

ガス増幅検出器読み出し用 フロントエンド ASIC

2008/8/1

高エネルギー加速器研究機構
エレクトロニクスシステム
藤田陽一

報告内容

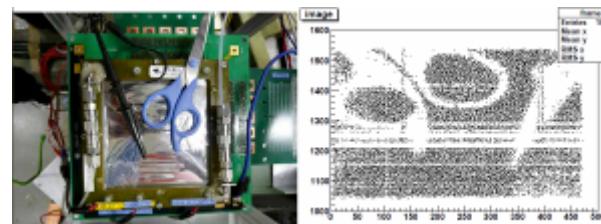
- FE2007 – ガス増幅検出器読み出し用 ASIC
 - 背景など
 - 概要
 - パルス応答およびパフォーマンス
 - 仕様まとめ
- FE2007 量産
- 高密度実装による多チャネル化
- まとめ
- 今後の予定

プロジェクト FE

- KEK 測定器開発室 ASIC プロジェクト(CMOS FrontEnd)
- 目的: 多チャンネル低消費電力読み出し
 - ターゲット: ガス増幅検出器 (X 線・中性子線・ γ 線)
 - テクノロジー: CMOS Analog Mixed
- 開発経緯
 - 2005 FE2005
 - 基本動作・パフォーマンスの確認
 - ノイズ・クロストーク大
 - 2006 FE2006
 - ノイズ改善のため製造プロセス変更
 - ノイズ・クロストーク・タイムウォークの改善、 V_{th} ばらつき補償回路の実装
 - 2007 FE2007
 - ゲインばらつき・コンパレータ入力レベルの改善
 - 較正入力の実装

FE2006 成果

- 2007/3 日本物理学会
 - ガス増幅検出器読み出し用多チャンネル低消費電力 ASIC の開発 藤田陽一
- 2007/4 KEK 測定器開発室報告会
 - CMOS フロントエンドプロジェクト FE2006 – 藤田陽一
- **2007/6 FE2006 量産(京都大、MPGD グループへ提供)**
- 2007/9 MPGD ビームテスト
- 2007/9 日本物理学会
 - GEMを用いた中性子画像検出器の性能評価 中川真介
 - GEMを用いた中性子画像検出器の読み出しシステム 内田智久
- 2007/10 IEEE NSS 2007
 - Y. Fujita “Performance of Multi-Channel and Low Power Front-End ASIC for MPGD μ -PIC Readout”
- 2007/11 京都大 10cm μ -PIC による X線イメージング取得 
- 2008/3 日本物理学会
 - CMOS ASICを用いた μ PIC読み出しシステムの開発および厚型GEMの開発 井田知宏



FE2007 開発状況

- 2008/3 日本物理学会
 - ガス增幅検出器読み出し用多チャンネル低消費電力 ASIC (FE2007) の開発 藤田陽一
- 2008/6 京都大 FE2006 基板による FE2007 テスト
- 2008/7 FE2007 量産(京都大へ提供)
- 2008/7 FE2007MCM(Multi Chip Module) 納品

