

T 66: Halbleiterdetektoren: Strahlendhärte, neue Materialien und Konzepte 1

Zeit: Dienstag 16:45–19:05

Raum: GER-009

Gruppenbericht

T 66.1 Di 16:45 GER-009

A Charge Collection Study with Dedicated RD50 Charge Multiplication Sensors — ●CHRISTOPHER BETANCOURT, THOMAS BARBER, MARC HAUSER, KARL JAKOBS, SUSANNE KÜHN, ULRICH PARZEFALL, and SVEN WONSAK — Physikalisches Institut, Albert-Ludwigs Universität, Freiburg, Hermann-Herder-Str. 3, 79104 Freiburg, Germany

Silicon strip detectors are an essential component of collider experiments. Along with silicon pixel detectors, they provide precision tracking near the interaction point and a primary means of momentum measurement for charged particles. A part of the operational concern for such a system is signal loss due to radiation damage.

This study investigates the charge collection efficiency of silicon strip detectors, produced by MICRON Semiconductor Co. Ltd. within the CERN RD50 collaboration, designed specifically to understand the effect of design parameters on the onset and magnitude of charge multiplication. Charge collection measurements are performed before and after irradiation with a proton fluence of 1×10^{15} 1 MeV n_{eq}/cm^2 and neutron fluence ranging from 1.5×10^{15} 1 MeV n_{eq}/cm^2 . Structures on these devices include varying diffusion times and energies for the implantation process, the use of intermediate biased or floating strips between the readout strips, and several different strip width and pitch geometries. The charge collection for these devices is studied as a function of the bias voltage, looking for indications of charge multiplication. Results are compared to standard float zone 300 μm thick silicon strip sensors having a strip width of 25 μm and pitch of 80 μm .

T 66.2 Di 17:05 GER-009

Untersuchung der Akkumulationsschicht in segmentierten p+n Si Streifensensoren vor und nach Bestrahlung mit 1 MGy Röntgenstrahlen — ●THOMAS POEHLSEN, ECKHART FRETWURST, ROBERT KLANNER, JÖRN SCHWANDT und JIAGUO ZHANG — Institut für Experimentalphysik, Universität Hamburg

Bei segmentierten p+n-Siliziumzählern kann sich an der Si-SiO₂ Grenzfläche eine Elektronen-Akkumulationsschicht ausbilden, die die Feldverteilung und die Ladungssammlung maßgeblich beeinflussen kann. Die Größe der Akkumulationsschicht hängt von der angelegten Spannung, den elektrischen Randbedingungen an der SiO₂ Oberfläche, den Oxidladungen und den geladenen Zuständen an der Si-SiO₂-Grenzschicht ab.

Mit fokussiertem Laserlicht der Wellenlänge 660 nm werden Elektron-Loch-Paare nahe der Akkumulationsschicht erzeugt und deren Sammlung mit der Transient Current Technique untersucht. Kommt es dabei zur unvollständigen Ladungssammlung wird die Akkumulationsschicht aus dem Gleichgewicht gebracht.

Die Erholungszeiten der Akkumulationsschicht werden untersucht. Es zeigt sich, dass der Gleichgewichtszustand bei unbestrahlten Sensoren nach etwa 1 ms wiederhergestellt ist, während er bei bestrahlten Sensoren bereits nach etwa 0.1 ms erreicht wird.

Für Siliziumsensoren am europäischen X-FEL ist die Studie von Bedeutung, da in einem Puls bis zu 100 000 Photonen erwartet werden, und es im nächsten Puls, 220 ns später, möglich sein soll, zwischen einem und keinem Photon zu unterscheiden.

T 66.3 Di 17:20 GER-009

Vergleich dünner n- und p-Typ Silizium-Pixeldetektoren — JÖRN GROSSE-KNETTER, ARNULF QUADT, ●JULIA RIEGER und JENS WEINGARTEN — II. Physikalisches Institut, Georg-August-Universität Göttingen

Mit der Weiterentwicklung des LHCs steigt die Luminosität, was in mehr Spuren pro Raumwinkel resultiert. Dies bedeutet eine höhere Fluenz und eine größere Anzahl an Treffern pro Pixel. Die Entwicklung von strahlendharten Sensoren wird unverzichtbar.

Wird die Luminosität um den Faktor fünf erhöht, muss die innerste Lage des Detektors einer noch nie dagewesenen Teilchenfluenz von mehr als 2×10^{16} $n_{eq} cm^{-2}$ widerstehen.

