

## T 58: Halbleiterdetektoren 4

Zeit: Donnerstag 16:45–19:15

Raum: A125

T 58.1 Do 16:45 A125

**Untersuchung eines CdTe-Sensors in Bezug auf verschiedene Pixel- und Elektrodengrößen** — ●EWALD GUNI<sup>1</sup>, GISELA ANTON<sup>1</sup>, JÜRGEN DURST<sup>1</sup>, THILO MICHEL<sup>1</sup>, ALEX FAULER<sup>2</sup>, MICHAEL FIEDERLE<sup>2</sup> und ANDREAS ZWERGER<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Physikalisches Institut IV, Erlangen — <sup>2</sup>FMF, Freiburg

Gegenstand aktueller Forschung im Bereich der Röntgendetektoren sind direktkonvertierende, photonenzählende Detektoren. Im Gegensatz zu herkömmlichen Messsystemen, welche die von den Röntgenphotonen im Sensor deponierte Energie integrieren, sind diese in der Lage einzelne Photonen zu zählen. Der Medipix2-Detektor ist ein solcher Detektor. Er stammt aus der Teilchenphysik und wurde im Rahmen der Medipix-Kollaboration entwickelt. Mit ihm ist es möglich Detektionsort und Energie des absorbierten Photons zu bestimmen, was zusätzliche Informationen liefert. Das am häufigsten verwendete Sensormaterial ist Silizium. Die Absorptionsfähigkeit von Silizium ist jedoch bei den verwendeten Röntgenenergien häufig ungenügend. Deshalb wurden in den letzten Jahren erfolgreich Versuche unternommen, Verbundhalbleiter wie CdTe mit höherer Ordnungszahl  $Z$  und damit höheren Absorptionskoeffizienten mit dem Medipix2-Chip zu kombinieren. In diesem Beitrag werden verschiedene Pixel- und Elektrodengrößen eines CdTe-Sensors untersucht. Dabei wird auf die Lage der Photopeaks, die Energieauflösung, die Energiekalibrierung und den Anteil der Ereignisse im Photopeak eingegangen.

T 58.2 Do 17:00 A125

**Automatische Auswertung von Tests der digitalen und analogen Auslese des Atlas Pixeldetektors** — MATTHIAS GEORGE, JÖRN GROSSE-KNETTER, ●ANNA HENRICH, STEFFEN KLEMER, KEVIN KRÖNINGER, SU-JUNG PARK, ARNULF QUADT und ELIZAVETA SHABALINA — II. Physikalisches Institut, Friedrich-Hund-Platz 1, 37077 Göttingen

Die innerste Komponente des Spurdetektors des Atlas Experiments ist ein Pixeldetektor mit 80 Millionen Auslesekanälen. Während der Inbetriebnahme des Detektors und in Phasen ohne pp-Kollisionen im LHC müssen die Eigenschaften der Ausleseelektronik kalibriert und zusätzlich überwacht werden. Die Funktionalität der elektrischen Verbindungen und die Datenübertragungsqualität müssen überprüft werden. So kann im Detektor für jeden Pixel die Auslese eines elektrischen Signals getestet werden, indem entweder eine einstellbare Ladung am Vorverstärker injiziert wird oder direkt am Diskriminator ein digitales Signal erzeugt wird. Die daraus resultierenden Okkupanzverteilungen geben Rückschlüsse auf mögliches Fehlverhalten und Probleme in der Ausleseelektronik. Um solche und ähnliche Tests auszuwerten werden automatisierte Analysen in einer speziellen Softwareumgebung erstellt, die ein übersichtliches und detailliertes Bild über den Status des Detektors liefern und auf mögliche Probleme hinweisen. Am Beispiel einer Analyse für solche Tests des analogen und digitalen Teils Datenauslese des Detektors wird die Entwicklung von Algorithmen und Kriterien sowie die Funktionalität einer solchen Analyse dargestellt.

