

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

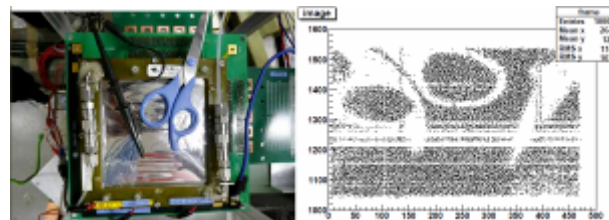
- **FE2007 – ガス増幅検出器読み出し用 ASIC**
 - 背景など
 - 概要
 - パルス応答およびパフォーマンス
 - 仕様まとめ
- FE2007 量産
- 高密度実装による多チャネル化
- まとめ
- 今後の予定

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、Vth 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
 - 校正入力の実装

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 MPPGD 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 MPPGD 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
 - ガス増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

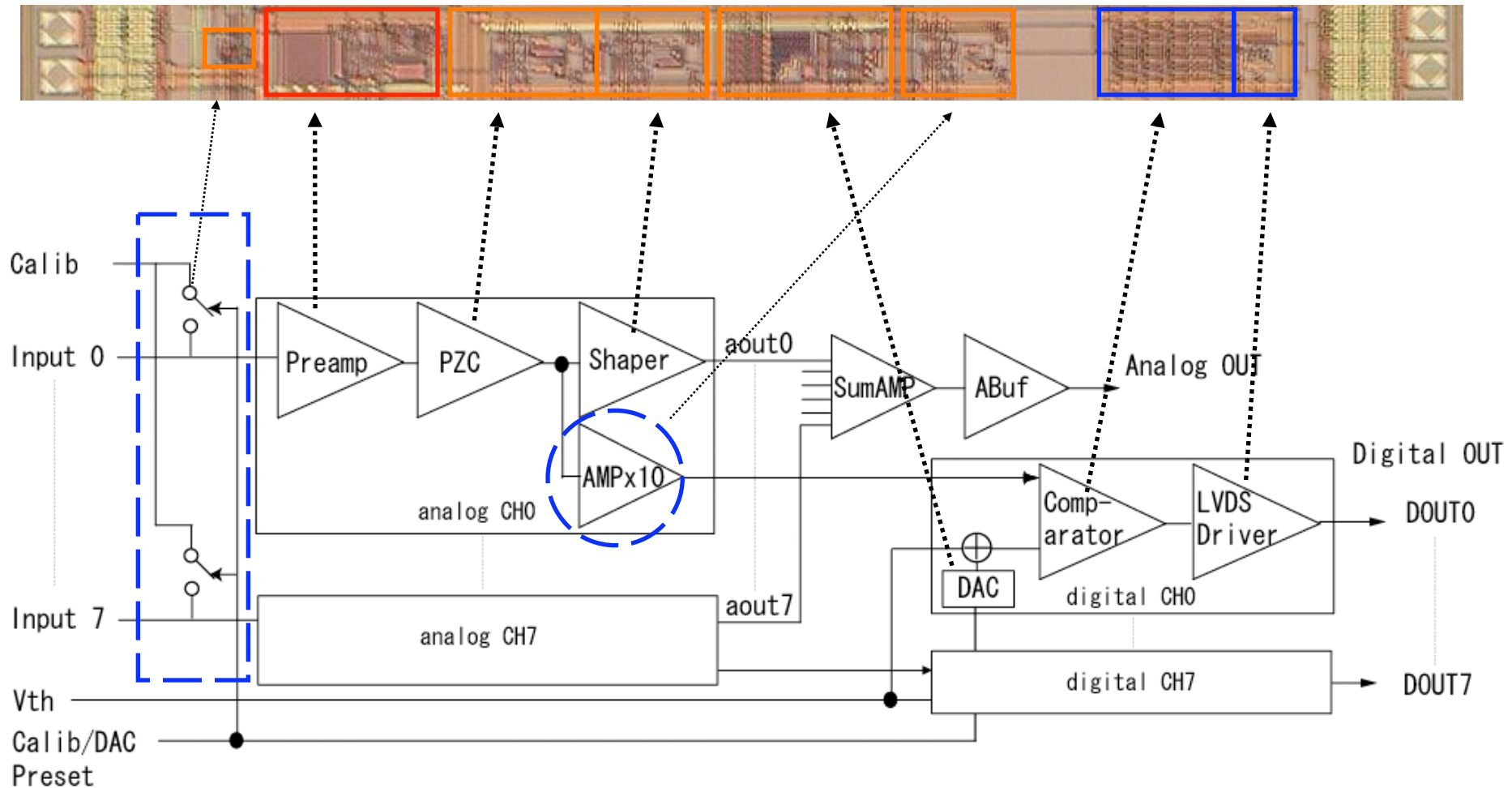
FE2007 概要

- 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: $\pm 2.5\text{V}$
 - チャンネル数: 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

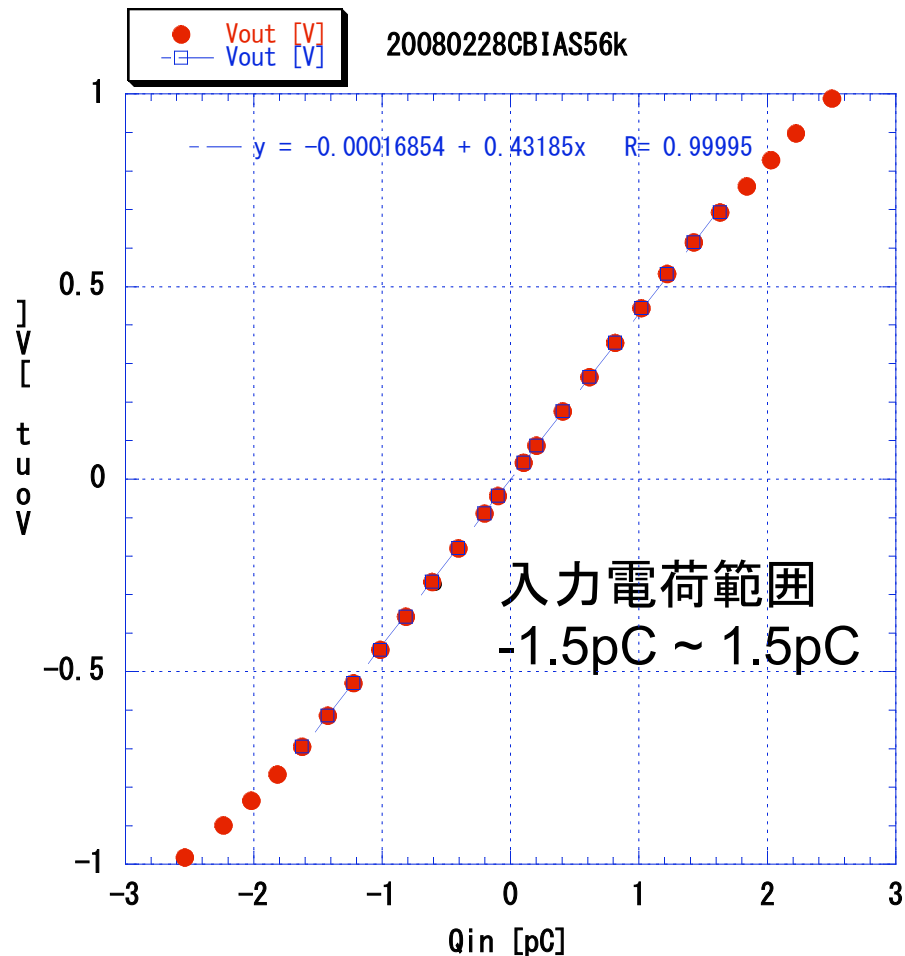
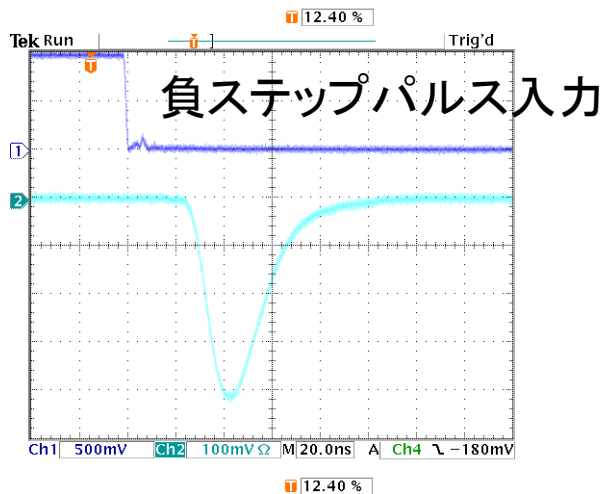
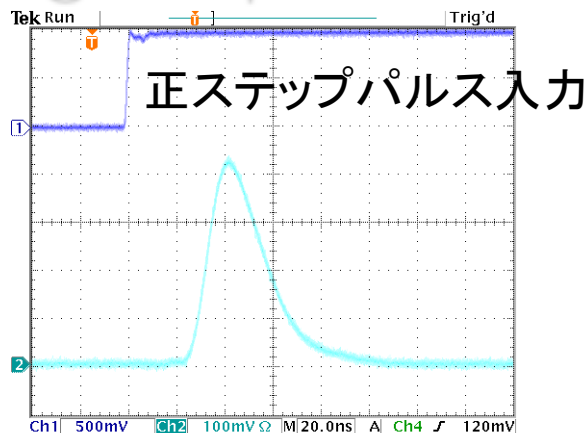


