

新型MPPCの応答曲線

筑波大学 修士1年 本田卓也

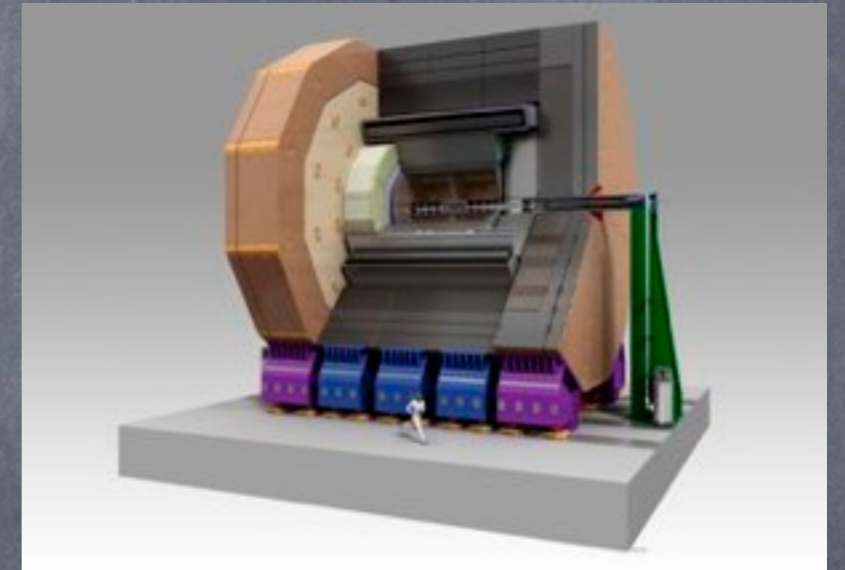
ILC夏の合宿@富山 2013/07/23

MPPCとは

ILCは重心系250-500 GeV(1期)のe-e+衝突型線形加速器

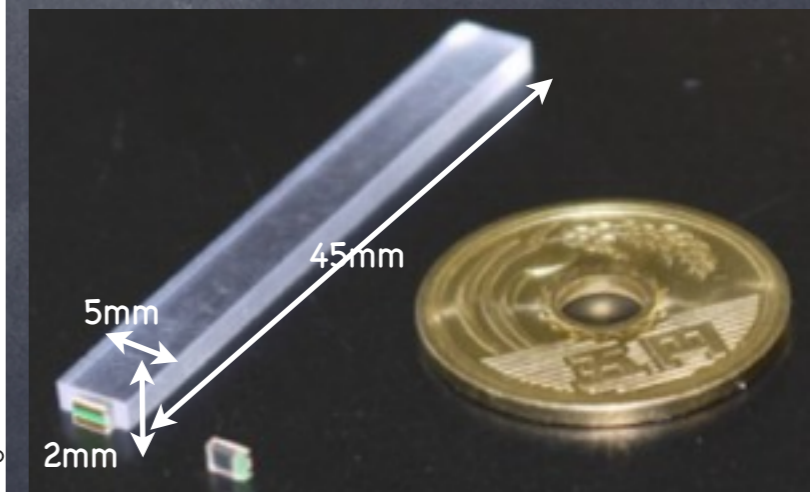
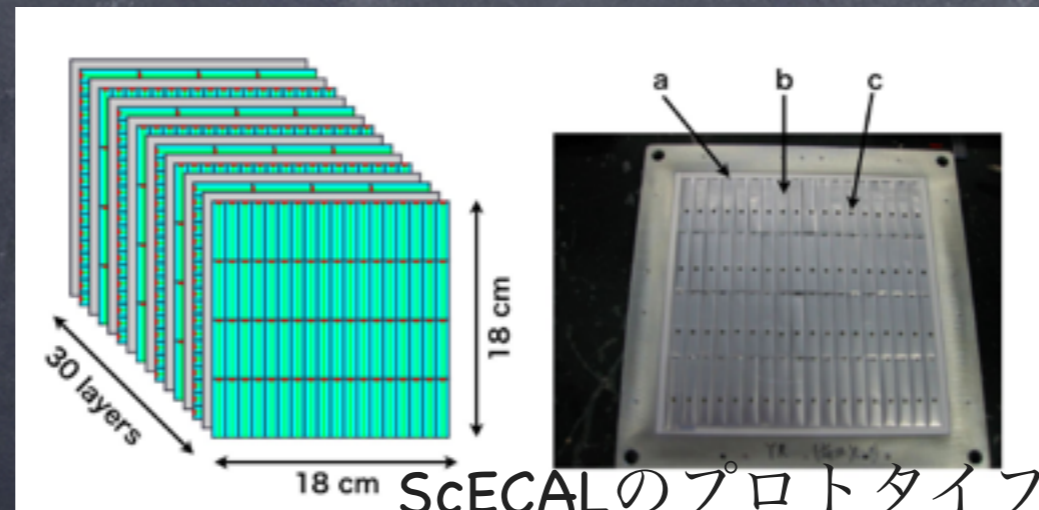
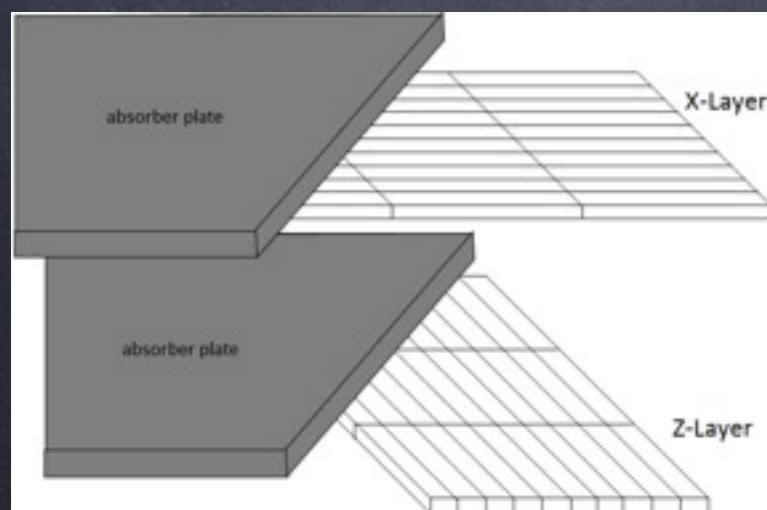
ILD計測器のカロリメータの開発を行っている

ジェットエネルギー測定精度向上にPFAを採用している



→ カロリメータの細分化が鍵

シンチレータを検出層に用いる場合、光検出器には
小型・安価・強磁場中でも動作する事が要求される

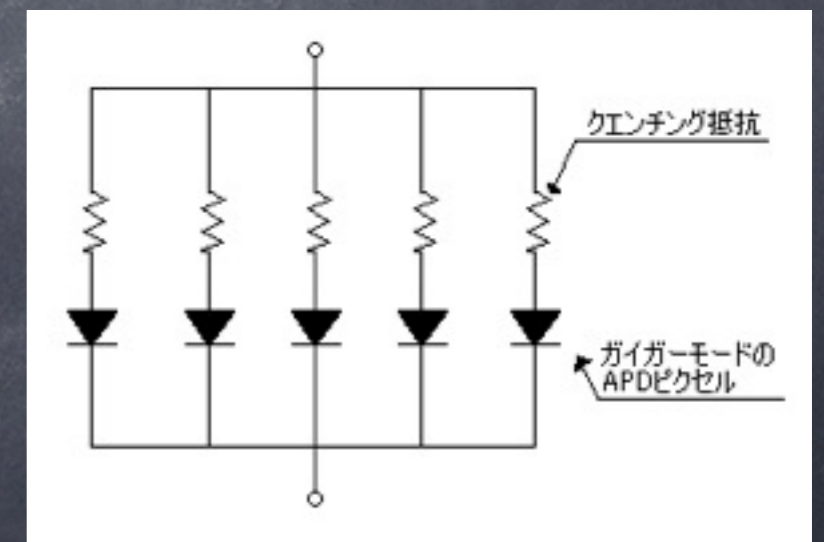
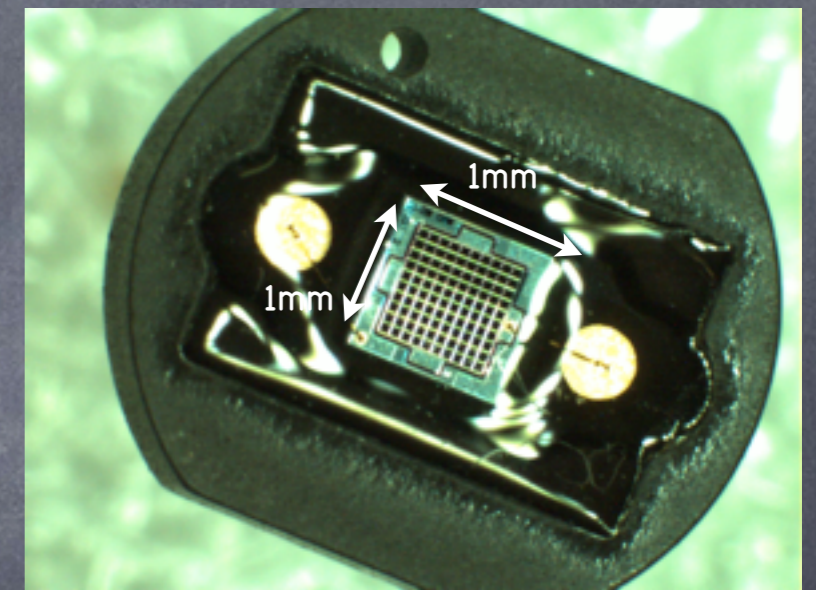
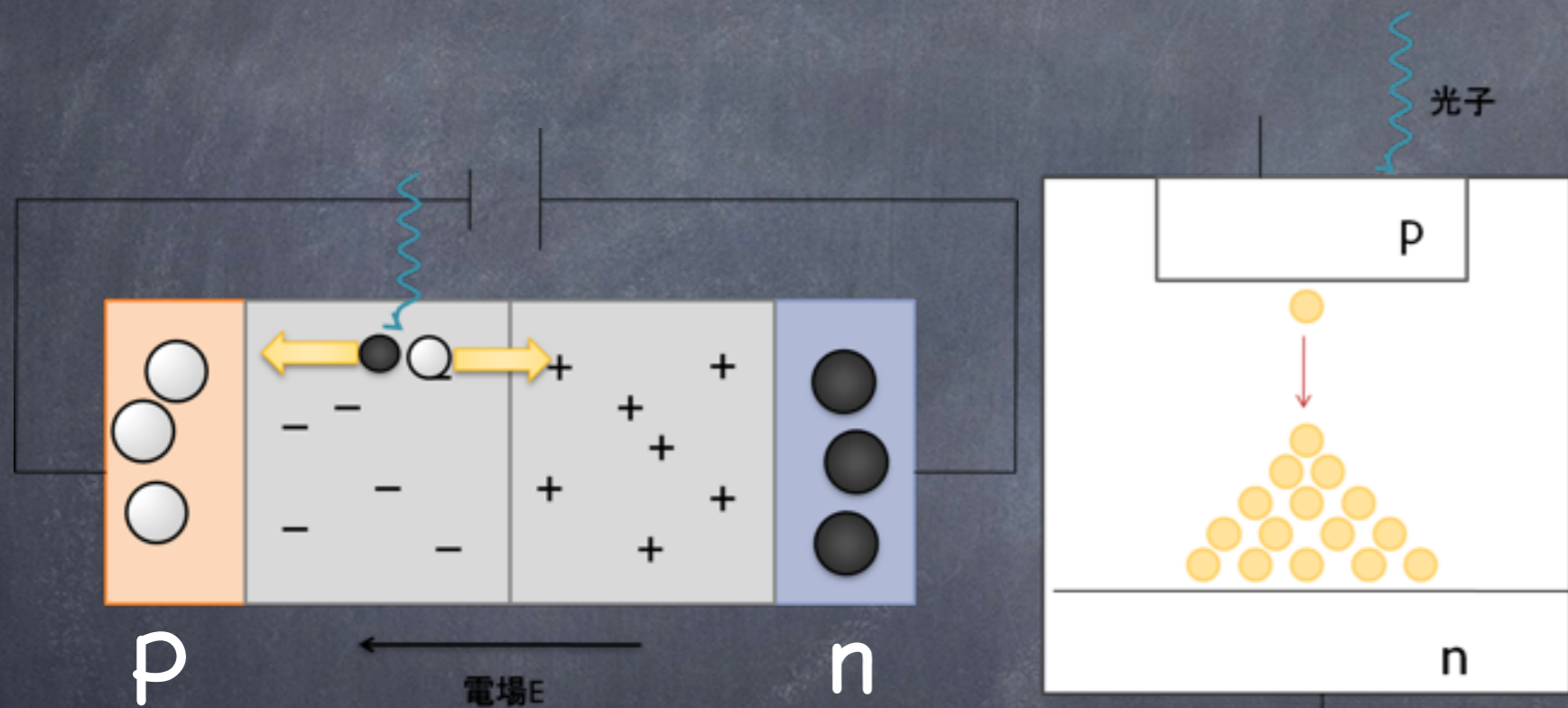


