

高バースト耐性MWPCと データ圧縮機能付きFADCの開発 I

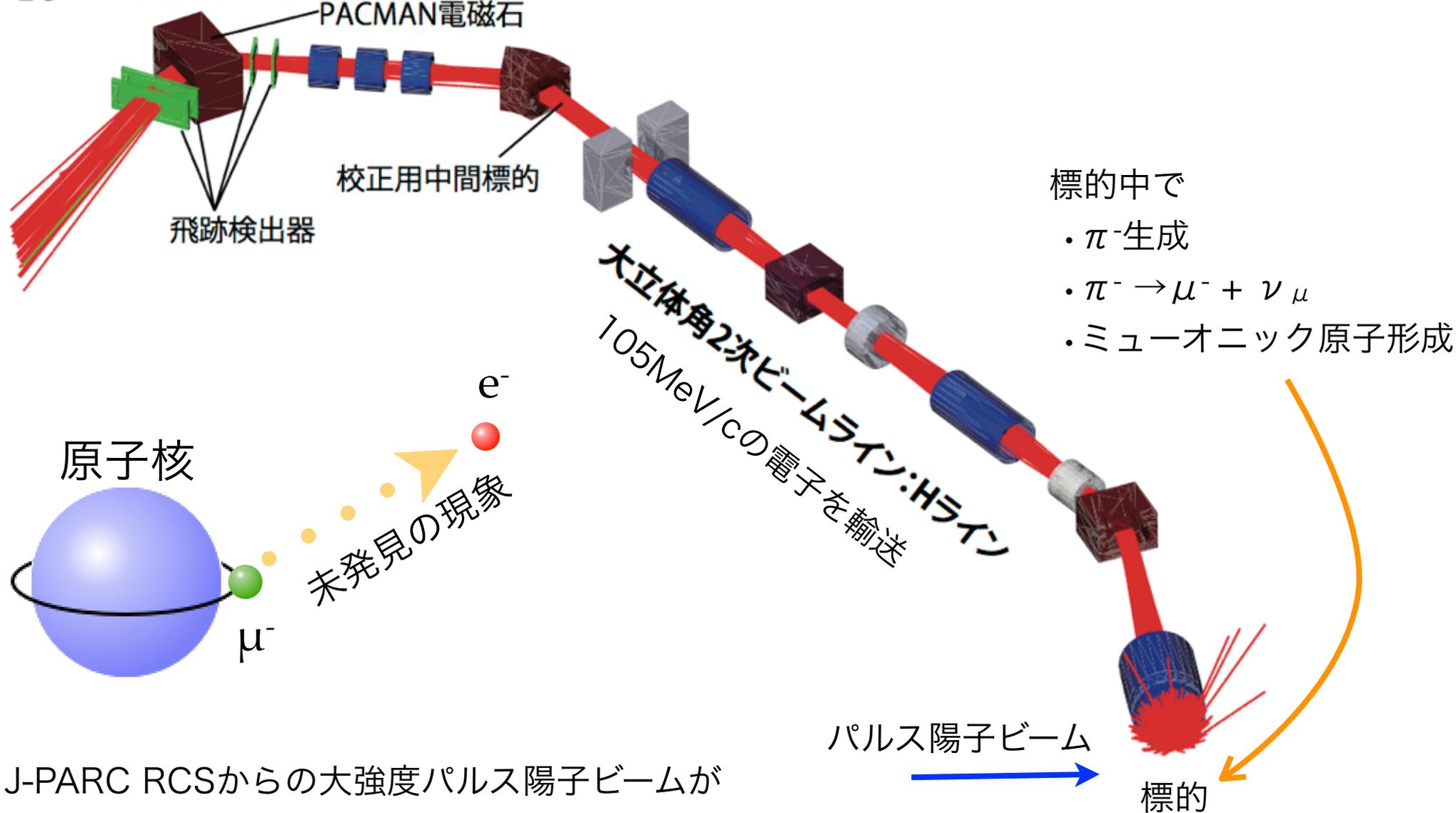
KEK 名取寛顕、大阪市立大学 手嶋菜月

Contents

- DeeMe 実験について
- 要求性能
- アンプの開発について
- まとめ

DeeMe experiment

電子スペクトロメータ



J-PARC RCSからの大強度パルス陽子ビームが
ミュオン科学実験施設の標的にて

未発見のミュオン電子転換過程を探索する実験

見つければ今までの物理モデルでは説明できない未知の新物理が存在する証拠になる

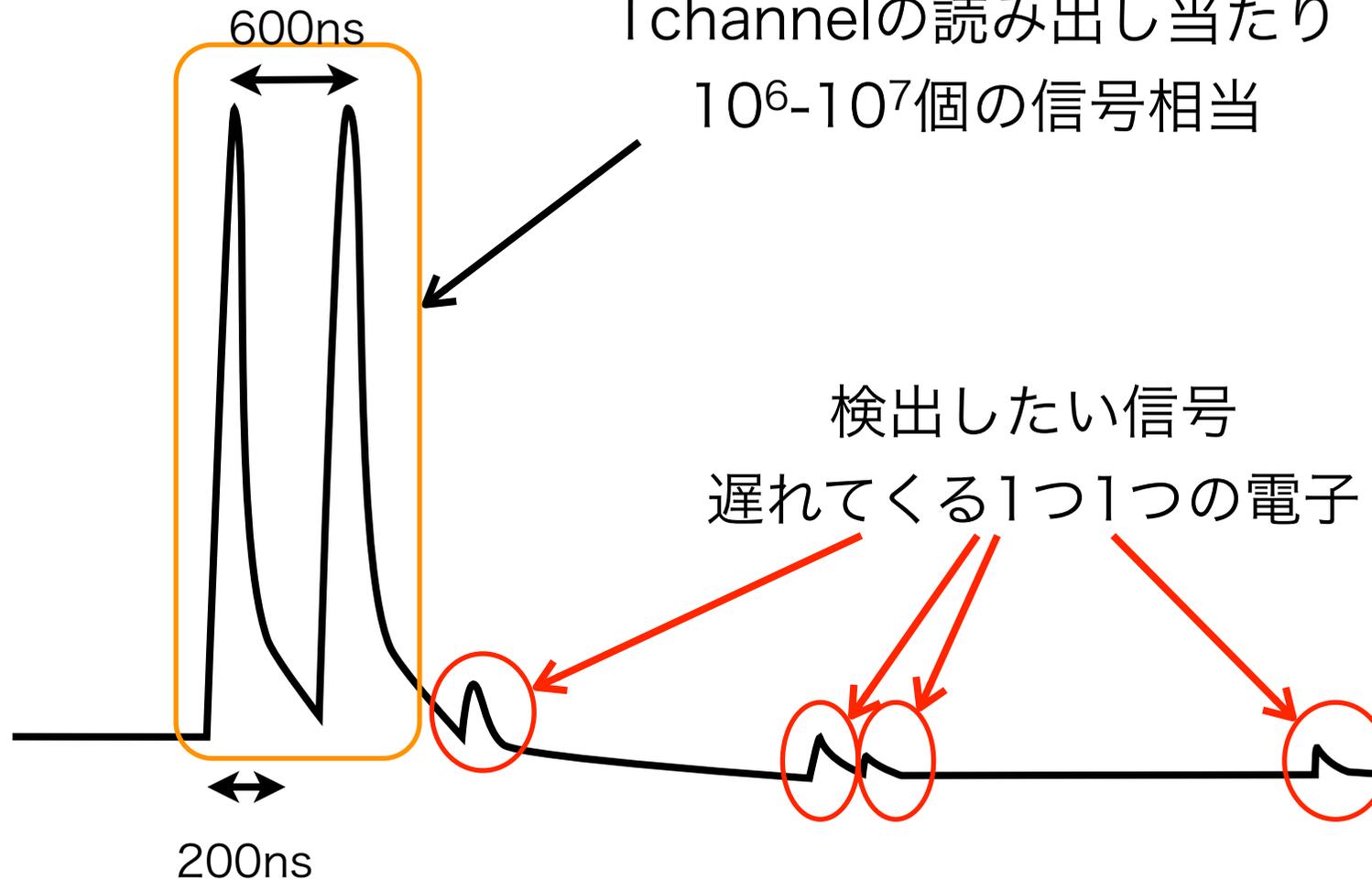
輸送される電子の信号の時間構造

ダブルパルスの陽子による即発の
荷電粒子バックグラウンド バーストパルス

