

## T 2: Halbleiterdetektoren I

Zeit: Montag 16:00–18:30

Raum: H02

T 2.1 Mo 16:00 H02

**Edge-on Measurements on Planar Pixel Sensors for the CMS Phase 2 Upgrade** — ●CAROLINE NIEMEYER<sup>1</sup>, ALIAKBAR EBRAHIMI<sup>1</sup>, FINN FEINDT<sup>1</sup>, ERIKA GARUTTI<sup>1</sup>, PAOLO GUNNELLINI<sup>1</sup>, DANIEL PITZL<sup>2</sup>, JÖRN SCHWANDT<sup>1</sup>, GEORG STEINBRÜCK<sup>1</sup>, and IRENE ZOI<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institute for Experimental Physics, Hamburg University, Luruper Chaussee 149, 22761 Hamburg — <sup>2</sup>Deutsches Elektronen-Synchrotron, Notkestraße 85, 22607 Hamburg

In the development process of a new pixel detector for the phase 2 upgrade of CMS, several variants of new n<sup>+</sup>p, planar pixel sensors with pixel sizes of  $50 \times 50 \mu\text{m}^2$  and  $100 \times 25 \mu\text{m}^2$  and an active thickness of  $150 \mu\text{m}$  have been designed and bump bonded to ROC4SENS read-out chips. 18 weeks of beam tests with sensors, irradiated up to fluences of  $8 \times 10^{15}$  neutrons/cm<sup>2</sup> have been completed at the DESY test beam facility. The edge-on method is used to measure the charge collection as a function of depth for different operating conditions and possibly trapping effects due to irradiation as the track passes the pixel cells at varying depths. The depth performance of the sensors as a function of fluence and bias voltage is then compared to simulations with Pixelav. In this talk, edge-on measurements are presented as a function of the applied bias voltage, for irradiated and non-irradiated sensors.

T 2.2 Mo 16:15 H02

**Study of the radiation damage of SiPMs by neutrons** — ●SARA CERIOLI, ERIKA GARUTTI, ROBERT KLANNER, STEPHAN MARTENS, and JOERN SCHWANDT — University of Hamburg, Luruper Chaussee 149, 22761 Hamburg

Thanks to the excellent performance and the robustness of Silicon Photomultipliers (SiPMs), many experiments from high luminosity colliders to medical physics are choosing them as photodetectors. One of the major limitations for the application at hadron colliders is radiation damage. The major issue concerning the radiation damage caused by hadrons on SiPMs is the increase of Dark Count Rate (DCR), which already at the level of relatively low fluences such as  $\Phi_{eq} \sim 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ , prevents the separation of the single photo-electron from noise and affects the pixel occupancy, leading to a loss in the Photo-Detection Efficiency (PDE). Since peaks in the charge spectra corresponding to different number of Geiger discharges cannot be resolved anymore, the standard characterization methods cannot be applied to determine parameters like gain, mean number of Geiger discharges and DCR. In this talk, I will present methods developed by our group in order to extract some of the main characteristics of a SiPM after radiation damage, starting from parameters which can be obtained from current-voltage measurements. The SiPMs used for this work are KETEK  $15 \times 15 \mu\text{m}^2$  pixel size, irradiated by neutrons in the TRIGA reactor to six fluences up to  $\Phi_{eq} = 5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$  (1 MeV equivalent neutrons).

T 2.3 Mo 16:30 H02

**Finale Auswahl des Sensormaterials für den äußeren CMS-Spuredetektor im Zuge des Phase-2 Upgrades** — FELIX BÖGELSCHACHER, ALEXANDER DIERLHAMM, JAN-OLE GOSEWISCH, ●MARIUS METZLER, THOMAS MÜLLER und PIA STECK — ETP (KIT), Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Mitte der 2020er Jahre soll das Phase-II-Upgrade des Large Hadron Collider (LHC) und damit auch des Compact Muon Solenoid Detektors (CMS) umgesetzt werden. Die Erhöhung der Luminosität erfordert strahlentharte Materialien. Die erwarteten Fluenzen für den äußeren Spuredetektor liegen nach 10 Jahren geplanter Laufzeit zwischen  $1 \cdot 10^{14} \text{ n}_{eq}\text{cm}^{-2}$  und  $1 \cdot 10^{15} \text{ n}_{eq}\text{cm}^{-2}$ . Sensoren müssen bei diesen Fluenzen geringe Leckströme und eine Effizienz von mindestens 95% aufweisen. Dazu müssen die erzeugten Signale deutlich über dem Rauschen der Ausleselektronik liegen. Nach mehreren Qualifizierungskampagnen, in denen verschiedene Hersteller und Materialien untersucht wurden, fällt die finale Entscheidung nun auf einen von zwei Kandidaten: FZ290 oder thFZ240. Die unterschiedliche Dicke der Materialien ist hierbei der entscheidende Parameter, der Ladungssammlung, Leckstrom, sowie Depletionsspannung und Preis maßgeblich beeinflusst. Die Ergebnisse der Bestrahlungsstudien beider Materialien werden in diesem Vortrag zusammengefasst.