Eine Entwicklungsrichtung für eine höhere Strahlendhärte der Sensoren ist die Verringerung der Dicke der Sensoren. Dünne Sensoren haben ein höheres elektrisches Feld bei gleicher angelegter Spannung und somit eine bessere Ladungssammlungseffizienz.

In Labormessungen wurden 150 μm dünne n-in-n und n-in-p Sensoren mit dem FE-14A Ausleseschip getestet. Dabei wurden Größen wie

die Depletionsspannung und der Leckstrom vor und nach Bestrahlung verglichen. Des Weiteren wurde eine Ladungskalibration entwickelt. In diesem Vortrag werden die Ergebnisse dieser Messungen vorgestellt.

T 66.4 Di 17:35 GER-009

Systematische Untersuchung verschiedener Siliziummaterialien auf Strahlendhärte für den HL-LHC — ●JOACHIM ERFLE¹, DORIS ECKSTEIN², ERIKA GARUTTI¹, ALEXANDRA JUNKES¹, CORALIE NEUBÜSER¹, THOMAS PÖHLEN¹ und GEORG STEINBRÜCK¹ — ¹Universität Hamburg — ²DESY Hamburg

Die geplante Hochluminositätsenergieerweiterung des LHC (HL-LHC) stellt extreme Anforderungen an die Strahlendhärte der Silizium-Sensoren. Um das beste Material für die Erneuerung des CMS-Spurdetektors auszuwählen, wurden im Rahmen einer CMS-weiten Mess- und Bestrahlungskampagne verschiedene Teststrukturen und Sensoren mit verschiedenen Siliziummaterialien (Magnetic Czochralski, Float-Zone und epitaktisches Silizium) produziert. Diese Sensoren wurden entsprechend der erwarteten Fluenzen ($3 \cdot 10^{14} n_{eq}/cm^2$ bis $3 \cdot 10^{15} n_{eq}/cm^2$) mit Neutronen und Protonen bestrahlt. Die Ergebnisse zu Leckstrom, effektiver Dotierungskonzentration sowie Ladungssammlung werden vorgestellt.

T 66.5 Di 17:50 GER-009

X-ray induced radiation damage at the Si-SiO₂ interface of silicon sensors — ●JIAGUO ZHANG¹, ECKHART FRETWURST¹, ROBERT KLANNER¹, IOANNIS KOPSALIS², and JOERN SCHWANDT¹ — ¹Institute for Experimental Physics, Hamburg University, Luruper Chaussee 149, D-22761 Hamburg, Germany — ²School of Applied Mathematical and Physical Sciences, National Technical University of Athens, Heron Polytechniou 9, 11474 Athens, Greece

Silicon pixel sensors will be used for imaging experiments at the European X-ray Free Electron Laser (XFEL). In 3 years of operation the sensors will be exposed to doses of up to 1 GGy of 12 keV X-rays. Hence, to develop such a radiation-hard silicon pixel sensor for the European XFEL a good understanding of X-ray induced radiation damage is necessary. Using capacitance/conductance-voltage, current-voltage and thermal dielectric relaxation current measurements on MOS capacitors and gate-controlled diodes, the oxide-charge density, the interface-trap density and the surface-current density have been measured for X-ray doses up to 1 GGy. The results have been used as input in TCAD simulations for the optimization of the pixel sensor. This talk will introduce the physical processes of X-ray induced radiation damage, review the important factors which impact on the formation of the defects in the SiO₂ and at the Si-SiO₂ interface, present the main results on the dose dependence of the oxide-charge density and the surface-current density, and summarize their influence on the electrical performance of silicon sensors.

T 66.6 Di 18:05 GER-009

Vergleich von Strahlenschäden erzeugt durch Protonen unterschiedlicher Energien in Silizium Sensoren — ●CORALIE NEUBÜSER¹, DORIS ECKSTEIN², JOACHIM ERFLE¹, ECKHART FRETWURST¹, ERIKA GARUTTI¹, ALEXANDRA JUNKES³, THOMAS PÖHLEN¹ und GEORG STEINBRÜCK¹ — ¹Universität Hamburg — ²DESY, Hamburg — ³Brown University, Providence

Es wurde die Strahlenschädigung von n-dotierten sauerstoffreichen Silizium-Flächendiode untersucht. Diese wurden mit 23 GeV und 23 MeV Protonen im Fluenzbereich von einigen $10^{13} n_{eq}/cm^2$ bis zu $1.5 \times 10^{15} n_{eq}/cm^2$ bestrahlt. Die induzierten Strahlenschäden wurden mit Hilfe von makroskopischen (CV-/IV-Charakteristiken und Transient Current Technique (TCT)) und mikroskopischen (Thermally Stimulated Current (TSC)) Messmethoden charakterisiert. Somit konnten die strahleninduzierten Änderungen der effektiven Dotierungskonzentration bzw. der Verarmungsspannung, des Sperrstroms und der Ladungssammlung sowie der Defektkonzentrationen untersucht und verglichen werden. Die erzielten Ergebnisse werden vorgestellt und diskutiert.

