

## T 56: Halbleiterdetektoren III

Zeit: Mittwoch 16:45–18:45

Raum: KGI-HS 1228

T 56.1 Mi 16:45 KGI-HS 1228

**Teststrahlungsmessungen mit 3D-stc Silizium-Streifendetektoren** — ●GREGOR PAHN, SIMON ECKERT, SUSANNE KÜHN und ULRICH PARZEFALL — Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Physikalisches Institut

Spurdetektoren aus Silizium finden in fast allen modernen Hochenergiephysik-Experimenten Anwendung, wo sie durch ihre große Nähe zum Wechselwirkungspunkt oft sehr hohen Strahlungsbelastungen ausgesetzt sind. Die wachsenden Anforderungen an die Strahlenresistenz der Detektoren, z.B. beim LHC-Upgrade, erfordern neben neuen Materialien auch neue Konzepte, wie das 3D-Design, bei dem die Elektroden säulenartig in das Detektor-Material prozessiert werden.

Mit einem 180GeV-Pionenstrahl wurden am CERN zwei 3D-stc  $n^+$ -in-p Prototypen aus mCZ-Substrat mit Streifen von ca. 2cm Länge und verschiedenen Isolationsstrukturen (p-spray, moderated p-spray) untersucht. Verwendet wurden dabei die analoge 40MHz LHCb-Ausleseelektronik mit Beetle-Chip und das Bonn-ATLAS-Strahlteleskop, das Spurinformatoren mit einer Auflösung von  $5\mu\text{m}$  liefert. Ergebnisse der Messungen werden in diesem Vortrag vorgestellt.

T 56.2 Mi 17:00 KGI-HS 1228

**Kurze Siliziumstreifendetektoren für den sLHC in 3D-Technologie** — ●SUSANNE KÜHN, SIMON ECKERT, ULRICH PARZEFALL und KARL JAKOBS — Albert-Ludwigs Universität Freiburg

Für das Jahr 2016 ist ein Upgrade des Large Hadron Collider (LHC) mit einer zehnfach höheren Luminosität geplant. Für kleine Abstände zum Wechselwirkungspunkt sind die erwarteten Strahlungsdosen am sLHC so gross, dass noch strahlenhärtere Siliziumdetektoren als bisher vorhanden entwickelt werden müssen. Im für den Upgrade geplanten Layout des inneren Spurdetektors bei ATLAS sind Siliziumstreifendetektoren mit kurzen Streifen (Länge ca. 2 cm) im Abstand zwischen 30 cm - 50 cm vom Wechselwirkungspunkt vorgesehen. Diese Detektoren müssen bei Fluenzen von bis zu  $10^{15} \text{ Neq/cm}^2$  funktionstüchtig sein. Von Detektoren in 3D-Technologie, bei denen p- oder n-dotierte Säulen in das Substratmaterial geätzt sind, wird erwartet, dass sie ausreichend strahlenhart sind. Zur Erprobung solcher 3D-single-type-column Detektoren wurden Messungen in einem Teststand mit einer Betaquelle durchgeführt. Die Ausleseelektronik basiert auf der des ATLAS-SCT, die eine Integrationszeit von 20 ns hat. Im Vortrag werden das Rauschen, die gesammelte Ladung und das Signal-zu-Rausch-Verhältnis vor und nach der Bestrahlung mit Fluenzen, wie sie am sLHC auftreten werden, vorgestellt. Zudem werden Möglichkeiten über den Einsatz solcher Detektoren im Upgrade von ATLAS aufgezeigt.

T 56.3 Mi 17:15 KGI-HS 1228

**IR-Laser Effizienzmessungen an 3D Streifendetektoren** — ●SIMON ECKERT, KARL JAKOBS, SUSANNE KÜHN, GREGOR PAHN und ULRICH PARZEFALL — Physikalisches Institut, Universität Freiburg, Deutschland

Siliziumdetektoren sind unverzichtbare Bestandteile aller aktuellen und geplanten Spurdetektoren in der Hochenergiephysik. Durch den hohen Teilchenfluss erzeugte Strahlenschäden verringern die Lebensdauer des Siliziummaterials insbesondere an Hadroncollidern. Das LHC-Upgrade mit zehnfach höherer Luminosität macht Sensoren mit wesentlich höherer Strahlenresistenz notwendig. Sogenannte 3D-Detektoren stellen hierfür eine vielversprechende Möglichkeit dar. Aufgrund ihrer Geometrie können sowohl deutlich geringere Verarmungsspannungen als auch kleinere Ladungssammlungsdistanzen und kürzere -zeiten erwartet werden. Kurze Ladungssammlungsdistanzen sind besonders bei bestrahlten Sensoren wichtig, um Signalverlust durch Einfangreaktionen (*Trapping*) zu verringern.

