

表面抵抗率の異なるDLC μ -picの 基本性能の評価

神戸大学 谷口 大悟

越智 敦彦

長崎 大智

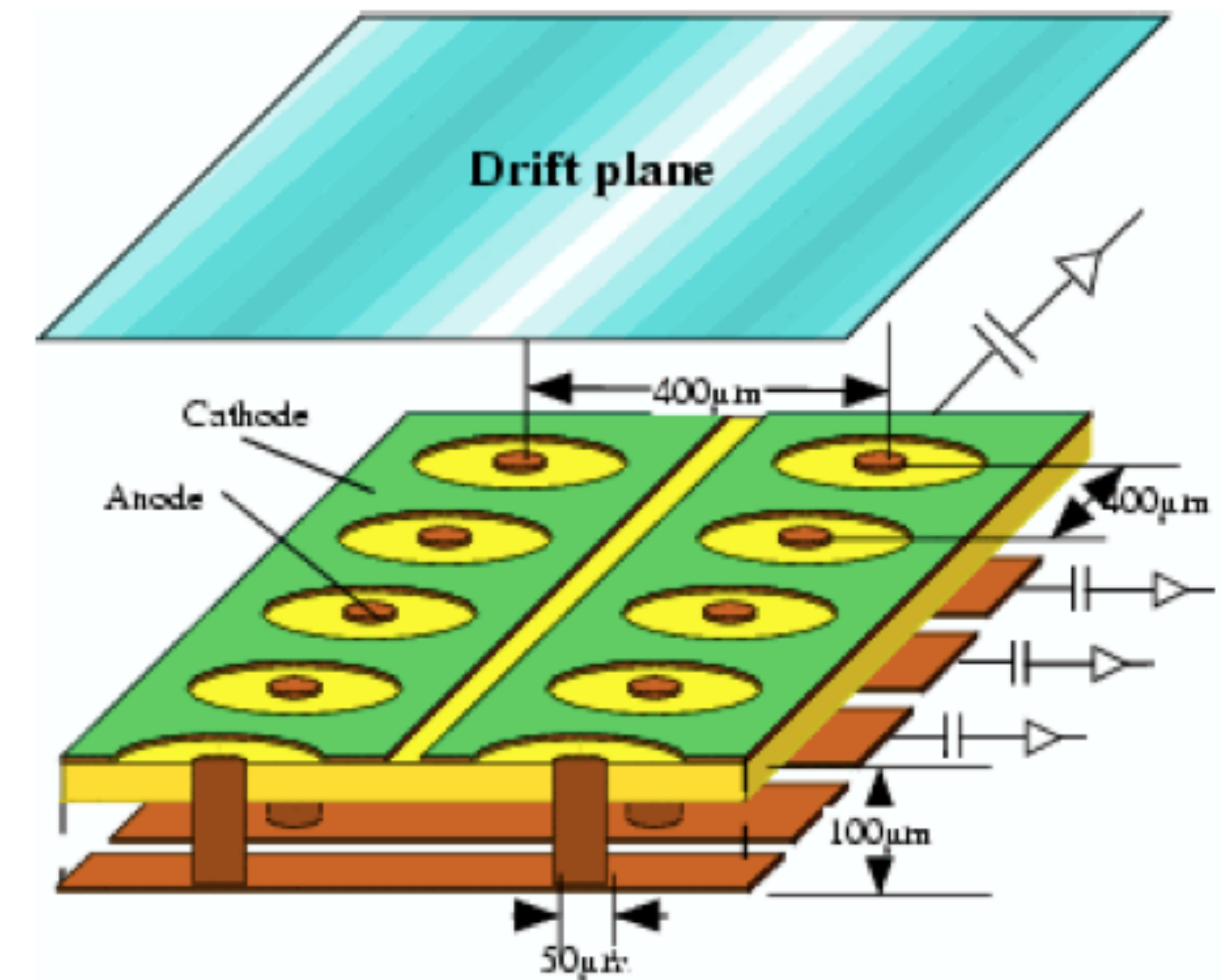
2020/12/26 MPGD&Active媒質TPC合同研究会

topic

- resistive μ -picの概要
- 実験Set Up
- 基本性能解析及び比較
- まとめ
- 今後の展望

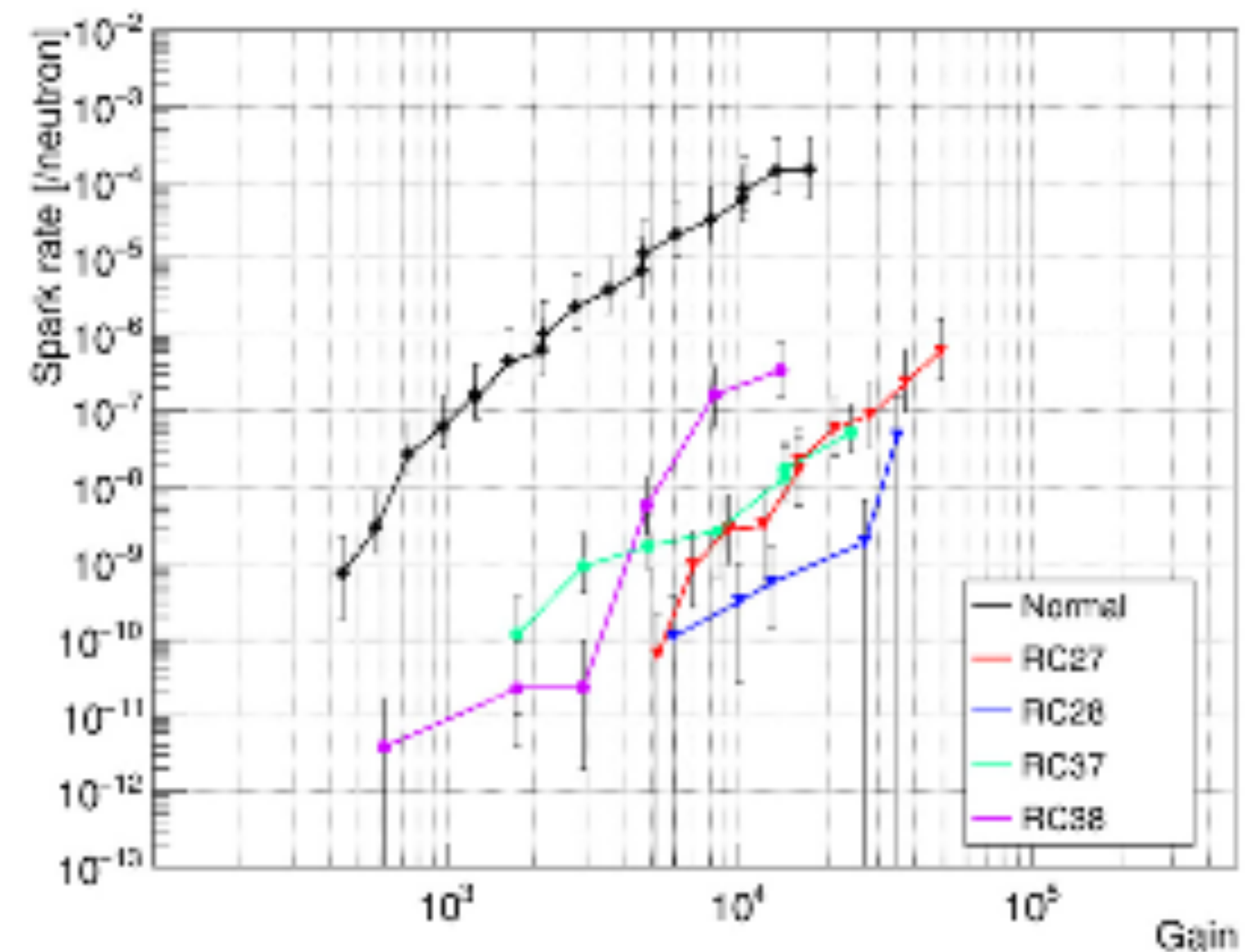
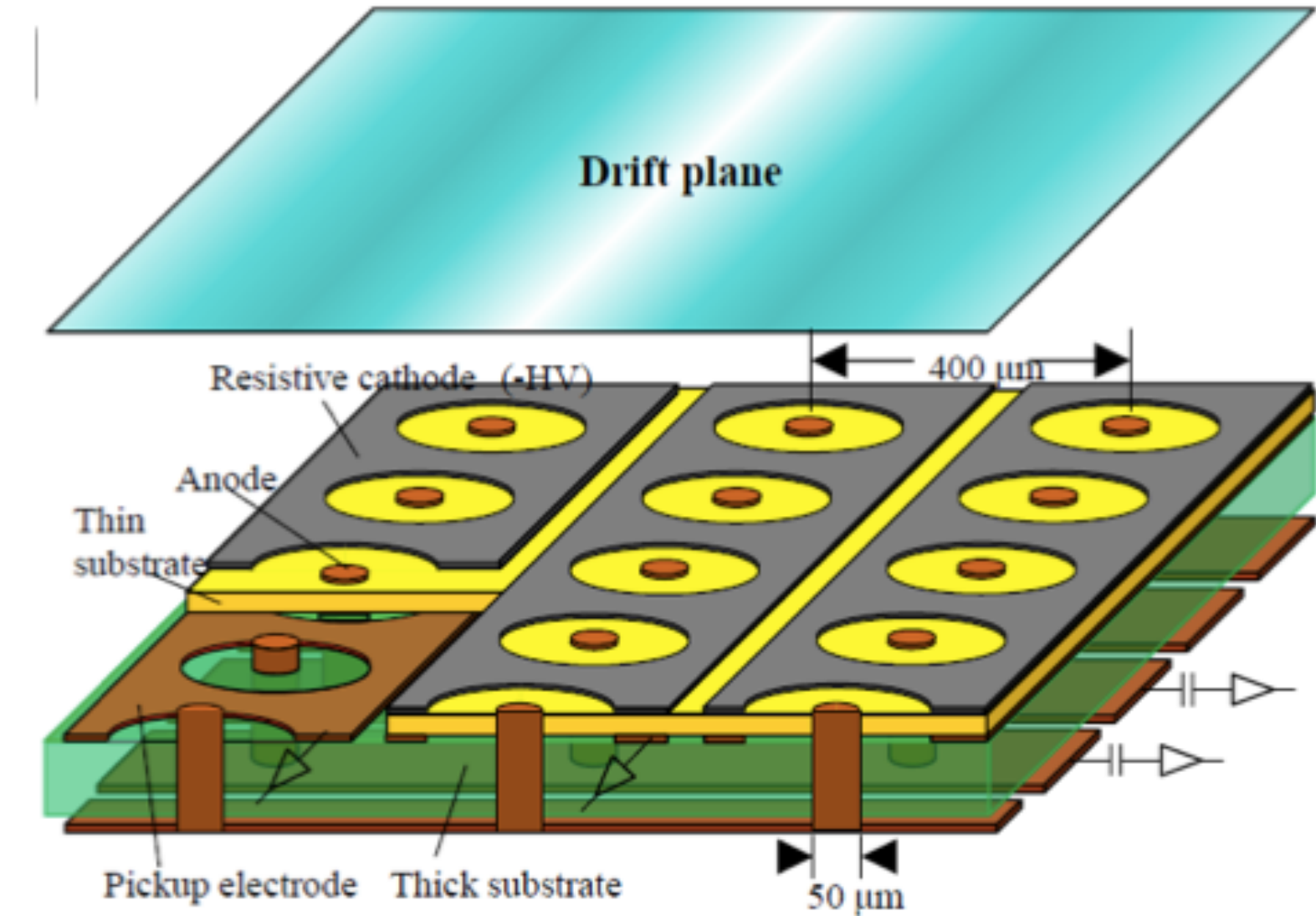
Micro pixel chamber (μ -pic)

- プリント基板技術によって制作
- 点状に配置されたanodeの周りをcathodeが囲んでいる
anode-pixel近傍に形成された高電場により電子が増幅
両極ともに誘起電荷を信号として得る
- anodeとcathodeの両方から読み出しをすることで
二次元情報を取得
- 陰極、陽極間の距離が短く Reather limitが従来より減少
➡放電が発生しやすい



resistive μ -pic

- 陰極に高抵抗電極を使用
 - ・ 高抵抗による電圧降下で放電を抑制
放電レートは3~4桁減少
 - ・ 位置分解能への影響がない(次ページで説明)
- 通常型と同様に誘起電荷を読み出し
- 高抵抗電極素材にはDLCを使用

