

SMILE29: 電子飛跡検出型コンプトンカメラの 角度分解能向上に向けた シンチレーションカメラの開発

京都大学 中増 勇真

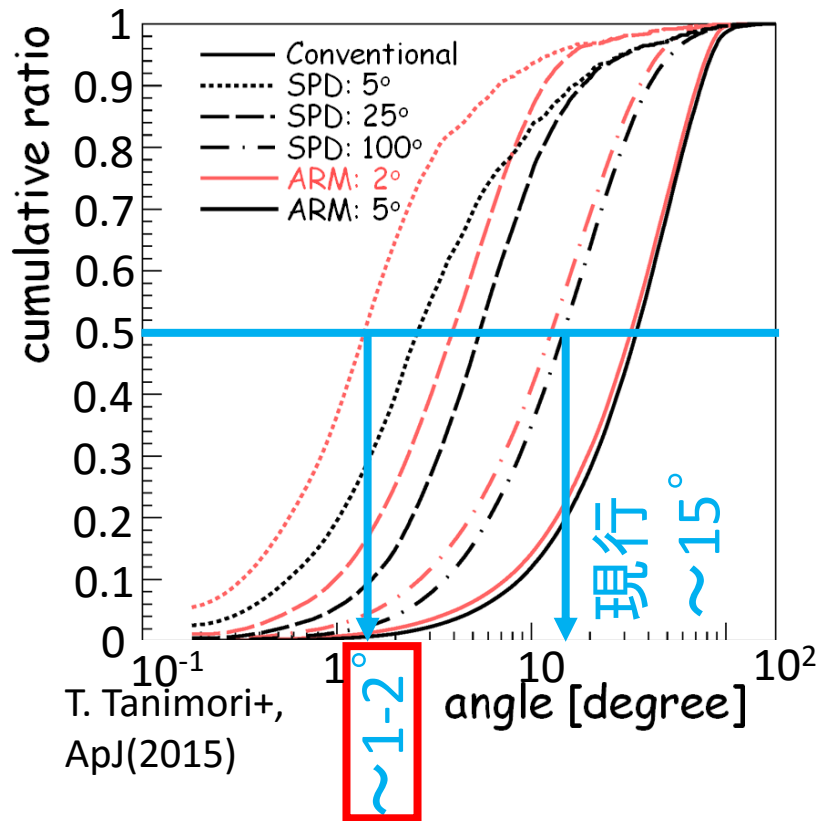
高田淳史, 岸本哲朗, 古村翔太郎, 窪秀利, 松岡佳大, 宮本奨平,
水本哲矢, 水村好貴, 中村輝石, Parker Joseph, 園田真也,
竹村泰斗, 谷森達, 友野大, 吉川慶, 黒澤俊介(東北大金研),
身内賢太郎(神戸大理), 澤野達哉(金沢大数物), 鎌田圭(東北大
NICHe,株式会社C&A), 庄子育宏(東北大金研,株式会社C&A),
吉川彰(東北大金研,東北大NICHe,株式会社C&A)

目次

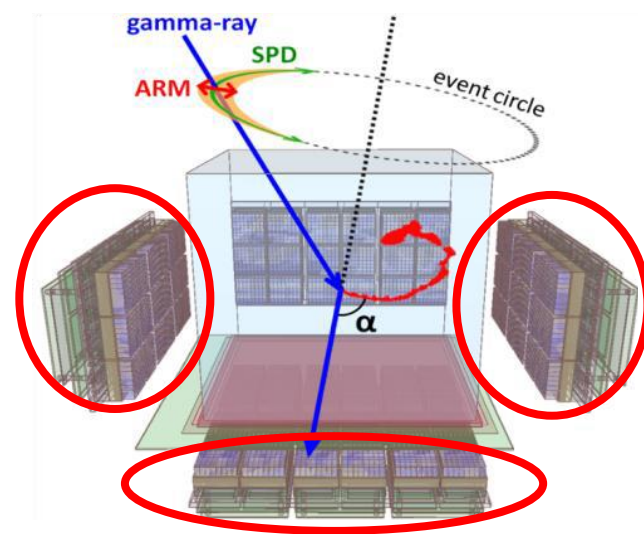
- イントロダクション
- MPPCについて
- シンチレータの比較
- MPPCアレイ/読み出しアンプ
- 結果
- まとめと課題