パルス応答およびパフォーマンス

- 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

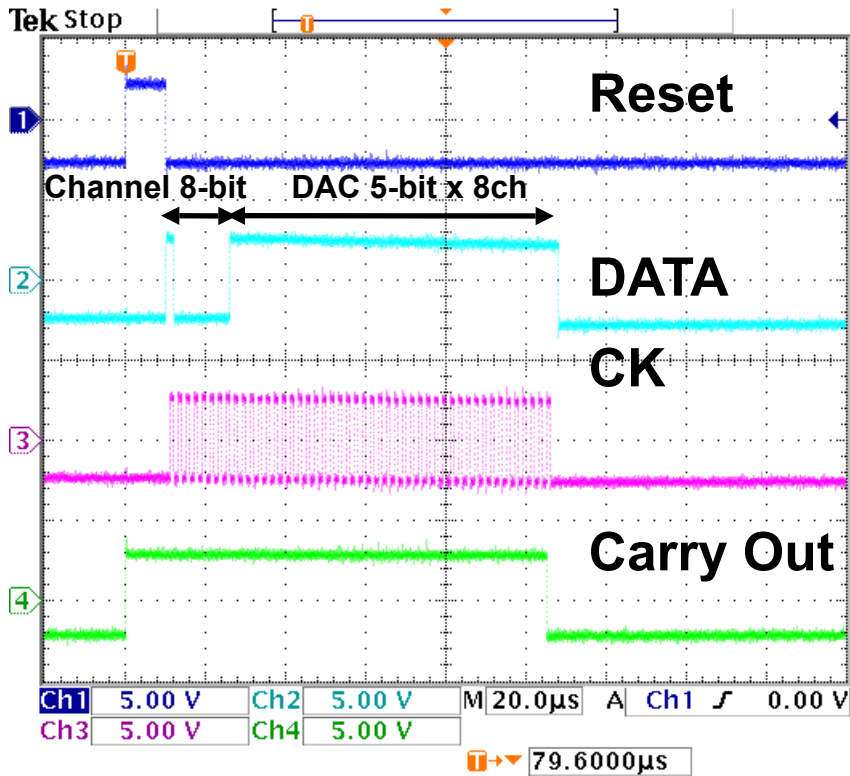
@Q_{in} = 1pC



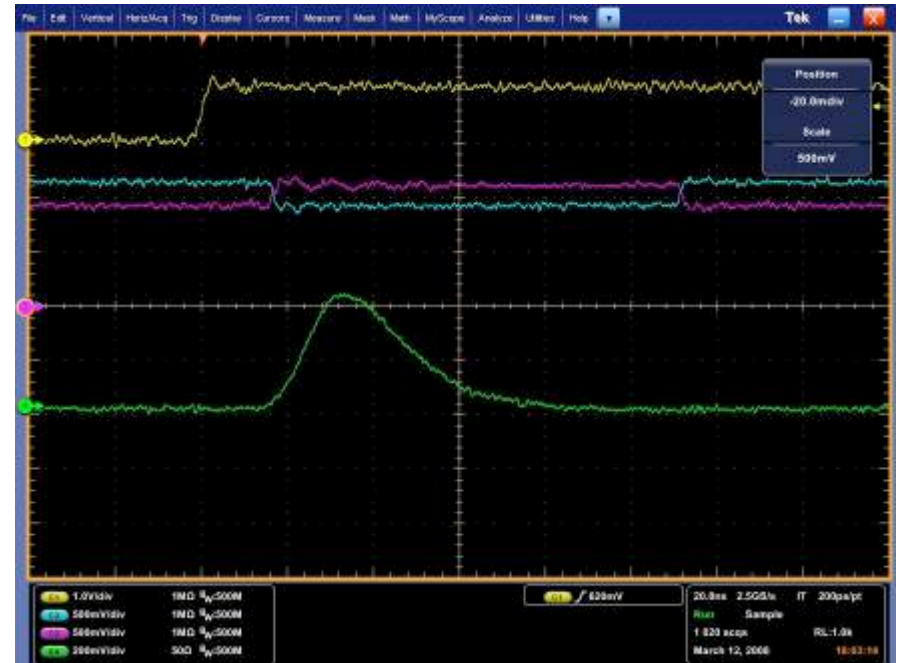
- Gain はデザイン通り (0.43 V/pC)
- Peaking time \simeq 20ns

