CMOS ASICを用いた μ-PIC読み出し回路の開発

京大理、高エ研[1)]、ISAS/JAXA [2)]
岩城　智
谷森達、窪秀利、身内賢太朗、Parker Joseph、
株木重人、上野一樹、黒澤俊介、高橋慶在、
澤野達哉、谷上幸次郎、中村輝石、東直樹、
田中真伸1)、内田智久1)、藤田陽一1)、高田淳史2)

第6回　MPGD研究会 Dec 12, 2009
@神戸大学百年記念館 六甲ホール

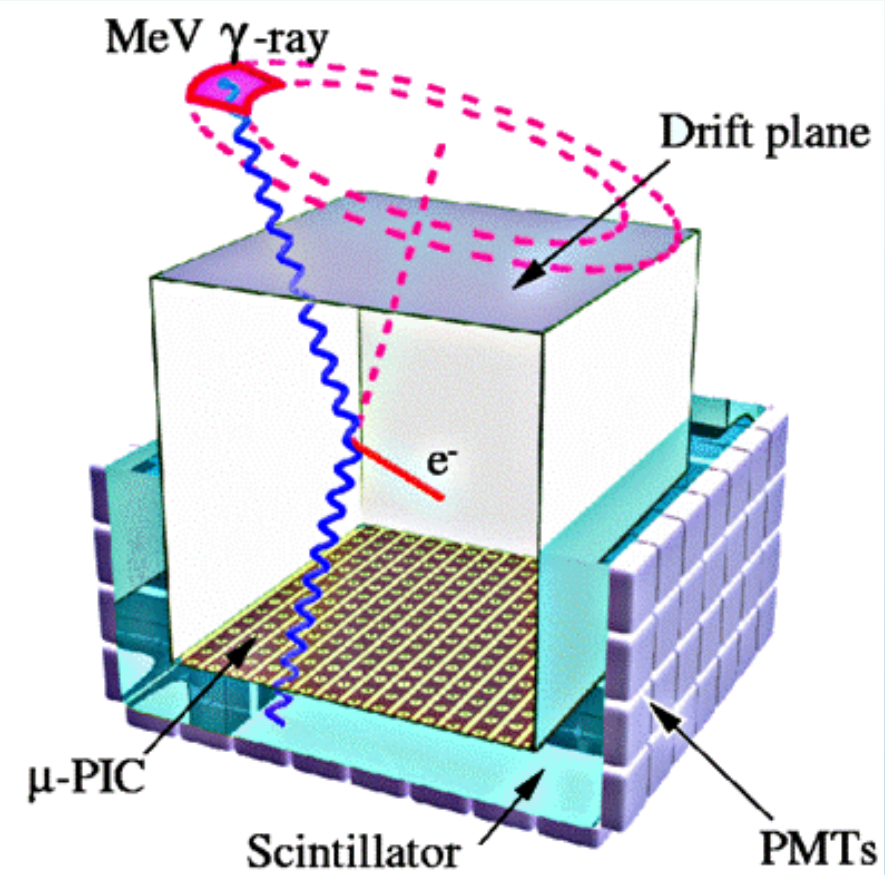
目次

- ETCCと気球実験
- これまでの読み出しシステム
- FE2009bal
  - テストボード
  - μ-PICとの接続
- まとめ

Electron Tracking Compton Camera (ETCC)

Sub MeV~ MeV γ線による
イメージング

- γ線天文学(気球実験, SMILE)
- 核医療



micro-TPC

- μ-PICを用いた
  Time Projection Chamber
- 反跳電子の飛跡とエネルギーを測定

＋

シンチレーションカメラ

- Pixel Scintillator Array
  +Multi Anode PMT
- 散乱γ線の吸収位置と
  エネルギーを測定

1event毎にコンプトン散乱を再構成
エネルギーと到来方向を一意に決定

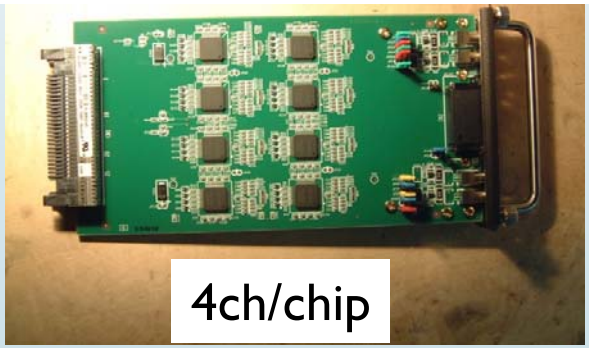
気球実験 SMILE

Sub-MeV gamma-ray Imaging Loaded-on-balloon Experiment

SMILE Ⅰ 実験（2006年9月1日）

- 10×10×15cm^{3}TPC (512ch読み出し) +33PMTs
- 読み出しにはATLAS TGC ASDを使用 ASD(Bipolarプロセス) : 59mW/ch