MPPCとは

• • • Multi-Pixel Photon Counterの略

APDと呼ばれるPN接合型半導体を並列接続したPhotonCountingDevice

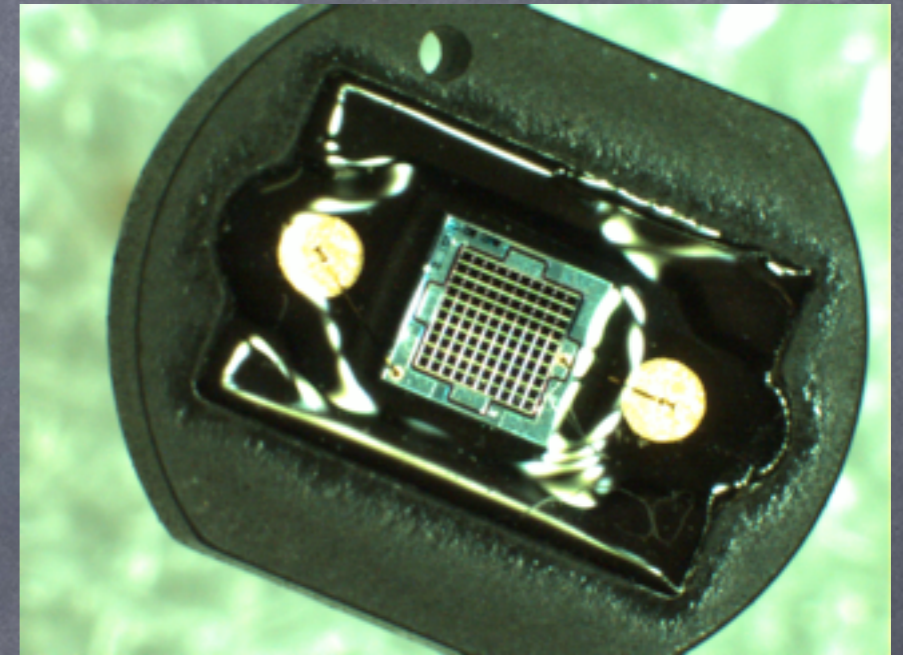
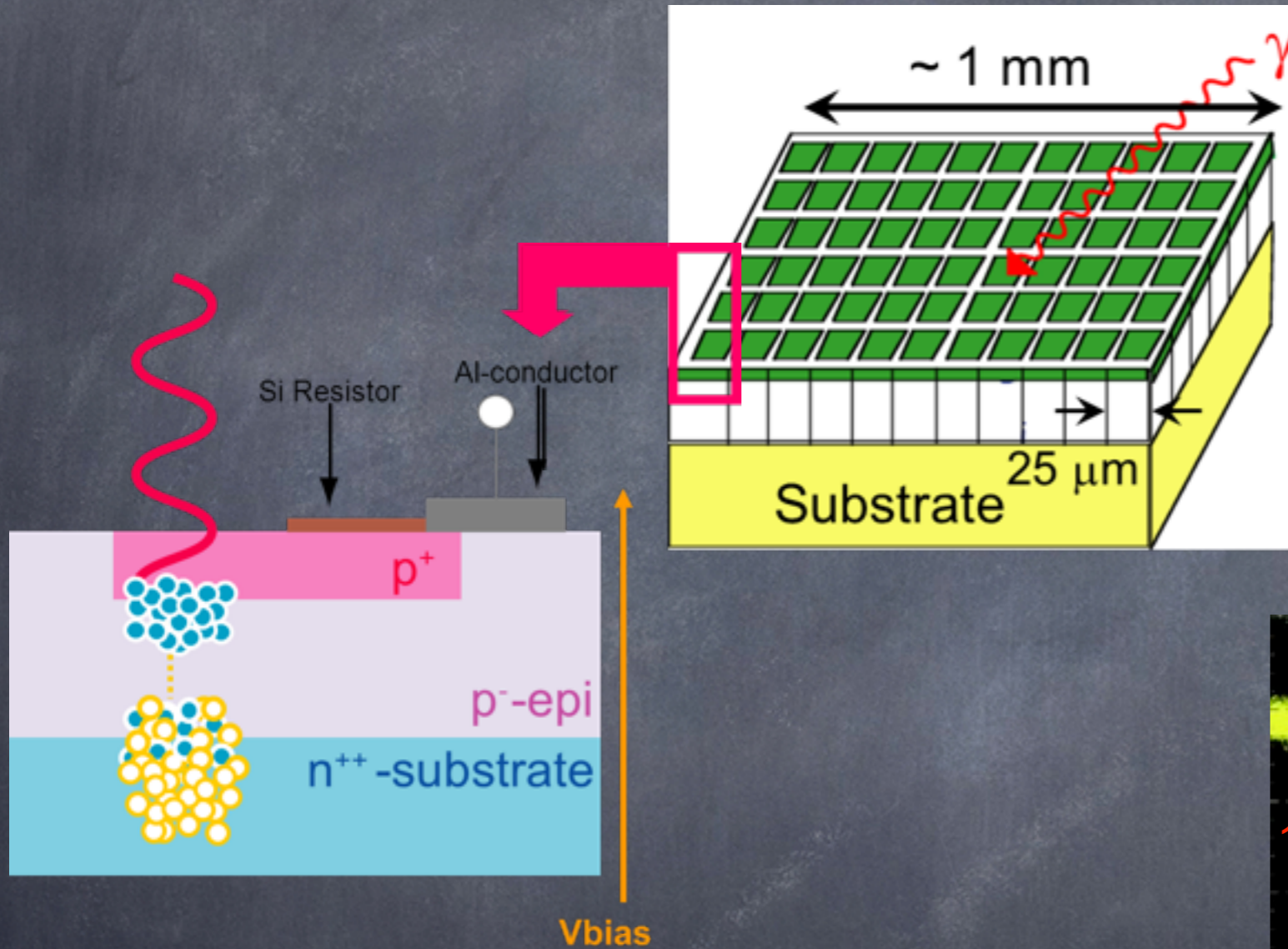
このときAPDはガイガーモードで使用する



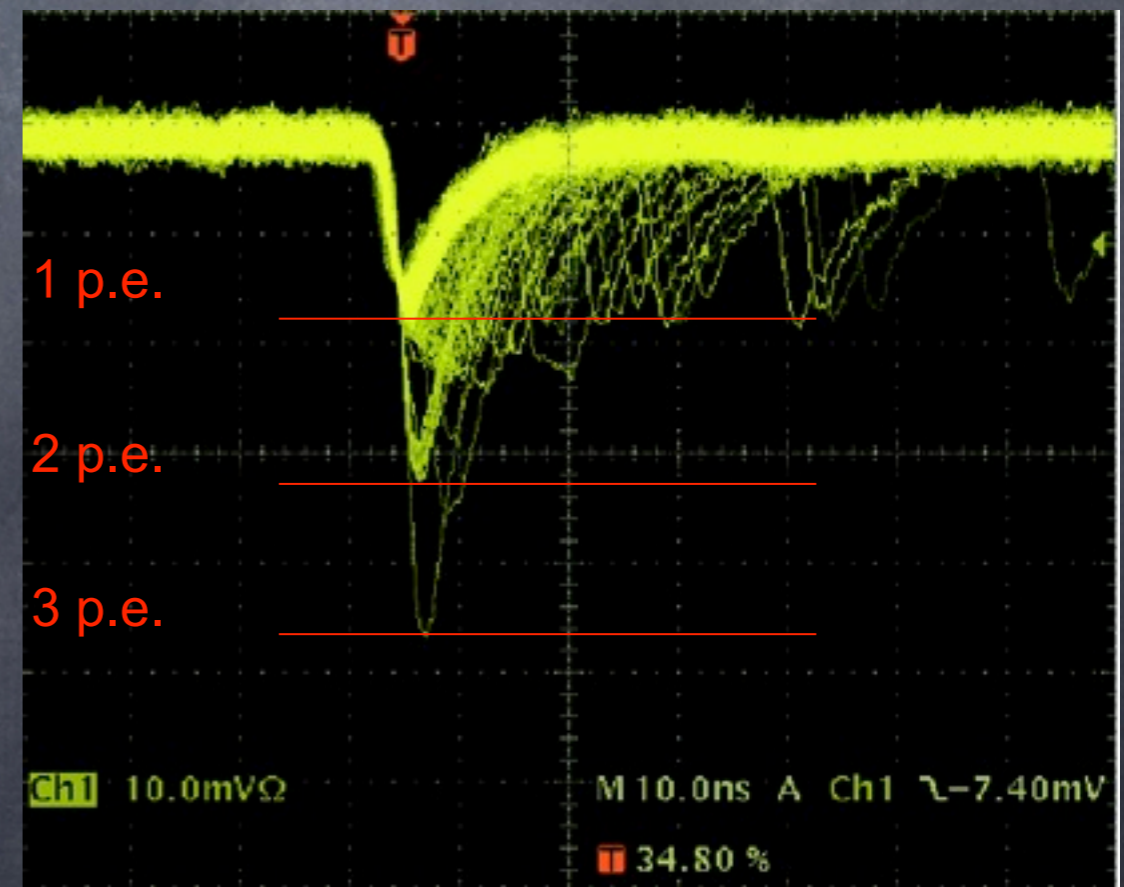
空乏層中に入射し光子は
電子・正孔対をつくる

アバランシェ増幅

MPPCとは

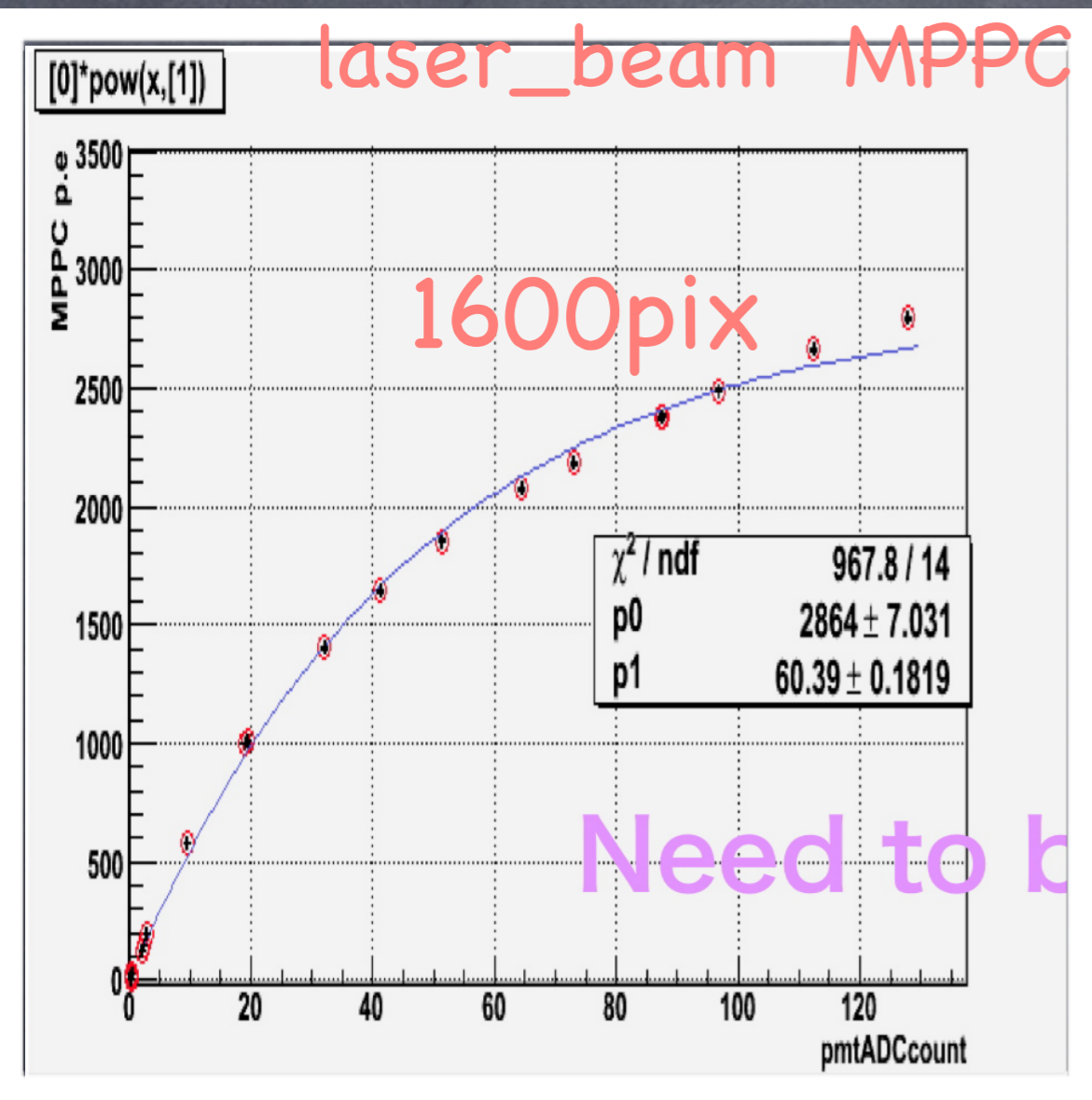


n型は共通、p型のみピクセル化



(p.e.:photoelectron)

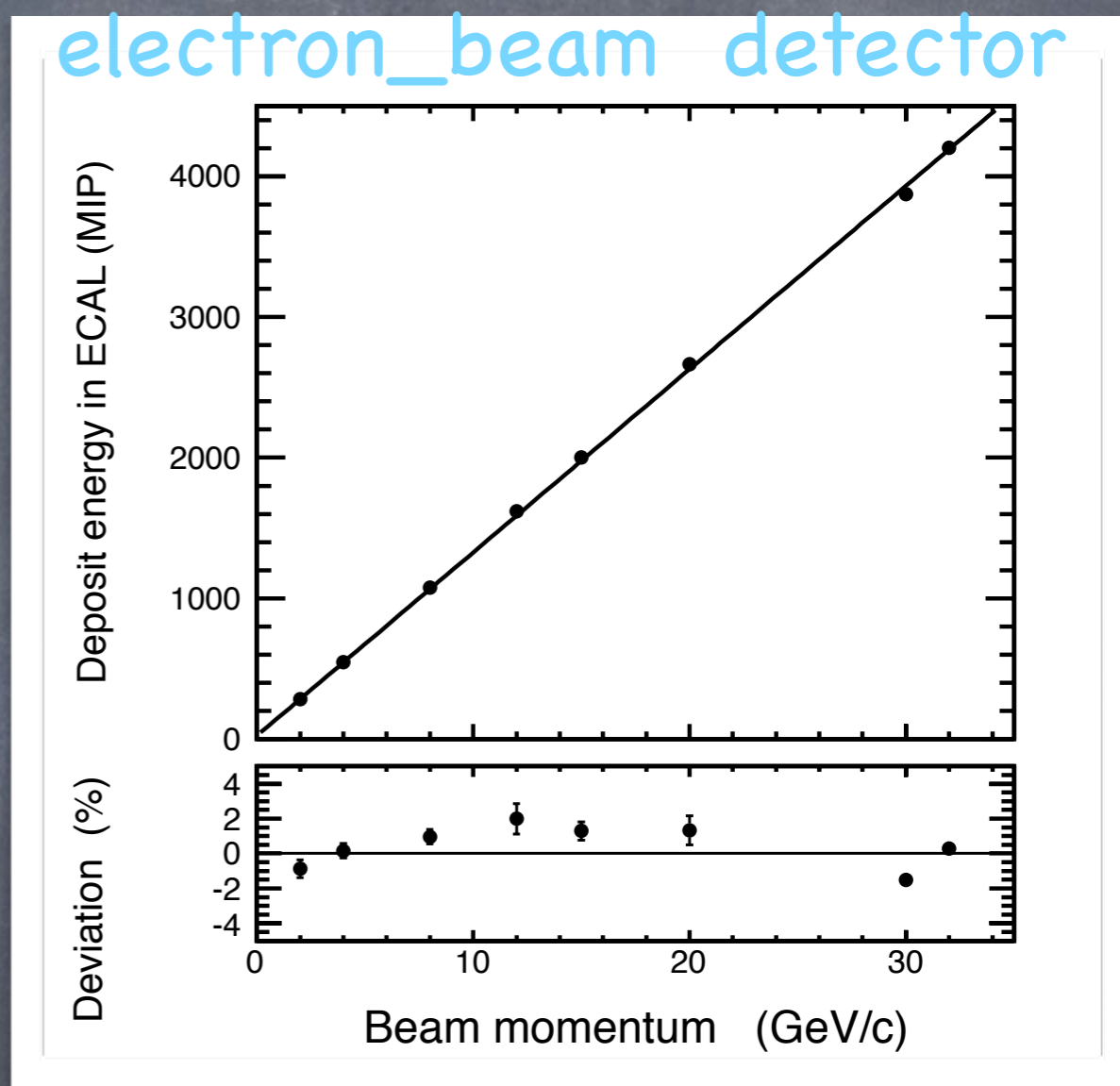
1600pixを用いたプロトタイプScECALの結果



1600p.e. \rightarrow 2700p.e.