In diesem Vortrag werden Ergebnisse von Messungen an 3D-stc Detektoren vorgestellt. Dieser Typ Detektor besitzt nur Säulen der gleichen Dotierung, was eine Vereinfachung des ursprünglichen Entwurfs darstellt. Die Ergebnisse von Rauschmessungen mit 40 MHz LHC Front-End Elektronik und ortsaufgelöste IR-Laser-Effizienzmessungen an Streifensensoren mit verschiedenen Prozessparametern werden vorgestellt und miteinander verglichen.

T 56.4 Mi 17:30 KGI-HS 1228

**Silizium 3D Pixel Detektoren mit der ATLAS-Pixel Ausleseelektronik: Labor- und Teststrahlungsmessungen** — ●MARKUS

MATHES<sup>1</sup>, LARS REUEN<sup>1</sup>, JAAP VELTHUIS<sup>1</sup>, MARKUS CRISTINZIANI<sup>1</sup>, SHERWOOD PARKER<sup>2</sup>, CINZIA DAVIA<sup>3</sup>, NORBERT WERMES<sup>1</sup> und HANS KRÜGER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Physikalisches Institut, Universität Bonn — <sup>2</sup>University of Hawaii, Honolulu, USA — <sup>3</sup>University of Manchester, UK

Bei Teilchenfluenzen von  $10^{15} \text{ neqcm}^{-2}$ , wie sie bereits für die innersten Lagen des ATLAS-Detektors erwartet werden, erreichen heutige Siliziumsensoren die Grenzen ihrer Strahlenhärte. Für Projekte wie sLHC wird diese Strahlendosis um mindestens eine Größenordnung übertroffen werden. Hauptproblem dabei ist die Änderung der effektiven Dotierung und das damit verbundene Anwachsen der benötigten Depletionsspannung über technisch vernünftig realisierbare Grenzen hinweg. Eine Lösung dieses Problems besteht in der Verwendung von 3D-Sensoren. Dabei werden die ladungssammelnden Dioden nicht in die Oberfläche implantiert, sondern in die Tiefe gewachsen. Dadurch lässt sich die Diodendicke und damit die benötigte Depletionsspannung wesentlich reduzieren, während das Sensormaterial in voller Dicke für die Ladungserzeugung erhalten bleibt.

Verschiedene Elektrodengeometrien wurden für die Auslese mit einem ATLAS-Pixel Auslesechip angepasst und im CERN 100GeV Pion-Strahl charakterisiert. Messungen zur Ladungssammlung und Effizienz, insbesondere unter Berücksichtigung der durch die Tiefenimplantation verursachte Inhomogenität werden vorgestellt.

T 56.5 Mi 17:45 KGI-HS 1228

**Ein Einkristall Diamant Pixel Detektor mit der ATLAS-Pixel Ausleseelektronik: Labor- und Teststrahlungsmessungen** — ●MARKUS MATHES<sup>1</sup>, HARRIS KAGAN<sup>2</sup>, LARS REUEN<sup>1</sup>, JAAP VELTHUIS<sup>1</sup>, MARKUS CRISTINZIANI<sup>1</sup>, NORBERT WERMES<sup>1</sup> und HANS KRÜGER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Physikalisches Institut, Universität Bonn — <sup>2</sup>Department of Physics, Ohio State University, USA.

Für Sensoranwendungen in der Teilchenphysik ist Diamant ein attraktives Material. Im Vergleich zu Silizium besitzt es eine höhere Ladungsträgermobilität, eine geringere dielektrische Konstante, eine größere Bandlücke und exzellente thermische Leitfähigkeit. Dadurch erlaubt Diamant die Herstellung rauscharmer Sensoren mit vergleichbarem oder besserem Signal- zu Rauschverhältnis, insbesondere bei Teilchenfluenzen größer  $10^{15} \text{ neqcm}^{-2}$ , wie sie beispielsweise bei Vertexdetektoren im sLHC anzutreffen sein werden. Neben polykristallinem Diamant in Wafergröße steht nun einkristalliner Diamant von  $1 \text{ cm}^2$  in Sensorqualität zur Verfügung. Bei einkristallinem Material entfallen die negativen Einflüsse der Korngrenzen auf Homogenität, Ladungssammlung und Feldverteilung.

