

Prace na WFiIS AGH nad detektorem świetlności LumiCal dla ILC (CLIC)

Marek Idzik

Warszawa 18/06/2010

Plan

- Wprowadzenie - FCAL
- Detektor LumiCal
 - Sensory&Fanout
 - System odczytu detektora LumiCal
 - Front-end
 - ADC
- Podsumowanie

FCAL Collaboration

Partnerzy z wielu krajów

- **AGH-UST, Krakow**
- **DESY, Germany**
- **IFJPAN, Krakow**
- **JINR, Dubna**
- **LAL, Orsay**
- **NCP & HEP, Minsk**
- **Royal Holloway University, London**
- **Tel Aviv University**
- **University of Colorado, Boulder**
- **VINCA, Belgrade**
- **Yale University, New Haven**
- **Tohoku University, Japan**
- **CERN**

- **Cooperation with SLAC**

Na WFiIS AGH dla ILC (CLIC) pracuje:

- **3 pracowników naukowych**
- **2 doktorantów, ~3 magistrantów**

Prace na AGH finansowane z:

- **EUDET FP VI & SPUB koniec 2010**
- **MC-PAD FP VII & SPUB do 2012**

Złożone wnioski:

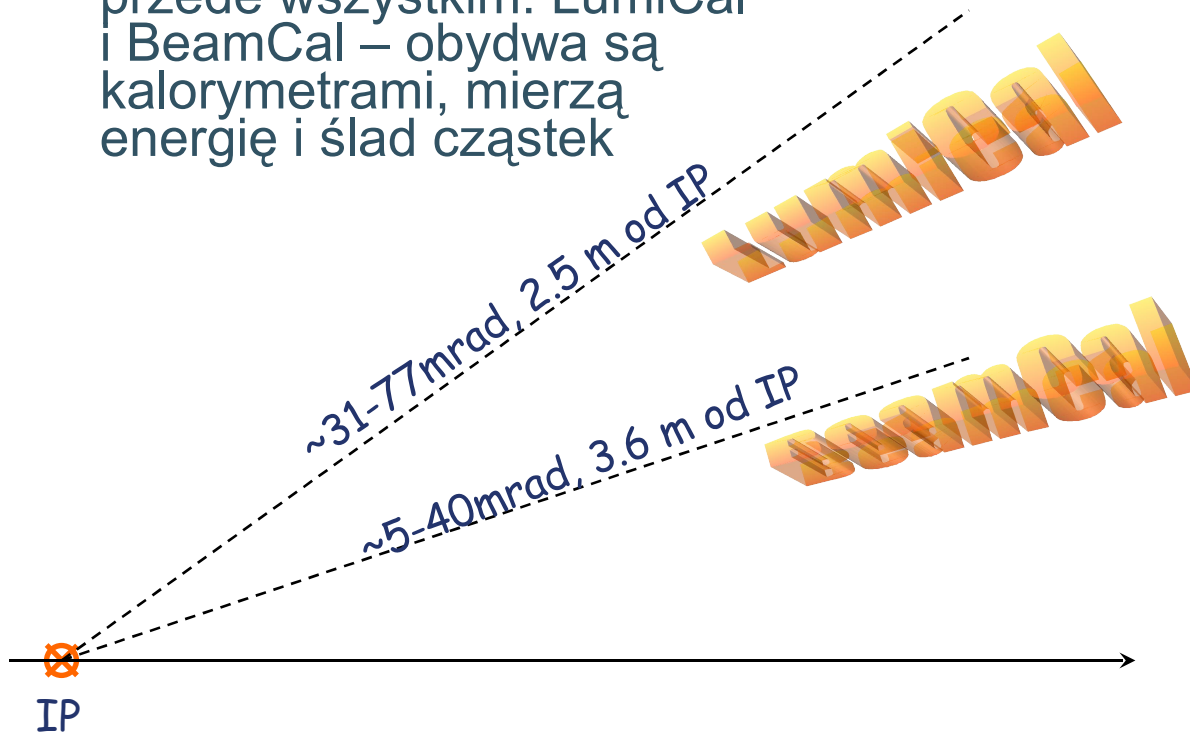
- **AIDA FP VII (faza negocjacji)**
- **FITAL sieci naukowe - na razie bez finansowania...**

Zadania detektorów FCAL

- Kolaboracja FCAL rozwija tzw. Very Forward Detectors dla ILC, czyli przede wszystkim: LumiCal i BeamCal – obydwa są kalorymetrami, mierzą energię i ślad cząstek

- Precyzyjny pomiar **całkowej świetlności** ($\Delta L/L \sim 10^{-4}$)

- **Diagnostyka wiązki** na podstawie par z beamstrahlung

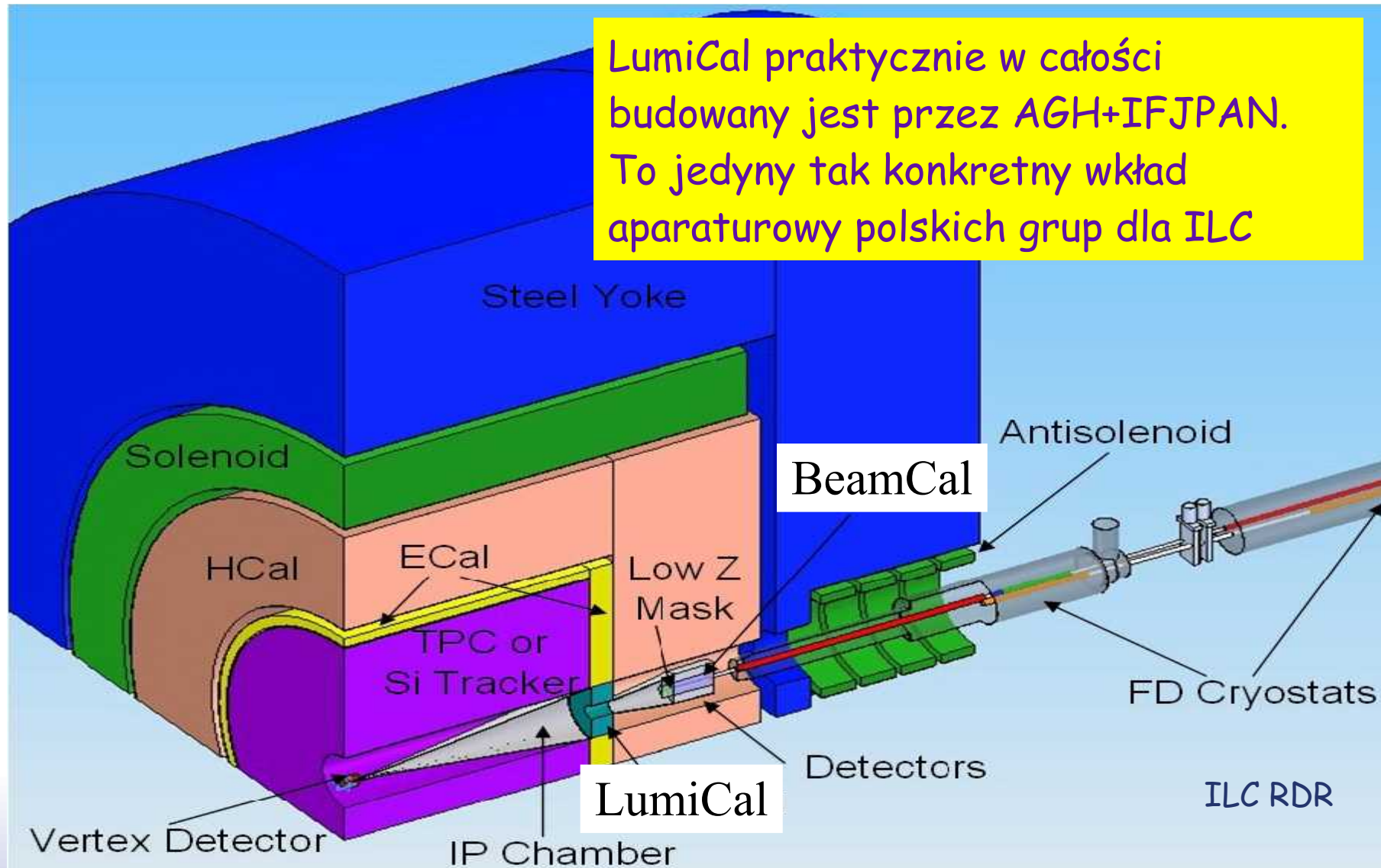


Wyzwania:

Wysoka precyzja, duża okupancja, obciążenia radiacyjne, szybki odczyt
duży zakres sygnałów !

