

T 63: Halbleiter: Strahlenhärte

Zeit: Mittwoch 16:45–19:00

Raum: G.10.05 (HS 7)

T 63.1 Mi 16:45 G.10.05 (HS 7)

Towards a new radiation model for proton-induced defects in silicon — ●ELENA DONEGANI, ECKHART FRETWURST, ERIKA GARUTTI, ALEXANDRA JUNKES, and JOERN SCHWANDT — University of Hamburg

Radiation damage to tracking layers of future generation HEP experiments will strongly affect the detectors' performance and resolution, e.g. after fluences as high as $1.3\text{--}5\cdot 10^{16}/\text{cm}^2$ during 5–10 years operation of HL-LHC. It is known that radiation-induced defects in silicon (both point-like and cluster-like) are responsible for the increased leakage current, the decreased charge collection efficiency, and the modified electric field.

Being able to simulate and predict the effect of radiation damage as a function of particle fluence, type and energy is essential for the design optimization of future silicon detectors for the LHC upgrade. Currently few models exist, which attempt to describe bulk defects in silicon with effective parameters representing the concentration, energy and cross-section of donors and acceptors. It is the scope of the present work to link these effective parameters to precise microscopic measurements of defects, in the aim to extract a measurement driven-model for bulk damage.

T 63.2 Mi 17:00 G.10.05 (HS 7)

Investigation of the insulator layers for segmented silicon sensors before and after X-ray irradiation — ●IOANNIS KOPSALIS¹, DOMINIK BRUESKE¹, ERIKA GARUTTI¹, ROBERT KLANNER¹, JOERN SCHWANDT¹, KHAI TON THAT¹, and JIAGUO ZHANG² — ¹Institute for Experimental Physics, Hamburg University, Luruper Chaussee 149, D-22761 Hamburg, Germany — ²Deutsches Elektronen-Synchrotron, Notkestraße 85, D-22607 Hamburg, Germany

For the proper simulation and understanding of segmented silicon sensors the surface boundary conditions and the effects of surface radiation damage have to be known. The boundary conditions on the sensor surface change with relative humidity, RH and the effective oxide-charge density in the SiO_2 and at the Si-SiO_2 interface, N_{ox}^{eff} , increases with ionising dose.

The talk presents measurements of the surface conductivity of $\text{SiO}_2\text{-Si}_3\text{N}_4$ at room temperature for RH values between 30 and 46 % using a Gate Controlled Diode, and for $RH = 50$ % using a MOSFET. In addition, the change of the threshold voltage of the MOSFET in inversion condition during and after irradiation has been measured. From the threshold voltage the effective oxide-charge density, N_{ox}^{eff} , has been determined at an electric field at the Si-SiO_2 interface of $0.5 \frac{\text{MV}}{\text{cm}}$, as function of time during and after irradiation up to SiO_2 doses of 10 kGy.

T 63.3 Mi 17:15 G.10.05 (HS 7)

Untersuchung von Siliziumdetektoren mit einem Edge-TCT Aufbau — ●FABIAN SCHNELL¹, CHRISTIAN GALLRAPP², MARC HAUSER¹, KARL JAKOBS¹, HENDRIK JANSEN³, SUSANNE KÜHN¹, RICCARDO MORI¹, ULRICH PARZEFALL¹ und SVEN WONSAK⁴ — ¹Albert-Ludwig-Universität Freiburg — ²CERN — ³DESY — ⁴Universität Liverpool

Für den geplanten Ausbau des LHC in etwa zehn Jahren werden strahlungsharte Siliziumdetektoren benötigt, da im Rahmen des Ausbaus die Luminosität des LHC um das Zehnfache der jetzigen Luminosität ansteigen soll. Zur Untersuchung der Strahlungshärte, sowie insbesondere der Eigenschaften des elektrischen Feldes und der Verarmung von Siliziumstreifensensoren wird in Freiburg ein Edge-TCT-Aufbau aufgebaut. Das Messverfahren nutzt einen Infrarotlaser zur Erzeugung von Ladungsträgern im Detektor. Dieser wird auf eine polierte Seite des Detektors gestrahlt und parallel zur Detektoroberfläche in Streifenrichtung oder senkrecht zu den Streifen ausgerichtet. Durch Variation des Abstands der Einstrahlung zur Sensoroberfläche werden Ladungsträger in einer definierten Tiefe im Detektor erzeugt. Diese Variante der Transient-Current-Technique erlaubt eine Bestimmung der Driftgeschwindigkeiten der Ladungsträger, sowie eine Rekonstruktion des elektrischen Feldes innerhalb des Detektors zusätzlich zur Bestimmung gesammelter Ladung. Im Vortrag wird der Aufbau und die Inbetriebnahme des Edge-TCT-Aufbaus präsentiert. Darüberhinaus werden erste Messungen an Sensoren für den Ausbau des Siliziumstreifendetek-

tors des ATLAS-Experiments vorgestellt.

