



10cm角Micro Pixel Gas Detectorによる μ Time Projection Chamberの開発

京都大学 高田淳史

京都大学, 神戸大学, 高エネルギー加速器研究機構
谷森 達, 窪 秀利, 身内 賢太郎, 永吉 勉, 植野 優, 折戸 玲子,
越智 敦彦, 永江 知文

- ◆Introduction
- ◆ μ -PICとmicro TPC
- ◆Experiment
- ◆Summary



Introduction

一般的なdrift chamber (MWPC)

- ... wire spacing $\geq 1\text{mm}$
耐入射強度 $< \sim 10^4 \text{ cps/mm}^2$

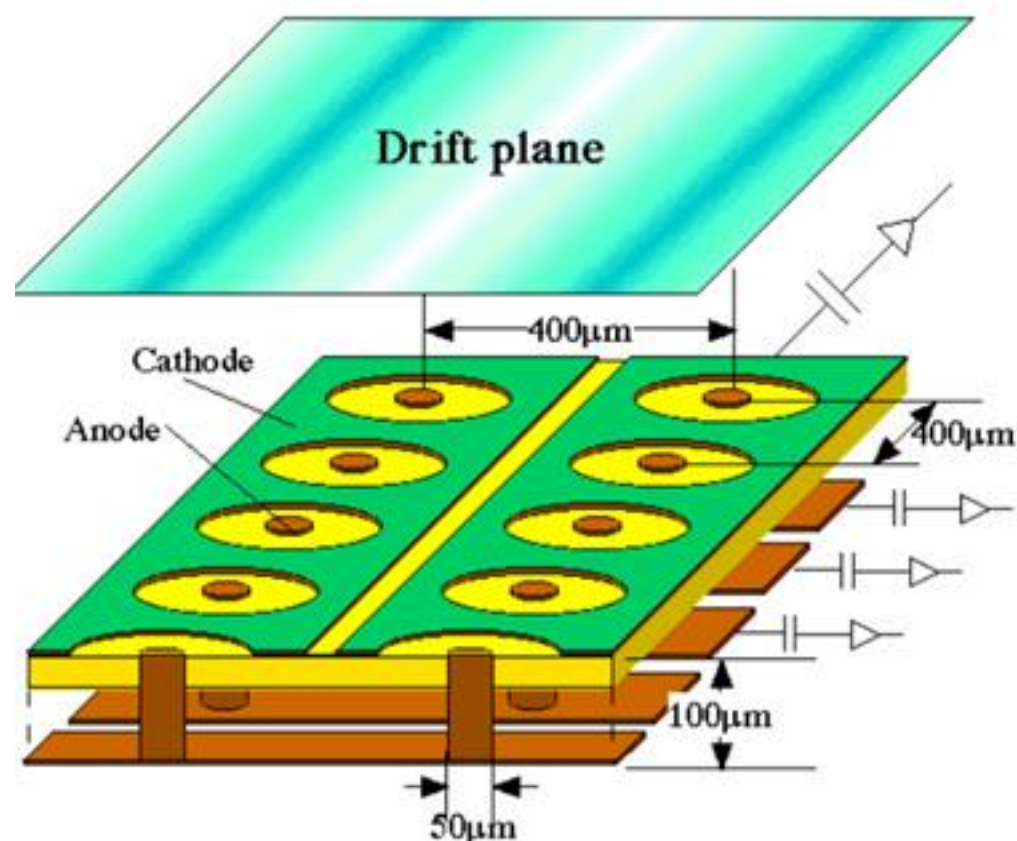


μ -PIC ... anode pitch $400 \mu\text{m}$
耐入射強度 $\sim 10^7 \text{ cps/mm}^2$

μ -PICでTPC

