

NEWAGE43: 陰イオン μ TPCのための 読み出し回路

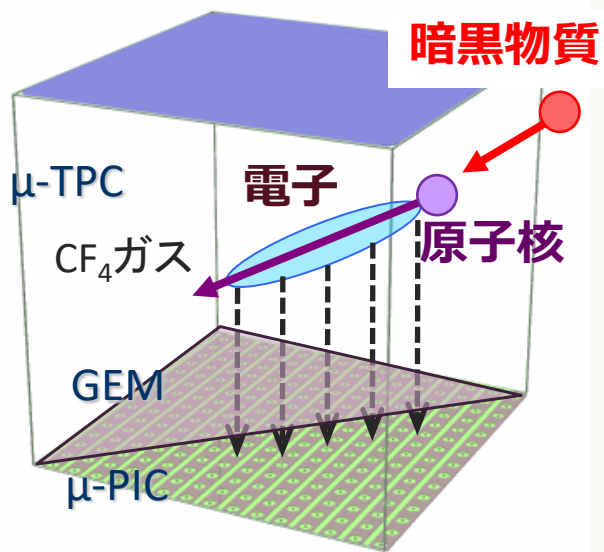
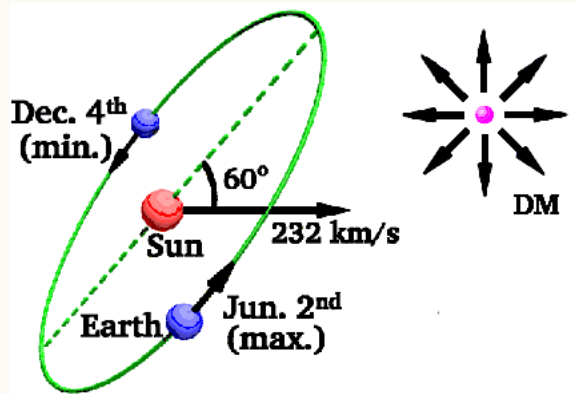
神戸大学理、KEK^A

中澤美季、身内賢太郎、池田智法、
坂下健^A、田中真伸^A、長谷川琢哉^A、

他NEWAGEグループ

NEWAGE

- NEWAGEは方向に感度を持った暗黒物質直接探索実験
- ガス検出器 (μ -TPC) を用いて**暗黒物質の「風」**を検出することを目指している。



μ -TPC検出原理図

[問題点]

- μ -PICに含まれるU/Th系列の原子核崩壊によって生じる α 線がバックグラウンドになる。
- 従来の μ TPCではz軸（ドリフト）方向は相対位置しかわからない。

μ -TPCのz軸方向の絶対位置決定

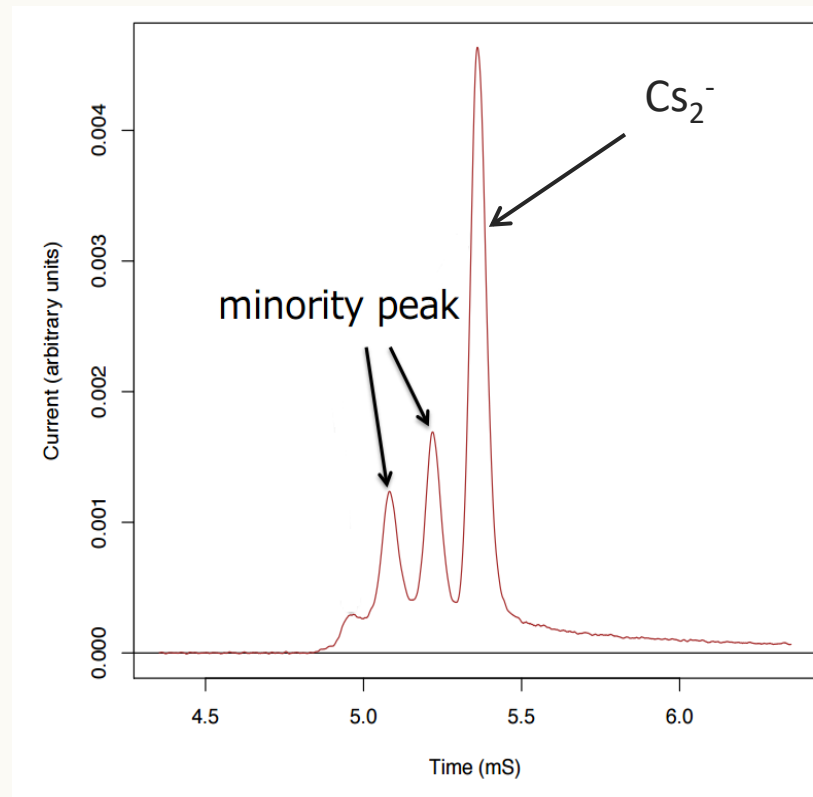
陰イオンガス Cs_2 に O_2 を混合



複数のドリフト速度の異なる陰イオンが生成され、z軸方向の絶対位置を決定できる。
(DRIFT@英国)

