

久野研・山中研 年末合同発表会

2007/12/25

COMET実験のための ガスシンチレーション光測定

久野研究室 4回

伊藤尚祐

中堂園尚幸

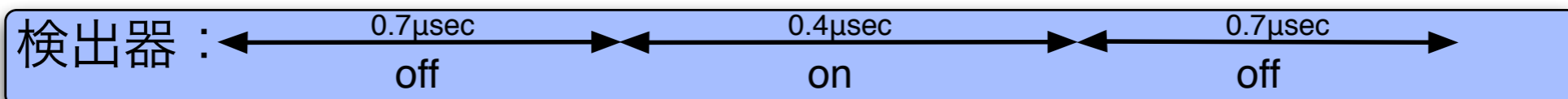
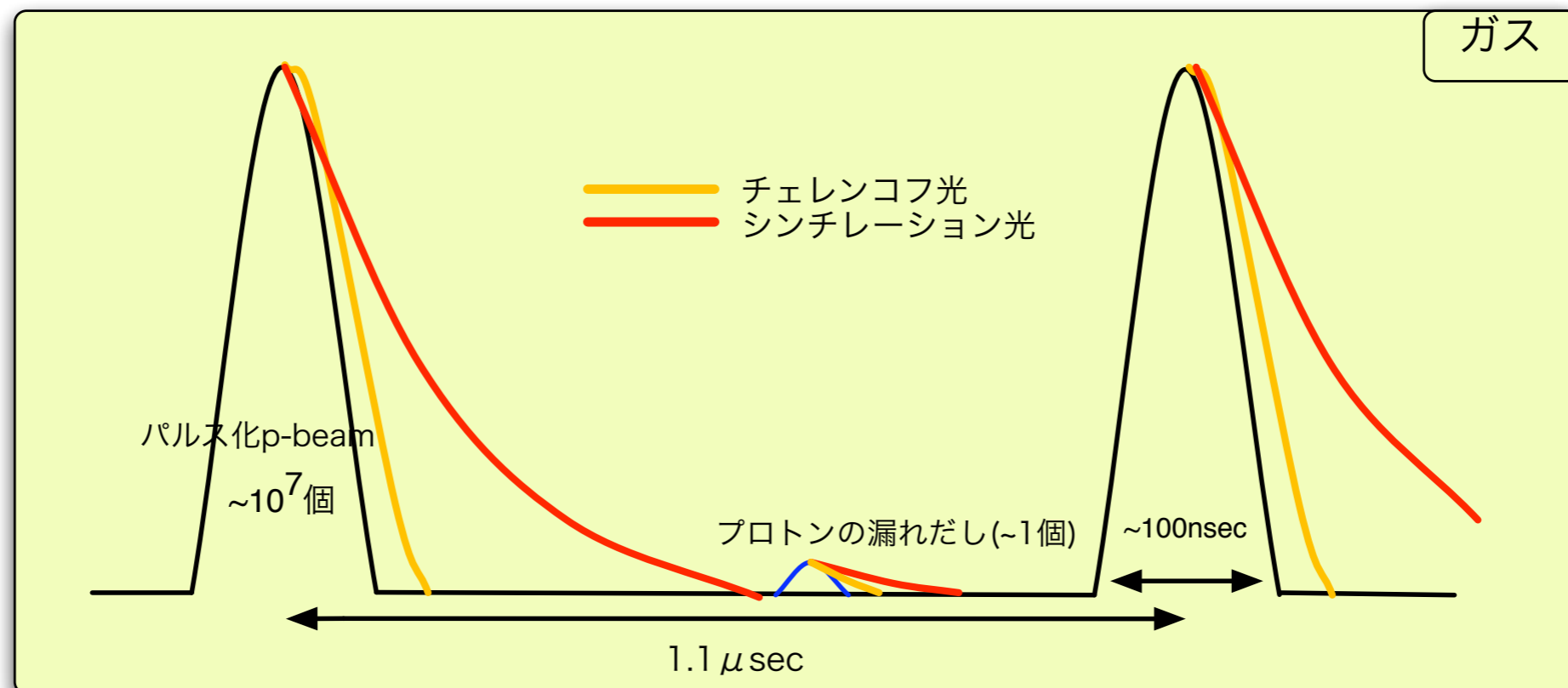
目次

- 実験の背景
- ガスシンチレーション光測定に向けて
 - 実験の概要
 - PINフォトダイオード
 - PMT
 - 現状
- まとめと今後

実験の背景

実験の背景—Extinction Monitor

- μ -e conversion を探索するCOMET実験では、入射部でパルス化したp-beamを用いる
- プロトンの漏れだしをチェックするためにガスケレンコフカウンターを用いた、Extinction(消滅) Monitorを導入し、 $<10^{-9}$ を目指す
- その際、ガスのシンチレーション光が問題となるので、ガスの選定が重要となる



