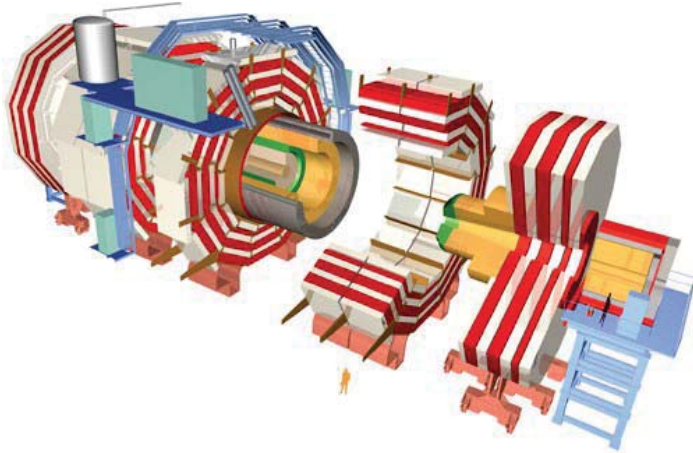


Das CMS-Experiment - Beiträge der Zeuthener CMS-Gruppe



Elena Castro & Maria Hempel
Technisches Seminar
Zeuthen, 28th Januar 2014



Inhalt

- > Geschichte
- > Sensorentwicklung im DESY-Zeuthen
- > Entwicklung der Detektorsysteme durch die CMS DESY Gruppe:
 - Das CMS BCM1F Projekt
 - Das LHC BCM1F Projekt
 - FLASH und XFEL BHMs
- > Zusammenfassung



- > Erste R&D für ILC Sensoren in Zeuthen (seit 2002)
- > Erste Erfahrungen mit Diamant als Strahlmonitor in ZEUS (HERA) (2006)
- > Abschalten von HERA + ILC Verspätung + DESY Zeuthen's FCAL Gruppe übernimmt die Inbetriebnahme von BCM1F (Fast Beam Condition Monitor) und charakterisiert Diamanten für einen weiteren BRM Detektor (2007)
- > Erweiterung der Zuständigkeit:
 - Hardware- und Softwareentwicklung für die BCM1F Auslese
 - Aufrüstung von BCM1F nach der langen LHC Pause (2012-2014)
- > Gleichzeitig startet die CMS DESY Zeuthen Gruppe eine Kooperation mit den Beschleunigern und installiert weitere Detektoren
 - Strahlverlustmonitore für LHC (2011)
 - Beam Halo Monitore für Flash und XFEL (seit 2010 und weiterhin)

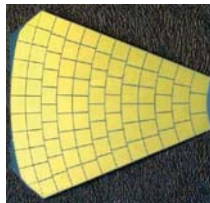


Sensorentwicklung am DESY Zeuthen

Motivation: geeignete Detektormaterialien für CMS und ILC finden

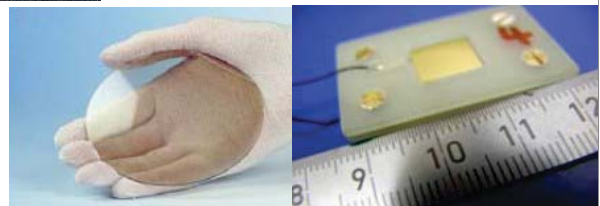
> GaAs:

- Große Wafers, billig
- in Bearbeitung für ILC



> Polycrystalline CVD Diamanten (pCVD)

- Große Wafers, teuer
- Benutzt in: CERN, Flash, XFEL



> Einkristalline CVD Diamanten (sCVD)

- Kleine Größen, teuer
- Benutzt in CERN



> Sapphire (Neu):

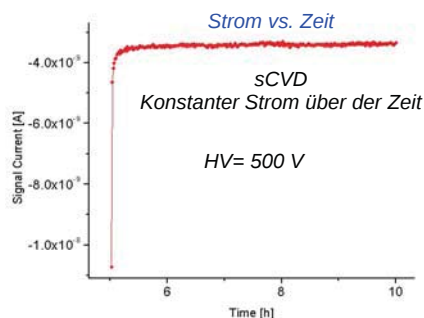
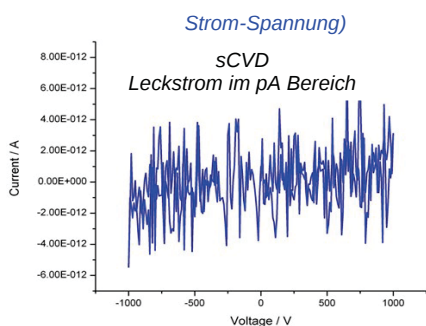
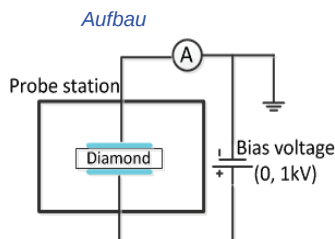
- Große Wafers, billig
- Benutzt in FLASH, XFEL



Sensorentwicklung im DESY Zeuthen: Sensorcharakterisierung

Das Gruppenlabor ermöglicht momentan eine vollständige Charakterisierung des Sensormaterials.

- > Optische Messungen mit Lasermikroskopen (Bestimmung der Dimension und Dicke)
- > Messung der Strom-Spannungskurve (Leckströme)



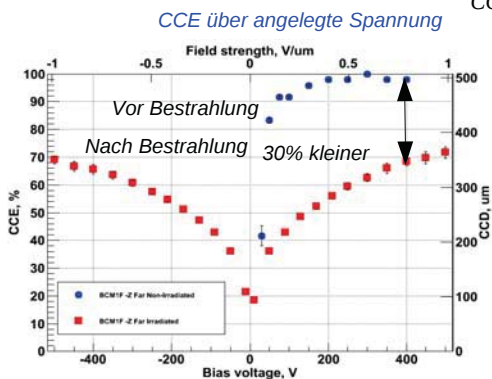
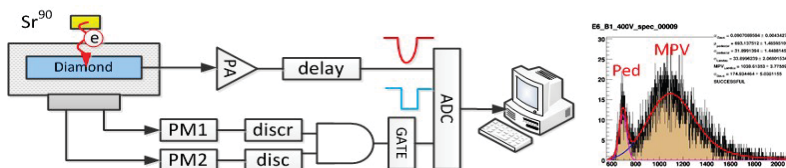
Sensorentwicklung im DESY Zeuthen: Sensorcharakterisierung