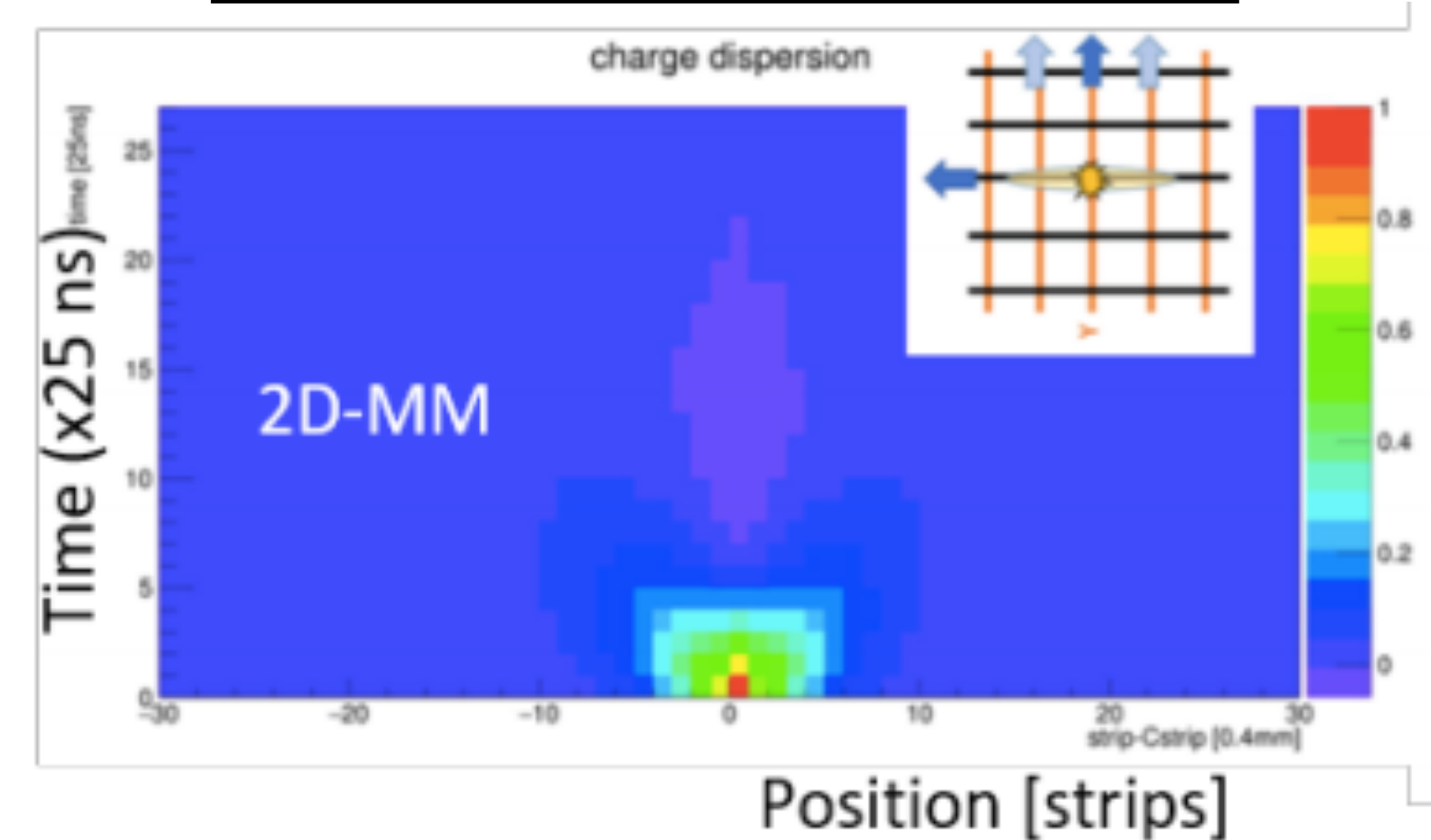


resistive μ -pic

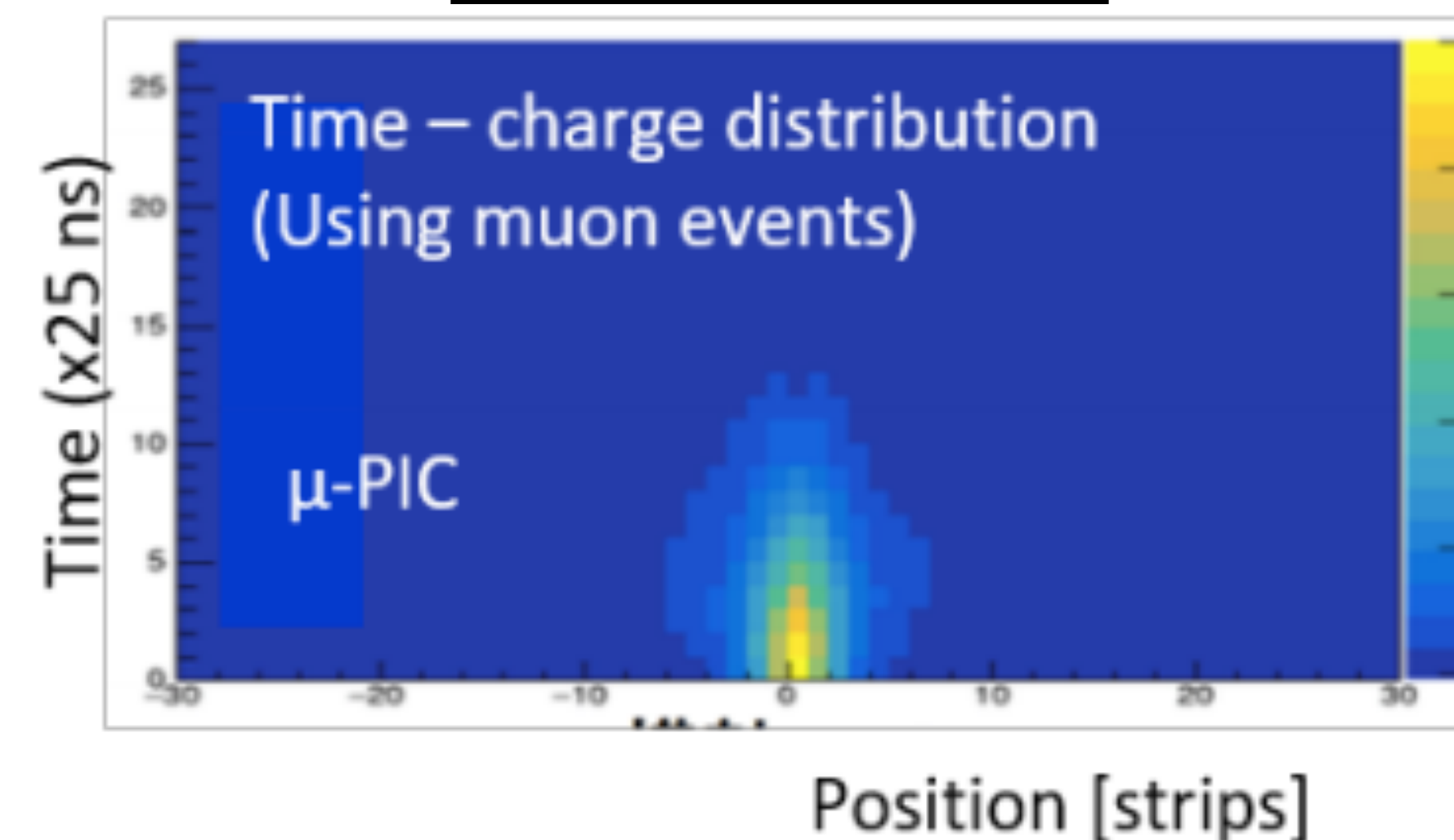
- 表面抵抗率設定
抵抗率が高い▷定常電流によって電圧降下
抵抗率が低い▷電極上に電荷運搬が起こりやすい
→position resolutionの悪化につながる

- 右図はMicroMegas及び μ -picの電荷運搬の様子
 - ・ MicroMegasは抵抗ストリップに垂直な方向に電荷運搬が見られるが、 μ -picはその構造上 anodeはcathodeの電荷運搬の影響を受けない
- μ -picは高い位置分解能を持つ

resistive MicroMegas

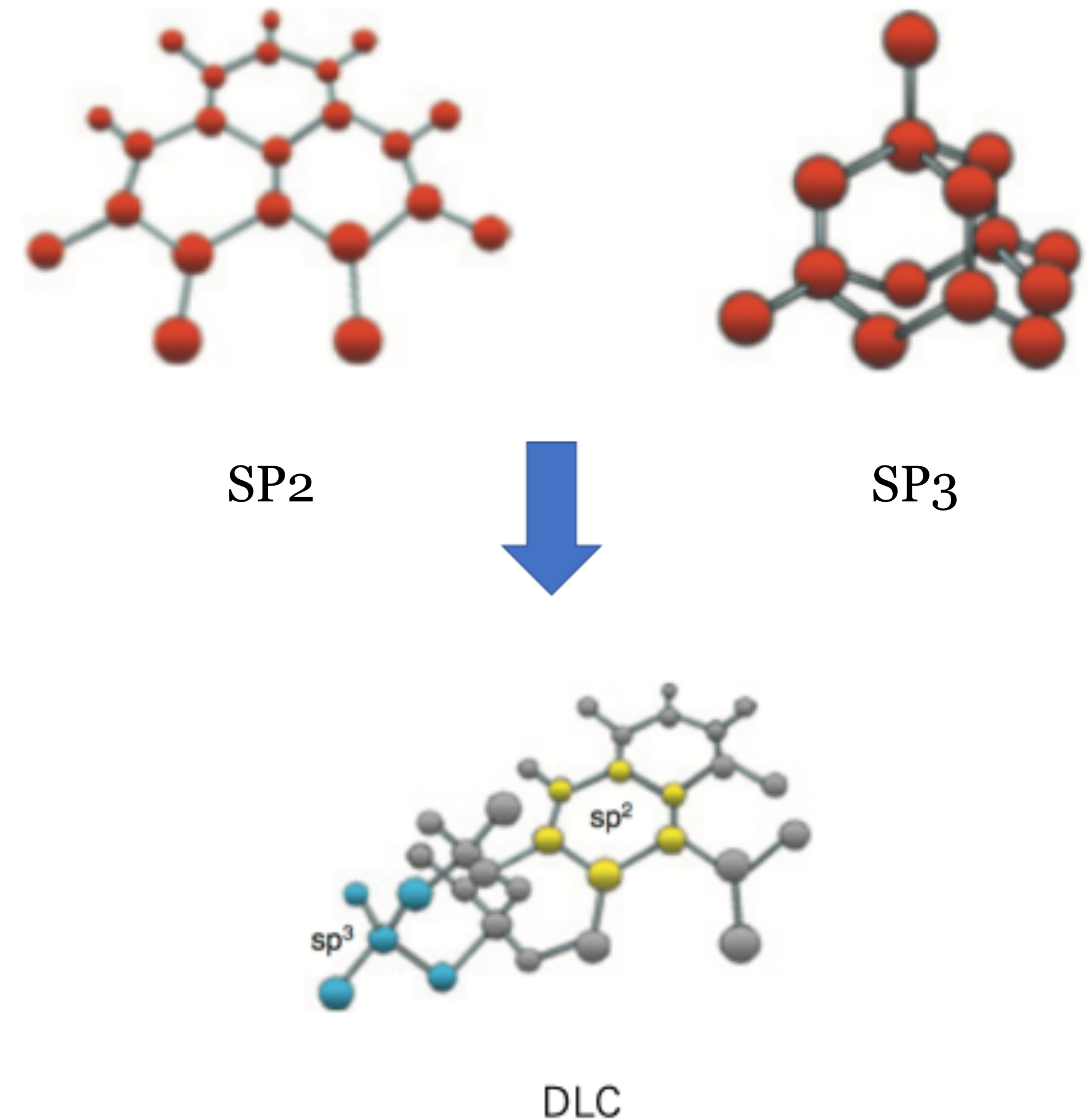


resistive μ -pic



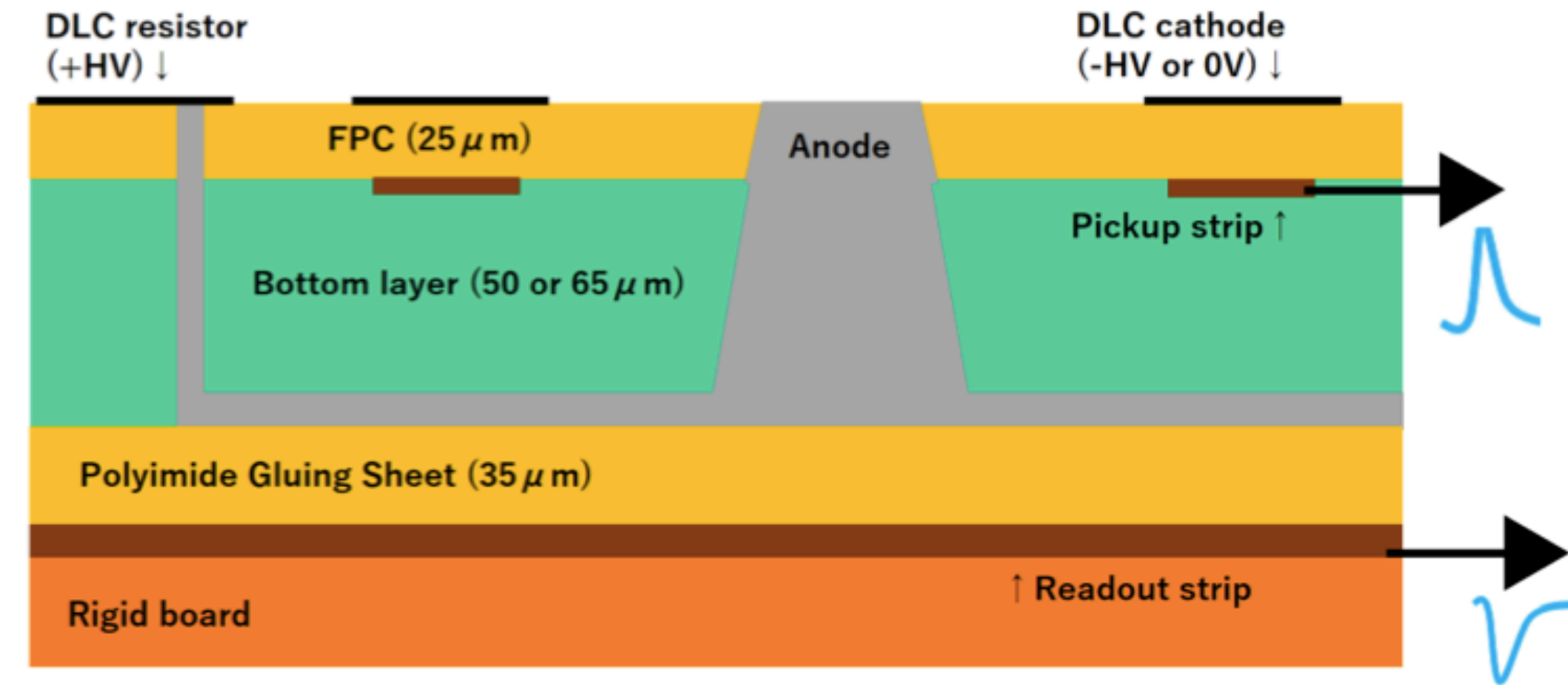
Diamond Like Carbon(DLC)