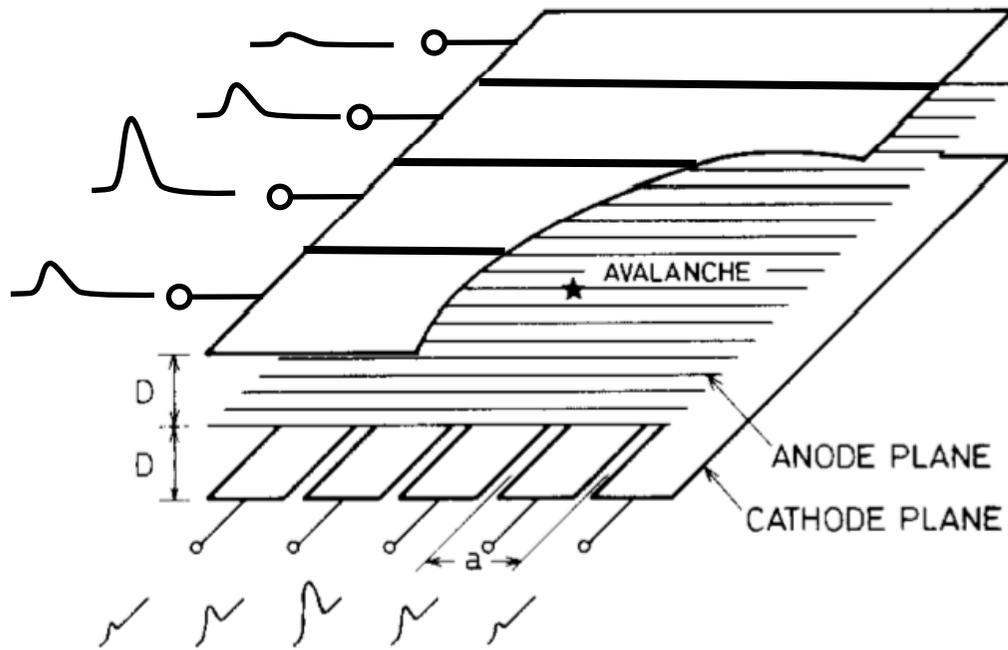
パルス当たり検出器には瞬間レート: $\sim 10\text{GHz}/\text{mm}^2$

1 channelの読み出し当たり

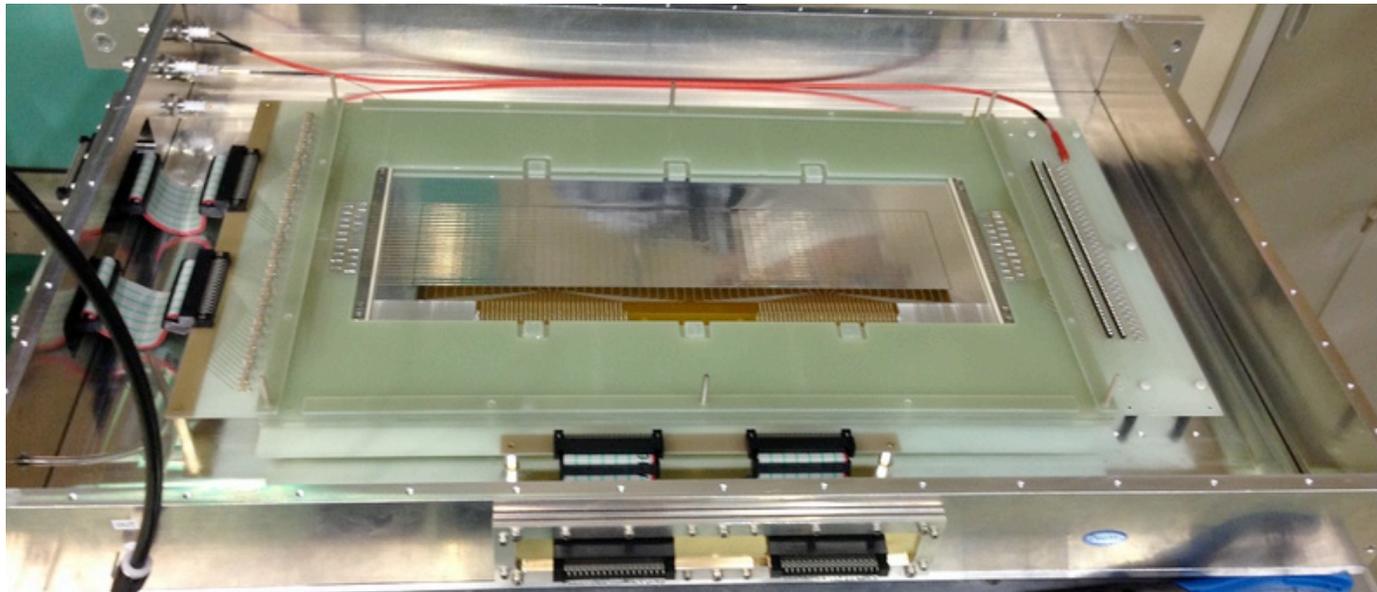
10^6 - 10^7 個の信号相当



検出器



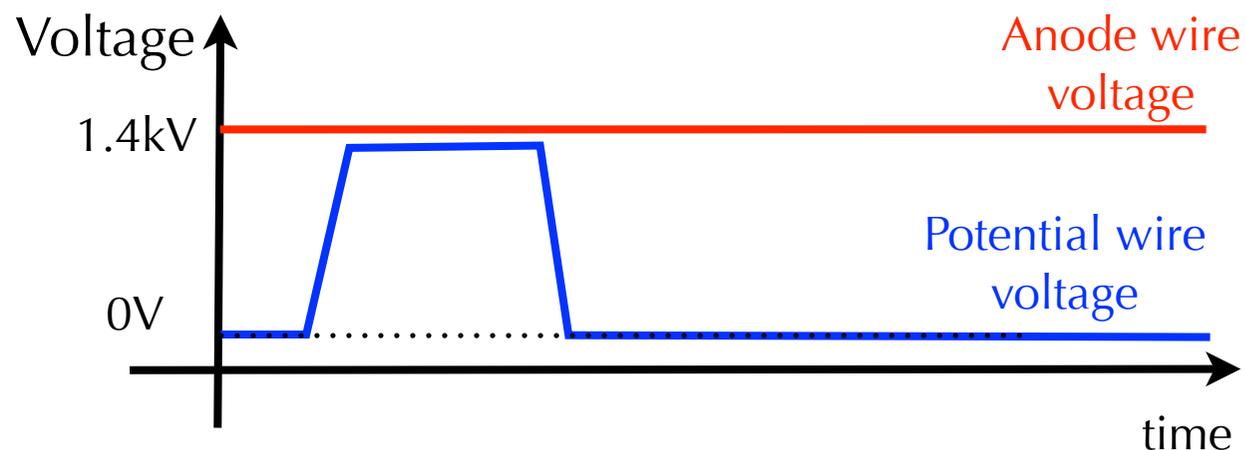
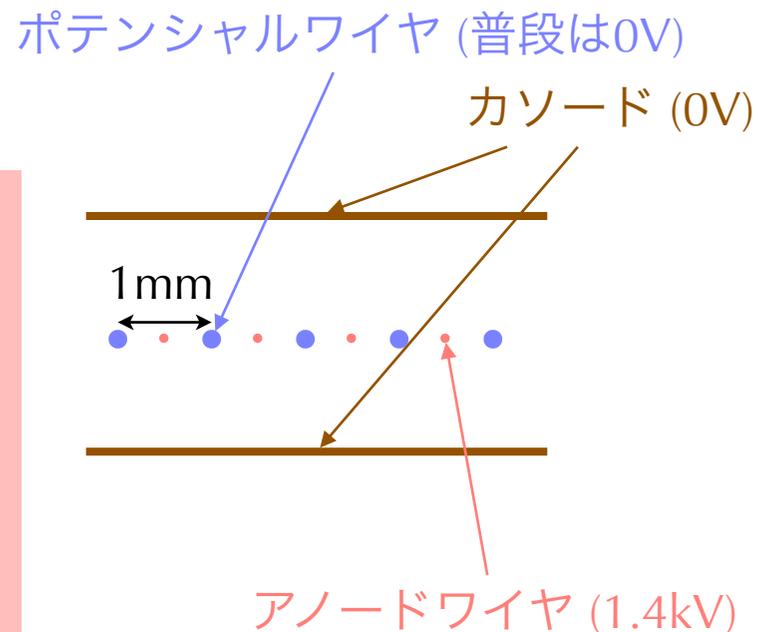
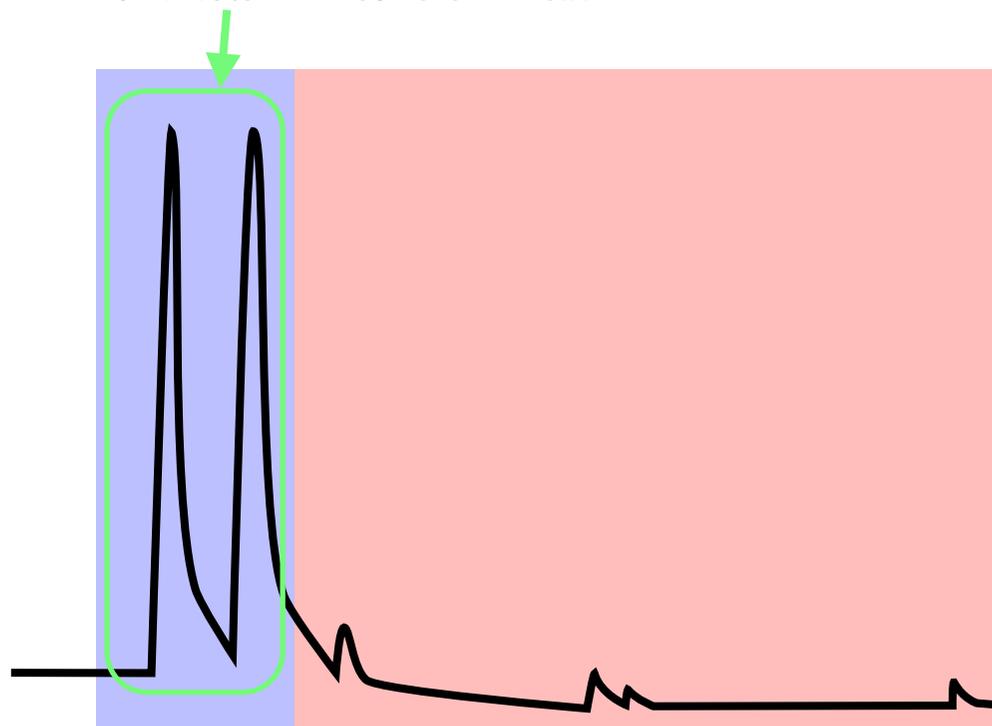
ワイヤ周囲の急勾配な電場で
電子が雪崩増することで
カソードストリップに誘起される
信号を読み出し、荷電粒子の
入射位置を測定する
ガスチェンバー