角度分解能向上のために

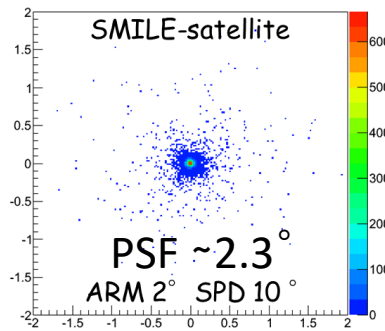
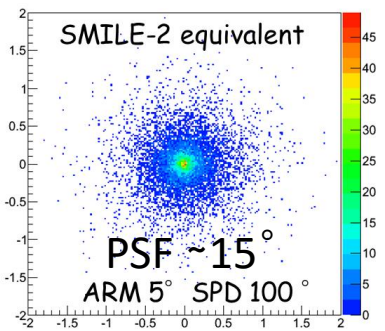
PSF(Point Spread Function)



PSFを~2°にしたい
 → ARMを<2°にしたい



PMTs + scintillators(GSO)



目標

	現在	目標値
高エネルギー分解能 (FWHM)	$\Delta E/E \sim 11\% @ 662\text{keV}$ で ARM $\sim 5^\circ @ 511\text{keV}$	$\Delta E/E \sim 4\% @ 662\text{keV}$ で ARM $\sim 3^\circ @ 511\text{keV}$
高阻止能	シンチの厚みが1放射長	シンチの厚みが3放射長
省電力	0.6W/PMT	< 0.1W

実現方法

シンチレータ	GSO	LaBr ₃	GAGG
$\Delta E/E$ (662keV)	~11%	~3.5%	~5%
潮解性	無	有	無
発光波長[nm]	420	380	520
値段(GSO = 1)	1	10	5



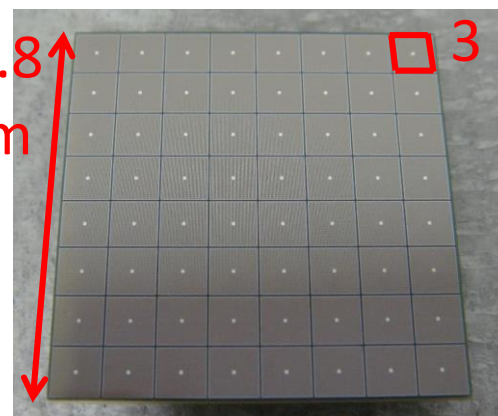
- 省電力
- GAGGの発光波長 (520nm) に合う



MPPC
〔有感波長:
320-900nm〕

25.8
mm

□ 3 × 3mm

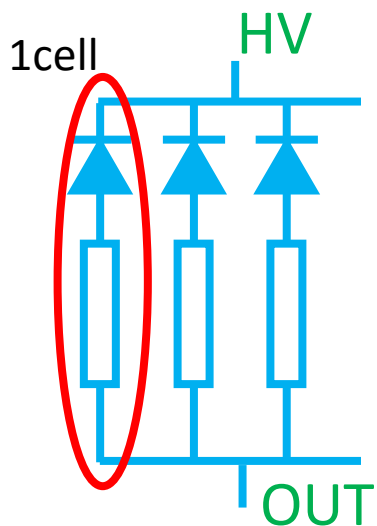


GAGG + MPPCで実現したい！

S12642-0808PB-50

MPPC (Multi – Pixel Photon Counter)

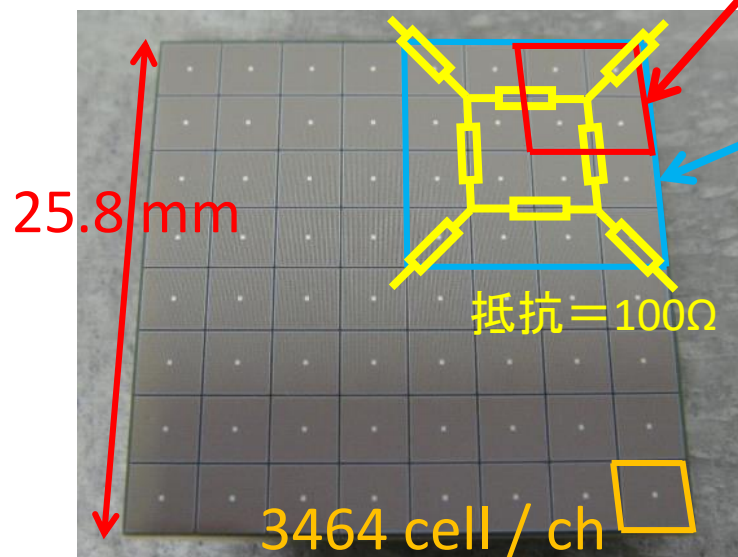
電子雪崩を利用した光子計測半導体素子



* ガイガーモードAPD

- 入射光子数によらず一定出力
- gain: $\sim 10^6$ 倍(通常のモードでは数100倍)

