

ST 3: MEDIPIX-Detektoren

Time: Monday 14:00–16:45

Location: Ch 12.0.16

ST 3.1 Mon 14:00 Ch 12.0.16

Vorstellung des Medipix2-Detektors und Blick auf den Stand der Technik — ●EWALD GUNI, PETER BARTL, MICHAEL BÖHNEL, JÜRGEN DURST, MARKUS FIRSCHING, ULRIKE GEBERT, ALEXANDER KORN, BJÖRN KREISLER, THILO MICHEL, FRANK NACHTRAB, PATRICK TAKOUKAM TALLA und GISELA ANTON — Physikalisches Institut IV, Erlangen

Der Medipix2-Detektor ist ein photonenzählender, pixelierter Halbleiterdetektor, der aus einem Halbleitersensor und einem ASIC aufgebaut ist. Die Hybridtechnologie ermöglicht es den ASIC mit verschiedenen Sensormaterialien zu versehen (Si, GaAs, ...). Der ASIC besitzt 256x256 quadratische Pixel mit einer Kantenlänge von 55 μm . Darüber hinaus verfügt er über zwei Energieschwellen pro Pixel. Weiterhin zeichnet er sich unter anderem durch einen hohen Dynamikbereich, geringes Rauschen und hohe Zählraten aus. Jeder Pixel besitzt einen eigenen Zähler und ist für Zählraten bis 1 Mhz ausgelegt.

Einfallende Röntgenquanten erzeugen eine Verteilung von freien Ladungsträgern im Sensormaterial. Diese Ladungsverteilung driftet im elektrischen Feld des Sensors zu den Pixelelektroden. Aufgrund der geringen Pixelgröße kann die Ladungswolke auf mehrere Pixel verteilt werden (Charge Sharing). Dieses Problem wird durch den Nachfolger des Medipix2, den Medipix3, gelöst werden.

An unserem Institut wird die Nutzung von Medipix-Detektoren in der projektiven Radiographie, der Mikro-CT und in anderen Anwendungsgebieten erforscht. In diesem Vortrag soll der Medipix-Detektor vorgestellt werden und auf nachfolgende Vorträge hinführen.

ST 3.2 Mon 14:15 Ch 12.0.16

Zählverhalten und spektrometrische Eigenschaften von Detektoren der Medipix-Familie — ●ULRIKE GEBERT, MICHAEL BÖHNEL, THILO MICHEL und GISELA ANTON — Physikalisches Institut IV, Erwin-Rommelstraße 1, 91058 Erlangen

Die Röntgendetektoren der Medipix-Familie, wie zum Beispiel der Medipix2 und der Timepix, sind pixelierte, photonenzählende Halbleiterdetektoren. Das von einem Ereignis an den Pixelelektroden induzierte Stromsignal wird nach Verstärkung und Pulsformung in jedem Pixel mit einer einstellbaren Schwelle verglichen. Die Anstiegszeit dieses Pulses liegt in der Größenordnung von 100 ns. Das Signal besitzt eine Return-To-Zero-Zeit von einigen 100 ns. Diese Zeit ist abhängig von der Signalamplitude und einem einstellbaren Abklingfaktor. Während beim Medipix2 bei Überschreiten der Diskriminatorschwelle ein Zähler inkrementiert wird, registriert der Timepix-Detektor die Verweilzeit oberhalb der Diskriminatorschwelle. Ein wichtiges Anwendungsgebiet des Medipix und des Timepix-Detektors ist die Röntgenbildgebung, bei der bei hohen Flüssen die mittleren zeitlichen Abstände zwischen zwei aufeinander folgenden Photonen mit der Länge des Eingangspulses des Diskriminators vergleichbar sind. Durch zufällige Koinzidenzen kommt es in Abhängigkeit von der Höhe der Diskriminatorschwelle, der Photonenenergie und der Return-To-Zero-Zeit zu Veränderungen im Zählverhalten und im gemessenen Spektrum der im jeweiligen Pixelvolumen deponierten Energie. In diesem Vortrag werden die Ergebnisse der Untersuchungen des Zählverhaltens und der spektrometrischen Eigenschaften von Detektoren der Medipix-Familie vorgestellt.

