

Nouvelles approches des techniques d'imagerie dédiées aux investigations des données logiques dans les circuits intégrés avancés : Perspectives de l'exploitation de la face arrière pour la sécurité de l'information et l'analyse de défaillance

Louise DUMAS^{1,2,3,4,*}, Guillaume BASCOUL¹, François MARC²,
Hélène FREMONT², Christophe GUERIN³, Christina VILLENEUVE-FAURE⁴
¹ CNES, ² IMS, ³ DGA Maîtrise de l'information, ⁴ LAPLACE

* Mail du correspondant : louise.dumas@cnes.fr



Objectif = Démontrer la possibilité de :

- Recouvrer des données logiques (bit '0'/'1')
- Dans des mémoires magnétiques (MRAM)
- Grâce aux méthodes de sondage : en champ proche (AFM) et en contact (Nanoprobing)

Publications



Methodology of backside preparation applied on a MRAM to lead a logical investigation with a near-field probe, ESREF 2023, Microelectronics Reliability



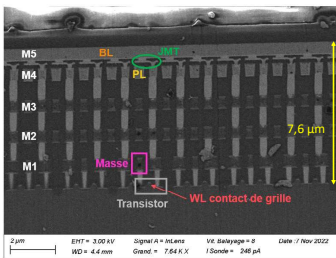
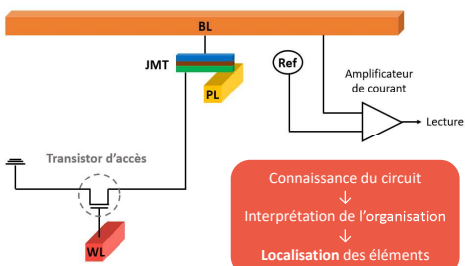
Nanoprobing on an MRAM Cell, Following a Backside Opening, to Extract Logical Data, ISTFA 2023, Conference Proceedings

Everspin MR4A16B
Techno 140 nm - 16 Mo

1. MRAM



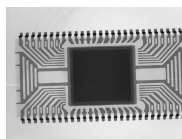
Donnée stockée dans la jonction magnétique tunnel (JMT) faite d'un matériau magnéto-résistif



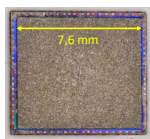
Lecture par la mesure du courant traversant la JMT

Ecriture par la modification de la direction d'aimantation de la JMT au croisement de la bitline (BL) et de la programming line (PL) grâce au champ magnétique induit par les courants traversant la BL et la PL

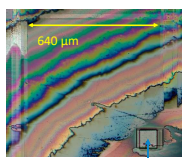
2. Préparation



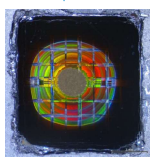
Ouverture chimique
Acide nitrique fumant 99%



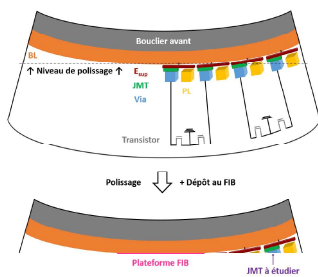
Polissage face arrière
Polisseuse



Contact électrique (Plateforme 'Pad')
Dépôt métallique (50 x 50 x 2 µm) par faisceau d'ions (FIB)



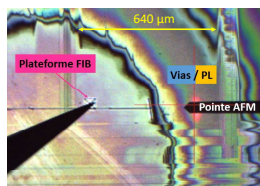
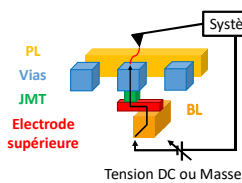
Pad permettant la pose d'une pointe pour appliquer une tension



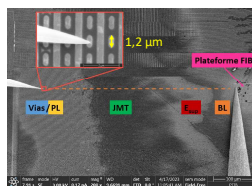
Contrôle du biseau
↓
Accès aux 2 cotés de la JMT
↓
Contrôle du courant

3. Plan d'expérience

But : Mesurer le courant passant dans la JMT



AFM



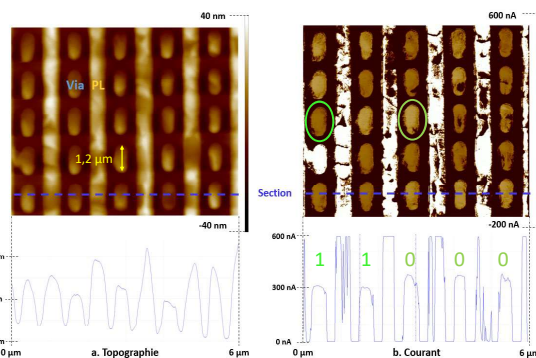
Nanoprobing



4. Analyse AFM



Microscope à force atomique : Pointe conductrice qui balaye la surface



a. Topographie : Image de surface
→ Localisation
b. Conductive-AFM : Courant électrique
→ Lecture (différence de résistance)

Détermination des valeurs de résistance par I-V : $R('0') = 19 \text{ k}\Omega$ et $R('1') = 24 \text{ k}\Omega$

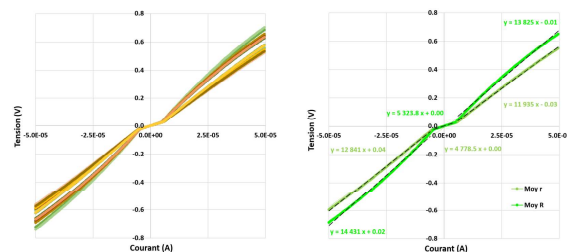
Discrimination des résistances → Lecture des bits '0' / '1'



5. Nanoprobing



Nanorobot : Positionnement nanométrique d'une pointe sur la surface
Analyse ponctuelle par rampe en tension (V-I)



34 V-I sur 34 vias avec 2 groupes de courbes

→ Moyenne par groupe

Courant élevé = Résistance faible ($r \sim 12 \text{ k}\Omega$) : '0'
Courant faible = Résistance élevée ($R \sim 14 \text{ k}\Omega$) : '1'

Discrimination des résistances → Lecture des bits '0' / '1'

Conclusion :

- Structure comprise grâce à l'état de l'art et à l'analyse de construction de la coupe
- Difficultés techniques :
 - Dimensions micro- à nano-métriques
 - Accès aux 2 cotés de la JMT (épaisseur < 10 µm)
- Lecture de données (pas les mêmes valeurs mais un écart significatif entre les groupes)

Utilisation de la convexité de la puce

Perspectives :

- Lien entre descrambling et lecture
- Extension du procédé à une autre MRAM : Renesas M3004204 (techno 40 nm soit 3 fois moins grande) = Difficulté de maîtrise du biseau