Detektory FCAL

LumiCal praktycznie w całości budowany jest przez AGH+IFJPAN. To jedyny tak konkretny wkład aparaturowy polskich grup dla ILC

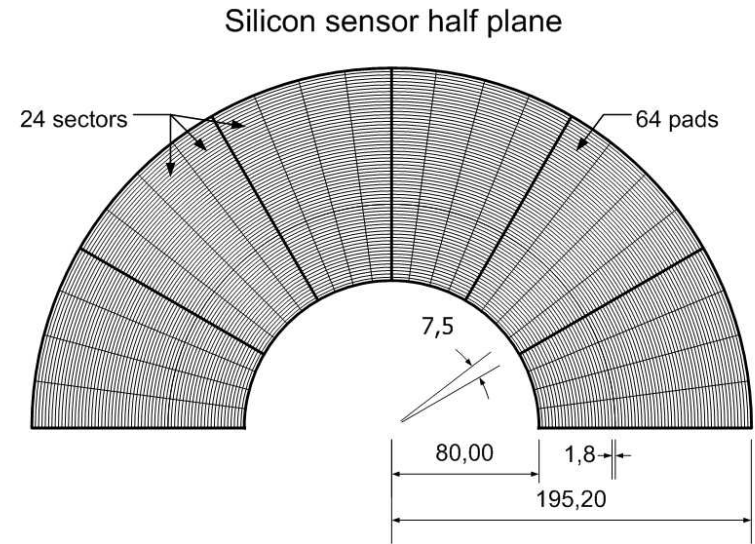
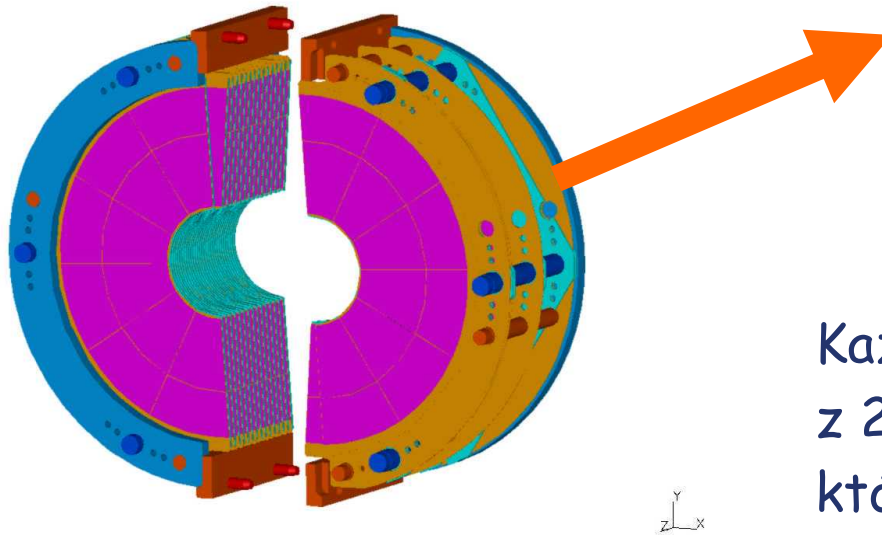




AGH

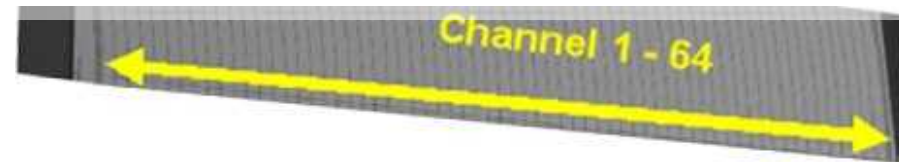
Detektor LumiCal

Dwa kalorymetry kanapkowe Si/W
Każdy zbudowany z 2 półcylindrów,
składających się z 30 warstw



Każda pół-warstwa sensora składa się
z 24 sektorów azymutalnych, z
których każdy ma 64 radialne pady

Każda warstwa grubości X_0
składa się z absorbera
(wolframu grubości 0.35cm) i
sensora (Si o grubości 320 μ m)



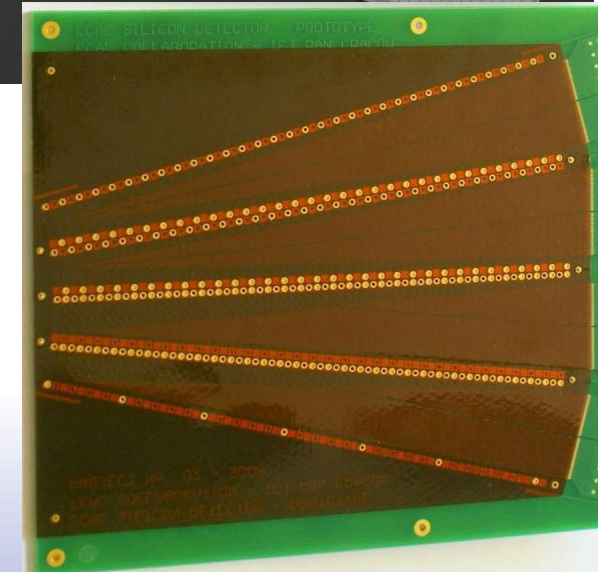
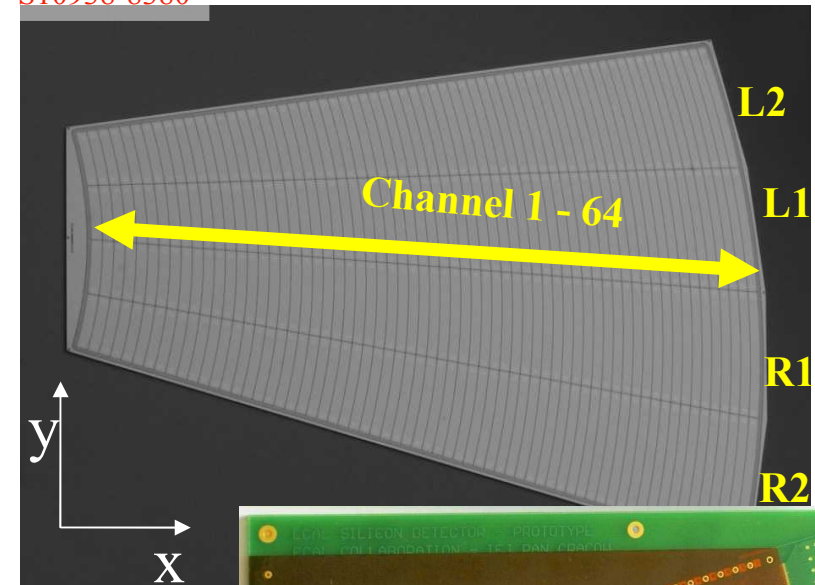
Razem:

$$2 * 30 * 48 * 64 = 184320 \text{ kanałów}$$

Sensory i Fanout dla LumiCal-a (IFJ)

- Sensory Hamamatsu (30° ↔ 4 sektory)
- Standardowy krzem
 - Prąd upływu <math>< 10 \text{ nA/cm}^2</math> @ 200V
 - Wysokorezystywny krzem o podłożu typu n, grubość 320um
 - Pady P+ z metalizacją Al- (sprężone DC)
- Fanout kaptonowy 50um grubości – może uda się go pozbyć...