約1.5倍

カロリメータの正しいエネルギー測定のためには
光検出器における検出光子数の補正が必要



32GeVまではリニアに見えた

$\sqrt{s}=500\text{GeV}$ の場合、電子は最大

250GeVまで加速

する為、1600pixでは不足?

1600pixを用いたプロトタイプScECALの結果

どれくらいのピクセル数が必要か？

$\sqrt{s}=500\text{GeV}$ のILCでは

1枚のシンチレーターにヒットするMIP粒子の数は2500コ
MIP粒子1コで7p.e.なので最大17000p.e.の観測が予測される

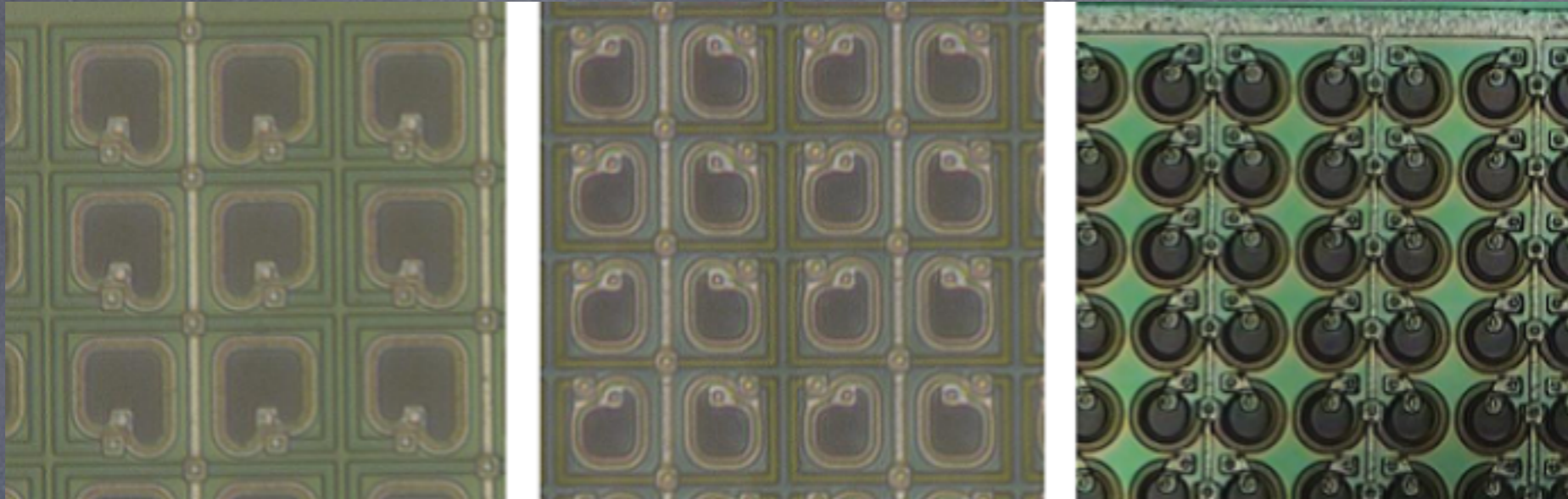


回復時間がシンチレーターの発光時間
より短い事を考慮すると

10000pixのMPPCが必要

新旧比較

旧型



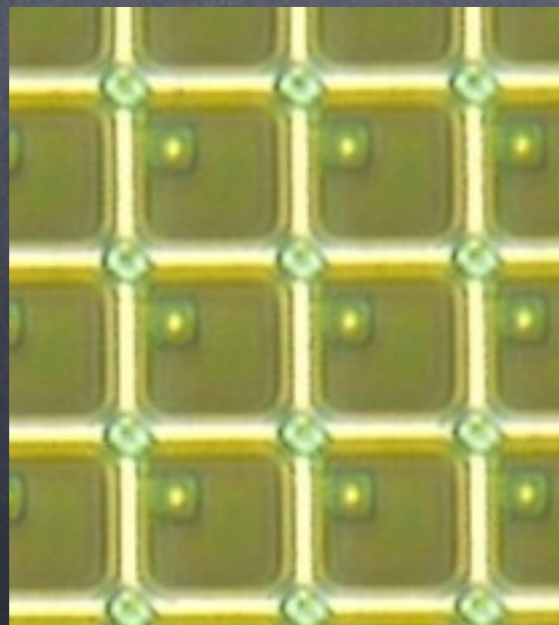
1600pix

2500pix

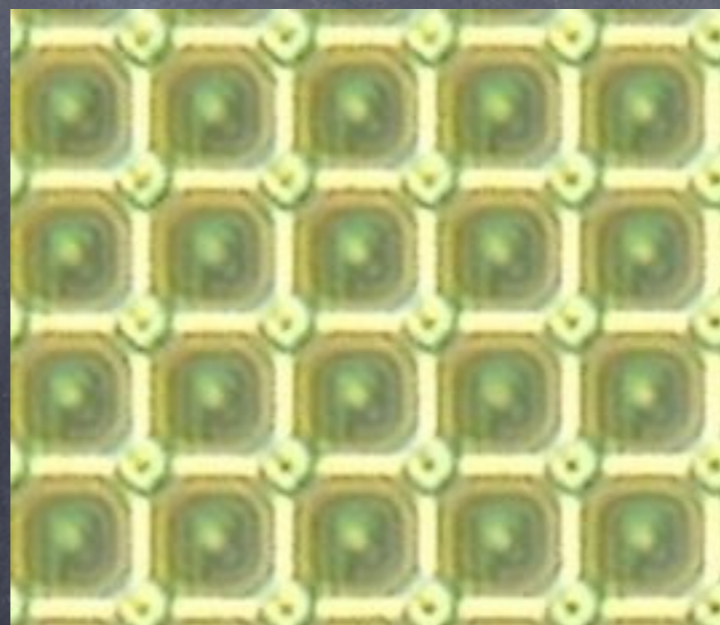
4400pix

クエンチング抵抗がポリシリコンからメタルにかわった

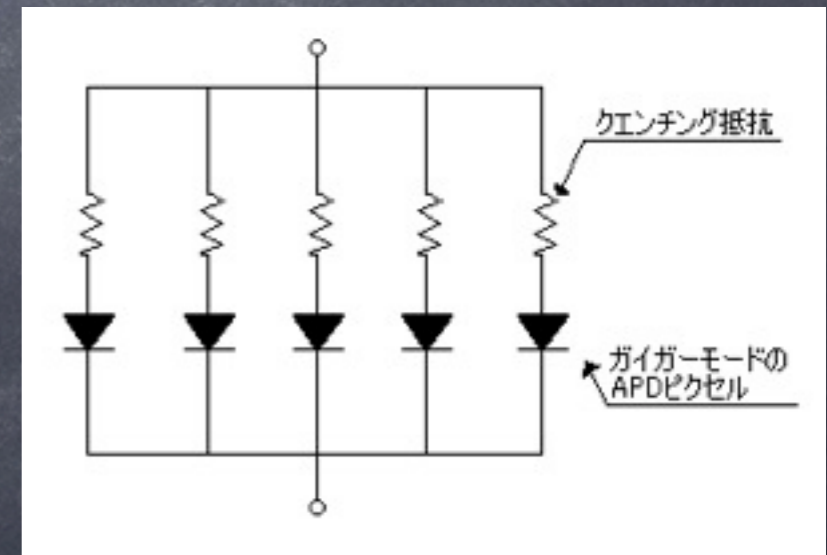
新型



4400pix

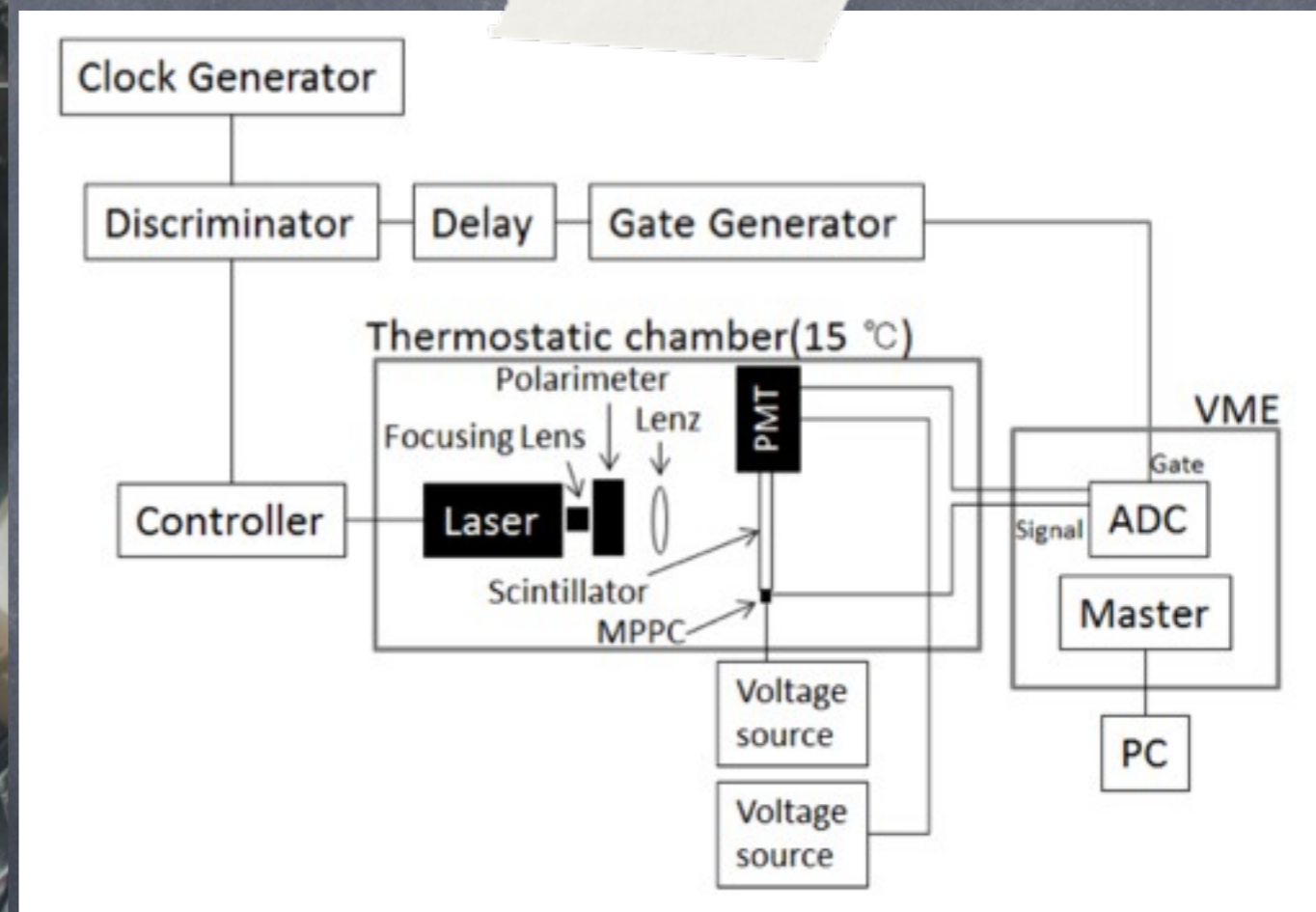
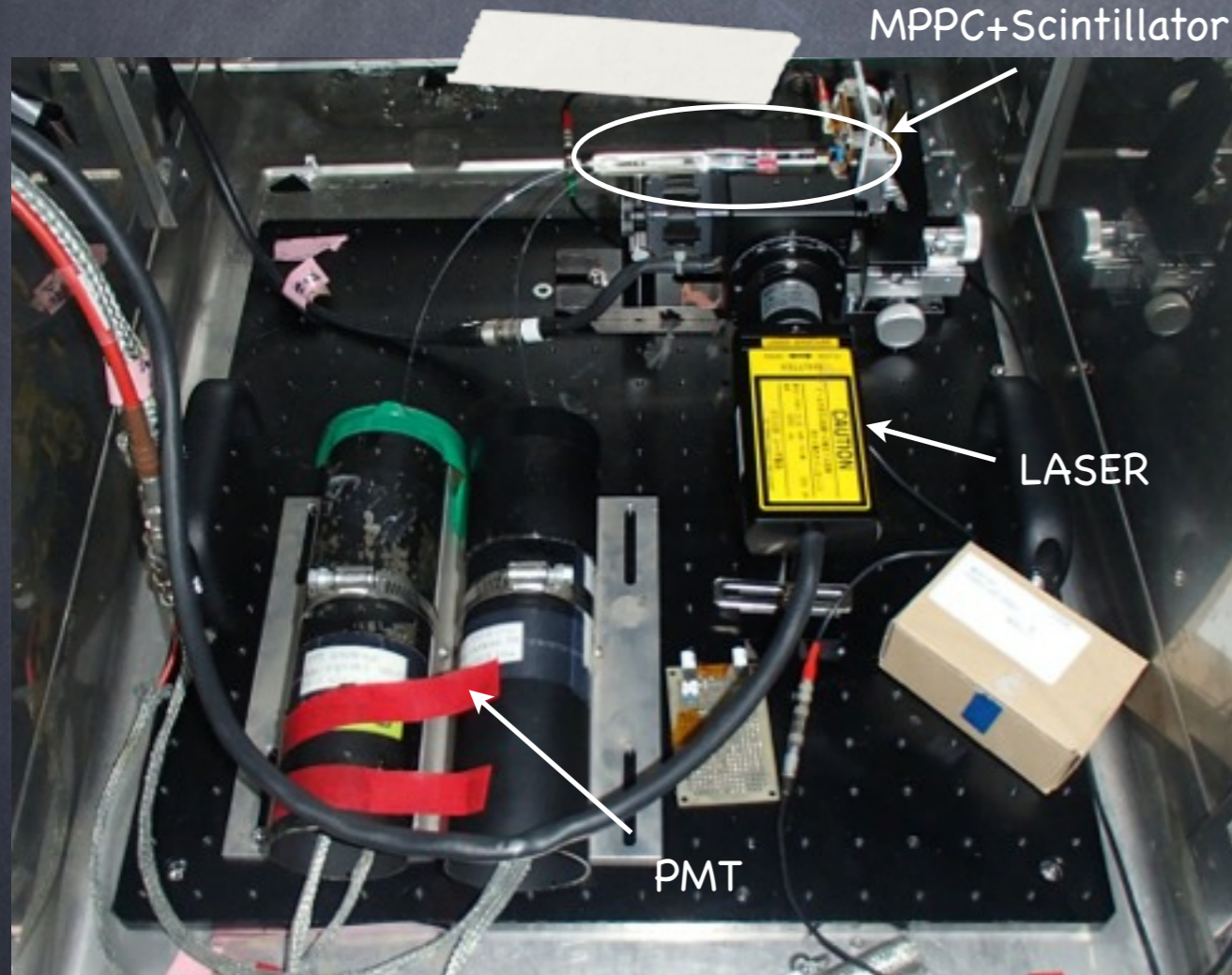