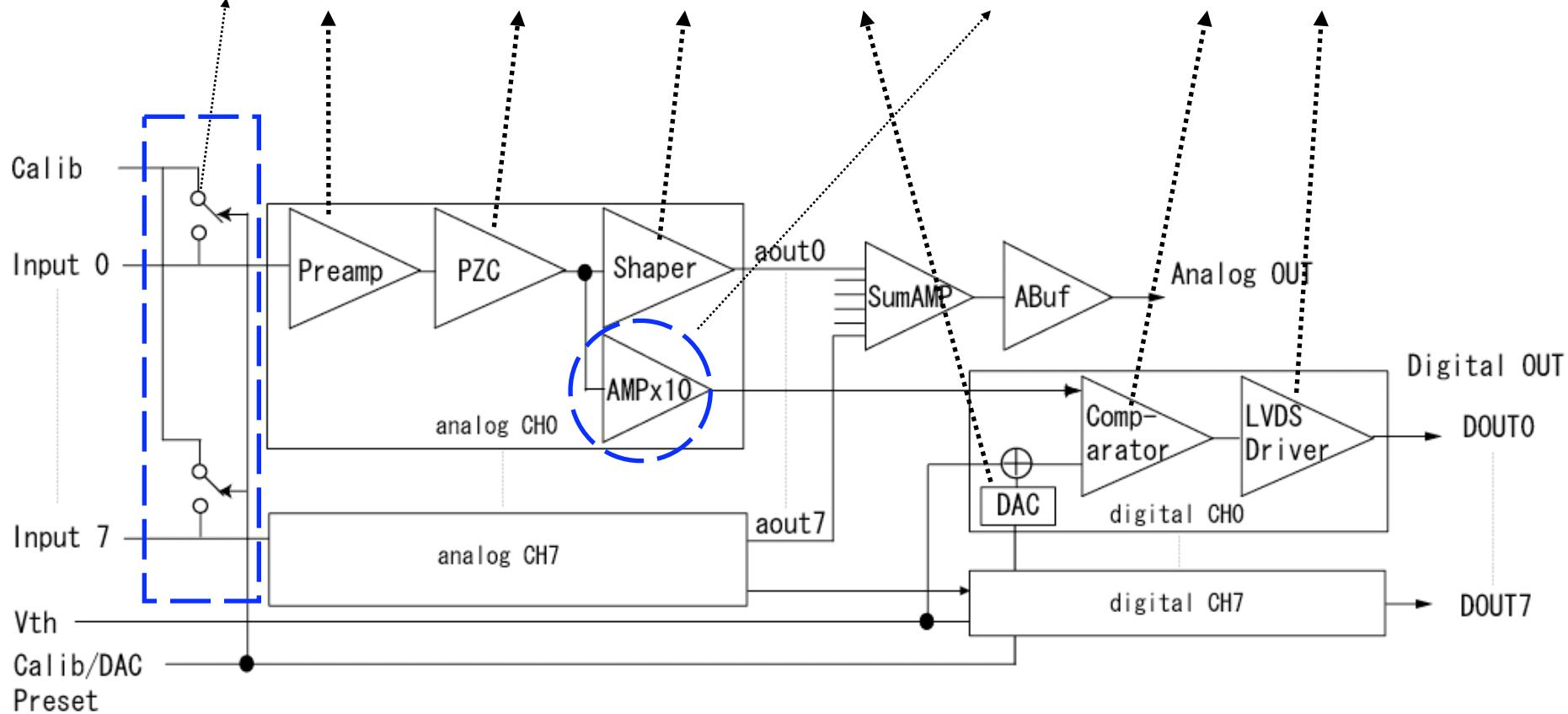
FE2007 概要

- 構成
 - 低雑音電荷増幅器/波形整形回路/コンパレータ
- 主な仕様
 - 製造プロセス: $0.5 \mu\text{m}$ CMOS
 - 電源: +/- 2.5V
 - チャネル数: 8
 - 出力: デジタル LVDS、アナログサム
 - V_{th} ばらつき補償用 DAC
 - 較正用入力 **New**

FE2007 構成

レイアウト (1ch)