T 2.4 Mo 16:45 H02

**Temperature dependent low frequency CV measurements**

**of highly irradiated ATLAS strip detectors and diodes for impedance spectroscopy** — ●SVEN MÄGDEFESSEL, RICCARDO MORI, and ULRICH PARZEFALL — Uni Freiburg

The defects in silicon caused by radiation damage affect CV measurements to a level where the well known method for deriving the doping level and the depletion voltage is not applicable anymore. The electrically active defects contribute to the measured capacitance and interfere with the geometrical effect. To exploit the temperature dependent capture constant of the defects, we perform CV measurements at low frequencies and different temperatures at strip detectors and diodes and use impedance spectroscopy to analyse the effects that can be seen for unirradiated sensors as well as for different radiation levels.

T 2.5 Mo 17:00 H02

**Studie zur Strahlenthärte von n-in-p Siliziumstreifensensoren ohne spezifische Zwischenstreifenisoliationsstruktur** — THOMAS MÜLLER, ALEXANDER DIERLHAMM, MARIUS METZLER, ●JAN-OLE GOSEWISCH, HANS-JÜRGEN SIMONIS, PIA STECK und FELIX BÖGELSPACHER — Institut für Experimentelle Teilchenphysik, Karlsruher Institut für Technologie

Der Gebrauch von n-in-p Siliziumstreifensensoren erfordert eine spezifische Zwischenstreifenisolation. Ohne diese kommt es insbesondere nach Bestrahlung durch Oberflächenschäden zu einem Kurzschluss der Streifen und einer Verringerung der Ortsauflösung. Ein Maß für die Güte der Isolation ist der Zwischenstreifenwiderstand. Entgegen den Erwartungen, wurde bei Sensoren ohne spezifische Isolation ein ausreichend hoher Widerstand zwischen den Streifen nach Protonenbestrahlung mit einer Fluenz von  $10^{15} \text{ n}_{eq}/\text{cm}^2$  beobachtet. Für ein genaueres Verständnis der beitragenden Effekte auf die Streifenisolation, wurden Sensoren ohne Zwischenstreifenimplantat mit Röntgenstrahlen, Protonen und Neutronen bestrahlt. In diesem Vortrag werden Messungen der Zwischenstreifenwiderstände für unterschiedlichen Bestrahlungszusammensetzungen gezeigt und bewertet.

T 2.6 Mo 17:15 H02

**Messungen bestrahlter Silizium Detektoren für das NitroStrip Projekt** — ●JAN CEDRIC HÖNIG, LEENA DIEHL, MARC HAUSER, FRANZISKA MOOS, RICCARDO MORI, ULRICH PARZEFALL und LIV WIJK-FUCHS — Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Die Leistungsfähigkeit von Siliziumdetektoren in der Teilchenphysik ist limitiert durch ihre Fähigkeit radioaktiver Strahlung zu widerstehen. Strahlenschäden bewirken einen erhöhten Leckstrom, eine verschlechterte Ladungssammlung und verändern die Feldkonfiguration im Sensor. Daher ist Forschung zur Verbesserung der Strahlenthärte von zentraler Bedeutung in der Entwicklung neuartiger Siliziumdetektoren. Ein Ansatz die Strahlenthärte von Silizium zu verbessern ist das gezielte einbringen von Fremdatomen. Im Rahmen des NitroStrip Projekts wird die Strahlenthärte von Streifensensoren, die mit Stickstoff angereichert wurden, untersucht. Es stehen Vergleichsgruppen von Sensoren zur Verfügung die mit unterschiedlichen Verfahren beziehungsweise unter Anreicherung mit Sauerstoff hergestellt wurden. In diesem Vortrag werden neben Ergebnisse aus Messungen mit dem EdgeTCT System, vergleichende Messungen von bestrahlten Sensoren aus dem NitroStrip Projekt vorgestellt.

T 2.7 Mo 17:30 H02

**Measurement of  $E_{eff}$  for Irradiated and Annealed Diodes** — ●FELIX WIZEMANN, KEVIN KRÖNINGER, and JENS WEINGARTEN — TU Dortmund, Experimentelle Physik IV

The leakage current of silicon sensors and diodes depends on temperature. To compare measurements obtained at different temperatures, it is necessary to understand the dependence of the bulk current on the temperature.

This dependence is usually described with the help of the effective bandgap energy  $E_{eff}$  under the assumption of a fully depleted bulk. This talk investigates the applicability of this model for highly irradiated sensors and its dependence on the applied electric field.

