

Abbildung 77: Prototyp der Anodenplatte mit hybridem Schaltungsträger der Ausleseelektronik.

Elektronik-Entwicklung

Zur Abteilung „Elektronik Entwicklung“ (FE) gehören die Gruppen für digitale Datenverarbeitung (FEA), analoge Signalverarbeitung (FEB), Opto- und Mikroelektronik (FEC), spezielle Softwareentwicklungen (FEE) sowie die Service-Gruppe (FEPOS).

Projekte

HERMES Silicon Recoil Detektor

Seit dem zweiten Quartal des Berichtsjahres beteiligte sich die Gruppe FEC an der Entwicklung des HERMES Silicon Recoil Detektors. Zum Nachweis von Protonen sollen doppelseitige Silizium-Streifendetektoren (SSD) verwendet werden, die in zwei Ebenen parallel zur Strahlachse im HERA-Strahlrohr angeordnet sind.

Von FEC wurde der Entwurf für den Aufbau des Detektormoduls und der elektrischen Kontaktierung der SSDs mit der analogen Ausleseelektronik, basierend auf HELIX ICs, erstellt. Besondere Berücksichtigung fanden die Vakuumtauglichkeit (10^{-9} mbar), eine Strahlentoleranz bis zu 300 krad (γ -Strahlen, Gesamtlebensdauer des Experiments) sowie die erforderliche Kompaktheit des Moduls für den Einsatz innerhalb des Strahlrohres.

Pro Detektormodul werden zwei SSDs mit je 128 Streifen auf der Vorder- und Rückseite nebeneinander auf einen Rahmen geklebt. Um Leckströme der einzelnen Streifen des SSDs über den Detektorrahmen zu vermeiden, wurde als Material eine elektrisch nicht leitfähige AlN-Keramik gewählt. Die elektrische Verbindung mit der Ausleseelektronik (HELIX Chips auf einem 4-Lagen-Hybrid) erfolgt durch 50 μm dicke Polyimidfolien in Verbindung mit einem ebenfalls keramischen Pitch-Adapter. Die elektrische Verbindung zwischen den Flexfolien und den darunter liegenden SSDs erfolgt

durch konventionelle Bondverbindungen. Jeder Kanal ist mit zwei Eingängen des HELIX Chips verbunden, in einem Fall über eine Koppelkapazität. Mit dieser asymmetrischen Aufteilung der Signalladung auf die beiden HELIX Eingänge wird der Dynamikbereich des einen Eingangs von 11 MIP auf etwa 70 MIP (Minimum Ionizing Particle) erweitert. Die Rückseiten der Detektoren werden in ähnlicher Weise auf der Modulunterseite kontaktiert. Von dem in Abbildung 77 gezeigten Aufbau sollen später acht Module um den Kollisionspunkt angeordnet werden. Ein erster Prototyp des Detektormoduls wird für den Sommer 2003 erwartet.

Si-Driftdetektorsystem

Im Berichtsjahr wurden von der Gruppe FEC mit dem Si-Driftdetektorsystem an HASYLAB Beamlines (CEMO und X1) Messungen von Fluoreszenzspektren durchgeführt. Dabei wurden 7-zellige Si-Driftdetektoren (SDD) verwendet, deren Technologie und Layout den später Verwendung findenden 61-zelligen Detektoren entspricht. Für die Auslese und Aufbereitung der Detektorsignale wurde ein erster Prototyp der bei FEC entwickelten, integrierten Ausleseschaltung (ASIC) verwendet. Einzelheiten der Systemkomponenten können den Jahresberichten der vergangenen Jahre entnommen werden. Ziel der durchgeführten Experimente war die Charakterisierung der Detektoren und des Auslesechips. Dabei wurden Fluoreszenzspektren von 3.5 keV bis 15.7 keV bei Raten bis zu 600 000 Einträgen pro Sekunde (kcts/s) pro Zelle und im Raumtemperaturbereich zwischen 19°C und 25°C gemessen.

Der linke Teil in Abbildung 78 zeigt beispielhaft ein Cu-Fluoreszenzspektrum mit den charakteristischen Linien bei 8.048 keV (Cu-K $_{\alpha}$ -Linie) und 8.905 keV (Cu-K $_{\beta}$ -Linie). Das Spektrum entstand bei einer Rate von etwa