[] 前作からの更新点

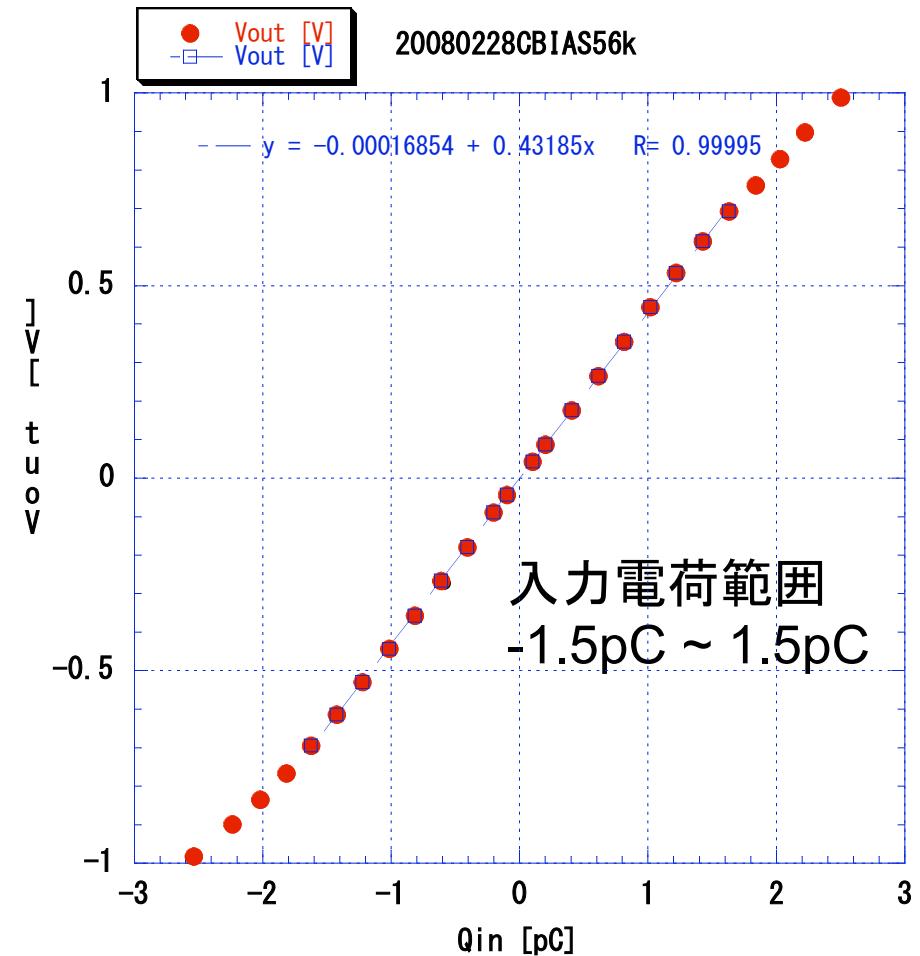
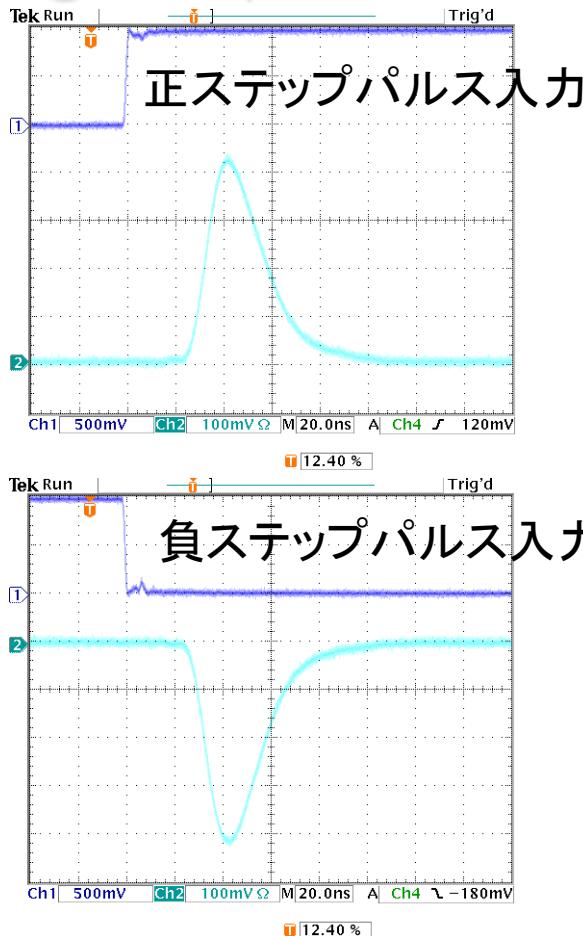