- sp²型とsp³型からなるアモルファスカーボン
ダイヤモンドとグラファイトの特徴を有する
- 特徴
 - 広範囲の表面抵抗率設定が可能(50k~3GΩ/□)
 - 膜厚調整
 - 窒素ドーピング
 - ポリイミドに対する高い付着力
 - 化学的に安定
 - 様々なMPGDに応用が可能

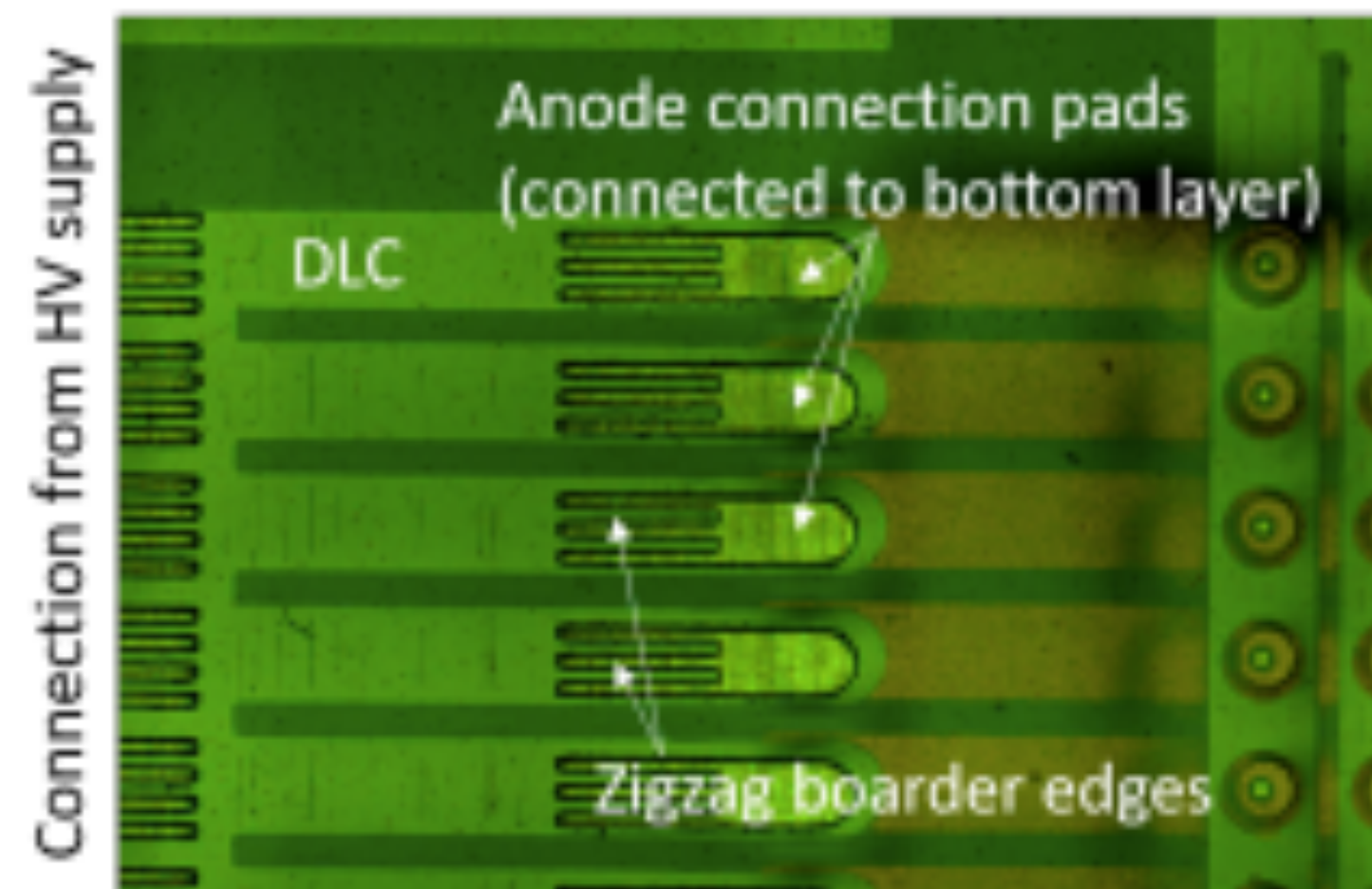


基礎デザイン

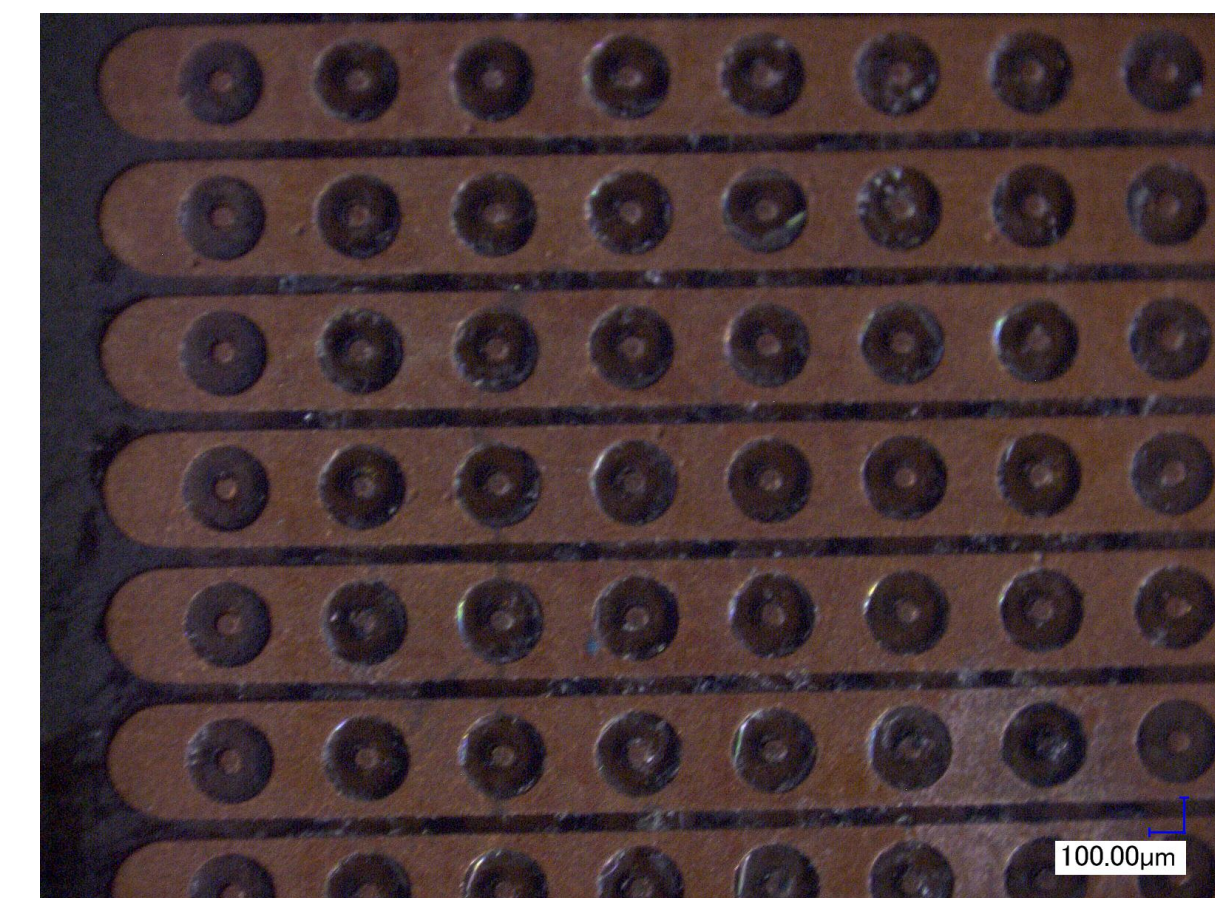
- 制作：RAYTECH
- anode stripはそれぞれ高抵抗を介して正の高電圧に接続
- バイアス抵抗はDLCパターン
anode stripとDLCの電気接点の面積が小さいと断線のリスクが高い
➡接点をジグザグにして約10倍に増加