10000pix



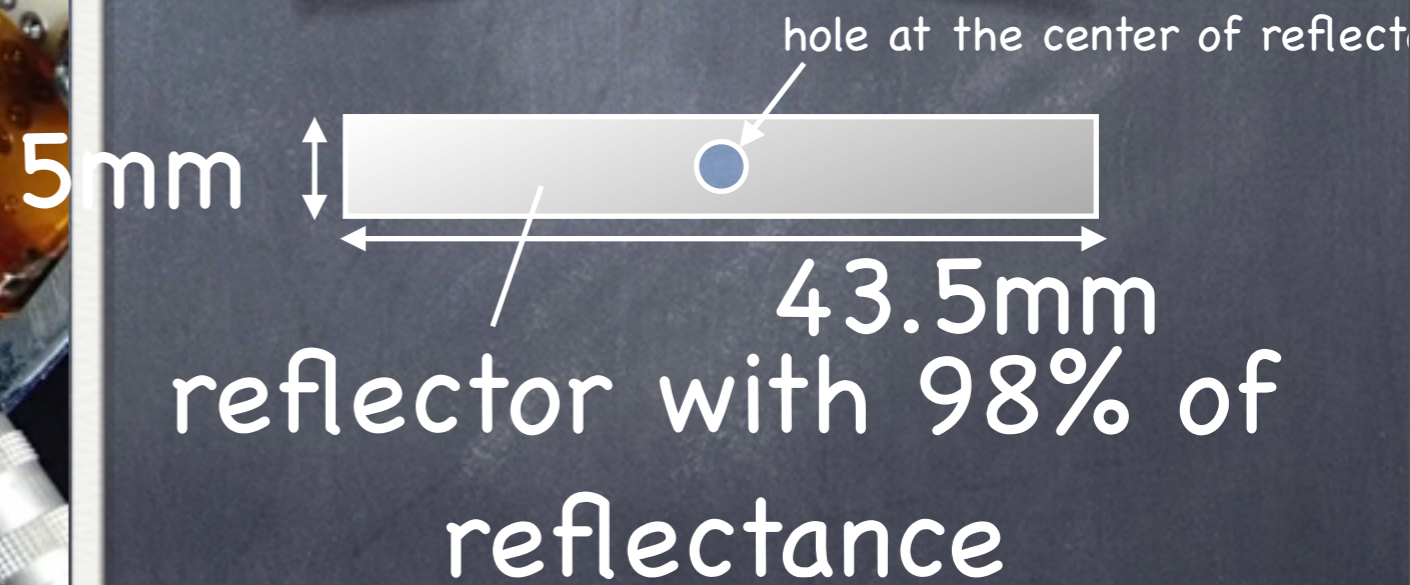
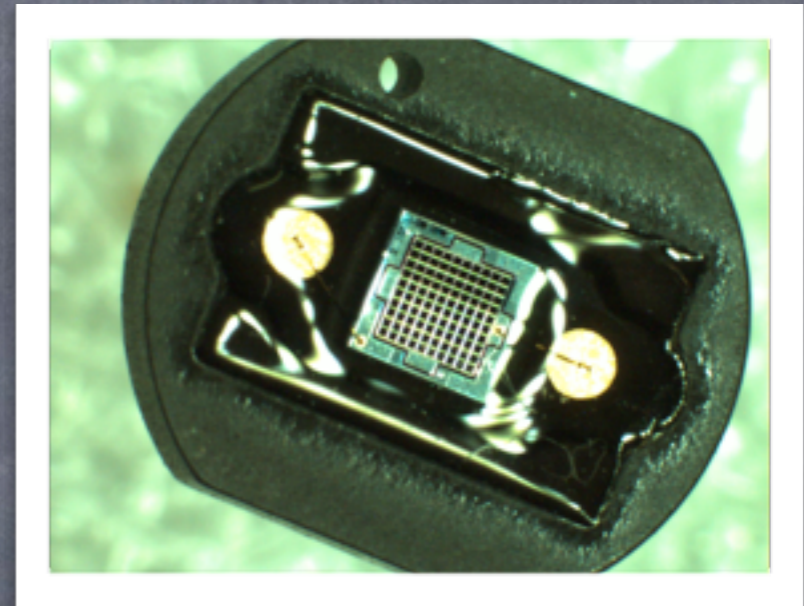
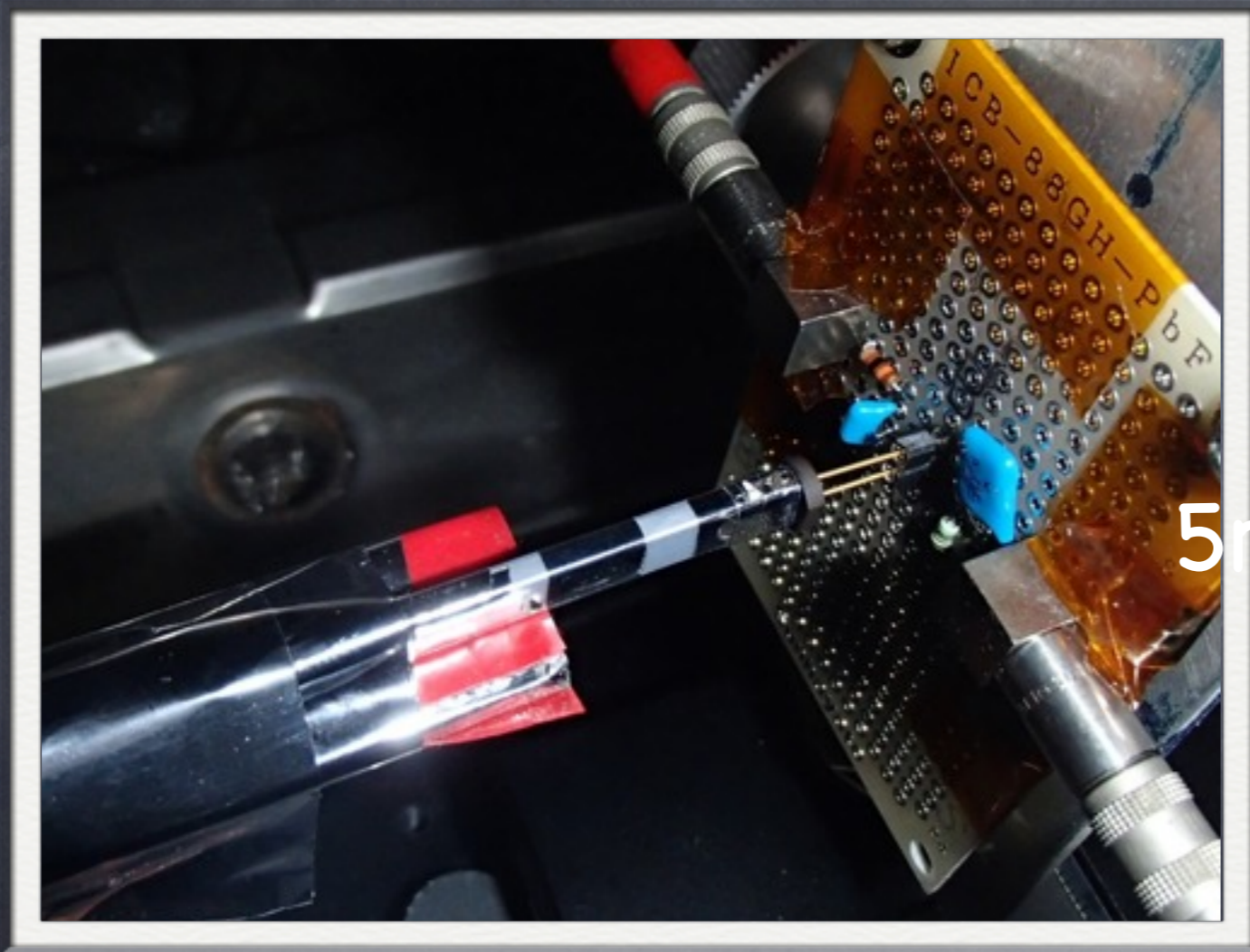
ResponseCurveの測定