パルス応答およびパフォーマンス

- ・ アナログサム応答、直線性
- ・ 較正用入力応答
- ・ クロストーク
- ・ タイムウォーク
- ・ チャネルばらつき
- ・ 検出器読み出しの例

アナログサム 応答

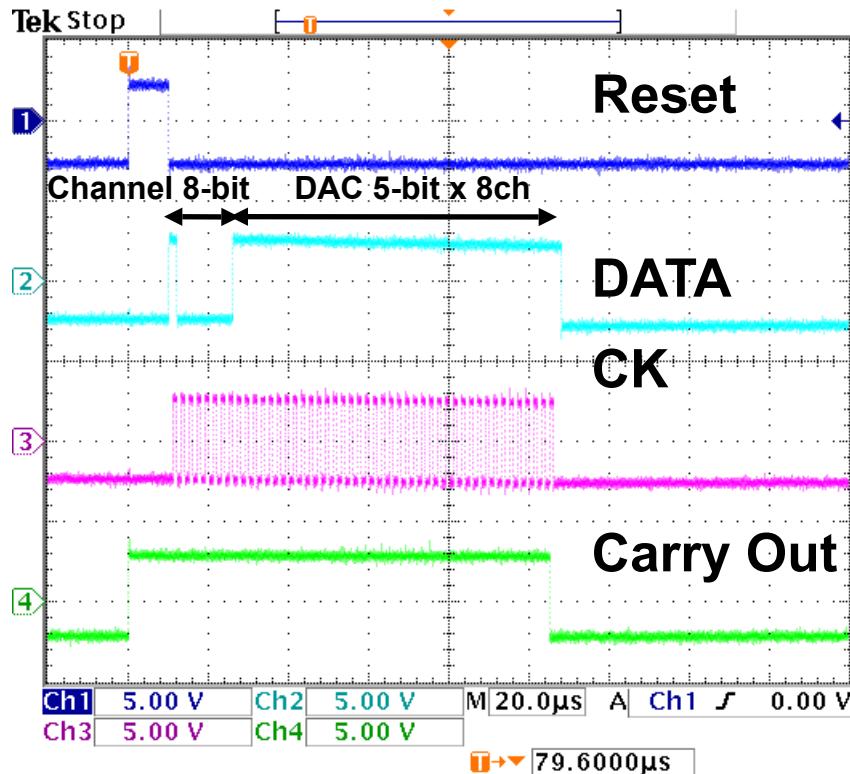
@ $Q_{in} = 1\text{pC}$



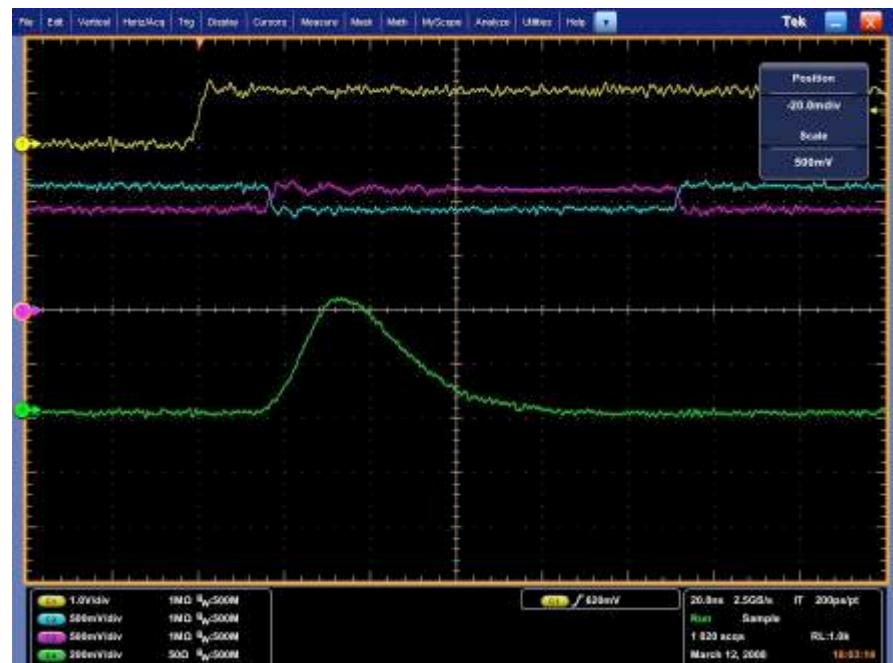
- Gain はデザイン通り(0.43 V/pC)
- Peaking time $\sim 20\text{ns}$