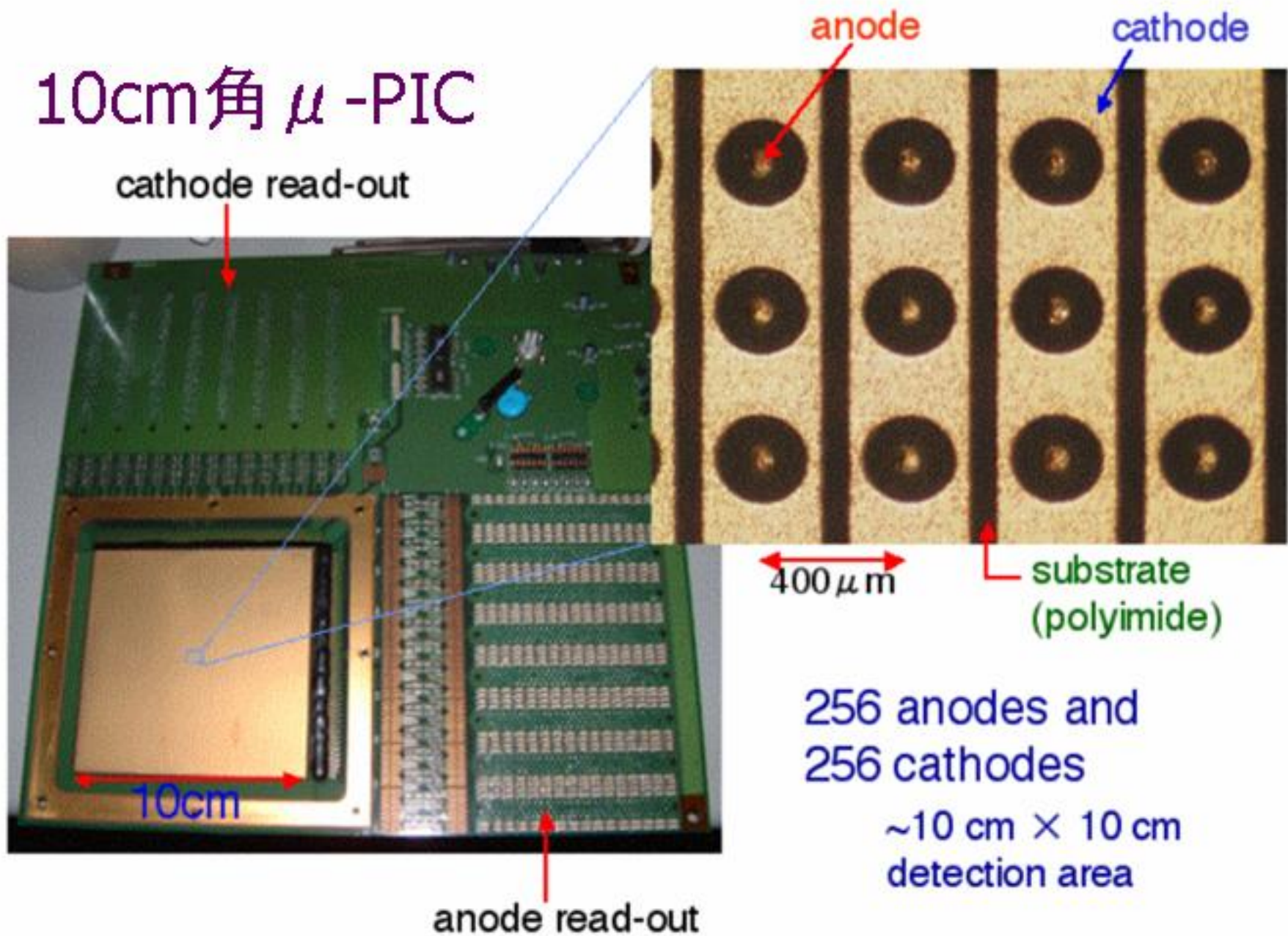
→ 数百keVの電子の飛跡も見える

μ -PICの構造と特徴



- ◆ ガス検出器
(最大gain
~7000)
- ◆ 微細電極構造
高い位置分解能
- ◆ 2次元読み出し
- ◆ 大面積
- ◆ 放電に強い
- ◆ 大強度fluxにも耐える

10cm角 μ -PIC



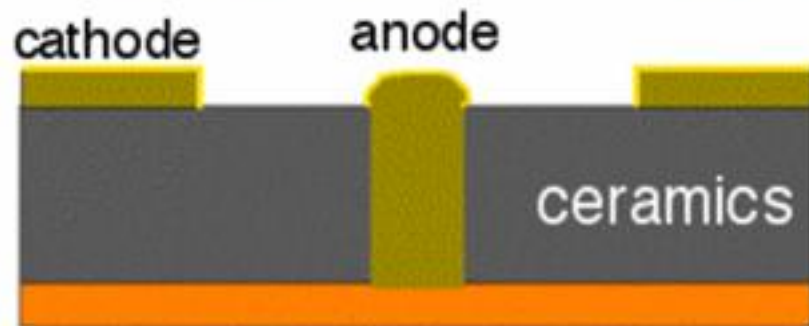
256 anodes and
256 cathodes

~10 cm × 10 cm
detection area

Improvement of μ -PIC

• μ -PIC 1

セラミック基板+タングステン電極



(電極の断面図)

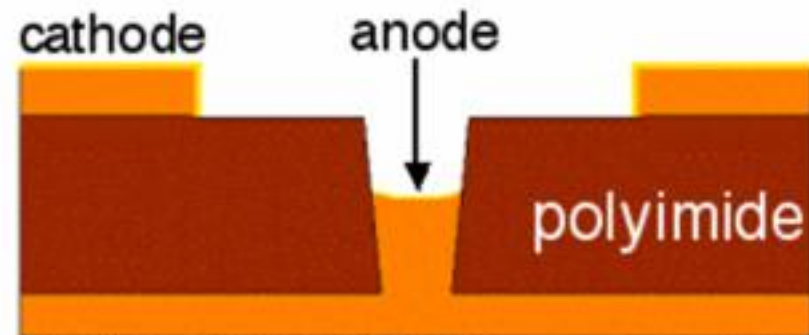
- 放電/導通 ~ 1 回/h
- リーク電流 ~ 140 nA

放電すると基板表面に炭素が付着
(CO₂では導通しにくい)



• μ -PIC 2,3

ポリイミド基板+銅電極



(電極の断面図)