SETUP



ResponseCurveの測定

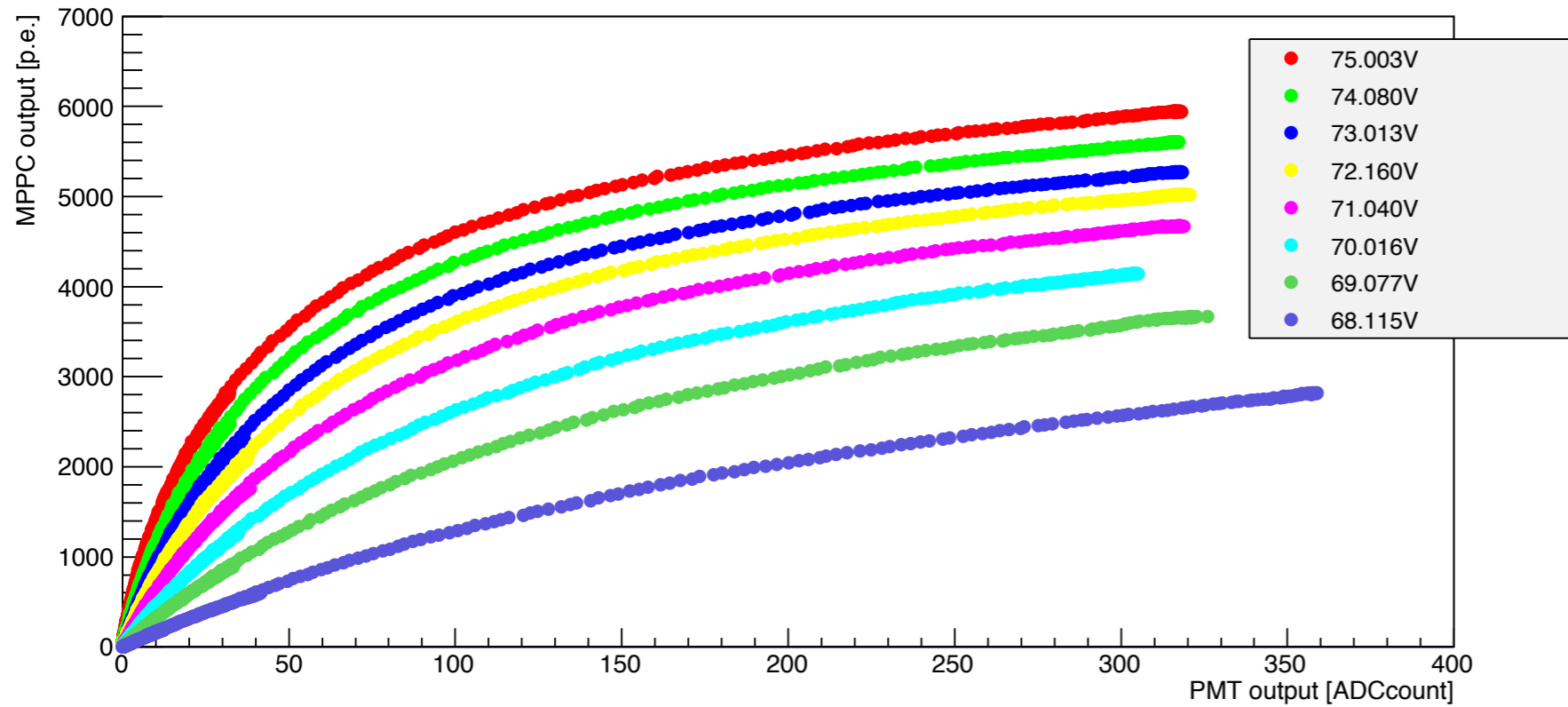
SETUP



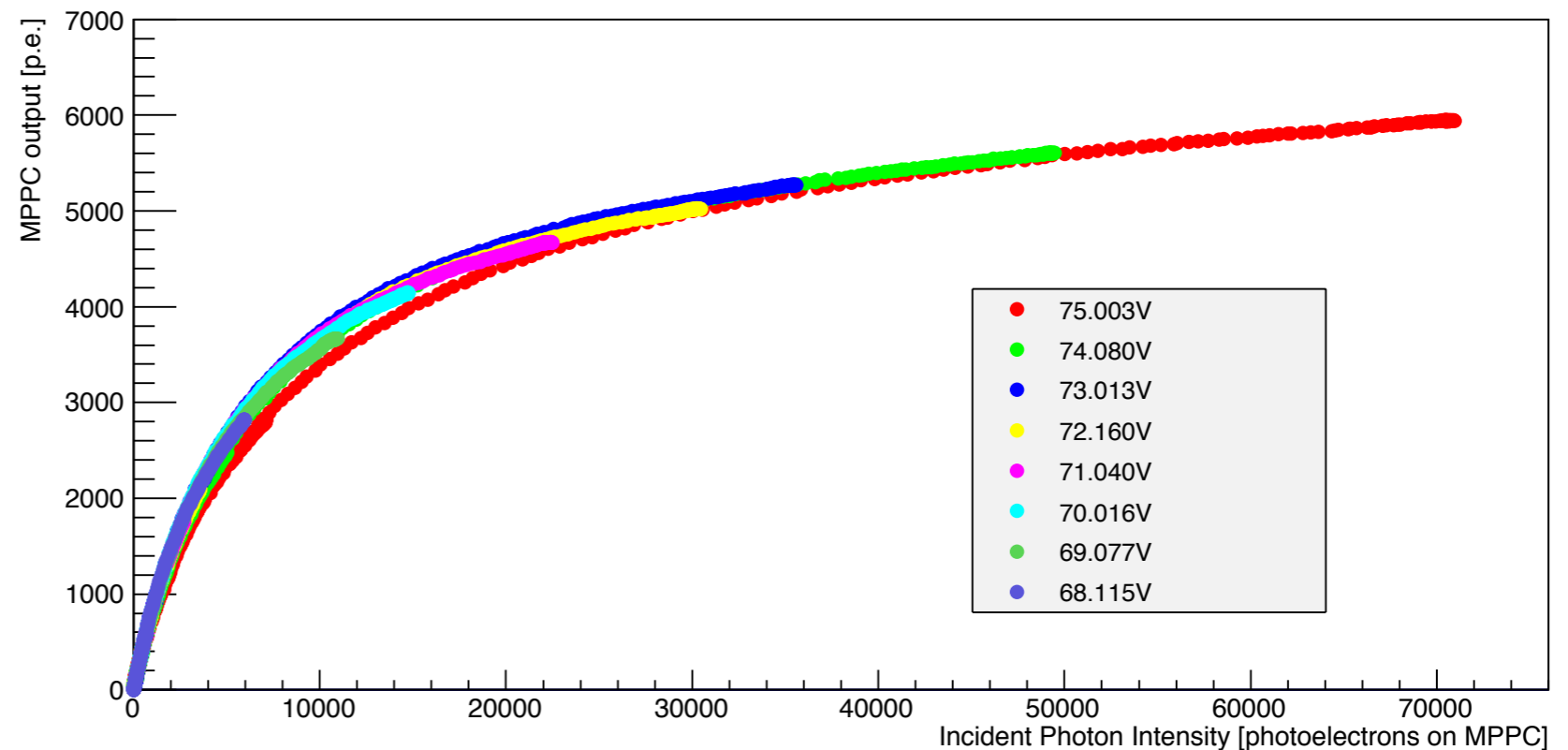
MPPC + scintillator with reflector

10000pixの各電圧の応答特性結果

10000pix_Comparison of RC



10000pix_Comparison of RC



1000p.e.の範囲で理論
曲線の原点における微
分係数が1になるよう
に横軸をスケールした

まとめと展望

- 10000pixの応答曲線を印加電圧が68~75V付近で測定したところ応答曲線が奇麗に重なった



横軸をスケーリングすると単純な飽和現象が

印加電圧によらない事がわかった

- 10000pixは期待していた17000p.e.に遠く及ばない結果になってしまった。光量が足りていないのか？光量は足りているが、縦軸のスケールがおかしいのか？



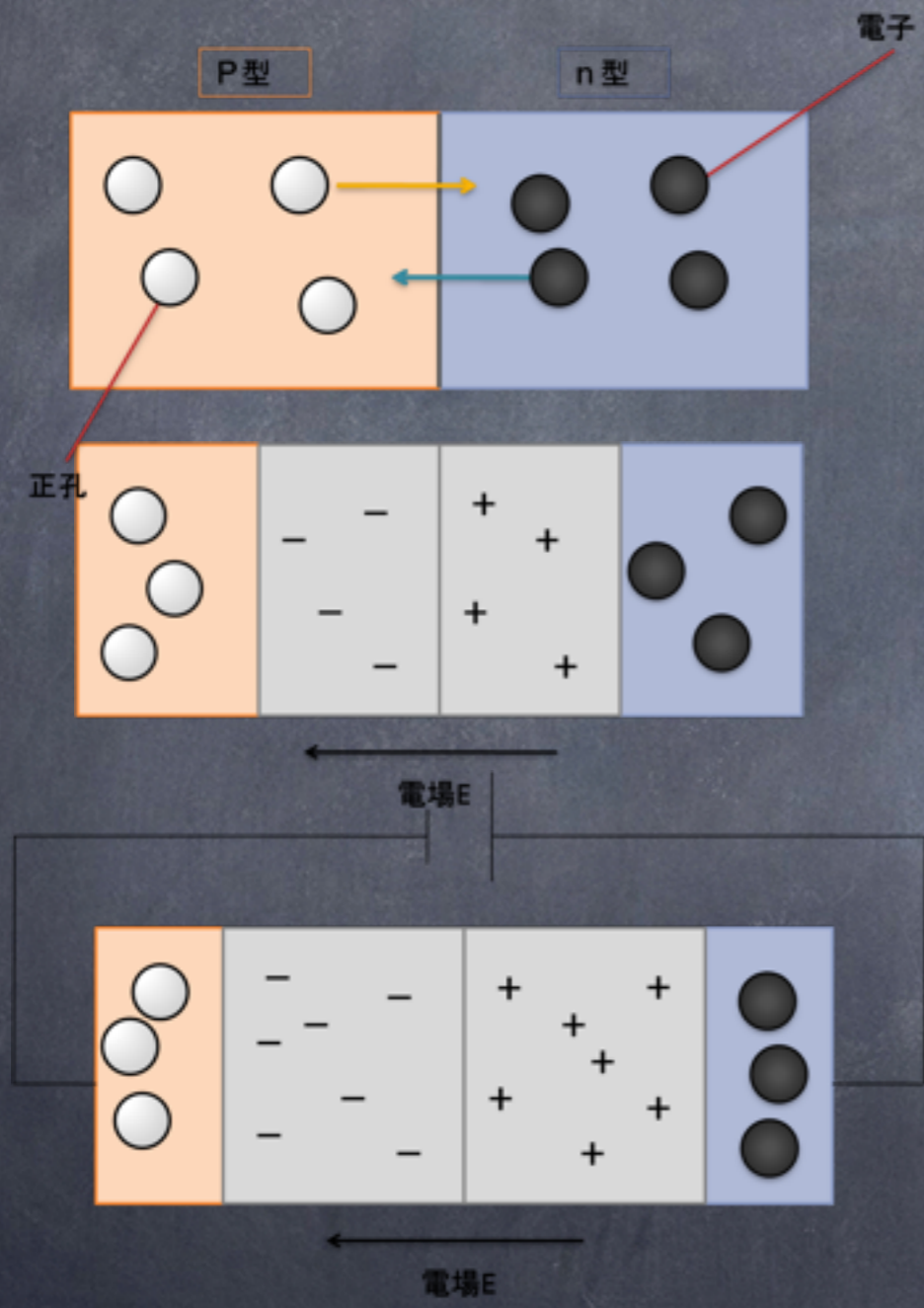
シンチレータを外し、直接測定を行う

システムティックな不確かさを確認する

ご清聴ありがとうございました

BACKUP

PN接合



p型とn型の半導体を接着すると
接合部付近では、伝導電子と正孔が結びつく



接合部近傍にはキャリアがいなくなる



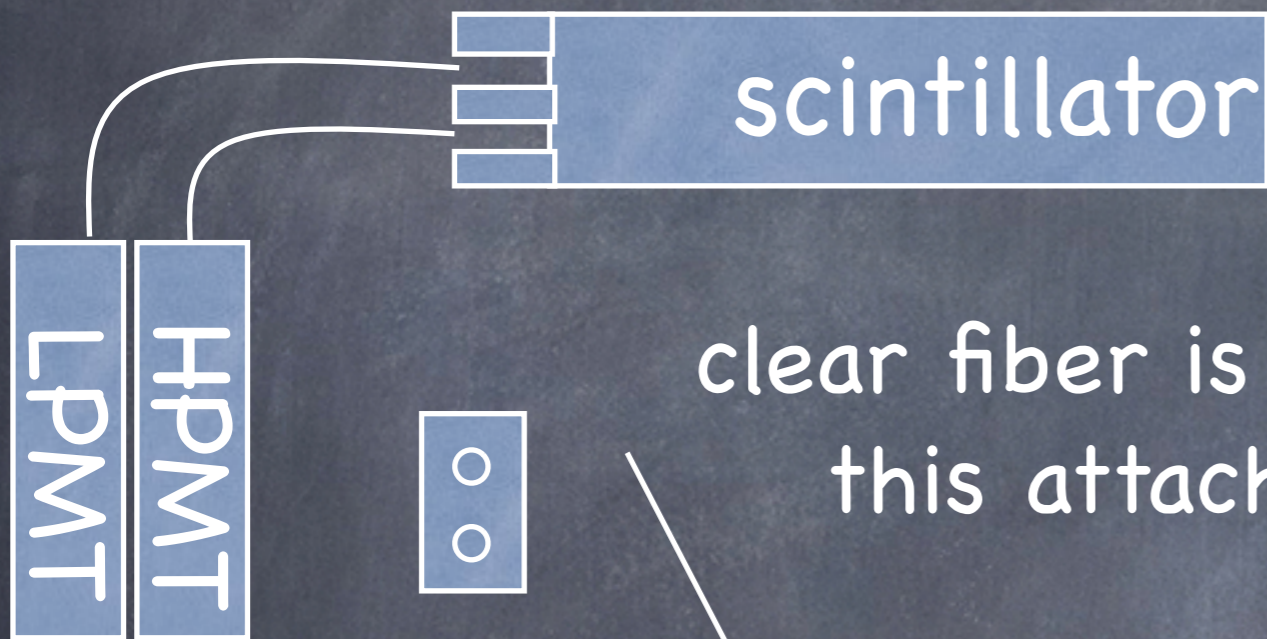
逆バイアスを印加すると、空乏層が増幅



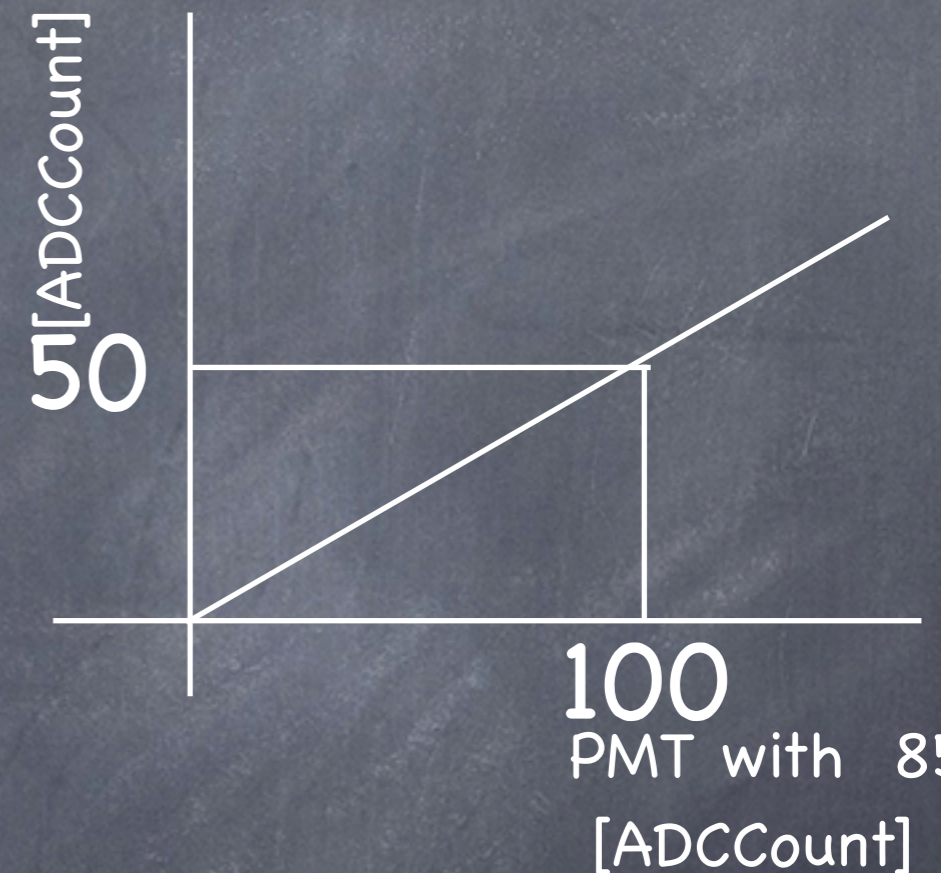
フォトダイオード

Measurement of ResponseCurve

clear fiber

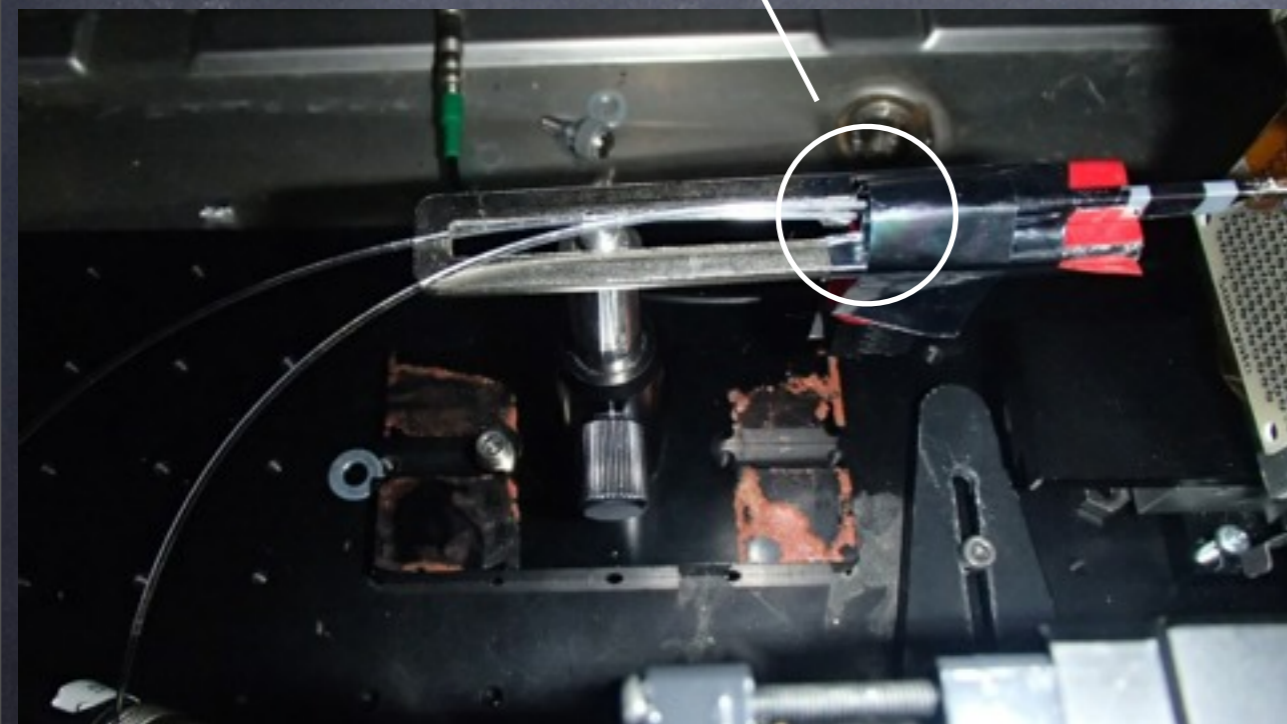


PMT with 750V



PMT Calibration

Output of HPMT $\times 1/2$



光子検出効率(PDE)

$$\varepsilon = QE \times \varepsilon_{\text{geiger}} \times \varepsilon_{\text{geometry}}$$