較正入力 応答

CH0 ON 設定のロジック



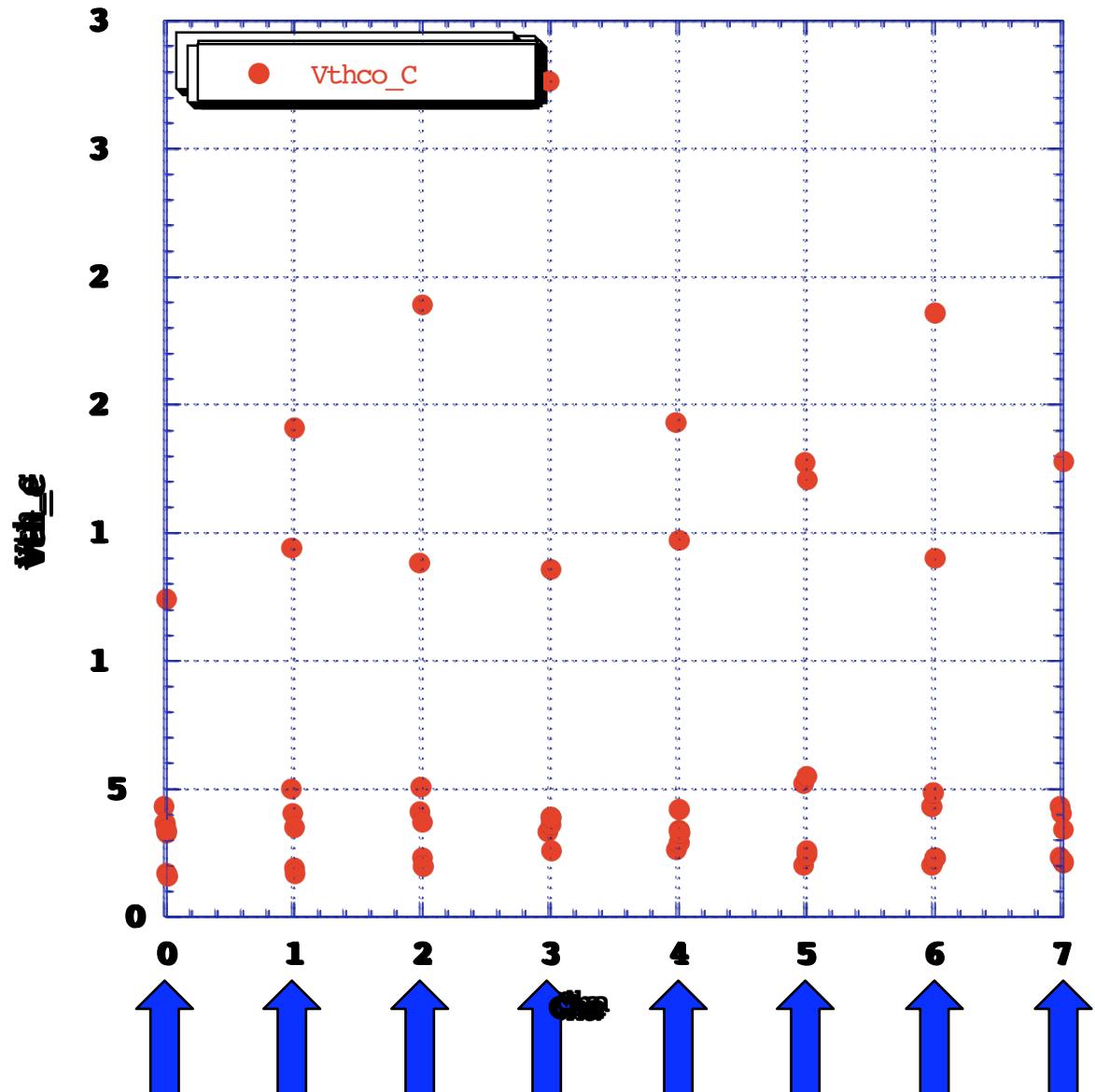
CH0 LVDS 出力及び SumOUT



- 8-bit データプリセットにより、特定チャネルを ON/OFF
- 各チャネルからの出力を確認、動作検証済み