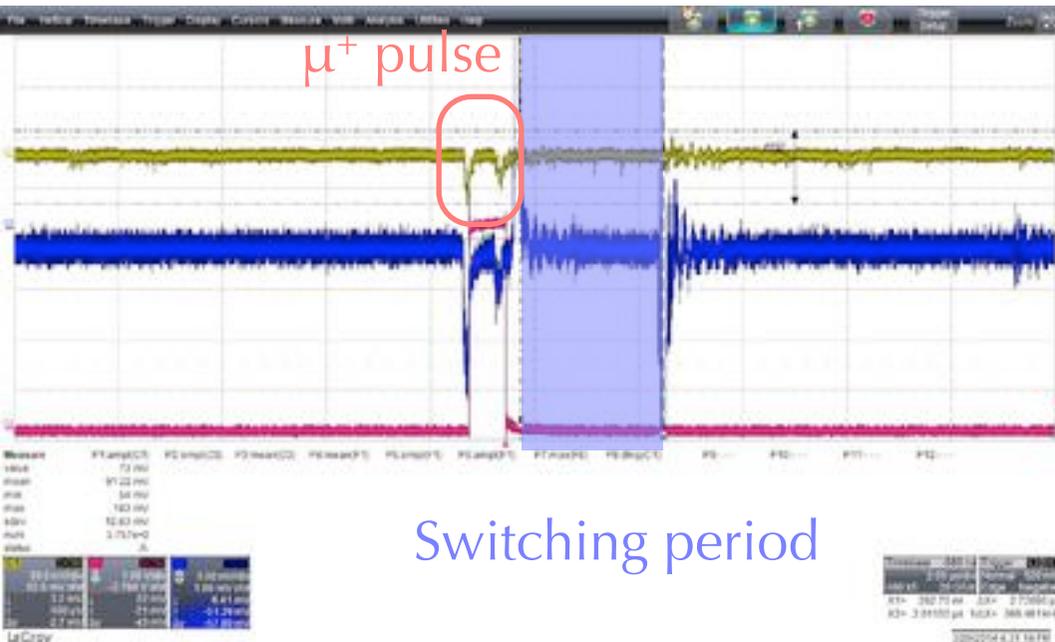
プロトタイプ検出器

Potential wire HV switching

入射粒子が多すぎるため
そのままでは検出器が動作不能に陥る



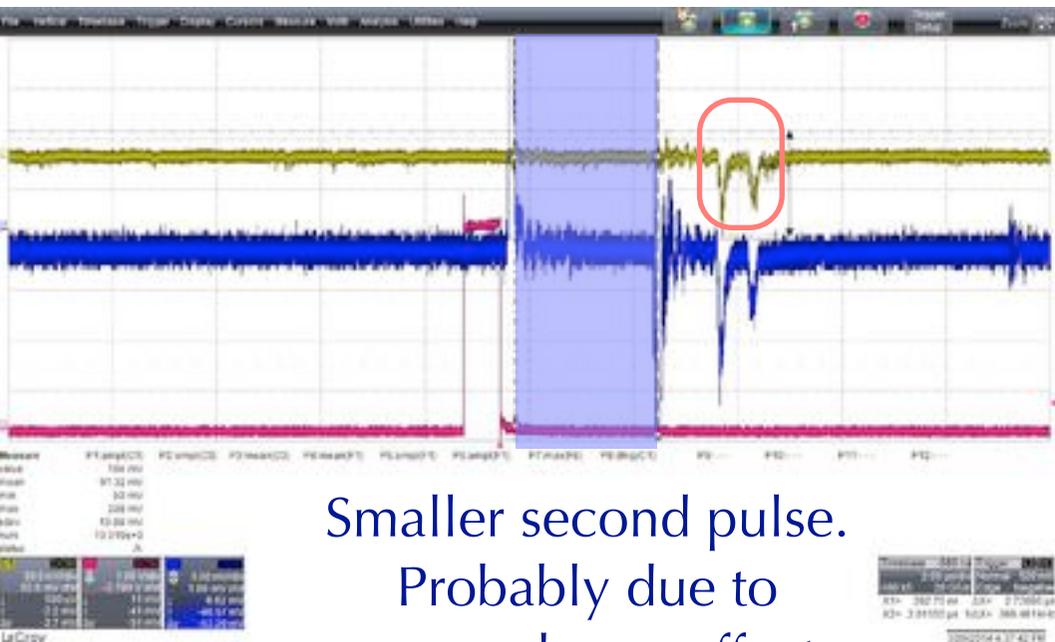
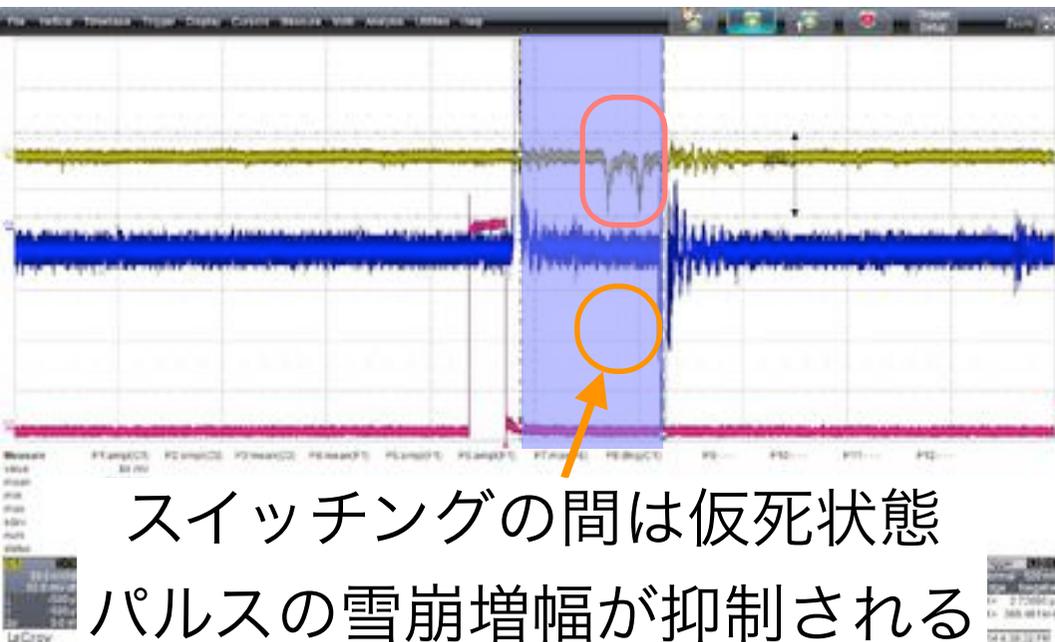
定常状態 0Vのワイヤに
パルスで1.4kVかけて
一時的に仮死状態にすることで
検出器が不感になるのを防ぐ