Hamamatsu
S10938-8380



LumiCal - pomiary sensorów (IFJ+AGH)

- ❑ Pomiary C-V oraz I-V wykonane na probstacji
- ❑ Napięcie zubożenia ~50V
- ❑ Prądy upływu ~2nA/pad

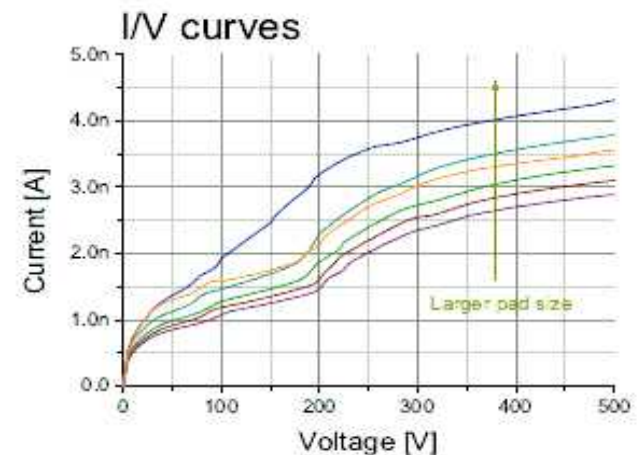
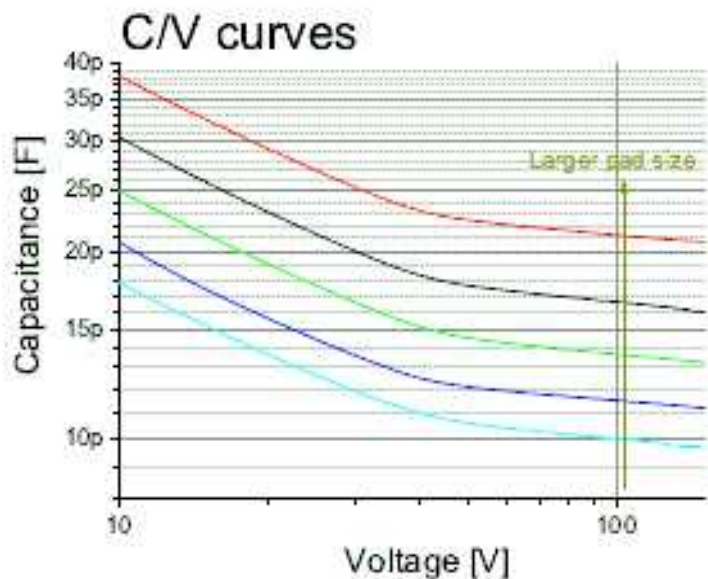
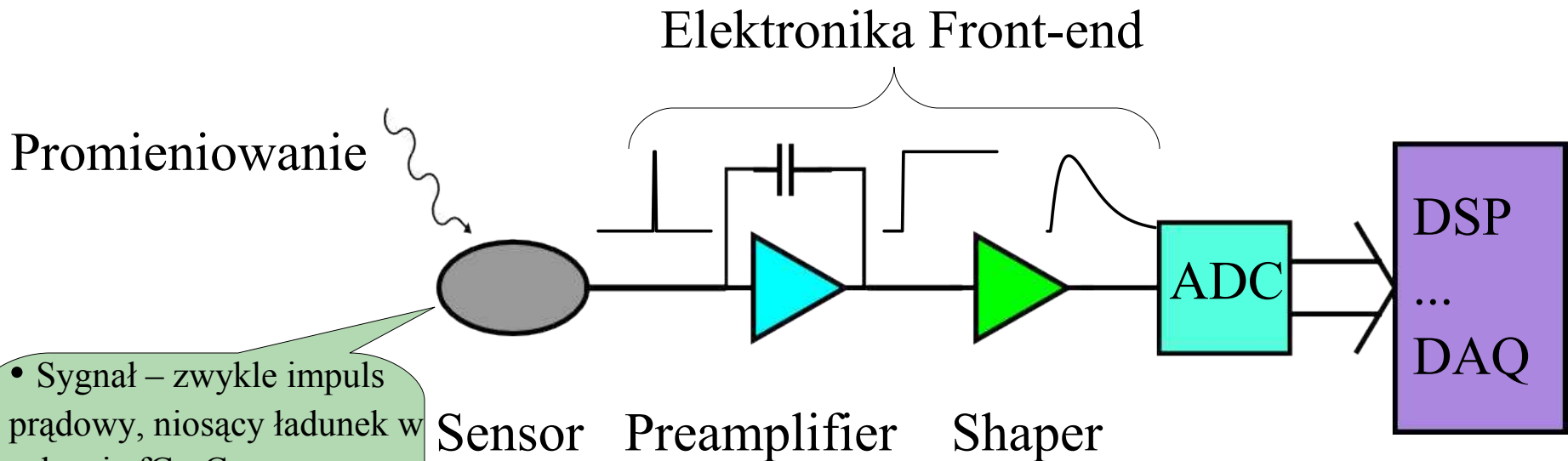


Figure 15: IV curves for different padsizes.

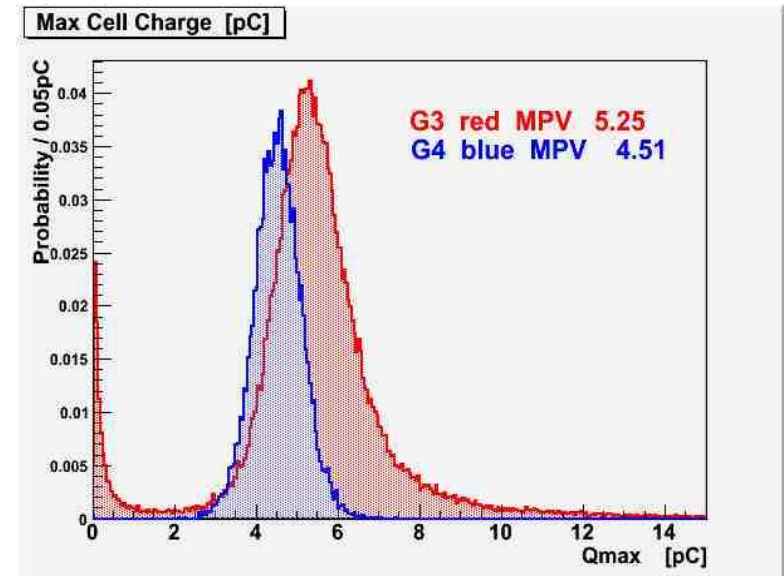
System odczytu detektora

- Promieniowanie jonizujące indukuje impuls prądowy na elektrodach sensora
- Preamplifier - całkuje impuls prądowy sensora, dając sygnał proporcjonalny do ładunku zdeponowanego w sensorze (w Si ~ 3.6 eV/ parę elektron-dziura)
- Shaper - filtruje i wzmacnia sygnał by osiągnąć maksymalny stosunek sygnału do szumu (S/N), decyduje o czasie trwania sygnału zgodnie z oczekiwaną częstością zdarzeń
- ADC - konwertuje sygnał do postaci cyfrowej o zadanej rozdzielczości