T 58.3 Do 17:15 A125

**Kalibration der Diskriminatorschwellen des Atlas Pixel Detektors** — ●KLEMENS MÜLLER, NORBERT WERMES, LUCIA MASETTI und GÖTZ GAYCKEN — Physikalisches Institut, Universität Bonn

Der Pixel Detektor ist der innerste Teil des Atlas Spursystems. Drei Lagen Siliziumsensoren umgeben die Strahlröhre im Zentralbereich mit Radien 5, 9 und 12 cm und jeweils 3 Disks decken die Bereiche in Strahlrichtung ab. Die beim LHC erwarteten hohen Spurdichten und die hohe Interaktionsrate erfordern einen Detektor mit extrem großer Granularität und schneller Auslese. Diese Anforderungen werden erfüllt durch ein integriertes Design von Sensor und Auslese mit einer nominellen Pixelgröße von  $400\ \mu\text{m}$  mal  $50\ \mu\text{m}$ , realisiert in 1744 identischen Hybridmodulen mit gesamt 80 Millionen Auslesekanälen.

Der stabile Betrieb des Detektors erfordert neben der Überwachung der nötigen Versorgungsspannungen und der Kühlung eine sorgfältige Kalibration der Signalauslese. Die wichtigsten Kalibrationsaufgaben betreffen die optische Auslese, die Diskriminatorschwellen, die Signalabklingzeiten (Time over Threshold) und die Synchronisation. Dabei besteht eine spezielle Herausforderung darin die Kalibrationsmessungen derart zeitlich zu optimieren, daß sie zwischen Luminositätsperioden ausgeführt werden können.

Der Atlas Pixel Detektors wurde im Sommer 2008 in Betrieb genommen. Sämtliche Komponenten wurden seitdem erfolgreich getestet; die Kalibration der optischen Auslese und die Schwellenmessung waren dabei Teil des Testprogramms. In dem Vortrag wird speziell auf die Schwellenmessung und Kalibration eingegangen.

T 58.4 Do 17:30 A125

**Inbetriebnahme des CMS Silizium-Streifen-Detektors während CRAFT** — ●KAI WILKEN, GORDON KAUSSEN, PETER SCHLEPER und GEORG STEINBRÜCK — Institut für Experimentalphysik, Universität Hamburg

Beim LHC am CERN werden Protonen mit einer Schwerpunktsenergie von bis zu 14 TeV kollidieren. Der Silizium-Streifen-Detektor des Compact Muon Solenoid enthält 15.200 hoch-sensitiv Module mit insgesamt 10 Millionen einzelnen Streifen, um die Spuren der Kollisionprodukte möglichst exakt aufzuzeichnen.

Eine wichtige Aufgabe während des Betriebes von CMS ist es, die Zustände der einzelnen Streifen-Module zu überprüfen und mögliche Probleme frühzeitig zu erkennen. Von besonderem Interesse sind hier das Rauschen und die Kanal-Null-Lagen. Darüber hinaus müssen fehlerhafte Streifen erkannt und gekennzeichnet werden.

Ende 2008 wurden im Rahmen von CRAFT (Cosmic Run at Almost Four Tesla) die ersten Daten von Myonen aus der kosmischen Höhenstrahlung mit allen Detektorkomponenten und Magnetfeld aufgezeichnet, insgesamt über 280 Millionen Ereignisse. Diese Daten stellen die Basis für eine erste Kalibrierung des Detektors dar. Gleichzeitig konnte in dieser Zeit das Verhalten der Silizium-Streifen-Module unter Betriebsbedingungen studiert werden. In diesem Vortrag werden erste Erkenntnisse der Datennahme während CRAFT präsentiert.

T 58.5 Do 17:45 A125

**Entwicklung neuartiger Modulkonzepte für das ATLAS SCT Upgrade** — ●LIV WIJK, SIMON ECKERT, KARL JAKOBS, DIETER JOOS, MICHAEL KÖHLER, SUSANNE KÜHN, INES MESSMER, ULRICH PARZEFALL und SVEN WONSAK — Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Mit dem für 2017 geplanten Luminositätsupgrade des LHC zum sLHC wird eine Erhöhung der Ereignisrate um einen Faktor zehn im ATLAS Detektor erwartet. Die benötigte Strahlenresistenz und Leistungsfähigkeit erfordert innovative Ansätze in der Detektor- und Modulentwicklung.

Um die Occupancy des jetzigen ATLAS SCT beizubehalten, muss die Segmentierung deutlich verfeinert werden. Die daraus resultierende erhöhte Dichte elektronischer Komponenten auf dem Modul, sowie die Erfahrungen beim Bau des SCT, erfordern ein grundsätzlich neues Konzept, das in jedem Fall eine bedeutend höhere Integrationsdichte aufweisen wird. Eine wesentliche Fragestellung ist hier unter anderem die Abführung der erhöhten Wärmeproduktion.