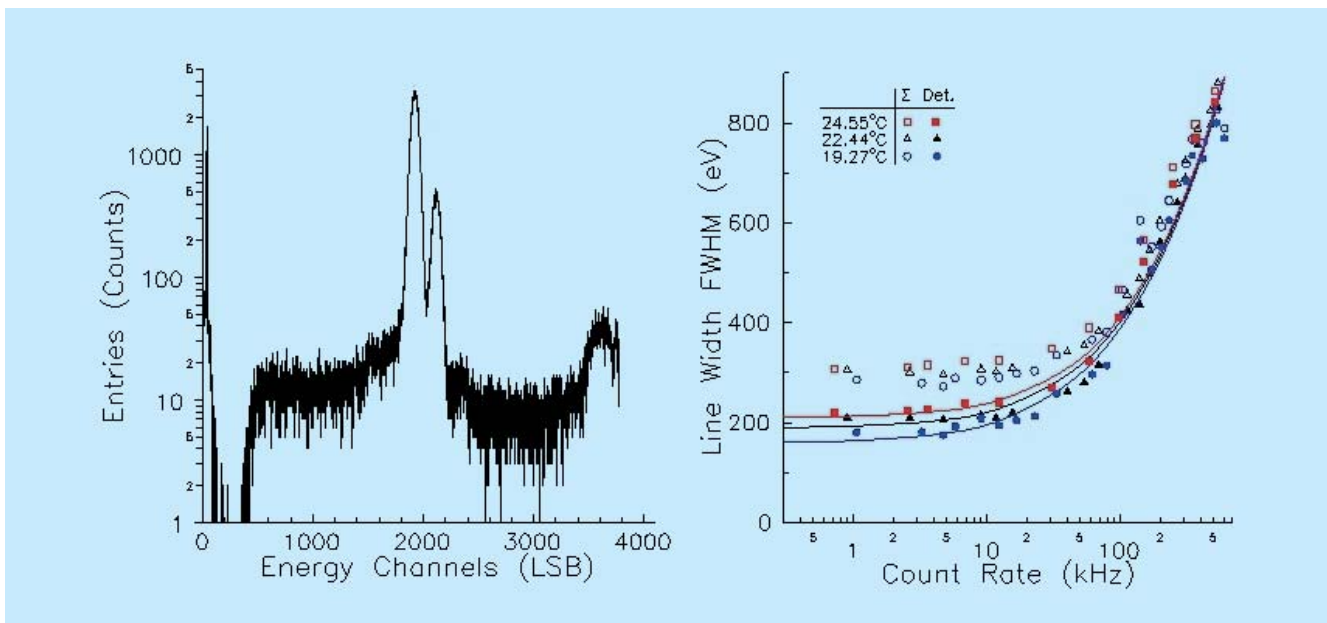


Abbildung 78: Cu-Fluoreszenzspektrum bei 40 kcts/s (links) und Linienbreiten über der Zählrate (rechts).

40 kcts/s und der Temperatur 22,44°C. Bis zu Raten von 50 kcts/s bleibt die Linienbreite nahezu konstant bei etwa 300 eV. Darüber hinaus steigt die Linienbreite mit zunehmender Rate an und erreicht bei 600 kcts/s etwa 800 eV. Hervorgerufen durch einen kontinuierlichen Rücksetzmechanismus des SDD war eine Verschiebung des gesamten Spektrums mit zunehmender Rate und Energie zu beobachten. Die Nichtlinearität der Verstärkung des Gesamtsystems ist jedoch kleiner als 1%. Die Verschiebung des Spektrums lässt sich elektronisch kompensieren. Dies und eine Verbesserung des Rauschverhaltens bei hohen Raten oberhalb von etwa 50 kcts/s erfordert eine Überarbeitung und Ergänzung des ASICs.

Gasdetektorsystem SAXS

Die Entwicklung des Messaufnehmers mit 1280 Kanälen (Anoden) wurde in der Gruppe FEC im Berichtsjahr abgeschlossen. Die dazugehörige Hybridschaltung für die Detektorauslese wurde ebenfalls angefertigt. Die 1280 streifenförmigen Cu/Ni/Au-Anoden sind auf einer Kaptonfolie mit einem Pitch von 150 µm angeordnet. Die Leiterbahnen werden in Mikrofeinleiterertechnik

strukturiert. Die Kaptonfolie ist ganzflächig auf einer 10 mm dicken Al-Platte laminiert.

Je 128 Kanäle werden von der hybrid aufgebauten Ausleseelektronik weiterverarbeitet. Diese wird mit zwei 80-poligen Feinstleiter-Steckverbindern mit dem Messaufnehmer verbunden. Für die Signalverstärkung und Signalfilterung werden pro Hybrid zwei 64-kanalige ASICs (JAMEX) eingesetzt.

Die Rausch- und Übersprecheigenschaften des Messaufnehmers sind wesentlich durch Leckströme, Last- und Koppelkapazitäten der Anodenstrukturen bestimmt. Die Messaufnehmer werden daher einer besonderen mehrstufigen Reinigungsprozedur unterzogen. Danach ergibt sich der elektrische Widerstand zwischen benachbarten Anoden im Mittel zu 5 TΩ, was unter den vorgesehenen Betriebsbedingungen zu Leckströmen kleiner 10 fA führt. Die Kapazität einer Anode gegen Messerde variiert aufgrund der unterschiedlichen Leiterbahnlängen zwischen 15 pF und 18 pF. Die mittlere Koppelkapazität zwischen zwei Anoden beträgt 12 pF.