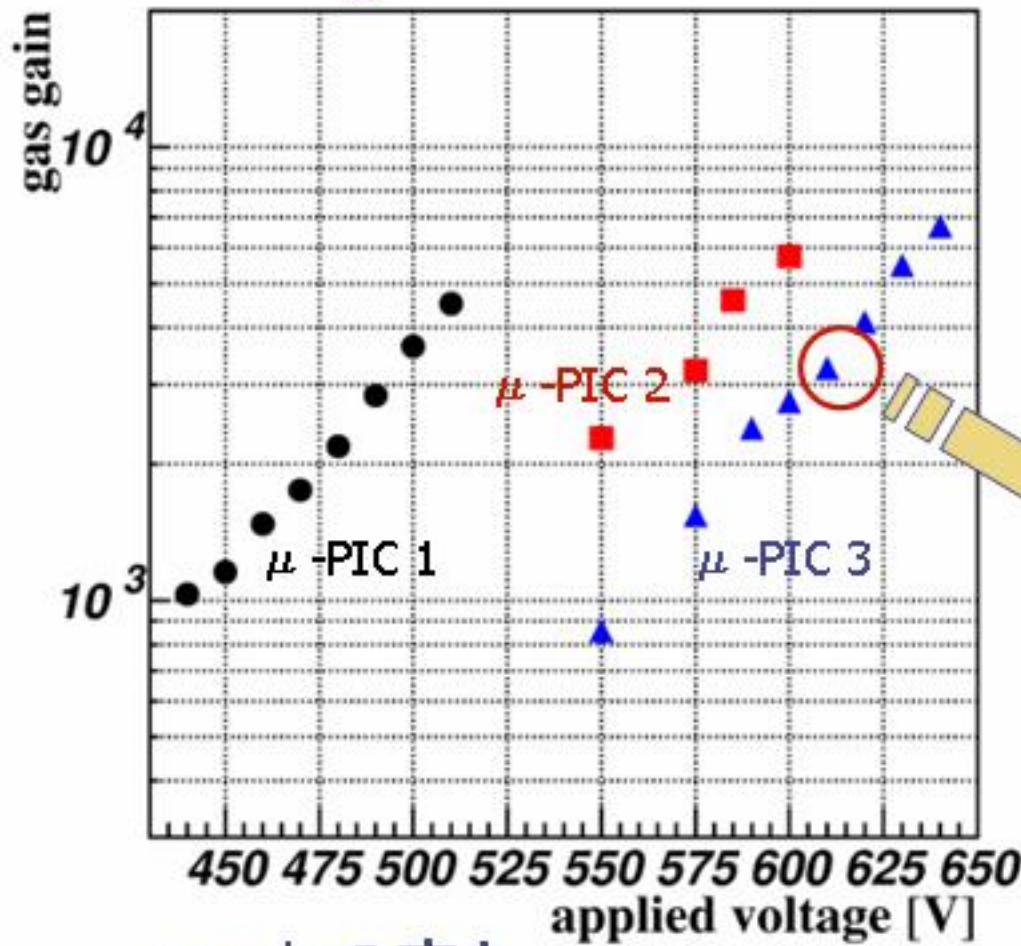
- 放電/導通 ~ 1 回/3ヶ月
- リーク電流 < 1 nA

安定性に優れる

Gain ~ 4000 で

連続安定動作 **65時間持続**

Gas gain



anodeの高さ

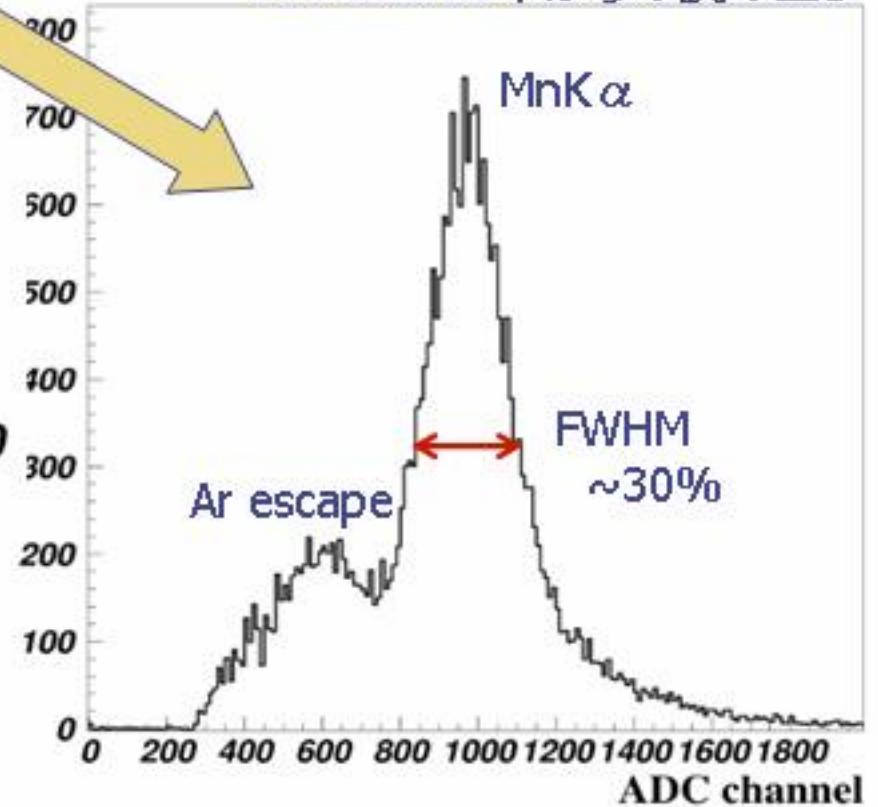
- μ -PIC1 ... 基盤より10 μ m上
- μ -PIC2 ... 基盤より15 μ m下
- μ -PIC3 ... 基盤より20 μ m下

Ar : C₂H₆ = 8 : 2
(~ 1 atm)