較正入力 応答

CH0 ON 設定のロジック



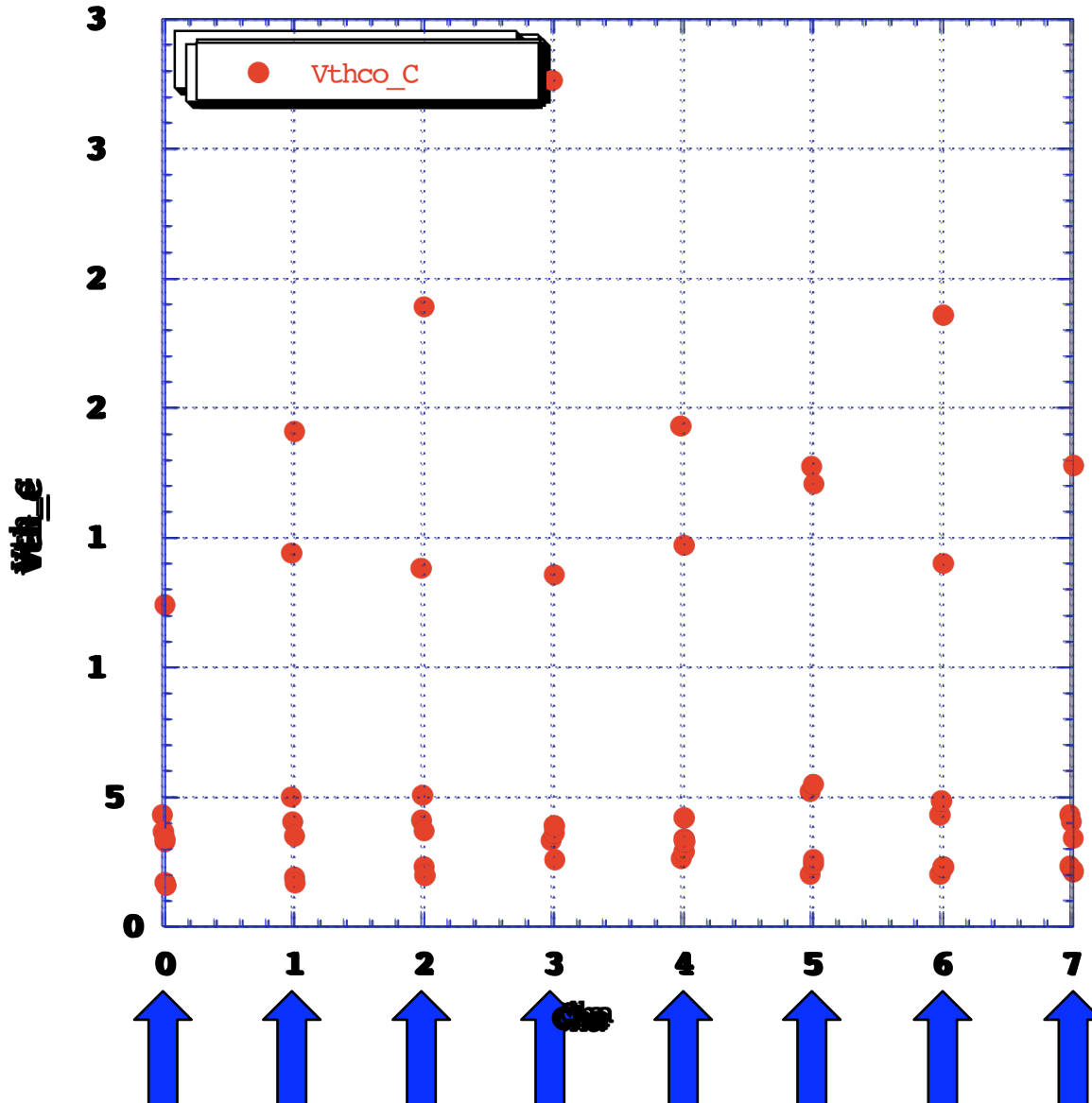
CH0 LVDS 出力及び SumOUT