実験の背景—Extinction Monitor

- ガスの選定

- チェレンコフ光を出す（高圧にしても液化しない）
- シンチレーション光を出さない

→現在、**SF6** と **エタン** を候補としている

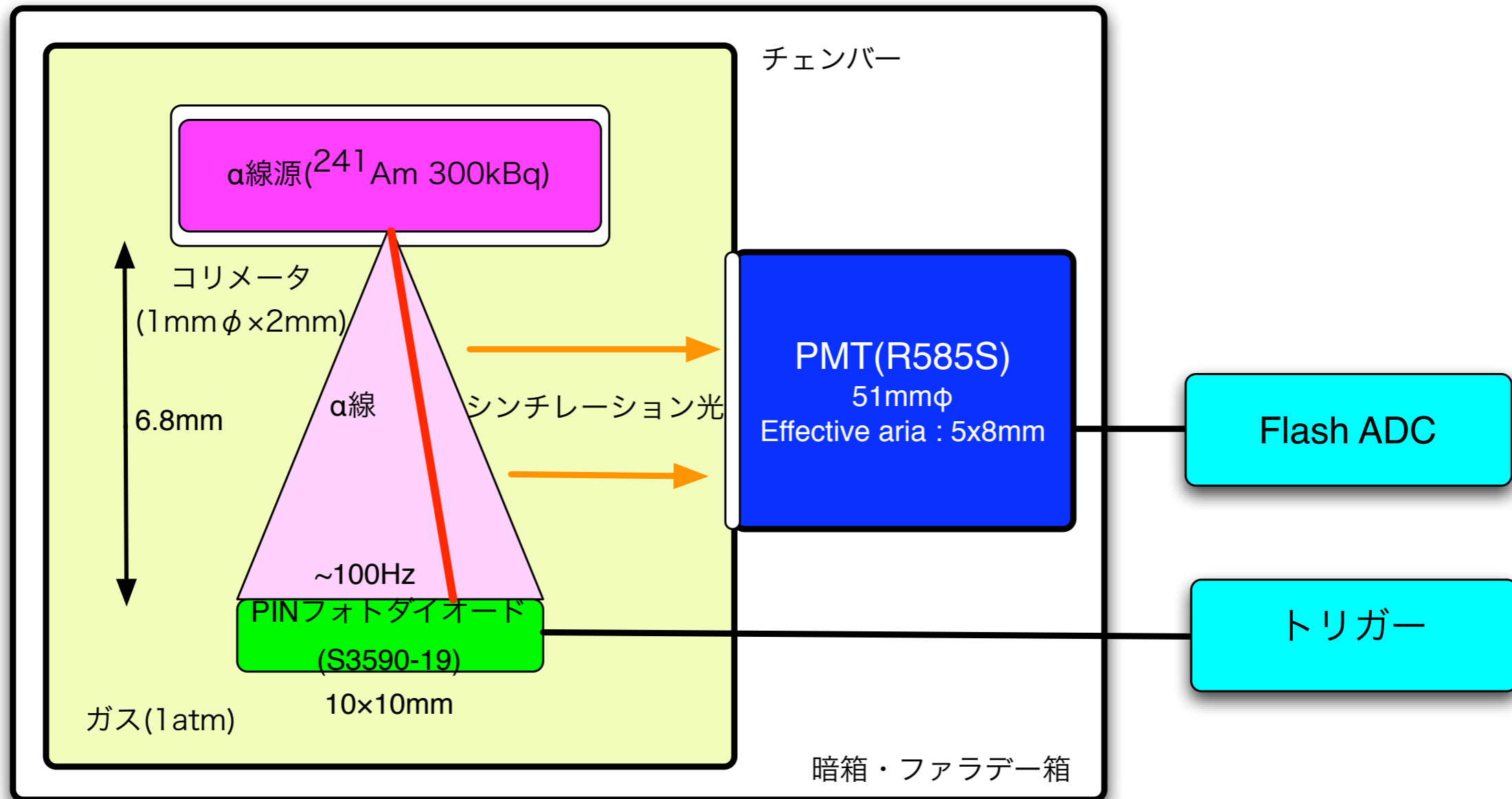
→これらのガスのシンチレーション光についてのデータがない!