- > Charge Collection Efficiency (CCE) – Effizienz der Ladungssammlung

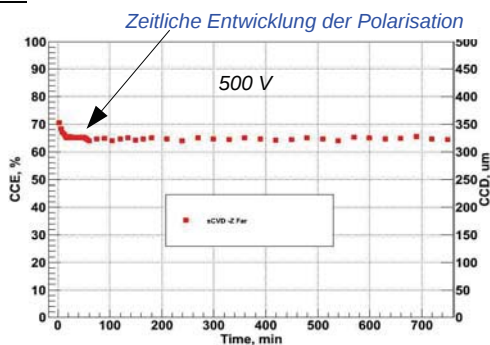
Aufbau



Operationsschema



$$CCE \propto \frac{MPV - Ped}{Dicke}$$

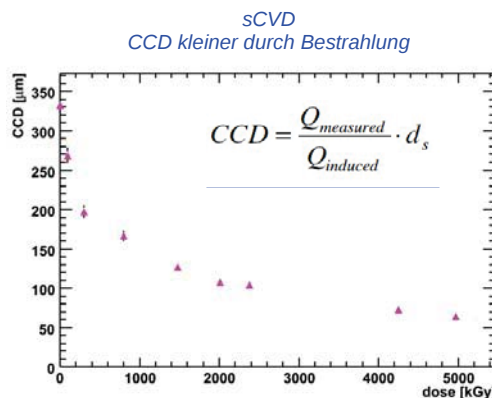
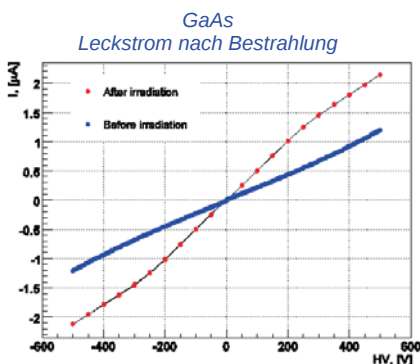
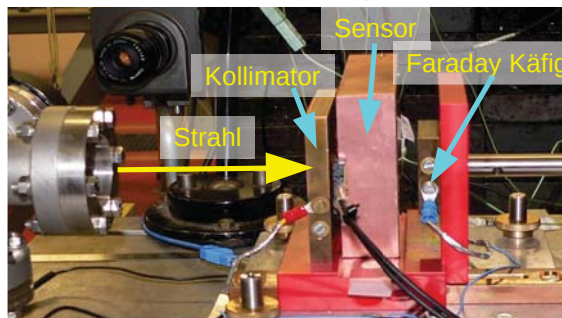


Sensorentwicklung im DESY Zeuthen: Sensorcharakterisierung

Testbeams werden gebraucht um:

- > Studien über die Sensorleistung über der erhaltenen Strahlendosis zu beobachten (GaAs: ~1 MGy, pCVD: ~10 MGy, sCVD: ~5MGy, Saphire: ~10 Mgy)
- > Charakterisierung des Signals
- > Tests der Elektronik
- > Tests von verschiedenen Sensorteilen ...

Beispiel vom Testbeamaufbau:
Superconducting **DA**rmstadt **LI**Near **AC**celerator (Technische Universität Darmstadt)



Sensorentwicklung am DESY Zeuthen: Weitere Studien

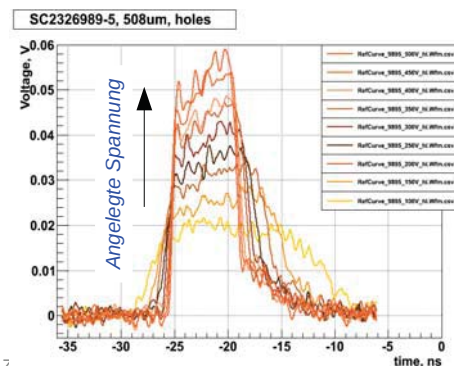
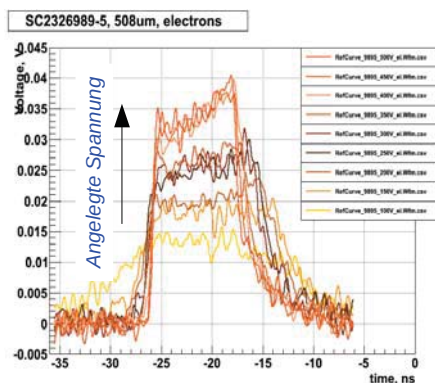
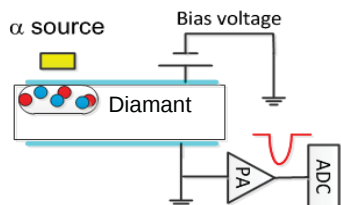
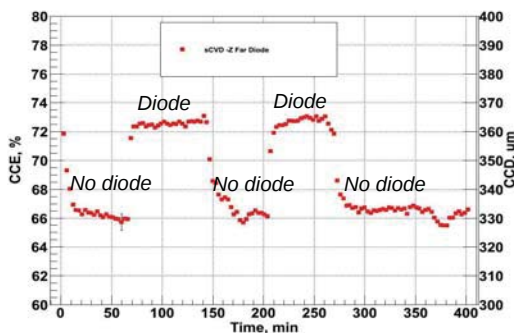
- > CCE Messungen mit rotem LED Licht

Die Ladungsfallen in Diamant, die den Polarisierungseffekt verursachen, liegen bei $\frac{1}{4} E_{Bandlücke}$ (~1.35 eV). Der Polarisierungseffekt kann durch rotes Licht reduziert werden, da dessen Energie bei $E=1.9eV$ liegt.

- > Transient Current Technique (TCT):

Informationen über die Bewegung der Ladungsträger Löcher sind schneller als Elektronen!

CCE Studien mit rotem Licht (1.9eV)



Überblick der Sensorcharakterisierung

Die DESY-Zeuthen CMS Gruppe kann eine vollständige Charakterisierung von verschiedenen Sensormaterialien zur Anwendung von Teilchendetektion durchführen, dank:

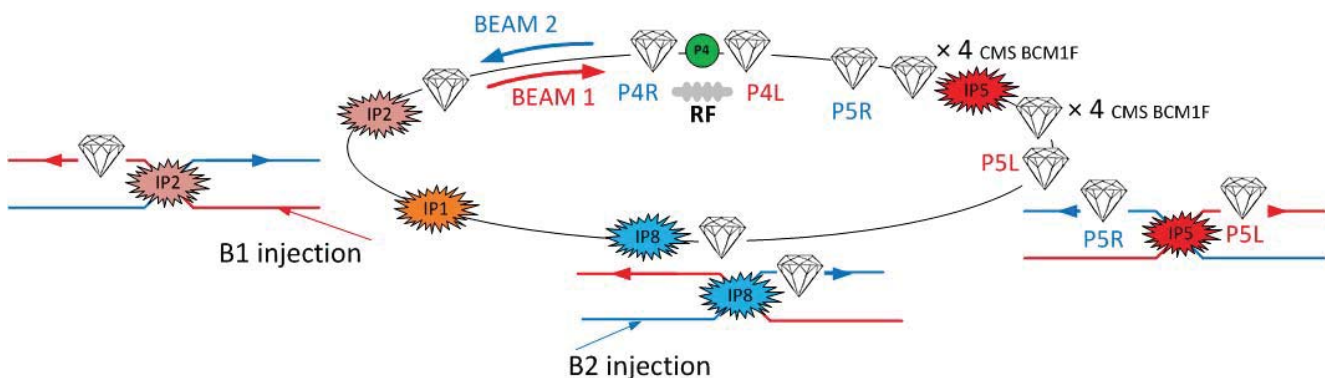
- > Der über die Jahre erworbenen Laborausstattung
- > Anlegen eines Protokolls über die angewandten Sensorbehandlungen
- > Das benötigte Wissen und die Erfahrung Gruppenmitglieder: Benutzung des Labors, Datenauslese, Datenanalyse, ASIC Entwicklung
- > Der Kontakt mit anderen Gruppen aus der Detektorentwicklung



Entwicklung der Detektorsysteme durch die CMS DESY Gruppe

- > Strahlbeobachtung im LHC:
 - Fast Beam Condition Monitor 1 BCM1F (schnelle Strahlbeobachtung) im CMS Beam Radiation Monitoring System BRM Gruppe
 - Die schnellen BLMs (Strahlverlustmonitore) im LHC Ring oder auch das BCM1F4LHC System

Verteilung der BCM1F Module (sc Diamant+Auslese) im LHC Ring



Der CMS Fast Beam Conditions Monitor (BCM1F)

Teilchendetektor mit ns Zeitauflösung, was zur Messung von Strahlhalo, Teilchen-Gas Interaktionen und Kollisionsprodukte verwendet wird.