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

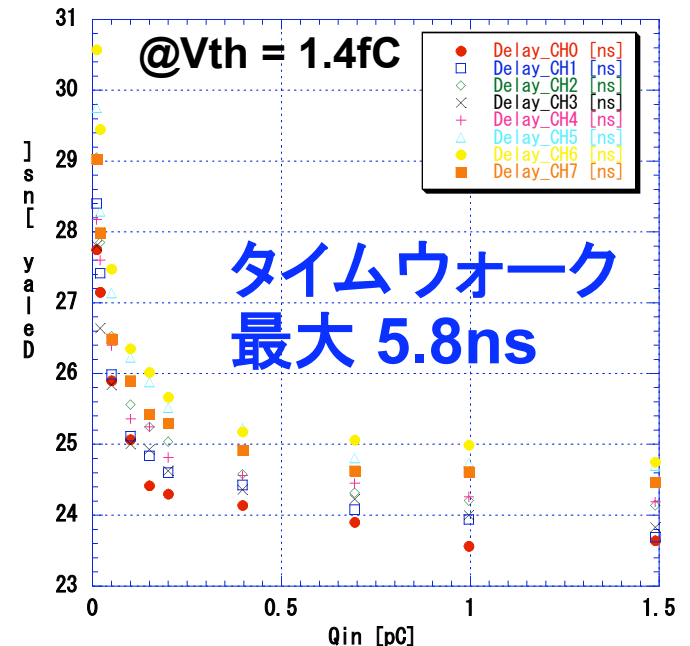
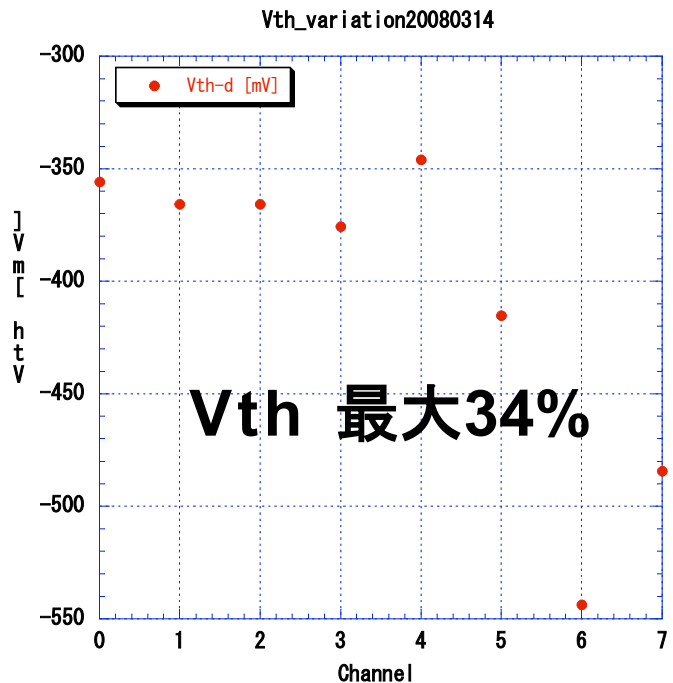