Aus einkristallinem Material wurde ein pixelierter Diamantdetektor von  $8 \cdot 8 \text{ mm}^2$  mit einer Pixelgröße von  $400 \cdot 50 \mu\text{m}^2$  hergestellt und mittels eines kommerziellen Bump-Bonding-Verfahrens mit einem ATLAS-Pixel-Auslesechip verbunden. Im Vortrag werden Ergebnisse aus der Charakterisierung im CERN 100GeV Pion-Strahl gezeigt. So zeigen die Messungen vollständige Ladungssammlung bereits für elektrische Felder von  $0.25 \text{ V}/\mu\text{m}$  und Pixeleffizienzen höher als 99.9%.

T 56.6 Mi 18:00 KGI-HS 1228

**Strahlenhärte von Diamant modelliert mit der NIEL-Hypothese** — WIM DE BOER<sup>1</sup>, ALEX FURGERI<sup>1</sup>, ●STEFFEN MÜLLER<sup>1</sup>, CHRISTIAN SANDERS<sup>1</sup>, ELENI BERDERMANN<sup>2</sup> und MICHAL POMORSKI<sup>2</sup> — <sup>1</sup>IEKP, Univ. Karlsruhe — <sup>2</sup>GSI, Darmstadt

Diamant hat sich in den letzten Jahren durch seinen geringen Leckstrom und hohe Wärmeleitfähigkeit zu einem besonderen Detektormaterial etabliert. Schon heute werden spezielle Aufgaben, wie etwa das Strahlmonitoring mit Diamantdetektoren hervorragend gelöst. Für jeden Einsatz von Diamant muss man seine Eigenschaften, insbesondere die Strahlenhärte sehr gut verstehen. Für Silizium hat sich hierfür die NIEL-Hypothese bewährt, welche besagt, dass die Defekte im Detektormaterial proportional zu dem "nicht ionisierenden Energieverlust" (engl. NIEL) sind.

Im Vortrag wird zunächst die NIEL-Hypothese vorgestellt, dann die berechneten NIEL-Wirkungsquerschnitte von Silizium und Diamant verglichen. Bei Strahlenergien oberhalb 100 MeV dominiert der inelastische NIEL-Wirkungsquerschnitt, der in Diamant deutlich geringer ist als in Silizium. Bei kleinen Strahlenergien werden die Defekte durch Rutherford-Streuung erzeugt, die Differenz im NIEL-Wirkungsquerschnitt zwischen Diamant und Silizium ist dementsprechend geringer. Dadurch ist die Strahlenhärte zwischen Diamant und

Silizium-Sensoren bei niedrigen Energien deutlich geringer als bei hohen Energien, wie Messungen belegen.

Auch am LHC spielen Teilchen unterhalb 100 MeV eine wichtige Rolle, wie Simulationen belegen.

T 56.7 Mi 18:15 KGI-HS 1228

**Das BCM1F-System fuer den CMS-Detektor** — ●RINGO SCHMIDT, WOLFGANG LANGE, WOLFGANG LOHMANN und MARTIN OHLERICH für die CMS-Kollaboration — DESY Platanenallee 6, 15738 Zeuthen

Der zuverlaessige Betrieb des CMS-Detektors soll durch verschiedene Strahleberwachungs- und Sicherungssysteme gewaehrleistet werden. Das schnellste unter ihnen ist BCM1F, welcher aus jeweils 4 einkristallinen Diamantsensoren pro Strahlrichtung besteht und auf beiden Seiten des Wechselwirkungspunktes ringfoermig um die Strahlroehre angeordnet ist. Das System wird den Teilchenfluss messen, um die

Strahlenbelastung der inneren CMS-Detektoren zu verfolgen und den Strahl auf optimale Luminositaet zu justieren.

Die Ergebnisse der Inbetriebnahme dieses Systems werden vorgestellt.

T 56.8 Mi 18:30 KGI-HS 1228

**Diamond Sensor Tests for the CMS BCM** — ●ALEXANDR IGNATENKO<sup>1,2</sup>, WOLFGANG LANGE<sup>1</sup>, WOLFGANG LOHMANN<sup>1</sup>, MARTIN OHLERICH<sup>1</sup>, and RINGO SCHMIDT<sup>1</sup> for the CMS-Collaboration — <sup>1</sup>DESY Platanenallee 6, 15738 Zeuthen — <sup>2</sup>NCPHEP, Minsk, Belarus

The BCM part of the CMS Beam Radiation and Monitoring system consists of several rings of polycrystalline diamond sensors positioned on both sides of the interaction point concentrically around the beam-pipe. The sensors measure the beam halo to protect the inner CMS sub-detectors. Before the installation each of the sensors was tested in the laboratory. The results are reported.