
Capteurs à pixels CMOS intégralement déplétés : caractérisation & applications

THESIS SUPERVISOR : JEROME BAUDOT

INSTITUT PLURIDISCIPLINAIRE H.CURIEN, 23 RUE DU LOESS, 67037 STRASBOURG

PHONE : 03 88 10 66 32 ; E-MAIL : BAUDOT@IN2P3.FR

Les capteurs à pixels CMOS (CPS) développés à l'IPHC par le groupe PICSEL [1] sont les premiers dans le monde à être exploités par une expérience de physique des hautes énergies (STAR à Brookhaven), depuis l'année 2014. La technologie industrielle employée, présente un volume de détection qui ne bénéficie pas sur toute son épaisseur d'un champ de dérive des charges, comme dans les capteurs silicium usuels. Dans le contexte spécifique de STAR, cette particularité ne dégrade pas les performances de détection. Récemment, la conception de CPS avec un volume sensible épais, au delà de 40 μm , et intégralement déplété, est devenue accessible dans l'industrie. Ce type de capteurs ouvre de nouvelles possibilités, dont les plus intéressantes sont la détection des rayons X en dessous de 10 keV et la trajectométrie à faible budget de matière dans un environnement difficile comme au LHC. Les performances pour la spectrométrie à faible énergie (rayonnement β par exemple) ou l'identification par mesure de la perte d'énergie, devraient également grandement bénéficier de la déplétion complète du volume sensible.

Plusieurs groupes, dont celui de l'IPHC, ont obtenu des résultats prometteurs avec des capteurs prototypes dans cette nouvelle technologie [2]. Cependant ces travaux demeurent à ce jour incomplets, et ne permettent pas encore d'assurer le succès de l'exploitation de tels détecteurs.

Ce sujet de thèse propose une complète de CPS intégralement déplétés, qui englobe la conception, la caractérisation et la mise en œuvre. Les applications qui portent ce sujet sont en premier lieu la détection des rayons X mous auprès du synchrotron SOLEIL et celle des β^+ in vivo (le capteur est immergé dans un cerveau de rat vigil).

Dans un premier temps, il s'agira de développer une architecture micro-électronique d'amplification et de lecture du signal de chaque pixel. Cette architecture pourra se décliner en deux versions afin de répondre aux spécifications principales de chaque application : la très faible consommation de puissance pour la sonde β^+ et le taux de comptage élevé pour l'imageur X. Mais les deux versions partageront la capacité à déserrer entièrement le volume sensible.

Dans un second temps, les prototypes fabriqués seront caractérisés à la fois en laboratoire et sur faisceau (rayons X et particules chargées) afin d'évaluer à la fois leur fonctionnalités et l'ampleur de la désertion du volume sensible. En particulier, l'impact de la fluence de particules non-ionisantes et la température sera étudié attentivement. Un des aboutissements de cette phase expérimentale sera l'élaboration d'un modèle ad-hoc reproduisant les performances observées de détection. Des simulations, exploitant le modèle établi précédemment, serviront également à quantifier les performances de systèmes exploitant ces capteurs. Par ailleurs, les données réelles obtenues auprès du synchrotron SOLEIL seront exploitées pour démontrer la qualité des images obtenues avec le prototype.

Pour la réalisation des objectifs cités, le ou la doctorant(e) devra mener des travaux à la fois de mise en œuvre de détecteurs pour les expériences et de développements algorithmiques pour l'analyse des données et la simulation. Il ou elle sera naturellement assisté(e) par les physiciens et ingénieurs du groupe PICSEL, dont l'expertise est unanimement reconnue. Par ailleurs, les résultats obtenus devront être présentés lors de conférences internationales.

[1] PICSEL group web pages: <http://iphc.cnrs.fr/PICSEL>.

[2] Workshop on CMOS Active Pixel Sensors for Particle Tracking: <http://cpix14.org>.