→**シンチレーション光測定が必要**

シンチレーション光測定にむけて

- 実験の概要
- PINフォトダイオード
- PMT
- 現状

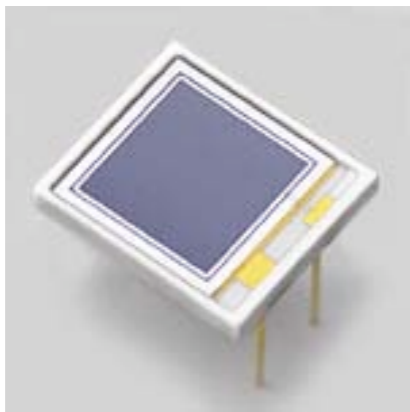
シンチレーション光測定—概要



<使用する装置のポイント>

- ・ PINフォトダイオード…トリガーとしての機能を果たすか
- ・ PMT…シンチレーション光 (数～数10photon) を捕らえられるか

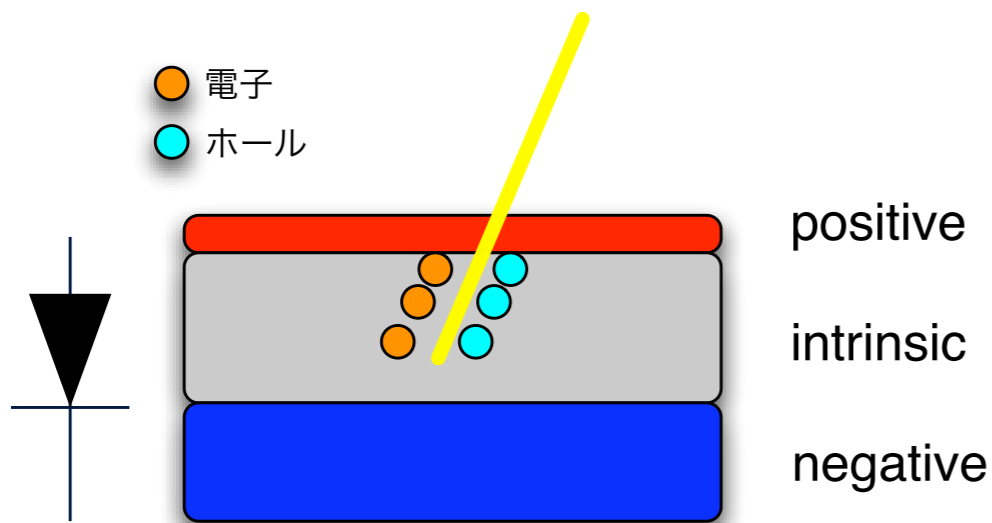
シンチレーション光測定に向けて



S3590-19(HAMAMATSU)
~10×10mm

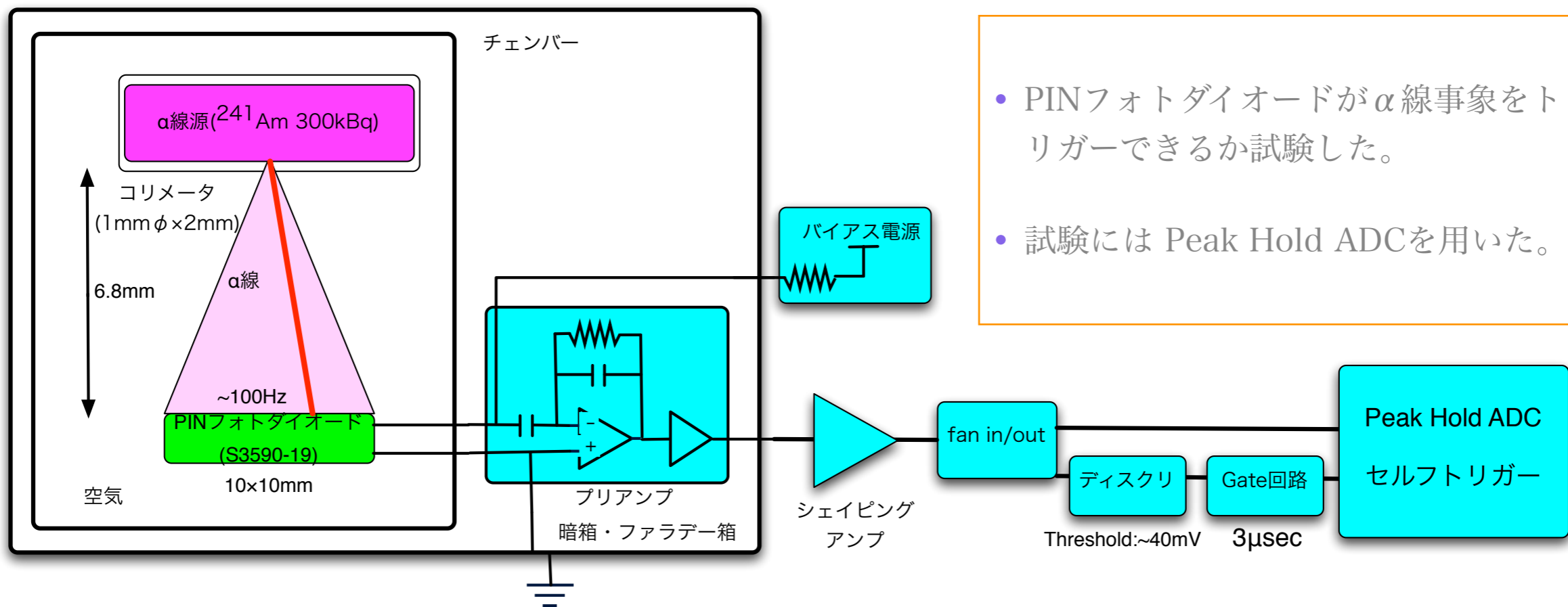
- 実験の概要
- PINフォトダイオード
- PMT
- 現状

PINフォトダイオードの試験



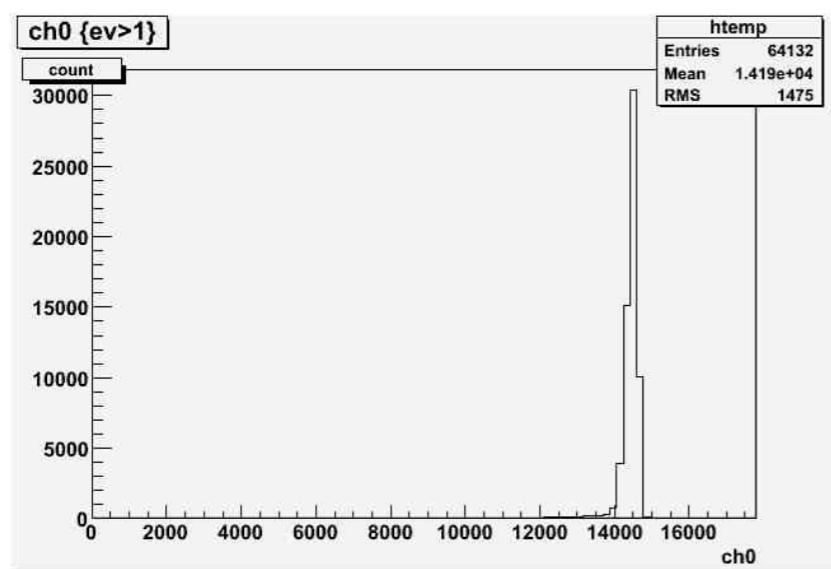
PINフォトダイオードの模式図

逆バイアスがかかることで空乏層が広がる。エネルギーを持った粒子が入ると、電子-正孔対が生成され、シグナルとなる。



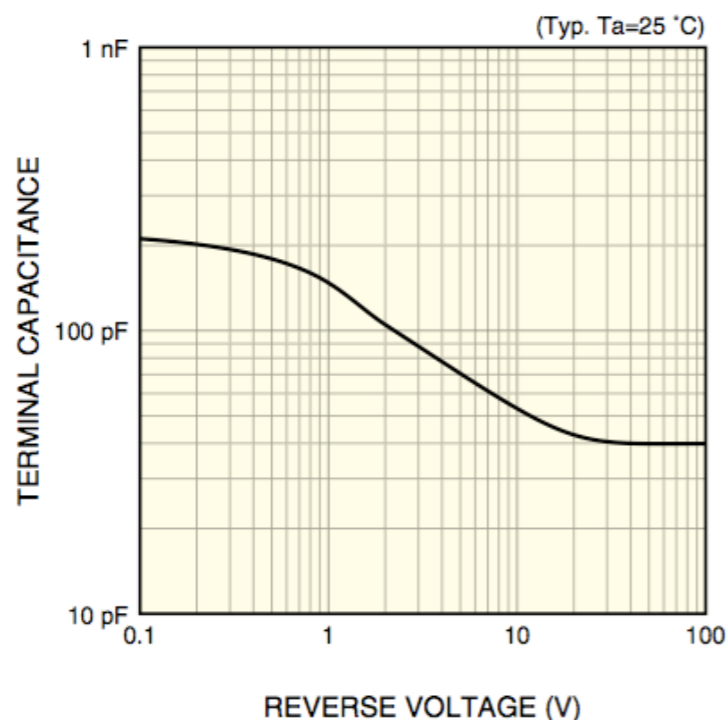
- PINフォトダイオードがα線事象をトリガーできるか試験した。
- 試験には Peak Hold ADCを用いた。