ST 3.3 Mon 14:30 Ch 12.0.16

Energiekalibrierung eines Röntgenpixeldetektors mittels K-Kanten — ●FRANK NACHTRAB, DANIEL NIEDERLÖHNER, THILO MICHEL und GISELA ANTON — Physikalisches Institut IV, Erwin-Rommel-Str. 1, 91058 Erlangen

Zur Energiekalibrierung spektroskopischer Detektoren werden vielfach radioaktive Präparate mit bekanntem Emissionsspektrum verwendet. Die Verwendung radioaktiver Quellen hat mehrere Nachteile: die Quellen unterliegen dem Strahlenschutz und sind daher aufwendig in Lagerung und Beschaffung, ausserdem nimmt die Aktivität mit der Zeit ab. Eine alternative Methode zur Energiekalibrierung des Medipix2-Detektors basiert auf der Idee, dem Bremsspektrum einer Röntgenröhre Strukturen aufzuprägen. Realisiert wird diese Aufprägung durch Filterung des Spektrums mit verschiedenen Metallfolien. Oberhalb der Bindungsenergie der Elektronen der K-Schale ist Photoeffekt mit K-Schalen-Elektronen möglich. Durch diesen zusätzlichen Wechselwirkungskanal steigt der Schwächungskoeffizient sprunghaft an. Die Lage dieser K-Kante im gemessenen Energieantwortspek-

trum wird der K-Bindungsenergie des Filtermaterials zugeordnet. Auf diese Weise erstellte Energiekalibrierungen sind von vergleichbarer Genauigkeit wie Kalibrierungen, die mit radioaktiven Präparaten erzeugt wurden. Die einfachere und sicherere Handhabung der benötigten Materialien spricht für die Energiekalibrierung mit K-Kanten.

ST 3.4 Mon 14:45 Ch 12.0.16

Vorstellung einer Monte Carlo Simulation zur Beschreibung der Ladungsträgerdynamik im Sensor von Halbleiterdetektoren. — ●ALEXANDER KORN, JÜRGEN DURST, MARKUS FIRSCHING, BJÖRN KREISLER, THILO MICHEL und GISELA ANTON — Physikalisches Institut, Universität Erlangen

Bei modernen photonenzählenden Pixeldetektoren wird auf Grund der kleinen Pixelabmessungen die Detektorantwort durch den Effekt des Charge Sharing mitbestimmt. Für Monte Carlo Simulationen dieser Detektorantwort ist es deshalb wichtig die Größe und Lage der Ladungswolke im Sensor exakt zu bestimmen. Dazu müssen physikalische Effekte in die Simulation eingebunden werden, die bei Simulationen von Detektoren mit größeren Pixeln vernachlässigt werden können. Diese Arbeit stellt eine Erweiterung der Simulationssoftware ROSI vor, die die Ladungsträgererzeugung im Halbleiter, die Ladungsträgerdynamik im Feld des Sensors und die elektronischen Eigenschaften des Detektors berücksichtigt. Die Simulationsergebnisse wurden durch Messungen am Medipix2-Detektor bestätigt.