* クエンチング抵抗



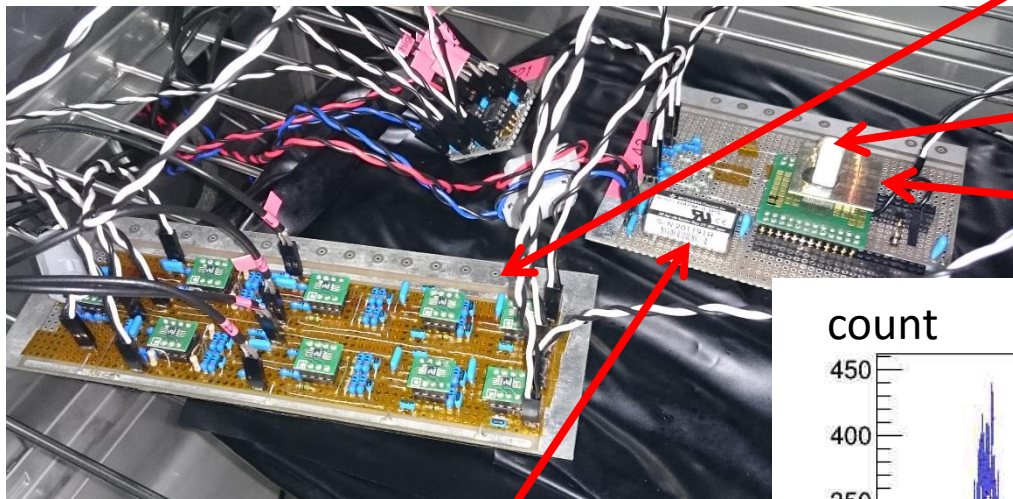
- ダイナミックレンジを大きくする
->4ch接続 = 1pixel
- 320pF/ch
->直列接続で80pF/pixel



- 直列接続したMPPCを抵抗分割して4端読み出し

MPPCの検討

線源: ^{137}Cs (662keV), 温度: 15°C



読み出しアンプ
時定数: $\sim 4\mu\text{s}$

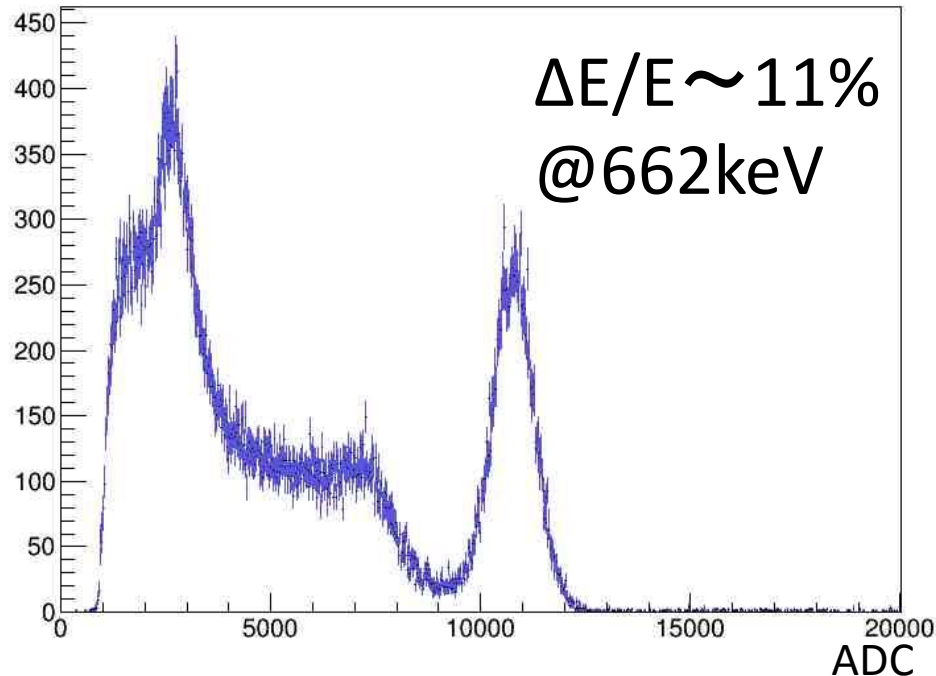
GSO

MPPC

DC/HV
(HAPM-0.3PS)