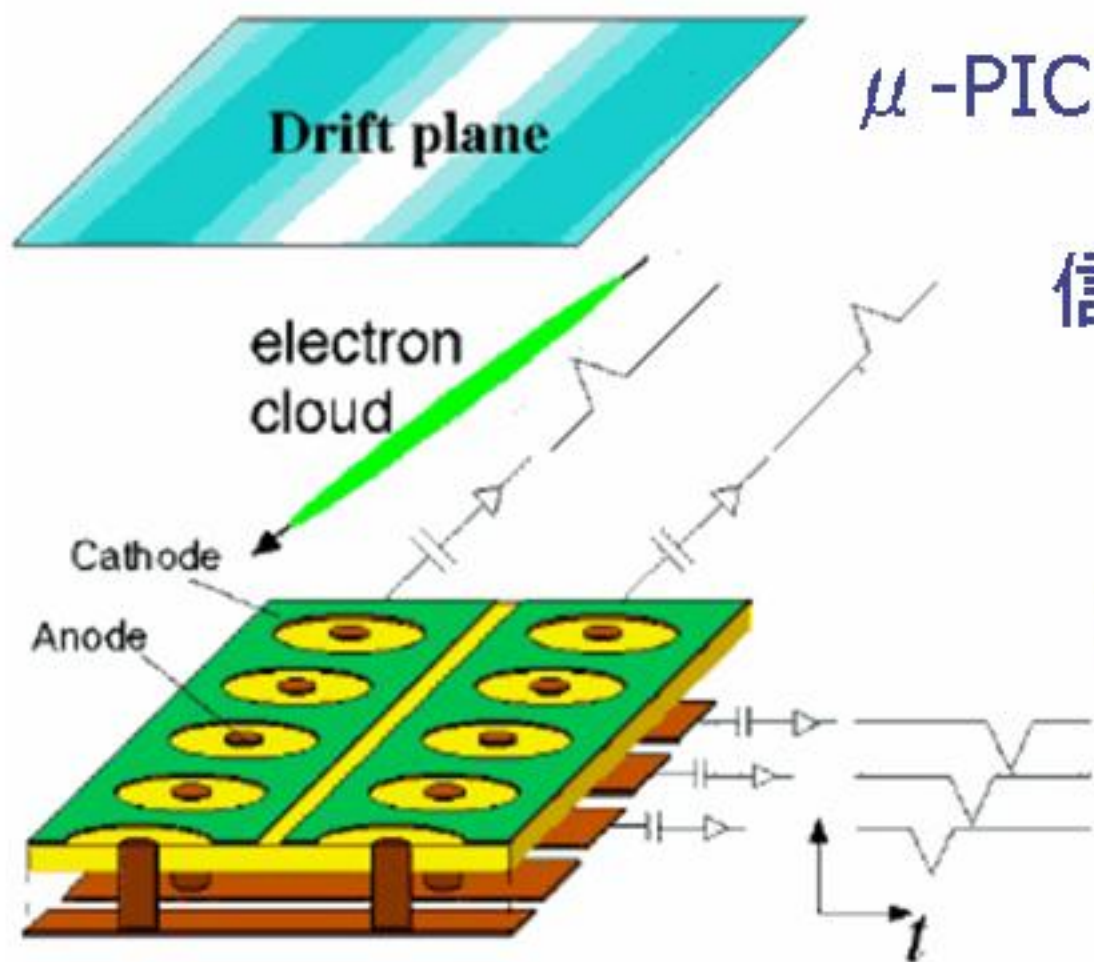
最大で ~ 7000 倍の
ガス増幅率を達成

⁵⁵Feのスペクトル

Cathode 16本からの読み出し



TPCとしての μ -PIC

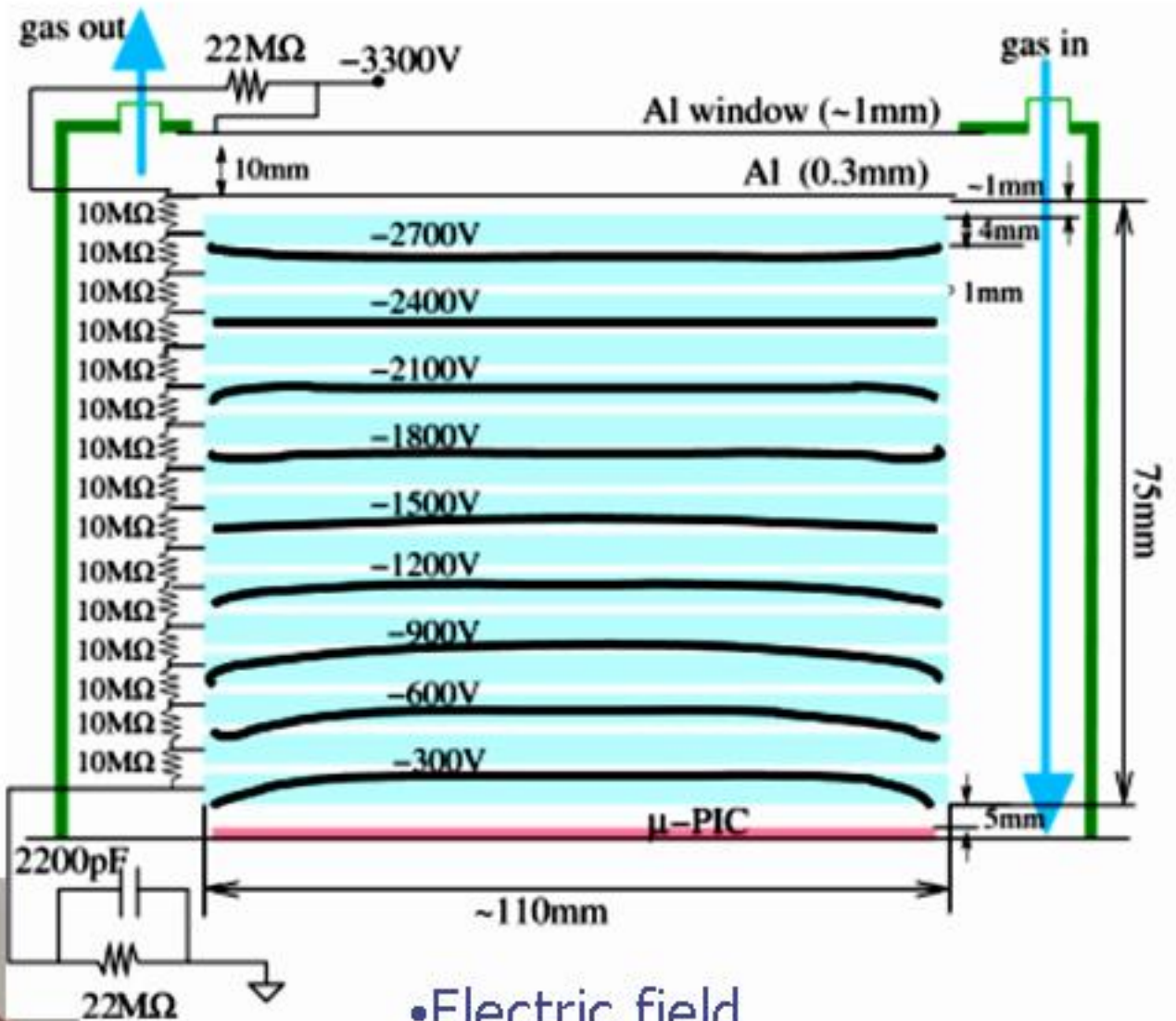
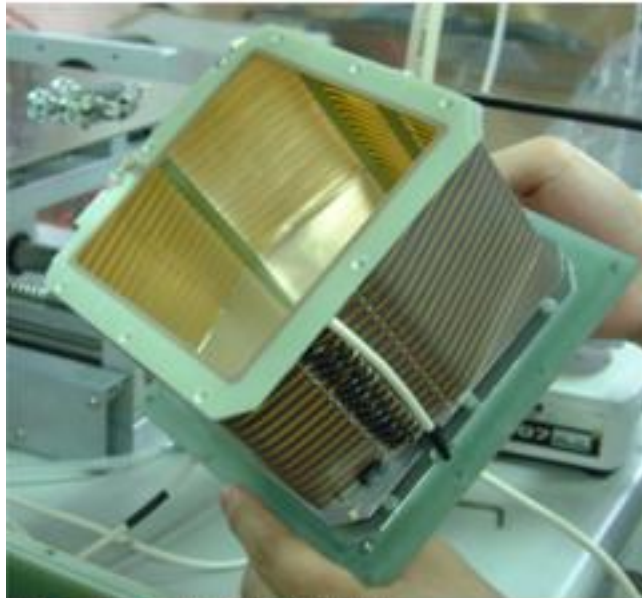