$$z = (t_a - t_b) \frac{v_a v_b}{(v_b - v_a)}$$

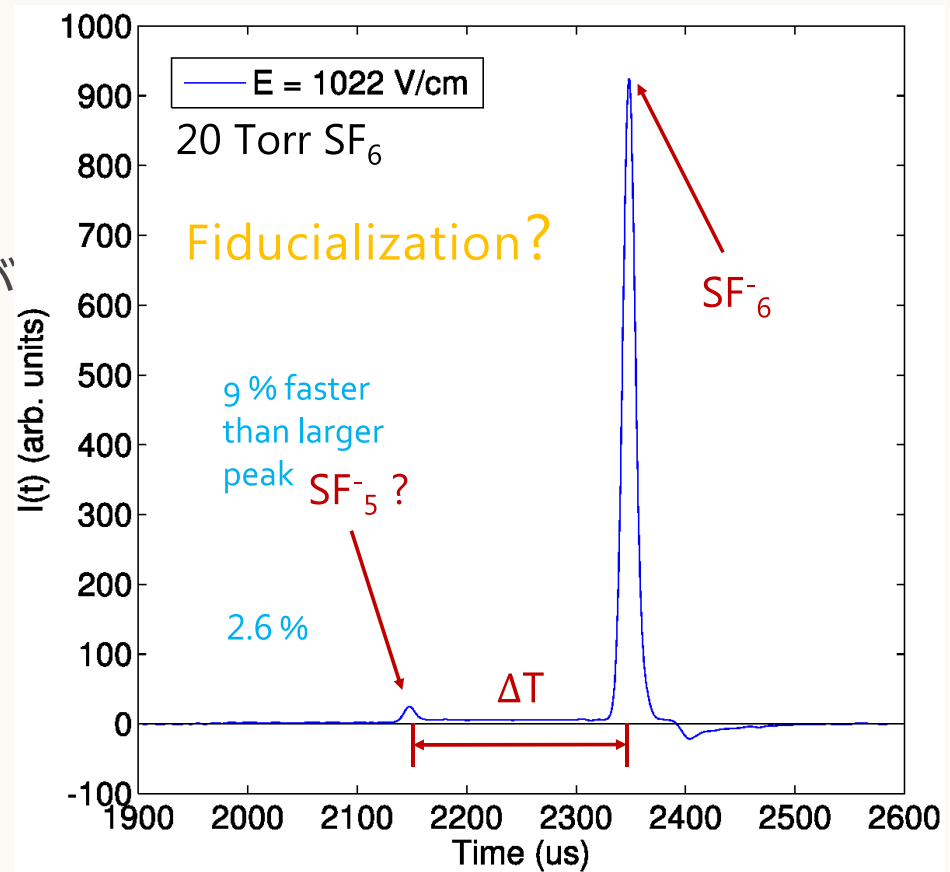
[Physics of the Dark Universe 9-10(2015)1-7]



この解析方法を用いると、
 μ -PICまわりの事象を除去することができる！！

SF₆を用いた陰イオンμ-TPCの開発

- 陰イオンガスCs₂には
有毒性、揮発性、可燃性
がある。
- 2015年にDRIFTグループが
SF₆の可能性を示唆。
- NEWAGEでは、
無毒性、無揮発性、
不可燃性のSF₆を用いた
陰イオンμ-TPCの開発を
行っている。

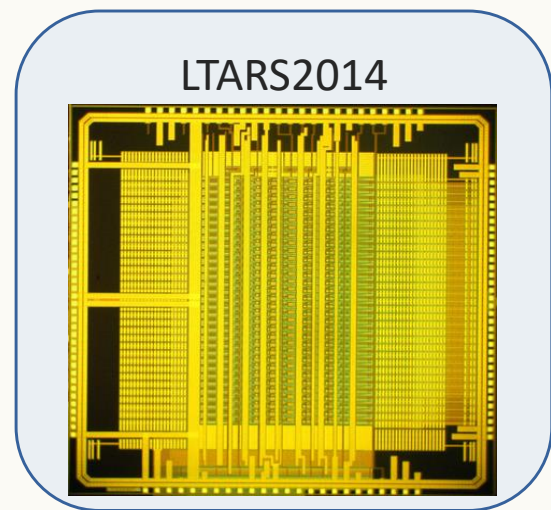


[N.Phan/Cygnus2015]

陰イオン μ -TPCのための読み出し回路

電子のドリフト速度
($5\text{cm}/\mu\text{s}$ 程度@Arガス中) に対して、
陰イオンのドリフト速度
($\sim 10^{-2}\text{cm}/\mu\text{s}$) は非常に遅い

➡ KEKで液体アルゴン用TPCの
読み出しのために開発された
ASIC (LTARS2014) を
修正して使用する。



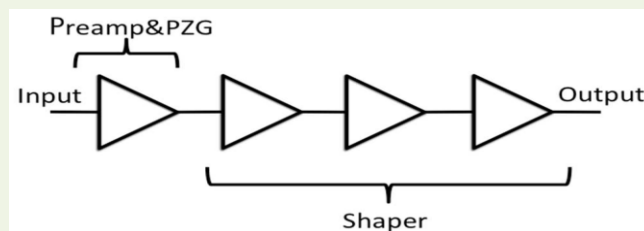
[修正点]

- 時定数を長くする。(現行 $1\mu\text{s}$)
- ダイナミックレンジを大きくする。

[今回の試験]

- 基礎特性の再現試験。
- 時定数の要請値を決定。

回路概念図 (1CH)