Scintillating fiber output

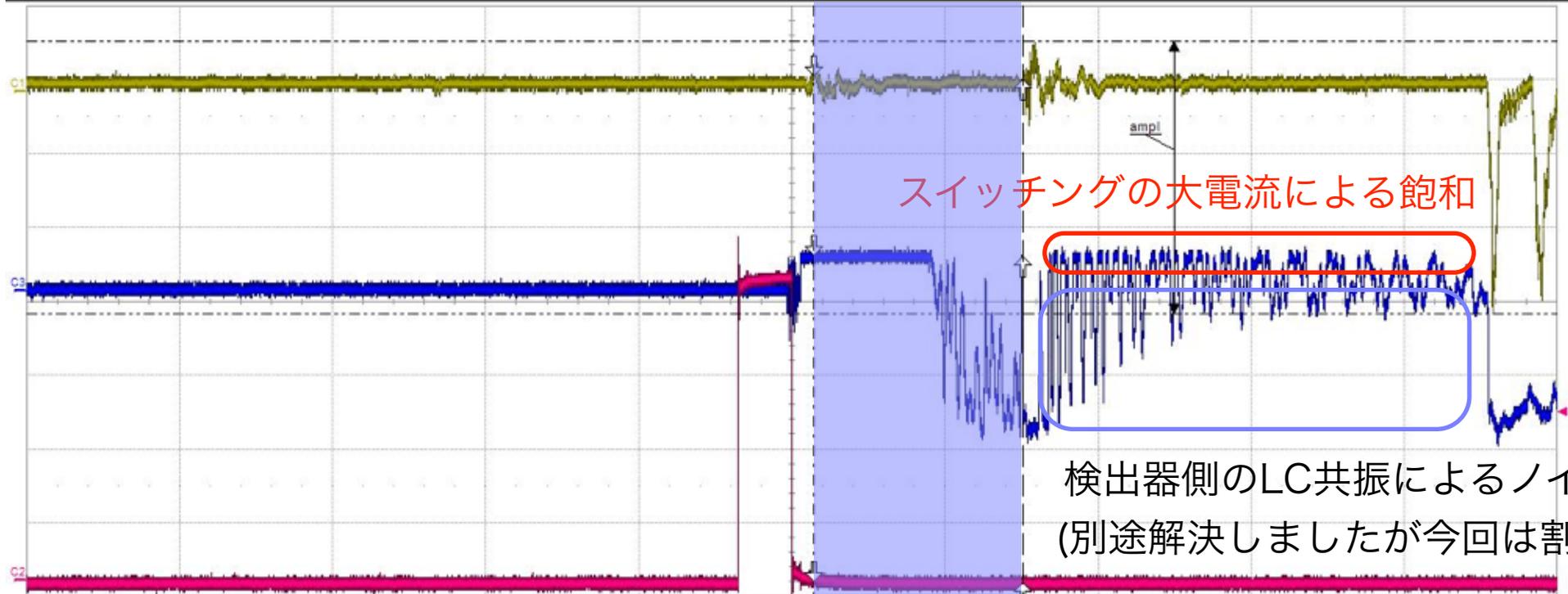
チェンバー アンプ無し生の波形

Switching gate signal



アンプへの要求 1

- ポテンシャルワイヤの1.4kVのスイッチングで誘起される大電流で動作不能にならないこと
- バーストパルスによる大電流で動作不能にならないこと



スイッチングの大電流による飽和

検出器側のLC共振によるノイズ
(別途解決しましたが今回は割愛)

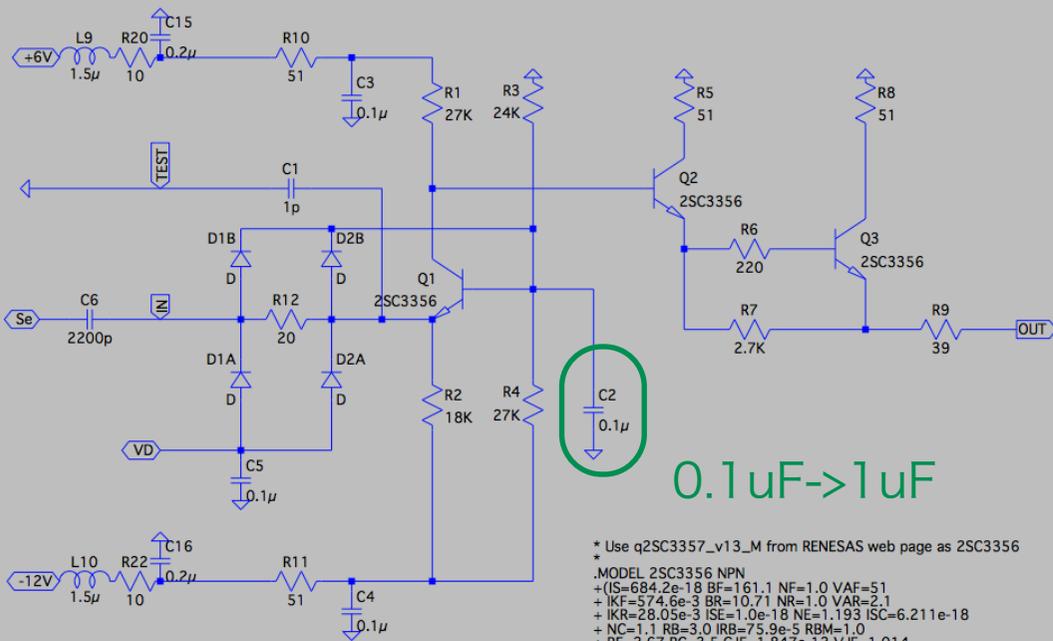
Switching period

Measure	P1:ampl(C1)	P2:area(C2)	P3:area(C3)	P4:mean(F1)	P5:ampl(F1)	P6:ampl(F1)	P7:max(F6)	P8:dtrig(C1)	P9:---	P10:---	P11:---	P12:---
value	184 mV	2.714336 μ Vs	-461.9449 nVs									
mean	198.04 mV	2.713598 μ Vs	-474.2726 nVs									
min	153 mV	2.708653 μ Vs	-498.5472 nVs									
max	253 mV	2.717901 μ Vs	-454.2436 nVs									
sdev	18.58 mV	1.377601 nVs	7.653082 nVs									
num	461	461	461									
status	.R	↓	✓									

Channel	Scale	Offset	Position
C1	50.0 mV/div	142.0 mV	↓
C2	1.00 V/div	-3.780 V ofst	↓
C3	500 mV/div	70 mV offset	↓

Timebase	Trigger
0.00 μ s	2.27 V
2.00 μ s/div	Normal
400 kS	Edge
20 GS/s	Negative
X1= 282.70 ns	Δ X= 2.72880 μ s
X2= 3.01150 μ s	1/ Δ X= 366.461 kHz

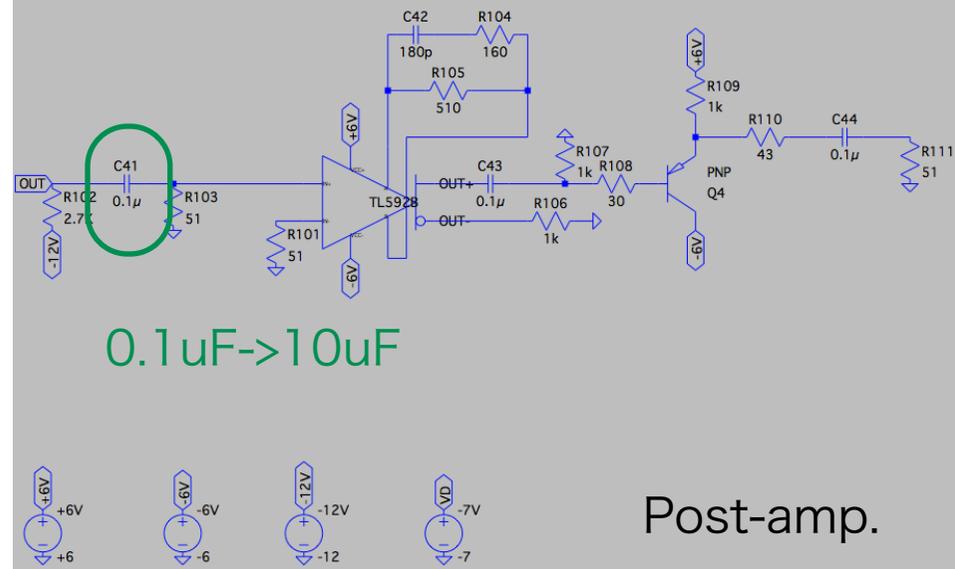
初期のアンプ



Pre-amp.

0.1uF->1uF

* Use q2SC3357_v13_M from RENESAS web page as 2SC3356
 *
 .MODEL 2SC3356 NPN
 + (IS=684.2e-18 BF=161.1 NF=1.0 VAF=51
 + IKF=574.6e-3 BR=10.71 NR=1.0 VAR=2.1
 + IKR=28.05e-3 ISE=1.0e-18 NE=1.193 ISC=6.211e-18
 + NC=1.1 RB=3.0 IRB=75.9e-5 RBM=1.0
 + RE=2.67 RC=3.5 CJC=1.847e-12 VJE=1.014
 + MJE=464.8e-3 CJC=1.086e-12 VJC=617.4e-3 MJC=353.8e-3
 + XCJC=0.1 CJS=0 VJS=0.75 MJS=0
 + FC=0.50 TF=23e-12 XTF=0.39 VTF=0.668
 + ITF=0.06 TR=0 PTF=20 EG=1.11
 + XTI=3.0 XTB=0)



0.1uF->10uF

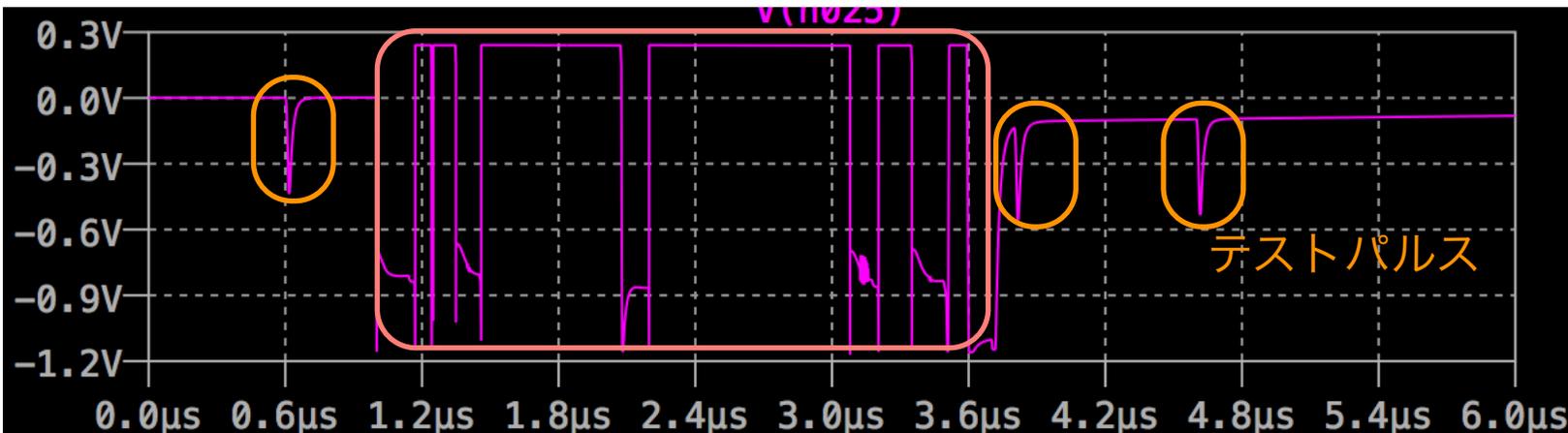
Post-amp.

