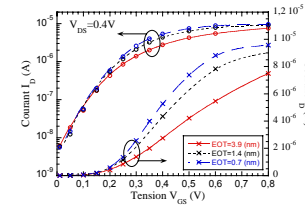
J.-M. Bethoux, H. Happy, A. Siligaris, G. Dambrine, J. Borghetti, V. Derycke, and J.-P. Bourgoin IEEE Transactions on Nanotechnology, Vol. 5, No.4, pp. 335-342, July 2006

Simulation des transistors

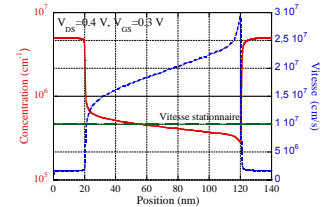
Le transport de charge électronique dans les nanotubes de carbone semi-conducteurs est étudié en régime stationnaire et transitoire par la méthode Monte-Carlo avec prise en compte des interactions électrons-phonons. L'évaluation du caractère balistique du transport en fonction du champ a ainsi été faite, les caractéristiques I(V) d'un FET simulées, et le détail du comportement des porteurs étudié.



Libre parcours moyen en fonction du champ pour différents diamètres de tube.

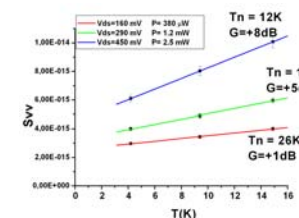
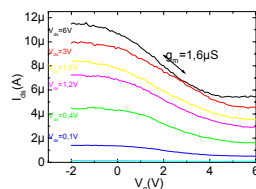


Caractéristiques Id(Vgs) pour Vds=0.4V pour 3 épaisseurs d'oxyde



concentration et vitesse des porteurs selon l'axe Source-Drain

Vers un détecteur de charge unique ns



Un CNT individuel semiconducteur obtenu par croissance CVD, recouvert d'une fine couche d'oxyde et d'une nanogrise (Fig.A), constitue un transistor à effet de champ mésoscopique (meso-FET) utilisable comme détecteur d'électrons uniques rapides. Les 4 canaux électroniques du CNT monoparoï transportent jusqu'à 10 μA (Fig.B). Ils sont commandables par des tensions grille  $V_g < 1\text{V}$ , pour de fortes transconductances ( $g_m = 1-10 \mu\text{S}$ ). La faible capacité de grille, [ $L_g \sim 100\text{nm}, C_g \sim 4L_g/(R_q V_F) < 30\text{aF}$ ] donne un fort gain en charge ( $g_m/2\pi C_g \sim 10-100\text{GHz}$ ). L'adaptation à 50 Ohm de la résistance du canal ( $\sim 20\text{kOhm}$ ), nécessaire pour les applications nanoseconde, est réalisée par un HEMT suiveur commercial (Fig. C) qui a été testé à froid (Fig.D). Une fois optimisé un tel détecteur devrait être capable de mesurer un électron en quelques nanosecondes avec un rapport S/B=5.

CONTACT :

J.P. Bourgoin ( coordinateur ), Jean-Philippe.Bourgoin@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