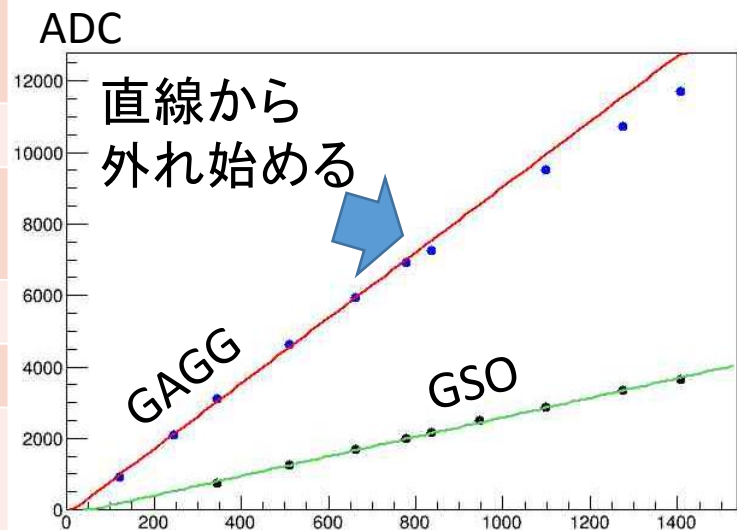
GSOで $\Delta E/E \sim 11\%$ @662keV
->MPPCでも測定可能!

count

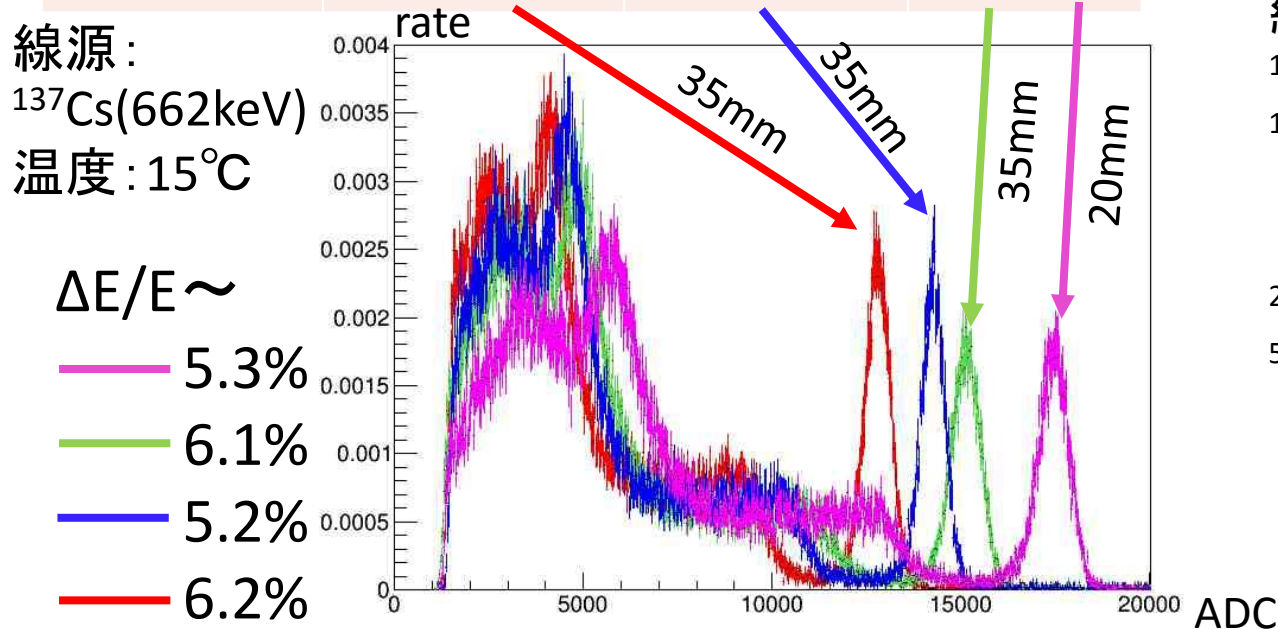


シンチレータの比較

	GFAG	HR-GAGG	GAGG
光量 [photons/MeV]	40,000- 50,000	40,000- 50,000	~56,000
$\Delta E/E$ (@662keV)	~5%	~4%	5-6%
パルス幅[ns]	40-50	138ns(71%) 649ns(29%)	92ns(86%) 174(14%)
波長[nm]	520	520	520
密度[g/cm ³]	6.7	~6.3	6.63
メリット	GAGGに比べて パルス幅が短い	GAGGに比べて エネルギー 分解能が良い	