μ-pic 断面図



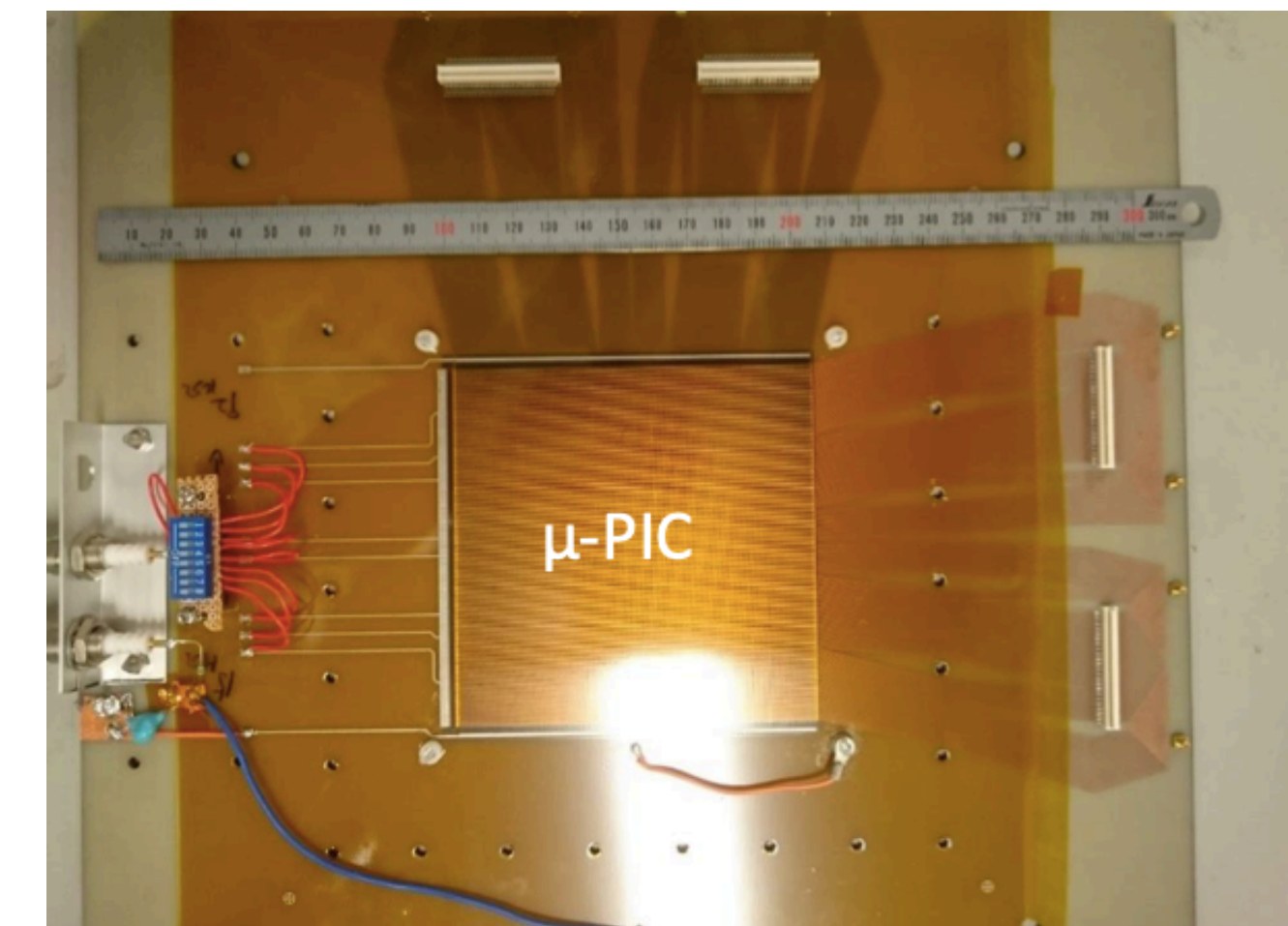
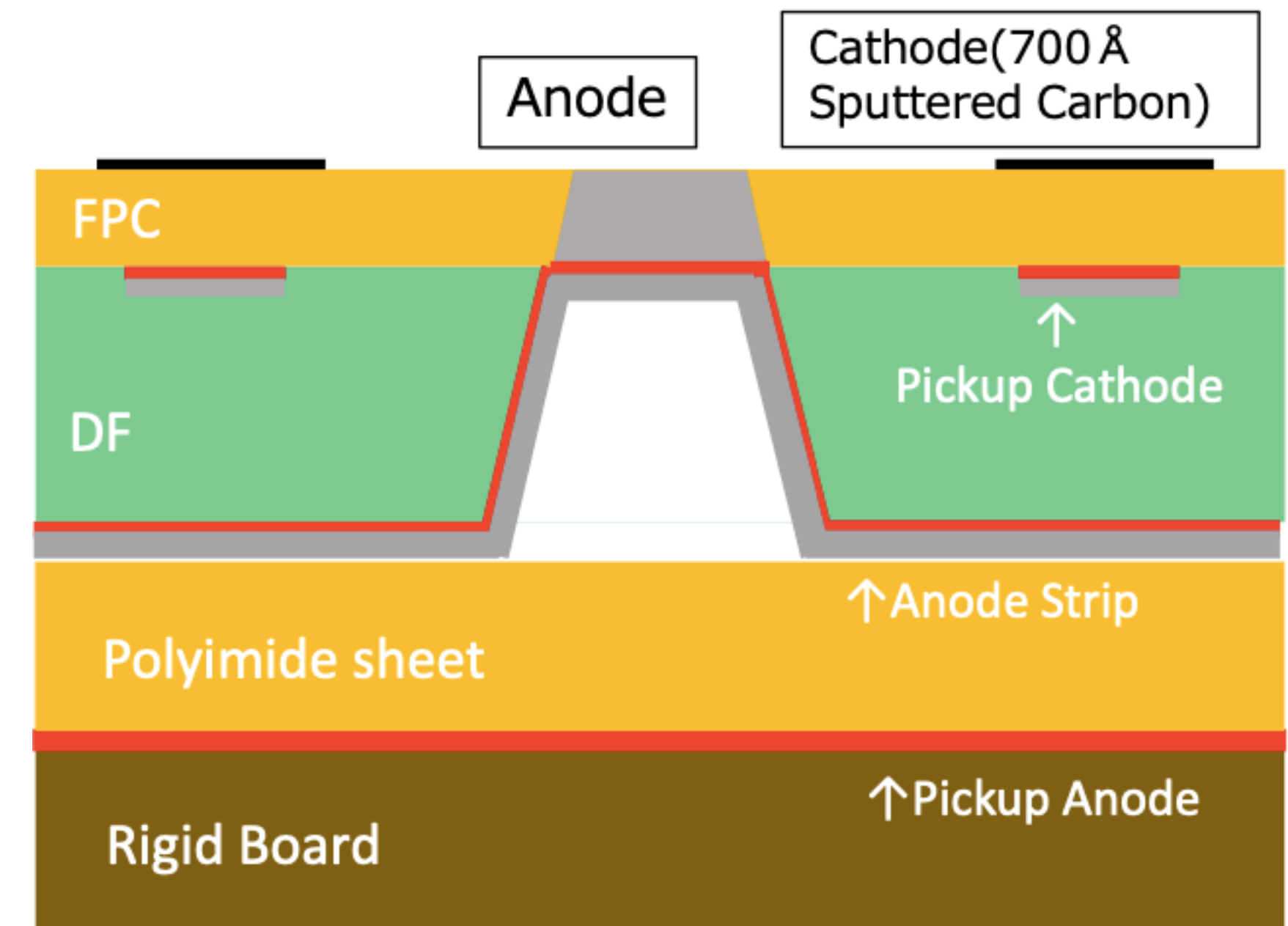
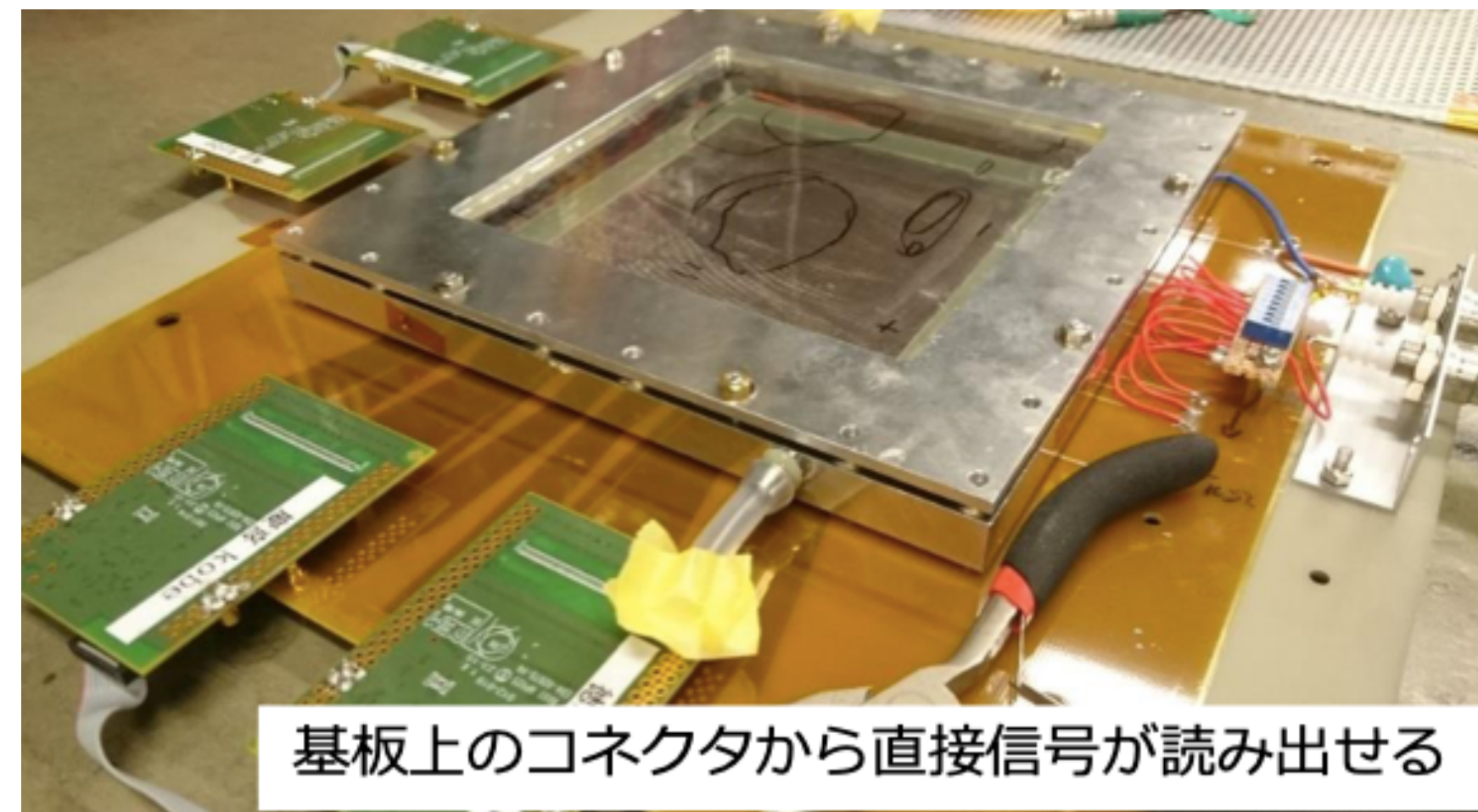
anodeとDLCの接続



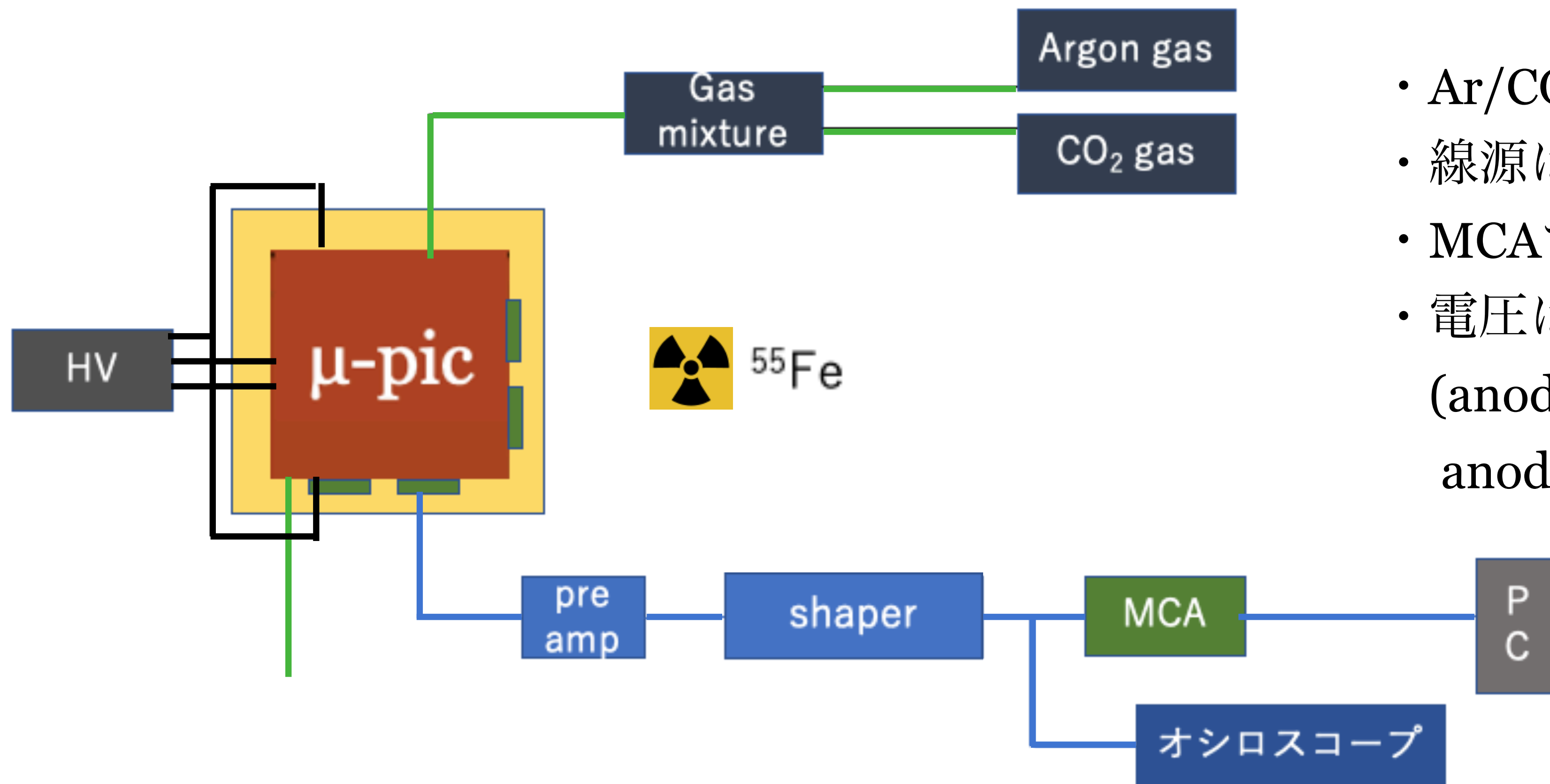
μ-pic 拡大図

検出器概要

- anode×cathode : 256×256 ch
今回は複数chをまとめて読み出し
- anode stripを形成したRigid基板にμ-picを接続
- 表面抵抗率の異なる3種類のμ-picを使用
 - 1 MΩ/□
 - 50 MΩ/□
 - 500 MΩ/□

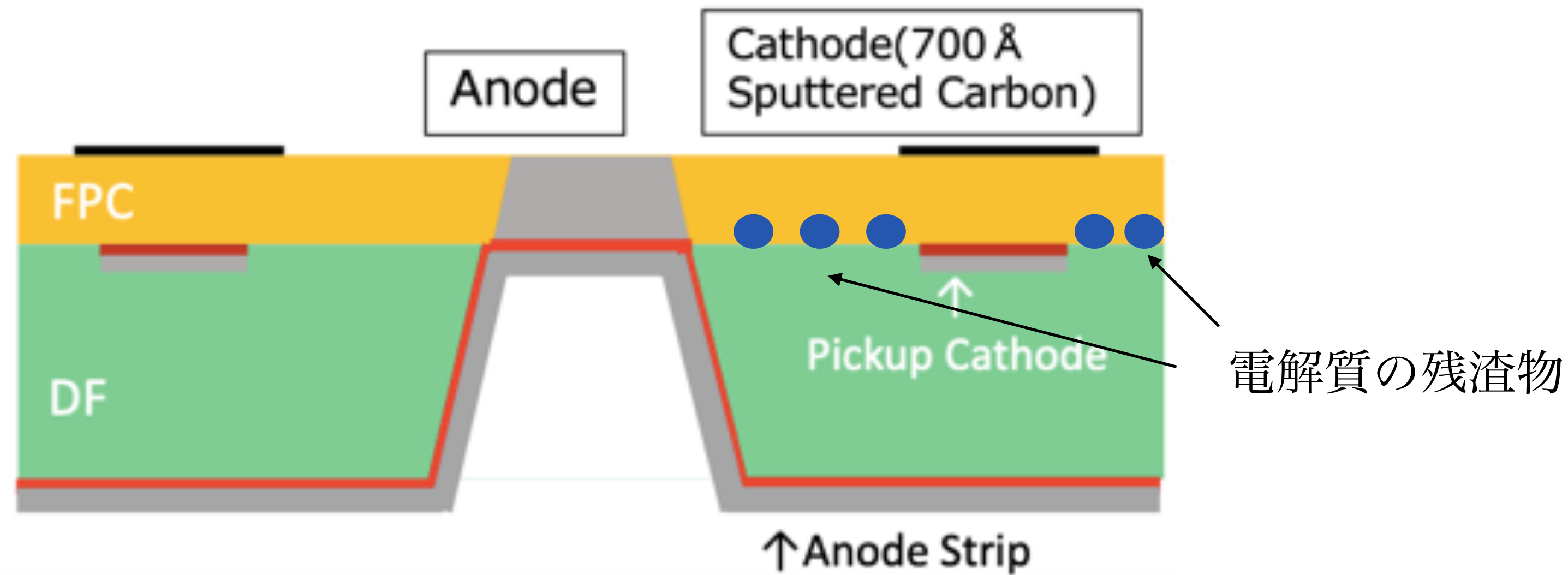


実験Set Up



- Ar/CO₂ : 70/30
- 線源は⁵⁵Fe (collimate 3.5mm)
- MCAで波高をデジタル変換
- 電圧はcathodeのみに印加
(anodeに電圧をかけると
anode-pick up間に電流が流れる)