ATLAS TGC ASD 64ch board



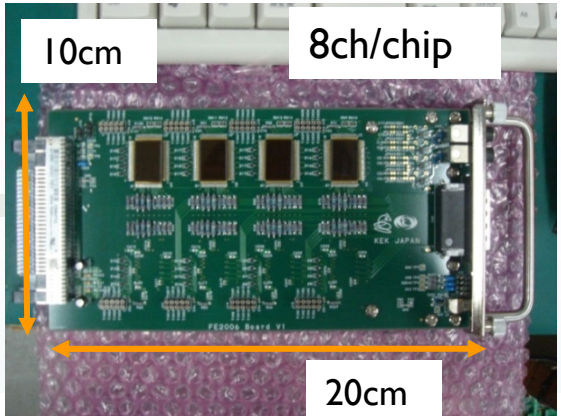
SMILE Ⅱ 実験（2011年予定）

- (30 cm)^3 TPC×2 (3000ch読み出し) +216PMTs（予定）
- 上空での電力は限られているため、省電力化した読み出しシステムが必要

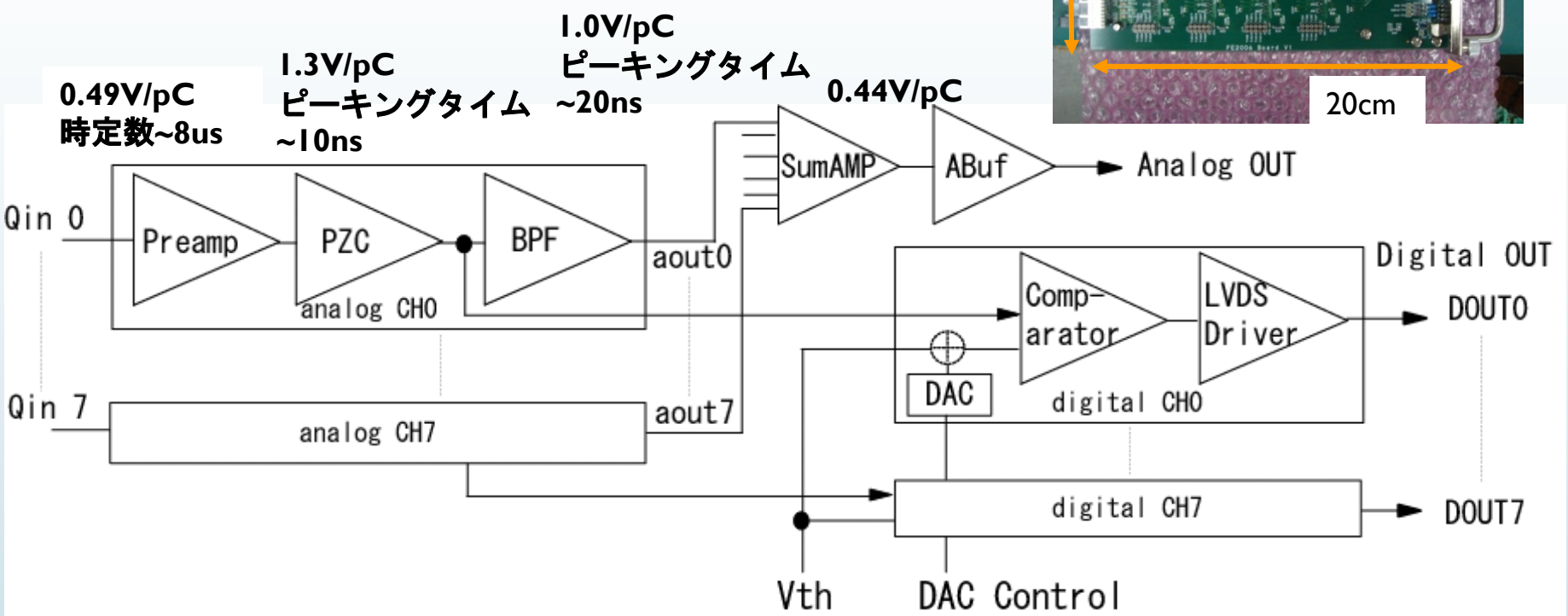
⇒KEKと共同でCMOS-ASICを用いた読み出しシステムを開発

FE2006

KEK測定器開発室ASICプロジェクト



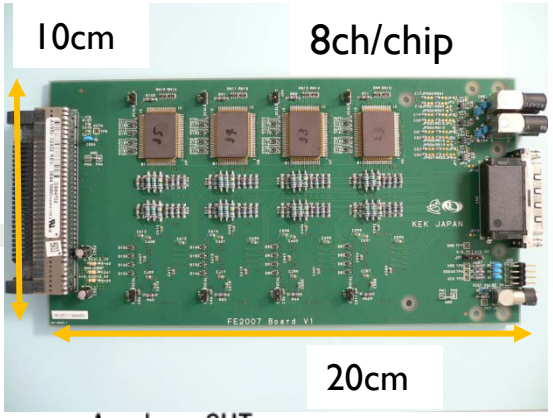
FE2006 1chip 回路ブロック図

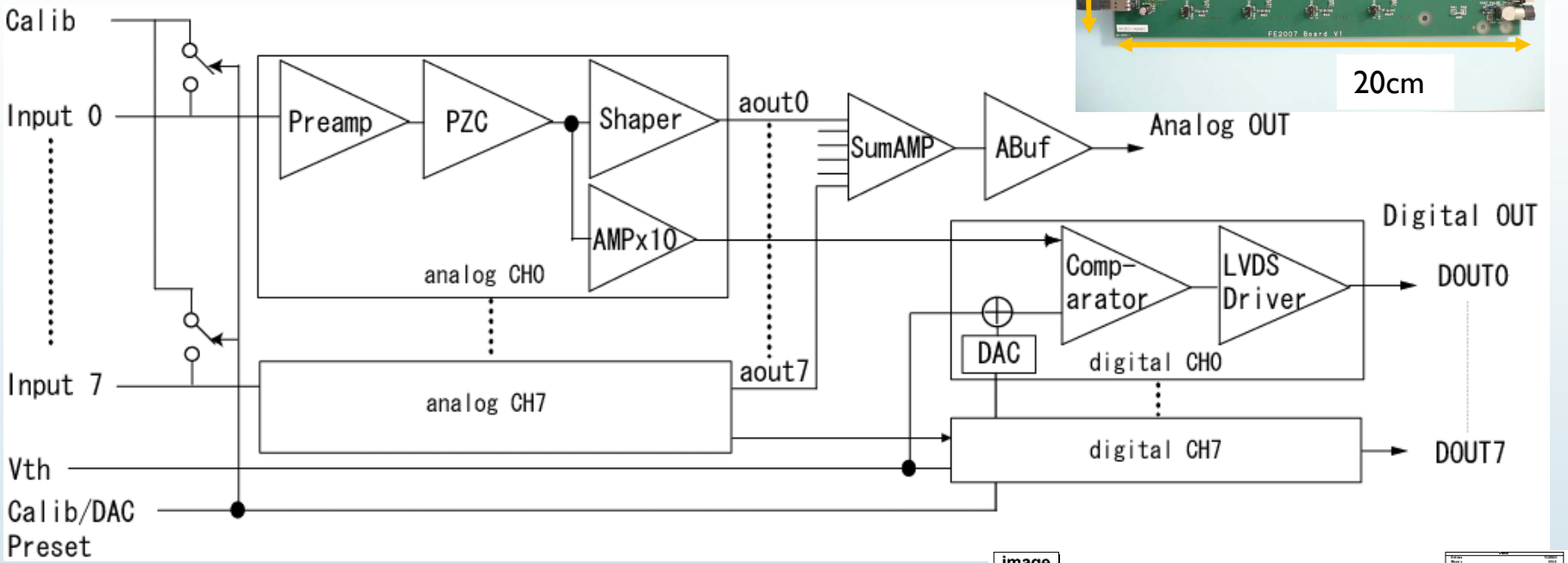


- tsmc 0.5 μm
- 8ch/chip
- 消費電力 29mW/ch
- Comparatorのthresholdばらつき補償用DAC(5bit)