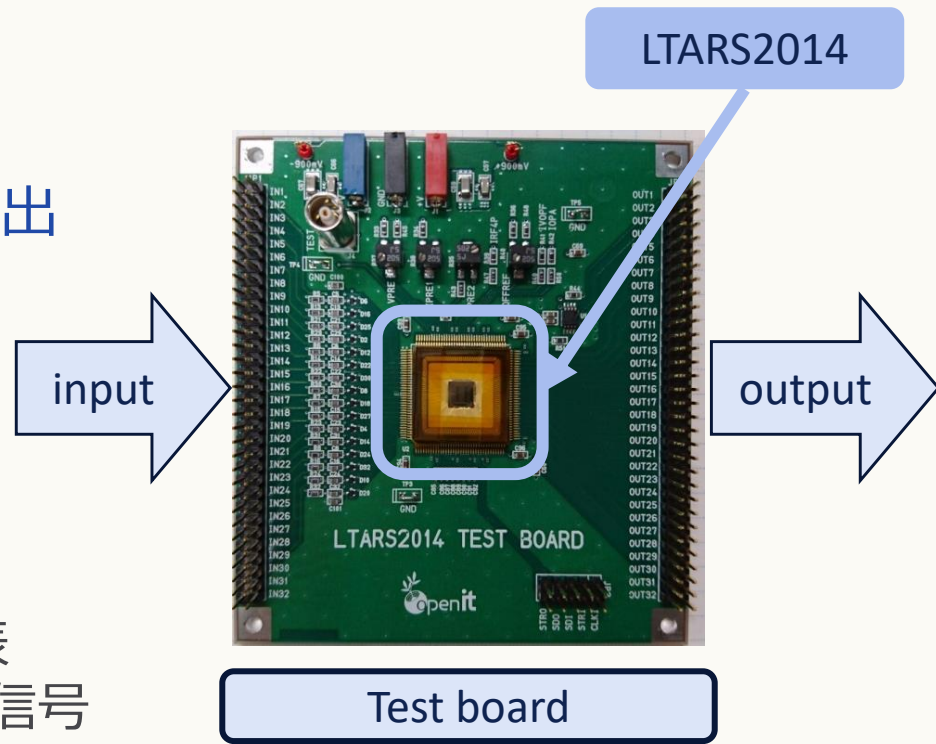


[Development of charge signal readout electronics
for liquid argon TPC/2015秋季物理学会]

テストボードを用いたASIC基礎特性試験