anode-pick up間の電流

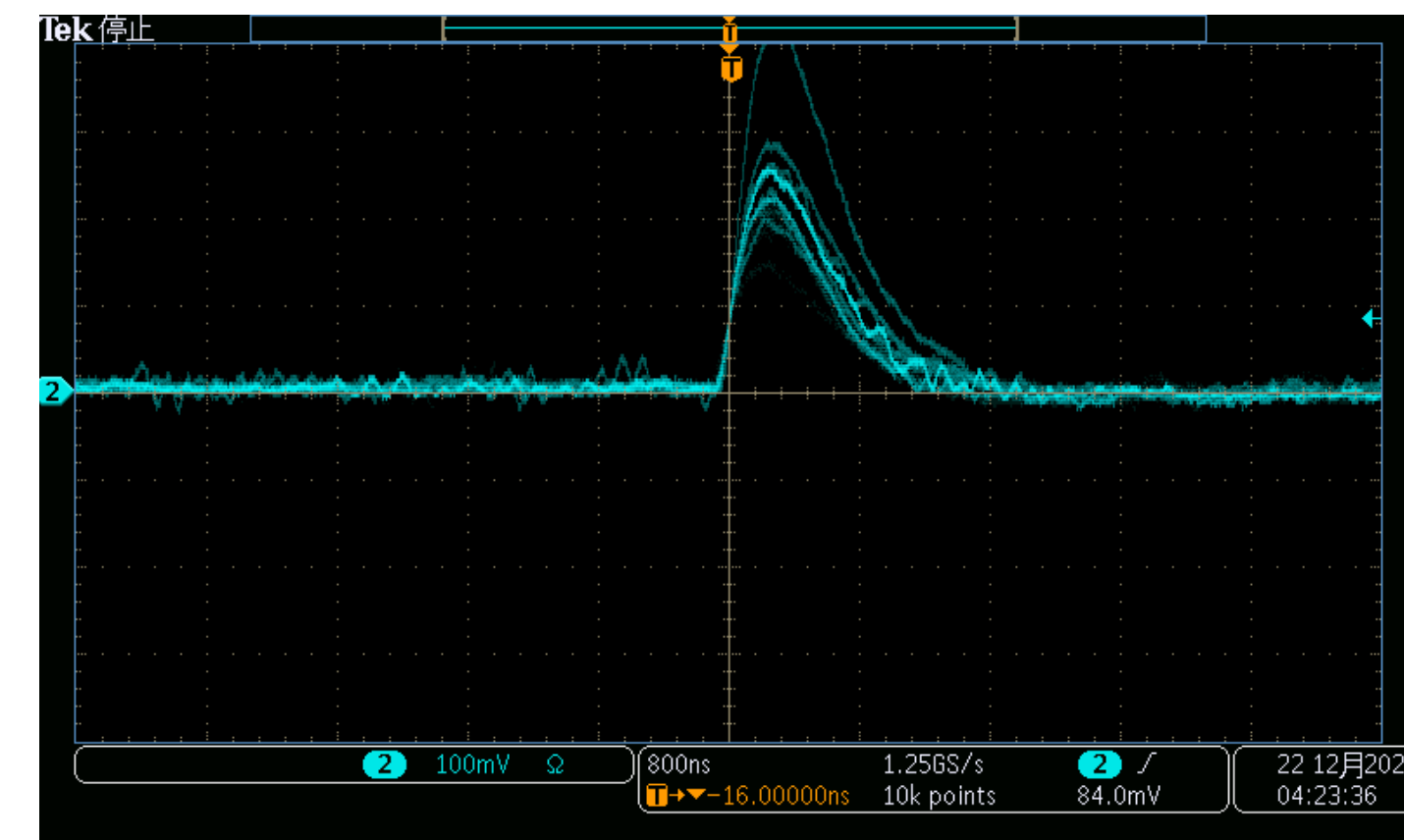
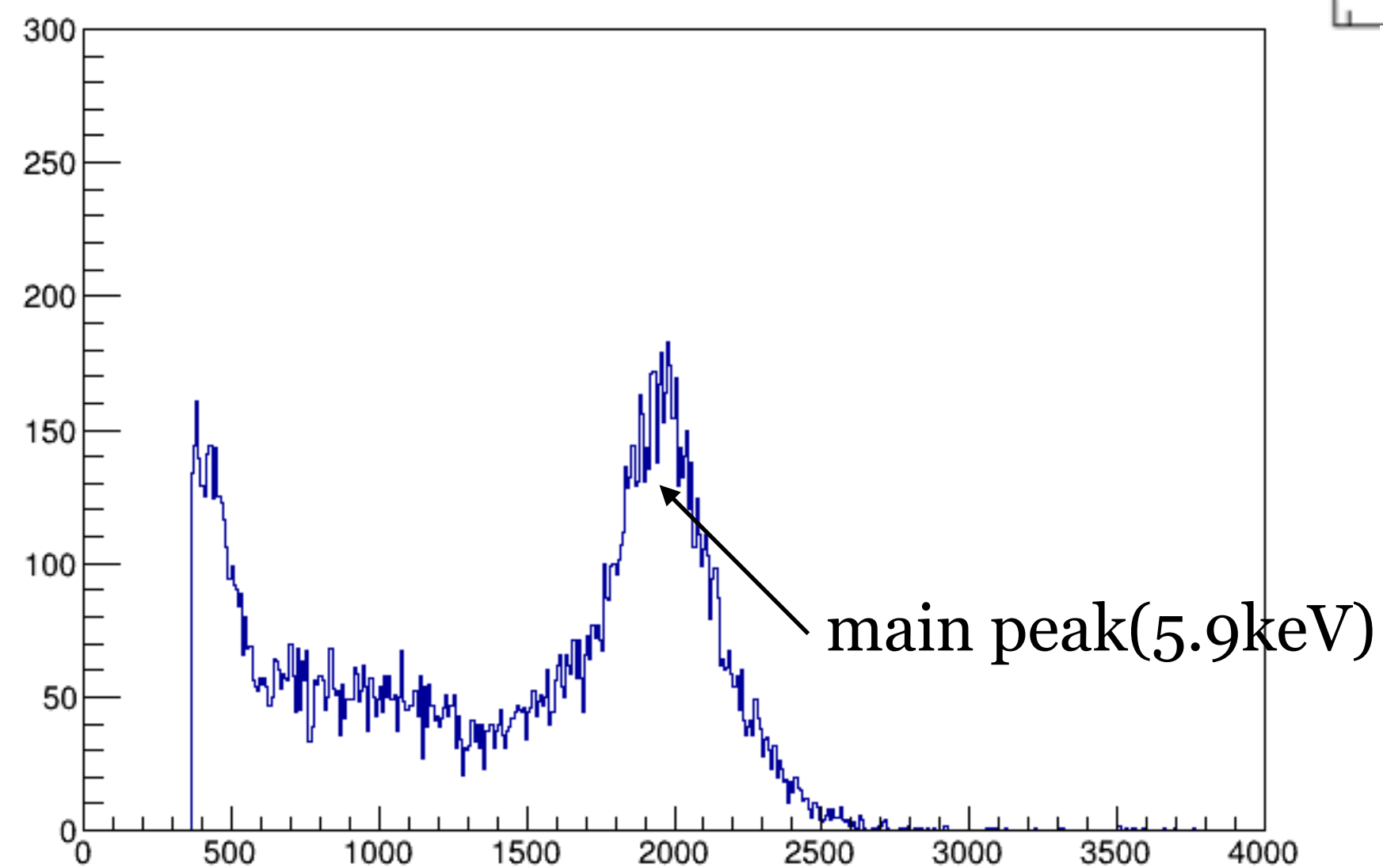
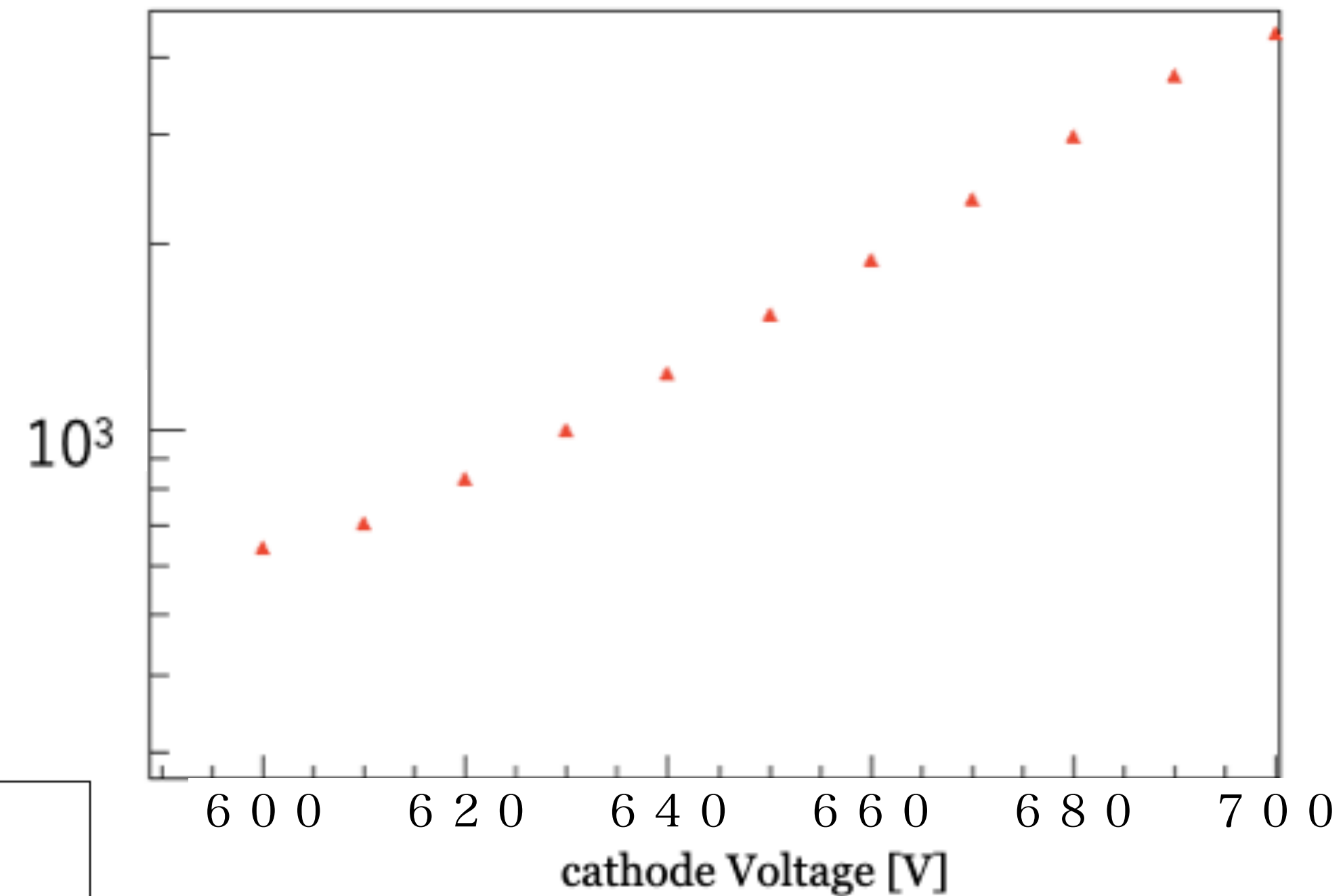


- 製造過程で絶縁体の間に溜まった汚れにより導通
 - 誘起電荷を読み出しているため信号に影響する可能性
- ➡cathodeのみに電圧を印加

基本的な動作試験

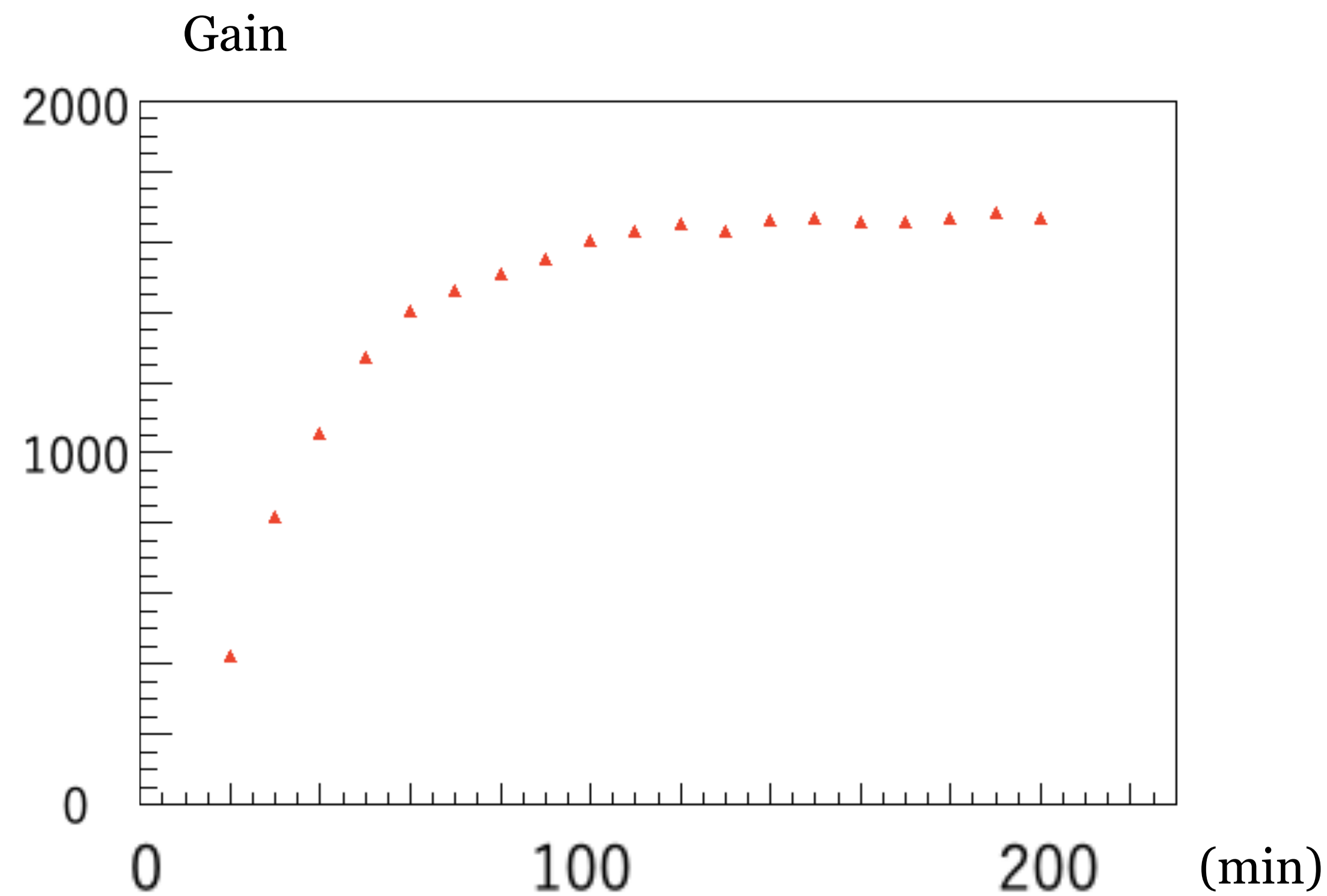
- 500 M Ω
- gainは数千程度
- energy resolutionは20%程度
- anode読み出し