Abbildung 77 zeigt Ausschnitte des Messaufnehmers mit den Steckverbindern (rechts in nackter Form, links

mit Lötstopp im Bereich der Steckverbinder und aufgelegter Kaptonfolie im restlichen Bereich) sowie einen zugehörigen, hybriden Schaltungsträger. Der Messaufnehmer befindet sich gegenwärtig in der Serienfertigung und soll im kommenden Jahr mit hybrider Ausleseelektronik den Projektpartnern zur Verfügung stehen.

Strahlverlustmonitore für die TESLA Test Facility (TTF2)

Bei TTF2 sollen Strahlverluste mit Szintillatoren und Photomultipliern (PMT) sowie Sekundärelektronenvervielfachern (SEV) nachgewiesen werden. Deren Ausgangssignale geben Rückschlüsse auf technische Fehler und zu hohen Strahluntergrund und können als Auslöser für Alarm und die damit verbundene Abschaltung des Beschleunigers dienen. Die Gruppen FEA und FEB haben im Berichtsjahr in Zusammenarbeit mit den Gruppen MDI und MVP die Spezifikationen erarbeitet und erste Baugruppen entwickelt.

Die PMTs und SEVs sind im radioaktiven Strahlungsfeld der TTF positioniert und haben bis zu 100 m lange Verbindungsleitungen zur Auswerteelektronik. Diese Randbedingung erforderte die Entwicklung einer differentiellen Übertragung auf einem twisted-Pair Kabel. Die Signalsender sind in die Hochspannungsverteiler am PMT/SEV integriert. Da dort ein hohes Strahlungsfeld erwartet wird, können dort Halbleiter nicht eingesetzt werden. So konnte der Common-Mode des Senders nur für den hochfrequenten Anteil unterdrückt werden. Diese Baugruppe ist so weit entwickelt, dass die Serienproduktion begonnen werden kann. Für den Empfänger wurde die Schaltung entworfen, die im Common-Mode unempfindlich ist.

Die Ansteuerung und Auslese erfolgt über VMEBus. Hierzu wurden drei unterschiedliche VMEBus Platinen entwickelt. Die erste bereitet die von TTF bereitgestellten Kontrollsignale auf, verteilt sie an die weiteren Komponenten des Strahlverlustmonitors und stellt den TTF-Status über den VMEBus der Datennahme zur Verfügung. Eine zweite Karte dient als Alarmgenerator, der die PMT/SEV-Signale mit gespeicherten Schwellen vergleicht. Alarmkriterien sind technische Fehler, einzelne hohe Pulse und ganze Pulsfolgen. Die dritte Baugruppe dient als Testpulsgenerator zur Überprüfung

der gesamten Signalkette. Die Höhe der Pulse und die Verzögerungszeit gegenüber den TTF-Kontrollsignalen kann eingestellt werden. Die Testpulse werden an den PMT gesandt und erzeugen dort, galvanisch getrennt, einen Lichtpuls oder Ladungspuls.

Mit den Erfahrungen aus der Arbeit mit den PMTs und der Signalübertragung wurde die Zeuthener Gruppe bei ihrer Entwicklung der Szintillatoren für die Fast-Wire-Scans unterstützt.

Beam Interlock Concentrator (BIC) für TTF2

Die Energie des TTF2-Strahls kann bei Strahlverlust dauerhafte thermische Schäden an Beschleunigerkomponenten verursachen, wenn nicht schnellstmöglich die Strahlquelle abgeschaltet wird. Die Gruppe FEB entwickelt in Zusammenarbeit mit der Gruppe MDI eine Abschaltetelektronik (BIC) mit einer möglichst kurzen Durchlaufzeit von wenigen hundert ns. Dazu wird ein modulares Konzept umgesetzt, mit dem durch Kaskadierung eine Vielzahl von Eingängen (Alarmen) verarbeitet und auf zwei Ausgänge konzentriert wird. Jedes einzelne Modul verfügt über 16 Eingänge.

Im Berichtsjahr wurden in Zusammenarbeit mit der Gruppe MDI die Spezifikationen erarbeitet und erste Baugruppen entworfen. Derzeit existiert für den Alarmempfänger ein Prototyp, der mit einem galvanisch entkoppelten Eingang auch hohe Störsignale verarbeiten kann, wie sie aufgrund der großen Entfernungen und der großen geschalteten Leistungen innerhalb der TTF auftreten können. Die Verwendung differentieller Signale (RS422) hält störende Wechselwirkungen mit anderen elektrischen Geräten klein. Dieser Alarmempfänger trägt zur Durchlaufzeit durch ein Modul nur mit 11 ns bei. Die Schaltungen für den Treiber des Alarmausgangs und den Empfänger der TTF-Kontrollsignale sind bereits entwickelt.