- > Beobachtung von Teilchenuntergrund:
 - Gesamtfluß im inneren der Detektorregion
 - Strahlhalo, Teilchen-Gas Interaktionen

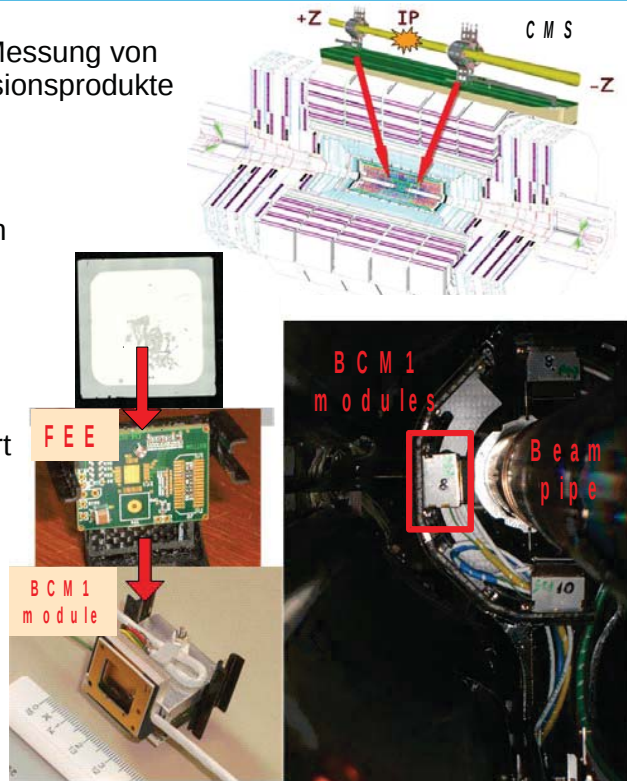
Anforderungen:

- > Nachweis von MIPs
- > Geringer Energieverbrauch und strahlungshart

Design:

- > 2x4 sCVD Diamanten ($5 \times 5 \times 0.5 \text{ mm}^3$)
- > $Z = \pm 1.8 \text{ m}$ ($\sim 6.25 \text{ ns}$) an beiden Seiten vom IP
- > $r \sim 5 \text{ cm}$

(Hergestellt bei Element Six Ltd.)

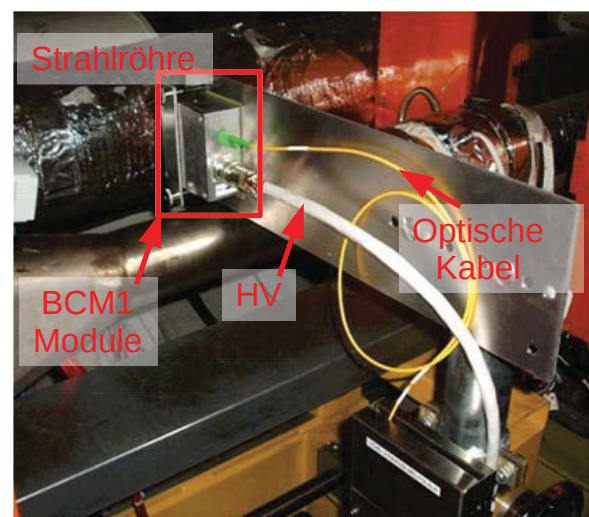


Die LHC Strahlverlust Monitore (BCM1F4LHC)

Es besteht aus 6 BCM1F Modulen, welche an verschiedenen Stellen des LHC Rings installiert sind.

Die Module sind an Stellen mit hoher Strahlenbelastung installiert:

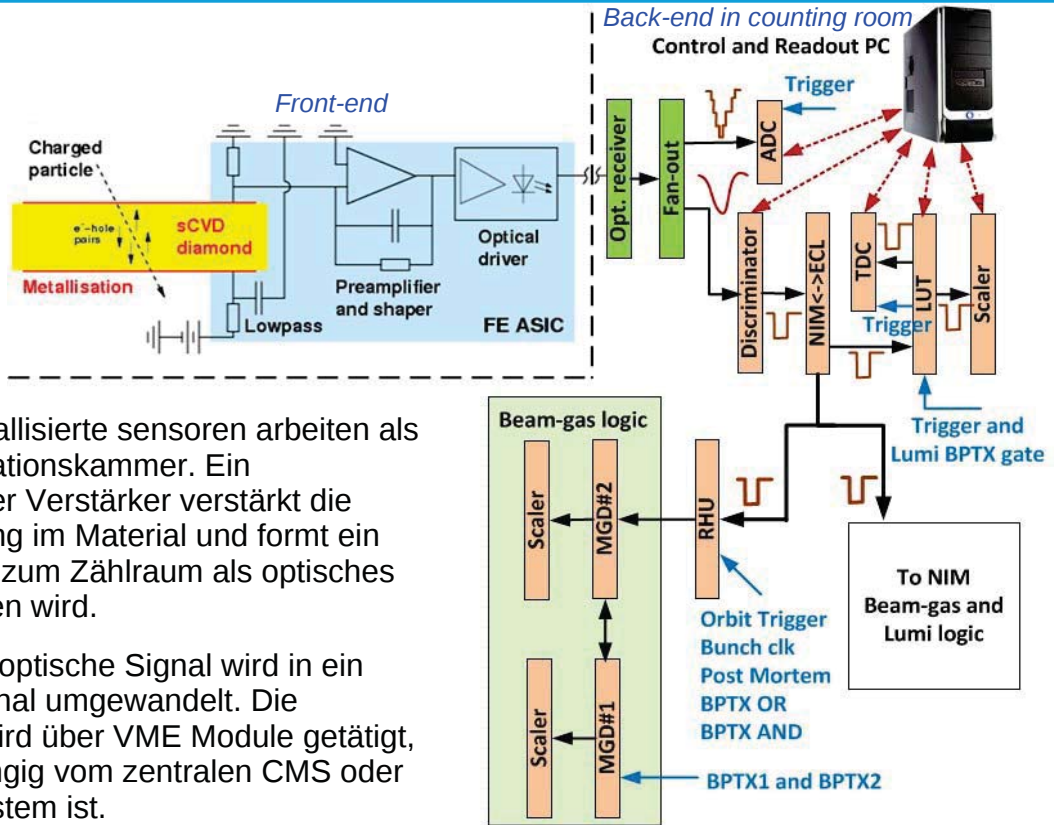
- > Neben Kollimatoren um die Strahlverluste durch Sekundärteilchen zu beobachten
- > Neben Strahlprofilmonitoren in der Beschleunigungszone.



Installation of the BCM1F4LHC module in P4



The BCM1F DAQ

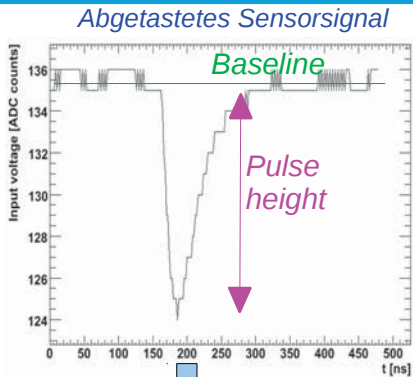


Front-end: Metallisierte Sensoren arbeiten als Festkörperionisationskammer. Ein ladungssensitiver Verstärker verstärkt die induzierte Ladung im Material und formt ein Signal, welches zum Zählraum als optisches Signal übertragen wird.