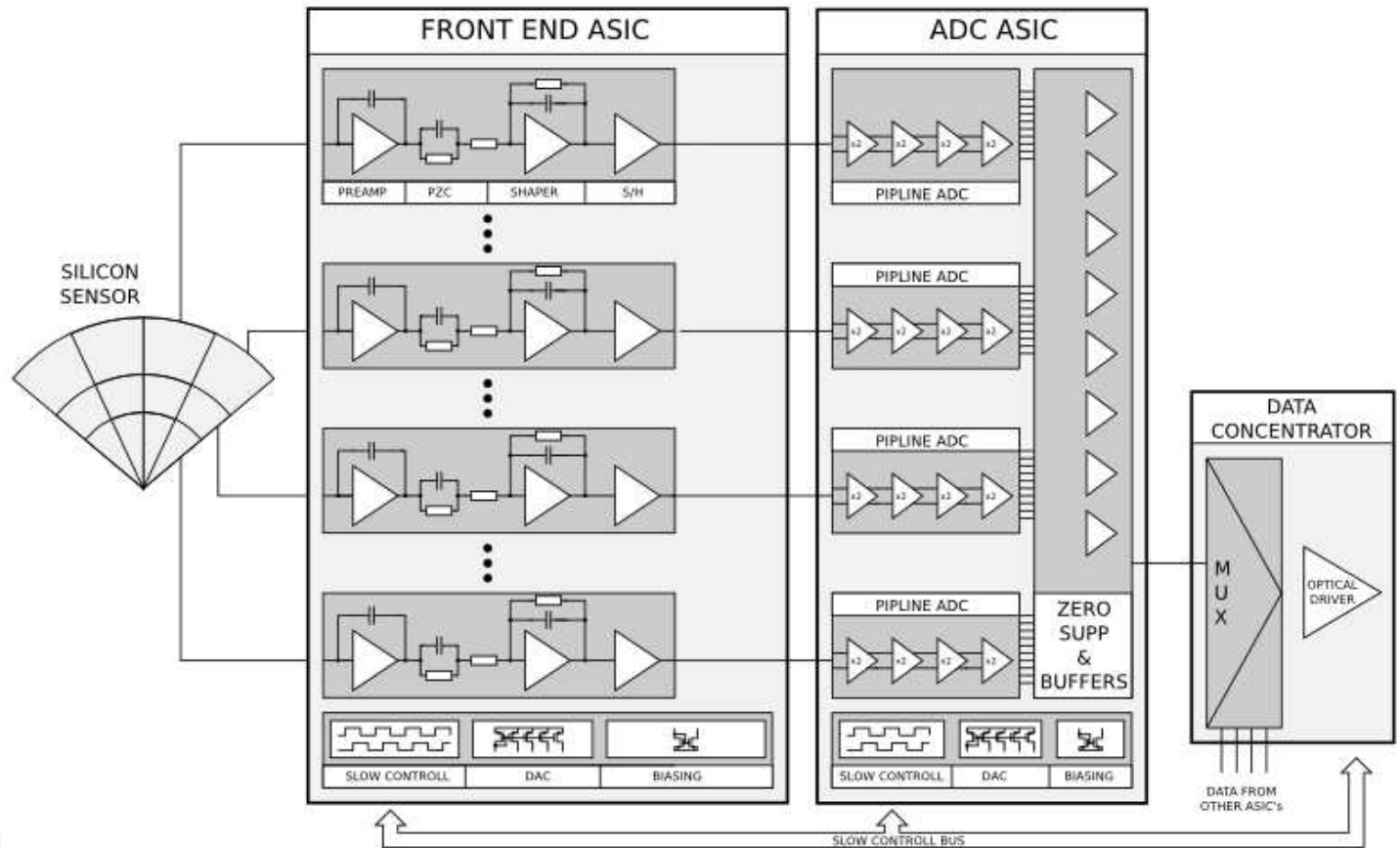
Istotne parametry LumiCal-a

- ❑ Zakres sygnałów: od 2 fC (miony w modzie kalibracyjnym) do ponad 10 pC (w modzie fizycznym)
- ❑ Okupancja: do ~4% (beam-strahlung), poniżej 1% (bhabha)
- ❑ Sensory Si ze sprzężeniem DC
 $C_{det} \sim 10-100 \text{ pF/pad}$, plus fanout $\sim 1 \text{ pF/cm}$, prąd upływu $\sim 1-10 \text{ nA/pad}$)
- ❑ Czas pomiędzy zderzeniami $\sim 350 \text{ ns}$
- ❑ Po $\sim 1 \text{ ms}$ wiązki $\sim 200 \text{ ms}$ przerwy, by uzyskać mały średni pobór mocy należy wyłączać elektronikę w przerwie

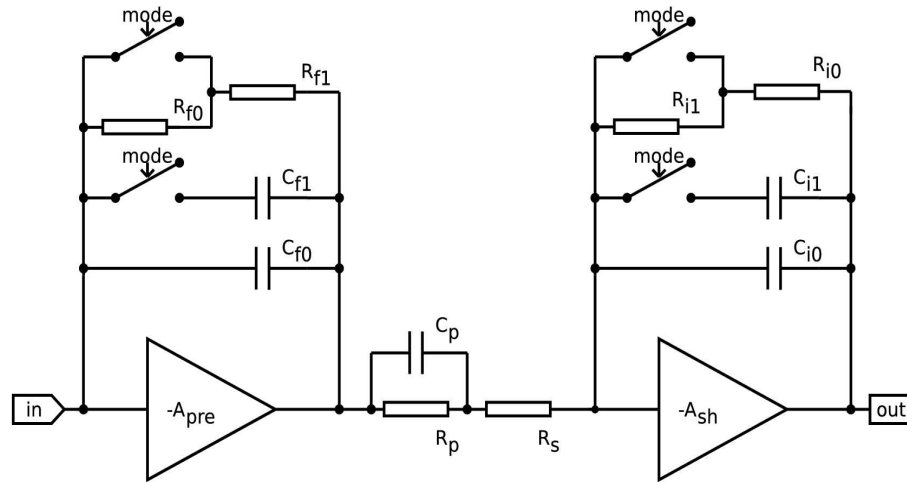


Architektura odczytu detektora LumiCal

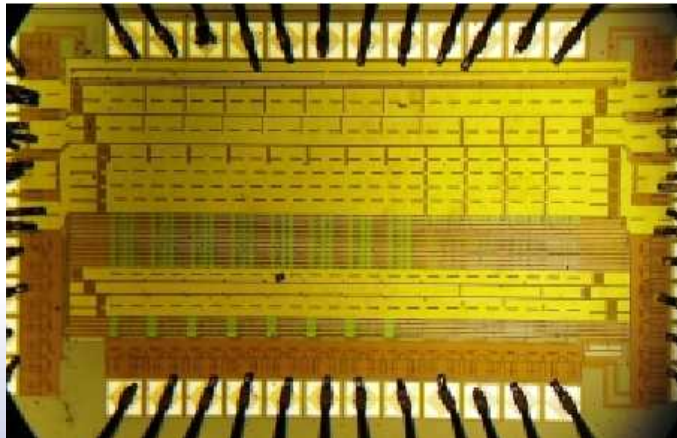
- Front-end ASIC 32-64 kanały (na razie 8 kanałów)
- ADC na każdy kanał
- Prototypy w AMS 0.35 μm



Preamplifier & PZC & Shaper

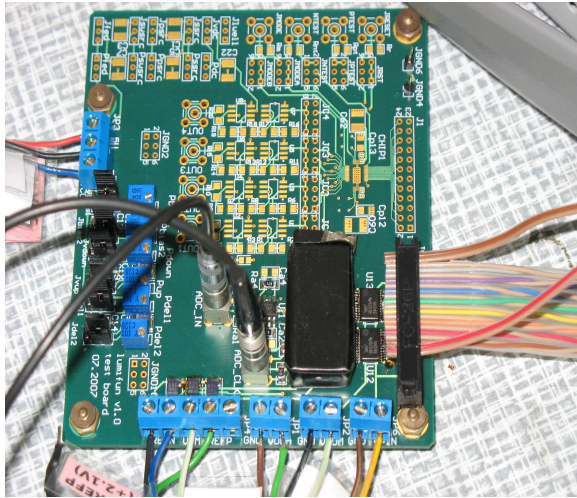


$$\frac{U_{out}(s)}{I_{in}(s)} = \frac{1}{C_f C_i R_s} \cdot \frac{s + 1/C_p R_p}{s + 1/C_f R_f} \cdot \frac{1}{(s + 1/C_i R_i)(s + 1/C_p (R_p || R_s))}$$

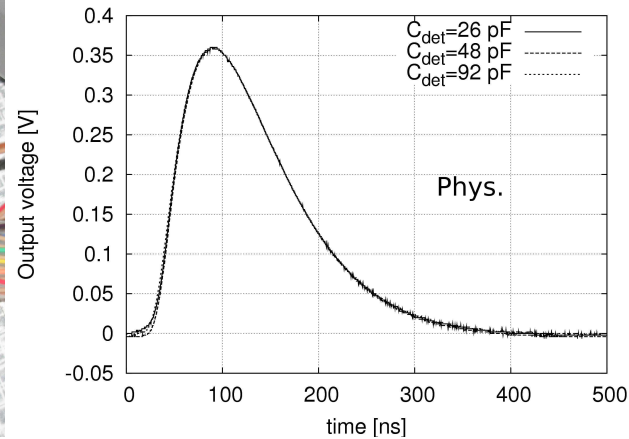


- ❑ ASIC z 8 kanałami
- ❑ Przełączane wzmocnienie (od MIP=4fC do ~10pC)
- ❑ Zakres $C_{det} \sim 0-500$ pF
- ❑ 1st order shaping $T_{peak} \sim 60$ ns
- ❑ Moc < 9 mW/chan