  1mV/bit、0~-31mVの範囲で調整可能

FE2007

KEK測定器開発室ASICプロジェクト

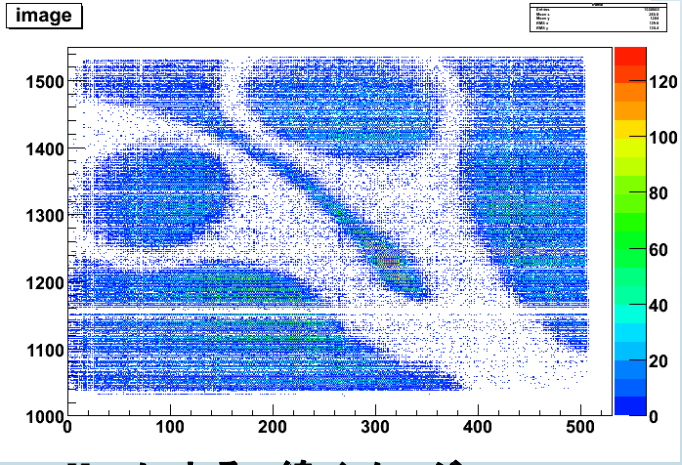




FE2006からの主な変更点

- 閾値電圧補正用test charge入力ラインが追加
- Comparator前段に10倍Ampが追加

⇒ DAC補正作業の簡略化
Vthをより低く設定
が目的



^{55}Feによる X線イメージ

気球用読み出し回路への要求

TPCのgainを30000と仮定すると…

- 低ノイズ：MIPを捕らえるために
  ノイズレベル2fC以下(ASDと同等)
- ダイナミックレンジ：±1pC
- Time walk: 10ns以下(5fC～1pC)
- 低消費電力:3000chを60Wで読み出す
  →20mW/ch以下 (FE2007:30mW)
- 高集積化(気球に乗せられるものには限りがある)