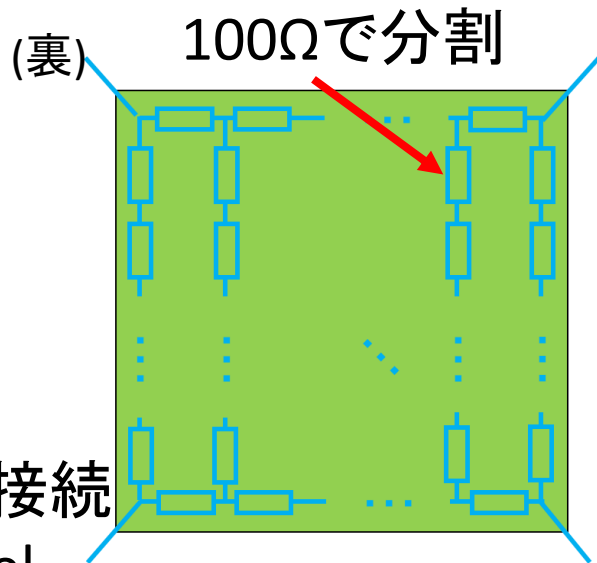
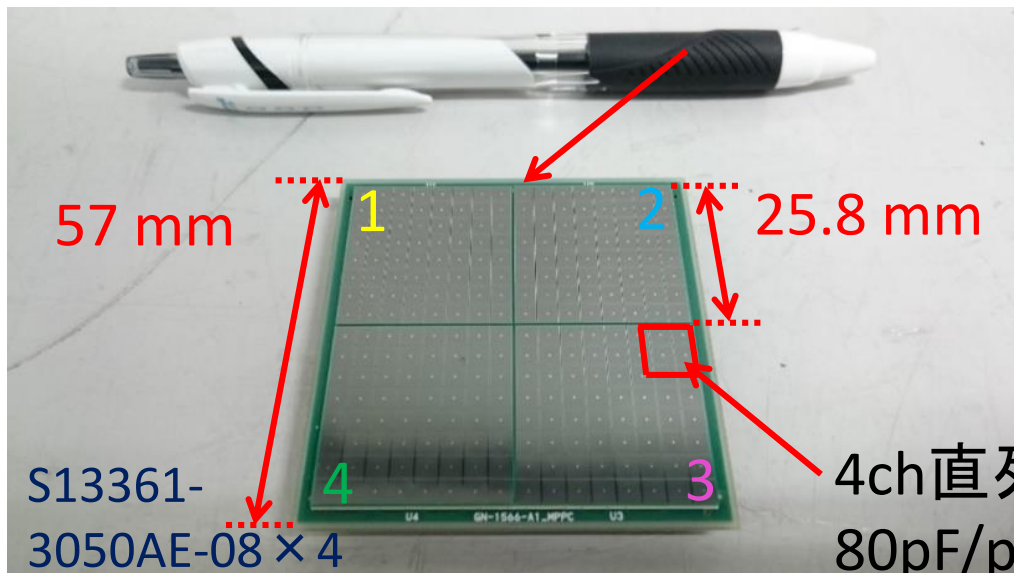
線源:
¹³⁷Cs(662keV)
¹⁵²Eu(122keV, 245keV, 344keV,
 779keV, 946keV, 1086keV,
 1112keV, 1408keV)
²²Na(511keV, 1275keV)
⁵⁴Mn(835keV)



