

Capteurs CMOS de rayonnements : domaine médical

Introduction - Objectifs scientifiques

Le potentiel extraordinaire des capteurs CMOS ne se restreint pas aux rayonnements lumineux ou proches du visible. En effet, la détection de particules faiblement ionisantes a d'ores et déjà été démontrée sur un premier prototype réalisé au LEPSI et les applications s'annoncent prometteuses, non seulement en Physique des Particules (anneaux de haute luminosité, linéaires au TeV), mais aussi dans le domaine médical (contrôle de faisceaux et de sources en hadronthérapie et en curiethérapie) et le domaine de l'environnement avec la dosimétrie.

Tous ces domaines sont confrontés à une demande accrue de capteurs nouveaux, intégrés, rapides, de haute résolution spatiale, à faible consommation électrique et intégrant des fonctions de plus en plus *intelligentes*. Les exigences supplémentaires d'un faible coût et d'un fonctionnement satisfaisant en milieu hostile (radiations) réduisent fortement l'attrait des capteurs CCD, et seul un capteur CMOS à pixels est à même de satisfaire à l'ensemble de ces exigences.

Travaux réalisés

Une première campagne de simulations, basée sur l'approche combinée "device simulation" + Monte-Carlo, nous a convaincus du potentiel de détection, pour des particules faiblement ionisantes, d'un capteur à pixels de 20 μm .

Le prototype MIMOSA (**Mip MOS Aps**) a été réalisé en juillet 1999, en technologie CMOS AMS 0,6 μm . Il comporte 4 matrices indépendantes de 64 par 64 pixels. La calibration absolue a été possible en combinant les mesures de photons X de faible énergie (5 KeV) et la simulation. La détection de particules relativistes, au minimum d'ionisation, s'est faite avec un rapport S/B de l'ordre de 30 à 40, une efficacité supérieure à 99% et une résolution spatiale de 1,4 μm dans les deux dimensions.

Huit autres circuits ont été réalisés depuis. Ils avaient pour but :

- d'étudier et d'optimiser les performances en termes de signal, de bruit, de tenue aux radiations et ceci dans différentes technologies.
- d'étudier l'implémentation sur le circuit d'un processeur analogique permettant de traiter les signaux par une procédure de double corrélation, de supprimer les zéros et donc
- de réduire le volume des données;
- d'explorer les limites de tailles de détecteurs monolithiques (barrettes de détecteurs de rayonnements). Un circuit de 16 x 2 cm^2 comportant 8 millions de

pixels a été fabriqué et fonctionne selon les spécifications. Les rendements de fonderie sont en cours d'étude.

Divers tests de tenue aux radiations, en champ magnétique, d'évolution du signal en fonction de la température ont aussi été effectués.

Toujours dans l'idée d'optimiser les performances d'un tel SOC une structure de collections de charges par photoFET a été étudiée et s'est avérée prometteuse.

Le LEPSI développe aussi une électronique de traitement du signal "on chip" jusqu'à la numérisation complète des signaux des pixels.

Perspectives

Le LEPSI étudie des détecteurs CMOS APS spécifiques pour des applications dans le **domaine médical dans le cadre d'un contrat européen du 5^{ème} PCRD**. Il s'agit d'utiliser les capteurs CMOS pour le contrôle ultra rapide et en temps réel du flux de particules utilisées en thérapie de tumeurs par des faisceaux de protons et d'ions et de contrôler en temps réel des sources radioactives destinées à être implantées en curiethérapie endovasculaire.

Une étude d'amincissement de wafer de circuits intégrés (il s'agit de garder une zone active d'environ 20 μm d'épaisseur) est en cours avec la société ATMEL de Grenoble. Ceci permettra un accès direct au volume sensible de détection et pourra être très intéressant pour, en particulier, la détection des particules β de faible énergie.

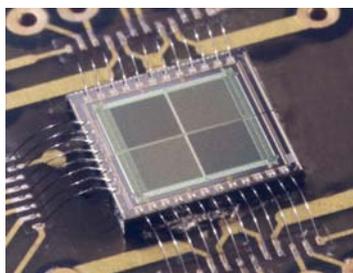
Dans le cadre des applications pour la physique des particules nous étudions avec l'IReS la possibilité d'utiliser de tels capteurs pour mesurer de façon très précise, et le plus proche possible de la zone d'interaction, la position des multiples particules issues des collisions auprès de collisionneurs linéaires (RHIC, et TESLA pour le futur, voir Travaux en cours avec l'IReS).

Publications et thèses

- ACL12, ACL14, ACL35, ACL40, ACL43, ACL44, ACT35, ACT53, ACT63, ACT64, ACT65, B2. (voir [bilan_1999_2003.pdf](#))
- Thèse de G. Deptuch (sept. 2002), prix de thèse ADRERUS 2003
- Thèse de L. Badano en cours (depuis octobre 2002)

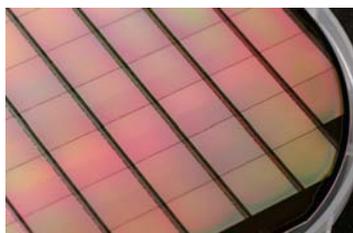
Collaborations

- IReS, Strasbourg (groupe Capteurs CMOS)
- SUCIMA (5^{ème} PCRD, Silicon Ultra fast Camera for electrons and gammas sources In Medical Applications)



Le premier prototype MIMOSA sur son support de test

Taille de la puce : 3,6 x 4,2 mm^2



Vue partielle du "wafer" MIMOSA V diamètre total 15 cm

Contact

Wojciech DULINSKI
dulinski@lepsi.in2p3.fr