

RESUME :

Les capteurs CMOS sont développés depuis une décennie en vue d'équiper les détecteurs de vertex des expériences de physique des particules à venir, avec les avantages d'un faible budget de matière et de bas coûts de production. Les caractéristiques recherchées sont un temps de lecture court, une granularité élevée et une bonne radiorésistance. Cette thèse est principalement consacrée à l'optimisation de ce dernier point. Pour diminuer le temps de cycle vers les 10 microsecondes, la lecture des pixels en parallèle dans chaque colonne a été implémentée, associée à une logique de suppression d'information des pixels sans signal. Les pixels sont devenus plus complexes et plus sensibles aux rayonnements ionisants. L'optimisation de l'architecture des pixels, par des techniques standard de durcissement aux rayonnements, a porté la limite à 300 krad (quelques Mrad attendus) pour le procédé de fabrication à 0,35- μm utilisé jusque-là. L'amélioration de la tenue aux rayonnements ionisants passe par l'utilisation de technologies de taille inférieure à 0,35- μm , naturellement plus radio-résistantes. Ceci facilitant de plus l'intégration de tous les composants dans un pixel.

Un autre aspect abordé dans cette thèse concerne la tolérance aux rayonnements non ionisants. Différentes technologies CMOS améliorant la collecte de charges ont été testées. L'utilisation d'une couche de détection de haute résistivité a porté la tenue à ces rayonnements à $3 \cdot 10^{13} \text{ n}_{\text{eq}}/\text{cm}^2$, conforme à l'objectif fixé. Ce résultat marque une étape importante pour les capteurs CMOS qui devraient rapidement satisfaire le cahier des charges d'expériences particulièrement contraignantes telles que CBM par exemple.

ABSTRACT :

CMOS Pixel Sensors are being developed since a few years to equip vertex detectors for future high-energy physics experiments with the crucial advantages of a low material budget and low production costs. The features simultaneously required are a short readout time, high granularity and high tolerance to radiation. This thesis mainly focuses on the radiation tolerance studies. To achieve the targeted readout time (tens of microseconds), the sensor pixel readout was organized in parallel columns restricting in addition the readout to pixels that had collected the signal charge. The pixels became then more complex, and consequently more sensitive to radiation. Different in-pixel architectures were studied and it was concluded that the tolerance to ionizing radiation was limited to 300 krad with the 0.35- μm fabrication process currently used, while the targeted value was several Mrad. Improving this situation calls for implementation of the sensors in processes with a smaller feature size which naturally improve the radiation tolerance while simultaneously accommodate all the in-pixel microcircuitry in small pixels.

Another aspect addressed in this thesis was the tolerance to non ionizing radiation, with a targeted value of $>10^{13} \text{ n}_{\text{eq}}/\text{cm}^2$. Different CMOS technologies featuring an enhanced signal collection were therefore investigated. It was demonstrated that this tolerance could be improved to $3 \cdot 10^{13} \text{ n}_{\text{eq}}/\text{cm}^2$ by the means of a high-resistivity epitaxial layer. This achievement triggered a new age of the CMOS pixel sensors and showed that their development is on a good track to meet the requirements of the particularly demanding CBM experiment.