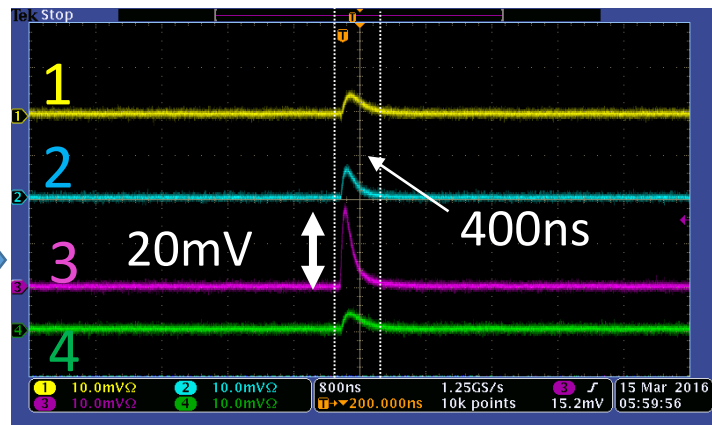
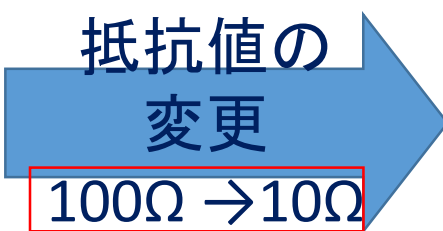
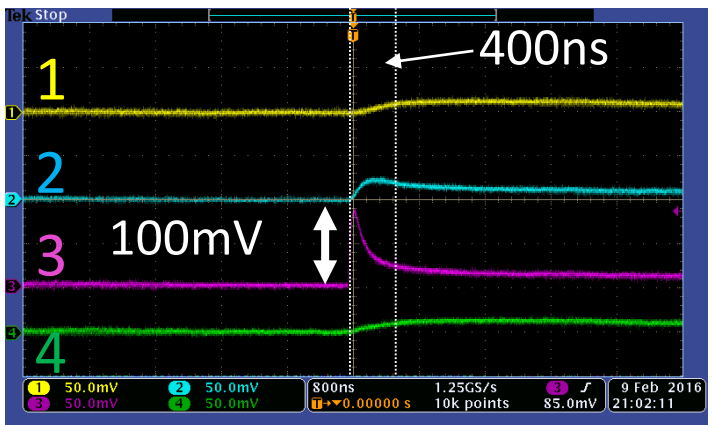
MPPC

0.1 mm

(表)