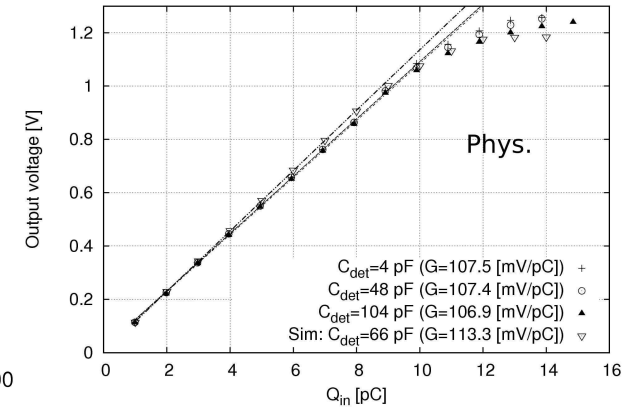
Pomiary Front-end-u



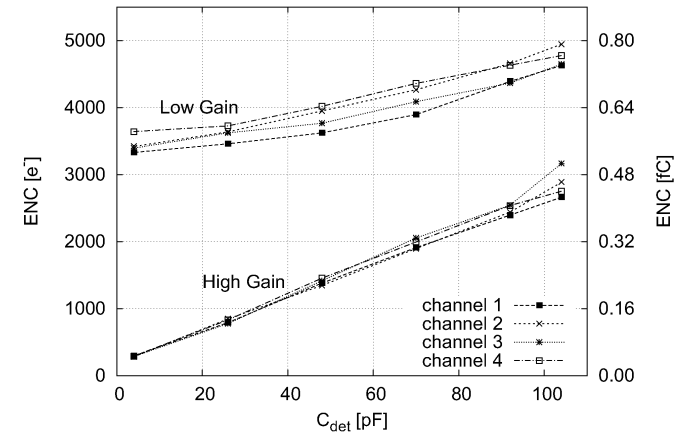
Kształt impulsu



Wzmocnienie



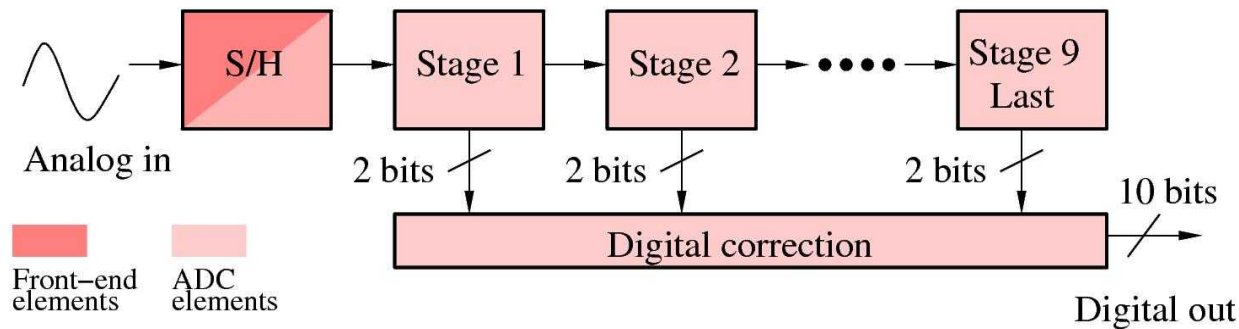
Szumy



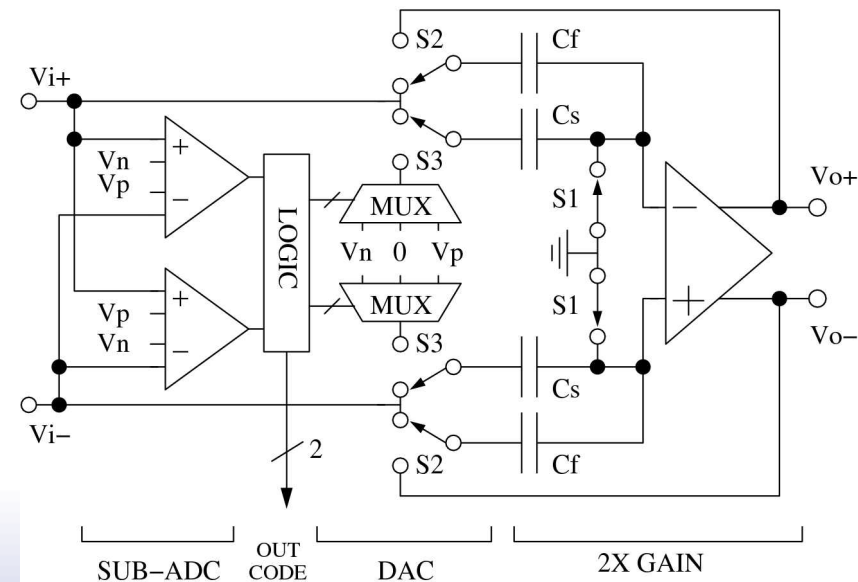
Mode	Gain [mV/fC]	Noise@50pF [fC]	Linearity [pC]	Rate [MHz]	Crosstalk [%]
Physics	0.107	0.62	10	3	≈ 1
Calibration	≈ 20	0.28	0.035	2.5	≈ 0.1

Wyniki pomiarów zgodne z założeniami

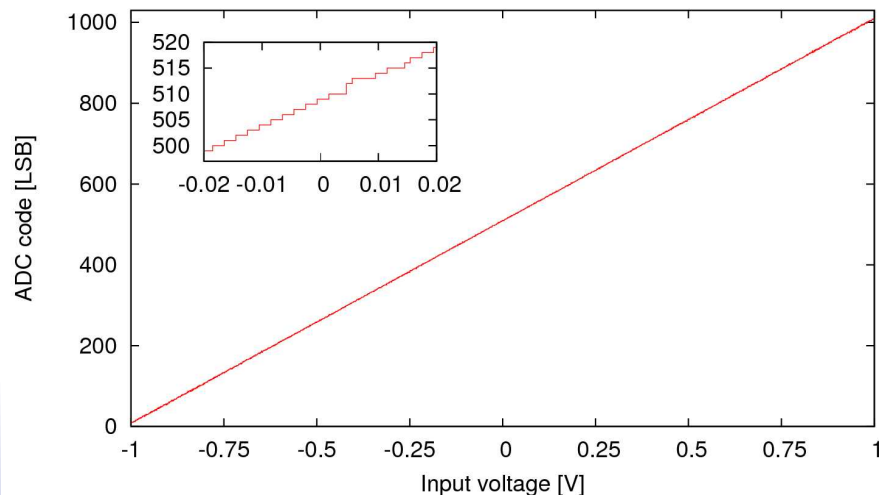
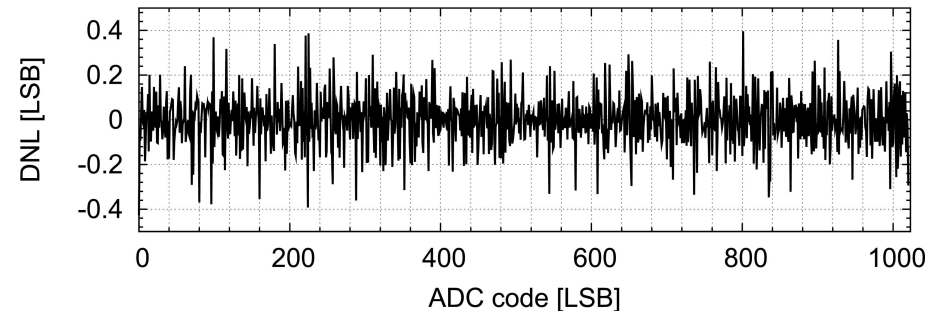
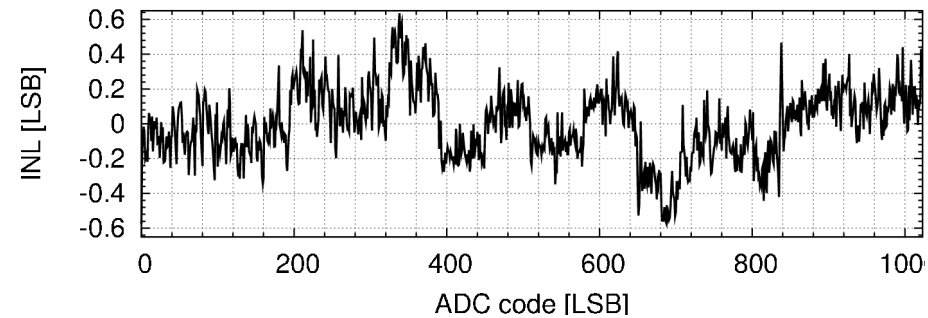
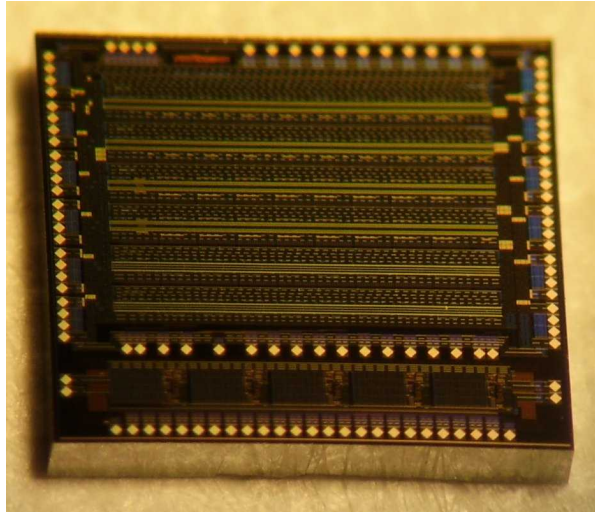
Projekt ADC typu pipeline