T 63.4 Mi 17:30 G.10.05 (HS 7)

Untersuchung der Depletionsspannung bestrahlter und unbestrahlter planarer n^+ -in- n Silizium-ATLAS-Pixelsensoren — MONA ABT¹, SILKE ALTENHEINER¹, KAROLA DETTE², ANDREAS GISEN¹, CLAUS GÖSSLING¹, JARA HELMIG¹, JENNIFER JENTZSCH², REINER KLINGENBERG¹, KEVIN KRÖNINGER¹, ARNO KOMPATSCHER³ und ●FELIX WIZEMANN¹ — ¹TU Dortmund — ²CERN — ³CiS

Strahlenbelastungen führen zu Schäden am Kristallgitter von Siliziumsensoren. Diese Schädigung verursacht stark erhöhte Depletionsspannungen. Durch gezieltes Erhitzen geschädigter Sensoren kann die Depletionsspannung reduziert werden.

Die Depletionsspannung eines Sensors kann bestimmt werden, indem die Kapazität in Abhängigkeit von der Spannung aufgenommen wird. Solche Messungen wurden an planaren n^+ -in- n Sensoren, wie sie im ATLAS-Experiment am CERN Verwendung finden, durchgeführt. Hierzu wurde ein Messaufbau entwickelt und getestet. Es wurden bestrahlte und unbestrahlte Sensoren untersucht.

T 63.5 Mi 17:45 G.10.05 (HS 7)

Annealing bestrahlter planarer n^+ -in- n ATLAS Pixel Siliziumsensoren — MONA ABT¹, SILKE ALTENHEINER¹, KAROLA DETTE², ●ANDREAS GISEN¹, CLAUS GÖSSLING¹, JARA HELMIG¹, JENNIFER JENTZSCH², REINER KLINGENBERG¹, KEVIN KRÖNINGER¹, ARNO KOMPATSCHER³ und FELIX WIZEMANN¹ — ¹TU Dortmund — ²CERN — ³CiS

Als Annealing wird das Beheben von Kristallschäden bezeichnet. Durch Erhitzen auf bestimmte Temperaturen über kurze Zeiträume kann dieser Effekt zur gezielten Verbesserung der Eigenschaften eines Siliziumsensoren genutzt werden, der zum Beispiel durch nicht ionisierende Energiedeposition geschädigt wurde.

An einem planaren n^+ -in- n -Siliziumsensor, wie er im Pixeldetektor des ATLAS-Experiments am LHC Verwendung findet, wurden die durch wiederholt durchgeführtes Annealing bewirkten Änderungen von verschiedenen Eigenschaften des Sensors untersucht. Der verwendete Sensor wurde mit einer Fluenz von $2\cdot 10^{16} n_{eq}/\text{cm}^2$ bestrahlt, was der erwarteten Strahlenbelastung der innersten ATLAS-Detektorlage im HL-LHC entspricht.

Besonders betrachtet wurden Veränderungen der Strom-Spannungskurven und des Ladungssammelungsverhaltens sowie die Auswirkungen eines speziellen Pixeldesigns, welches zu Testzwecken in einem Teilbereich dieses Sensors vorhanden ist.

T 63.6 Mi 18:00 G.10.05 (HS 7)

Vergleich der Strahlenhärte von 3D- und dünnen planaren Pixelsensoren für das Phase II Upgrade des CMS-Experiments — THOMAS BLANK², FELIX BÖGELSPACHER¹, MICHELE CASELLE², ALEXANDER DIERLHAMM¹, BENEDIKT FREUND¹, SIMON KUDELLA¹, THOMAS MÜLLER¹ und ●DANIEL SCHELL¹ — ¹Institut für Experimentelle Kernphysik (EKP), KIT — ²Institut für Prozessdatenverarbeitung und Elektronik (IPE), KIT

Nach einer längeren Datennahme bei einer instantanen Luminosität von $2\cdot 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ wird der Large Hadron Collider (LHC) am CERN ab dem Jahr 2022 einem weiteren Upgrade zum „High Luminosity LHC“ unterzogen, um die maximale Luminosität nochmals um einen Faktor vier zu steigern. Die damit verbundene erhöhte Teilchenrate und die durch den Betrieb bis dahin entstandenen Strahlenschäden verlangen einen Austausch des kompletten Spurdetektors des bestehenden CMS-Experiments.

Das besondere Augenmerk liegt vor allem auf der innersten Lage des Pixeldetektors, welche nur ca. 3 cm vom Interaktionspunkt entfernt liegt und somit den höchsten Fluenzen ausgesetzt ist. In diesem Vortrag werden die möglichen Vorteile eines 3D-strukturierten Sensors gegenüber verschiedenen dünnen planaren Sensoren als Ersatz für die innerste Lage des Spurdetektors untersucht und diskutiert. Dafür werden sowohl 3D- als auch planare Sensoren unterschiedlicher Dicken und Designs auf Fluenzen bis zu $2\cdot 10^{16} n_{eq} \text{ cm}^{-2}$ bestrahlt und die Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit von der Strahlendosis untersucht und miteinander verglichen.