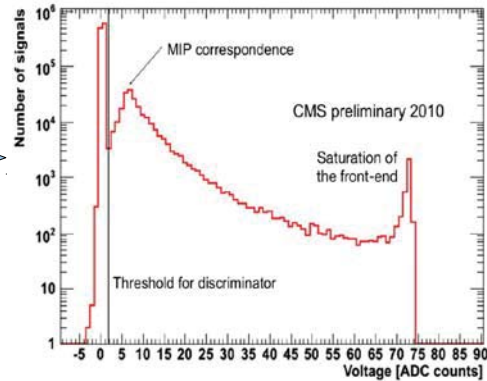
Back-end: Das optische Signal wird in ein elektrisches Signal umgewandelt. Die Datenauslese wird über VME Module getätigt, welche unabhängig vom zentralen CMS oder LHC Auslesesystem ist.



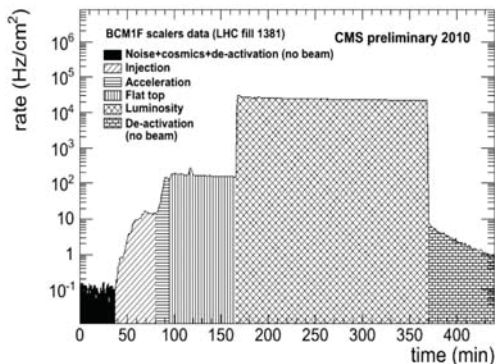
Die BCM1F Datenauslese: ADC, TDC und Scalers



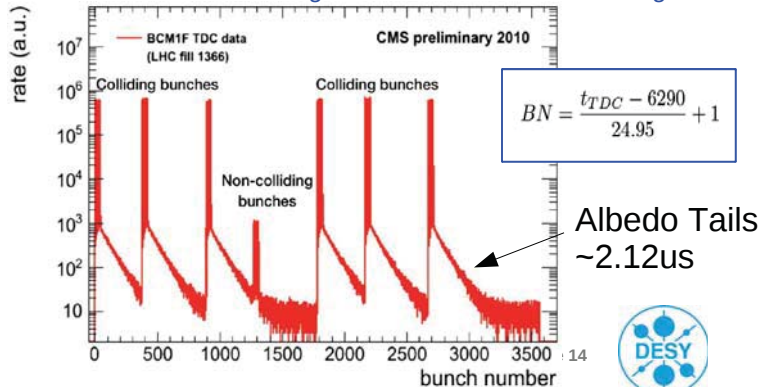
Abtasten mit dem ADC zur Charakterisierung & Beobachtung vom System



Zählrate der Hits gemessen mit Scalers zur Beobachtung von Luminosität und Strahlhintergrund



Zeitliche Verteilung der Hits durch TDC Messung

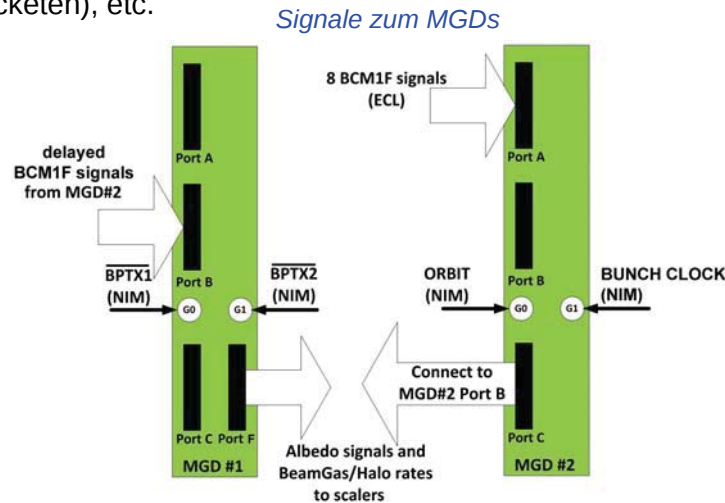


Die BCM1F Datenauslese: LUT und MGDs

Zusätzliche FPGA basierte Datenauslese durch Logikverarbeitung. Die Entwicklung wurde vom DESY-Zeuthen übernommen.

LUT (*Look Up Table*): liefert VETO Signale zum Scaler und TDC für eine korrekte Datenauslese. Das LUT kann die Signale auch durch logische Verknüpfungen verarbeiten, welche für die Berechnung der Luminosität benötigt werden.

MGDs (*Multiple Gate & Delay Modules*): Sie messen den Strahlhintergrund und Albedoraten durch setzen eines spezifischen Zeitfensters, welches relativ zur Ankunftszeit der Bunchuhr bx getaktet ist: Kollisionsprodukte (6.25 ns nach bx), Strahlhintergrund (6.25 ns vor/nach nicht-kollidierten Bunchen/Teilchenpaketen), Albedo (direkt vor dem Start eines folgenden Blockes an Teilchenpaketen), etc.

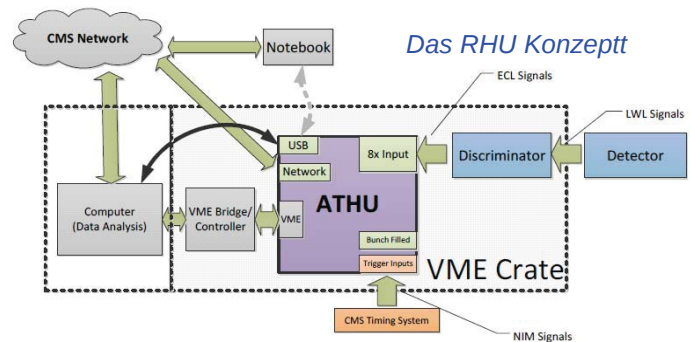


28th Jan 2014 | Page 15

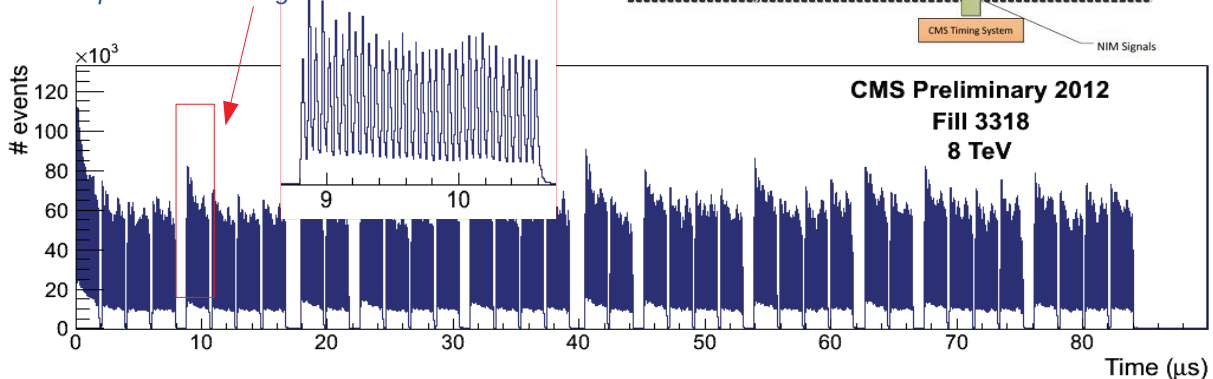


Die Histogramming Unit (RHU)

- > Die Hits werden in einem Histogramm fest gehalten mit einer Zeiteinteilung von 6.25 ns. Die Histogramme beinhalten Zeitinformationen über einen gesamten Teilchenumlauf/Orbit für jeden Auslesekanal.
- > Datenauslese geschieht durch eine Internetverbindung
- > Keine Totzeit
- > Komplette im DESY-Zeuthen entwickelt



