

## T 69: Halbleiterdetektoren: Modulbau und Test

Zeit: Dienstag 16:45–19:05

Raum: ZHG 005

**Gruppenbericht**

T 69.1 Di 16:45 ZHG 005

**The Insertable B-Layer: A fourth innermost pixel layer for ATLAS** — ●FABIAN HÜGGING — Physikalisches Institut, Universität Bonn

The upgrade for the ATLAS detector will undergo different phases towards HL-LHC. The first upgrade for the Pixel Detector will consist in the construction of a new pixel layer which will be installed during the long shutdown of the LHC machine in 2013/14 (Phase 0 Upgrade). The new detector, called Insertable B-Layer (IBL), will be inserted between the existing pixel detector and a new (smaller radius) beam-pipe at a radius of about 3.2 cm. The IBL requires the development of several new technologies to cope with the increase of radiation and pixel occupancy as well as to improve the physics performance of the existing pixel detector. In order to achieve these goals the pixel size is reduced and the material budget is minimized by using new lightweight mechanical support materials and a CO<sub>2</sub> based cooling system. The project is now well advanced and enters the construction phase. An overview of the project status with particular emphasis on the IBL layout, specifications, performance and module development including hybridization technologies is presented.

T 69.2 Di 17:05 ZHG 005

**Leistungsfähigkeit und Testergebnisse des IBL Auslesechip FE-I4** — ●MALTE BACKHAUS<sup>1</sup>, MARLON BARBERO<sup>1</sup>, JÖRN GROSSE-KNETTER<sup>2</sup>, FABIAN HÜGGING<sup>1</sup>, JENS JANSSEN<sup>1</sup>, HANS KRÜGER<sup>1</sup>, DAVID-LEON POHL<sup>1</sup>, JENS WEINGARTEN<sup>2</sup> und NORBERT WERMES<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Physikalisches Institut, Nufallee 12, 53115 Bonn — <sup>2</sup>II. Physikalisches Institut, Friedrich-Hund-Platz 1, 37077 Göttingen

Für das geplante ATLAS Pixeldetektor Upgrade Insertable B-Layer (IBL) wurde ein neuer Auslesechip entwickelt. Der erste Prototyp (FE-I4A) mit einer vollständigen Pixelmatrix und Peripherie wurde im September 2010 submittiert und seit Oktober 2010 ausgiebig alleine und als hybrider Pixeldetektor in Prototypmodulen mit verschiedenen Sensorkonzepten getestet. Für die Experimentversion (FE-I4B) wurden aufgrund der Testergebnisse minimale Änderungen implementiert und Teststrukturen entfernt. Im Vortrag werden die Leistungsfähigkeit des FE-I4A und auch die Mängel erläutert und die resultierenden Änderungen in FE-I4B zusammengefasst. Ein weiterer Schwerpunkt des Vortrags ist die Entwicklung und Struktur des Testsystems USBpix, dass für alle Charakterisierungen des FE-I4A und der Prototypmodule genutzt wurde und momentan auf sämtliche Produktionstests von IC Tests auf Waferlevel bis zu Modultests vorbereitet wird.

T 69.3 Di 17:20 ZHG 005

**Modulbau und Test für das ATLAS-Upgrade in Freiburg** — ●SVEN WONSAK, THOMAS BARBER, THOMAS DILGER, KARL JAKOBS, DIETER JOOS, INES MESSMER und ULRICH PARZEFALL — Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Physikalisches Institut

Die Luminosität des LHC (Large Hadron Collider) soll in etwa 10 Jahren um eine Größenordnung gesteigert werden zum HL-LHC (High Luminosity LHC). Dies geht einher mit einer deutlichen Erhöhung der Strahlenbelastung für die Detektoren was wiederum zu vermehrten Strahlenschäden führt. Für das ATLAS-Experiment ist daher 2022 ein größeres Upgrade (Phase 2) geplant. Im innere Detektor (ID) wird der gesamte SCT (Semiconductor Tracker) ausgetauscht und anstelle des Übergangsstrahlungsdetektors werden weitere Halbleiter-Detektorlagen eingesetzt.

Das offizielle Designkonzept weist für den neuen Detektor eine deutlich höhere Integrationsdichte als der heutige SCT auf. Im Stack-Konzept wird die Ausleseelektronik auf die aktive Oberfläche der Sensoren geklebt und diese wiederum auf einen Träger (Stave: 1 bis 2 Meter lang). Bevor die Module auf den Stave geklebt werden erfolgen verschiedene Qualitätstests der Hybride und des gesamten Moduls mit Hilfe des HSIO (High Speed I/O System, entwickelt in Stanford). Erste Barrel-Module wurden in Freiburg erfolgreich hergestellt und getestet. Die Resultate werden in diesem Vortrag vorgestellt.