T 63.7 Mi 18:15 G.10.05 (HS 7)

Characterization of thin irradiated epitaxial silicon sensors for the CMS phase II pixel 2 upgrade — ●MATTEO CENTIS VIGNALI¹, DORIS ECKSTEIN², THOMAS EICHHORN², ERIKA GARUTTI¹, ALEXANDRA JUNKES¹, and GEORG STEINBRÜCK¹ —

¹Institut für Experimentalphysik, Universität Hamburg, Luruper Chaussee 149, 22761 Hamburg, Germany — ²Deutsches Elektronen Synchrotron, DESY, Notkestraße 85, 22607 Hamburg, Germany

The high-luminosity upgrade of the Large Hadron Collider foreseen around 2023 resulted in the decision to replace the entire tracking system of the CMS experiment. The new pixel detector will be exposed to severe radiation corresponding to 1 MeV neutron equivalent fluence up to $\phi_{eq} \approx 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ and ionizing dose of $\approx 5 \text{ MGy}$ after 3000 fb^{-1} . Thin planar silicon sensors are good candidates to build the pixel detector since the degradation of the signal is less severe than for thicker devices.

A study has been carried out in order to characterize highly irradiated planar epitaxial silicon sensors with an active thickness of $100 \mu\text{m}$, in addition other silicon materials with a thickness of $200 \mu\text{m}$ have been studied. The investigation includes pad diodes and strip detectors irradiated up to a fluence of $\phi_{eq} = 1.3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$.

The diodes have been characterized using laboratory measurements, while measurements have been carried out at the DESY II test beam facility to characterize the charge collection of the strip detectors.

In this talk, the results obtained for p-bulk sensors are shown.

T 63.8 Mi 18:30 G.10.05 (HS 7)

Investigation of the electric field in irradiated diamond sensors — ●FLORIAN KASSEL¹, TOBIAS BARVICH¹, WIM DE BOER¹, ANNE DABROWSKI², ALEXANDER DIERLAMM¹, ROBERT EBER¹, MORITZ GUTHOFF², ANDREAS NÜRNBERG¹, and PIA STECK¹ —

¹Institut für Experimentelle Kernphysik (IEKP), Karlsruher Institut für Technologie (KIT) — ²CERN

The Beam Condition Monitoring Leakage (BCML) system is a beam monitoring device in the CMS experiment at the LHC. As detectors 32 poly-crystalline CVD diamond sensors are positioned in a ring around the beam pipe at a distance of $\pm 1.8 \text{ m}$ and $\pm 14.4 \text{ m}$ from the interaction point. The radiation hardness of the diamond sensors in

terms of measured signal during operation was significantly lower than expected based on laboratory measurements.

At high particle rates, like they occur during the operation of the LHC, charge carriers can be trapped in defects created by radiation. This space charge is expected to modify the electrical field in the sensor bulk and hence to reduce the charge collection efficiency. This modified electrical field has been indirectly measured in the laboratory using the Transient Current Technique (TCT) method in irradiated single crystal CVD diamond.

This rate dependent effect was simulated with the software 'SILVACO ATLAS' and the obtained electrical field was used to calculate a TCT measurement pulse. The results of the TCT measurements will be compared to the simulation.

T 63.9 Mi 18:45 G.10.05 (HS 7)

Untersuchung der Temperatur- sowie der Bestrahlungsabhängigkeit von Silizium-Photodetektoren — ●DAVID GERICK für die LHCb-Kollaboration — Physikalisches Institut Heidelberg

Die Studien der Silizium Photodetektoren wurden im Rahmen einer Machbarkeitsstudie für einen szintillierenden Faserdetektor (SciFi Tracker) für das LHCb Experiment durchgeführt. Die Temperaturabhängigkeit wurde hauptsächlich an Hand von Dunkelstrom und Dunkelzählrate gemessen. Bei einer Temperaturreduzierung um 10C reduzieren sich der Dunkelstrom und die Dunkelzählrate jeweils um etwa einen Faktor 2.

Mit dem TRIGA Mark II Reaktor in Mainz, einer AmBe Quelle und einem Protonenstrahl wurden die Effekte von Neutronen- und Protonenbestrahlung untersucht. Die in der Untersuchung erreichte Strahlendosis beträgt $9.8 \cdot 10^{10} n_{eq} \text{ cm}^{-2}$ für die AmBe Quelle und $1.9 \cdot 10^{12} n_{eq} \text{ cm}^{-2}$ im Reaktor in Mainz, und ist damit um einen Faktor 2 höher als der Neutronenfluss, den man für die Betriebszeit der Detektoren im LHCb Experiment erwartet. Bei der Bestrahlung mit 100 MeV Protonen wurde ein äquivalenter Neutronen-Fluss von $1.75 \cdot 10^{12} n_{eq} \text{ cm}^{-2}$ erreicht. Dunkelstrom und Dunkelzählrate steigen mit der Neutronenbestrahlung kontinuierlich an. Das thermische Ausbacken der Detektoren hat sich als sinnvolle Methode zur Reduzierung der Strahlenschäden erwiesen.