動作実績のある

RADEKAアンプと

ビデオアンプを使ったポストアンプ
 を使っていた

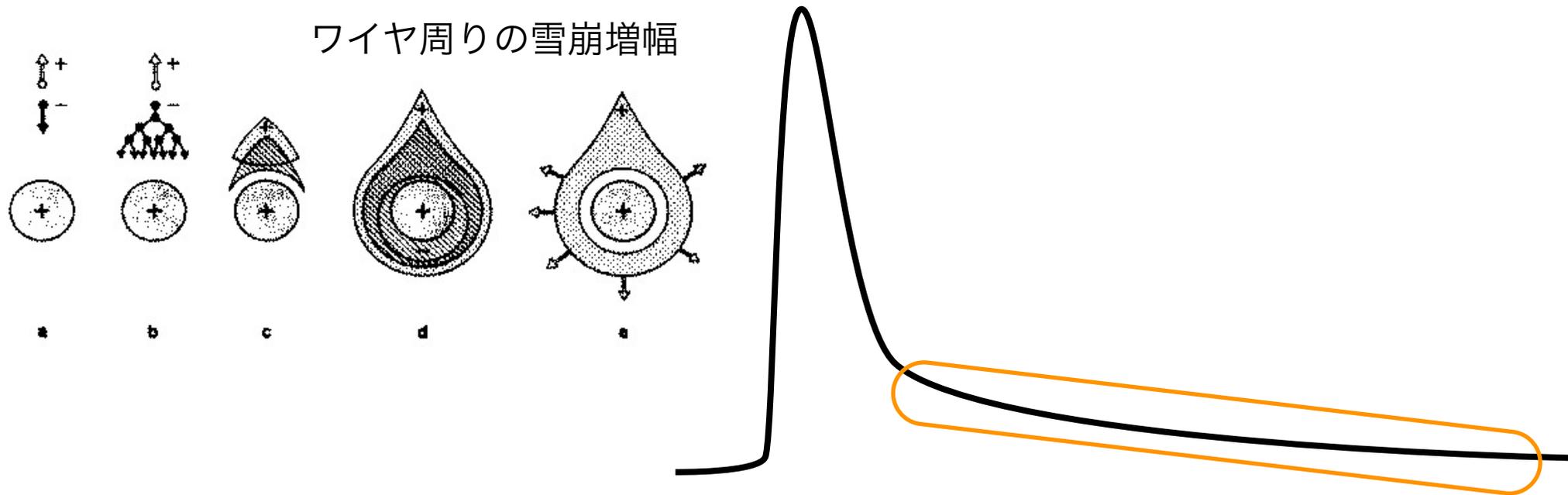
スイッチングのノイズ



電荷が吸われきって
 しまうコンデンサの
 容量を増やした場合
 の計算結果

LTSPICE

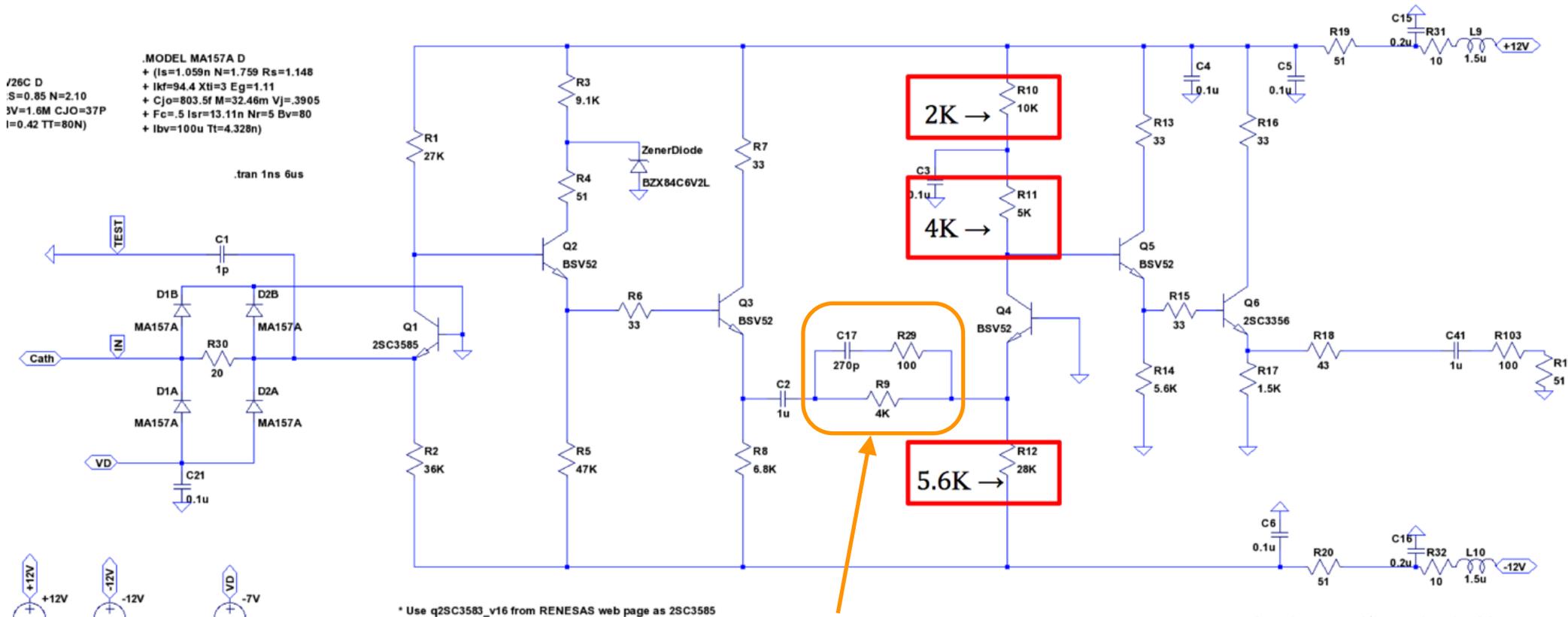
アンプへの要求 2



雪崩増幅の後、イオンの移動速度がゆっくりな為長い $1/t$ で減るテールが出来る

バーストパルス通過後、大きな $1/t$ のテールがあってもベースラインが復旧すること

RADEKA 2段型アンプ + PZC



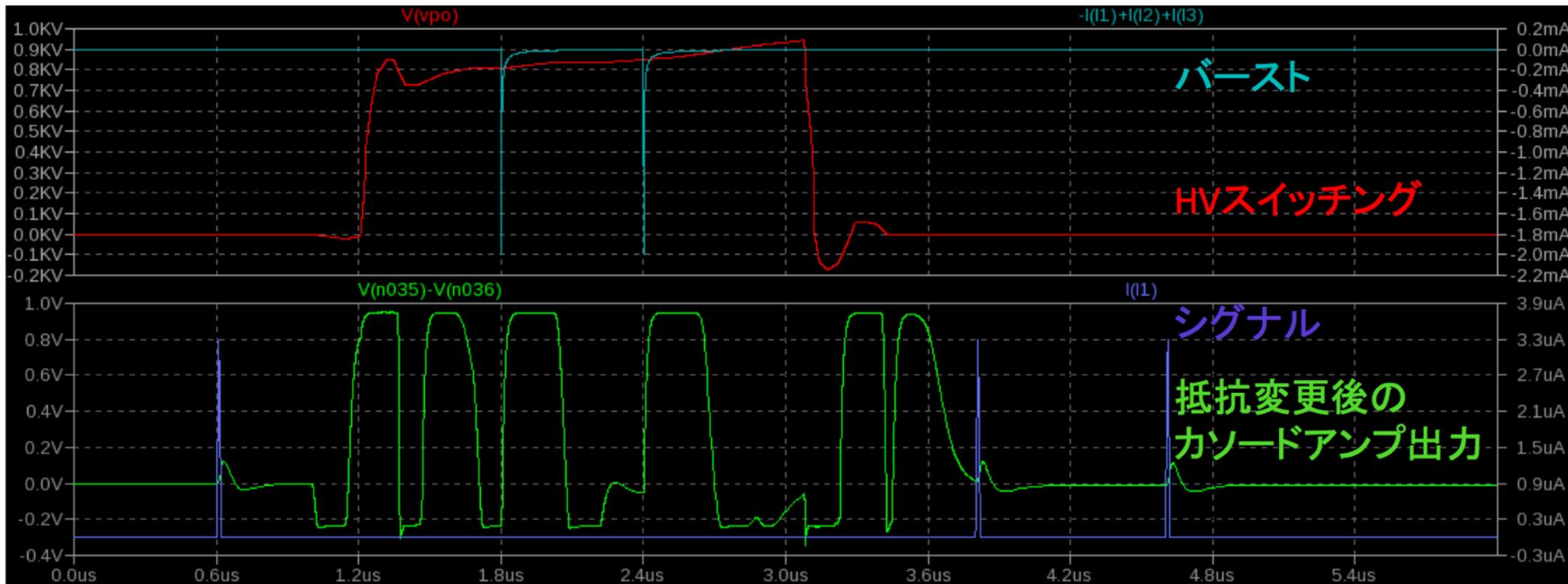
Pole Zero Cancellation

大阪市立大学 手嶋菜月の発表資料より

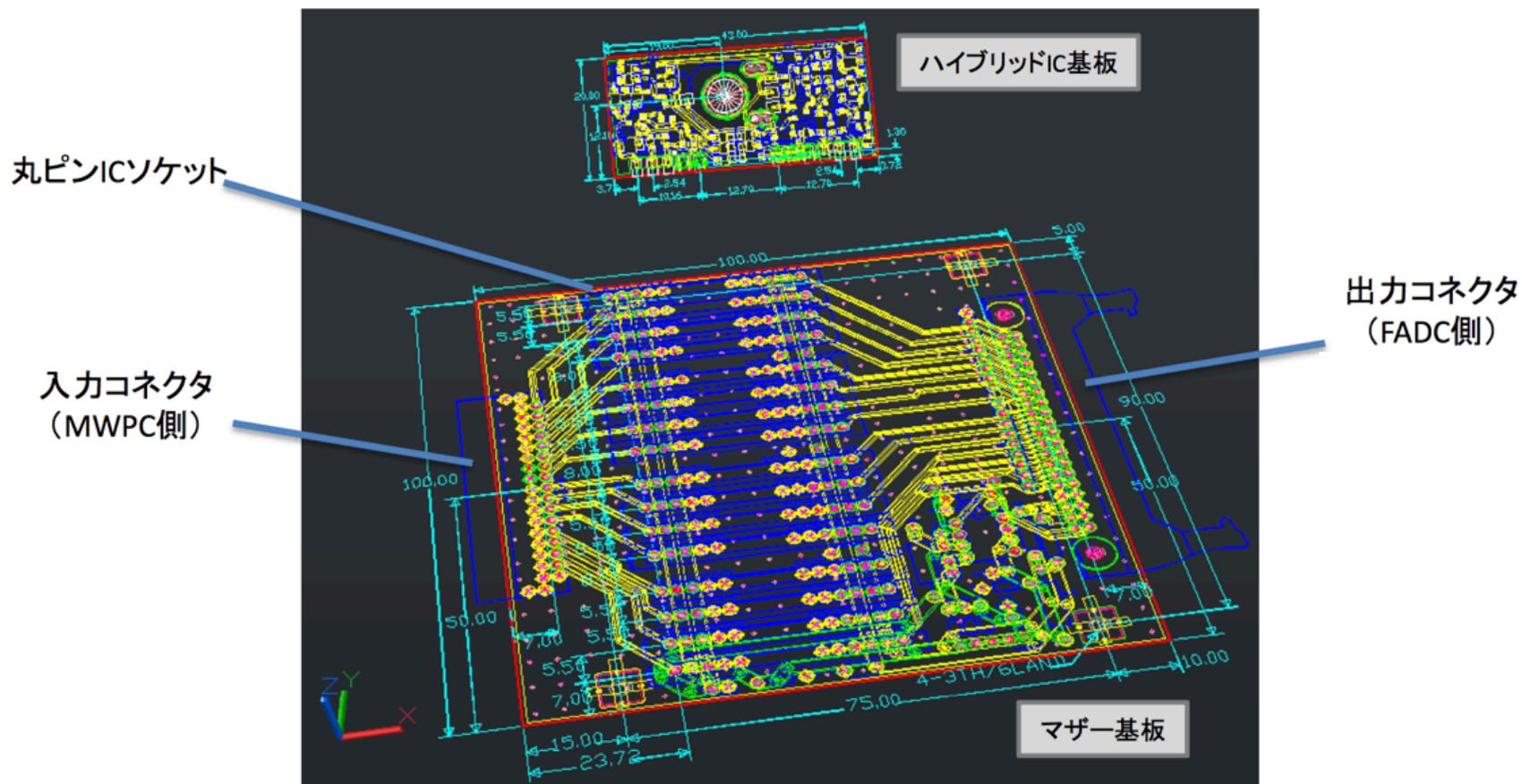
RADEKA型アンプを2段にし、ポストアンプを廃止
間に遅いテールをキャンセルするためのPZC回路を入れる