μ -PICの2次元位置情報
+
信号のtiming



荷電粒子の
3D Track

Drift field

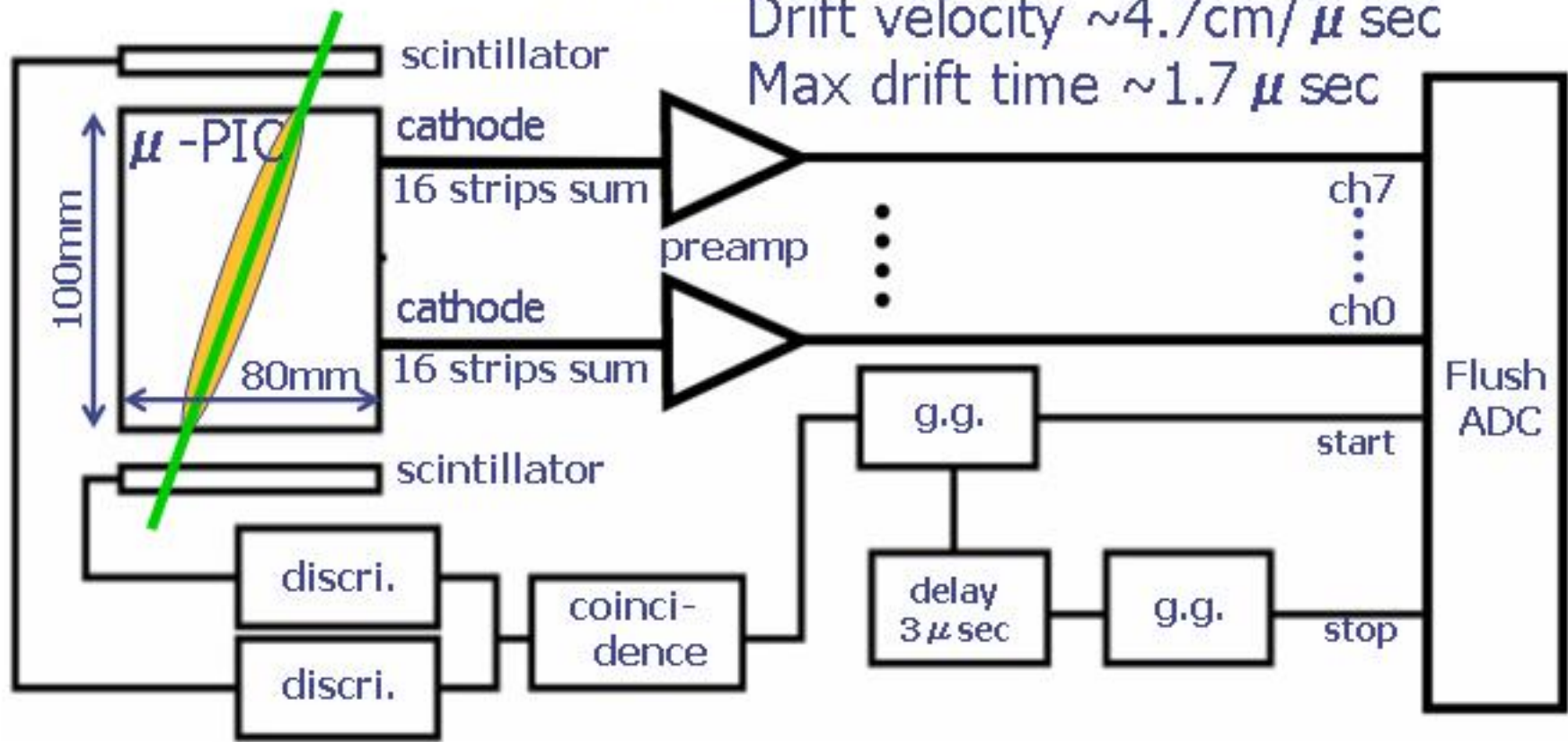


- Electric field $\sim 360\text{V/cm}$
- Max drift length $\sim 80\text{mm}$

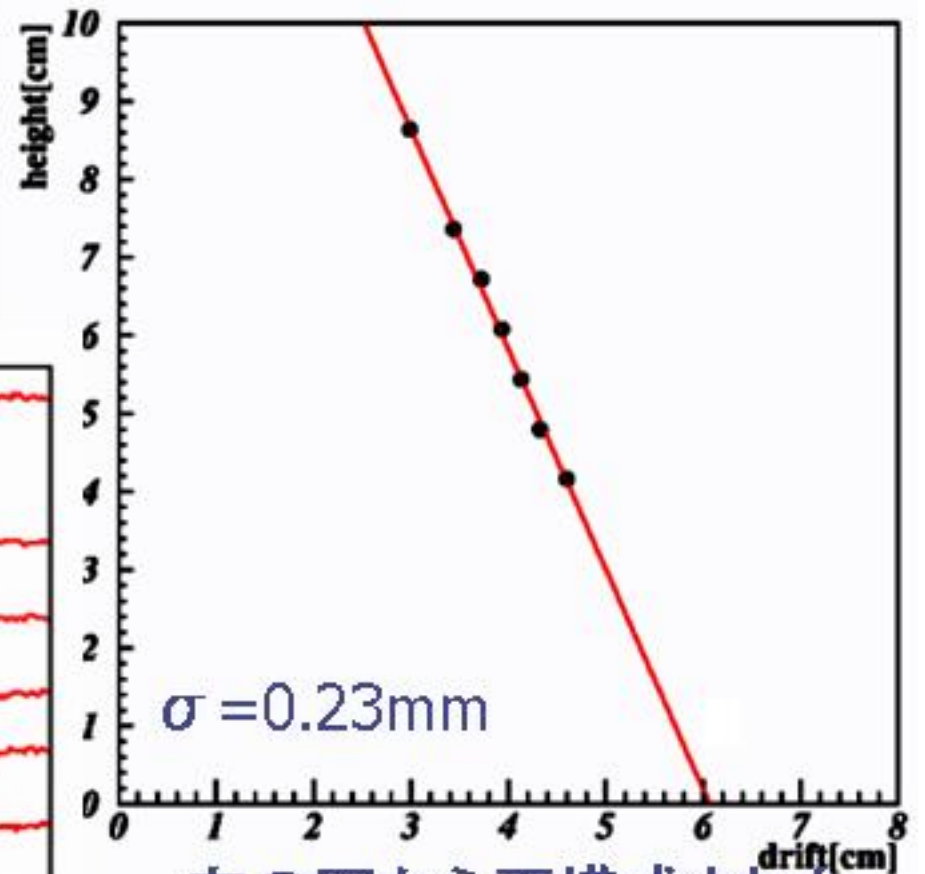
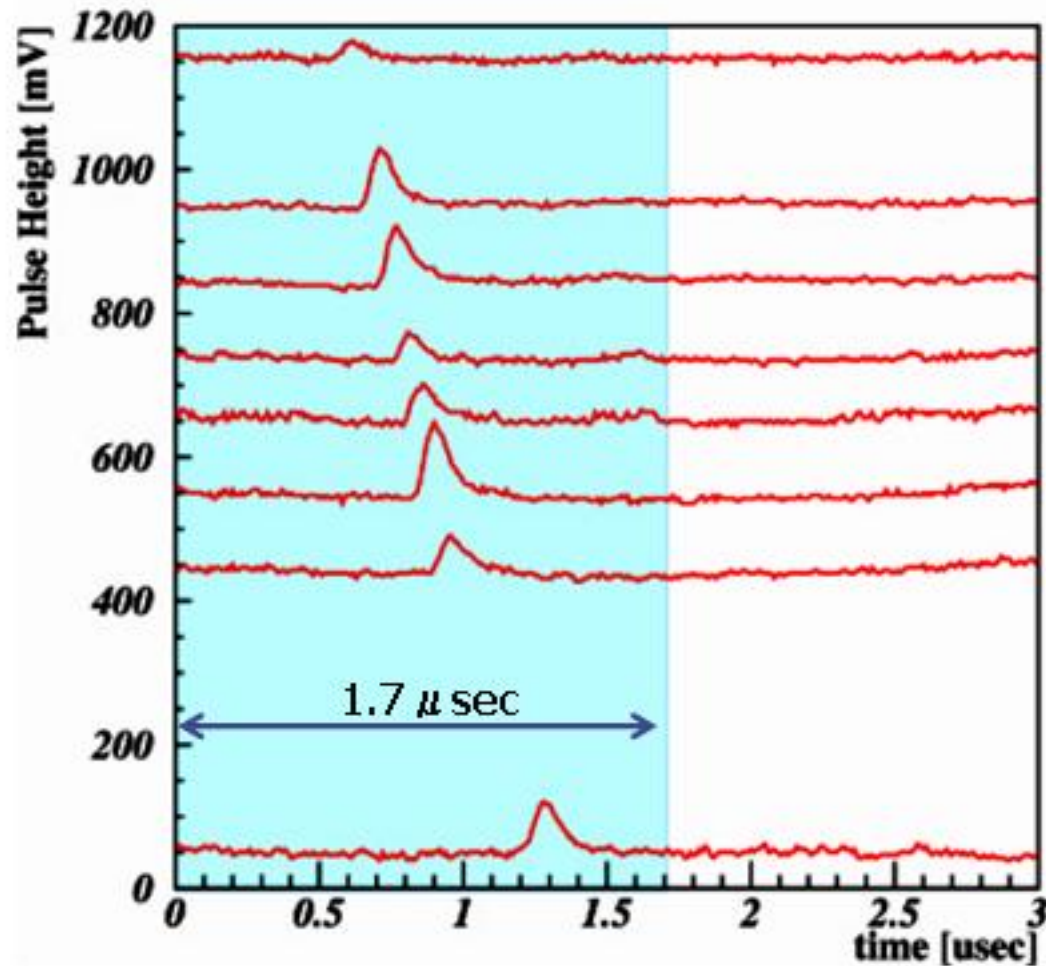
宇宙線 μ 粒子測定 Setup