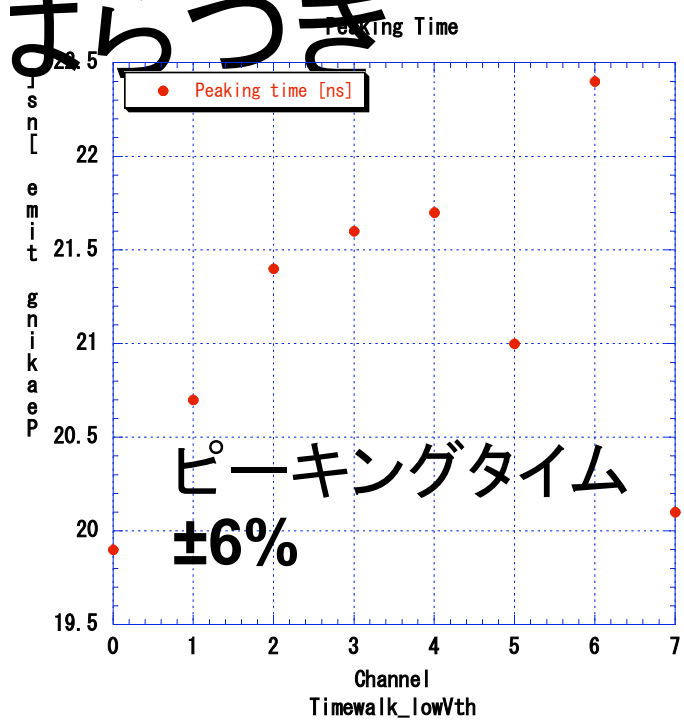
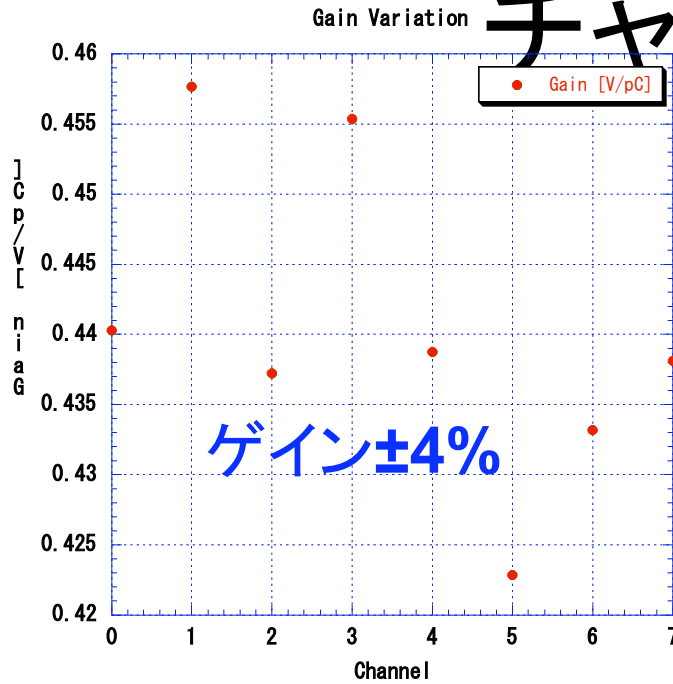
クロストーク