Bulk current measurements are used to obtain  $E_{eff}$  values for irradiated n<sup>+</sup>-in-n diodes during different stages of annealing. Self heating leads to deviations between measured and actual device temperature. Therefore a power limit is used to exclude measurements with significant self heating.

T 2.8 Mo 17:45 H02

**Untersuchung von Ladungsvervielfachung in p-Typ Silizium-Streifendetektoren nach langen Annealingzeiten** — ●LEENA DIEHL, RICCARDO MORI, MARC HAUSER, ULRICH PARZEFALL und LIV WIHK-FUCHS — Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Hochenergetische Teilchen verursachen Schäden in Siliziumdetektoren, was zu Defektbildung und dadurch zu einer steigenden effektiven Dotierungskonzentration in p-Typ Detektoren führt. Die entstandenen Gitterdefekte sind beweglich und die effektive Dotierungskonzentration steigt nach kurzer Abnahme mit der Zeit weiter an. Wenn sie hoch genug ist, kann der Effekt der Ladungsvervielfachung auftreten. Bei der Untersuchung dieses Phänomens in lang annealten p-Typ Streifen-detektoren wurden starke Veränderungen im gemessenen Signal festgestellt: vervielfachte Löcher tragen einen signifikanten und langsamen Teil zum Signal bei, der auch auf den sogenannten Plasma-Effekt hinweist. Das heißt, dass Driftzeiten der Ladungen durch einen Abschirmungseffekt vom bestehenden elektrischen Feld innerhalb einer Gruppe freier Ladungsträger verlängert wurden. Die zugrundeliegende Messkampagne sowie die veränderten Signale in Sensoren, die mit einer Fluenz höher als  $1 \cdot 10^{15} \text{ n}_{\text{eq}}/\text{cm}^2$  bestrahlt und bei unterschiedlichen Temperaturen Langzeit-annealed wurden, werden in diesem Vortrag präsentiert.

T 2.9 Mo 18:00 H02

**Development of a novel proton irradiation site at the HISKP isochronous cyclotron Bonn** — ●PASCAL WOLF<sup>1</sup>, DIETER EVERSHEIM<sup>2</sup>, DAVID-LEON POHL<sup>1</sup>, MARTIN URBAN<sup>2</sup>, and NORBERT WERMES<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Physikalisches Institut, Universität Bonn — <sup>2</sup>Helmholtz Institut für Strahlen- und Kernphysik (HISKP), Universität Bonn

A novel proton irradiation site for silicon detectors is currently being developed at Bonn University. The site is located at the isochronous cyclotron of the Helmholtz Institut für Strahlen- und Kernphysik

(HISKP). The cyclotron provides protons with up to 14 MeV kinetic energy with beam currents between a few nA and 1  $\mu$ A. Light ions, such as deuterons, alphas up to  $^{12}\text{C}$ , can also be produced with kinetic energies from 7 to 14 MeV per nucleon. The beam spot at extraction can be adjusted from a few mm to approximately 2 cm in diameter. An electron-cyclotron-resonance (ECR) source with low source-noise enables a stable beam over time. Dedicated secondary-electron monitors with custom readout electronics have been developed for on-line beam-current and position monitoring. The intrinsic resolution of the readout electronics allows to measure the secondary-electron current with a precision of 1%. The goal is to measure the primary beam current with comparable precision in order to reduce the uncertainty on the proton fluence at the device. GEANT4 simulations of energy distributions along the beam line up to the setup conclude a proton hardness factor of  $\kappa \approx 3$ , allowing to irradiate up to  $10^{16} \frac{\text{n.e.g}}{\text{cm}^2}$  in 60 minutes.

T 2.10 Mo 18:15 H02

**Stress testing the optical readout of CMS 2S modules** — ●CHRISTIAN DZIWOK<sup>1</sup>, LUTZ FELD<sup>2</sup>, KATJA KLEIN<sup>2</sup>, ALEXANDER PAULS<sup>2</sup>, OLIVER POOTH<sup>1</sup>, MARIUS PREUTEN<sup>2</sup>, MAX RAUCH<sup>2</sup>, NICK THAMM<sup>1</sup>, and TIM ZIEMONS<sup>1</sup> — <sup>1</sup>III. Physikalisches Institut B, RWTH Aachen University, D-52056 Aachen — <sup>2</sup>I. Physikalisches Institut B, RWTH Aachen University

For the upcoming CMS Phase-2 Outer Tracker upgrade, new detector modules will be installed. There are two general types of modules, one consisting of two co-planar silicon strip sensors (2S) and one of a macro pixel and a strip sensor (PS). The communication and the auxiliary support are supplied by a so called SErvice Hybrid (SEH) in case of a 2S module. The RWTH Aachen University the SEHs are qualified regarding power and communication stability. This talk presents the data link test for SEH production.