LTARS2014が搭載されたテストボードを用いて、基礎特性を調べる実験を行った。

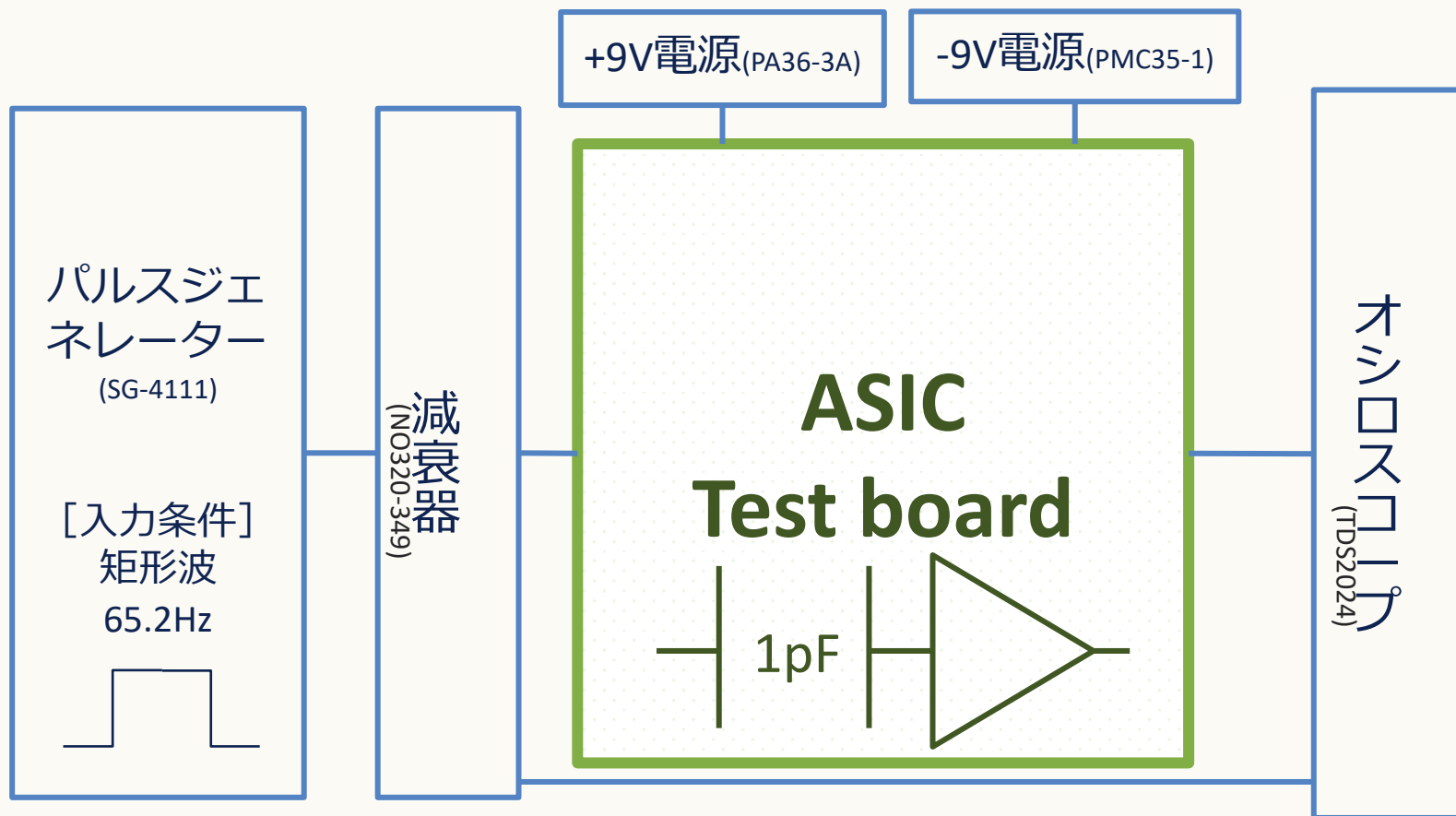
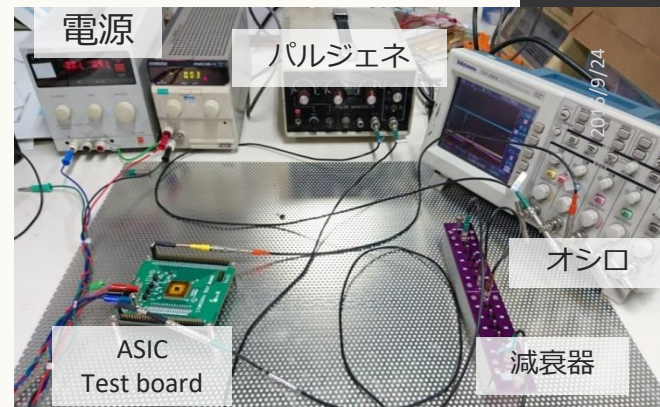
- ゲイン測定
- 等価雑音電荷測定
- ダイナミックレンジの算出