T 69.4 Di 17:35 ZHG 005

**Module concepts with ultra thin FE chips and Through Silicon Vias for the upgrades of the ATLAS pixel detector** — MARLON BARBERO, ●LAURA GONELLA, FABIAN HÜGGING, HANS KRUEGER, and NORBERT WERMES — Physikalisches Institut Uni Bonn,

Nussallee 12, 53115 Bonn

The development of trackers for High Energy Physics experiments at high luminosity poses strict requirements on the material budget to allow good vertexing and b-tagging performance. State-of-the-art silicon technologies offer a variety of processes that can be used to achieve light modules design. Together with IZM Berlin we investigated the thinning of FE (Front-End) chips down to 90um, and developed a dedicated flip chip process to assure a reliable mechanical and electrical connection between thin FE chips and sensor. The selected flip chip method is currently used for the production of modules for the IBL (Insertable B-Layer) project, the first ATLAS pixel detector upgrade. Results from the characterization of IBL modules with 100 and 150um thin FE chip will be shown. For future upgrades of the ATLAS pixel detector we propose more advanced module concepts with Through Silicon Vias (TSVs). IZM offers two via last TSV processes, Straight Side Wall TSVs and Tapered Side Wall TSVs. Both processes were successfully demonstrated with ATLAS pixel readout electronics (FE-I2/3). Results from prototype modules with planar sensor and 90um thin FE-I2 with Tapered TSV and back side redistribution layer will be shown.

T 69.5 Di 17:50 ZHG 005

**Charakterisierung von Silizium-Sensoren für den CMS-Spurdetektor am HL-LHC** — LUTZ FELD, WACLAW KARPINSKI, KATJA KLEIN, JAN SAMMET, ●JAKOB WEHNER und MICHAEL WLOCHAL — RWTH Aachen University, 1. Physikalisches Institut B

Im Rahmen des Upgrades des LHC zum HL-LHC wird unter anderem der CMS-Spurdetektor auf Basis von Silizium-Streifen- und Pixel-Sensoren erneuert. Um für dieses zukünftige Upgrade eine optimale Auswahl der Design-Parameter und des verwendeten Detektor-Materials zu treffen, werden derzeit im Rahmen der HPK-Kampagne Studien durchgeführt, in denen ausgewählte Teststrukturen bzgl. ihres elektrischen und Signal-zu-Rausch-Verhaltens unter Bestrahlung mit Protonen und Neutronen untersucht werden. Um an der HPK-Kampagne teilnehmen zu können, wurden in Aachen zwei Messstände aufgebaut. Diese ermöglichen sowohl die elektrische Charakterisierung der Sensoren, als auch die Bestimmung ihres Signal-zu-Rauschverhaltens. Der Vortrag stellt den Messaufbau sowie Messergebnisse, die auf diesem erzielt wurden, vor.

T 69.6 Di 18:05 ZHG 005

**Teststationen für das Phase 1-Upgrade des CMS-Pixeldetektors** — TOBIAS BARVICH, ●STEFAN HEINDL, STEFAN HEITZ, JAN HOSS, ULRICH HUSEMANN, THOMAS MÜLLER, SIMON SPANNAGEL und THOMAS WEILER — Institut für Experimentelle Kernphysik (EKP), KIT

Der Pixeldetektor des CMS-Experiments am LHC wird im Jahr 2016 ersetzt, um auch bei einer Luminosität von  $2 \cdot 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  eine Datennahme mit hoher Effizienz zu ermöglichen und gleichzeitig das Tracking durch eine größere Anzahl von Spurpunkten zu verbessern.

Deshalb wird im Zentralbereich ein neues Design mit dann vier Detektorlagen zum Einsatz kommen, wobei die äußerste Lage komplett in Deutschland gebaut wird. Das KIT produziert dafür die Hälfte der benötigten Detektormodule (ca. 350 Stück).

Zur Vorbereitung dieser Produktion wurden mehrere Teststationen aufgebaut, mit denen die Funktionalität der verwendeten Auslesechips geprüft und eine Kalibration der Detektormodule durchgeführt werden kann.

Im Vortrag werden die einzelnen Teststationen und ihre Funktion vorgestellt. Außerdem werden erste Ergebnisse präsentiert.

T 69.7 Di 18:20 ZHG 005

**Kalibration von Pixelmodulen für das CMS-Upgrade** — TOBIAS BARVICH, STEFAN HEINDL, STEFAN HEITZ, ●JAN HOSS, ULRICH HUSEMANN, SIMON SPANNAGEL und THOMAS WEILER — Institut für Experimentelle Kernphysik (EKP), KIT