これらの要請を満たすため、気球専用ASICを開発
(本来ASICはそういうもの)

FE2009bal(iwakichip)

FE2007からの主な変更点

- 回路数が8ch→16ch
- Comparator前のアンプが10倍→30倍
  ←Vthを下げるため
- それに伴いDAC を5bit⇒6bit
- デジタル出力をLVDSからCMOS TTLに
- 消費電力30mW/ch⇒15mW/ch(シミュレーション)に

テスト基板

電源

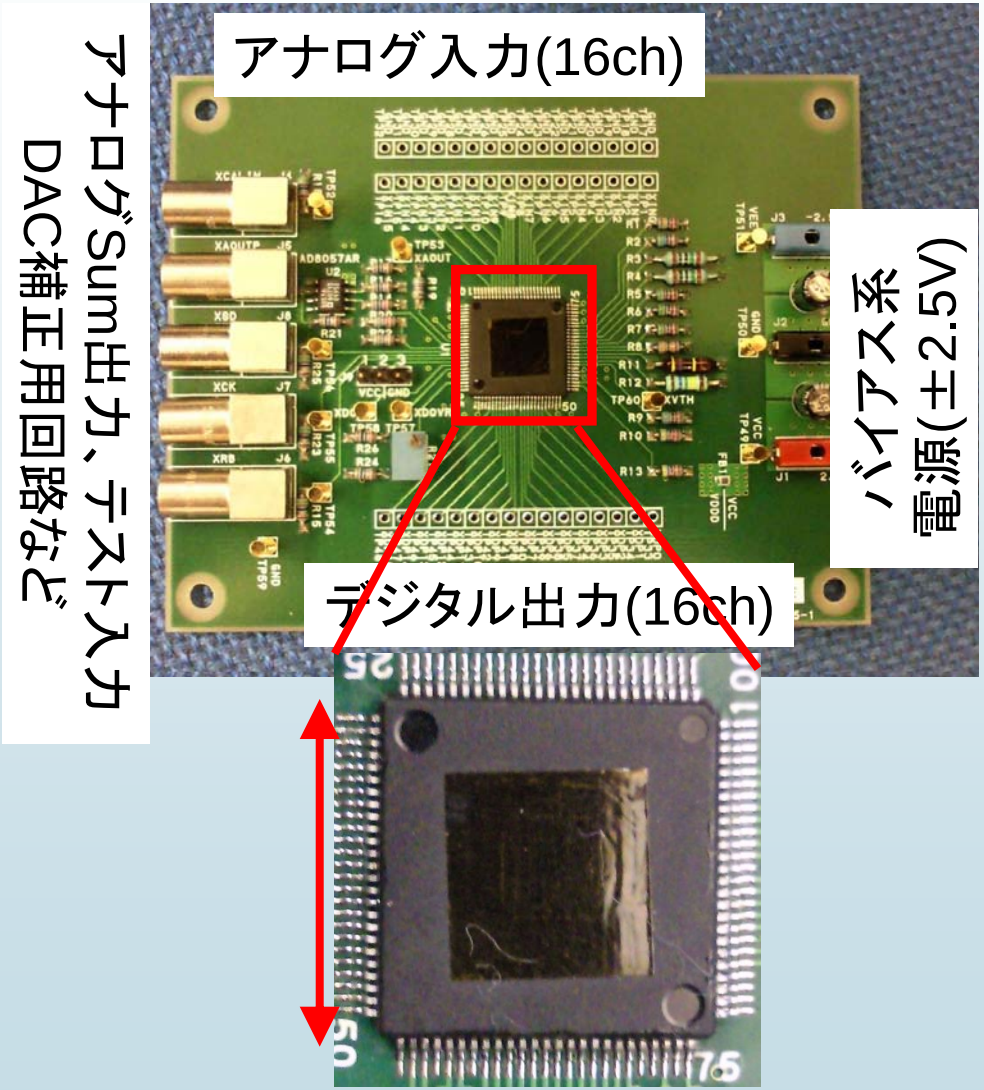
+2.5V : 47mA

-2.5V : 66mA

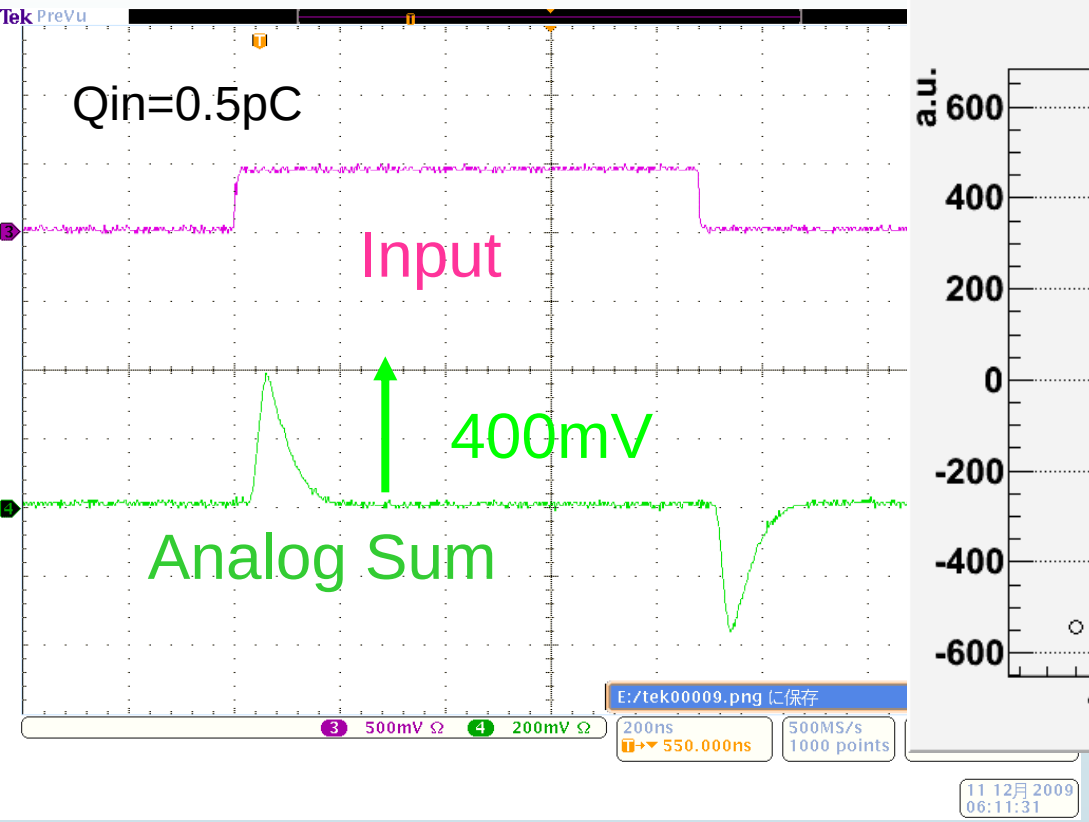
⇒17.5mW/ch

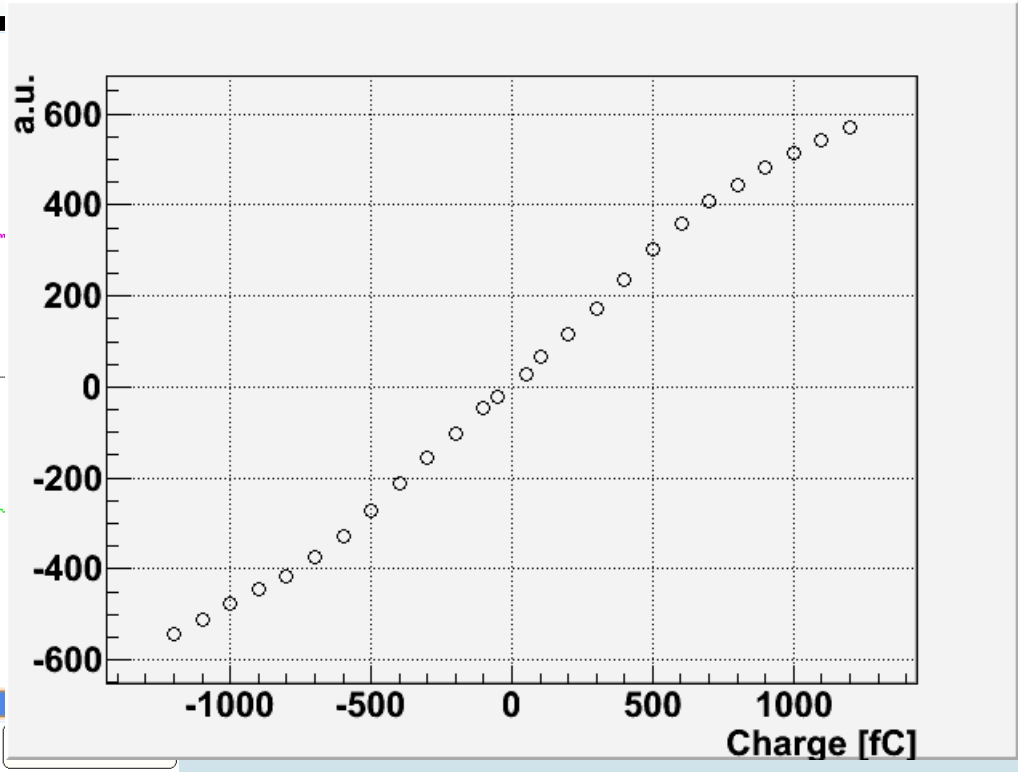
(シミュレーション値

:15mW/ch)



