

UNIVERSITE JOSEPH FOURIER-GRENOBLE 1
SCIENCES ET GEOGRAPHIE

THESE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE JOSEPH FOURIER

Discipline: Physique

Présentée et soutenue publiquement

Par

CASSE Gianluigi

23 september 1998

**The effect of hadron irradiation on the electrical properties of particle
detectors made from various silicon materials**

Directeur de thèse

V. Comparat

COMPOSITION DU JURY:

D. Bisello - Rapporteur

P. Boyer - Président

V. Comparat

F. Lemeilleur

C. Leroy - Rapporteur

S. Pospišil

Titre

Effets d'irradiations hadroniques sur les propriétés électriques de détecteurs de particules fabriqués avec différents types de silicium.

Les détecteurs au silicium, dont l'utilisation est prévue dans les futures expériences de physique des hautes énergies (LHC au CERN) devront soutenir un très haut niveau de radiation. La défaillance des détecteurs plus exposés est attendue après quelques années d'opérations. Un grand intérêt est pourtant dévolu à l'étude des changements provoqués par les radiations dans les détecteurs et à l'amélioration de la résistance aux radiations de ceux-ci. L'introduction d'impuretés dans le cristal de silicium peut influencer la tenue aux radiations. Les impuretés forment des complexes avec les défauts primaires induits par les radiations. Ces complexes peuvent être électriquement actifs ou inactifs. Dans ce dernier cas, les défauts n'affectent pas les propriétés électriques du détecteur. Une grande concentration d'impuretés qui forment des complexes inactifs peut réduire la vitesse de dégradation des détecteurs. Les plus importants paramètres électriques qui changent en fonction de la fluence sont la densité effective de dopage, le courant inverse et l'efficacité de collection de charge. Cette thèse présente une étude détaillée des changements de ces paramètres en fonction de la fluence hadronique et du temps après les irradiations, pour des cristaux de silicium contenant différents teneurs en impuretés. Le rôle de l'O, C et Sn sur la tenue aux radiations est évalué. L'étude a été faite en utilisant comme détecteur de simples diodes (p^+-n-n^+). Certains changements des caractéristiques électriques de ces diodes après des forts niveaux d'irradiation ne peuvent pas être expliqués par la théorie de la jonction p-n d'un semi-conducteur. Un modèle de distribution du champ électrique est proposé pour expliquer les propriétés de collection de charge des détecteurs irradiés

Title

The effect of hadron irradiation on the electrical properties of particle detectors made from various silicon materials.

The harsh radiation environment is a challenging issue for the Si detectors planned in future high-energy physics experiments (LHC at CERN). The failure of the most exposed detectors is foreseen after a few years of operation. This induces a large interest on the study of the radiation behaviours and of the improvement of the radiation tolerance of Si detectors. This thesis approaches the problem from the point of view of the material engineering by the deliberate introduction of impurities in the Si mono-crystal. The impurities react and form stable complexes with the primary radiation induced defects. These complexes can be electrically active or inactive. In this last case the defects don't affect the operation of silicon detectors. Suitable impurities should form final inactive complexes, reducing the degradation rate of the electrical properties of the detectors. The key electrical parameter that change after hadron irradiation are the effective doping concentration, the detector leakage current and the charge collection efficiency. A detailed study of the changes of these parameters as a function of the fluence and of the time after irradiation is presented for materials with different content of impurity. The impact of O, C and Sn on the radiation tolerance of Si detectors is analysed. The study is performed using pad detectors, or diodes (p^+-n-n^+), made from various silicon materials. Heavily irradiated Si diodes exhibit unexpected comportment that cannot be explained on the basis of the p-n junction theory. A model for the electric field distribution in irradiated Si detectors is proposed to explain some unexpected behaviour of their charge collection properties.

Discipline: Physique.

Mots-clés: Détecteur au silicium, tenue au radiation, champ électrique, transport de charge, impuretés, oxygène, étain, carbone, diffusion.

Laboratoire : CERN/EP/MIC/SD – CH-1211 Genève 23, Suisse