In diesem Vortrag werden zwei alternative Moduldesigns vorgestellt: Zum einen die Supermodule die eine Erweiterung des jetzigen SCT Designs darstellen, und zum anderen das Stave-Konzept, bei dem potenziell geringere Strahlungslängen möglich sind. Im Stave-Konzept wird unter Anderem vorgesehen, die Wärmeabfuhr durch direktes Aufkleben der Hybride auf die aktive Fläche der Detektoren zu erreichen. Erste Studien zu möglichen Klebemitteln werden präsentiert.

T 58.6 Do 18:00 A125

**Dünne Sensoren und 3D-Integration für den ATLAS Pixel-Detektor am Super LHC** — ●MICHAEL BEIMFORDE<sup>1</sup>, LADISLAV ANDRICEK<sup>2</sup>, SIEGFRIED BETHKE<sup>1</sup>, ANNA MACCHIOLO<sup>1</sup>, HANS-GÜNTHER MOSER<sup>2</sup>, RICHARD NISIUS<sup>1</sup> und RAINER RICHTER<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Max-Planck-Institut für Physik, München, Deutschland — <sup>2</sup>MPI Halbleiterlabor, München, Deutschland

Mit dem geplanten Luminositäts-Upgrade des LHC Beschleunigers am CERN, Super LHC, wird die Intensität der Hadronen im ATLAS Detektor um den Faktor zehn steigen. Dazu müssen neue strahlenresistente Pixelsensoren entwickelt werden, da die derzeitigen Sensoren aufgrund steigender Dunkelströme, niedriger Sammeffizienzen und hoher Depletionsspannungen nicht effizient betrieben werden können.

Das Max-Planck-Institut für Physik entwickelt unter Benutzung neuartiger Herstellungsverfahren dünne Sensoren deren Funktion auch nach intensiver Bestrahlung gewährleistet bleibt. Die Verbindung zwischen den Sensoren und den Auslesechips geschieht durch eine innova-

tive 3D-Integrations-Technologie, dem ICV-SLID Verfahren.

Es werden Messungen von Test-Sensoren nach  $\gamma$ - und p-Bestrahlungen gezeigt, welche die Funktion von dünnen Sensoren nach hohen Strahlenbelastungen belegen sollen. Hierzu ist vor allem eine funktionsfähige Isolation zwischen den Implantaten wichtig.

Desweiteren werden Ergebnisse zum ICV-SLID Verfahren gezeigt.

T 58.7 Do 18:15 A125

**Simulation of the Digital Architecture of the New ATLAS Pixel Front-End IC for Upgraded LHC** — ●DAVID ARUTINOV, MARLON BARBERO, VOLKER BÜSCHER, TOMASZ HEMPEREK, and NORBERT WERMES — Physikalisches Institut Universität Bonn

ATLAS is one of the four main particle experiments located on the LHC in CERN. To provide excellent single point resolution, the innermost part of ATLAS consists of a pixel detector. Located at a radius of 5cm, the inner layer of the pixel detector is placed in a very harsh radiation environment. Due to radiation damage, this layer needs replacement before the 10-fold luminosity upgrade of the LHC -so-called sLHC- foreseen around 2016-2018. A long shutdown planned for an intermediate luminosity upgrade in 2012-2013 provides a good opportunity for the insertion of a smaller radius inner-layer. The current pixel Front End (FE-I3) is designed to survive several years of nominal LHC luminosity but would become inefficient for this new layer at the higher luminosity that will be reached before the sLHC phase. Thus a new chip called FE-I4 is needed to cope with the new conditions. FE-I4 targets both the needs of the new inner layer for the intermediate upgrade, and the needs of the outer layers of the pixel detector at sLHC. A prototype FE-I4 consisting of an analog pixel array and many peripheral blocks already exists. The main focus has now shifted to the design of the corresponding digital FE part and overall digital FE architecture. To this purpose, a high level C++ simulation has been developed. Results of this work on the digital structure of the new IC will be presented in this talk.