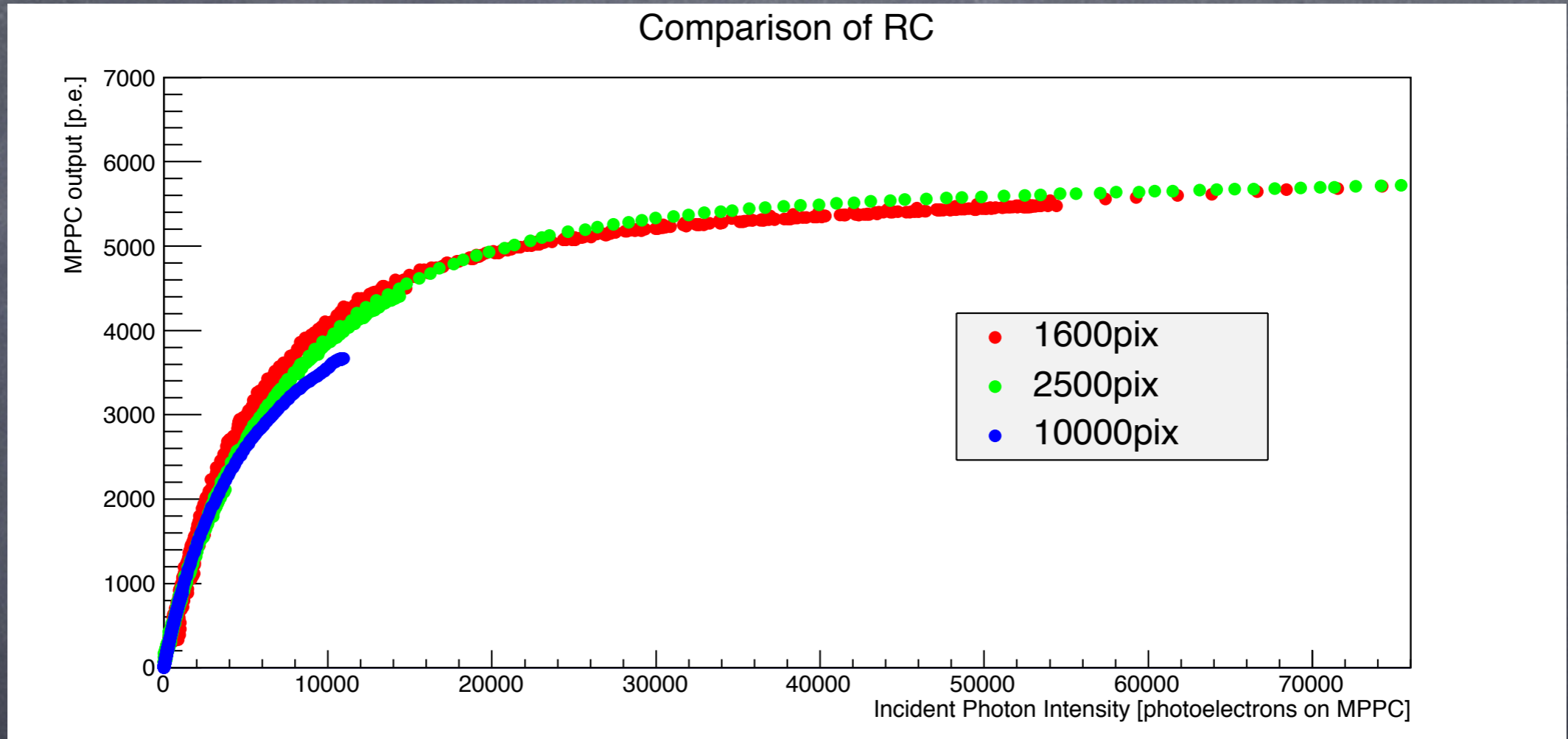
QE: 単一光子に対して電子と正孔の対生成の確率

$\varepsilon_{\text{geiger}}$: 単一光子が電子雪崩を起こす確率

$\varepsilon_{\text{geometry}}$: 単一光子に対して感度のある有効面積

新型MPPPCの応答曲線比較

~69V



理論曲線

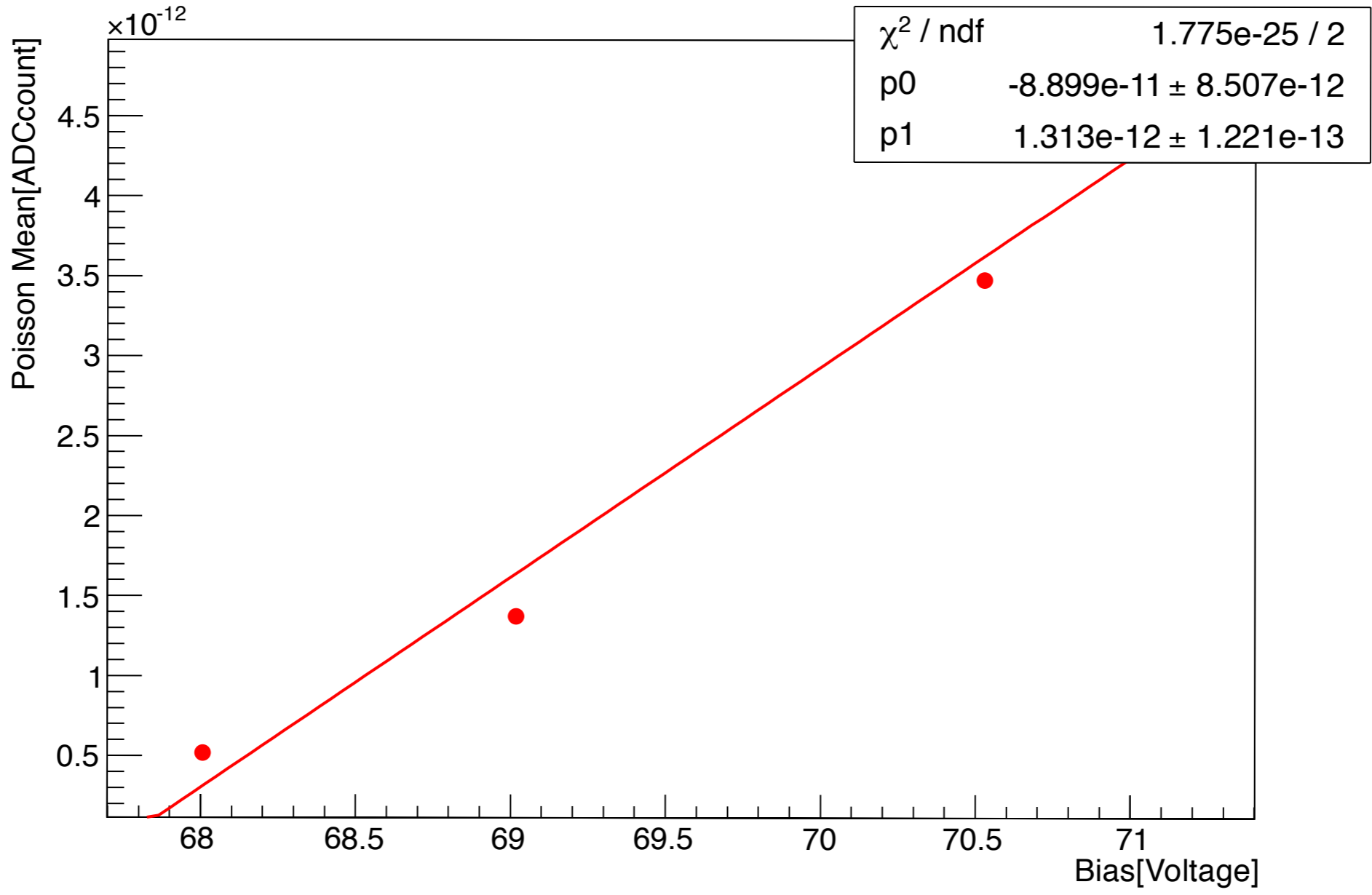
$$N_{fired} = N_{pix} (1 - e^{-N_{p.e.}/N_{pix}})$$