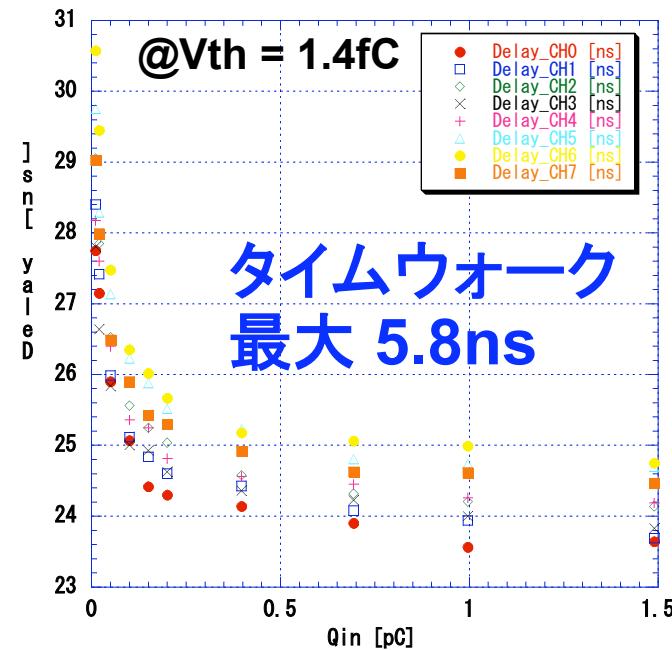
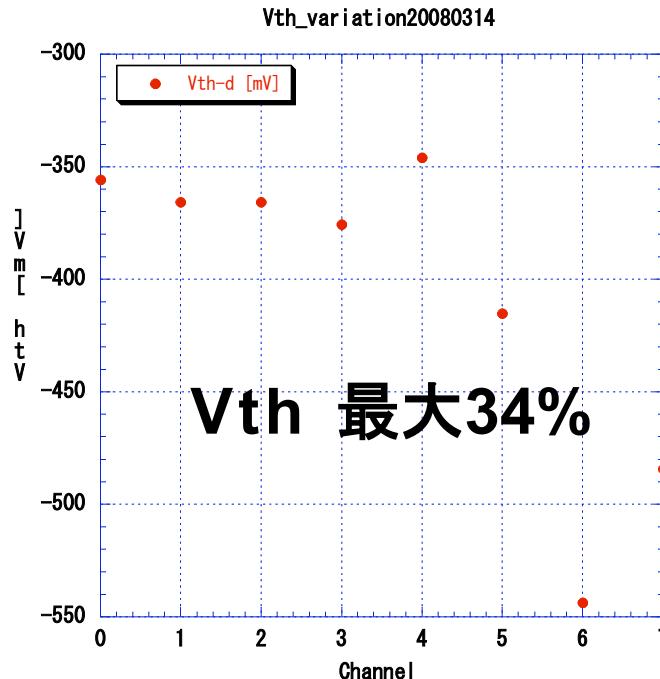
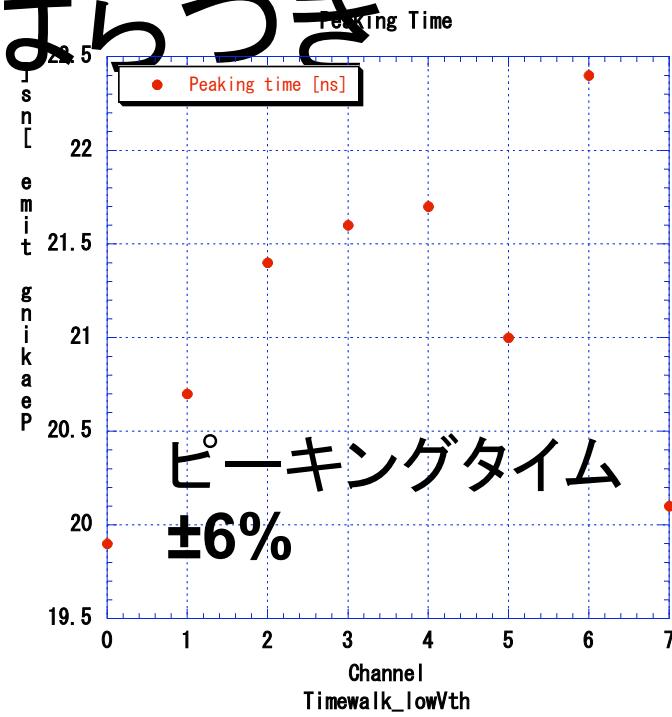
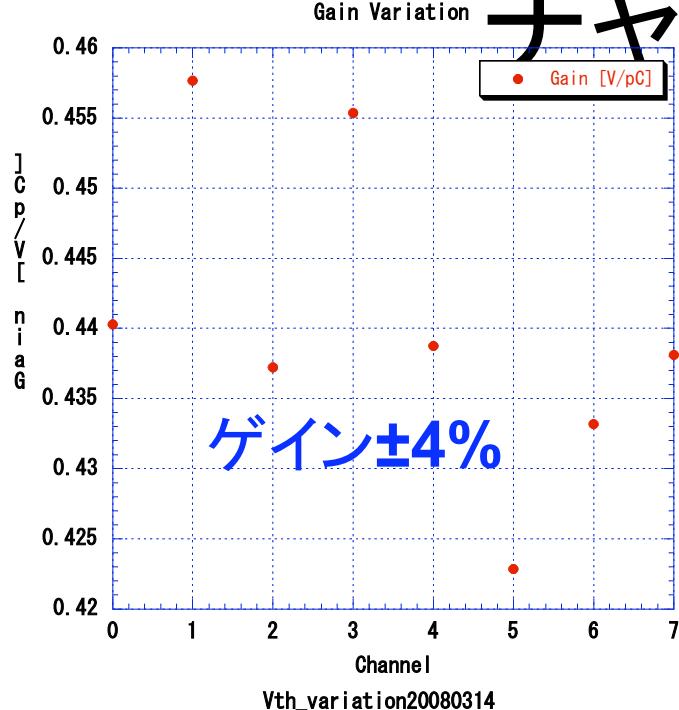
クロストーク

