

Mémoires magnétiques optimisées pour un fonctionnement ultra-basse consommation

Contact : Bernard DIENY DRF//INAC/SPINTEC bernard.dieny@cea.fr 0438783870

Stage pouvant se poursuivre en thèse : Oui

Résumé :

La consommation électrique des circuits électroniques ne cesse d'augmenter avec leurs performances. Cette consommation électrique comprend une partie statique liée aux courants de fuite dans les transistors et une partie dynamique essentiellement liée à la charge/décharge des interconnexions lors des transferts de données. Dans ce contexte les mémoires magnétiques MRAM en cours de recherche et développement peuvent jouer un rôle considérable pour réduire ces consommations. Ces mémoires étudiées à SPINTEC depuis une dizaine d'années, utilisent des phénomènes spintroniques (magnétorésistance tunnel, transfert de spin, couple de spin orbite?). Elles combinent les avantages de non-volatilité (capacité à garder l'information sans être alimentée en courant électrique), vitesse (écriture/lecture en quelques nanosecondes), densité, endurance à l'écriture. Leur non-volatilité permet de grandement réduire la consommation statique des circuits. La capacité de les intégrer au-dessus des circuits logiques permet également de réduire la consommation dynamique en réduisant les distances de transfert de données entre mémoire et logique. Dans une mémoire, il y a toujours un compromis à trouver entre stabilité de l'information écrite (rétention de la mémoire) et énergie nécessaire pour changer son état. L'objet du stage et de la thèse qui suivra sera d'optimiser les jonctions tunnel qui constituent les points mémoire (composition, forme, procédé d'écriture) pour optimiser ce compromis en fonction des spécifications requises pour les applications nécessitant une consommation aussi réduite que possible (applications nomades (smartphones), calculs hautes performances, ingénierie quantique..).

Sujet détaillé :

Le sujet proposé concerne l'électronique de spin, discipline en plein développement combinant électronique et magnétisme. Il s'agit d'un domaine extrêmement dynamique du magnétisme alliant recherche fondamentale et applications. L'électronique de spin a beaucoup apporté à l'industrie du disque dur (têtes de lecture utilisant les phénomènes de magnétorésistance géante ou tunnel) et est en passe de révolutionner la microélectronique par l'introduction d'un nouveau type de mémoires magnétiques, les MRAMs (Magnetic Random Access Memory). Ces dernières sont constituées de jonctions tunnel magnétiques (MTJ) dont le cœur est formé de deux couches magnétiques (couche de référence d'aimantation fixe et couche de stockage d'aimantation commutable) séparées par une fine barrière isolante. La résistance électrique de ces structures dépend de l'orientation relative (parallèle ou antiparallèle) des aimantations des deux couches magnétiques (magnétorésistance tunnel). Ces jonctions sont écrites en configuration magnétique parallèle ou antiparallèle par des pulses de courant traversant la jonction en utilisant le phénomène de transfert de spin. Leur état magnétique est relu en mesurant leur résistance électrique. SPINTEC a joué un rôle très important au niveau international dans le développement de ces mémoires qui sont en passe de rentrer en production de volume dans l'industrie microélectronique. La première application industrielle visée est le remplacement des mémoires FLASH embarquées. Mais on cherche toujours à en améliorer les propriétés notamment en termes de consommation électrique, vitesse d'écriture, taille des points mémoire etc pour ouvrir d'autres champs d'applications (par exemple mémoires rapides SRAM). Le sujet proposé vise à réduire leur consommation électrique à l'écriture en optimisant la composition, la forme des points mémoire et en utilisant des phénomènes récemment découverts tels que le couple de spin orbite ou le contrôle en tension de l'anisotropie magnétique.

Le sujet combinera modélisation et expériences. Cette optimisation passe par une évaluation précise de la hauteur de barrière séparant les deux états de la mémoire qu'il est nécessaire d'introduire pour assurer la durée de rétention spécifiée à la température de fonctionnement. Ensuite la composition de la jonction tunnel, la taille du point mémoire et éventuellement sa forme (ellipticité) sont ajustées pour que l'aimantation de la couche de stockage reste stable face aux fluctuations thermiques pendant la durée spécifiée mais sans surdimensionnement. Pour encore minimiser la consommation,

des matériaux à faible amortissement de Gilbert sont choisis et l'écriture par transfert de spin est combinée avec une écriture par couple de spin orbite et abaissement de l'anisotropie magnétique par la tension appliquée aux bornes de la jonction.

La physique en jeu est bien comprise de sorte que la modélisation des ces structures par simulation sera possible. Les expériences consisteront à déposer les multicouches magnétiques, les nanostructurer (lithographie, gravure) en salle blanche puis caractériser leurs propriétés magnétiques et électriques.

Il est souhaité que le stage soit poursuivi en thèse.

Compétences requises :

Nanosciences, nanotechnologies, physique du solide, notions d'électronique.