

Conception et caractérisation d'un détecteur diamant monolithique utilisant la technique des télescopes ΔE -E pour l'identification des particules

Le diamant est un matériau semi-conducteur à grand gap qui peut être utilisé comme chambre d'ionisation solide pour la détection de particules. Sa bonne résistance aux radiations, sa résistivité élevée et ses excellentes propriétés de transport de charges le rendent particulièrement intéressant comparé à d'autres semi-conducteurs comme le silicium. Ainsi dans ce travail de thèse, l'objectif est la conception d'un télescope ΔE -E monolithique en diamant. Un tel détecteur devrait permettre la détection de particules à faible parcours. Les applications sont nombreuses en physique nucléaire, on peut citer par exemple la détection de fragments de fission ou l'identification des particules produites en environnement radiatif, cela dans un but de radioprotection soit auprès de grands instruments types accélérateurs à l'IN2P3 soit auprès d'accélérateurs médicaux.

Le principe de fonctionnement du télescope est le suivant : une particule chargée qui pénètre dans le détecteur va d'abord perdre une partie de son énergie (proportionnelle à Q^2/v^2) dans l'étage ΔE avant de s'arrêter dans l'étage E du détecteur en déposant son énergie résiduelle (proportionnelle à $A.v^2$). La corrélation entre les deux dépôts d'énergie va conduire à l'identification de la particule incidente. Afin de concevoir un tel instrument, il est nécessaire de dimensionner correctement les épaisseurs des étages ΔE et E à l'aide de simulations mais aussi de maîtriser parfaitement les différentes étapes de fabrication du détecteur ce qui a constitué le premier objectif de mon travail de thèse.

Un deuxième objectif que j'ai mené en parallèle a été de reproduire expérimentalement le dépôt d'énergie des particules chargées à faible parcours dans la matière et d'étudier les caractéristiques du transport de charges dans un détecteur diamant. J'ai donc contribué au développement d'un banc de test eBIC (electron Beam Induced Current) à l'institut Néel dont le concept est complètement novateur grâce à la résolution temporelle liée à la pulsation du faisceau à l'échelle de 1 ns. En effet, il revêt l'avantage, contrairement à des sources radioactives traditionnellement utilisées en laboratoire, de permettre d'étudier finement la réponse en courant par la technique de mesure des courants transitoires d'un détecteur diamant tout en contrôlant des paramètres fondamentaux tels que le dépôt d'énergie à chaque interaction, le nombre d'interactions par seconde ou encore la position spatiale de l'interaction. Par ailleurs, ce banc de test a pu être utilisé pour investiguer des particularités du transport de charges à très faibles températures (jusqu'à 4 K) permettant d'atteindre des propriétés remarquables associées aux anisotropies de population à l'intérieur de la bande de conduction en fonction de la température et du champ électrique.