



Localiser les photons gamma dans les 3 dimensions d'un détecteur semi-conducteur en CdZnTe : prédictions par simulations et études expérimentales

Spécialité PHYSIQUE

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DEDIP/LASYD](#)

Candidature avant le 16/04/2025

Durée 5 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [LE BRETON Rémy](#)

+33 1 69 08 67 57

remy.le-breton@cea.fr

Résumé

Sujet détaillé

Plusieurs groupes dans le monde, dont le nôtre au CEA-Saclay, ont développé des concepts de spectro-imageurs X dur à base de semi-conducteurs haute densité pixélisés pour l'astrophysique (CZT pour NuSTAR, CdTe pour Solar Orbiter) ou pour des applications industrielles (Hexitec, CdTe). Leur gamme d'énergie reste toutefois limitée à environ 200 keV en raison de la faible épaisseur des cristaux et de leurs limitations intrinsèques d'exploitation. Pour repousser la gamme en énergie au-delà du MeV, il faut des cristaux plus épais associés à des bonnes propriétés de transport des porteurs de charge. Cela est actuellement possible avec du CZT, mais nécessite néanmoins de relever plusieurs défis.

Dans un détecteur pixélisé où seules les coordonnées X et Y de l'interaction sont enregistrées, augmenter l'épaisseur du cristal dégrade les performances spectrales. Obtenir l'information de profondeur d'interaction Z dans un cristal monolithique permet théoriquement de lever le verrou associé. Cela nécessite le déploiement de méthodes expérimentales, de simulations physiques, de conception de circuits de microélectronique de lecture et de méthodes d'analyse de données originales.

L'objectif du stage est une étude de faisabilité de la méthode instrumentale envisagée se basant sur la mesure simultanée des signaux à la cathode et à l'anode du détecteur. Pour cela, il s'agira d'abord de réaliser une simulation du détecteur pour prédire la forme des signaux sur les électrodes en fonction de la position d'interaction (X, Y, Z) du photon. Puis il faudra reproduire ces signaux en laboratoire à l'entrée d'une nouvelle électronique de lecture (circuit intégré conçu par notre équipe) pour valider son intérêt pour le projet ou les besoins d'évolution de la conception.

Pour mener à bien ce projet, l'étudiant pourra s'appuyer sur un environnement de simulation développé en Python et en Julia pour des détecteurs CdTe minces, ainsi que des bancs de mesure existant pour des circuits de lecture

similaires. Il sera intégré dans une équipe d'ingénieurs-chercheurs avec des physiciens instrumentalistes, des concepteurs de circuits de lecture et des ingénieurs de test. Ce stage pourra se poursuivre en thèse dans l'objectif de concevoir un nouveau type de détecteur aux performances totalement inédites pour l'astrophysique gamma et pour l'industrie nucléaire.

Mots clés

détecteur semi-conducteur, spectroscopie gamma, simulations physiques, instrumentation, électronique analogique, ASIC

Compétences

simulations physiques, mesures physiques, électronique analogique

Logiciels

python, julia

Locating gamma photons in the 3 dimensions of a CdZnTe semiconductor detector: predictions by simulations and experimental studies

Summary

Full description

Several groups around the world, including our own at CEA-Saclay, have developed concepts for hard X-ray imaging spectrometer based on pixelated high-density semiconductors for astrophysics (CZT for NuSTAR, CdTe for Solar Orbiter) or for industrial applications (Hexitec, CdTe). However, their energy range remains limited to around 200 keV due to the thinness of the crystals and their intrinsic operating limitations. To extend the energy range beyond MeV, thicker crystals with good charge carrier transport properties are needed. This is currently possible with CZT, but a number of challenges need to be overcome.

In a pixelated detector where only the X and Y coordinates of the interaction are recorded, increasing the thickness of the crystal degrades spectral performance. Obtaining Z interaction depth information in a monolithic crystal theoretically makes it possible to overcome the associated problem. This requires the deployment of experimental methods, physical simulations, the design of readout microelectronics circuits and original data analysis methods.

The aim of the internship is to carry out a feasibility study on the proposed instrumental method based on the simultaneous measurement of signals at the detector's cathode and anode. To do this, we will first carry out a simulation of the detector to predict the shape of the signals on the electrodes as a function of the interaction position (X, Y, Z) of the photon. These signals will then have to be reproduced in the laboratory at the input of a new electronic readout (integrated circuit designed by our team) to validate its relevance for the project or the need for design changes.

To carry out this project, the student will be able to use a simulation environment developed in Python and Julia for thin CdTe detectors, as well as existing test benches for similar readout circuits. The student will be part of a team of research engineers including instrumental physicists, readout circuit designers and test engineers. This internship could be followed by a PhD with the aim of designing a new type of detector with completely new performance for gamma-ray astrophysics and the nuclear industry.

Keywords

semiconductor detector, gamma spectroscopy, simulations, instrumentation, analog electronics, ASIC

Skills

simulations, measurements, analog electronics

Softwares

python, julia