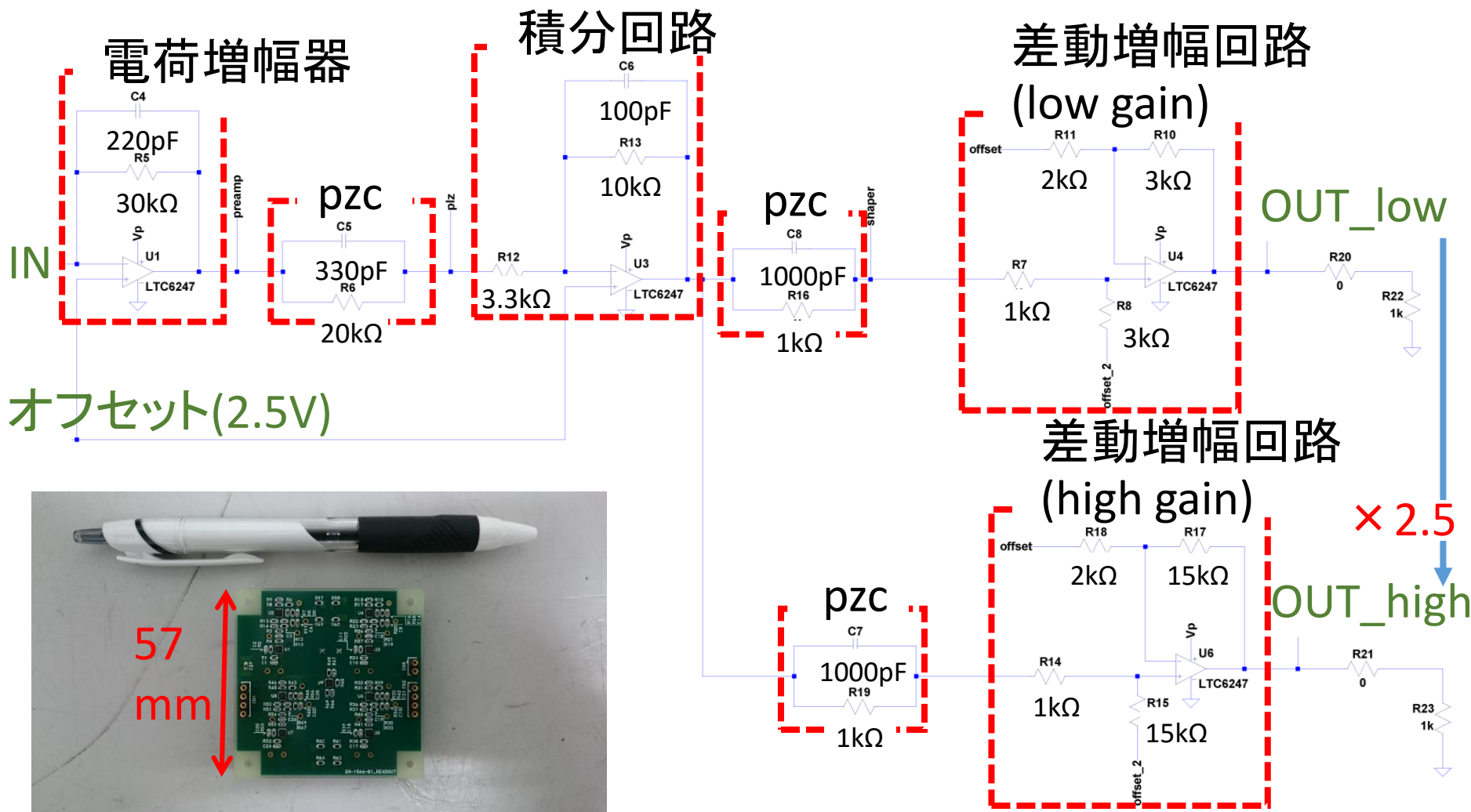
6.4 × 6.4mmが8 × 8pixel = 現行のPMTと同等サイズ



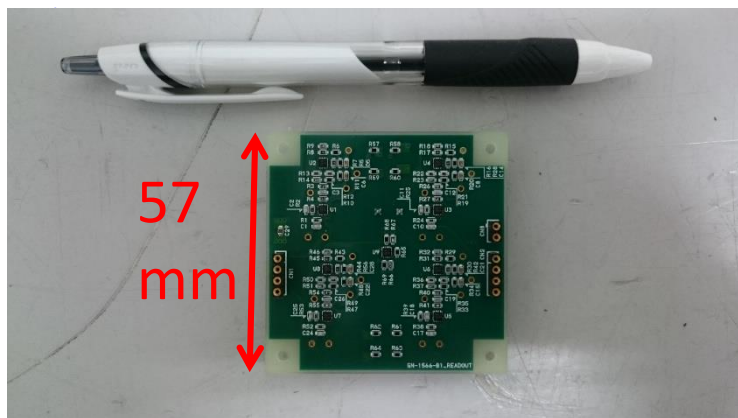
100Ωだと時定数が大きい？

すべての端子から読み出せる！

読み出しアンプ



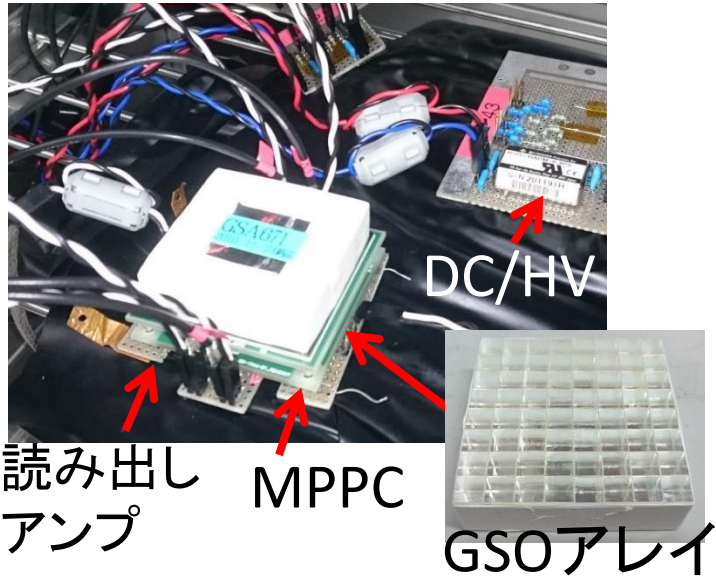
オフセット(2.5V)