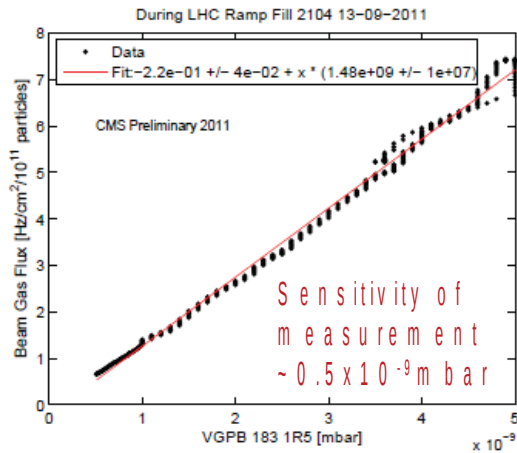
Beispiel eines Histogrammes für einen Kanal



Leistung des CMS BCM1Fs: Hintergrund & Luminosität

BCM1F stellt Strahhalo- und Strahlhintergrundsdaten für CMS und LHC bereit, die durch nicht-kollidierte Teilchenpakete ermittelt werden.

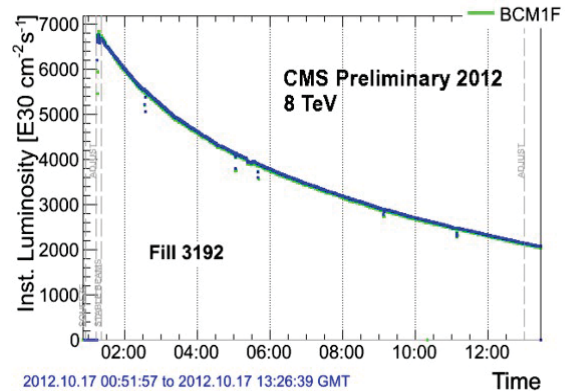
Korrelation zwischen dem steigenden Vakuumdruck und der BCM1F Zählrate



Die BCM1F Zählraten sind proportional zur HF gemessenen Luminosität.

Da BCM1F unabhängig von der zentralen CMS Datenauslese ist, kann die Luminosität bereit gestellt werden, auch wenn HF gerade nicht in Funktion ist.

Korrelation zwischen der HF und BCM1F gemessene Luminosität

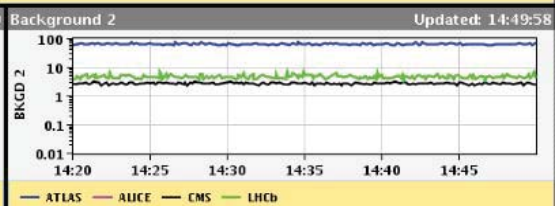
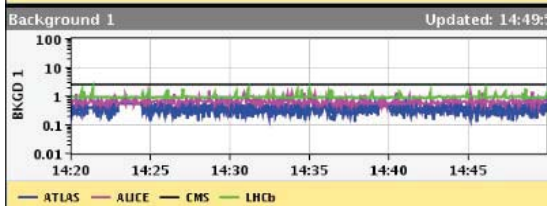
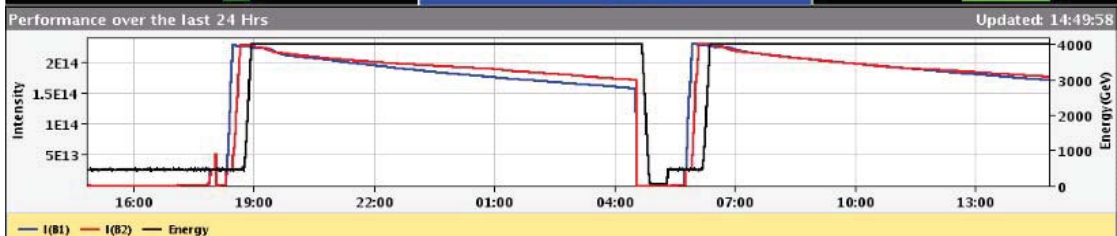


Wichtigkeit von BCM1F während der LHC Operationen

<http://op-webtools.web.cern.ch/op-webtools/Vistar/vistars.php?usr=LHC1>

15-Nov-2012 14:50:00 Fill #: 3288 Energy: 4000 GeV I(B1): 1.71e+14 I(B2): 1.76e+14				
Experiment Status	ATLAS	ALICE	CMS	LHCb
Instantaneous Lumi [(ub.s) ⁻¹]	3229.6	1.755	3302.8	395.1
BRAN Luminosity [(ub.s) ⁻¹]	3286.9	1.145	3301.1	212.2
Fill Luminosity (nb) ⁻¹	125848.2	83.6	129080.0	11064.9
BKGD 1	0.453	0.589	2.588	1.446
BKGD 2	66.715	124.983	2.610	5.546
BKGD 3	1.378	2.217	12.364	1.458

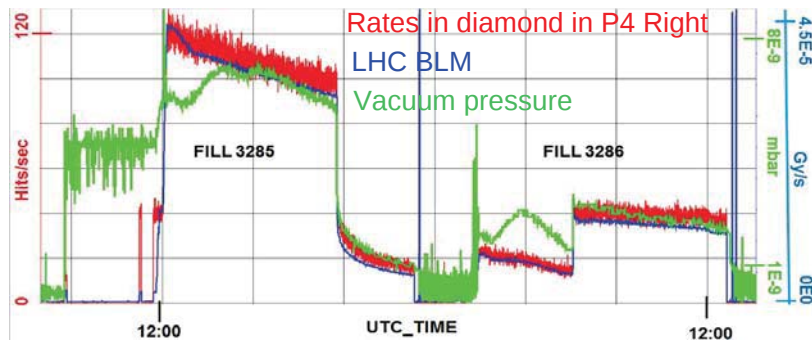
LHCb VELO Position **IN** Gap: -0.0 mm STABLE BEAMS TOTEM: **STANDBY**



Ergebnisse von BCM1F4LHC

> Vorgesehen als Strahlverlustmonitor

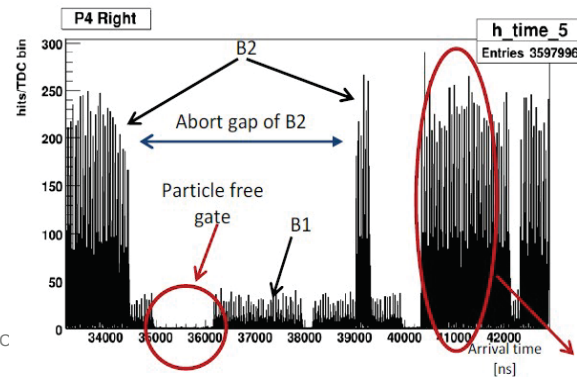
Sensor rates increasing with the vacuum pressure (beam-gas rates)