Gain

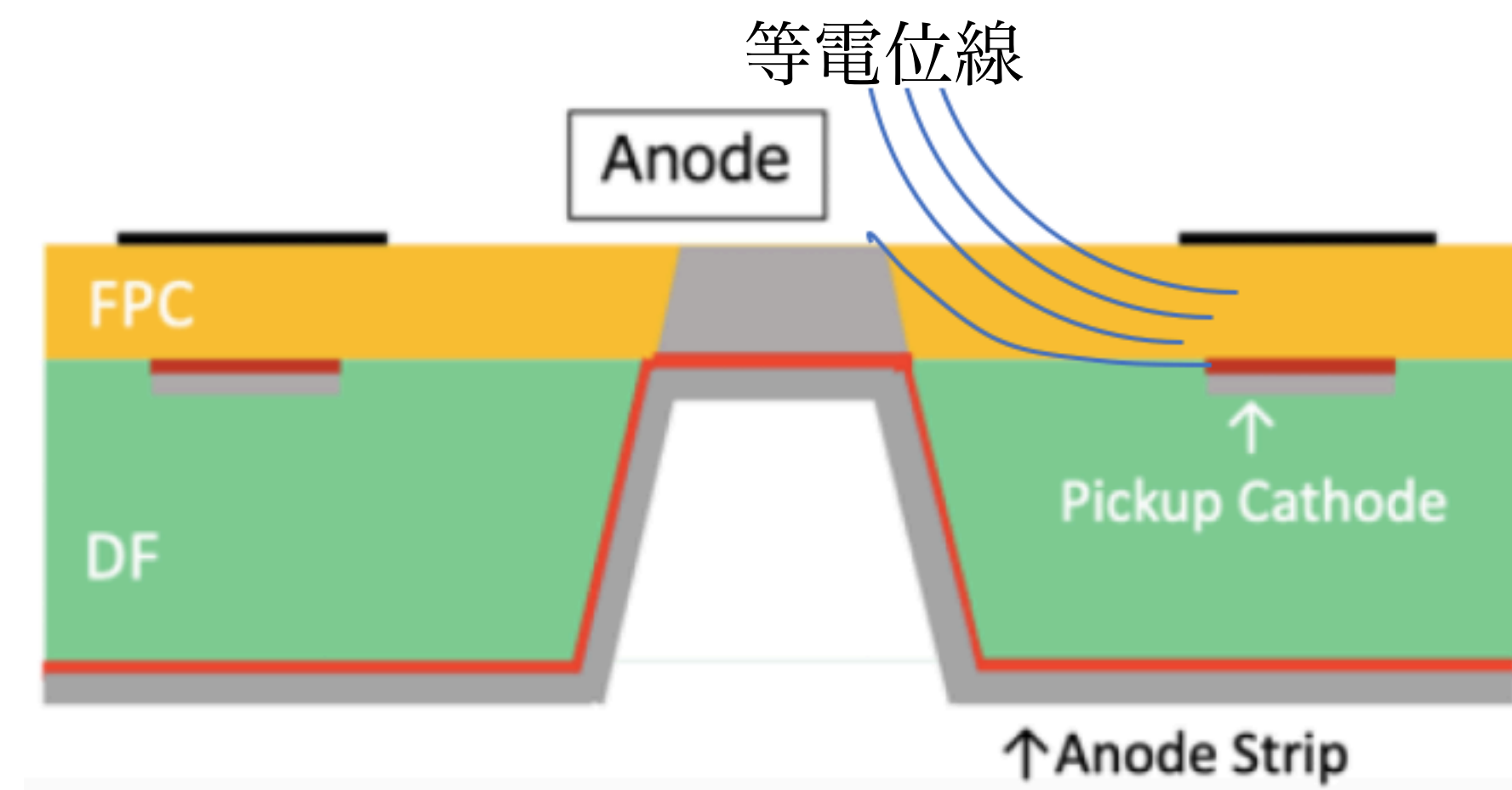


基本的な動作試験

- Gainの時間変化



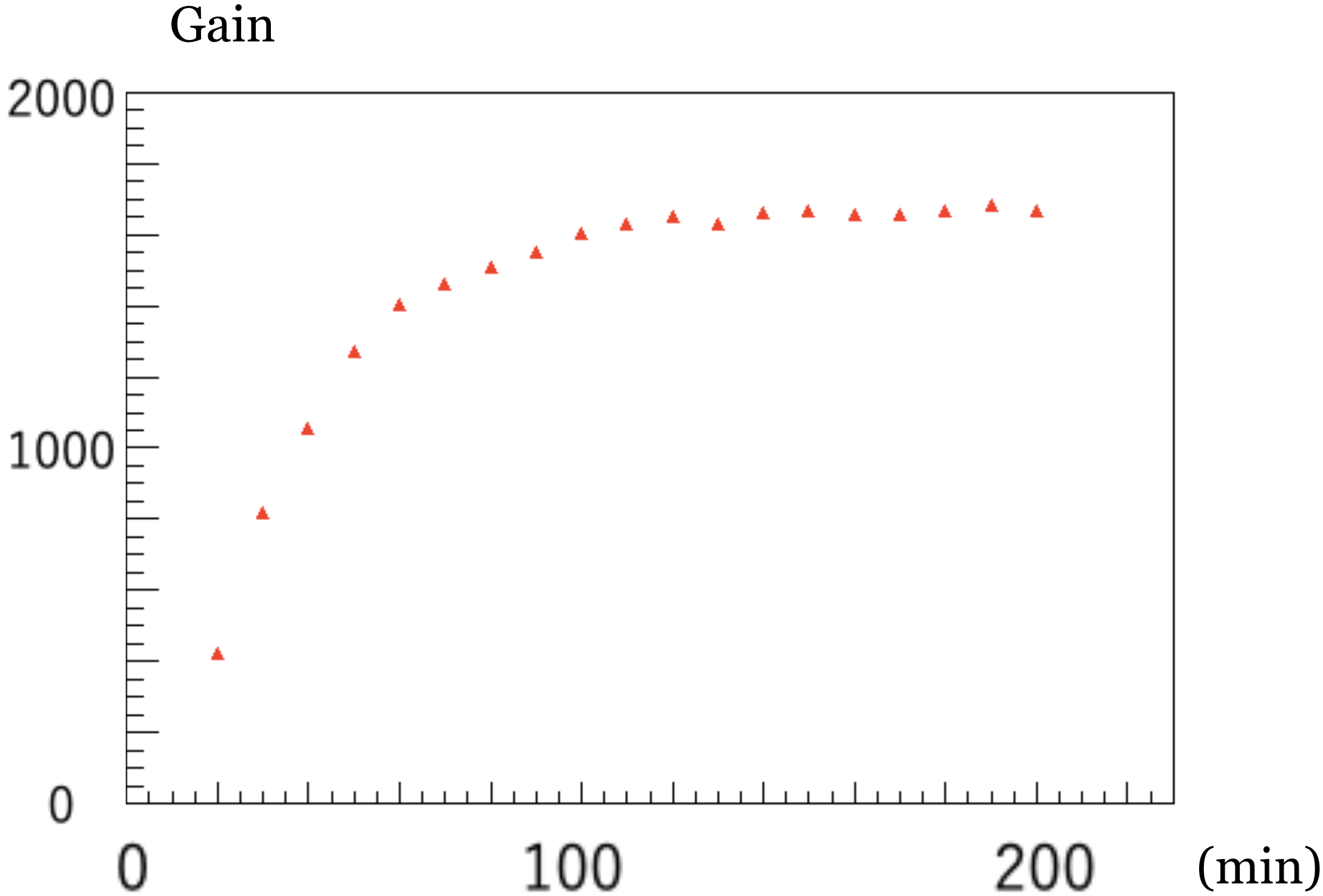
- 印加電圧：680V
- Gainが安定するまで100分ほど必要
➔charge upの可能性