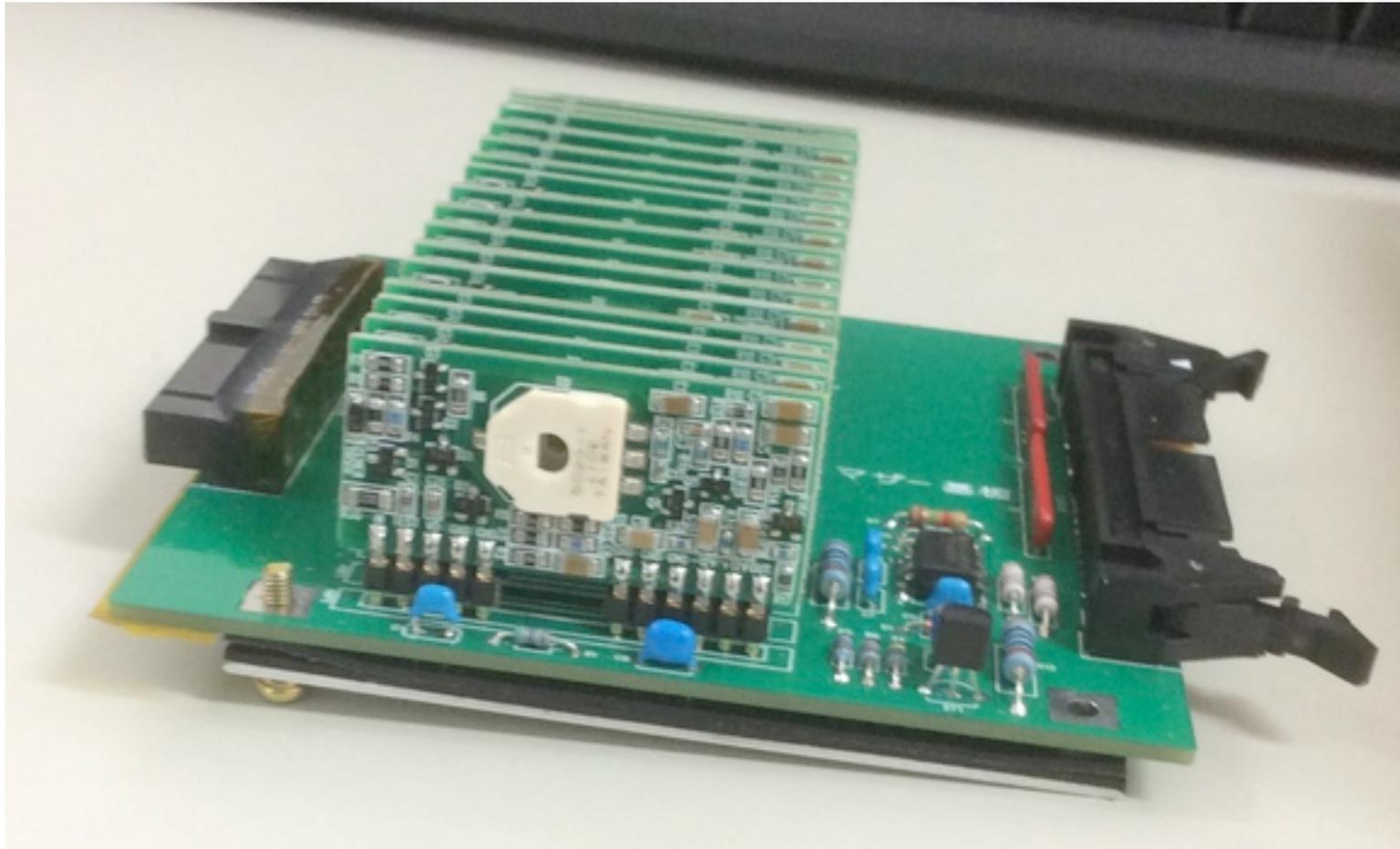
読み出しのシミュレーション

大阪市立大学 手嶋菜月
の発表資料より



- HVスイッチングとバーストパルス後に速やかにベースラインが復旧し動作可能な状態になっている
- ゲイン: 3.6V/pC程度

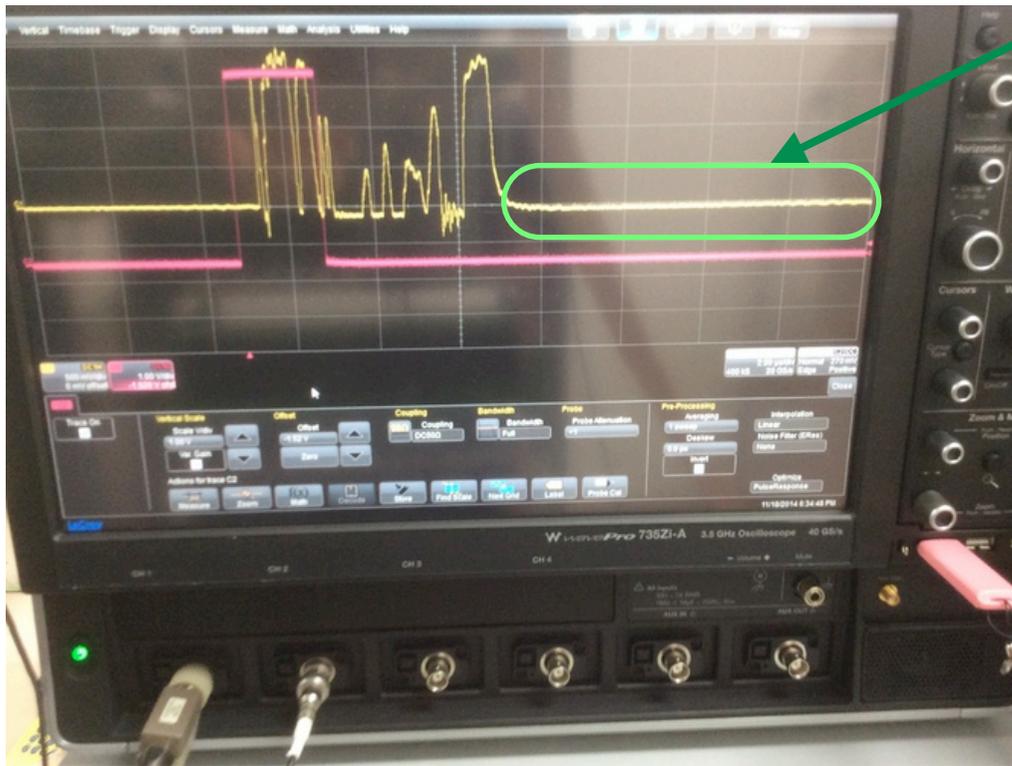




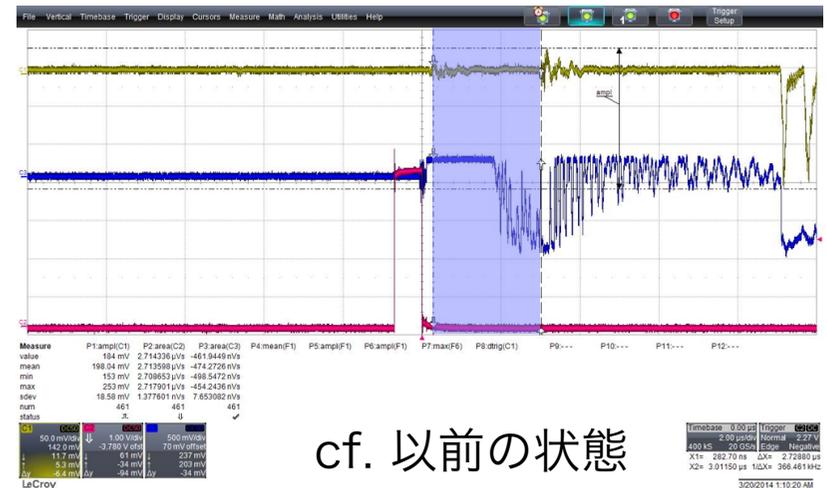
- 可変抵抗でのPZC調整機構搭載
- 動作試験中
- 実測ゲイン: 7V/pC (Preliminary)

HV switching のノイズの様子

HV switching後ベースラインが復旧している



Preliminary



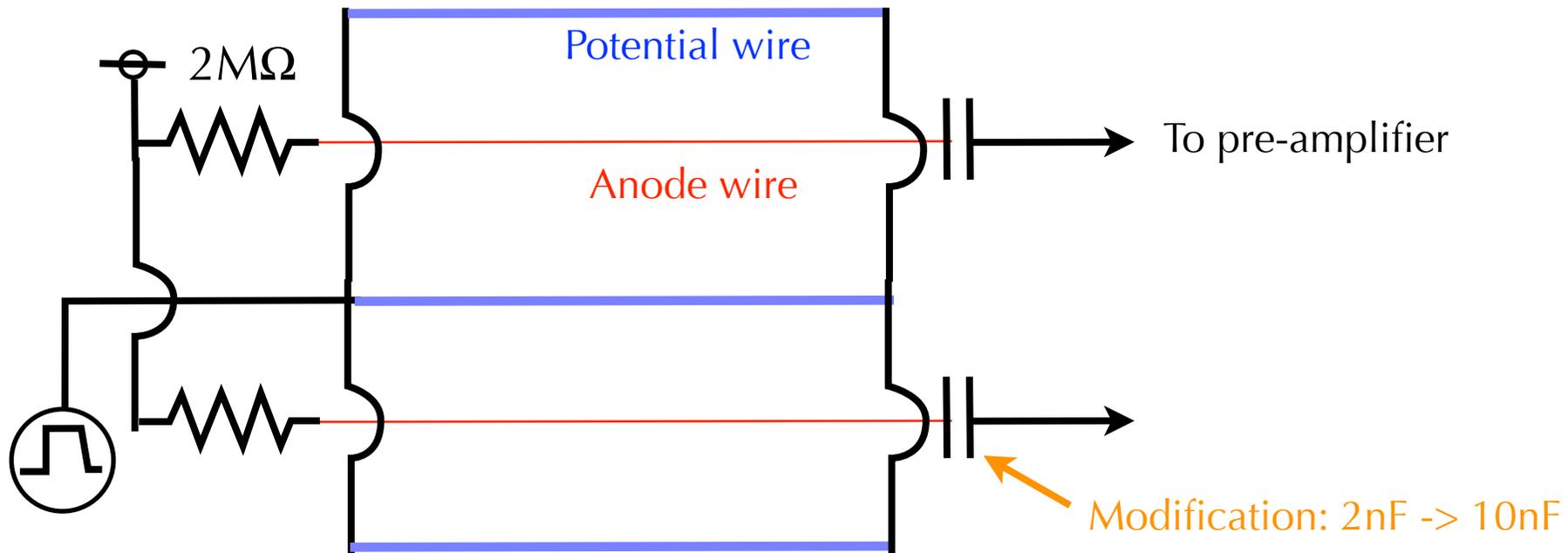
cf. 以前の状態