テストパルスによる評価





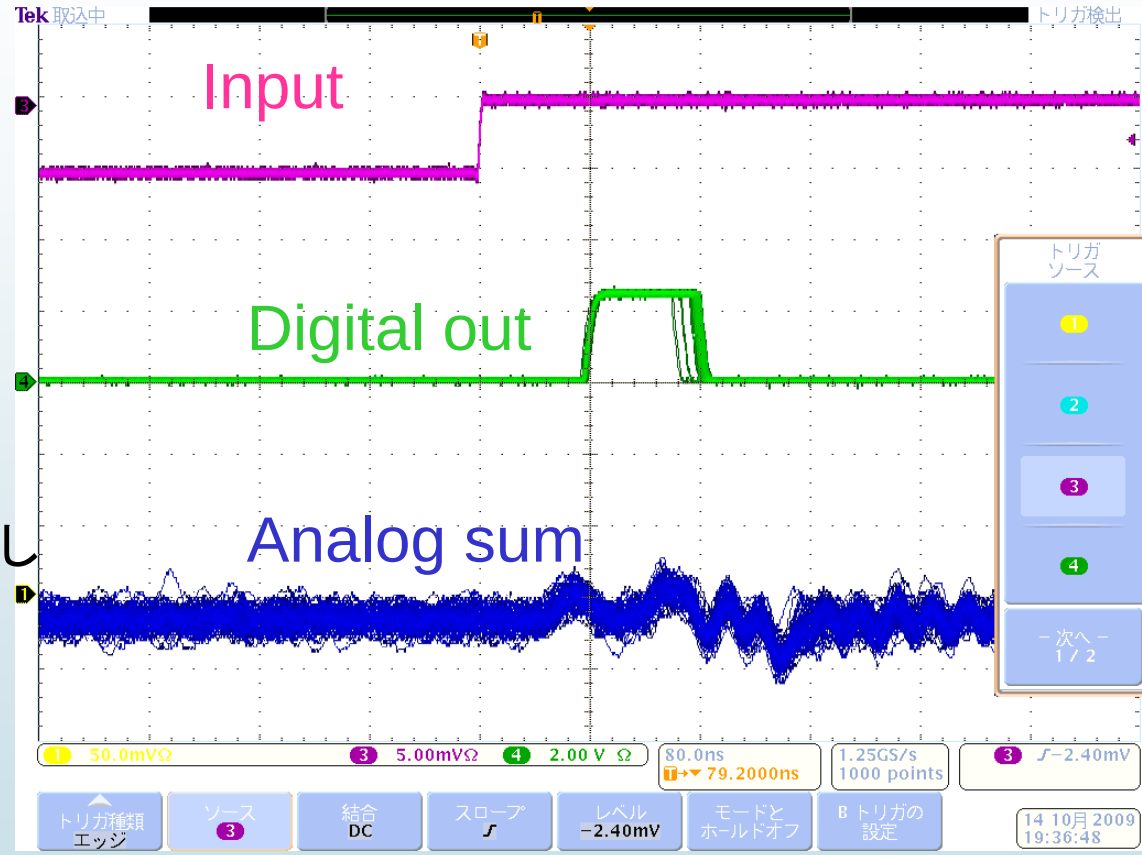
- 入力　-1pC～1pC
- Gain　～400mV/pC
- Peaking time ～30ns

デジタル出力(クロストーク)

- ch1に4fCを入力
  ⇒デジタル出力OK
  ノイズレベル4fC以下
  (アナログ信号は
  ノイズに負けて見えない)

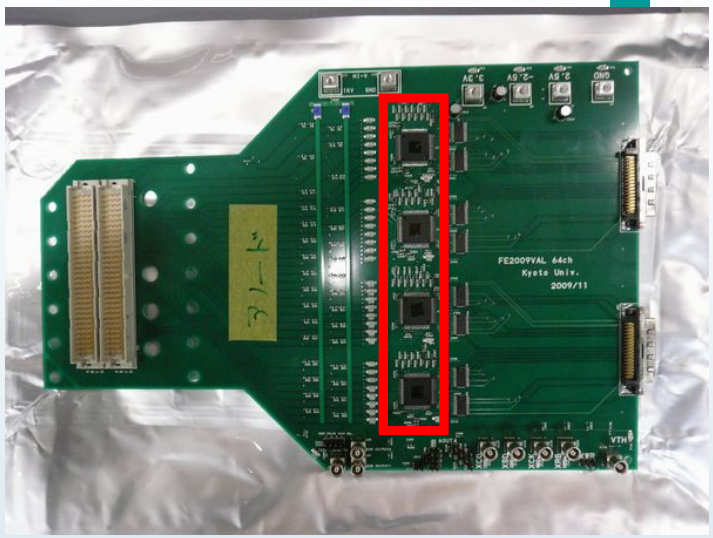
- 同じ状態でch2に
  1pC入力してもデジタル出力なし
  ⇒クロストーク0.4%以下