実験は岩手大 黒森雄介氏の
2015年秋季物理学会での発表
「液体アルゴンTPCのための信号
読み出し装置の開発」を参考に
行っており、その再現実験となる。

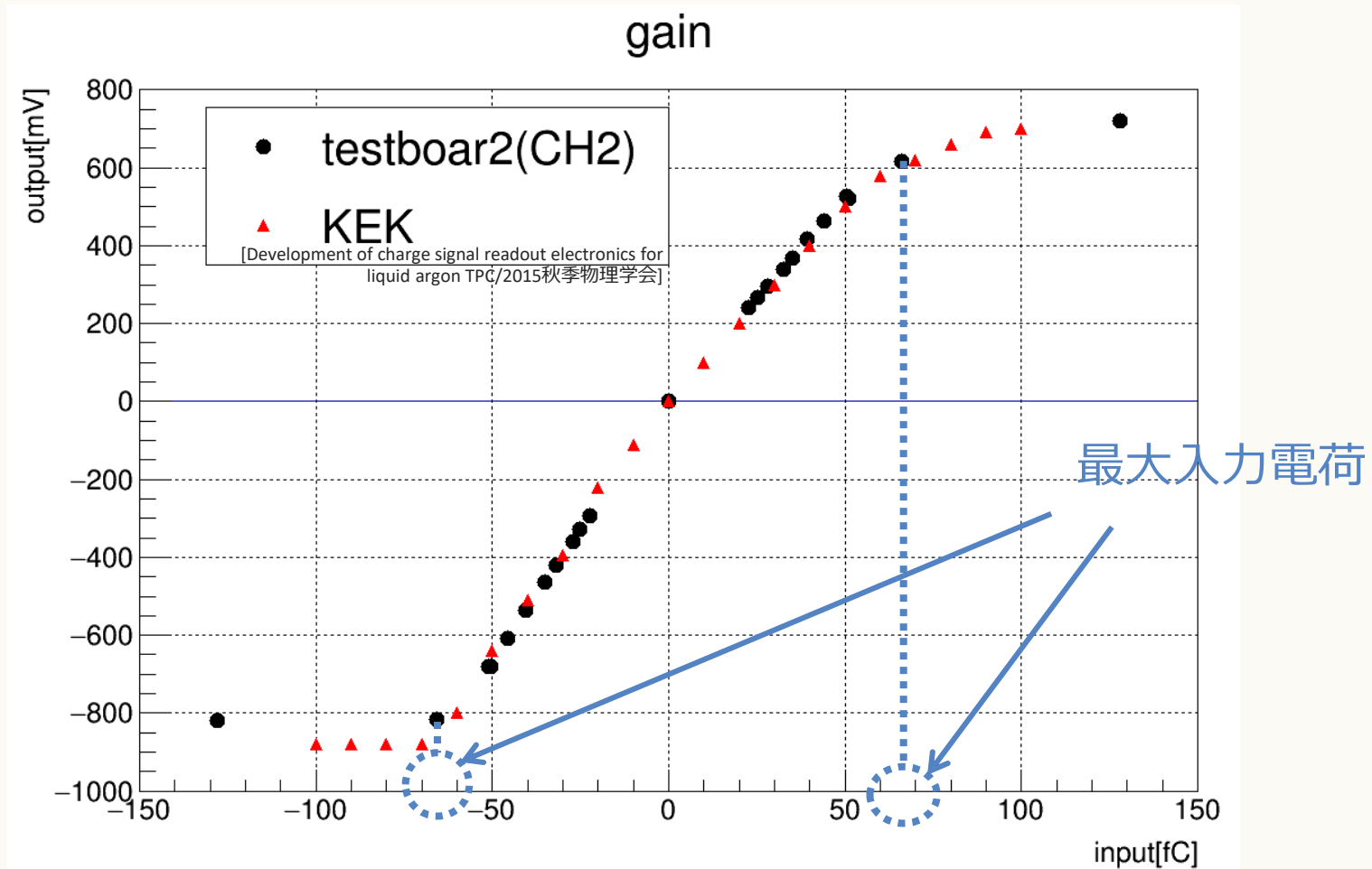
ゲイン測定

～Set Up～



()内は型番

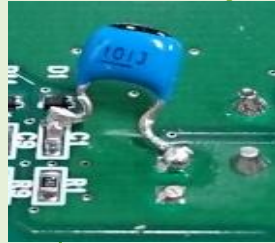
ゲイン測定結果



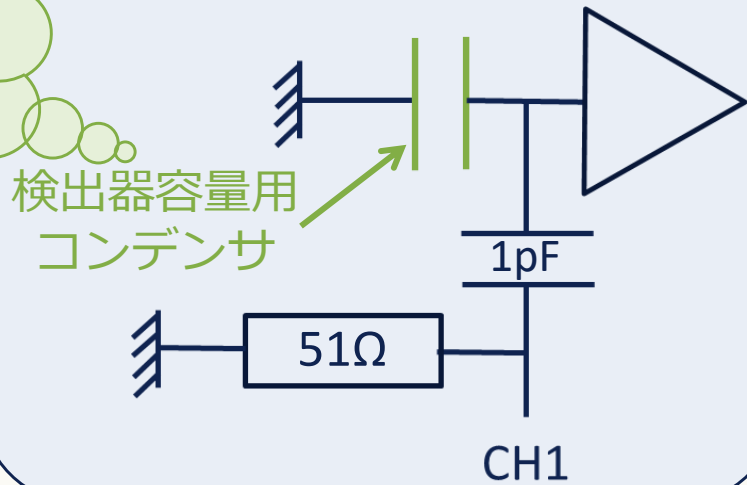
【Gain】 **11.4mV/fC**
【最大入力電荷】 **-60fC~70fC**

ASICのdesign値	
Gain	約9.0mV
最大入力電荷	60~100fC

等価雑音電荷 (Equivalent Noise Charge)

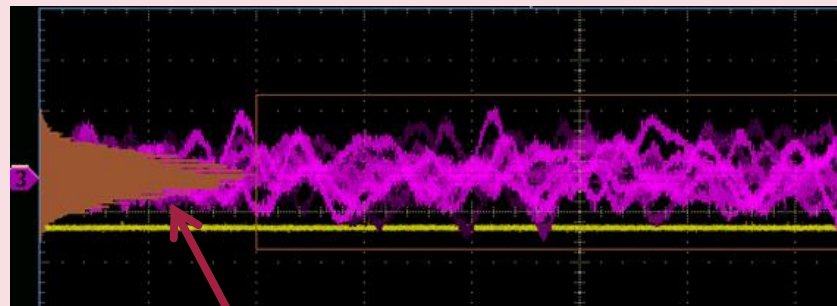


信号入力回路



- 信号入力回路に検出器容量用コンデンサを付け加えて、出力波形のRMSをオシロスコープで測定。
- 検出器容量ごとにENC(ノイズを電子数になおしたものを)を算出し、対応を確認した。