Summary

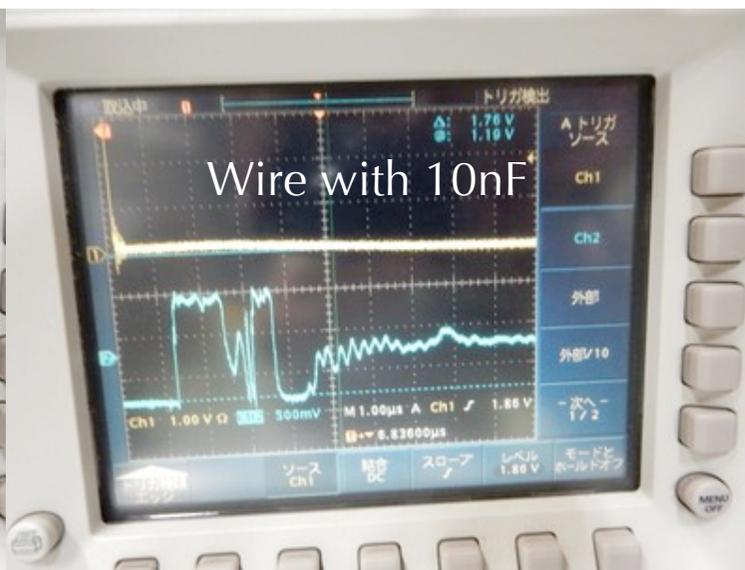
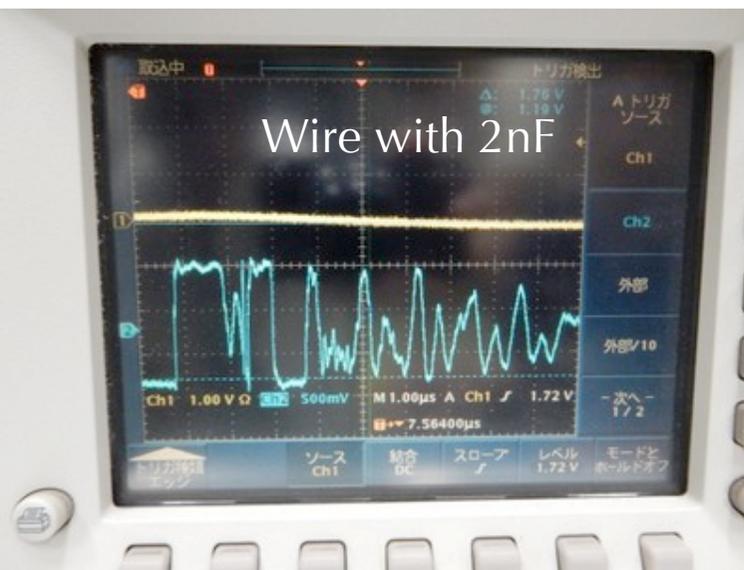
- 新物理のプローブとなりうるミュオン電子転換過程の探索にむけ準備中
- 検出器は大量に来る即発バーストパルスに耐えた後速やかに測定可能な状態に戻るためにHVスイッチング技術を開発した
- アンプへの要求
 - バーストパルス及びHVスイッチングによる大電流の後速やかに測定可能な状態であること。
 - ➡ SPICE計算を用い静電容量などの調整
 - バーストパルスの遅いテールがあってもベースラインが速やかに読み出しADCのレンジ内に復旧していること
 - ➡ Pole zero cancellation 回路
- RADEKA2段 + PZC のアンプを開発し、ビーム試験で大電流流入や遅いテールの寄与などの動作試験を行う予定