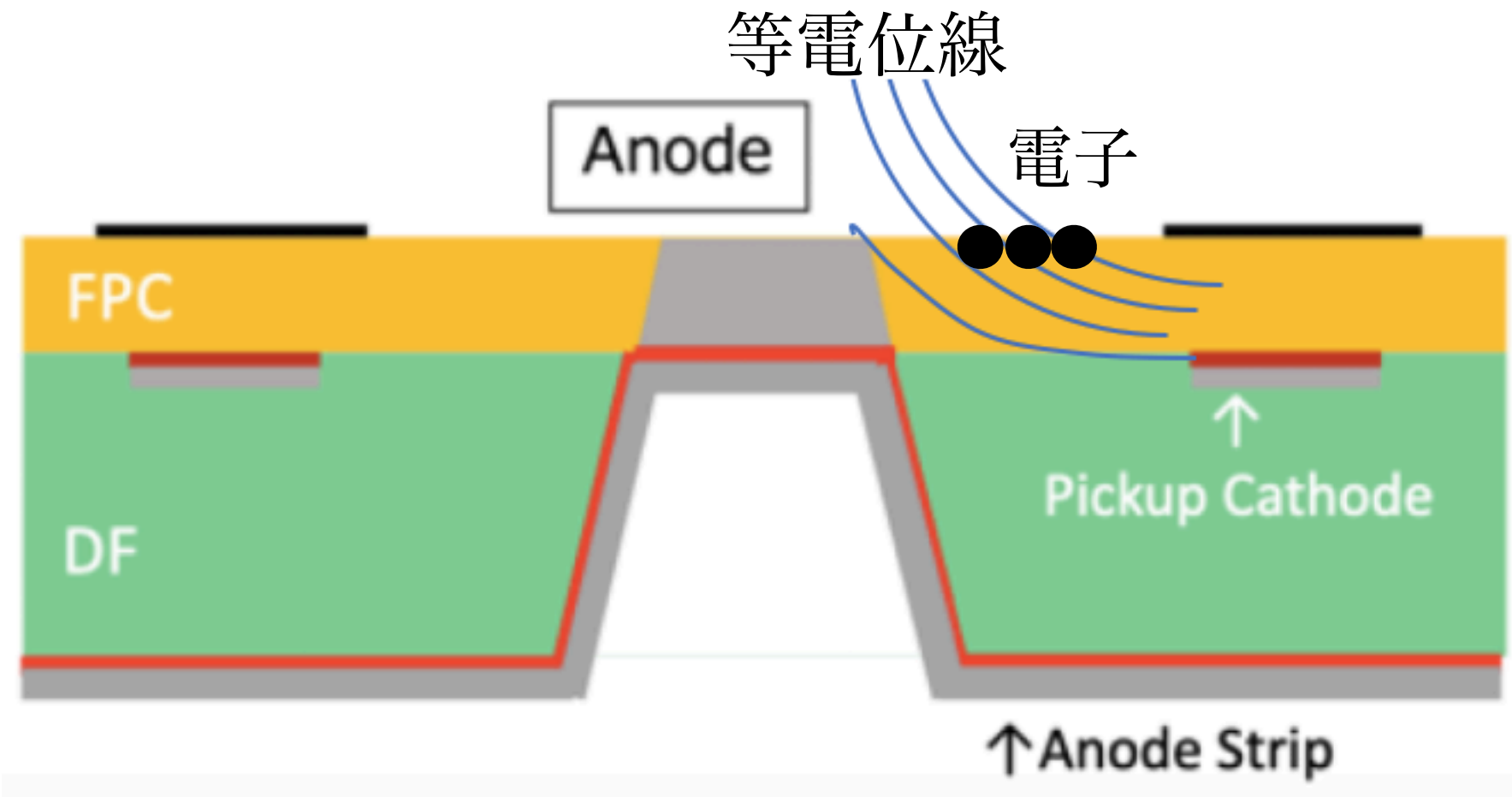
cathode表面に電子がたまり電場が変化してGainが増大

基本的な動作試験

- Gainの時間変化



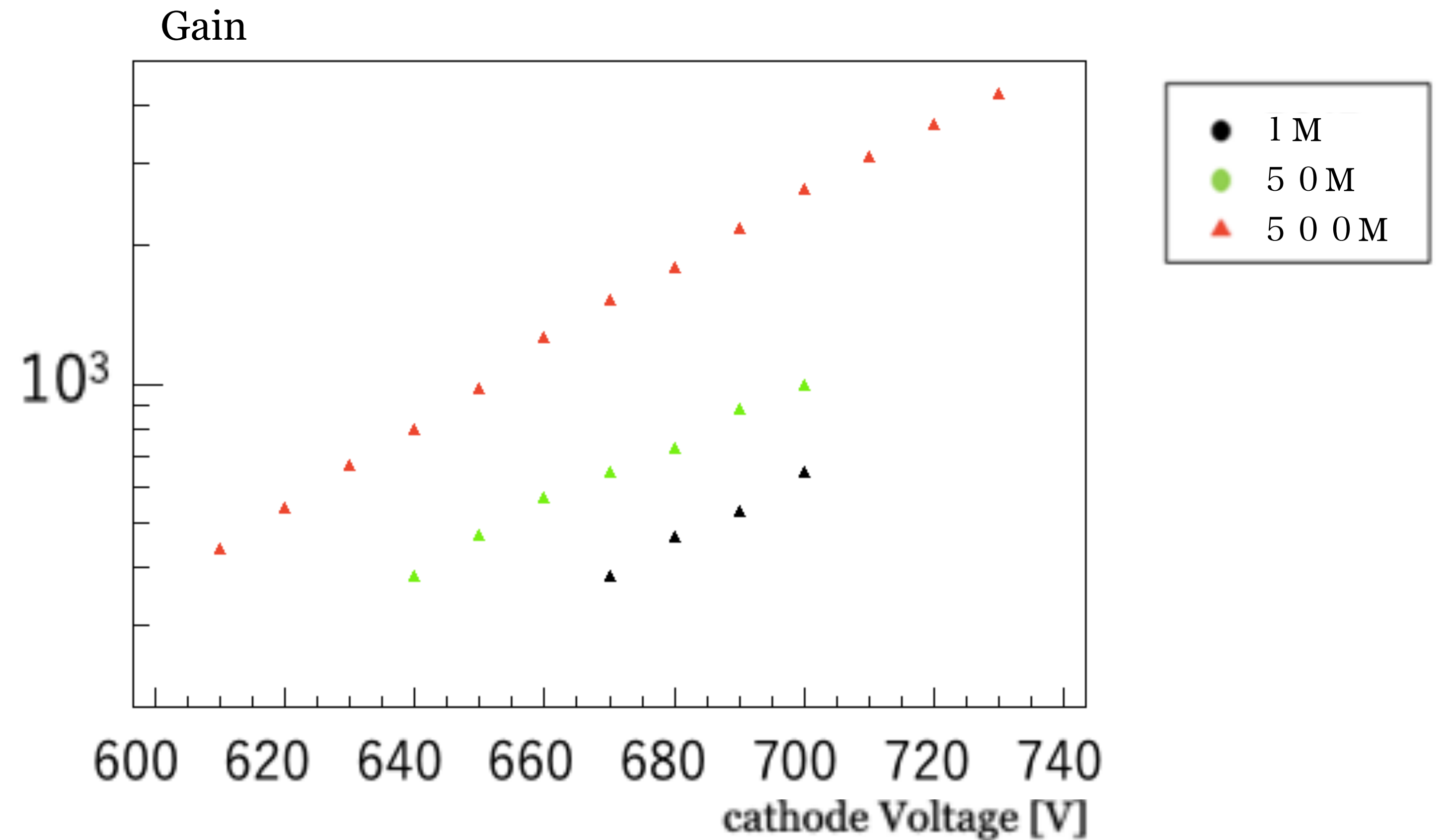
- 印加電圧：680V
- Gainが安定するまで100分ほど必要
➔charge upの可能性



cathode表面に電子がたまり電場が変化してGainが増大

Gain

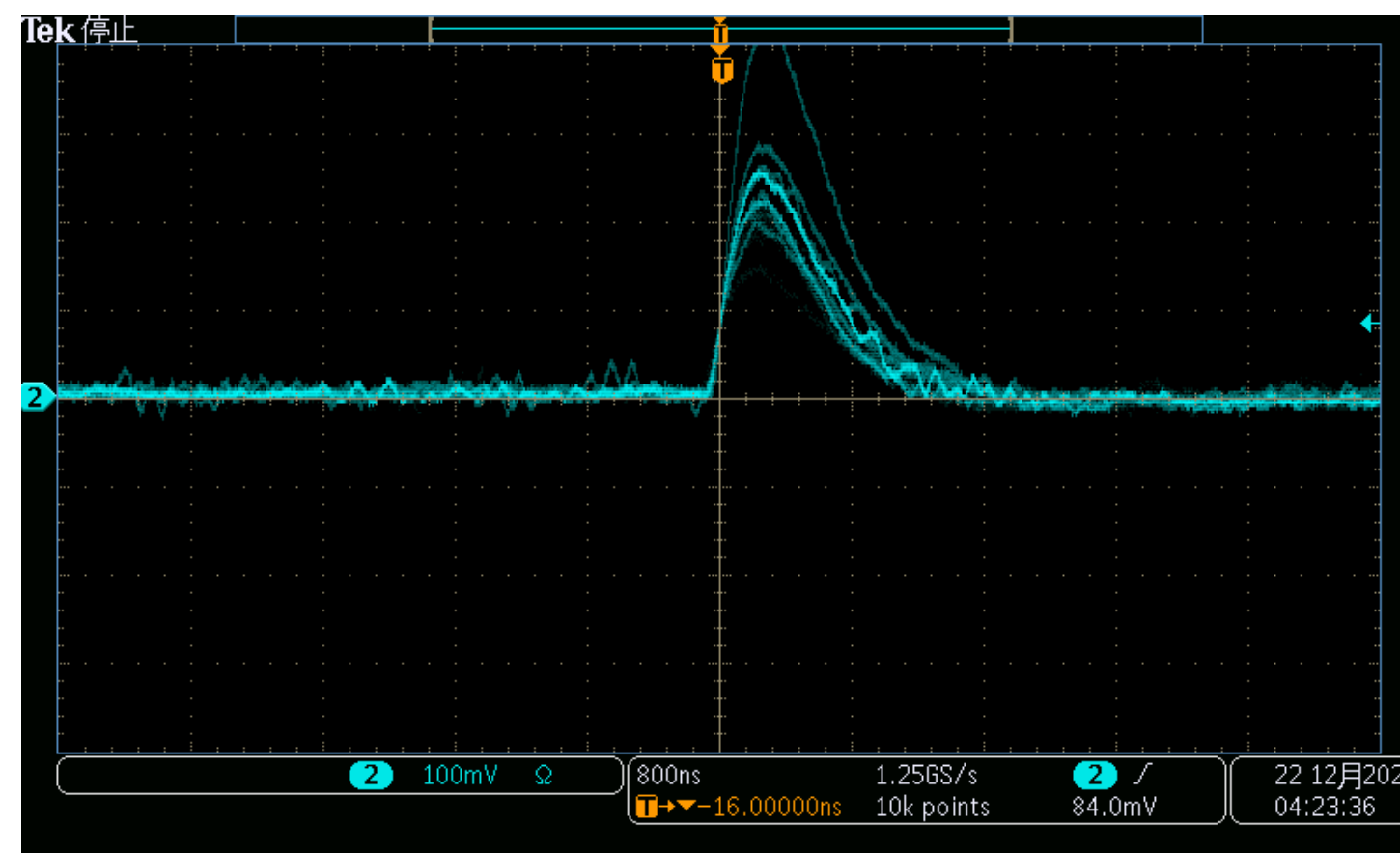
- 全て同じ位置で測定
- 抵抗率が高いほどGainが高い
- 放電多発により高電圧では peakの観測が不可能



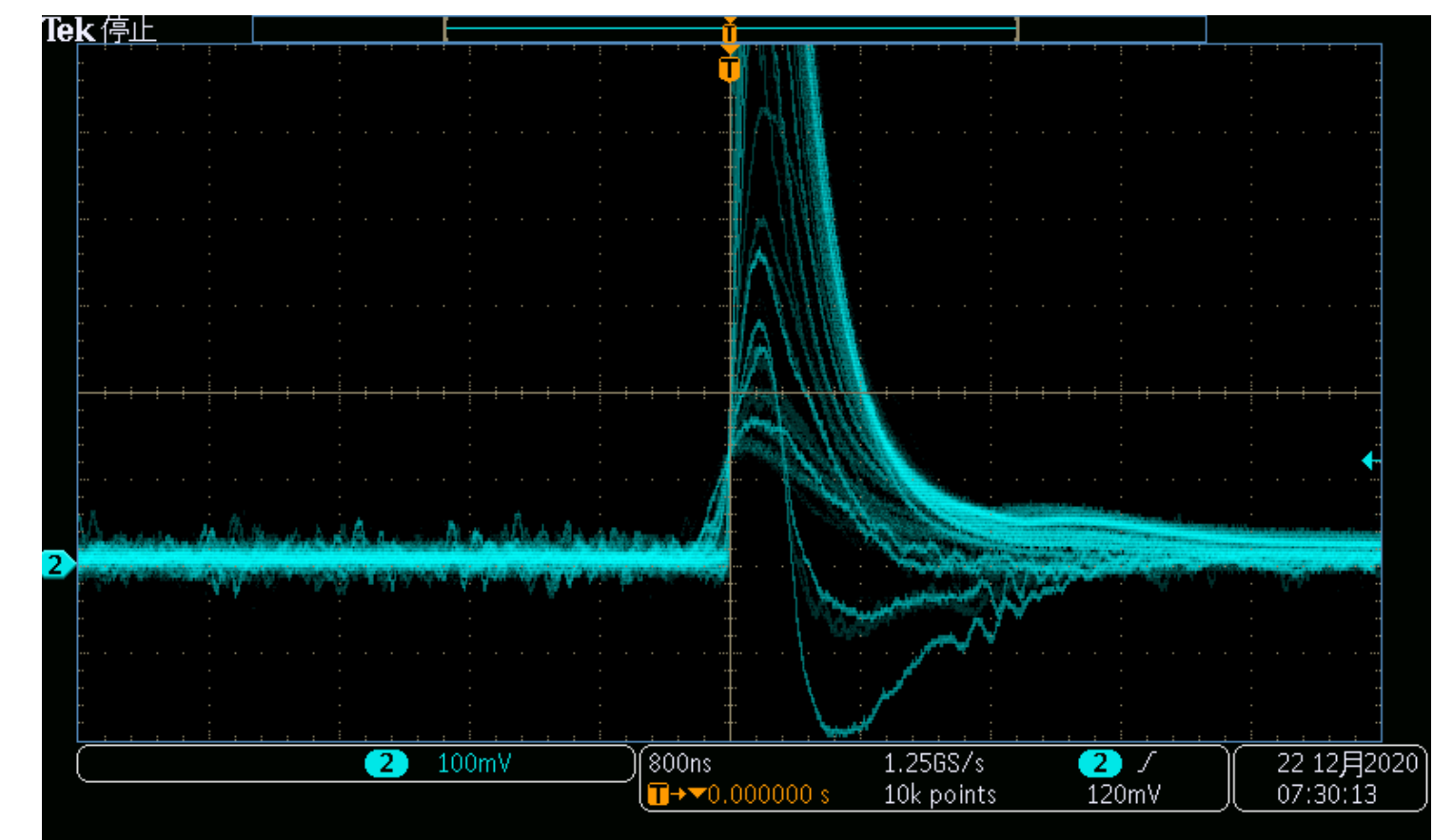
discharge

- 500Mにおいては750V以上、1M、50Mでは700V以上で放電が頻繁に発生
→高抵抗にするほど放電は抑制できている
- 50Mにおいては様々な電圧や位置において突発的に放電
→ μ -pic自体の損傷の可能性

50M-680V

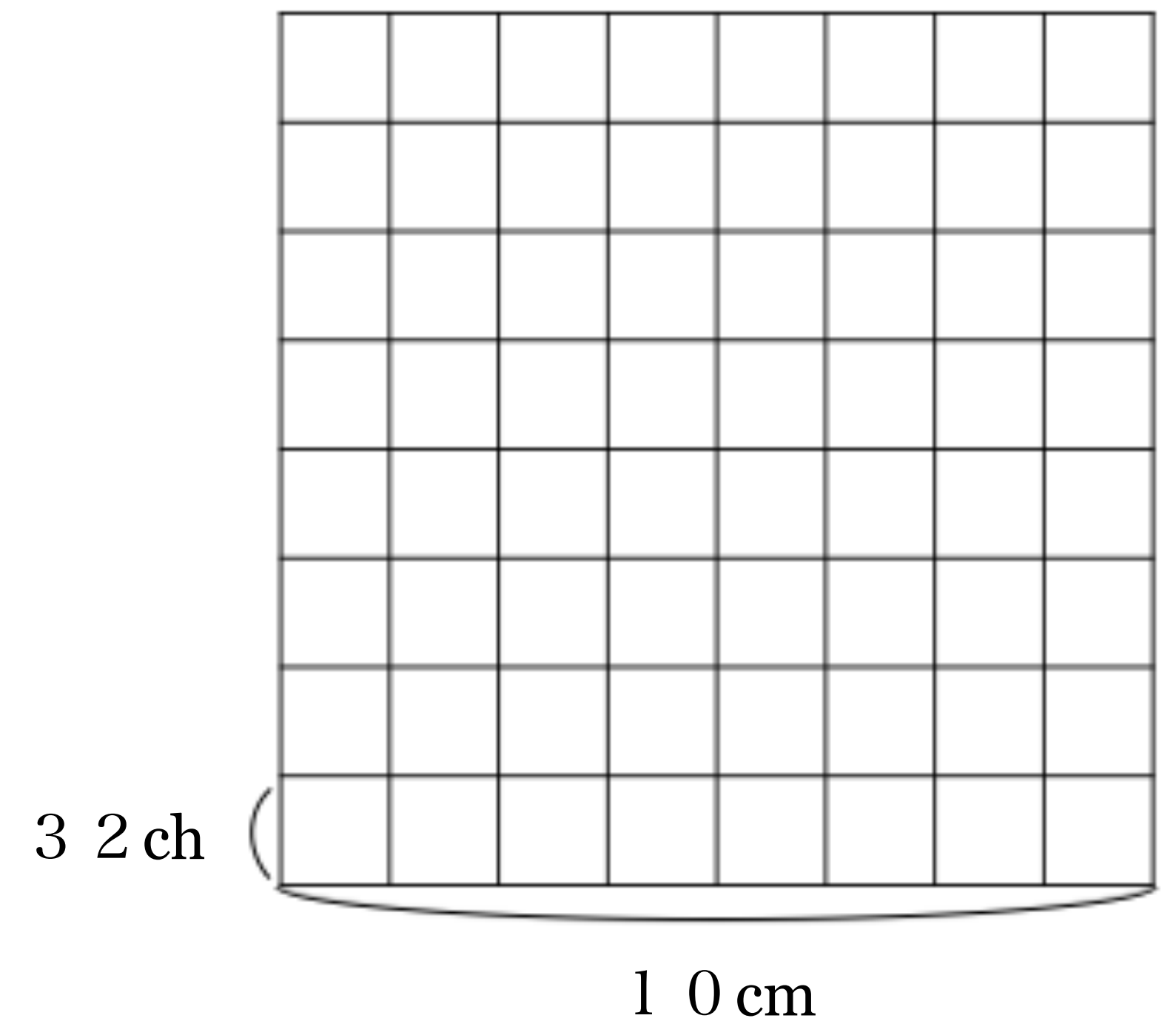


50M-710V



Gain map (680V)