Crosstalk by V

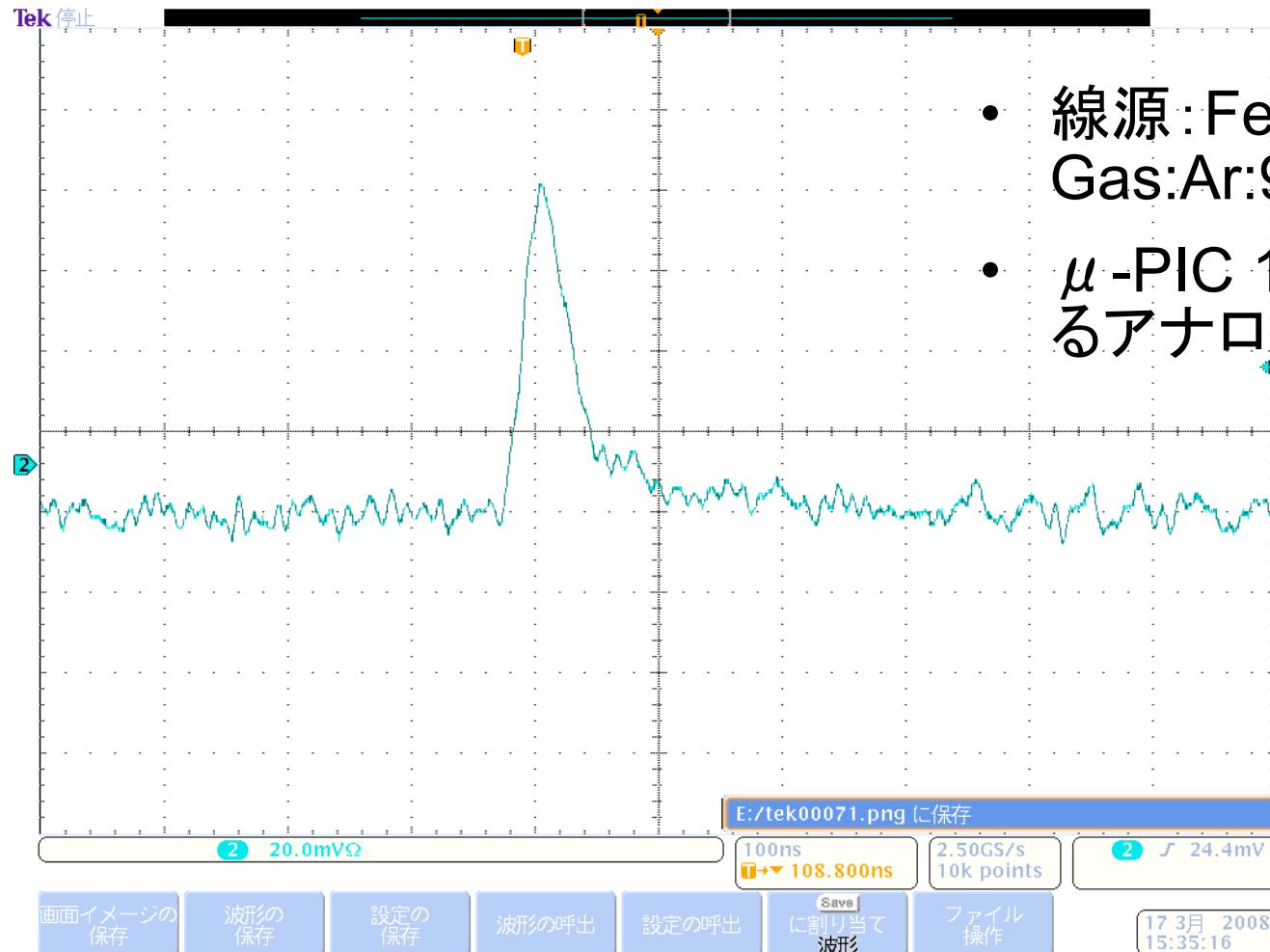


- コンペレータ出力による評価(信号は内部で10倍増幅)
- 隣: 1~3%
- その他: Max. 0.6%
- FE2006 と同等

チャネルばらつき



京都大 μ -PIC 読み出し例



仕様

* 隣りチャネル

	FE2006	FE2007
入力電荷範囲	-1.5 ~ 1.5pC	←
ゲイン	0.44V/pC	←
ゲインばらつき	15%	8%
コンパレータ入力ゲイン	1.3V/pC	13V/pC
ノイズ @ $C_D=100pF$	5900e	6000e
クロストーク	0.6% (1~3%*)	←
タイムウォーク	< 9ns	< 6ns
V _{th} 補償用 DAC	1 ~ 30mV (1mV/bit)	10~300mV (10mV/bit)
較正用入力	—	○
消費電力	29mW/ch	30mW/ch