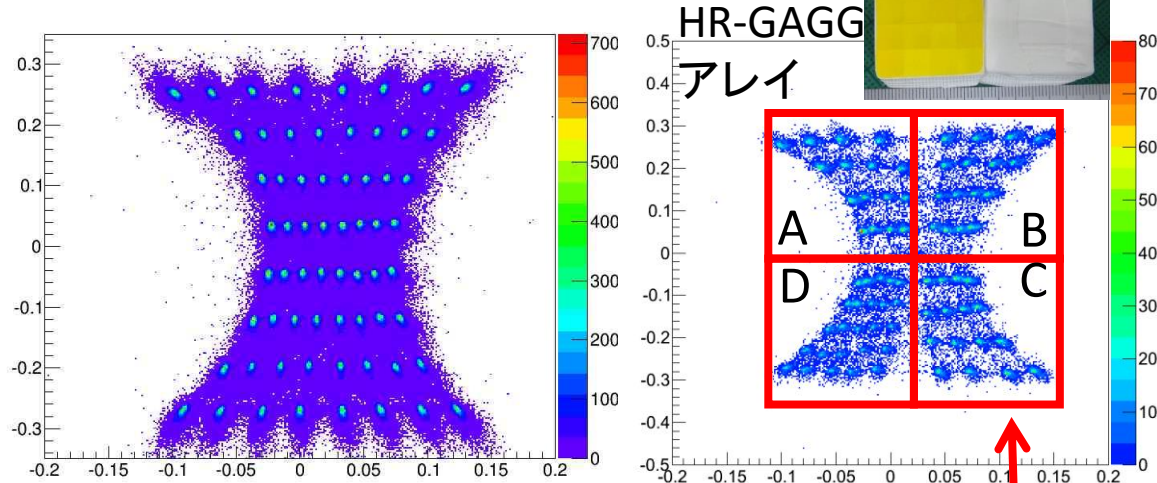
読み出しアンプ

※GSOの光量に合わせて設計

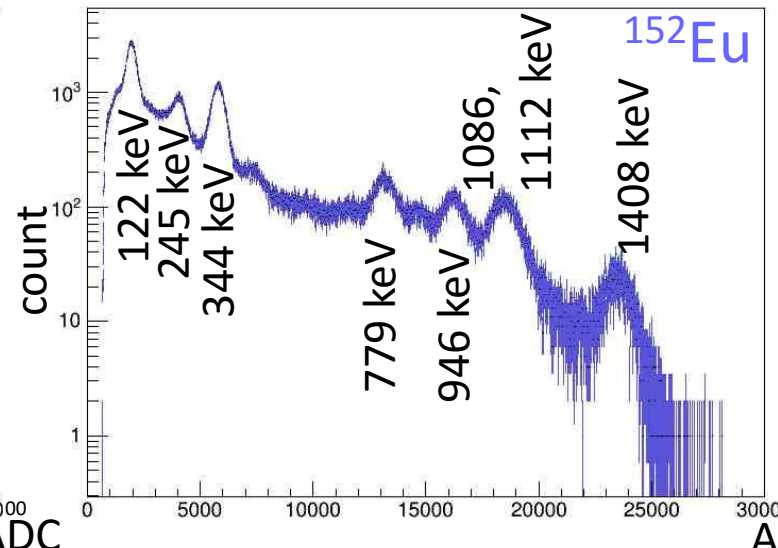
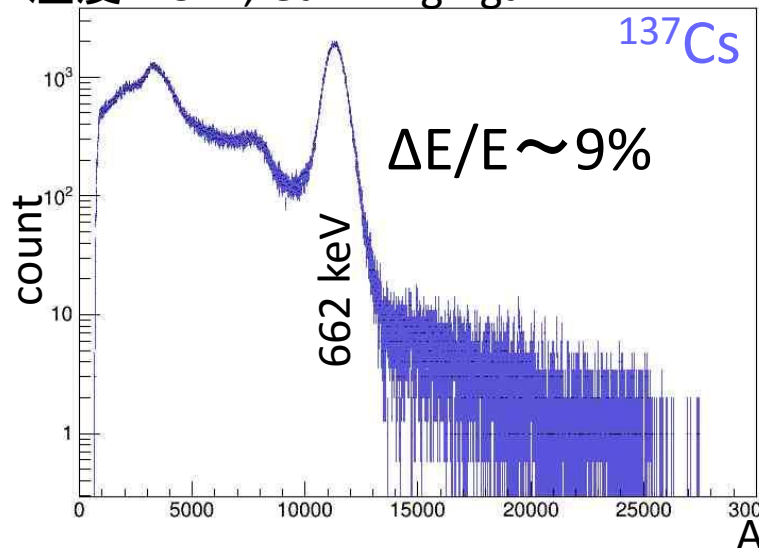
MPPC + 読み出しアンプによる測定



温度: 15°C, Gain: High gain



ピクセルごとに分かれて見える!



A~C:
6.3 × 6.3mm
4 × 4本
D:
5.0 × 5.0mm
5 × 5本
($\Delta E/E \sim 6.7\%$)

MPPC+GSOアレイで $\Delta E/E \sim 9\%$ @662keVで測定可能!

まとめと課題

- エネルギー分解能向上のための基礎試験
 - GAGGシンチレータ + MPPCを採用、読み出し回路を開発
 - GAGG(2.2放射長)で $\Delta E/E \sim 6\%$ @662keV
 - GSOアレイ + MPPCで $\Delta E/E \sim 9\%$ @662keVまで到達
(現行のGSOアレイ + PMTでは 11% @662keV)
- 今後の改良
 - GAGG(高発光量)に最適な読み出しアンプの回路パラメータの検討
 - TPCTリガー(前講演: 吉川)動作可能なADC回路設計が必要