- ❑ 10 bit pipeline ADC 1.5 bit na stopień
- ❑ Próbkowanie 3-30 Ms/s
- ❑ W pełni różnicowa architecture
- ❑ Możliwość wyłączenia w przerwie pomiędzy wiązkami



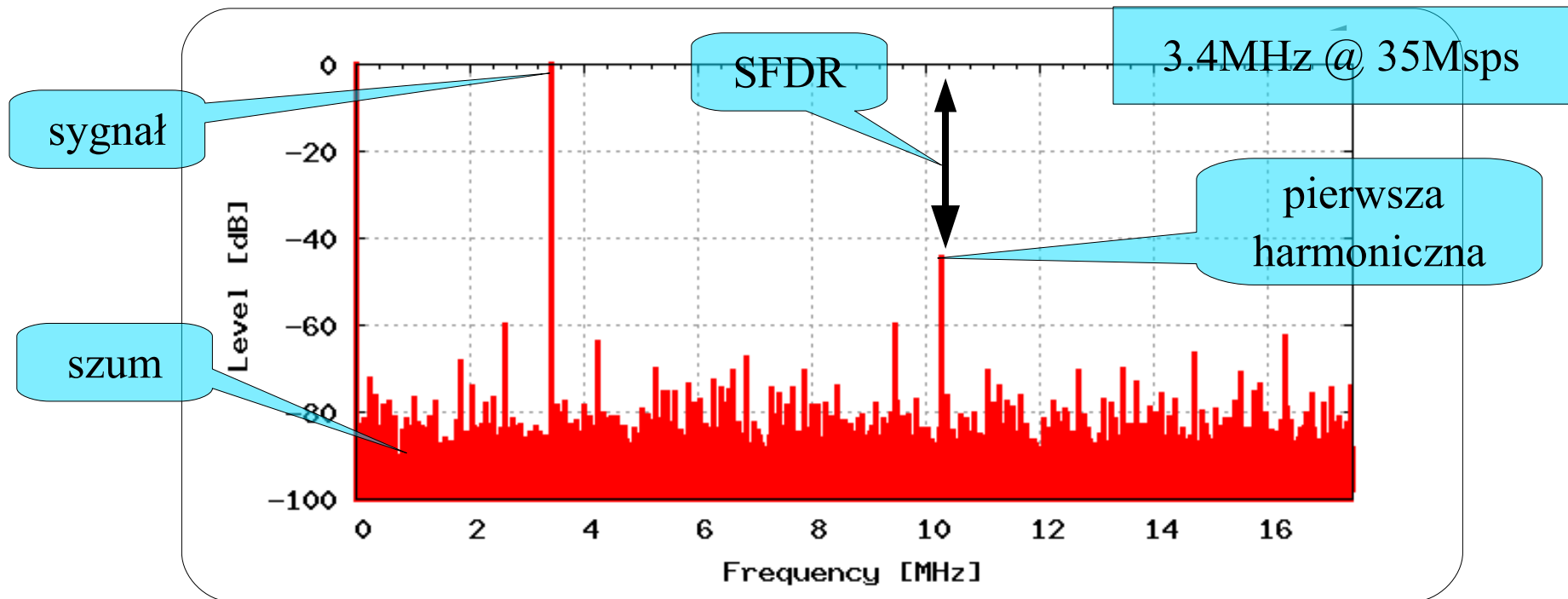
Pomiary statyczne ADC



Bardzo dobra liniowość
 $INL < 1LSB$, $DNL < 0.5 LSB$

Pomiary dynamiczne ADC

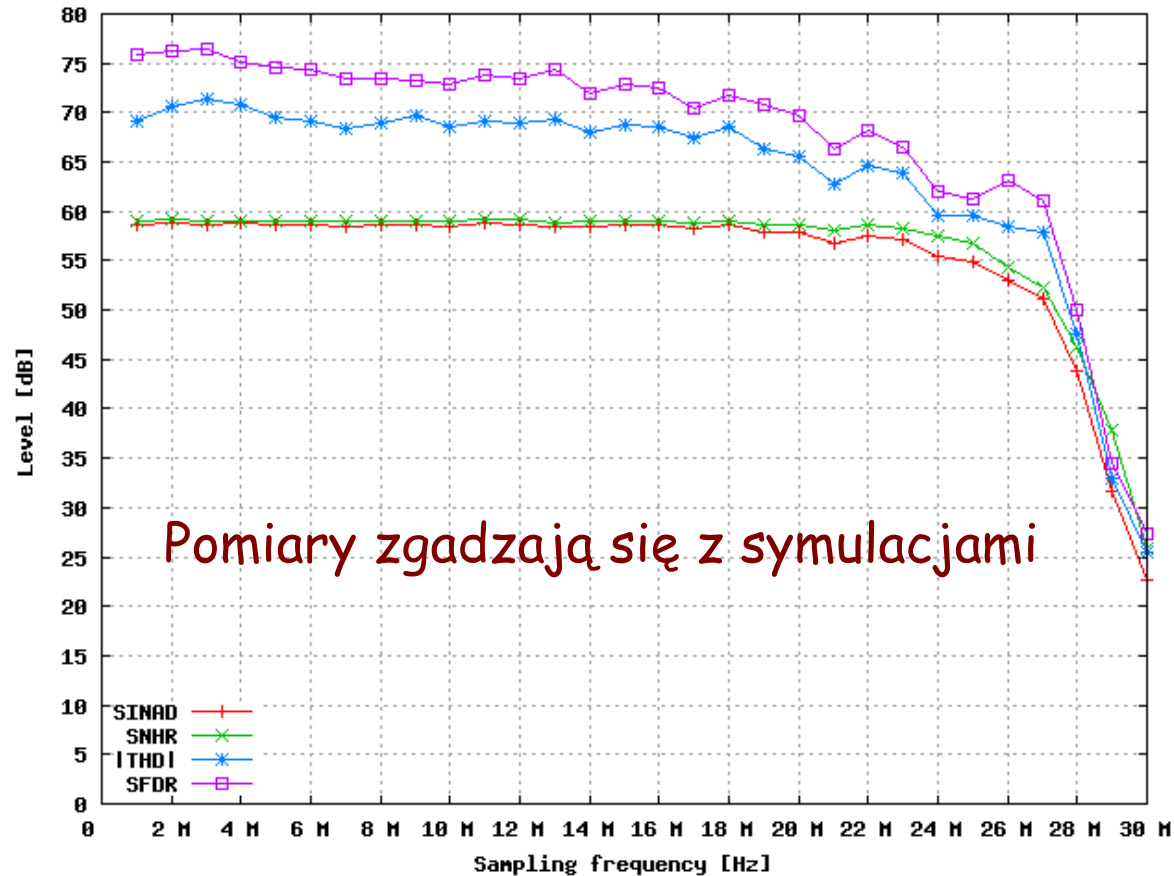
Przykład widma FFT: sygnał sinusoidalny na wejściu, robimy transformatę Fouriera z kodów wyjściowych...