Der Ausbau des LHC auf 14 TeV in den Jahren 2013/14 und der damit einhergehende Anstieg der Luminosität auf  $2 \cdot 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  stellen erhöhte Anforderungen an die Detektoren der vier Experimente, vor allem hinsichtlich Strahlenhärte und Auslesegeschwindigkeit. Im Falle des CMS-Experiments soll Ende 2016 der komplette Pixeldetektor ausgetauscht werden. Um die Auslesegeschwindigkeit zu erhöhen,

kommen modifizierte Chips mit vergrößerten Speichern zum Einsatz. Außerdem soll die Anzahl der sensitiven Lagen von drei auf vier erhöht werden, um Spurrekonstruktion und insbesondere b-tagging zu verbessern. Die Hälfte der Module für diese vierte Lage soll am KIT gebaut werden, dabei versteht man unter einem Modul den Verbund von sensitivem Detektormaterial und Ausleseelektronik. Zur Qualifizierung der produzierten Module soll eine Kalibration mittels charakteristischer Röntgenstrahlung durchgeführt werden, das heißt, es soll ein möglichst linearer Zusammenhang zwischen Detektorsignal und Energie des detektierten Teilchens bestimmt werden. In diesem Vortrag werden Studien zur Einzelmodul-Kalibration vorgestellt, vor allem hinsichtlich Temperaturabhängigkeit und Streuung der Kalibrationsparameter zwischen verschiedenen bestrahlten und unbestrahlten Modulen.

T 69.8 Di 18:35 ZHG 005

**Aufbau einer Pixelmodul-Produktionsstraße für das CMS-Pixel-Upgrade** — TOBIAS BARVICH<sup>1</sup>, STEFAN HEINDL, STEFAN HEITZ, JAN HOSS, ULRICH HUSEMANN, ●SIMON SPANNAGEL und THOMAS WEILER — Institut für Experimentelle Kernphysik (EKP), KIT

Um bei einer erhöhten Luminosität des LHC von  $2 \cdot 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  weiterhin exzellente Ergebnisse zu liefern, muss der Pixeldetektor des CMS-Experiments im Rahmen des Phase-I-Upgrades ausgetauscht werden (geplant für Ende 2016). Der neue Detektor besteht aus vier anstatt bisher drei Lagen, zudem kommen neue Readout-Chips zum Einsatz, die über einen erweiterten Buffer verfügen. Außerdem soll das Materialbudget im Bereich der Spurdetektoren verringert und Spurfindung mit vier Raumpunkten im Pixeldetektor bis zu Pseudorapiditäten von  $|\eta| = 2.5$  ermöglicht werden. In Karlsruhe werden 350 Module für die vierte Lage des Barrel-Pixeldetektors produziert und getestet. Hierfür ist der Aufbau einer Produktionsstraße mit entsprechenden Präzisionswerkzeugen und Probe Stations nötig. Aufbauend auf den

Erfahrungen des Paul-Scherrer-Instituts von der Produktion des aktuellen CMS-Pixeldetektors werden in Kooperation mit den anderen Produktionszentren Werkzeuge und Testverfahren für die verschiedenen Arbeitsschritte entwickelt. Der Vortrag gibt einen aktuellen Statusbericht über die Produktion am Standort Karlsruhe.

T 69.9 Di 18:50 ZHG 005

**Bump Bonding Verfahren beim CMS-Pixeldetektor Upgrade**

— TOBIAS BARVICH<sup>1</sup>, THOMAS BLANK<sup>2</sup>, MICHELE CASELLE<sup>2</sup>, STEFAN HEINDL<sup>1</sup>, ●STEFAN HEITZ<sup>1,2</sup>, JAN HOSS<sup>1</sup>, ULRICH HUSEMANN<sup>1</sup>, BENJAMIN LEYRER<sup>2</sup>, SIMON SPANNAGEL<sup>1</sup>, MARC WEBER<sup>2</sup> und THOMAS WEILER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institut für Experimentelle Kernphysik (EKP), KIT — <sup>2</sup>Institut für Prozessdatenverarbeitung und Elektronik (IPE), KIT

Nach dem bevorstehenden Upgrade des LHCs auf 13-14 TeV in den Jahren 2013/2014 soll eine Luminosität von  $2 \cdot 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  erreicht werden. Um weiterhin eine gute Eventregistrierung zu gewährleisten, kommt es zu einem Austausch des CMS-Pixeldetektors.

Zur Verbindung der Sensoren mit den Auslesechips kommt es zum Einsatz des Bump-Bonding-Verfahrens. Wir untersuchen eine bestimmte Variante des Bump-Bondings, die auf „gold stud balls“ beruht. Sowohl der Sensor als auch der Ausleseschip werden mit gold stud balls versehen und anschließend per flip-chip-Technik miteinander verbunden. Bei dieser Technologie gilt es nun die „Free Air Balls“ zu optimieren. Diese werden erzeugt, indem man den Draht, welcher etwas aus der Kapillare hervortritt, anschmilzt. Die Optimierung kann durch Variation folgender Parameter realisiert werden: Durchmesser des Golddrahtes, verwendete Kapillare, sowie die EFO (Electronic Flame-Off) Parameter Strom, Zeit, Elektrode und Drahtlänge.

In diesem Vortrag wird das Verfahren erklärt, und es werden erste Studien der Parameteroptimierung vorgestellt.