PINフォトダイオードの試験

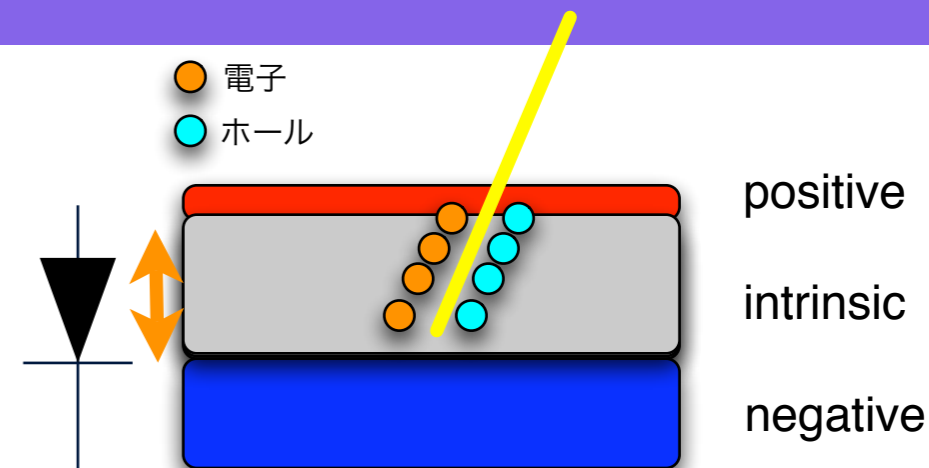


α線のスペクトル(Peak Hold ADC)

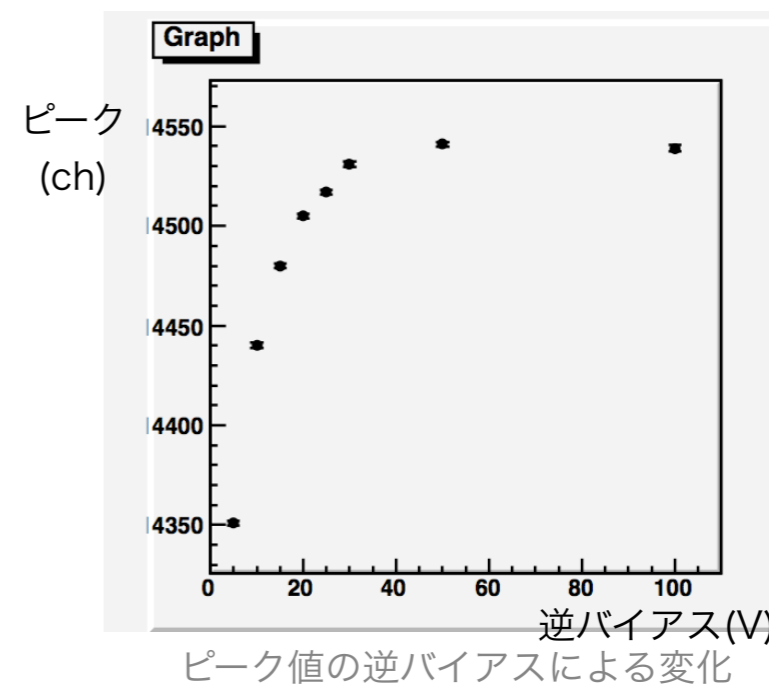
逆バイアスを変えると空乏層の広がりが変わる



逆バイアスによるキャパシタンスの変化(仕様書より)