Dyskretna transformata Fouriera najlepszym narzędziem do charakteryzacji ADC

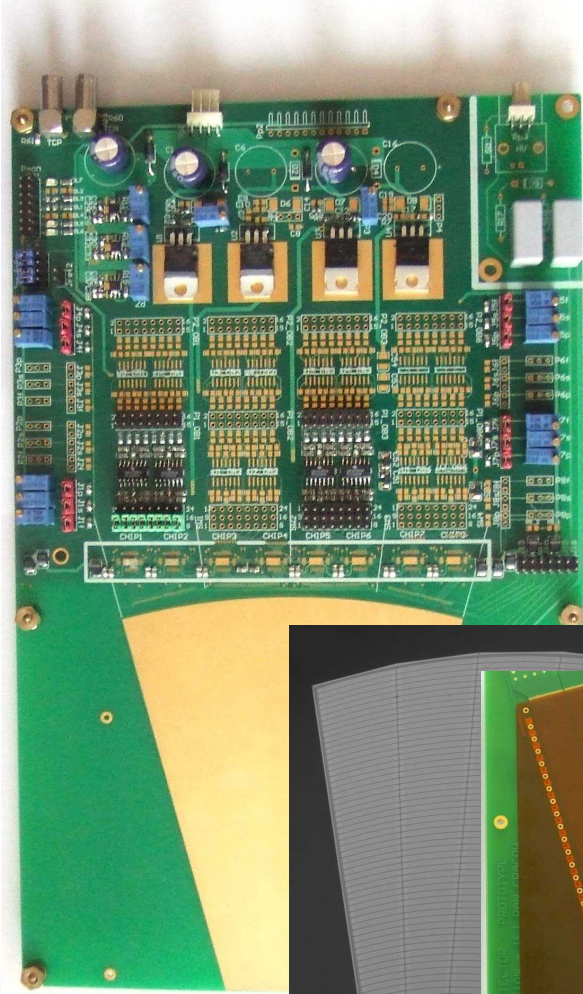
Pomiary dynamiczne ADC

- ❑ SNHR stosunek sygnału do szumu bez harmonicznych
- ❑ THD stosunek sygnału do harmonicznych
- ❑ SINAD stosunek sygnału do szumu
- ❑ Efektywna liczba bitów
 $ENOB = (SINAD - 1.8) / 6 = 9.3$



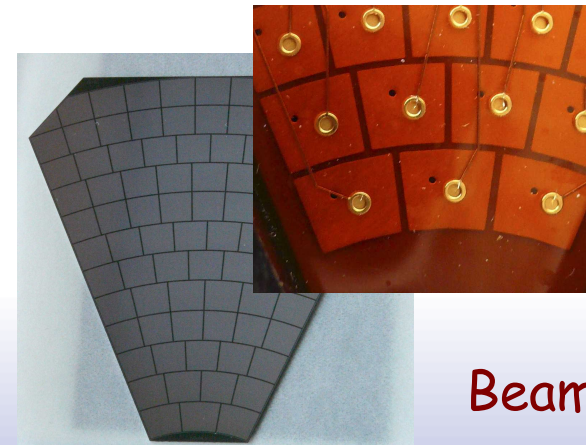
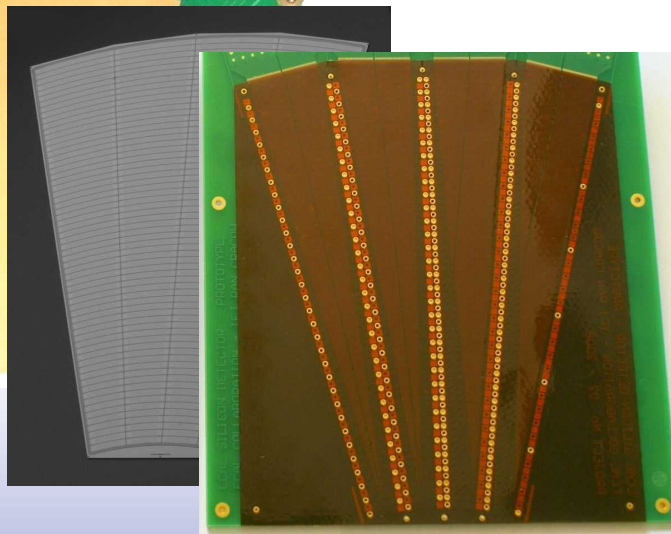
Prototyp wielokanałowego (8) ADC już wyprodukowany,
 właśnie zaczynamy testy!

Przygotowanie beam-testu na sierpień 2010



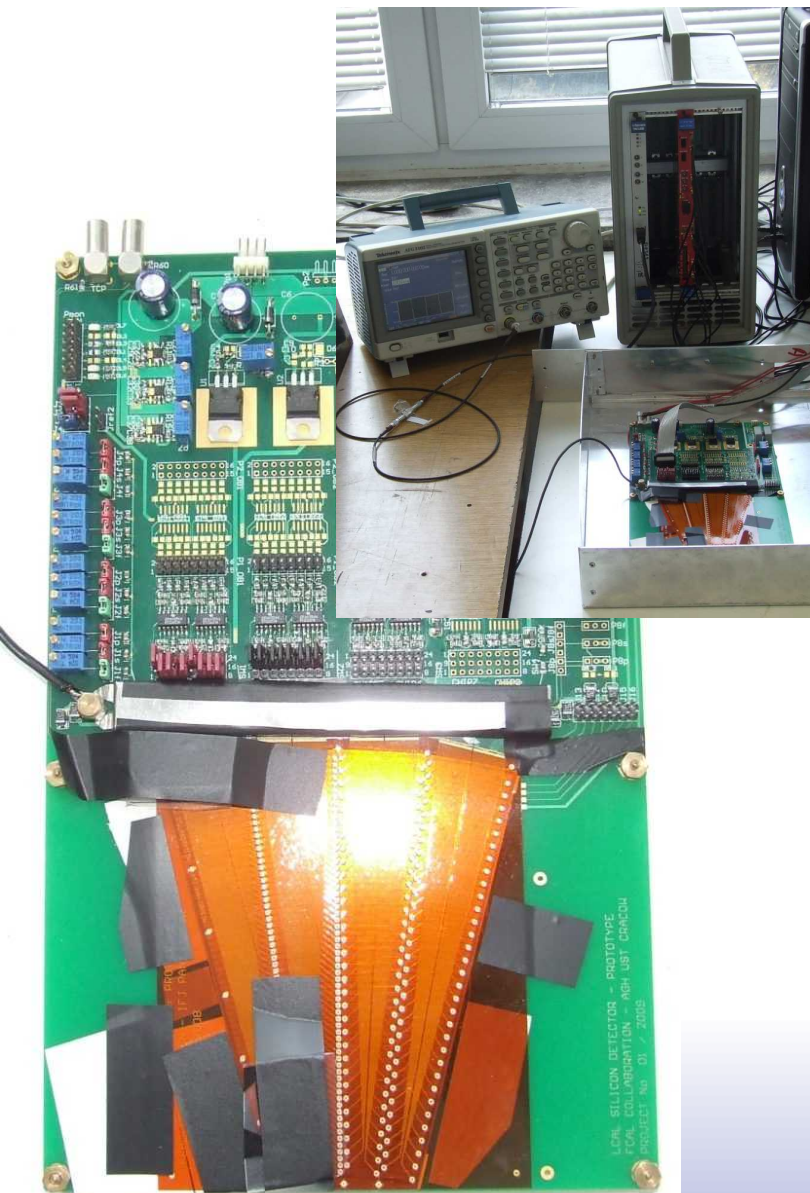
- ❑ Dedykowana płytka PCB
- ❑ Sensory dla LumiCal-a (Si) i BeamCala-a (GaAs)
- ❑ 8 ASIC-ów front-end (64 kanały)
- ❑ Fanout-y (LumiCal, BeamCal)
- ❑ ADC zewnętrzne (na razie)

