

# Nanomagnétisme et nanostructures hybrides d'oxydes fonctionnels à injection de spin - application à de nouveaux dispositifs bolométriques à porteurs chauds (HEB)

## Hétérostructures $La_{0.7}Sr_{0.3}MnO_3/SrTiO_3/Nb$ à injection de spin: préparation, caractérisation et fabrication des dispositifs

**Supraconducteur**

L'injection d'un courant polarisé dans un supraconducteur crée localement un état hors-équilibre (perturbation du paramètre d'ordre)  
→ Diminution du courant critique

gain dynamique :  $G = -d I_c / d I_{inj}$

**Longueurs caractéristiques :**  
 $L_T$  : longueur de transfert  $\sim (\tau_j R_{j0})^{1/2}$   
 $L_{diff}$  : longueur de diffusion de spin  $\sim (D_{spin} \tau_j)^{1/2}$   
 $L_{re}$  : longueur de recombinaison  $\sim (D_{spin} \tau_{re})^{1/2}$

**Elaboration des hétérostructures**

- Dépôt MOCVD à 700 °C de bicouches  $La_{0.7}Sr_{0.3}MnO_3$  (95 nm) /  $SrTiO_3$  sur  $SrTiO_3$
- Dépôt par DC sputtering de Nb (~60 nm) à  $T_{amb}$ .  $T_{C,LSMO} = 360$  K (SQUID)
- Couche Nb :  $T_c = 8.7$  K and  $\Delta T_c = 0.15$  K  
 $J_c = 1.7$  MA/cm<sup>2</sup> @ 4.2 K  
 $H_{c1} < 10$  mT;  $H_{c2} = 0.3$  T @ 4.2 K

**Analyse microstructurale**

**Analyse de la morphologie par AFM**

rms = 1.0 nm

**Analyse de la conduction de surface par AFM en mode résonance (pointe conductrice)**

Grains de LSMO très conducteurs en surface

**Structuration en salle blanche des dispositifs à injection**

Optimisation des différentes étapes de la structuration (photolithographie, gravure (ionique et RIE avec  $SF_6$ ), dépôts (Nb épais,  $SiO_2$ , Au))

Micropont de Nb :  $20 \times 20 \mu m^2$  - épaisseur :  $58 \pm 2$  nm

Image de microscopie optique du dispositif

Ce projet était axé sur l'étude de propriétés d'injection de spins d'un oxyde manganite (polarisation en spin proche de 100 %) vers un matériau supraconducteur dans des structures de type  $La_{0.7}Sr_{0.3}MnO_3/SrTiO_3/Nb$ . Il s'agissait de définir une structure de géométrie optimale afin de pouvoir contrôler le courant critique du supraconducteur et obtenir un gain dynamique important. Les hétérostructures ont été élaborées par MOCVD et sputtering. Des caractérisations microstructurales (RX, TEM, AFM) et physiques (SQUID, résistivité, AFM-résonance) ont été réalisées avant structuration. Un travail technologique important a été mené en parallèle en salle blanche afin d'optimiser la procédure de structuration des trouches et d'optimiser la qualité du dispositif final.

## Caractérisation électrique des dispositifs à injection de spin

**Mesure du courant critique sous injection**

$e_{barrière\ STO} = 8.4$  nm

$G = 290 \pm 1.7$  K

$e_{barrière\ STO} = 6.6$  nm

$G = 80 \pm 4.2$  K

8 terminaux  
 Différentes possibilités d'injecter le courant  
 Mesure I(V) pont Nb : 3-6 (1) 4-5 (V)  
 Courant injecté entre : 1 (ou 2) et 7 (ou 8) ou 1 (ou 2) et 6

**Evaluation des effets thermiques**

Une dissipation de ~220  $\mu W$  conduit à une augmentation de ~5.7 K dans le pont (~40  $\mu W$  nécessaire pour augmenter la température de 1 K)  
 Pour  $I_{inj} = -150 \mu A$ , dissipation dans la manganite :  $P_M < 0.1 \mu W$  ( $R_{30} \sim 4 \Omega$ )  
 la barrière :  $P_B = 0.2 \mu W$  ( $R_B \sim 7.9 \Omega$ )

↳ L'injection verticale permet d'éviter toute dissipation thermique importante

Questions : rôle de la polarisation en spin ?  
 origine des effets de vieillissement ?

$L_T \sim 50 \mu m$  ( $RA = 89 \mu \Omega \cdot cm^2$  pour la barrière)  
 Longueur de transfert de l'ordre des dimensions du pont  
 Estimation de  $L_S \sim 1.5 \mu m$  et  $L_Q \sim 0.32 \mu m$  (épaisseur Nb <  $L_Q$ )

**Gain dynamique élevé**

Le courant critique  $I_c$  dans le pont a été déterminé à partir des mesures I(V). Nous montrons qu'il est possible de moduler (et d'annuler)  $I_c$  par injection d'un courant de l'ordre de la dizaine ou centaine de  $\mu A$ . De plus, nous montrons qu'il s'agit bien d'un effet de perturbation hors équilibre du supraconducteur et non le résultat d'un effet d'addition du courant ou d'un effet thermique. La géométrie d'injection et les dimensions des lignes et des épaisseurs ont été choisies afin de limiter la dissipation dans le dispositif. Le gain obtenu sur les meilleurs dispositifs est de 290 à 1.7 K, valeur supérieure aux valeurs reportées dans la littérature sur des dispositifs équivalents.

Contact : Catherine DUBOURDIEU

LMGP, UMR CNRS/INPG, Minatec, Catherine.Dubourdieu@inpg.fr