Laser-Synchronisation für TTF

Um das longitudinale Strahlprofil zu messen, wird das abgestrahlte elektromagnetische Feld mit Hilfe eines elektrooptischen Kristalls vermessen. Hierzu wird mit

einem Infrarotlaserstrahl, der auf die 1.3 GHz des TTF Beschleunigers synchronisiert ist, der Kristall zu dem Zeitpunkt bestrahlt, der der gewünschten longitudinalen Position innerhalb des Bunches entspricht.

Diese Synchronisation wird mit einer Phase-Locked-Loop Schaltung in ECL-Technik realisiert. Diese verwendet als Referenzfrequenz die 1.3 GHz des Beschleunigers und regelt die Frequenz des Lasers durch Veränderung des optischen Weges mittels eines Piezokristalls. Die Elektronik muss also auf die langsamen Zeitkonstanten dieser mechanischen Komponenten optimiert werden und insbesondere deren langsame Schwingungen von 0 Hz bis zu einigen kHz kompensieren. Es wurde ein Phasenjitter von 0.2 ps erreicht. Da bei TTF nicht jede Periode des 1.3 GHz Beschleunigerfeldes mit Strahl gefüllt ist und auch der Laser nur mit 1/16 dieser Frequenz betrieben werden kann, erlaubt die Elektronik, über die weiteren Kontrollsignale von TTF den Laser neben der Phasenstabilität auch auf eine ausgewählte Periode zu synchronisieren.

Verschiedene Projekte

Das Alarmsystem für den Elektronenring von HERA befindet sich im Einsatz. Die Hardware wurde von FEB modifiziert, um die Gefahr einer vorzeitigen Alterung durch hohe Temperaturen zu vermeiden. Die Betriebserfahrung des BKR und zusätzlich angeschlossene Alarmquellen resultierten in erweiterten Anforderungen an die Software für das Kontroll- und Archivsystem, die entsprechend erweitert und angepasst wurde.

Die Firmware und Serversoftware der Transientenrekorder wurde von FEB weiterentwickelt. Zusätzliche Geräte wurden bei PETRA in Betrieb genommen. In der neuen Serie wurden einige Bauteile durch modernere Komponenten ersetzt. Eine entsprechende Modellpflege aller Hardwarekomponenten ist in Arbeit, um

auch weiterhin Erweiterungen und Ersatzteile fertigen zu können, die kompatibel zu bestehenden Geräten sind.

Die HERA Quenchüberwachung der supraleitenden Magnete löst bei Erkennung eines Fehlverhaltens die Stromabschaltung der Magnete und einen Strahldump von HERA aus, um die Beschleuniger- und Experimentekomponenten zu schützen. Nach der Luminositäts-erhöhung hatte sich gezeigt, dass in die Kommunikation der Quench-Alarmzentrale mit der überwachenden SPS unter bestimmten Umständen Störsignale einkoppeln, was zu Strahlabschaltungen geführt hat. Die Störsignale konnten ohne größere Hardware-Änderungen durch Modifikationen und Erweiterungen der Software des LATTICE-CPLD der Alarmzentrale herausgefiltert werden.

Die Gruppe FEA hat für HASYLAB ein recht aufwändiges Datenerfassungsmodul (RET02) entwickelt, mit dem Bilderdaten von einem HASYLAB-Detektor erfasst und zwischengespeichert werden. Die Daten können seriell von drei verschiedenen Datenquellen eingelesen werden. Zusätzlich zur Bilderfassung werden noch vier ADCs ausgelesen und deren Daten, synchronisiert mit den Bilderdaten, ebenfalls in einem Memory zwischengespeichert. Auf diese Informationen kann nach Beendigung der Bilderfassung über VMEBus zugegriffen werden.

Für das MWPC-Triggersystem des H1-Experiments hat FEA Aufsteckmodule mit Leitungstreibern und programmierbaren Delay-Bausteinen entwickelt. Diese werden als Ersatz für die bisherigen aufgesockelten Treiberbausteine in die vorhandenen Steckfassungen eingesetzt und erweitern so ohne Modifikation der Mutterplatine die Funktionalität des Triggersystems.

Für die Gruppe IT hat FEA ein Modul zur Überwachung der zentralen unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV) entwickelt. Damit werden bei Stromausfall die Systemoperatoren alarmiert und die WindowsNT-Server rechtzeitig vor dem Ausfall der Stromversorgung heruntergefahren.