ST 3.5 Mon 15:00 Ch 12.0.16

Rekonstruktion des Spektrums einer Röntgenröhre (GETAUSCHT MIT ST 3.7) — ●PATRICK TAKOUKAM TALLA, GISELA ANTON, THILO MICHEL, MARKUS FIRSCHING, JÜRGEN DURST und MICHAEL BOEHNEL — Physikalisches Institut Erwin-Rommel-Str.1 91058 Erlangen

Für zerstörungsfreie Prüfverfahren von Materialien in der Industrie oder für die Diagnostik in der medizinischen Radiologie verwendet man meist Röntgenröhren als Strahlungsquelle. Die Bestimmung des Spektrums einer Röntgenröhre stellt eine fordernde Aufgabe dar. Sie ist mit handelsüblichen Detektoren nur bei sehr niedrigem Photonenfluss möglich. Um das Spektrum auch bei hohem Fluss zu bestimmen ist es notwendig, dass der verwendete Detektor in der Lage ist, diesen zu verarbeiten und darüber hinaus Energieinformation zu liefern. Der Medipix2-Detektor erfüllt diese Forderung. Er ist ein pixelierter Halbleiterdetektor, mit dem einzelnen Röntgenphotonen gezählt werden können. Einstellbare Energieschwellen machen Informationen über die Energie der einfallenden Strahlung zugänglich. Aus diesen Energieinformationen kann mittels Methoden der linearen Algebra das einfallende Spektrum zurückgerechnet werden.

ST 3.6 Mon 15:15 Ch 12.0.16

Simulationen zur quantitativen Materialrekonstruktion mit energie sensitiven Röntgenpixeldetektoren in der Computertomographie (GETAUSCHT MIT ST 3.8) — ●MARKUS FIRSCHING, FRANK NACHTRAB, THILO MICHEL und GISELA ANTON — Physikalisches Institut IV, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommel-Str.1, 91058 Erlangen

Im Moment verwendete röntgenstrahlungsbasierte Bildgebungsverfahren nutzen den Informationsgehalt aus der Energie der detektierten Strahlung nur in Ausnahmefällen. Aktuelle photonenzählende Pixeldetektoren sind in der Lage, Informationen über die Energie jedes detektierten Photons zu gewinnen. Dadurch ergeben sich vielfältige Möglichkeiten diese zusätzliche Information zur Steigerung der Bildqualität bzw. zur Dosisreduktion zu nutzen.

Da die Energieabhängigkeit der Schwächungskoeffizienten materialabhängig ist, kann man durch Analyse des Schwächungsspektrums Information über die Zusammensetzung des untersuchten Objekts gewinnen.

Wir haben die Methode der Materialrekonstruktion (Basismaterialzerlegung) für die Computertomographie angepasst und mit dem Monte-Carlo-Simulationsprogramm ROSI Simulationen mit dafür neu entwickelten Phantomen durchgeführt. Anhand der so gewonnenen Daten konnte die gleichzeitige Trennung verschiedener Kontrastmittel voneinander und vom Hintergrund erfolgreich gezeigt werden. Dies könnte zu einer Reduktion der Strahlen- oder Kontrastmitteldosis genutzt werden.

30 Min Break

ST 3.7 Mon 16:00 Ch 12.0.16

Eine fundamentale Methode zur Bestimmung der DQE von photonenzählenden Röntgenpixeldetektoren (GETAUSCHT MIT ST 3.5) — ●JÜRGEN DURST, MICHAEL BÖHNEL, MARKUS FIRSCHING, ALEXANDER KORN, BJÖRN KREISLER, ANJA LOEHR, THILO MICHEL, FRANK NACHTRAB, FRANK SUKOWSKI, PATRICK TAKOUKAM TALLA und GISELA ANTON — Physikalisches Institut IV, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin Rommel Straße 1, 91058 Erlangen

Bei pixelierten photonenzählenden Röntgendektoren kann es vorkommen, dass ein Röntgenphoton Zählereignisse in mehreren Pixeln hervorruft. Dies liegt daran, dass von einem Röntgenphoton durch verschiedene Prozesse an mehreren Positionen im Sensormaterial Energie deponiert wird. Außerdem kann sich die erzeugte Ladungswolke während ihrer Drift in Richtung der Elektroden auf mehrere Pixel verteilen.