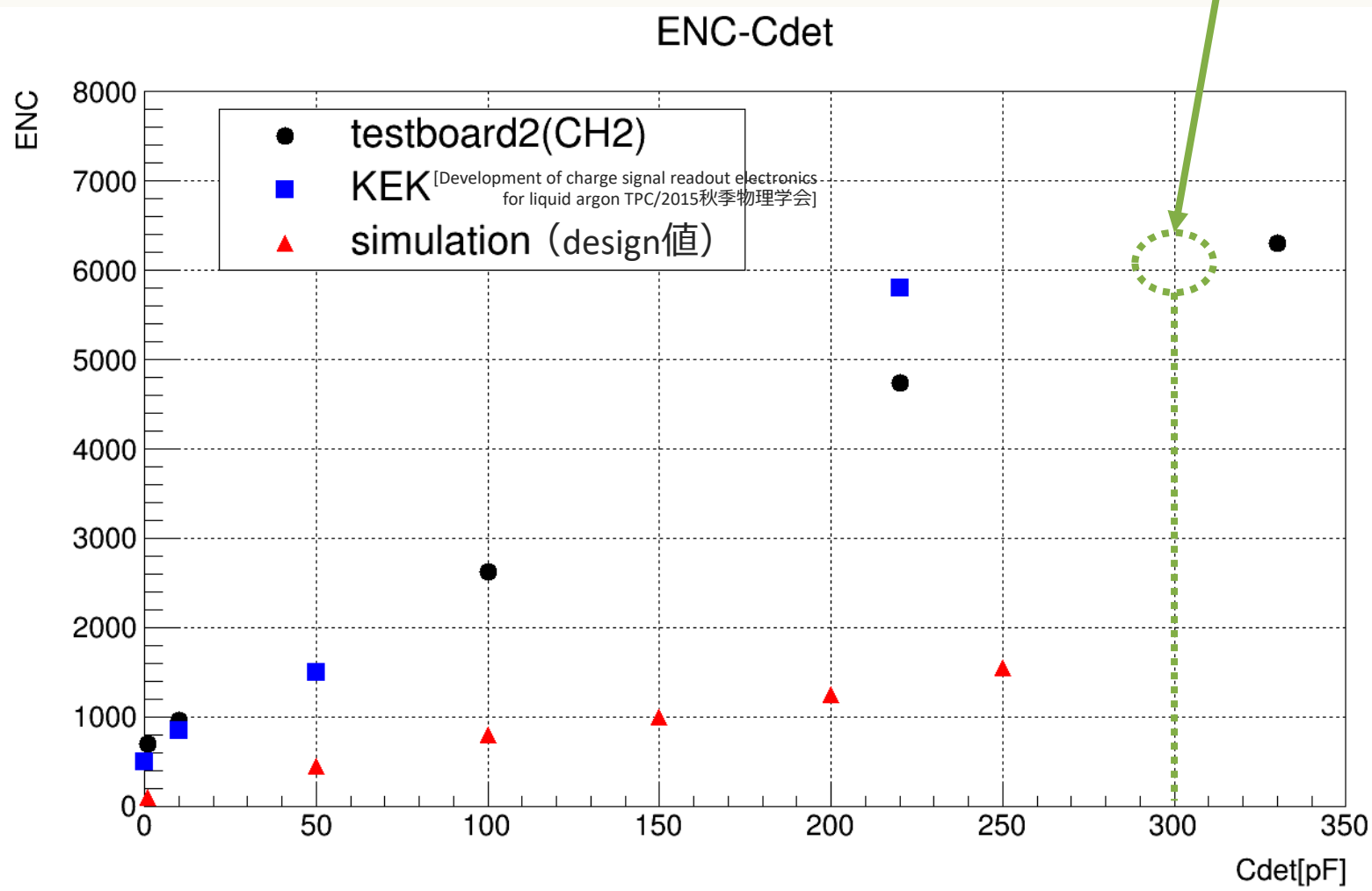
オシロスコープの出力波形



この標準偏差から
出力波形のRMSを得る

ENC測定結果

30cm×30cm μ -PICの
検出器容量 = 300pF



検出器容量への依存性がdesign値よりも非常に高い結果となった。
原因に関しては現在KEKの開発者と協議中

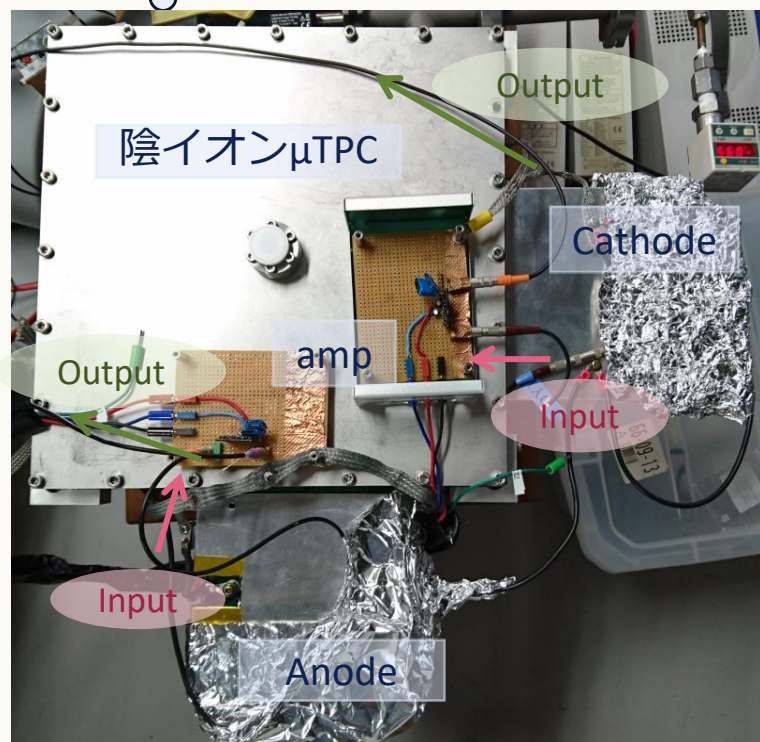
ダイナミックレンジ

- μ -TPCの検出器容量は300pF
- 300pFのときのENC6000 = **約1fC**
 $6000 \times 1.602 \times 10^{-19} [C] = 0.96 \times 10^{-15} [C]$
- よって今回得られた**ダイナミックレンジ**は
1fC～60fCの **10^2**

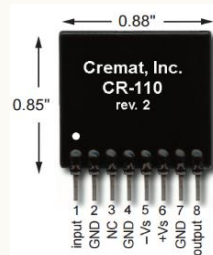
要請値 **10^4** には届いていない...