- time walk：~15ns

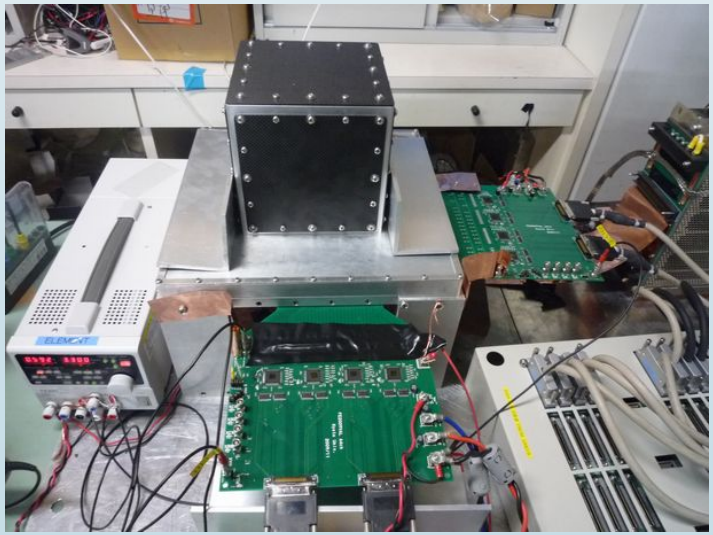


μ-PICと接続

- 64chボード作成
  (デジタルはLVDSに変換して出力)
iwakichip4つで64chのボードを作成
Anode、Cathodeとも64chで読み出し
⇒2.5cm×2.5cmの領域
＊DAC制御回路に配線ミス有り
  今回はDAC制御なし