→上の不感層が狭くなる
→α線が空乏層で落とすエネルギーが大きくなる

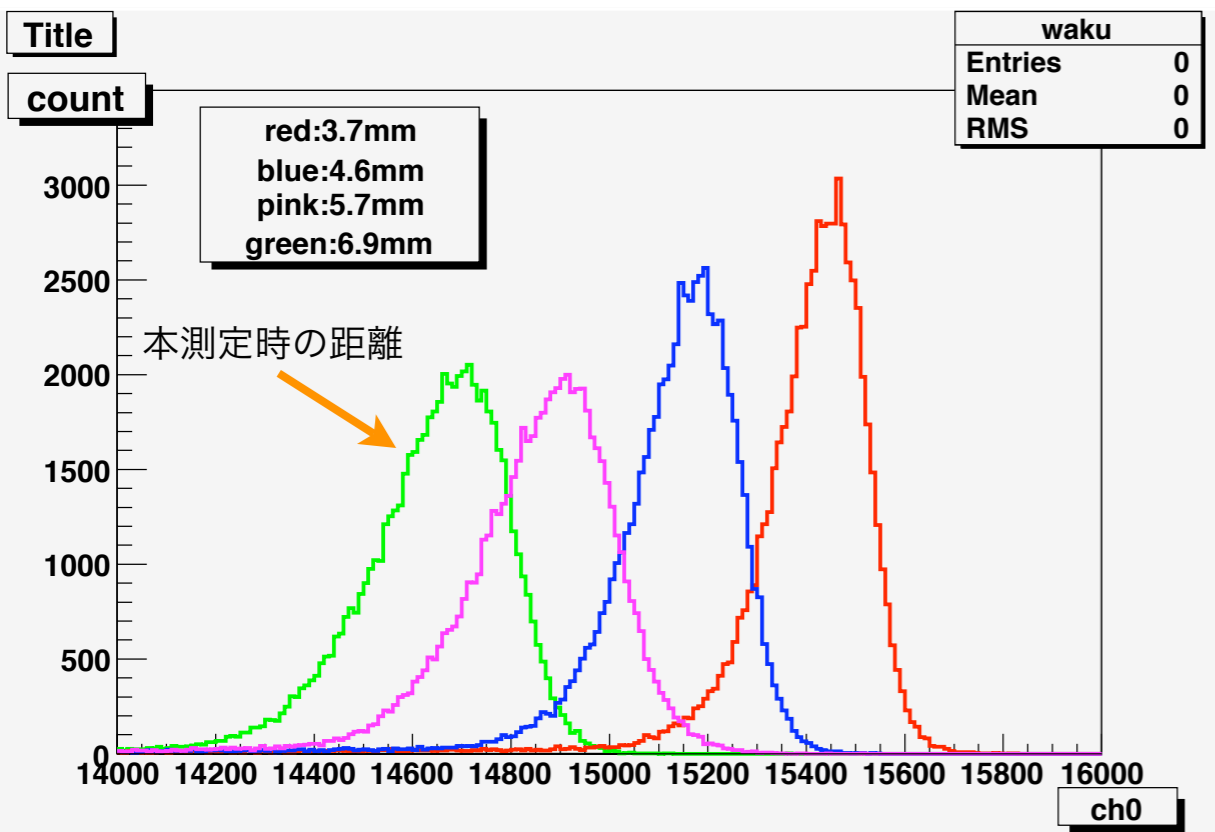


逆バイアスは40Vで使用することに決定

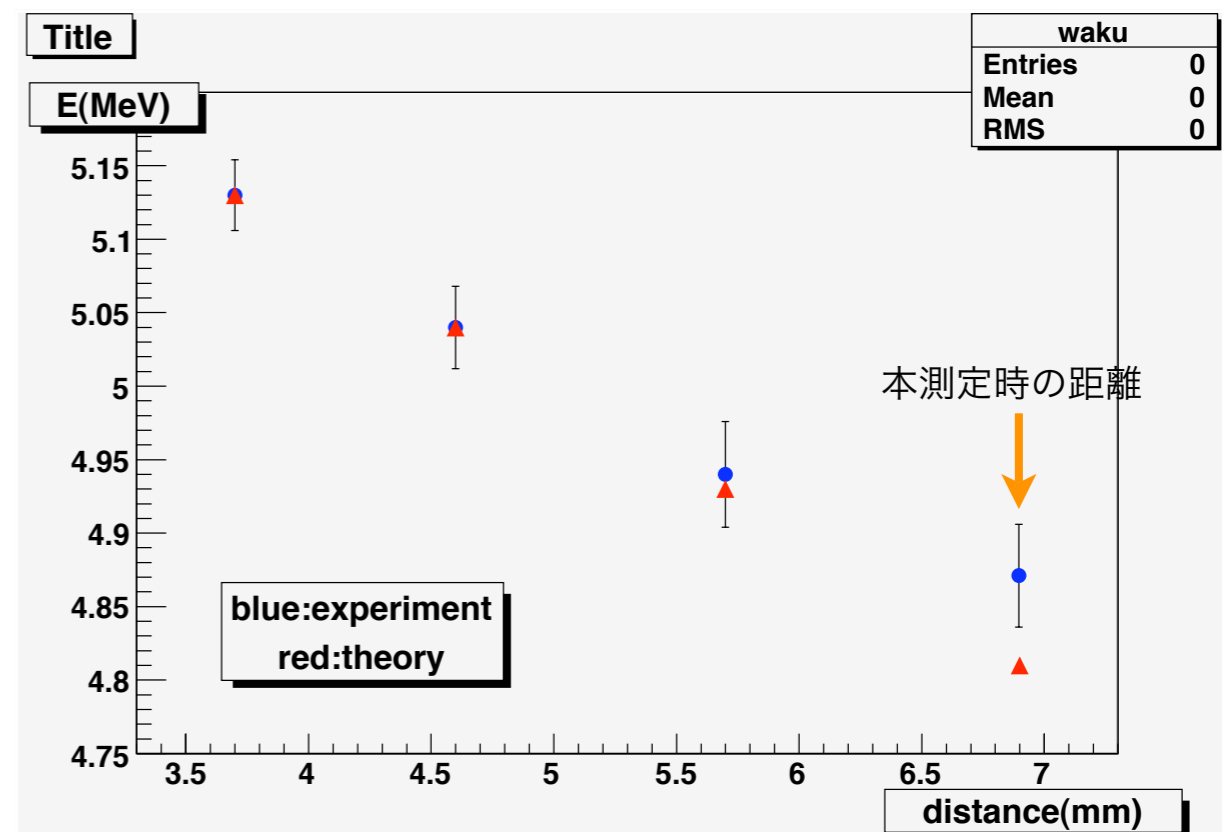
PINフォトダイオードの試験

α 線のエネルギーが予想と一致しているか？
→空气中で α 線源とPINフォトダイオード間の距離を変えて測定した

・ペDESTAL(550.7ch)を0MeV
・3.7mmのピーク値 (15451ch) を5.13MeV(Bethe-Blochの式)として Peak Hold ADC の横軸をエネルギーに変換した
