

Barrières tunnel déposées par ALD pour des jonctions tunnel magnétiques

Contact : Ioan-Lucian PREJBEANU DRF//INAC/SPINTEC ioan-lucian.prejbeanu@cea.fr 04 38 78 91 43

Stage pouvant se poursuivre en thèse : Oui

Résumé :

Le dépôt de type ALD (atomic layer deposition) est un outil de dépôt standard des lignes de production de l'industrie microélectronique, mis en place pour sa capacité à déposer des couches d'oxyde de manière conforme, avec une très bonne homogénéité et un excellent contrôle d'épaisseur grâce à ses réactions chimiques autolimitées et bien définies de gaz précurseurs adsorbés sur les surfaces. Récemment, Mantovan [1] a démontré la fabrication réussie d'ALD des barrières de MgO pour les MTJ, alors que Liu [2] a utilisé un procédé ALD à base d'alumine, les deux matériaux standard pour les jonctions tunnel magnétiques. Les premières barrières HfO₂ pour MTJ ont été rapportées par S. Fabretti et al [3]. La magnéto-résistance obtenue reste un ordre de grandeur plus petite par rapport à la valeur classique des jonctions tunnel à base de MgO déposées par pulvérisation cathodique. L'objectif du stage en collaboration avec IFW à Dresde est double: (1) augmenter la valeur de la magnéto-résistance au-delà de l'état de l'art actuel et (2) caractériser les MTJ ALD sur des critères cruciaux pour les applications, telles que la magnéto-résistance et la tension de claquage toutes deux liées à la qualité et à l'homogénéité des matériaux.

Sujet détaillé :

Depuis la découverte de l'effet magnéto-résistance géante (GMR) en 1988 par Albert Fert et Peter Grunberg, le domaine de la spintronique est devenu très attrayant et stimulant pour de nombreuses technologies conventionnelles. Le développement d'empilements magnéto-résistifs telles que les vannes de spin à base de GMR (1991) et plus tard les jonctions tunnels magnétiques (1995) a révolutionné l'industrie des composants magnétiques. De nos jours, la jonction du tunnel magnétique (MTJ) est le noyau de tous les composants spintroniques et peut être comparée en importance au transistor pour l'industrie de la microélectronique. L'industrie du disque dur magnétique a pu rester compétitive pendant plus de cinq décennies, grâce aux progrès technologiques et fondamentaux. Des composants magnétiques à base de MTJ beaucoup améliorés ont également été produits depuis 2000 sur la base de barrières MgO texturées, ce qui pose un sérieux défi aux technologies CMOS traditionnelles. La MRAM et ses diverses générations est un exemple typique, mais plus récemment, les nano-oscillateurs magnétiques exploitant l'effet de transfert de spin est un autre exemple de dispositif spintronique qui pourrait modifier profondément l'architecture RF pour les applications mobiles. En outre, l'hybridation de MTJ avec CMOS pour la logique reconfigurable est également un nouveau vecteur de diversification.

La plupart de ces nouveaux composants magnétiques sont construits autour d'une jonction tunnel à base d'oxyde de magnésium (MgO) qui peut afficher un signal magnéto-résistif très élevé par rapport à la première technologie à base d'oxyde d'aluminium. Cependant, l'impédance ou les contraintes de tension ont entraîné une diminution continue du produit de la surface de résistance MTJ (RA) lors de la mise à l'échelle, grâce à l'amincissement de la barrière du tunnel. Aujourd'hui, la technologie MgO semble proche de ses limites physiques d'environ 1 nanomètre d'épaisseur. Ainsi, il existe un besoin de barrières améliorées, avec des méthodes alternatives pour améliorer la morphologie des dépôts à l'échelle atomique, ainsi que de nouvelles barrières d'oxyde avec une hauteur de barrière inférieure pour obtenir une résistivité donnée avec une barrière plus épaisse. Les matériaux de substitution nécessitent, bien sûr, de maintenir un signal magnéto-résistif élevé.

Notre projet a l'intention d'aborder cet aspect critique en fournissant une nouvelle façon de déposer un matériau de barrière tunnel qui pourrait offrir un meilleur contrôle morphologique au niveau atomique, tout en conservant une valeur de magnéto-résistance élevée. Le dépôt de type ALD (atomic layer deposition) est un outil de dépôt standard des lignes de production de l'industrie microélectronique, mis en place pour sa capacité à déposer des couches d'oxyde de manière conforme, avec une très bonne homogénéité et un excellent contrôle d'épaisseur grâce à ses réactions chimiques autolimitées et bien définies de gaz précurseurs adsorbés sur les surfaces. Récemment, Mantovan [1] a démontré la fabrication réussie d'ALD des

barrières de MgO pour les MTJ, alors que Liu [2] a utilisé un procédé ALD à base d'alumine, les deux matériaux standards pour les jonctions tunnel magnétiques. Les premières barrières HfO₂ pour MTJ ont été rapportées par S. Fabretti et al [3]. La magnétoresistance obtenue reste un ordre de grandeur plus petite par rapport à la valeur classique des jonctions tunnel à base de MgO déposées par pulvérisation cathodique. L'objectif du stage en collaboration avec IFW à Dresde est double: (1) augmenter la valeur de la magnétoresistance au-delà de l'état de l'art actuel et (2) caractériser les MTJ ALD sur des critères cruciaux pour les applications, telles que la magnétoresistance et la tension de claquage toutes deux liées à la qualité et à l'homogénéité des matériaux.

Le projet bénéficiera d'une excellente complémentarité entre l'expertise d'IFW Dresden dans les matériaux ALD, y compris pour les MTJ, une configuration nouvellement dédiée et une caractérisation structurale avancée et l'expertise de SPINTEC pour la nanofabrication (lithographie et gravure), les mesures électriques et leur analyse.

[1] R. Mantovan et al, J. Phys. D: Appl. Phys. 47, 102002 (2014)

[2] X. Liu, J. Shi, Appl. Phys. Lett. 102, 202401 (2013)

[3] S. Fabretti et al, Appl. Phys. Lett. 105, 132405 (2014)

Compétences requises :

magnétisme