T 58.8 Do 18:30 A125

**Test Beam Characterization of 3D stc Silicon Strip Detectors** — SIMON ECKERT, KARL JAKOBS, MICHAEL KÖHLER, SUSANNE KÜHN, GREGOR PAHN, and ●ULRICH PARZEFALL — Universität Freiburg

The luminosity upgrade of the LHC to the SLHC will mean a massive increase in radiation levels for the tracking detectors close to the interaction point. The development of ultra-radiation hard silicon detectors is required for the innermost tracking layers. One option for radiation-hard silicon sensors is the 3D technology, where columnar electrodes are etched deep into the silicon bulk. This provides a short charge collection distance, effectively counteracting radiation-induced charge trapping. It also significantly reduces the depletion voltage compared to planar sensor designs. Silicon 3D strip detectors in the single type column (stc) design have been connected to 40MHz readout electronics from the LHCb experiment, and were placed in a test beam at CERN in Summer 2007. We will describe the results from these measurements, and draw conclusions on the maturity of the 3D technology as well as the feasibility to use it for SLHC tracking applications.

The test beam has been performed in close cooperation with the

University of Glasgow. Parts of this work were done in the framework of the CERN RD50 collaboration, and the ATLAS tracker upgrade project on 3D detectors.

T 58.9 Do 18:45 A125

**Teststrahlungsmessungen mit 3D-ddtc Silizium-Streifendetektoren** — ●MICHAEL KÖHLER, MICHAEL BREINDL, SIMON ECKERT, KARL JAKOBS, SUSANNE KÜHN, GREGOR PAHN, ULRICH PARZEFALL und LIV WIHK — Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Bei dem für 2017 geplanten Upgrade des Large Hadron Collider (LHC) soll die erreichbare Luminosität um den Faktor zehn erhöht werden. Um Siliziumdetektoren für den Einsatz im extremen Strahlungsumfeld der inneren Detektorlagen zu entwickeln, werden unter anderem 3D-Detektoren erforscht.

Das 3D-Konzept sieht säulenartige Elektroden vor, die möglichst durch den ganzen Sensor geätzt werden. Die zu erzeugende Verarmungszone und die Driftstrecke der erzeugten freien Ladungsträger reduziert sich dabei auf den Abstand zwischen den Elektroden. Dadurch wird der Einfluss der Strahlenschäden, wie Trapping und Anstieg der Verarmungsspannung, auf die Detektoreigenschaften vermindert. Eine Vereinfachung stellen 3D-ddtc (double-sided double type columns) Detektoren dar, bei denen die säulenartigen Elektroden den Sensor nicht vollständig durchdringen.

In diesem Vortrag werden Ergebnisse von Teststrahlungsmessungen mit 3D-ddtc Detektoren präsentiert. Auf die wesentlichen Eigenschaften der Detektoren, wie Ladungssammlung und orts aufgelöste Effizienz, wird eingegangen. Die Auslese-Elektroden der getesteten Detektoren sind zu Streifen verbunden und gelten als Option für die innersten Lagen des ATLAS-SCT Upgrades.

T 58.10 Do 19:00 A125

**Untersuchung von 3D-Siliziumstreifen-Detektoren für den sLHC** — ●SUSANNE KÜHN, MICHAEL BREINDL, SIMON ECKERT, KARL JAKOBS, MICHAEL KÖHLER und ULRICH PARZEFALL — Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Für zukünftige Hochenergiephysik-Experimente, insbesondere für einen Upgrade des LHCs zum sLHC, sind Siliziumspurdetektoren mit hoher Granularität und Präzision essentiell. Die bei hohen Fluenzen erzeugten Strahlenschäden erfordern, dass noch strahlenhärtere Siliziumdetektoren als bisher vorhanden, benutzt werden. Zur Erprobung neuer Detektoren wurden Messungen von P-Typ 3D-Streifendetektoren mit einer Betaquelle und einem IR-Lasersystem durchgeführt. Beide System basieren auf der ATLAS-SCT-Auslese mit 20 ns Integrationszeit. Mit einer Sr90-Quelle kann die gesammelte Ladung und das Signal-zu-Rausch-Verhältnis mit MIPs bestimmt werden. Komplementär können mit dem Lasersystem orts aufgelöste Messungen der Ladungssammlung durchgeführt werden. Die gemessenen Kenngrößen werden vor und nach der Bestrahlung mit unterschiedlichen Fluenzen bis zu  $2.5 \times 10^{-15}$  Neq/cm<sup>2</sup> vorgestellt und daraus die Strahlenhärte der 3D-Streifendetektoren abgeschätzt.

Die Arbeit wurde in Kollaboration mit der Fondazione Bruno Kessler in Trento, Italien durchgeführt.