N_{fired} : 信号を出力したピクセル数

$N_{p.e.}$: 光電子数

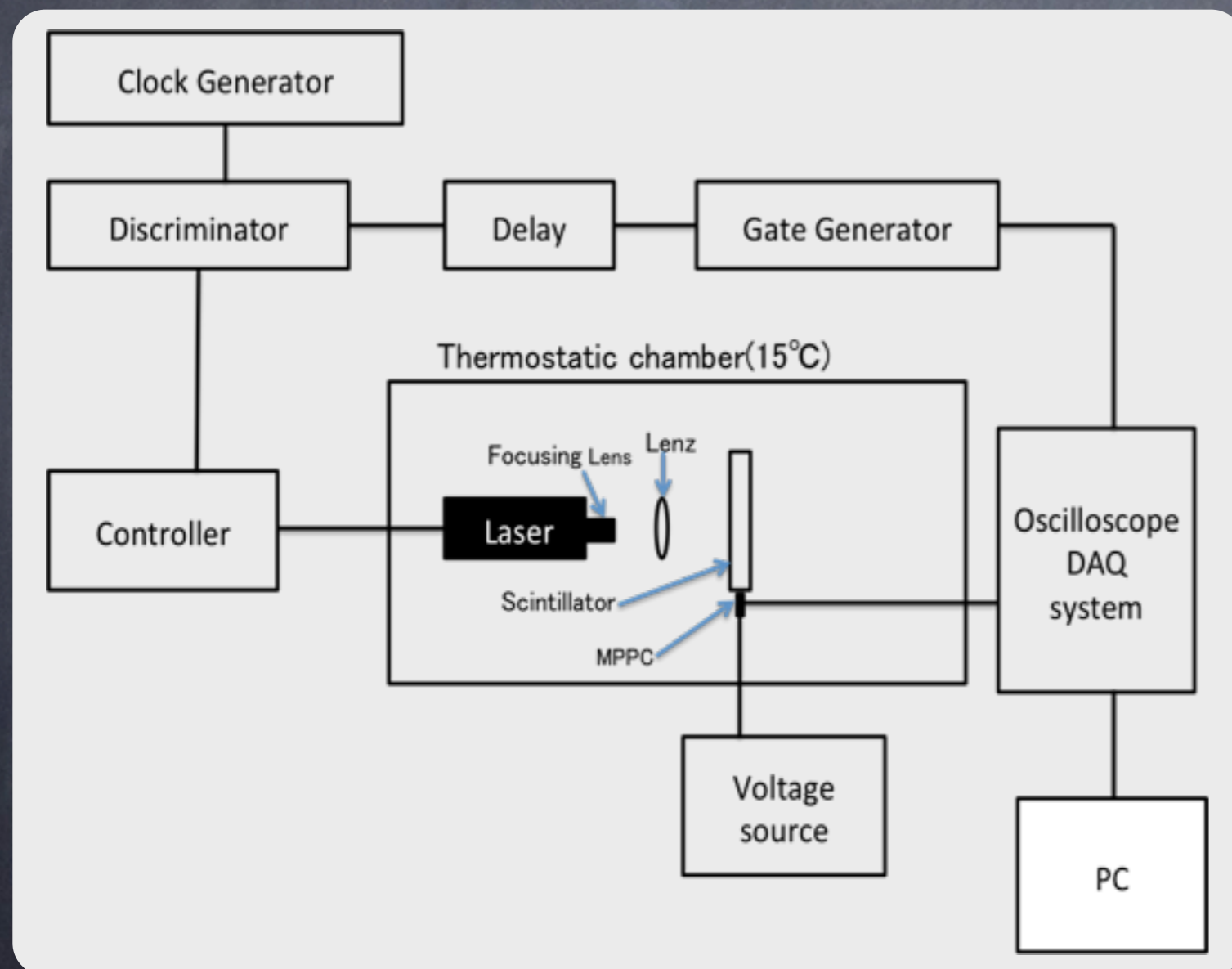
N_{pix} : センサー上に配置されたピクセル数

PDE of 10000pix



Gain Curveの測定

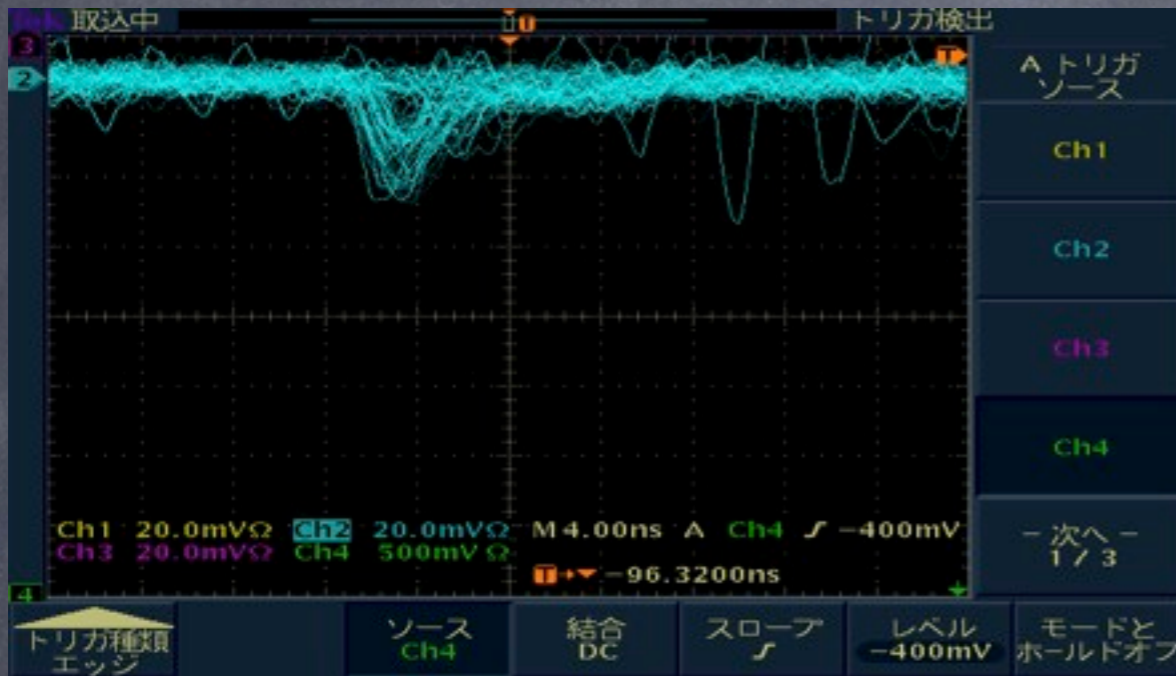
SETUP



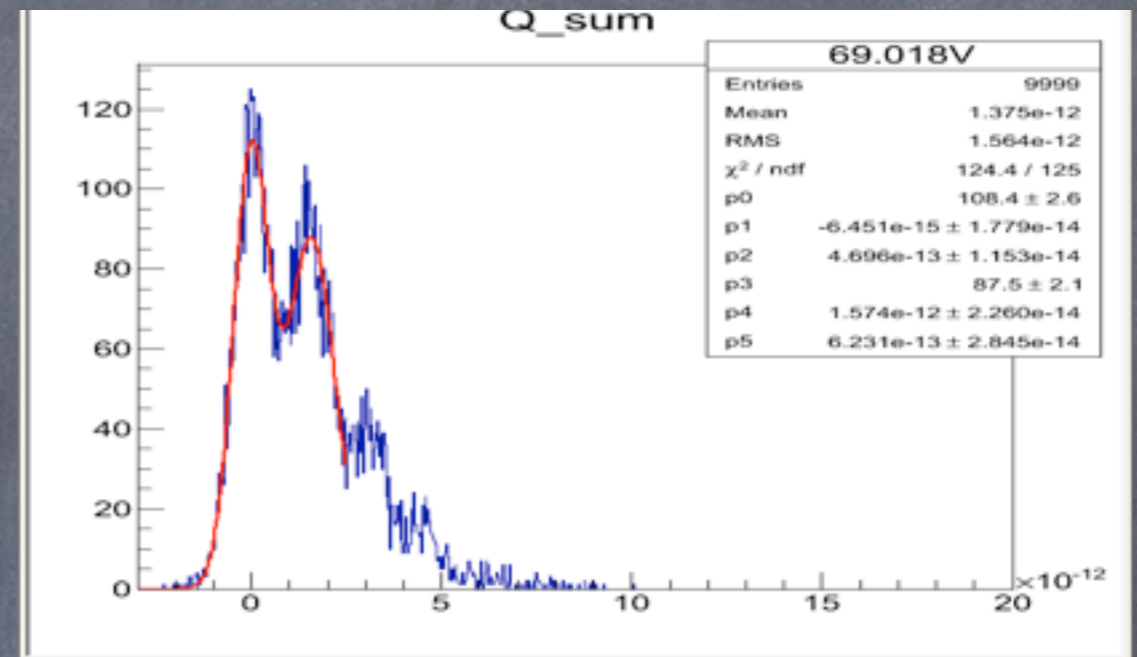
• the less incident ray volume is ,
the less after pulse and crosstalk
is .

→we use Pedestal and Single
Photo-electron peak in this time.
the signal of signal-photo-electron
is
too small to measure.
so, we use Hamamatsu photonics's
AMP