> Detektierung der Teilchen außerhalb der eigentlichen Teilchenpakete

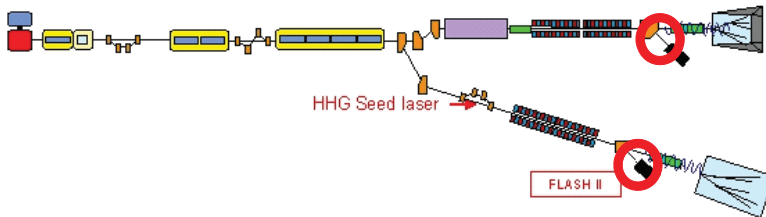
> Messung der Teilchen im Abort Gap

- Teilchenfreie Sequenz

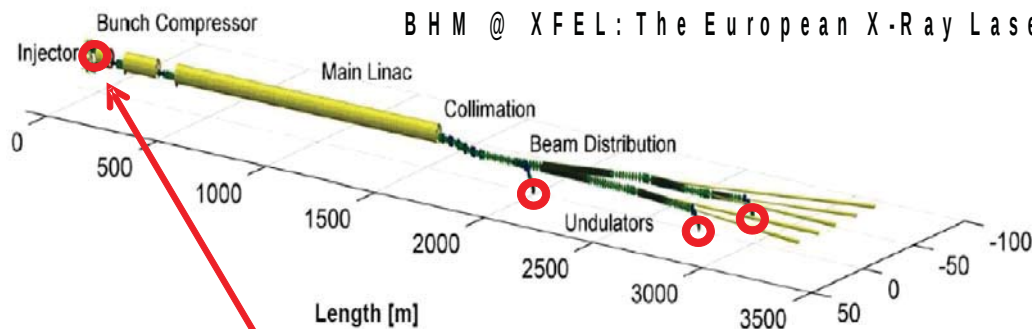


E. Castro | The C

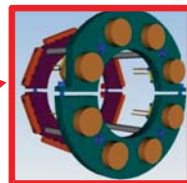
BHM für FLASH und E-XFEL



BHM @ FLASH



BHM @ XFEL: The European X-Ray Laser Project



Die Sensoren befinden sich außerhalb der Strahlröhre. Das Design erlaubt vertikale und horizontale Befestigung der Sensoren.



BHM for FLASH and E-XFEL

> 4 pCVD Diamanten

Größe: $12 \times 12 \times 0.3 \text{ mm}^3$

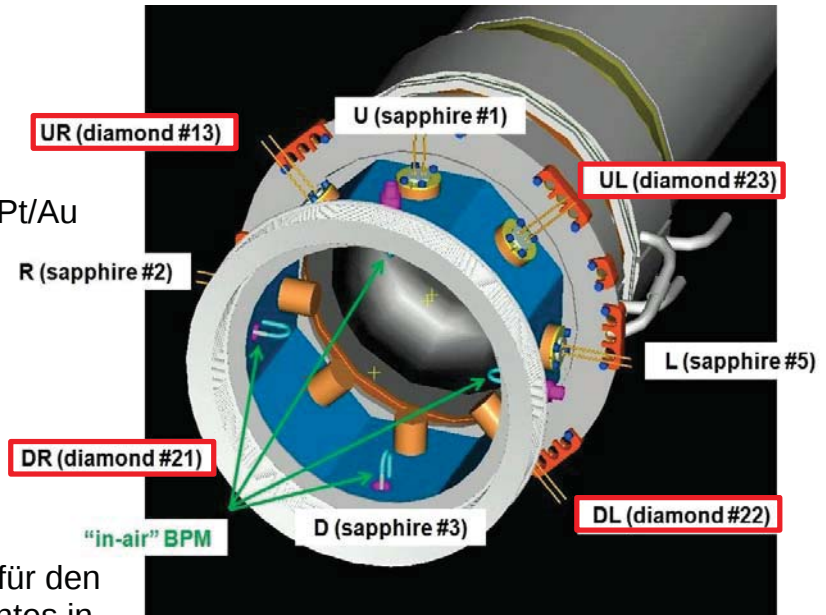
Metallisierung:

$10 \times 10 \text{ mm}^2$ 50/50/200 nm Ti/Pt/Au

> 4 Saphire

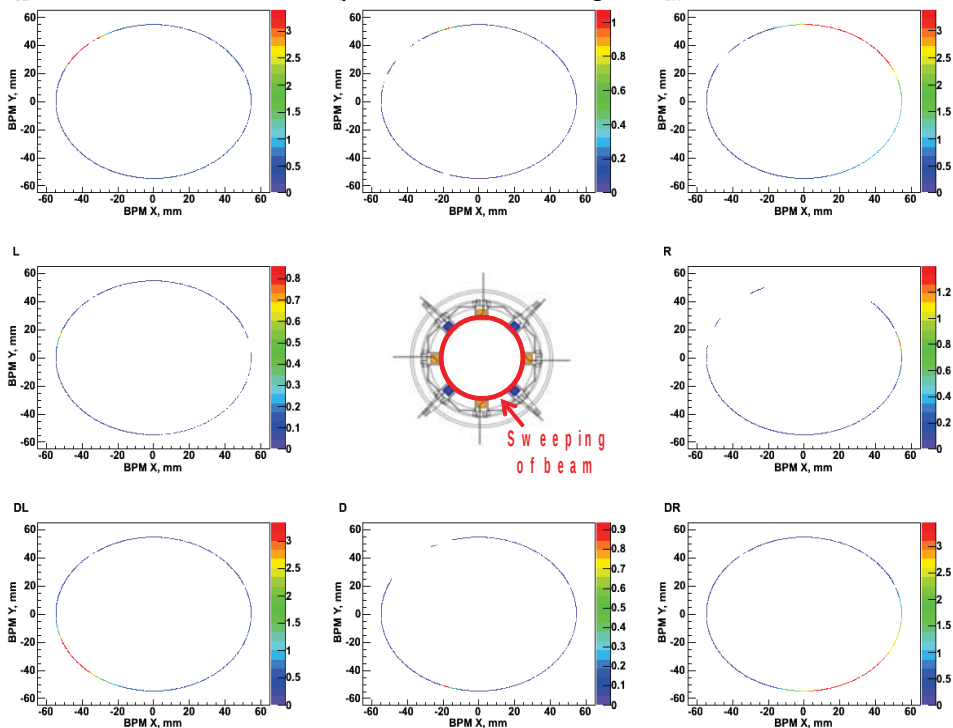
Es war ausschlaggebend für den Erfolg des 9mA Experimentes in FLASH

Assembling of the sensors



BHM für FLASH und E-XFEL

Das BHM in FLASH wurde im Sept. 2009 in Betrieb genommen und ist seitdem in Benutzung



Signale (in V) vom BHM Sensor als Funktion der Strahlposition, für den Fall dass der Sensor direkt auf einen 240pC Teilchenpaket treffen.



Überblick der in der CMS DESY Gruppe entwickelten Detektorsysteme

- > Das CMS BCM1F System liefert wichtige Informationen für einen sicheren Betrieb von CMS und LHC seit dem Neustart 2009 bis 2012
- > Seine Sensivität und Zuverlässigkeit in der täglichen Datennahme führte zu weiteren Funktionen in der Strahlanalyse
- > Die neuen Anwendungsfelder benötigen neue Systeme zur Datenauslese
- > Aufgrund der sehr guten Arbeitsergebnissen, hat die CMS DESY Gruppe weitere neue Detektorsysteme für LHC, FLASH und XFEL installiert
- > BCM1F4LHC liefert wichtige Informationen über Strahlverluste an verschiedenen Punkten am LHC Ring und besitzt eine Zeitauflösung im Nanosekunden-Bereich
- > Zurzeit arbeitet die CMS Gruppe am BCM1F Upgrade und der Aufstellung von XFEL BHMs

Der Detektor zeigt die Benutzung von sCVD zum Nachweis von Teilchen mit hoher Zeitauflösung



The CMS BCM1F Upgrade

Brauchen wir weitere Verbesserungen von BCM1F?



JA!