→実験値と計算値(Bethe-Blochの式)を比較



距離による α 線のエネルギーの変化



距離による α 線のエネルギー(計算値と理論値の比較)

本測定時の距離のところでズれてしまった

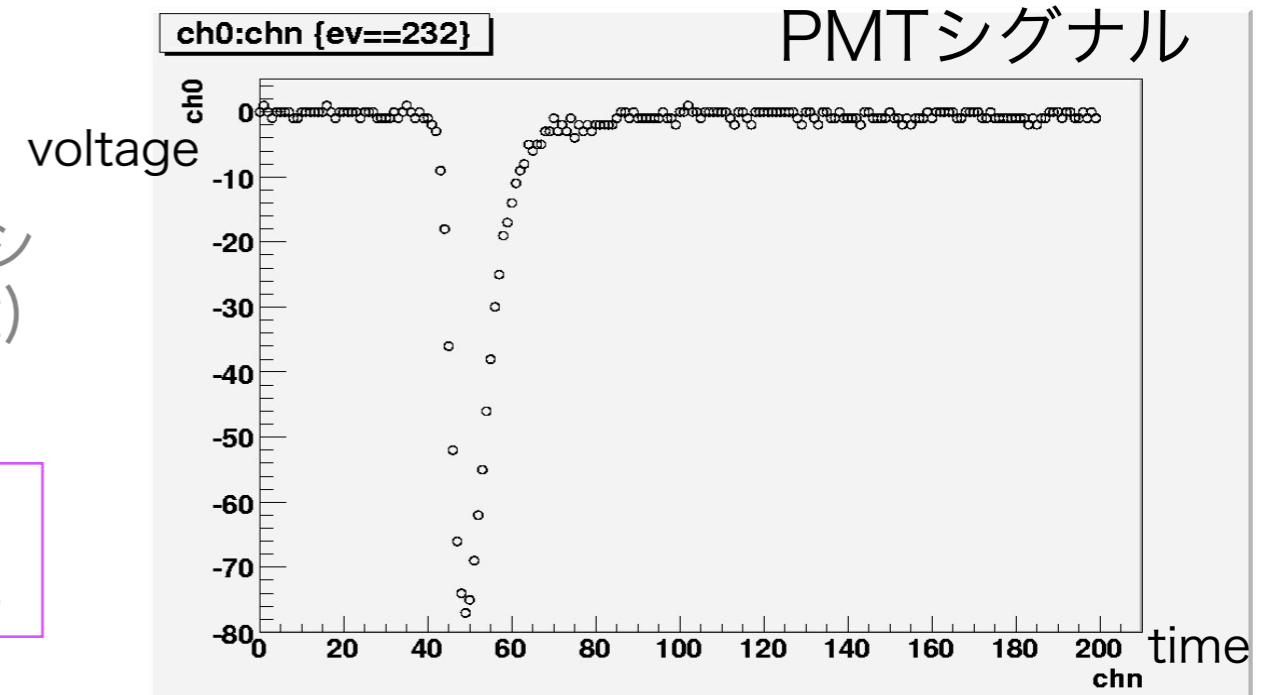
シンチレーション光測定に向けて

- 実験の概要
- PINフォトダイオード
- PMT
- 現状

PMT概要①

PMT(R585S),FADC(500MHz)を用いて、波形を記録

- **減衰定数**
- トリガーに対する位置により測定($\text{gate} 2\mu\text{s}$)
- **photon数**
- FADC積分値 (シグナルの電荷量)により測定