LumiCal

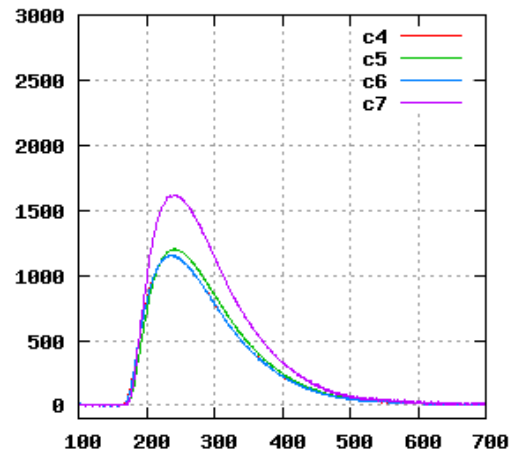


BeamCal

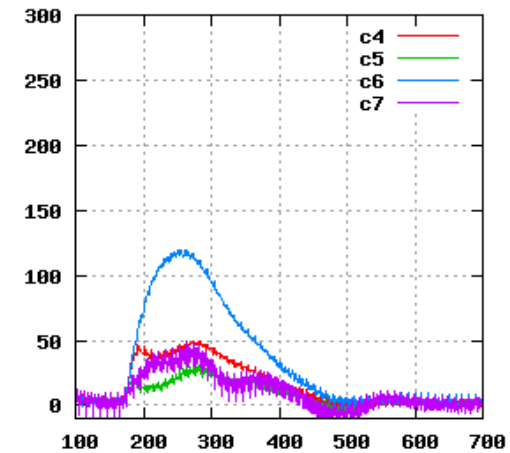
Przygotowanie beam-testu



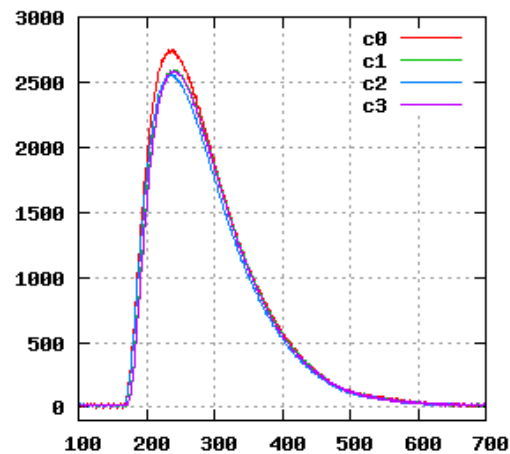
Passive feedback (RF) - pulses



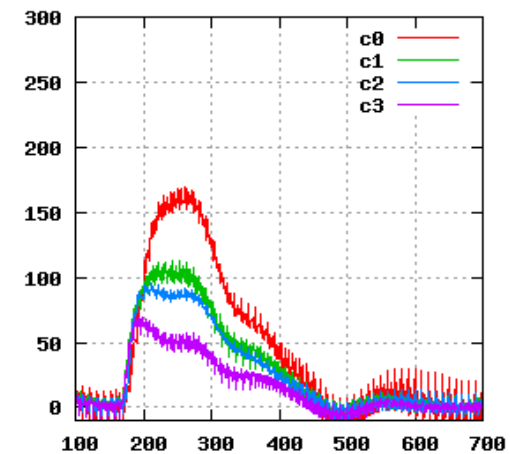
Passive feedback (RF) - crosstalk



Active feedback (MOS) - pulses



Active feedback (MOS) - crosstalk



- ❑ 4 x 8 kanałów pracuje
- ❑ Crasstalk < 5%

FCAL: ILC vs CLIC

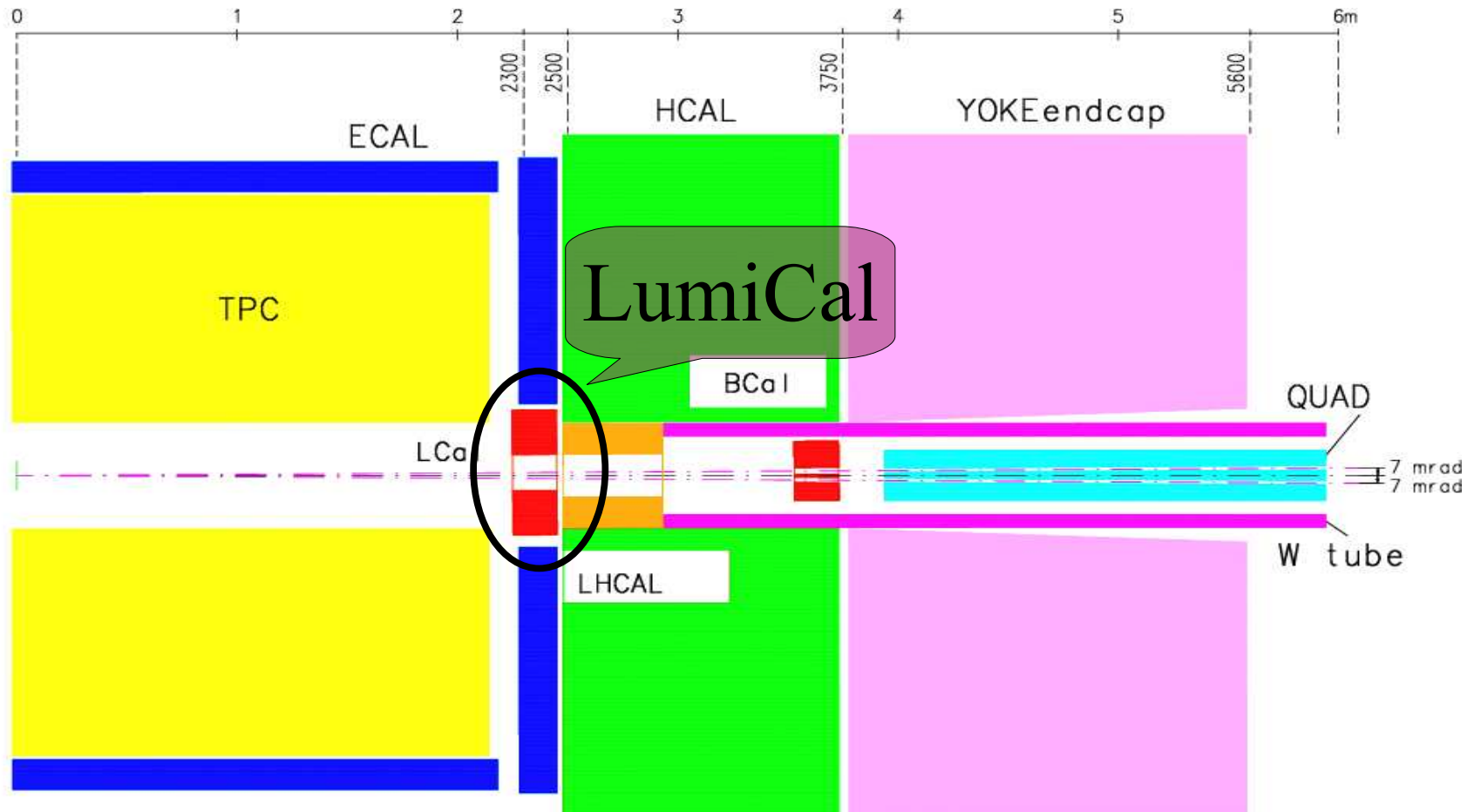
- ❑ Kolaboracja FCAL rozwija detektory LumiCal i BeamCal także z myślą o CLIC
- ❑ FCAL rozpoczęło prace dla CLIC niedawno, więc ich zaawansowanie jest niewielkie
- ❑ Koncepcja architektury detektorów jest podobna w obu przypadkach
- ❑ Bardzo istotne różnice występują w odczycie detektorów ze względu na parametry czasowe wiązki:
 - w ILC sygnał zegar 369ns, w CLIC ze względu na bardzo krótki czas pomiędzy zderzeniami, każdy kanał będzie się musiał samowyzwalać
 - 5Hz ILC / 50 Hz CLIC będzie miało konsekwencje w wyłączaniu odczytu i poborze mocy
- ❑ Uszkodzenia radiacyjne w CLIC ???
- ❑ Wiele innych różnic...

	LEP 2	ILC 0.5 TeV	CLIC 0.5 TeV	CLIC 3 TeV
L [$\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$]	5×10^{31}	2×10^{34}	2×10^{34}	6×10^{34}
BX/train	4	2670	350	312
BX sep	247 ns	369 ns	0.5 ns	0.5 ns
Rep. rate	50 kHz	5 Hz	50 Hz	50 Hz
L/BX [cm^{-2}]	2.5×10^{26}	1.5×10^{30}	1.1×10^{30}	3.8×10^{30}
$\gamma\gamma \rightarrow X$ / BX	neg.	0.2	0.2	3.0
σ_x/σ_y	240 / 4 mm	600 / 6 nm	200 / 2 nm	40 / 1 nm

Podsumowanie

- ❑ Na WFIS AGH prace nad projektem i budową detektora świetlności LumiCal dla ILC (CLIC) postępują w niezłym tempie
- ❑ Obecnie prace finansowane są z projektów europejskich (i SPUBów) EUDET (do końca 2010), MC-PAD
- ❑ W ciągu następnych 3 lat (wraz z IFJ) będziemy chcieli stworzyć rozsądny prototyp modułu detektora LumiCal (np. kilka warstw zawierających po 4-8 sektorów detektora każda) z kilkoma tysiącami kanałów
- ❑ Równolegle powinniśmy niedługo zacząć prace nad wersją systemu detekcji spełniającą wymagania zderzacza CLIC...

FCAL architecture



LCaI $R_i = 100$ mm
 $R_o = 350$ mm
 $z_1 = 2270$ mm
 $z_2 = 2470$ mm

LHCAL $R_i = 120$ mm
 $R_o = 290$ mm
 $z_1 = 2500$ mm
 $z_2 = 2950$ mm

BCaI $R_i = 20$ mm / 15 mm
 $R_o = 165$ mm
 $z_1 = 3550$ mm
 $z_2 = 3750$ mm