- > Höhere Luminosität
 - Höhere Strahlung
 - Mehr Signale
- > Kleinerer zeitl. Abstand der Teilchenpakete von 25ns anstatt 50ns
 - Bessere Zeitauflösung
 - Signale alle 6ns
 - Bessere Detektoreffizienz



Benötigte Verbesserungen

Höhere Strahlung

- > Strahlschäden der Laserdiode nach 30 fb^{-1} , Fluss $8.78 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ (24 GeV Protonen)
- > Verkleinerung der Signalamplitude
- > Geringere Effizienz

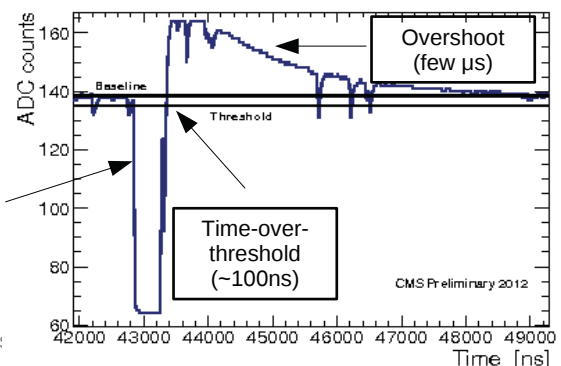
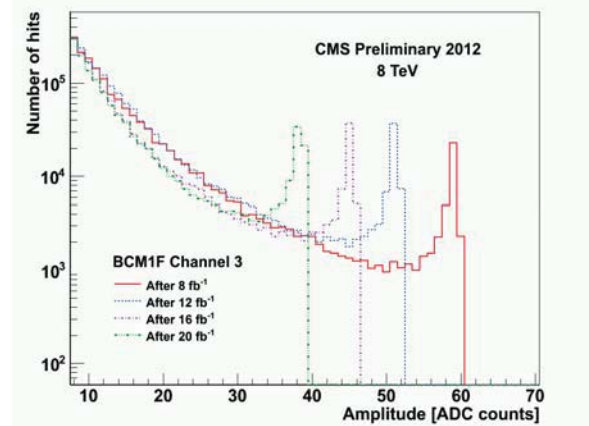
Mehr Signale

- > Höhere Signal im Detektor
- > Überschwingung der Signale
- > Sättigung der Laserfunktion
 - Messung von bis zu 10MIPs gleichzeitig

Mehr Effizienz

- > LHC geht zu 25ns Zeitabständen
 - Alle 6ns ein Signal im Detektor
 - Aber: 25ns Anstiegszeit für Signale

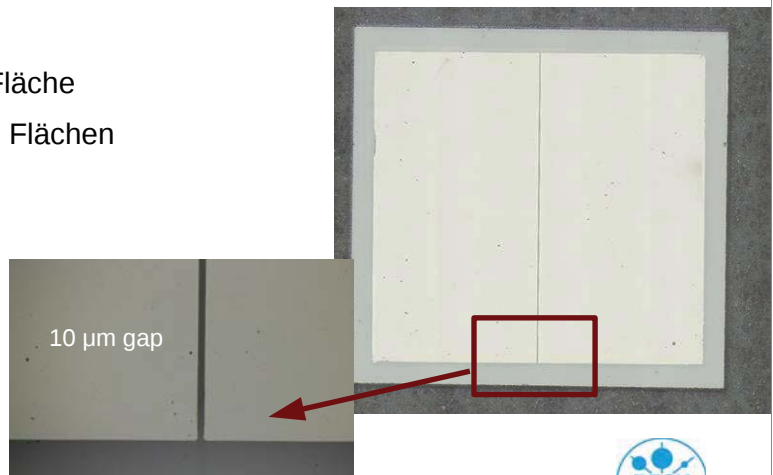
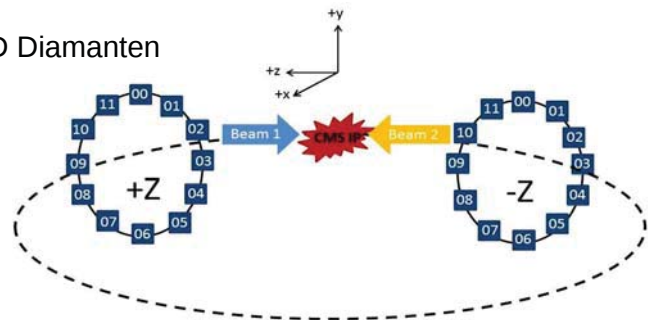
Radiation damage of laser driver BCM1F(ADC analysis)



Long rise time (~25ns)

CMS BCM1F Upgrade: Sensoren

- > Installation von neuen nicht-bestrahlten sCVD Diamanten
- > Hergestellt von Element Six
- > Dimension: $5 \times 5 \times 0.5 \text{ mm}^3$
- > Anzahl der Diamanten
 - Altes BCM1F: 8 sCVD Diamanten
 - Neues BCM1F: 24 sCVD Diamanten
- > Metallisationsfläche:
 - Alte BCM1F Metallisierung: eine Fläche
 - Neue BCM1F Metallisierung: zwei Flächen
- > Zwei Flächen Metallisierung wird die Effizienz/Dynamikbereich erhöhen
 - Altes BCM1F: $< 10 \text{ MIP}$ Messung
 - Neues BCM1F: $> 10 \text{ MIP}$ Messung



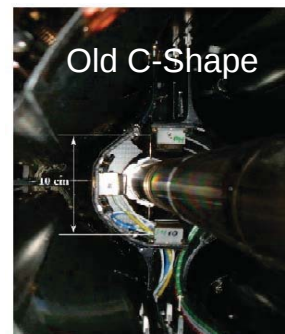
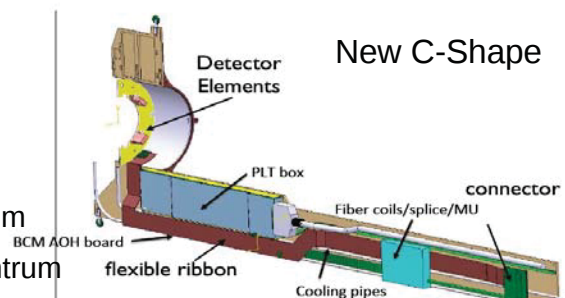
E. Castro | The CMS DESY Zeuthen group | 28th Jan 2014 | Page 27



BCM1F Upgrade – Front-End

- > Verstärker
 - Altes BCM1F: 20 mV/fC , Anstiegszeit 25 ns
 - Neues BCM1F: 50 mV/fC , Anstiegszeit 7 ns und zwei MIP Unterscheidung von 12.5 ns
- > Optische Module zur optischen Konvertierung
 - Altes BCM1F: 5 cm entfernt vom Strahlzentrum
 - Neues BCM1F: 16 cm entfernt vom Strahlzentrum
 - Reduzierung der Strahlschäden an Laserdiode
- > Kühlungssystem um BCM1F
 - Altes BCM1F: keine Kühlung möglich
 - Neues BCM1F: Kühlung wird installiert
- > Temperatur Beobachtung
 - Altes BCM1F: indirekte Messung durch andere Detektoren
 - Neues BCM1F: Direkte Messung durch Bragg Kabel