時定数決定試験

SF₆ガス(20Torr)
の信号を使用

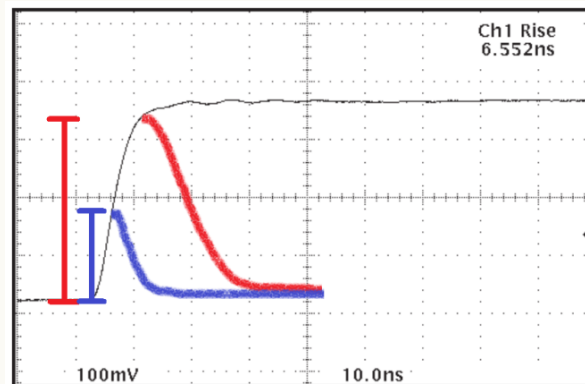


装置のSet Up



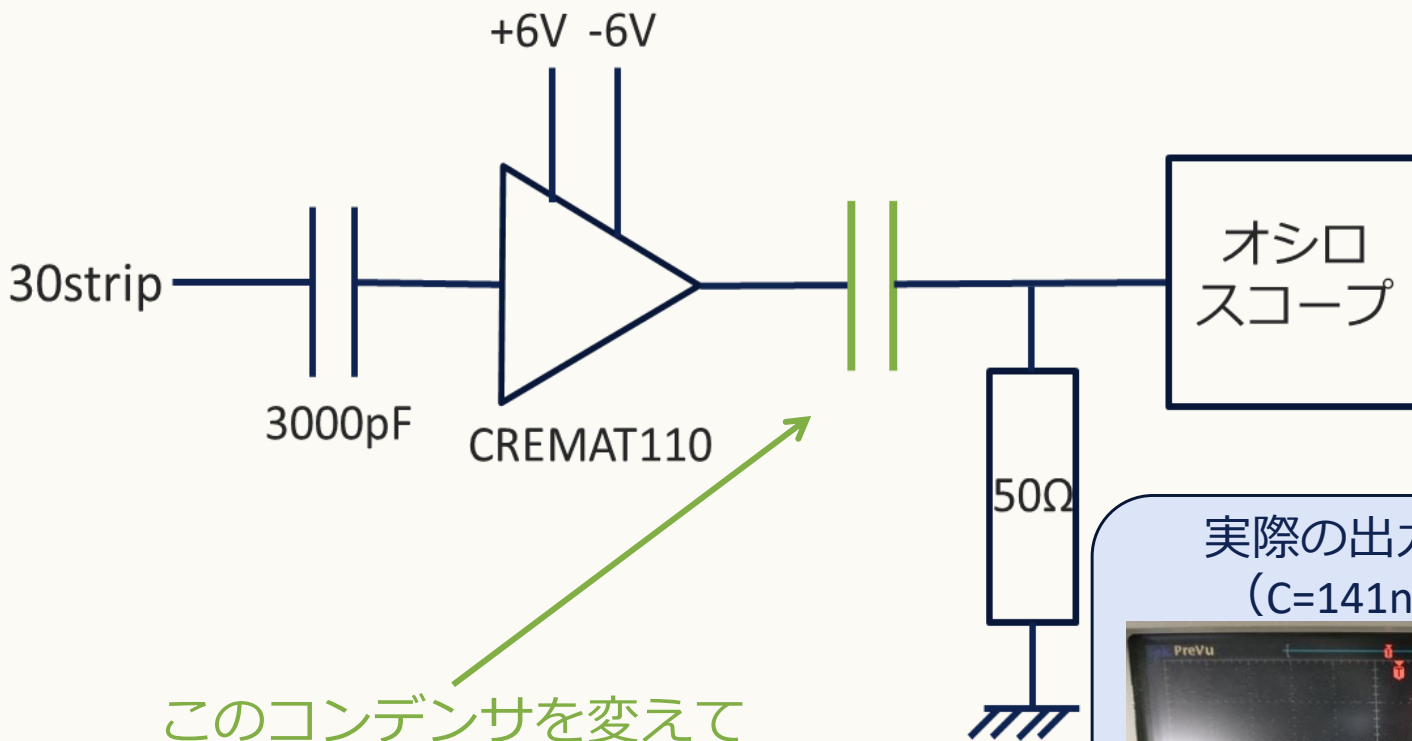
Cremat (CR-110)

Rise time	7ns
Decay time constant	140μs



- CREMATの立ち上がりの遅い信号を利用。
- 時定数が早すぎると、十分な波高に達する前に立ち下がってしまう。
- 時定数ごとに出力波高（電圧）を調べて最適な時定数を求めた。