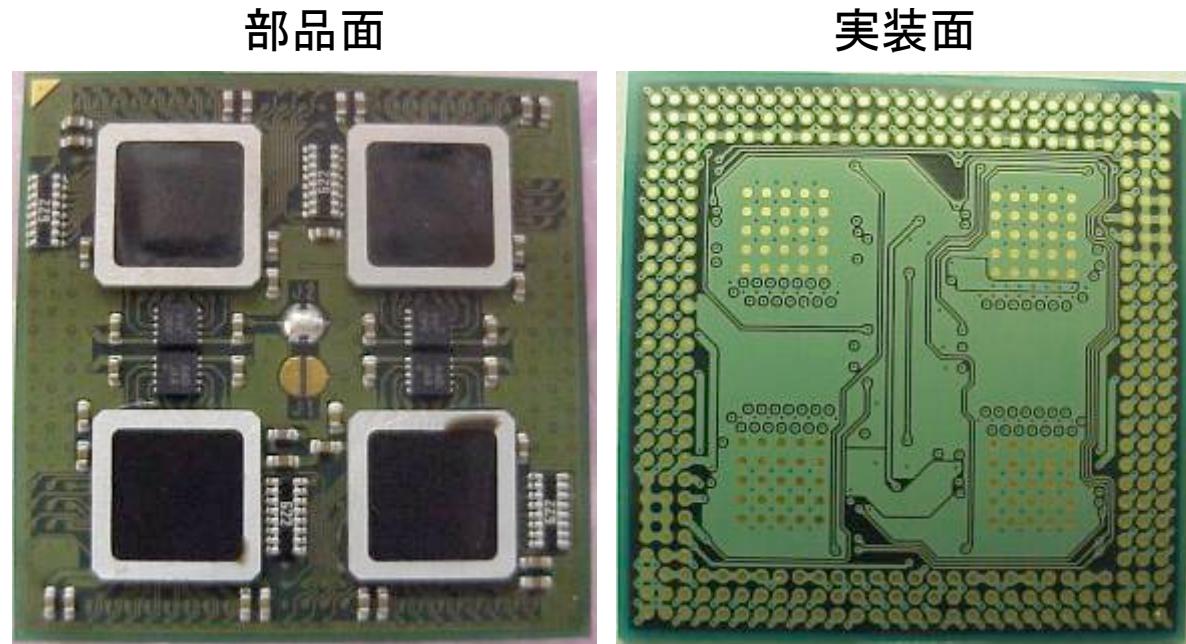
FE2007 量産

- 良品選別テストを実施
 - 対象: 80 チップ
 - 日程: 3日間(7/22 - 24)
 - 参加人数: 5名
 - テスト内容: DC/AC
- 結果: 良品 76 チップ(良品率:95%)
 - 不良内訳
 - ロジック出力不良(予定のタイミングで変化しない): 1チップ
 - LVDS 出力不良(特定の V_{th} で出力がでない): 3チップ

高密度実装による多チャネル化

- MCM (Multi Chip Module) 開発中
- 保護ダイオード、パソコン等内蔵
- チャネル: 16 (2チップ)ないし 32(4チップ)
- サイズ: 30mm X 30mm
- 実装: BGA
- テスト課題
 - 熱
 - クロストーク

開発中 4チップ版 MCM



ASIC 教育プログラム

- FE ASIC を用いた ASIC の実製作が可能
- 対象: 大学院生、ポスドク、若手研究者
- コース3: アナログライブラリを用いた製作実習
- 日程: 9月10~12日および2月中旬
- 参加予定人数: 29名 (製作実習は12名)
- 申込は締切、受講者へ案内中

まとめ

- FE2007 における改善点
 - ゲインチャネルばらつき
 - アナログゲインばらつき 15% → 8% に改善
 - コンパレータ入力レベル引き上げ
 - より低い V_{th} 設定を実現、タイムウォークの改善
 - 較正用入力の実装
 - FE2006 と同等のクロストークをキープ
- μ -PIC 接続試験において信号確認済み
- 量産テストの結果、95% の良品率
- 高密度実装による多チャンネル化を展開
- ASIC教育プログラムを実施予定

今後の予定

- 開発
 - テスト
 - 量産テスト用 V_{th} ばらつき自動測定プログラム
 - FE2007MCM
 - シミュレーション
 - オフセットばらつき(V_{th} チャネルばらつき改善のため)
 - 寄生素子抽出
 - レイアウトデザインルールアップデート
 - 小 L 長抵抗値ばらつきの改善効果
 - 多チャンネル化・低消費電力化に向けた開発
- ユーザサポート
 - ASIC教育プログラムの実施
 - 京都大 FE2007 用基板による μ -PIC マルチチャネル読み出しテスト
 - 中性子検出器の読み出しテスト