Crosstalk by V

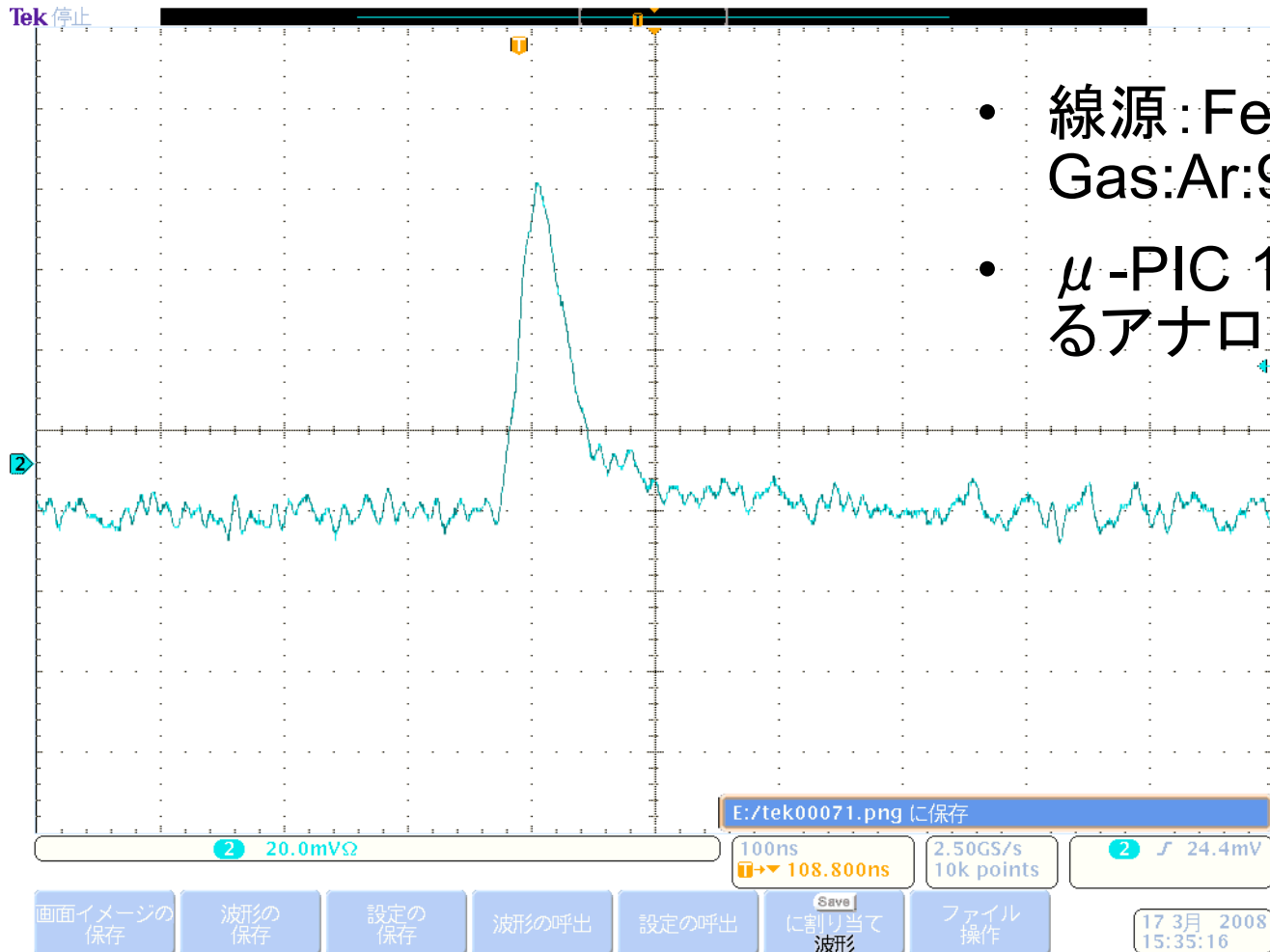


- コンパレータ出力による評価(信号は内部で10倍増幅)
- 隣: 1~3%
- その他: Max. 0.6%
- FE2006 と同等

チャンネルばらつき



京都大 μ -PIC 読み出し例



- 線源: Fe^{55}
Gas: Ar: 90% C_2H_5 : 10%
- μ -PIC 1strip入力によるアナログ出力

仕様

 FE2006 からの改善点

* 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

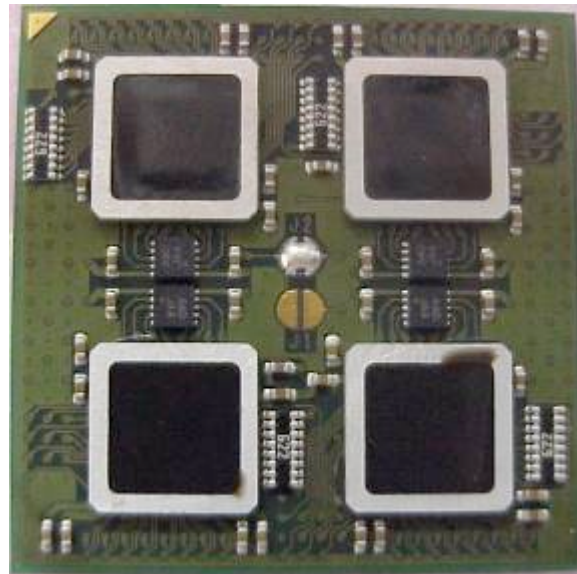
- 良品選別テストを実施
 - 対象: 80 チップ
 - 日程: 3日間(7/22 - 24)
 - 参加人数: 5名
 - テスト内容: DC/AC
- 結果: 良品 76 チップ(良品率: 95%)
 - 不良内訳
 - ロジック出力不良(予定のタイミングで変化しない): 1チップ