T 66.7 Di 18:20 GER-009

Messungen zur Modellierung der erwarteten Rekonstruktion von Teilchendurchgängen im zukünftigen CMS-Spurdetektor — TOBIAS BARVICH, ALEXANDER DIERLAMM, ROBERT EBER, SABINE

FRECH, KARL-HEINZ HOFFMANN, THOMAS MÜLLER, ANDREAS NÜRNBERG, ●REINHARD RANDOLL und PIA STECK — Institut für Experimentelle Kernphysik (IEKP), KIT, Karlsruhe, Deutschland

Für den geplanten Ausbau des LHC zum HL-LHC muss der Spurdetektor des CMS-Experimentes neu gebaut werden. Dabei sollen zukünftige Silizium-Streifensensoren dünner als bisher sein was zu geringeren Leckströmen und kleineren Depletionsspannungen führt und darüber hinaus weniger Material erfordert. Untersucht wird auch, wie sich die binäre Datenauslese auf die Rekonstruktion von Teilchendurchgängen auswirkt. Diese beiden Änderungen sollen keine Einbußen bei der Leistungsfähigkeit des Spurdetektors nach sich ziehen.

Zur Modellierung der erwarteten Rekonstruktion von Teilchendurchgängen wurde eine Vielzahl an Messungen an Streifensensoren zur Parametrisierung von Clustereigenschaften und Sensorkapazitäten ausgewertet. Zusätzlich wurde untersucht, wie sich verschiedene Signal-Schwellwerte bei binärem Auslesen der Daten auf die Effizienz Cluster zu identifizieren und deren durchschnittlich gemessener Größe auswirkt. Der Vortrag gibt einen Überblick über die durchgeführten Messungen und Ergebnisse.

T 66.8 Di 18:35 GER-009

Radiation damage studies on silicon diodes irradiated with electrons — ●ROXANA RADU^{1,2}, ECKHART FRETWURST¹, ROBERT KLANNER¹, and IOANA PINTILIE² — ¹Institute for Experimental Physics, Hamburg University, Hamburg, Germany — ²National Institute of Materials Physics NIMP, Bucharest, Romania

Radiation damage of silicon diodes induced by electrons with energies in the range between 1.5 MeV and 15 MeV has been studied. Low energy electrons lead to displacement the displacement of silicon atoms caused by low energetic recoil atoms, resulting in the creation of isolated point defects. At higher energies the probability for the formation of cluster defects becomes dominant. The study aims at understanding

the energy dependence of the cluster defect formation and the structure of the electrically active defects. N-type silicon diodes with different carbon and oxygen concentrations were chosen for irradiation. Electrical characterization of the irradiated sensors by current-voltage (I-V), capacitance-voltage (C-V) characteristics and spectroscopy of electrically active defects by Deep Level Transient Spectroscopy (DLTS) and Thermally Stimulated Current (TSC) methods were performed. From the I-V measurements the current-related damage parameter α was extracted and compared to the classical NIEL (Non-Ionizing-Energy-Loss) and *effective* NIEL was made. It is found that for electrons with energies in the range 1.5 to 15 MeV the scaling of α with the classical NIEL is not valid. From DLTS and TSC measurements the ratio of point to cluster defects as function of electron energy and the introduction of different defects is determined.

T 66.9 Di 18:50 GER-009

Charge collection measurements of irradiated silicon strip sensors using the Alibava setup — ●OLE BRANDT, JOACHIM ERFLE, ECKHART FRETWURST, ERIKA GARUTTI, SERGEJ SCHUWALOV, and GEORG STEINBRÜCK — University of Hamburg

The Alibava setup is a readout system for silicon strip detectors based on the LHCb Beetle readout chip. It can be operated with a laser or a beta-source for charge carrier creation. Here the setup is used to investigate the radiation hardness of different silicon strip sensors. For the Phase 2 tracker upgrade at the LHC the degradation of the charge collection efficiency in irradiated silicon detectors is an important issue and is therefore investigated. As preparatory work the main parameters of the Beetle readout chip were modified to improve the signal to noise ratio and its pulse shape.

The charge collection of a set of strip sensors of different silicon types irradiated with 23 GeV protons to a fluence of $1.5 \cdot 10^{15} \frac{neq}{cm^2}$ is studied and compared to non-irradiated sensors.