- Gas Ar : C₂H₆ = 8 : 2 (~ 1 atm)
- Drift field 360V/cm

Drift velocity ~ 4.7 cm/ μ sec
 Max drift time ~ 1.7 μ sec



μ 粒子のtrack



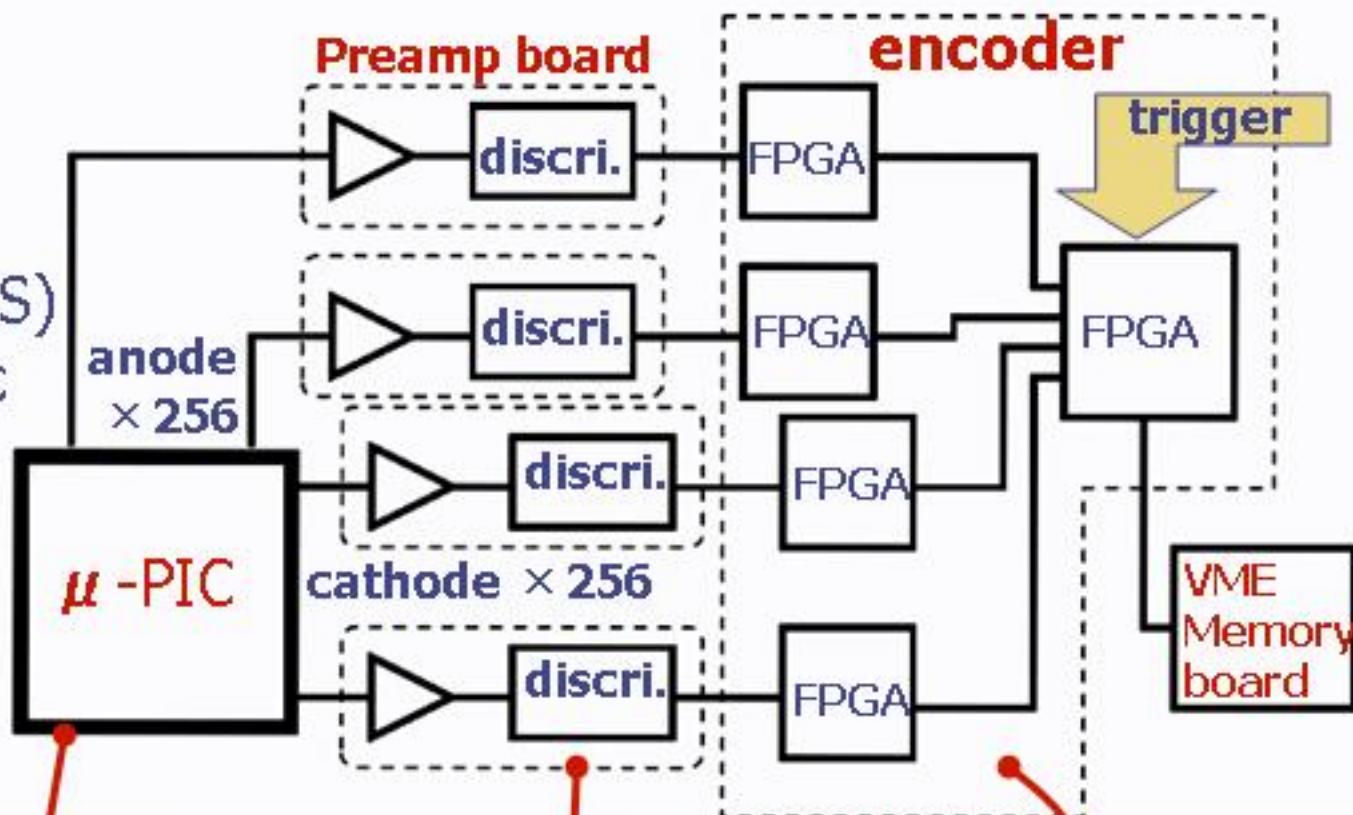
左の図から再構成された
 μ 粒子のtrack

Flush ADCで
再構成したsignal

(測定位置に応じた
offsetを加えてある)

TPC Setup

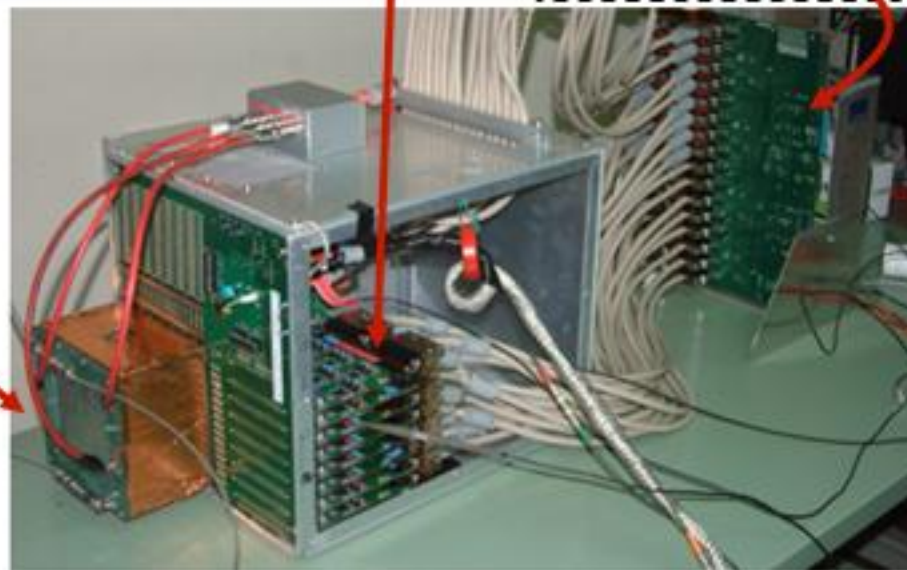
- Preamp
ASD chip(ATLAS)
時定数 16nsec
- Encoder
FPGAを用いた
digital回路
40MHz clock