 - LVDS 出力不良(特定の Vth で出力がでない): 3チップ

高密度実装による多チャンネル化

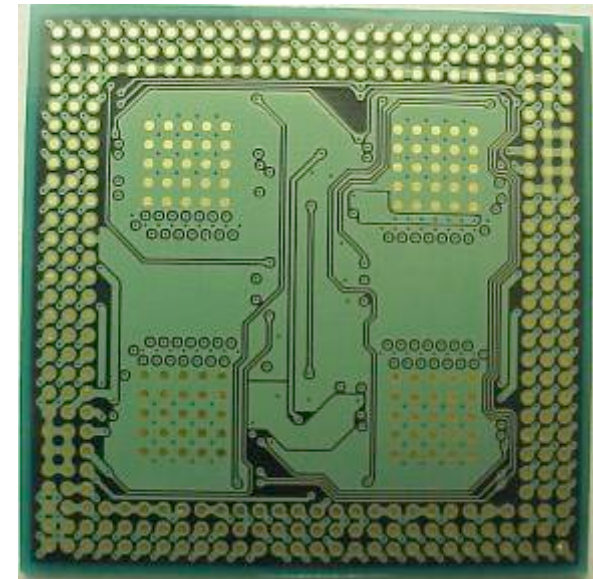
- [MCM \(Multi Chip Module\) 開発中](#)
- 保護ダイオード、パスコン等内蔵
- チャンネル：16（2チップ）ないし 32（4チップ）
- サイズ：30mm X 30mm
- 実装：BGA
- テスト課題
 - 熱
 - クロストーク

開発中 4チップ版 MCM

部品面



実装面



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 Vth 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 Vth 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 (Vth チャン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 マルチチャンネル読み出しテスト

- 中性子検出器の読み出しテスト