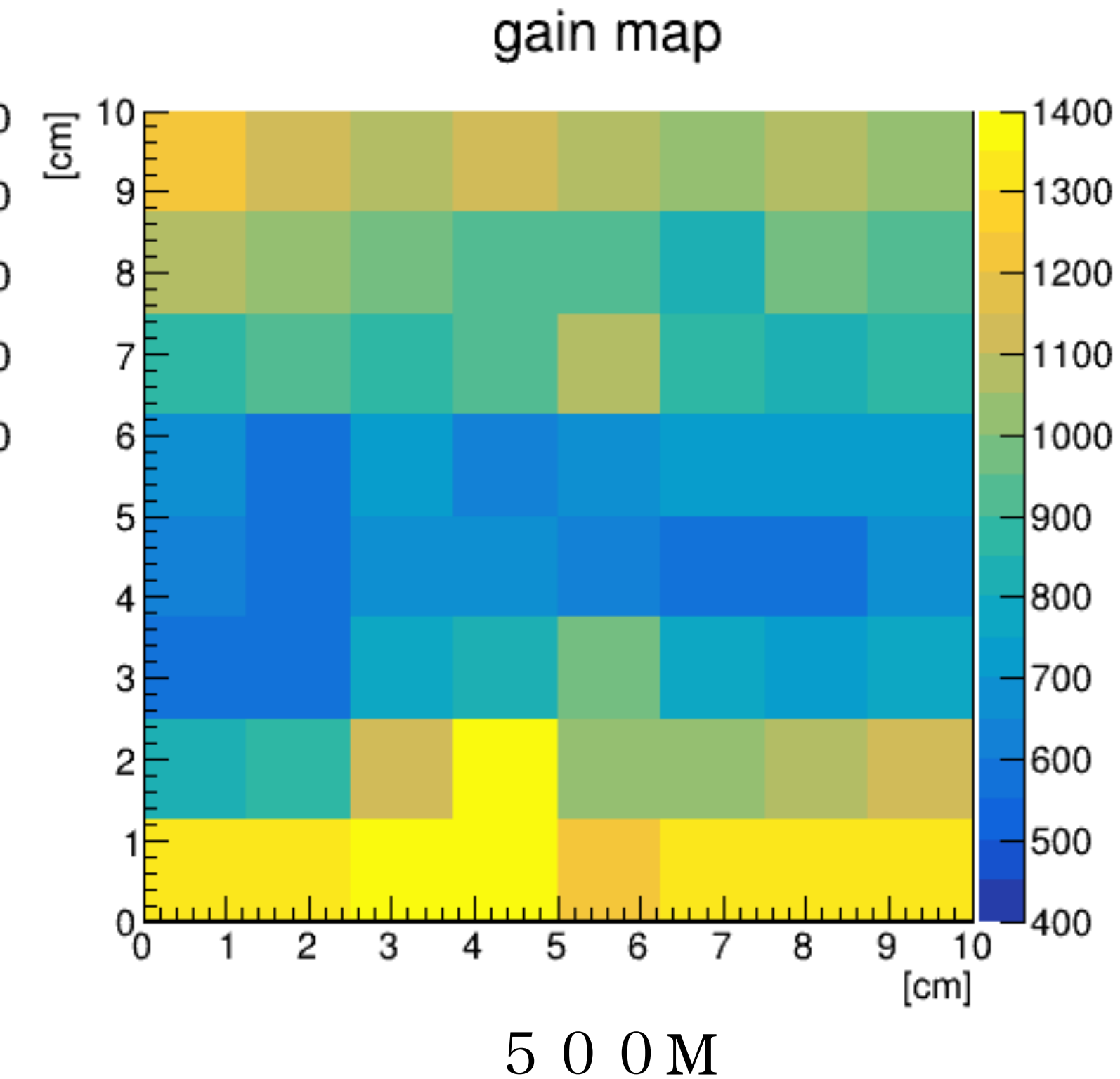
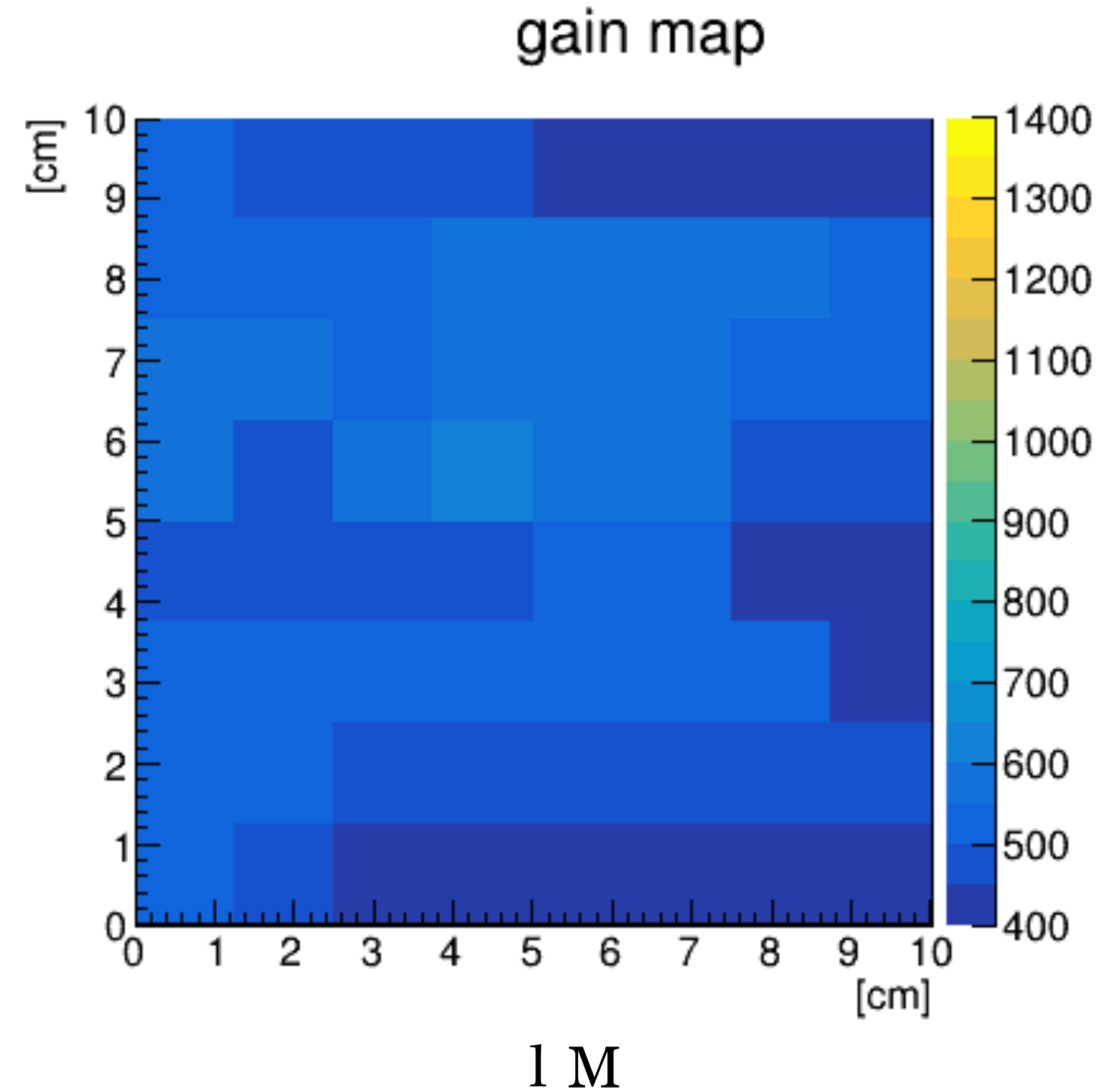
- μ -picを縦横にそれぞれ8分割、計64分割
真上に線源を設置しGainを測定
256chずつあるので、32chをまとめて読み出す



Gain map (680V)

- 1 M と 5 0 0 M の比較

1 Mには位置依存性は見られない
→ 抵抗率が小さいため電圧降下の影響が小さい



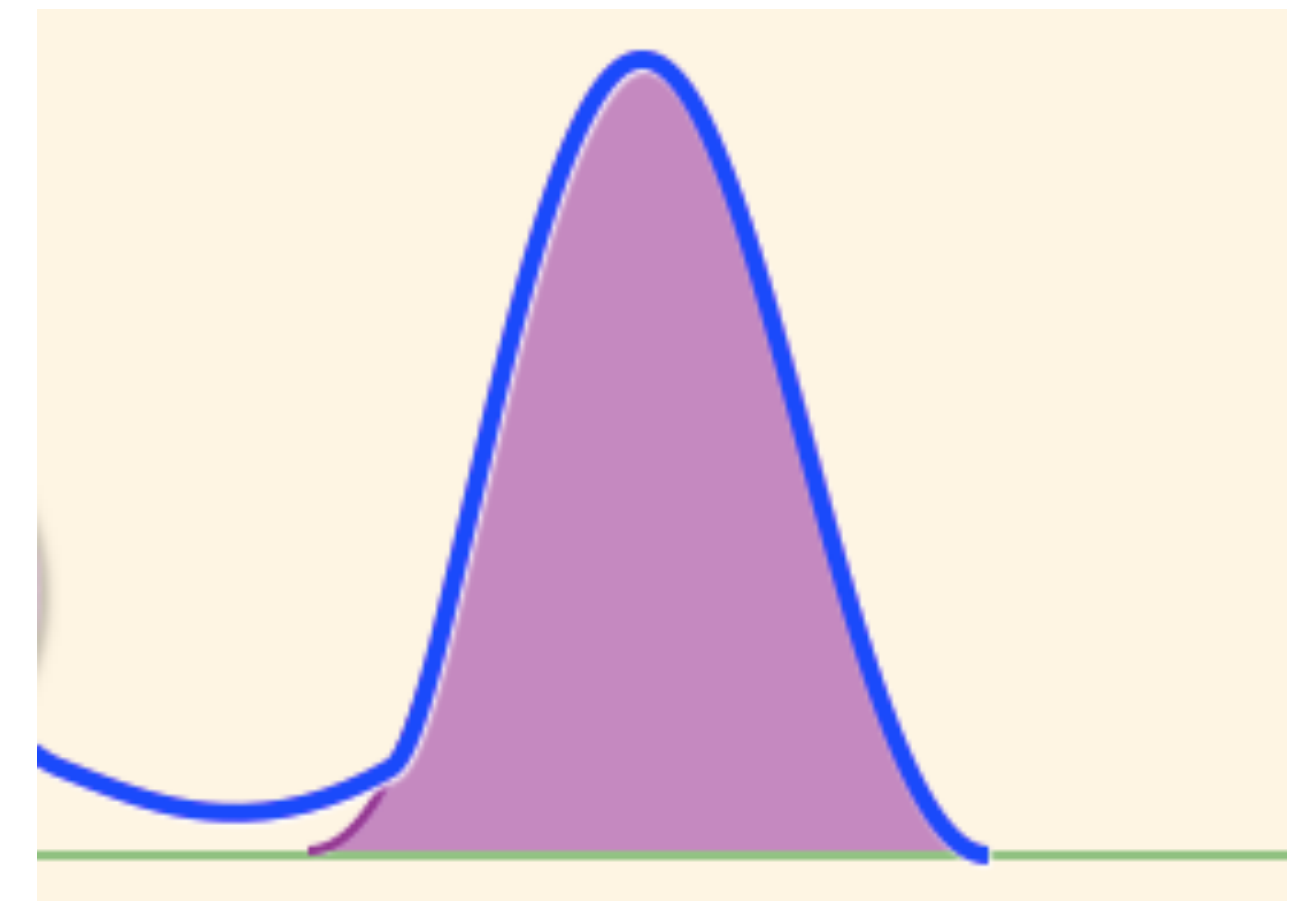
→ 表面抵抗率が大きすぎると位置依存性が顕著に現れる

検出器効率 (ピーク計数)

- ヒストグラムのピーク部分を積分して単位時間あたりのカウント数を比べる
- 全箇所での測定値を平均 (印加電圧: 680V)

	1M	50M	500M
rate(/s)	101.3	24.1	20.1

- RC47が飛び抜けて多い
50、500Mで機能していないpixelがある可能性
➡ 今後SRSを使って死にチャンネルを特定



まとめ

- 表面抵抗率の異なる 3 種類の resistive μ -pic の性能を評価
- 表面抵抗率が大きいほど Gain が大きい
- 表面抵抗率が大きくなると電圧降下により中心部の印加電圧が小さくなる
 - gain の位置依存性の発生
中心部の Gain は端点のおよそ $1/3$

今後の展望

- stabilityや放電rateの測定
- 改良版DLC μ -picの開発
 - 表面抵抗率を数十M Ω に抑える
 - anodeに電圧を印加するとanode-pick up間に電流が流れる
真空乾燥などにより残渣物を排除
(現段階で順調)