Die DQE ist ein Maß für den Informationstransfer durch ein bildgebendes System. Sie ist durch das Verhältnis des SNR vor und nach dem System definiert. Nimmt man Poissonrauschen für die Gesamtzählereignisse an, erhält man für photonenzählende Detektoren auf Grund von Mehrfachzählungen unbrauchbare Resultate.

In diesem Vortrag wird eine fundamentale Methode vorgestellt, wie die DQE bei Ortsfrequenz Null unter Berücksichtigung des Einflusses der Mehrfachzählungen bestimmt werden kann.

ST 3.8 Mon 16:15 Ch 12.0.16

Einflussgrößen auf die MTF eines pixelierten photonenzählenden Detektors (GETAUSCHT MIT ST 3.6) — ●PETER BARTL, ALEXANDER KORN, THILO MICHEL und GISELA ANTON — Physikalisches Institut, Erwin-Rommel Str.1, 91058 Erlangen

Die Modulations-Übertragungsfunktion (MTF) ist ein wichtiger Parameter für die Beschreibung der bildgebenden Eigenschaften eines Röntgendektors. Sie ist ein Maß für die Ortsauflösung und hängt daher von der Pixelgröße ab. Außerdem wird sie von der spektralen Verteilung der einfallenden Photonen und den verschiedenen Prozessen

der Energiedeposition innerhalb des Detektors beeinflusst. Es wurde durch Simulationen und Messungen untersucht, wie sich das räumliche Auflösungsvermögen in Abhängigkeit verschiedener Spektren und variabler unterer Energieschwelle ändert. Außerdem wurde der Einfluss von Fluoreszenzen aus Materialien des Detektorassemblies auf die MTF quantifiziert. Diese Fluoreszenzphotonen deponieren ihre Energie einige Pixellängen entfernt vom Auftreffort des eingefallenen Photons. Der niederfrequente Teil der MTF wird dadurch verschlechtert. Diesen Effekt nennt man Low Frequency Drop (LFD). Für Energieschwellen über den Fluoreszenzenergien kann der LFD verringert werden. Das effektive Pixelprofil wird dadurch schmaler, da deponierte Ladungen in den Randzonen eines Pixels nicht mehr gezählt werden.

ST 3.9 Mon 16:30 Ch 12.0.16

Untersuchung des Charge-Summing-Modes des Medipix3 — ●BJÖRN KREISLER, GISELA ANTON, PETER BARTL, MARKUS FIRSCHING, THILO MICHEL und FRANK NACHTRAB — Physikalisches Institut IV, Erwin-Rommel-Straße 1, 91058 Erlangen

Der Medipix3 ASIC ist eine Weiterentwicklung des Medipix2 ASICs. Wie beim Medipix2 ASIC handelt es sich hierbei um einen hochauflösenden, rauscharmen, pixelierten und photonenzählenden CMOS Auslesechip. Der Chip kann wie sein Vorgänger mit verschiedenen Halbleitersensormaterialien bestückt werden, mit denen Röntgenstrahlung direkt in elektrische Signale umgewandelt werden kann. Anders als beim Medipix2 bietet der Medipix3 jedoch neben dem reinen photonenzählenden Betriebsmodus einen "Charge-Summing"-Modus. In diesem Modus wird die von einem Röntgenphoton erzeugte Ladung, die sich auf mehrere Pixel verteilt, summiert. Die Auswirkungen des Charge-Sharings wird dadurch unterdrückt und die deponierte Energie führt korrekterweise nur zu einem einzigen Zählereignis in der Elektronik. Dies ermöglicht die Messung der Energie jedes einfallenden Photons bei gleichzeitiger Erhaltung der Ortsauflösung. Außerdem ermöglicht der neue Chip die kontinuierliche und somit totzeitfreie Aufnahme von Bildern.

In diesem Beitrag werden Simulationsergebnisse zu den spektrometrischen und ortsauflösenden Eigenschaften des Medipix3 Detektors vorgestellt.