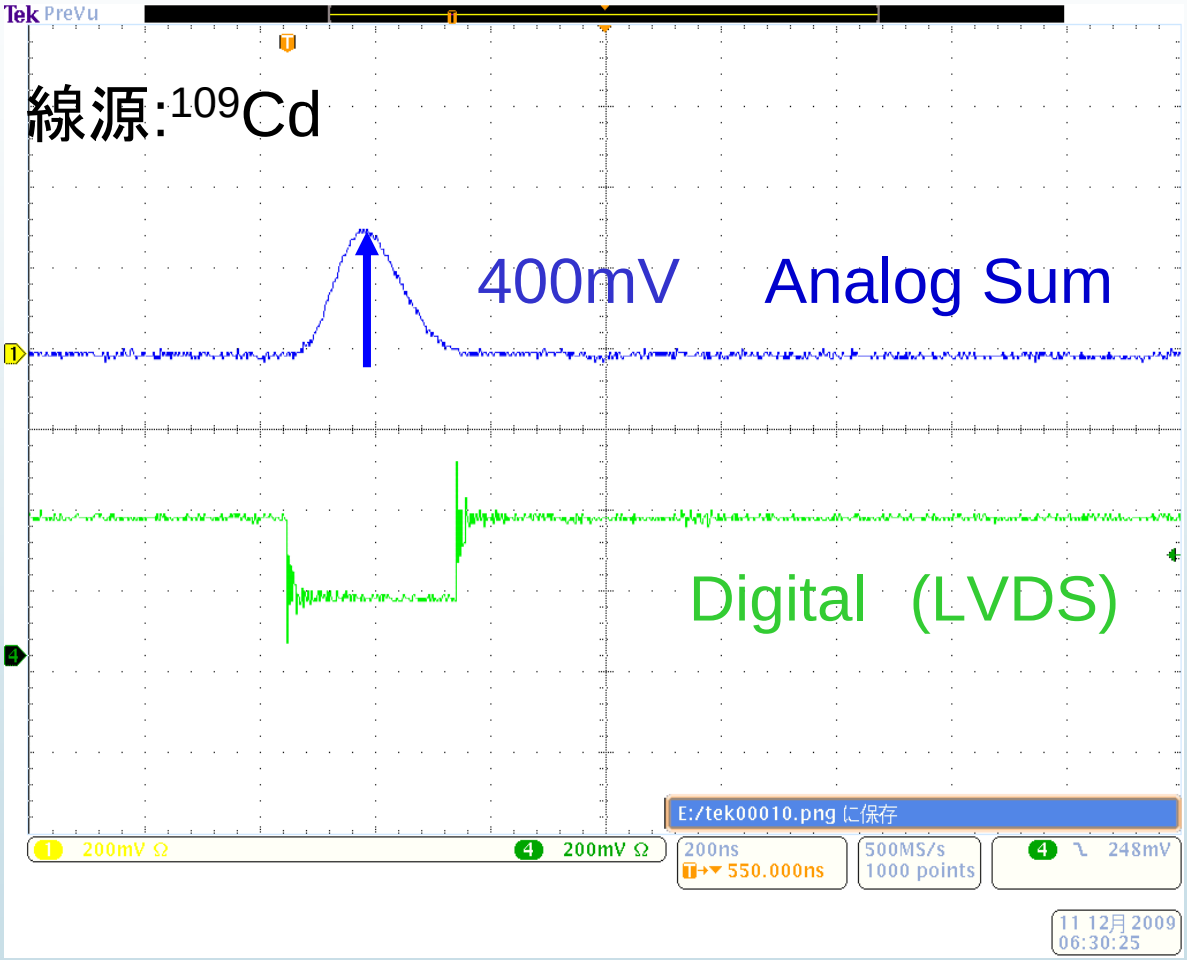


- データ取得条件
  - 使用ガス　Ar 90%　C2H6 10%　1atm
  - Drift Top -4.5kV　(0.25kV/cm)
  - ⊿GEM : 400V（P140-φ70-100t LCP）
  - Anode +420V

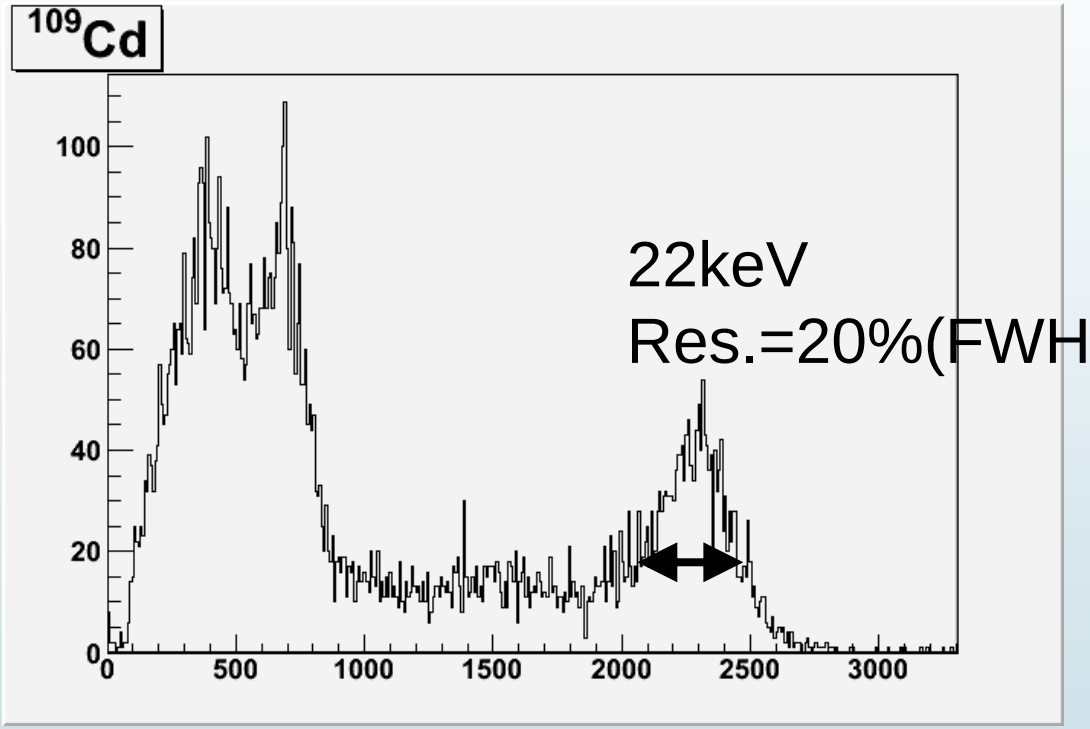


ASDでの測定ではGain～50000

μ-PICからの信号


Tek PreVu
線源:109Cd
400mV
Analog Sum
Digital (LVDS)
E:/tek00010.png に保存
200mV Ω
200mV Ω
200ns
550.000ns
500MS/s
1000 points
248mV
11 12月 2009
06:30:25

スペクトル



＊トラックは未取得

まとめと今後

- KEKと共同でCMOS-ASIC(FEシリーズ)を開発してきた。(FE2006,2007)
- 気球実験用μ-PIC読み出し専用chip FE2009balを開発
- FE2009bal 64chボードを使いμ-PICからの信号を確認

今後

- DAC設定をした上でトラックを取得
- Chipを量産し10cmμ-PIC全面
  ⇒30cmでデータを取得