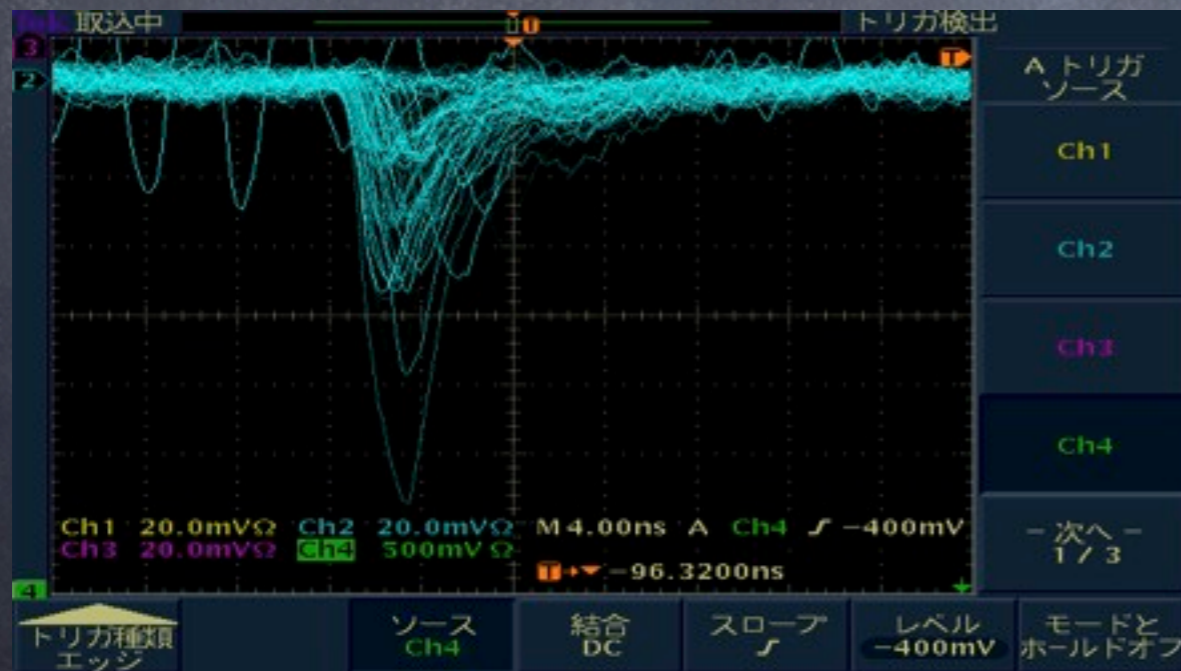
single photo electron



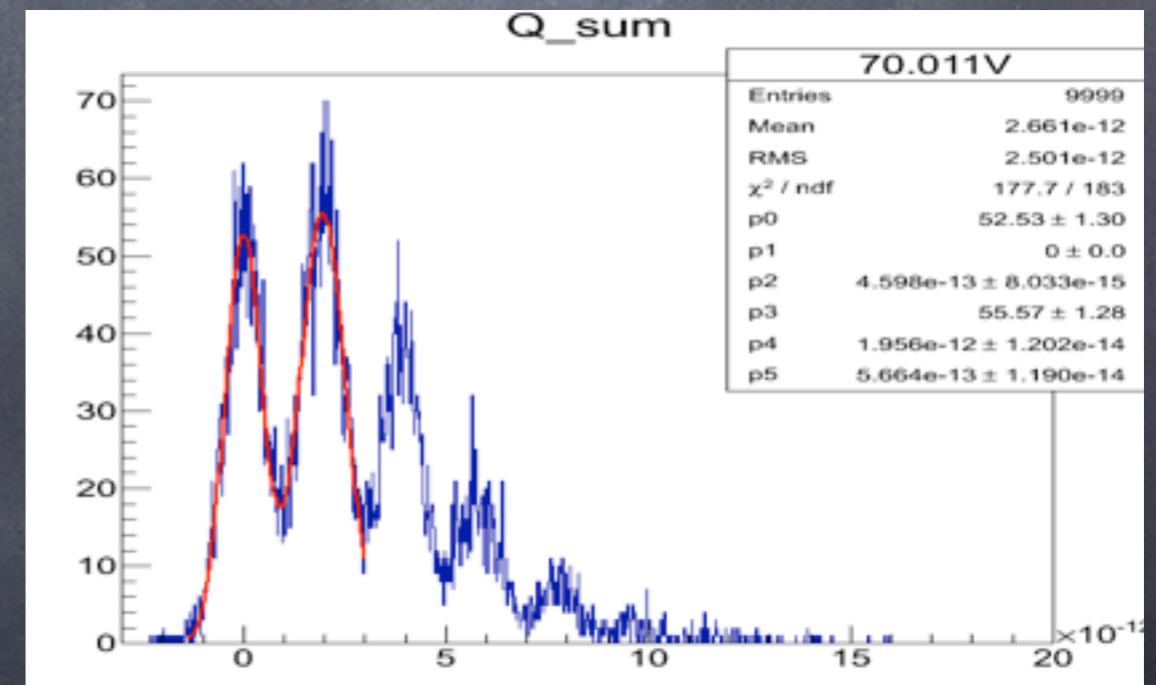
69.018V



69.018V

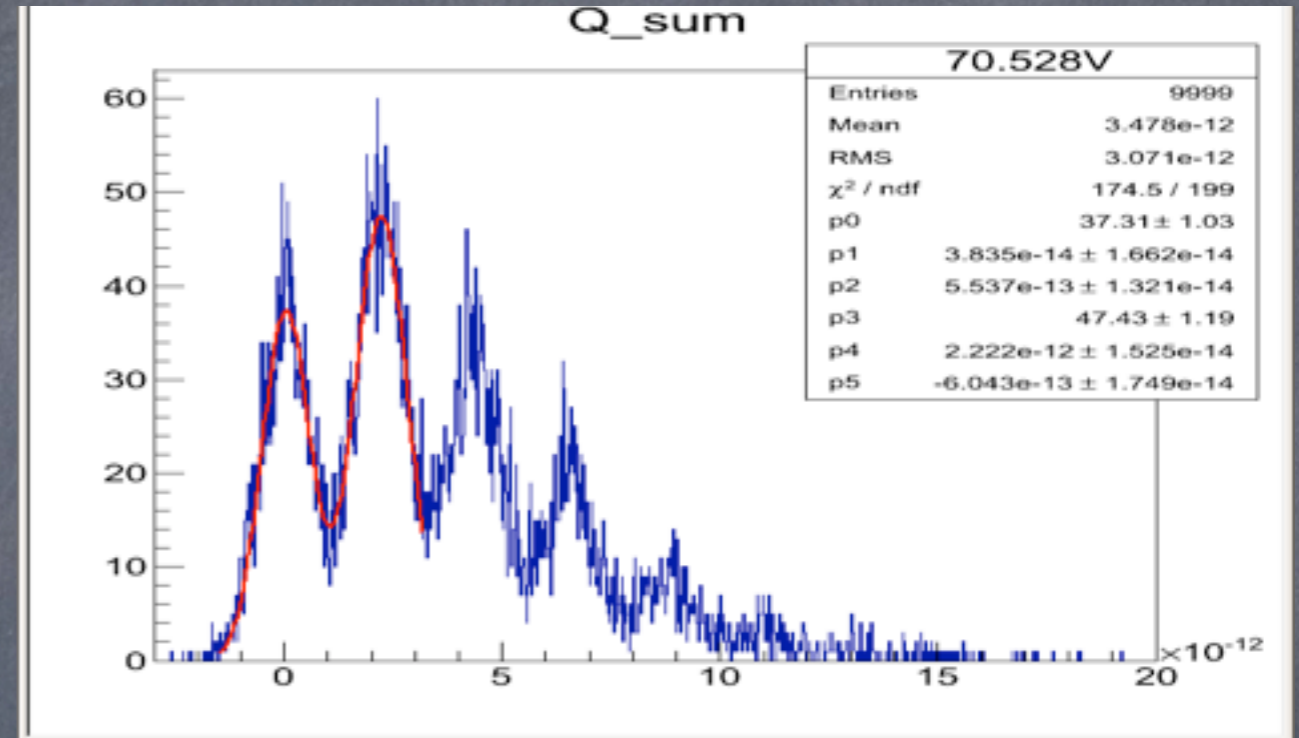


70.011V

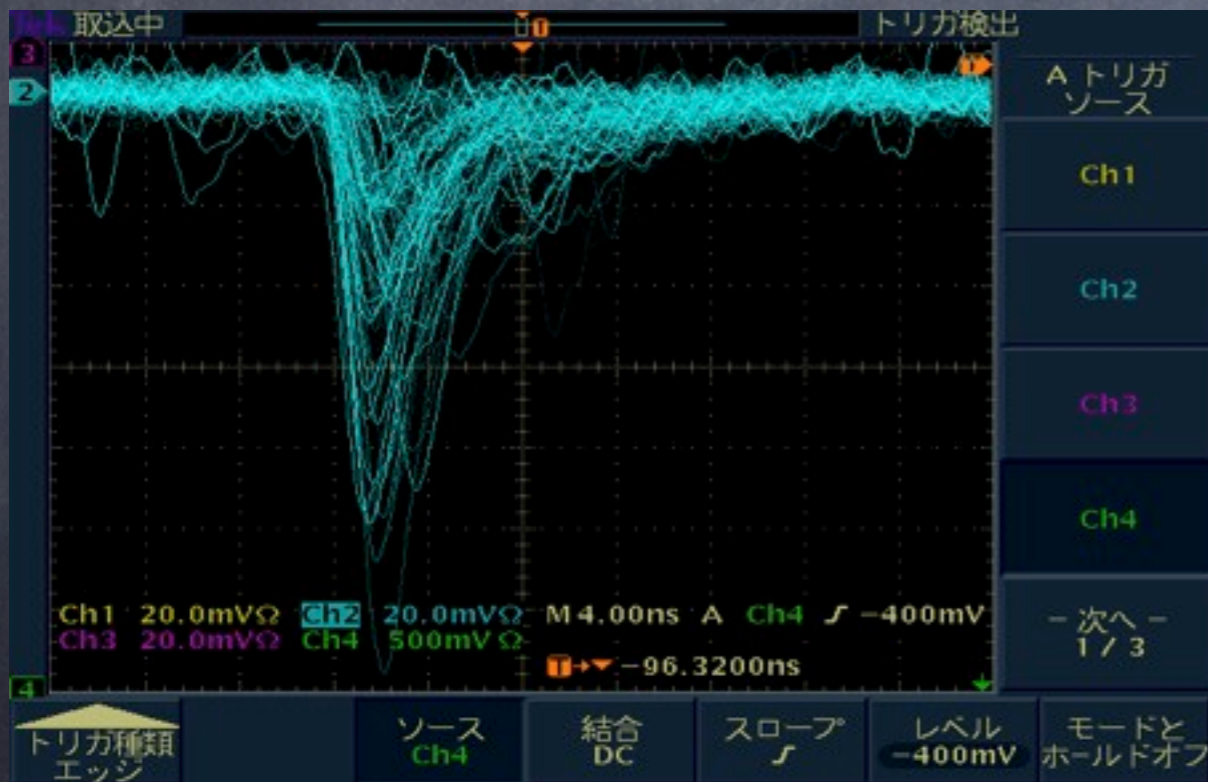


70.111V

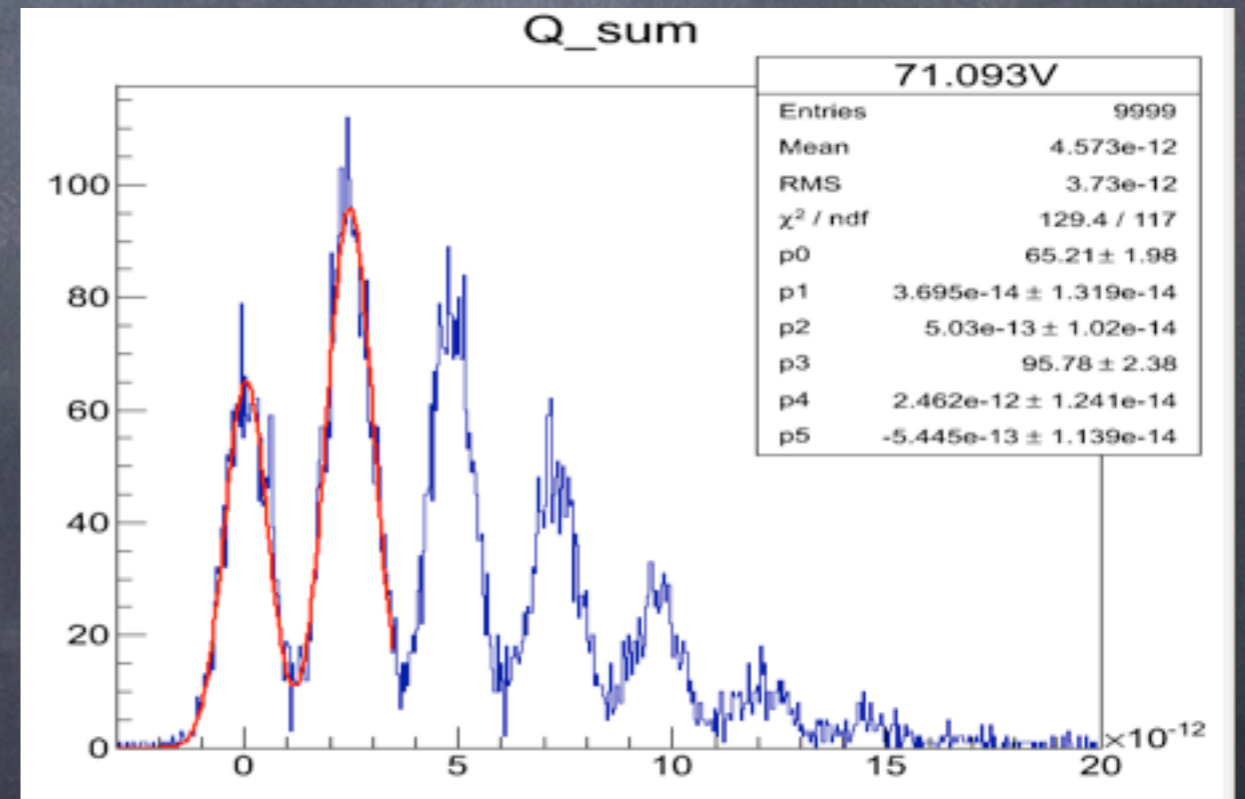
single photo electron



70.528V



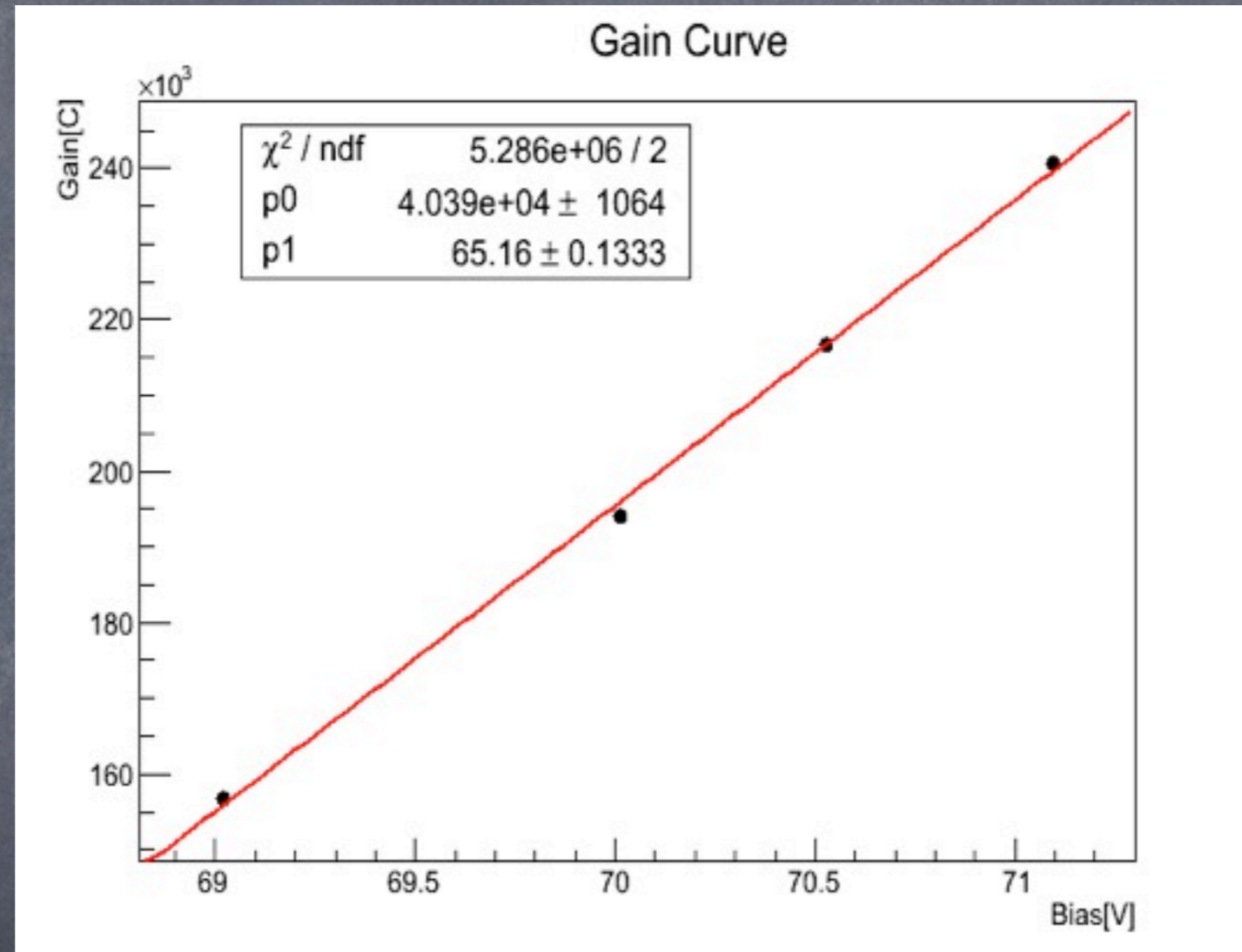
71.093V



71.093V

Gain Curve

10000pix

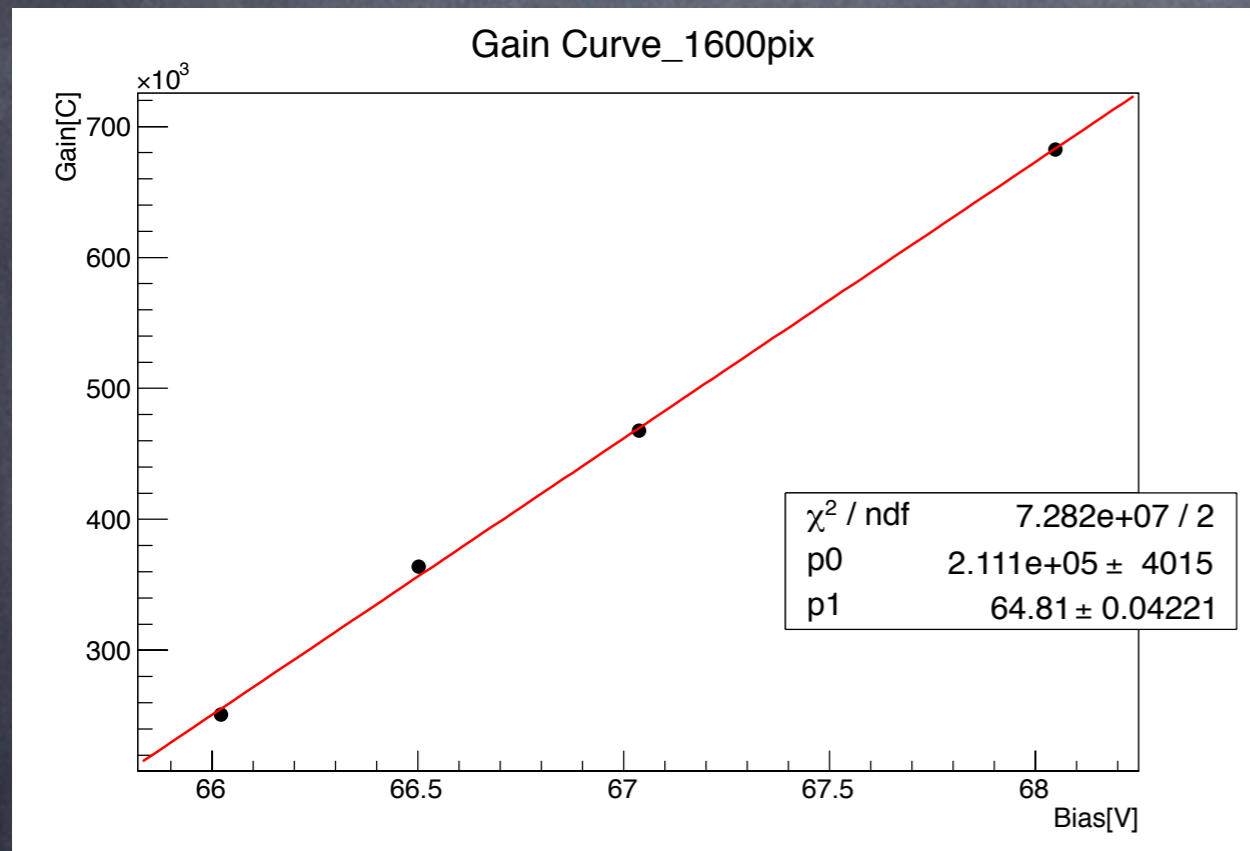


Bias[V]	Gain $\times 10^5$ [C]
71.093	2.406
70.528	2.166
70.011	1.941
69.018	1.568

65.16 ± 0.1333 [V]

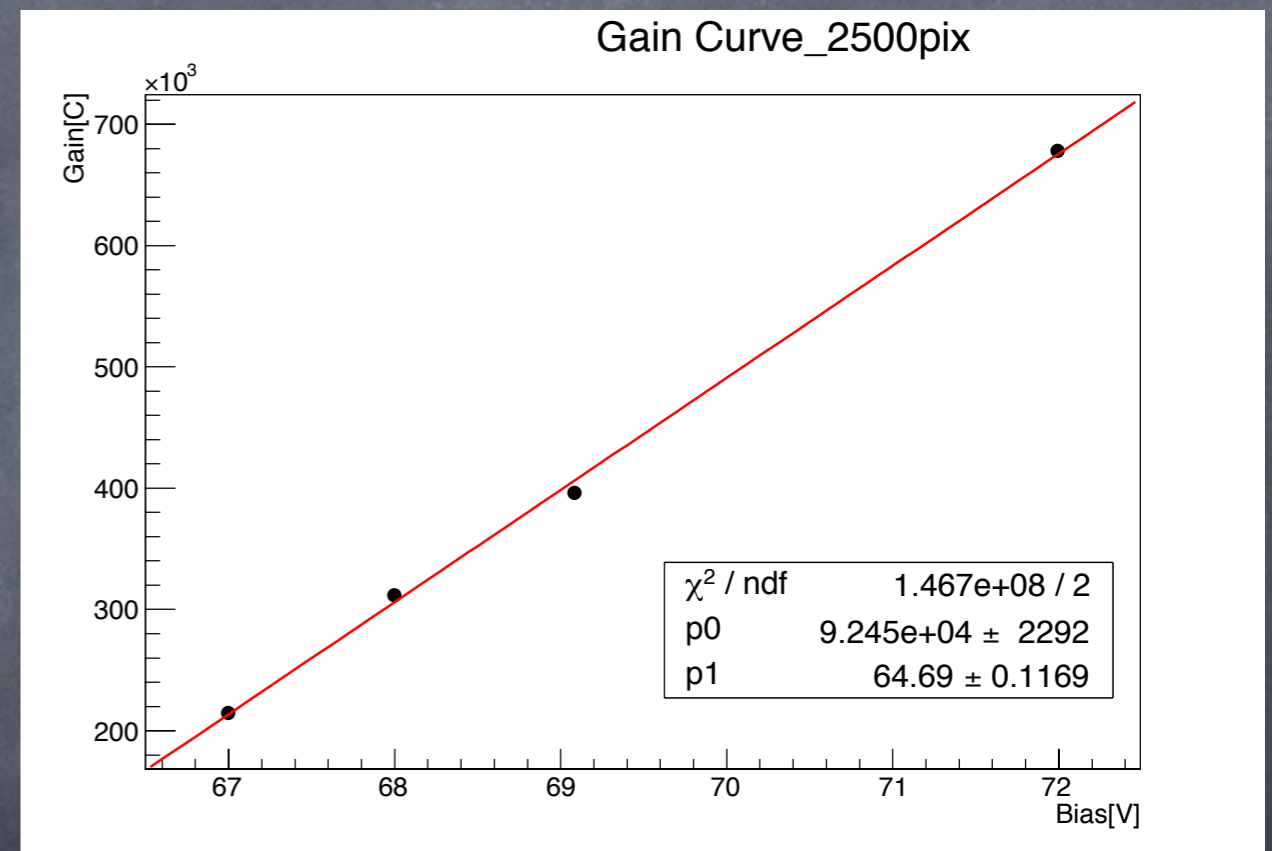
Gain Curve

1600pix



$64.81 \pm 0.04221 [V]$

2500pix



$64.69 \pm 0.1169 [V]$