** Avis de Soutenance**

Monsieur Samuel MANCEAU

Sciences de l'Univers

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

*Développement d’un magnétomètre miniaturisé à base de jonctions tunnel magnétiques pour applications spatiales*

dirigés par Monsieur MATTHIEU KRETZSCHMAR

Ecole doctorale : Energie, Matériaux, Sciences de la Terre et de l'Univers - EMSTU
Unité de recherche : LPC2E - Laboratoire de Physique et Chimie de l’Environnement et de l'Espace

Soutenance prévue le ***lundi 24 juillet 2023*** à 14h00
Lieu :   Délégation CNRS Centre Limousin Poitou-Charentes, 3E av. de la recherche scientifique, 45071 Orléans
Salle : Amphi Sadron

**Composition du jury proposé**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| M. MATTHIEU KRETZSCHMAR  | Université d'Orléans  | Directeur de thèse  |
| Mme Myriam PANNETIER-LECOEUR  | Laboratoire Nano-Magnétisme et Oxydes (LNO)  | Rapporteure  |
| M. Henri JAFFRES  | Unité Mixte de Physique CNRS/Thales  | Rapporteur  |
| Mme Claire BARADUC  | Spintec  | Co-encadrante de thèse  |
| M. Malik MANSOUR  | Laboratoire de Physique des Plasmas / Ecole Polytechnique  | Examinateur  |
| M. Thierry DUDOK DE WIT  | LPC2E  | Examinateur  |
| Mme Susana CARDOSO FREITAS  | Microsistemas e Nanotecnologias  | Examinatrice  |

|  |  |
| --- | --- |
| **Mots-clés :**  | Capteur,Magnétomètre,Jonction Tunnel Magnétique,Magnétorésistance,Concentrateur de flux,Microfabrication |

|  |
| --- |
| **Résumé :**   |
| Les magnétomètres sont des instruments fréquemment utilisés pour l’exploration de notre environnement spatial. Aujourd’hui, l’essor des petits satellites rend nécessaire le développement de nouveaux magnétomètres aux performances comparables à ceux actuellement embarqués mais avec un encombrement fortement réduit. Cette miniaturisation requiert l’utilisation de nouvelles technologies. Les jonctions tunnel magnétiques sont des magnétorésistances actuellement très prisées dans le développement de nombreux capteurs et semblent offrir une solution intéressante pour réaliser une nouvelle génération de magnétomètres spatiaux très sensibles à faible encombrement. Néanmoins, la détectivité des jonctions tunnel magnétiques diminue fortement à basse fréquence à cause de leur bruit en 1/f important, ce qui constitue une limite majeure à leur utilisation. Pour contourner ce problème, un nouveau concept de capteur nommé MAROT et basé sur l’utilisation de jonctions tunnel magnétiques associées à des concentrateurs de flux et à une méthode de modulation a été proposé. La modulation utilisée requiert des jonctions tunnel magnétiques atypiques présentant une réponse symétrique. De plus, le processus de microfabrication de ce capteur qui nécessite d’intégrer les jonctions tunnel magnétiques, les concentrateurs de flux, et les bobines de modulation sur une puce est un défi technologique. Le travail présenté dans cette thèse porte principalement sur la fabrication et l’optimisation des jonctions à réponse symétrique et des concentrateurs de flux. Un important travail de microfabrication a, dans un premier temps, permis de réaliser des jonctions à réponse symétrique de dimensions micrométriques. Alors qu’initialement la gravure entrainait une détérioration des propriétés magnétiques de l’empilement, nous avons d’abord trouvé un moyen de refixer l’aimantation de la couche de référence, puis l’aimantation de la couche libre a pu être stabilisée par couplage d’échange selon une méthode de soft pinning. Dans un deuxième temps, nous avons cherché à augmenter la sensibilité des jonctions en réduisant l’intensité du couplage d’échange. L’utilisation d’un insert de ruthénium s’est révélée efficace pour réduire le champ d’échange mais l’augmentation de la sensibilité reste limitée à cause du champ d’anisotropie magnétocristalline important du dépôt. Nous avons également étudié l’influence de l’anisotropie de forme sur la sensibilité des jonctions. La réalisation de formes allongées dans la direction de l’axe difficile a permis de compenser partiellement l’anisotropie magnétocristalline. Un modèle analytique de type Stoner-Wohlfarth incluant les champs d’échange et d’anisotropie permet un très bon ajustement des résultats expérimentaux de magnéto-transport. En parallèle, des concentrateurs de flux en NiFe déposés par électrolyse ont été développés. Cette méthode, adaptée au dépôt de couches épaisses, nous permet de maitriser la composition du dépôt en modifiant la densité de courant utilisée. Les premiers dépôts présentaient des cycles d’aimantation hystérétiques dus à une structure magnétique en bande liée à une anisotropie perpendiculaire. En modifiant la composition du dépôt, une réponse magnétique linéaire a finalement pu être obtenue. Nous avons finalement inclus les concentrateurs de flux autour des jonctions afin de mesurer l’amplification du champ dans l’entrefer, et avons obtenu un gain moyen des concentrateurs de 550, ce qui constitue une avancée significative par rapport à l’état de l’art. La réalisation d’un premier dispositif intégrant des jonctions tunnel magnétiques et des concentrateurs de flux a permis de vérifier la méthode de modulation proposée pour réduire le bruit en 1/f. Malheureusement, la modulation ne semble pas permettre de réduire le bruit à basse fréquence comme attendu et de nouvelles pistes doivent donc être explorées pour améliorer la détectivité du capteur. |