位置
+
時間



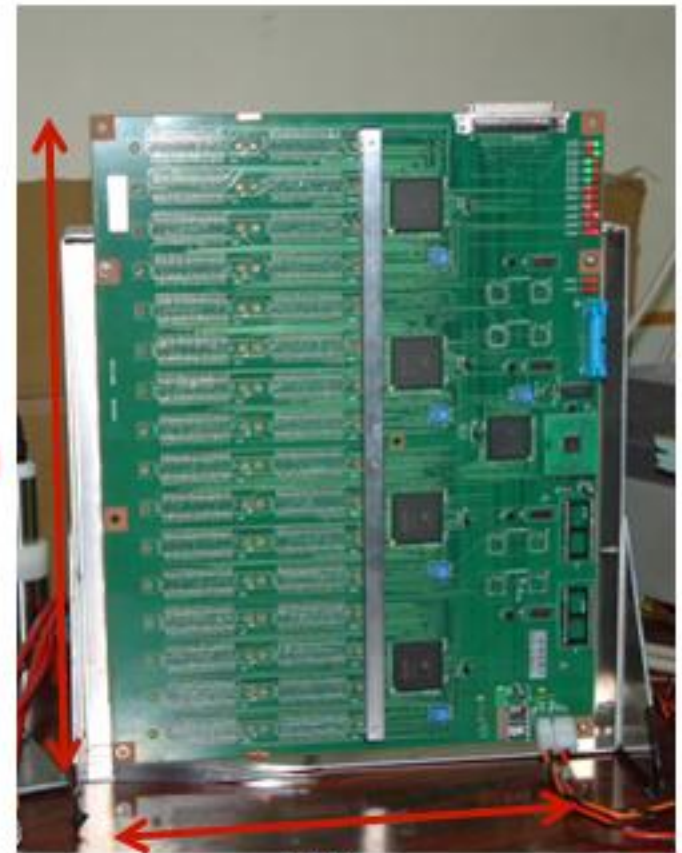
Memory boardへ
書き込む



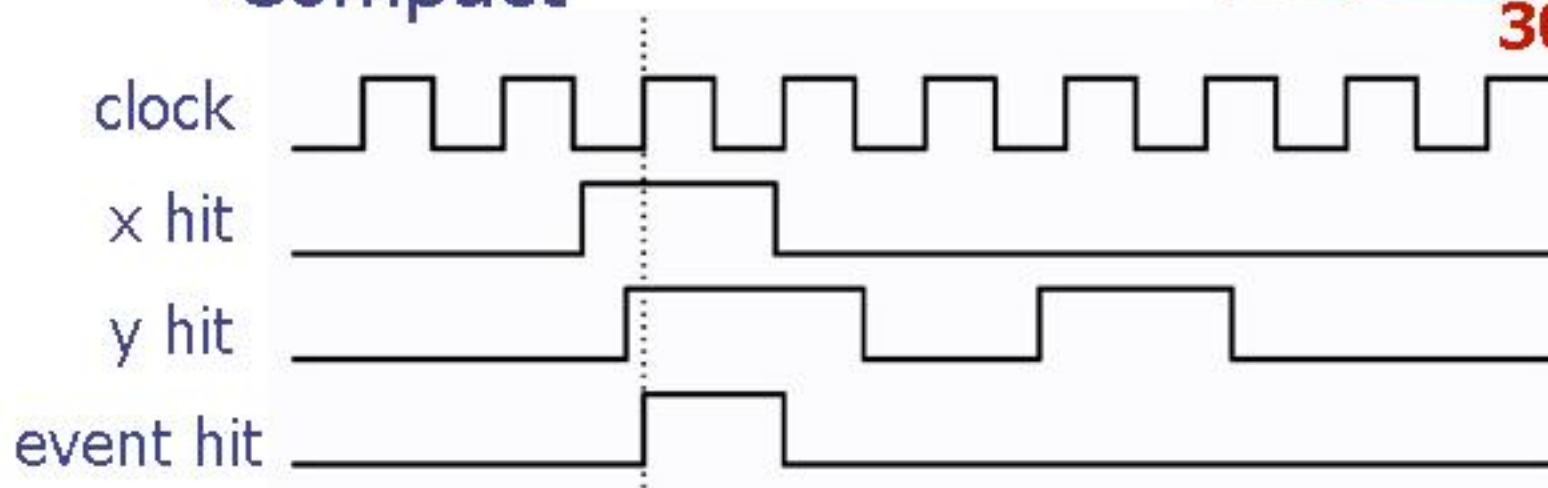
Encoder board

- 1024ch input
- 40MHz clock
- Pipeline encoding
- 40MHz 信号处理
- Programmable (FPGA)
- Compact