One piece semi-rigid PCB

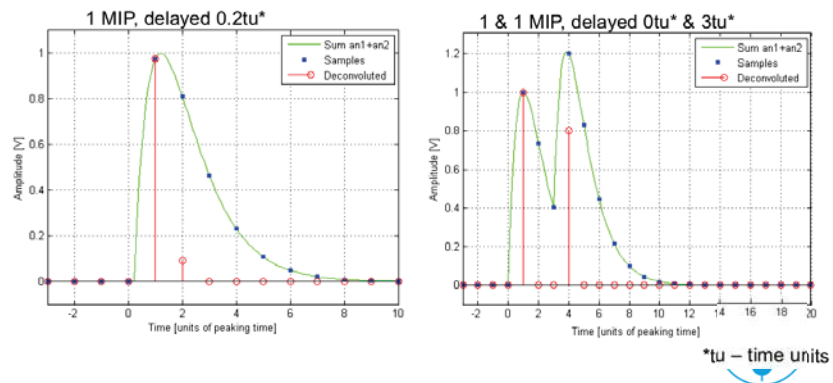


E. Castro | The CMS DESY Zeuthen group | 28th Jan 2014 | Page 28



BCM1F Upgrade – Back-End

- > Auslesemodule
 - Altes BCM1F: ADC, Scaler, TDC, MGD, LUT
 - Neues BCM1F: RHU, MGD, FPGA based ADC
- > RHU hat keine Totzeit und eine Zeitauflösung von 6.5ns
- > RHU erlaubt Signalkombinationen von verschiedenen Diamantsensoren (OR, AND,...)
 - Berechnung der Luminosität
 - Berechnung des Strahlhintergrundes
- > MGD wird verwendet um zwischen Luminosität und Strahlhintergrund zu unterscheiden
- > FPGA basierter ADC (uTCA ADC FMC) mit Signalerkennungsalgorithmus
 - Ankunftszeitinformation
 - Amplitudeninformation



Überblick- BCM1F Upgrade

- > Anzahl der Diamanten wird erhöht und Zwei-Flächen Metallisierung
 - Charakterisierung wird durch die CMS DESY Gruppe gemacht
- > Neuer Verstärker: Bessere Anstiegszeit, größere Verstärkung
 - Entwickelt durch Universität Krakau
 - Gestestet durch CMS DESY CMS Gruppe
- > Neue C-Shape: Laserdiode befindet sich nicht mehr direkt am Strahlzentrum, Kühlungssystem mit möglicher Temperaturüberwachung
 - Entwickelt am CERN
- > Entscheidung über die zu verwendenden Auslesemodule: stabiler, vertrauenswürdiger, schnelle Auslese, logische Kombinationen
 - Entwickelt durch DESY Zeuthen
 - Getestet durch DESY-Zeuthen CMS Gruppe
- > Wichtige Messungen der Luminosität und des Strahlhintergrundes
- > BCM1F wurde ausgewählt eines der wichtigsten Detektoren für Luminosität zu sein
 - Mehr Verantwortung



Zusammenfassung

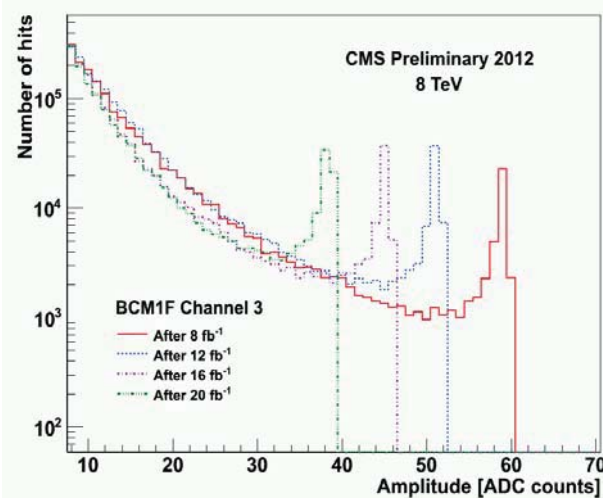
- > Die CMS DESY Gruppe kann eine vollständige Charakterisierung von Sensormaterial vornehmen, welche später als Teilchendetektoren verwendet werden
- > Sehr gute Resultate wurden mit CMS BCM1F bisher erreicht und führten zu neuen Projekten. Der BCM1F Detektor spielt eine Schlüsselrolle bei der Operation vom CMS und dem LHC
- > Nach dem Neustart vom LHC startet die neue aufregende Zeit mit dem neuem BCM1F Detektor. Keep connected to the CMS BCM1F channels!!

Thanks for you attention!

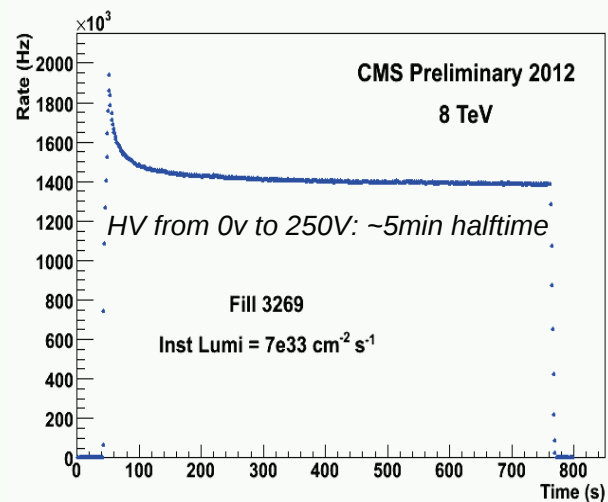


Backup slides

*Radiation damage of sensors in BCM1F
(ADC analysis)*

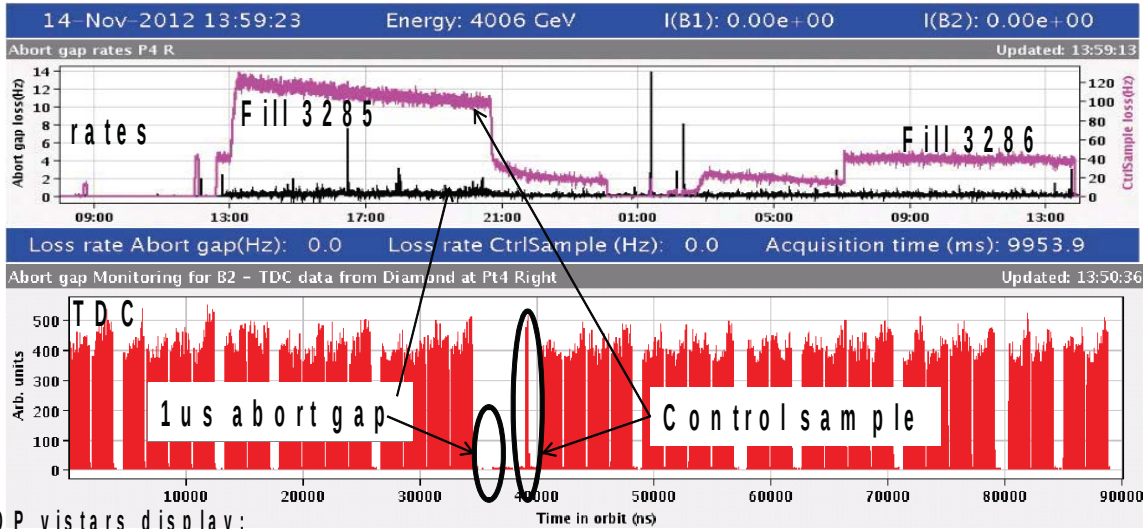


*Rate decrease with polarization
(ADC analysis)*



The relevance of BCM1F4LHC in the LHC operation

- > The rates and time information of the diamonds can be monitored online via the OP vistars display. The data is stored in the LHC Data Base.
- > A more detailed analysis of the data supplied by each sensor is needed to evaluate the use as BLMs.



OP vistars display:

<http://op-webtools.web.cern.ch/op-webtools/Vistar/vistars.php?usr=LHCABORTGAP>