End

スイッチング後のリングングノイズ

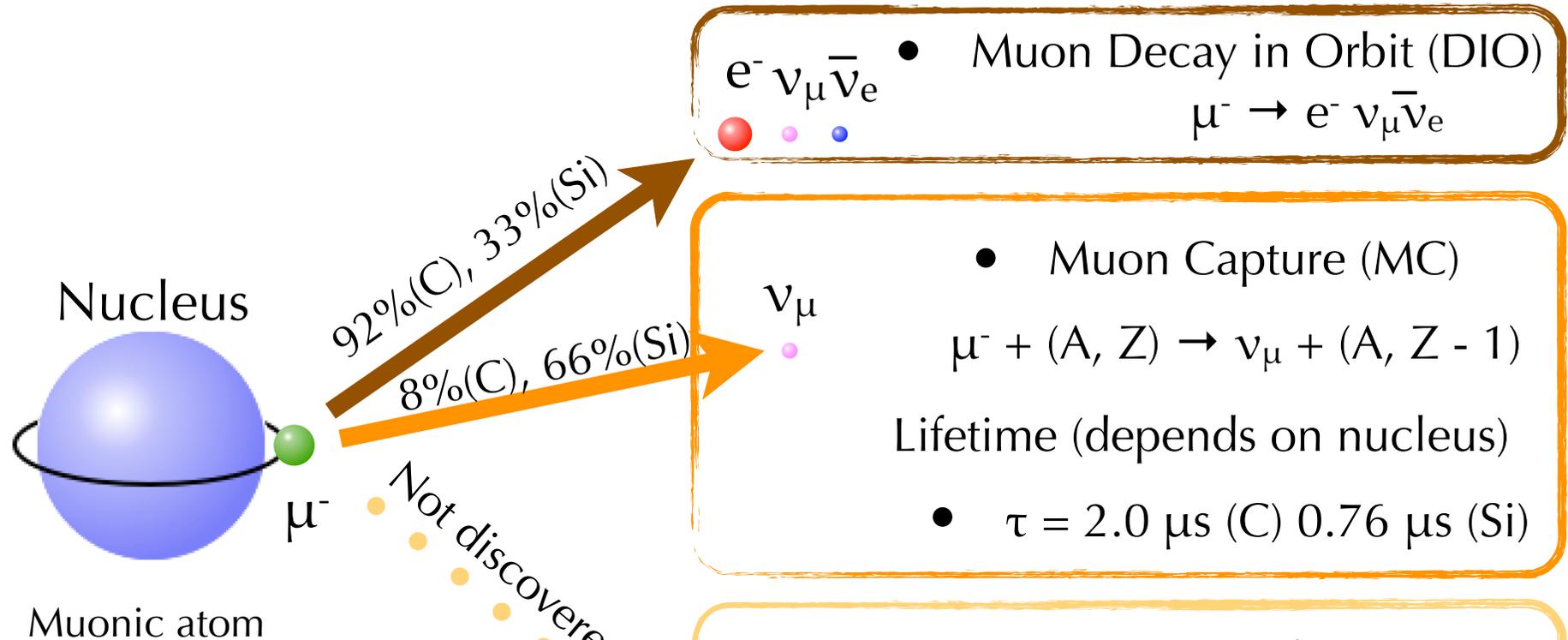


Probably LC resonance circuit exists somewhere
Increased readout capacitance 2nF -> 10nF



1us-cycle large noise
(+100ns-cycle noise?)
↓
4us-cycle small noise
+ 100ns-cycle noise

Processes of muonic atom



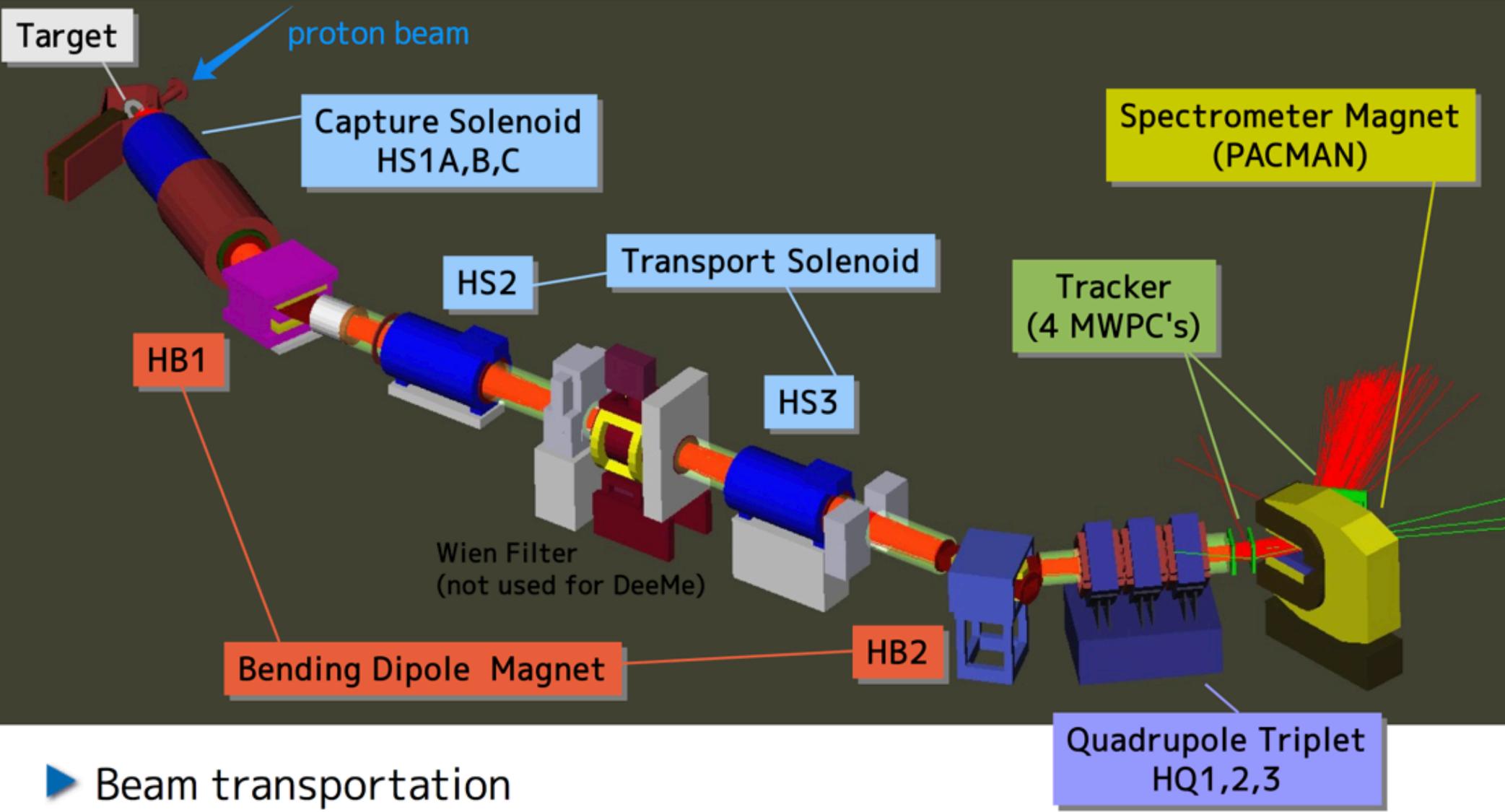
Recent upper limits

SINDRUM-II: $\text{Br}(\mu\text{-e conv. w/ Au}) < 7 \times 10^{-13}$

$\text{Br}(\mu\text{-e conv. w/ Ti}) < 4.3 \times 10^{-12}$

TRIUMF: $\text{Br}(\mu\text{-e conv. w/ Ti}) < 4.6 \times 10^{-12}$

DeeMe starts with C target, will change to SiC
Search with S.E.S. $\sim 1 \times 10^{-13}(\text{C})$, $\sim 2 \times 10^{-14}(\text{SiC})$



▶ Beam transportation