40cm



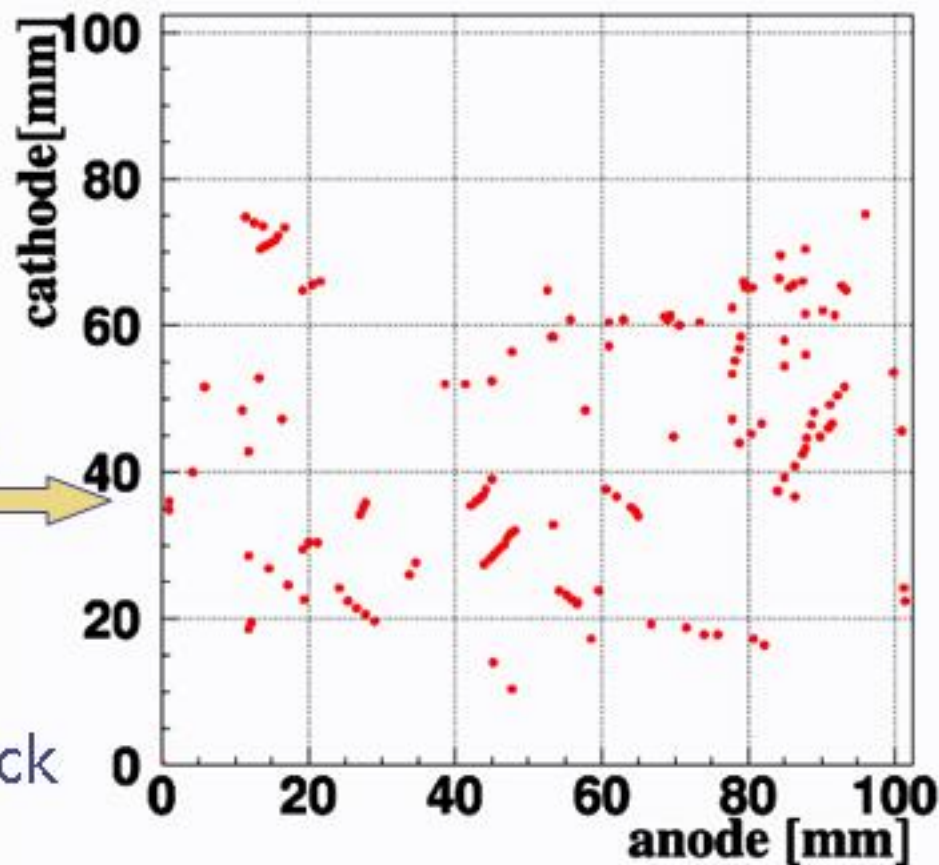
30cm



電子のtracking

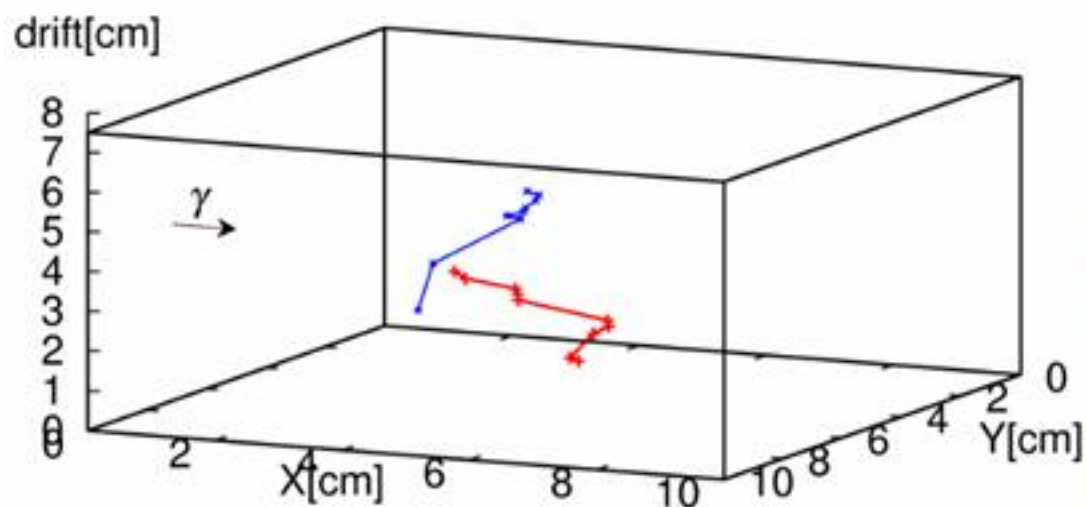
Kr gasのback ground β

μ -PICによる2次元track
(Kr : C₂H₆ = 9 : 1)



²²Naからの2 γ

micro TPCによる3次元track
(Ar : C₂H₆ = 8 : 2)



数百keVの
電子のtrackを再現



Prospect

- ◆ Minimum ionized particle

1pixelあたりに電離される電子は約4個

- ◆ Gas gain

安定動作は3000~4000

- ◆ Preamp

thresholdを越えるのに 2×10^5 個の電子が必要

1.6×10^4 個の
電子

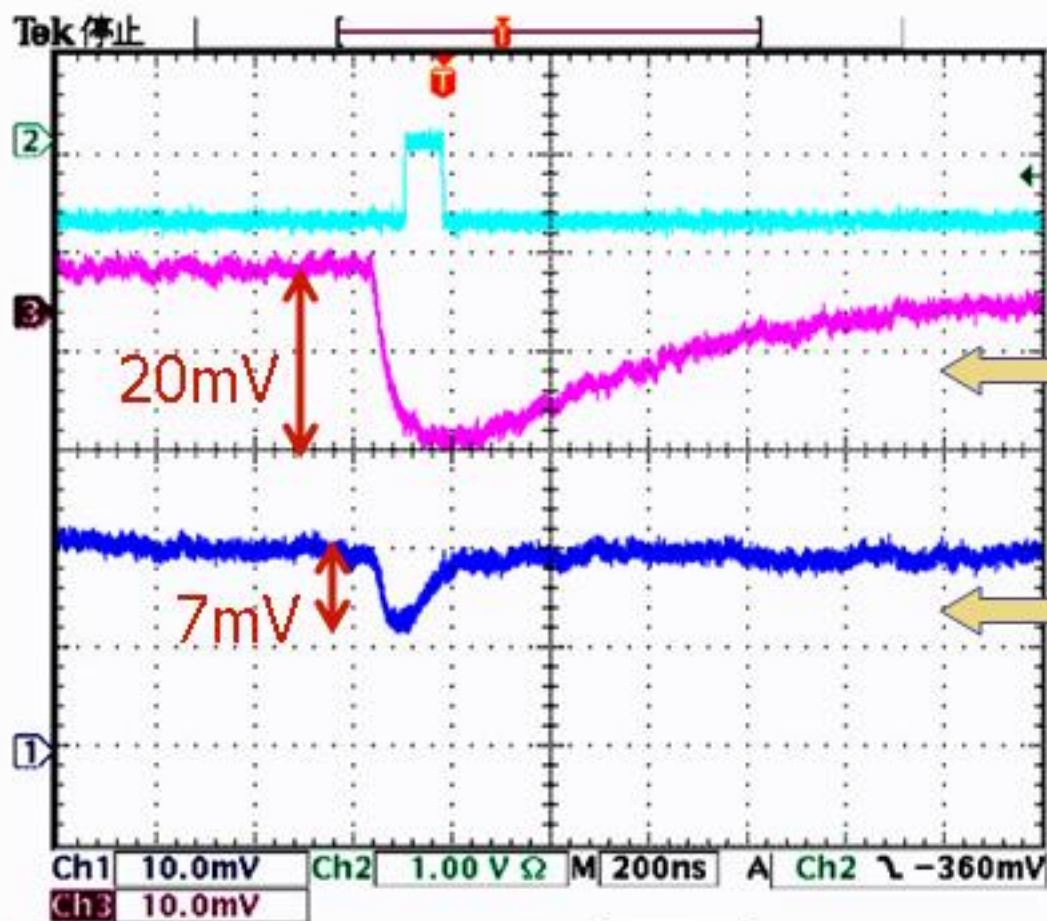


あと1桁！

- Preampの改良 (×2)
- Ar→Xe (×3)、気圧を上げる (×1.5)
- Thresholdを下げる
- Anodeのpitchを広げる (×2)
- 電極構造の最適化を行い、gas gainを上げる
- 放電を抑え、電圧を上げる

約20倍の
Gain upが可能

Preamp out



時定数

$1\text{pF} \times 1\text{M}\Omega = 1\ \mu\text{sec}$ の
preamp out

時定数

$1\text{pF} \times 16\text{k}\Omega = 16\text{nsec}$ の
preamp out (ASD)

ASD chipを用いると
電圧で損をしている

Summary

- ◆ Gas gainは最大~7000を達成
- ◆ 連続安定動作をgain~4000にて
65時間持続
- ◆ Analog signalから
宇宙線 μ の飛跡再現に成功
- ◆ 2次元読み出しと時間情報から
3次元的な飛跡を実現
- ◆ より細く飛跡を再現するには
さらなる改善が必要
- ◆ Anode pitch 800 μ m、30cm \times 30cmの
検出器を今年製作開始