積分値

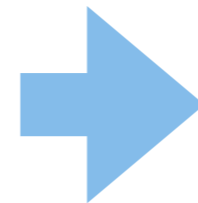
トリガー内のvoltage(ch)を定して電荷を求める

1 photon測定

1 photonとFADC積分値との関係

Gain Curve

PMT電圧を変えた時のgainの変化

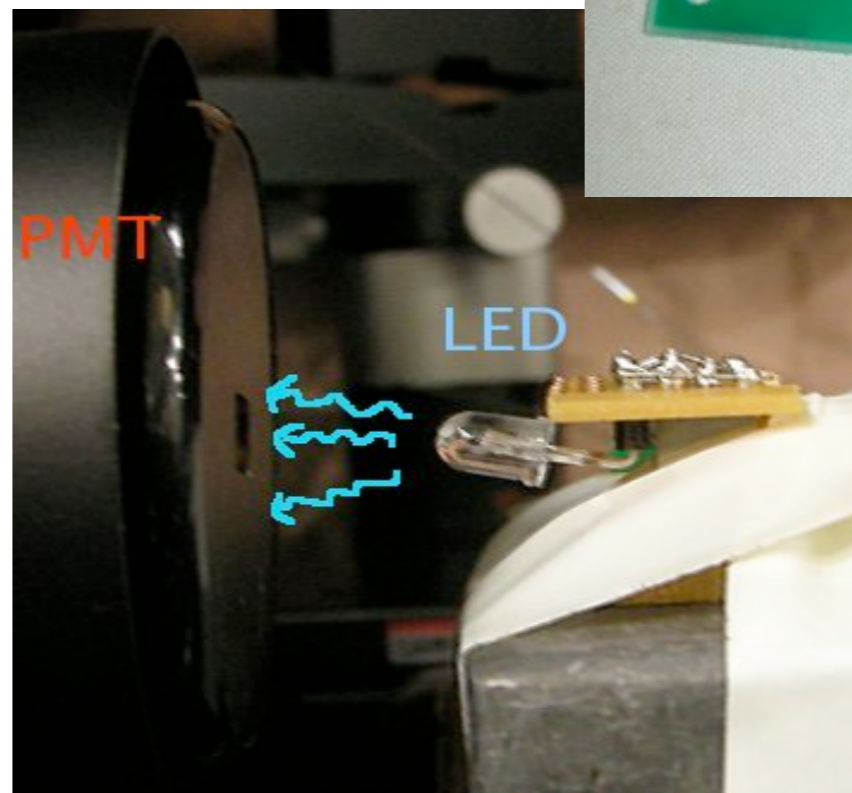
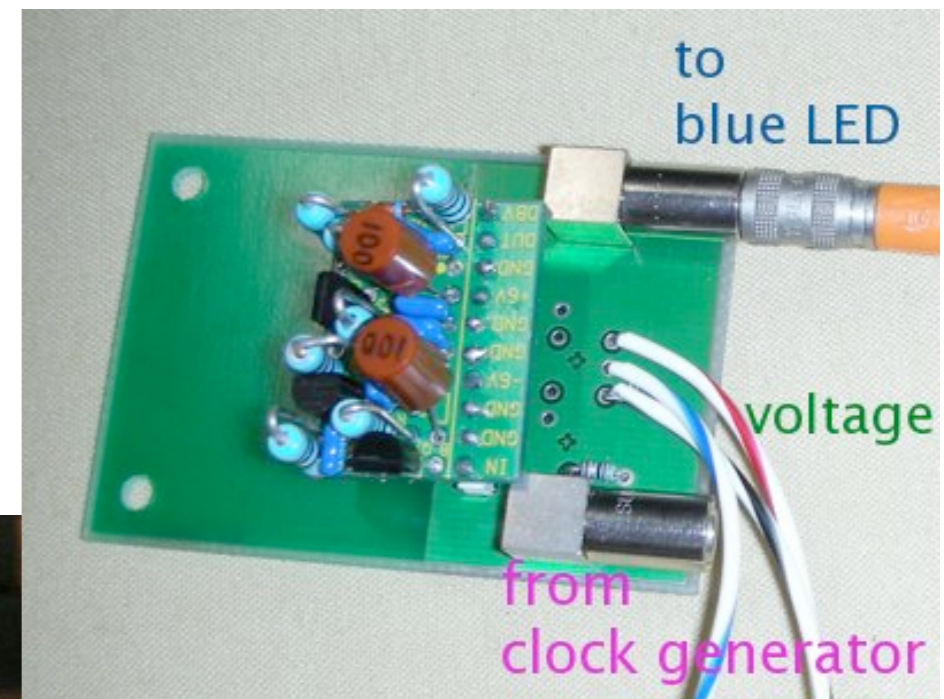
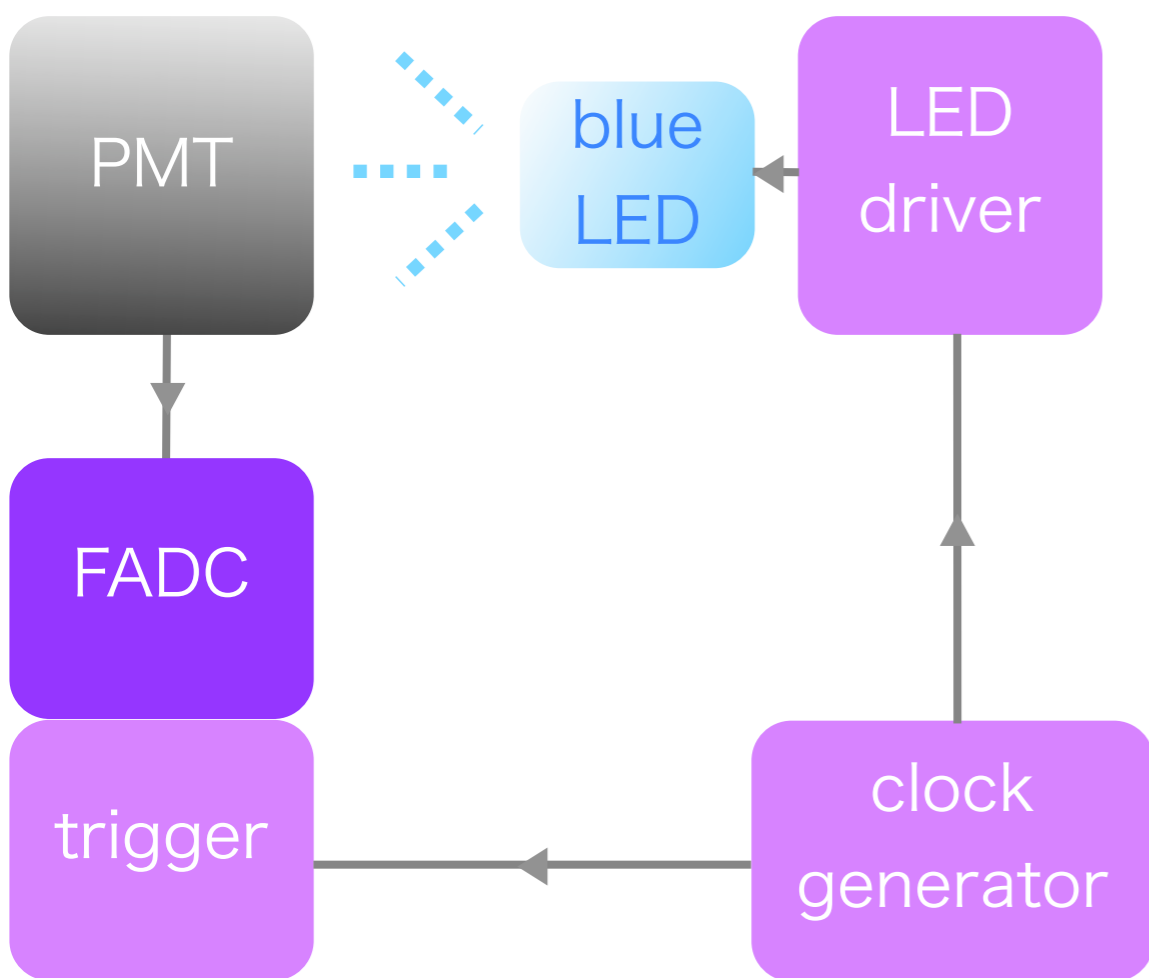