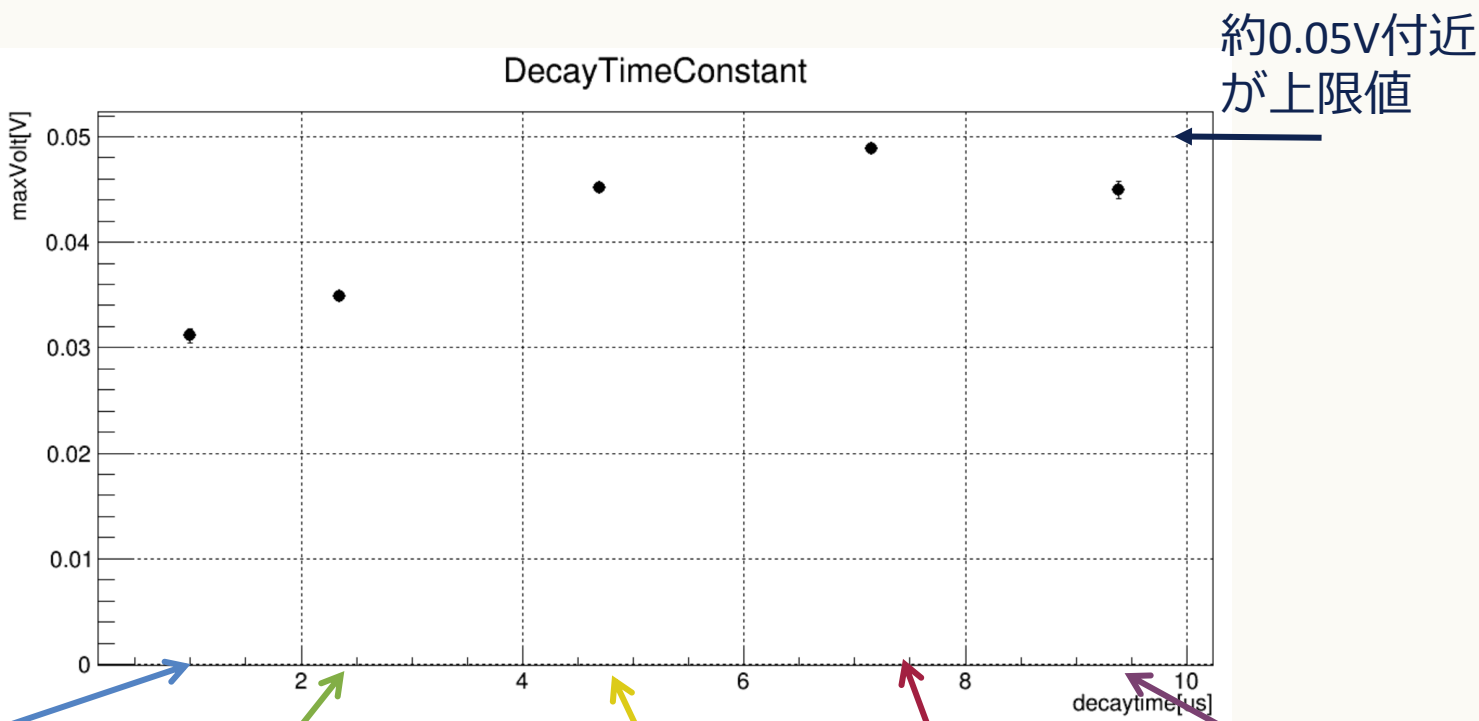
時定数決定試験



このコンデンサを変えて
時定数を調整



時定数決定試験



時定数毎の波高データ

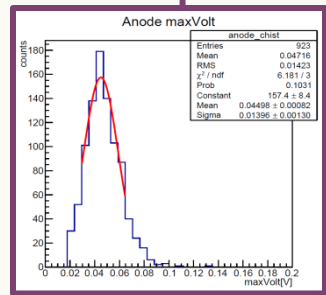
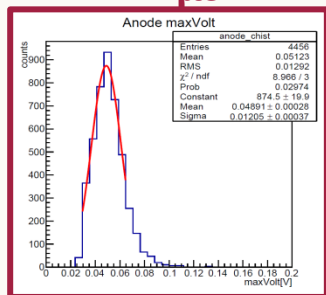
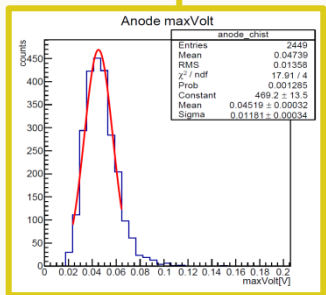
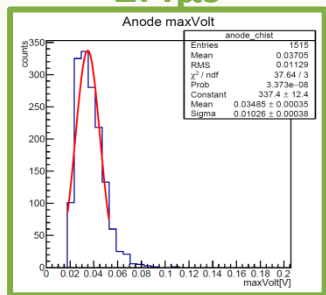
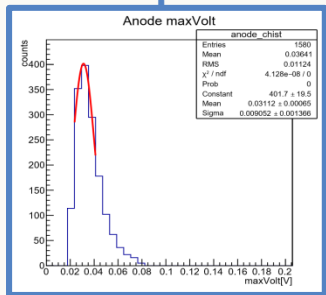
1 μ s

2.4 μ s

4.7 μ s

7.2 μ s

9.4 μ s



0.05Vからの損失が5%以下であることから時定数要請値は**4 μ s**と決定

まとめと今後の予定

まとめ

	従来のASD	LTARS2014	陰イオン μ TPCのASIC要請
ゲイン	0.898V/pC	11.4mV/fC	8mV/fC
時定数	16ns	1 μ s	4 μ s
ENC	----	6000(@300pF)	2000(0.3fC)以下
ダイナミックレンジ	----	10 ²	10 ⁴

今後

- 時定数を長く（1 μ sから4 μ sに）したASICの設計
- ダイナミックレンジを大きくするため、アンプを2段（main peak用 + minority peak用）にしたASICの設計