PMT電圧を変えることにより非常に多くのphoton数が測定可能
(光電子:1 p.e.~40000p.e.)

PMT概要②

NIM信号で発光させることができるLEDドライバーを作製し
青色発光ダイオードを用いて測定

PMTの性能測定での
ロジック



1kHzで使用

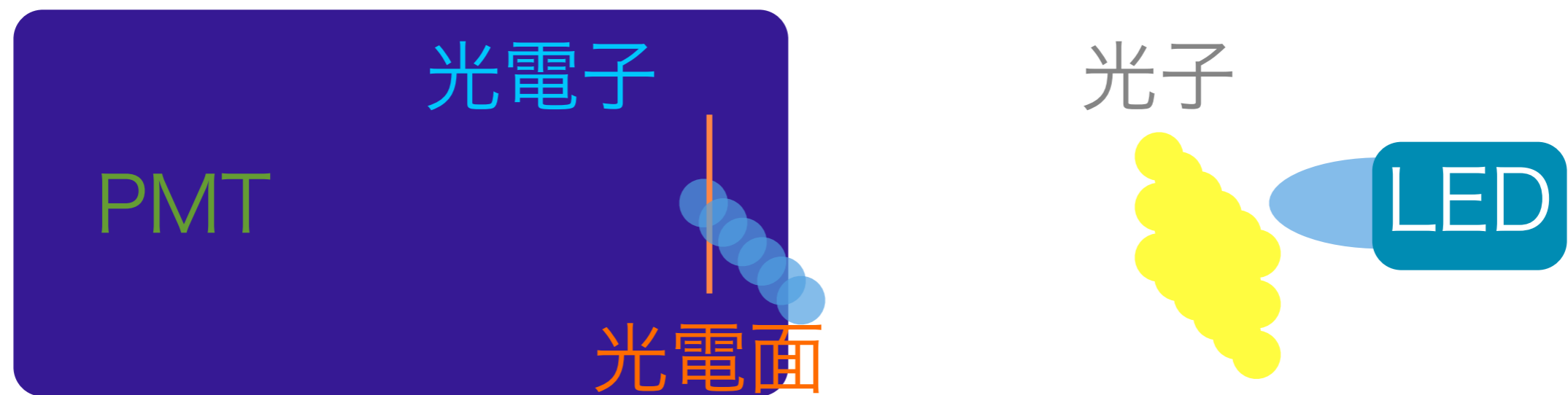
1 photon

LEDの光量が小さい時(<1 photon)
光電効果により出てくるp.e.(光電子)は0or1



1 photon × 3

LEDの光量を上げると1p.e.の出る確率が上がる



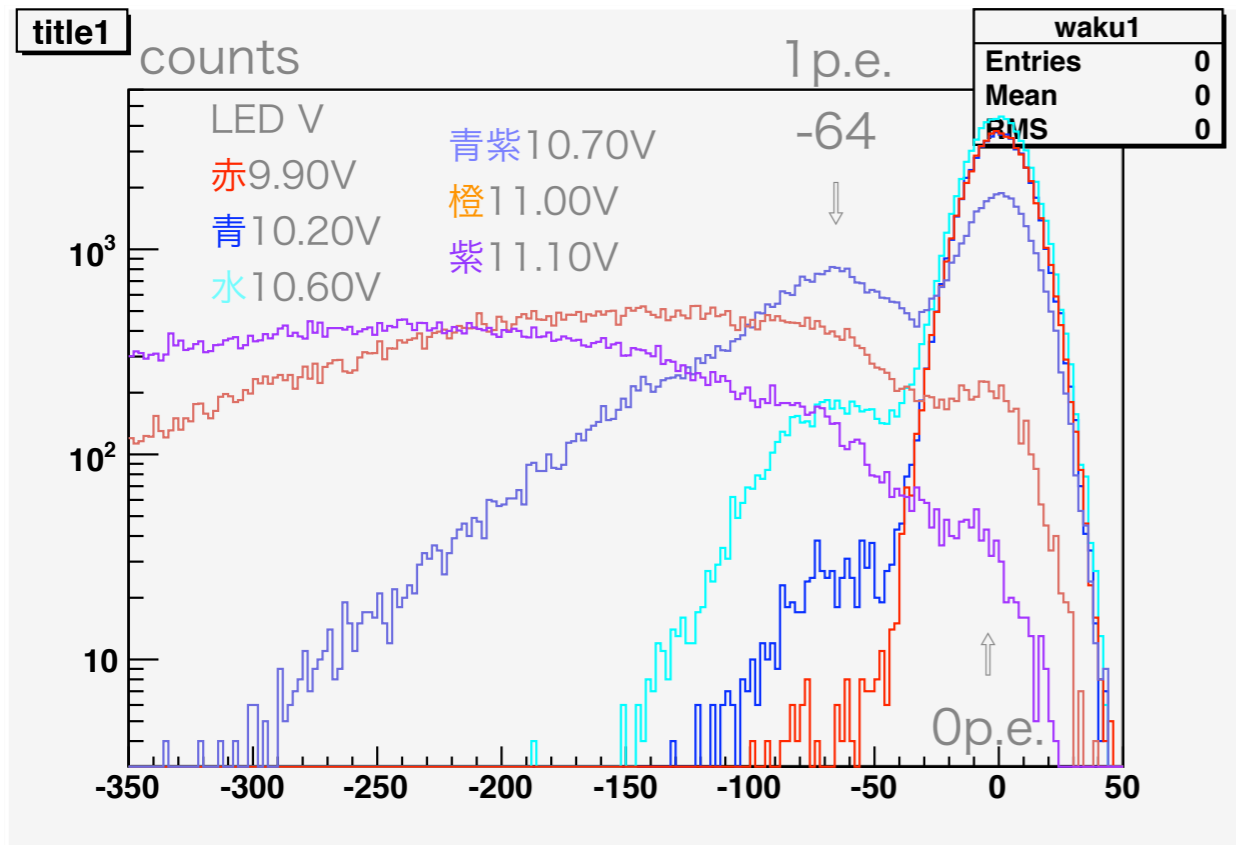
1 photon $\times 3 \times 3$

さらに光量を上げると、数p.e.でる



1 photon測定

LEDの電圧を上げることで
光量を変え1 p.e.のpeakを測定



LED電圧変化に対する
FADC積分値の
peak counts変化

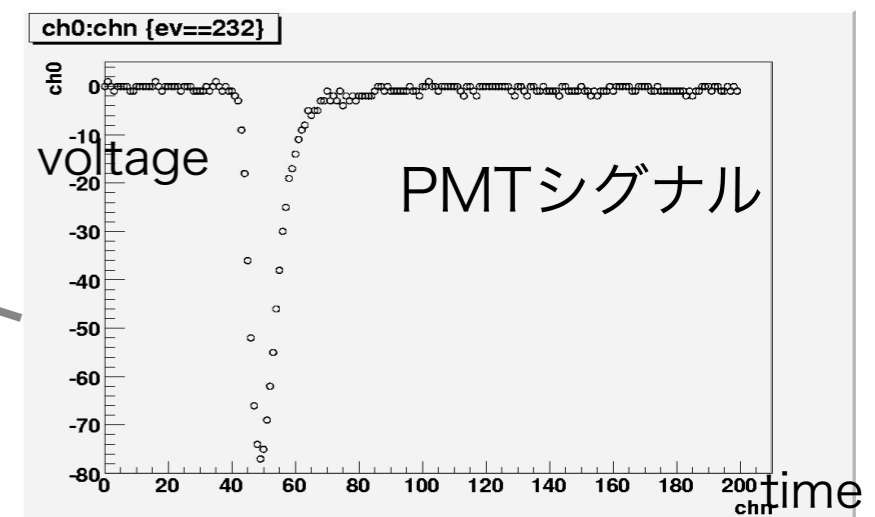
✓ LEDの光量が小さい時
(期待値 < 1 photon)

- 光電効果により0 or 1 p.e. (光電子) 検出
➔ 光量を上げると1 p.e. の出る確率up

✓ LEDの光量が大きい時
(期待値 > 1 photon)

- 数 p.e. 検出
➔ ピークが横軸方向にシフト

横軸：gate内で
積分した値



低い電圧で測定すると
さらに沢山p.e.がみれ
る。40000p.e.ぐらい

言葉で説明

Gain Curve

ちゃんとして、式を
出す
色を付ける
横軸のあたいたかを
理論の式に定数を当て
はめて確かめる



PMT電圧**600V~1400V**
(100V間隔)での**1 photon**と
FADC積分値との関係

Vの指数knの実験値と理論値

実験:

理論(文献値):

fit: $y = ax^b$

$k = 0.7 \sim 0.8$

$a = \exp(-53.3 \pm 1.5)$

$n = 12$

$b = kn = 8.32 \pm 0.2$ $kn = 8.4 \sim 9.6$

ゲインと印加電圧

印加電圧が各ダイノードに等しく分配される時

$\delta = a \cdot E^k$: 1dynodeあたりのゲイン

δ : 二次電子放出比

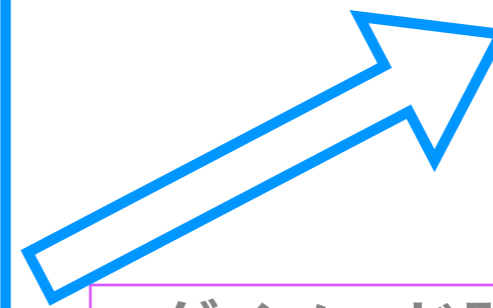
E : ダイノード間電圧

a, k : 定数

μ : ゲイン

n : ダイノード数

$\mu = \delta^n = (a \cdot E^k)^n = a^n \left(\frac{V}{n+1} \right)^{kn} \propto V^{kn}$



ダイノード間の電圧が
すべて等しくはないため

現状

現状

セットアップが完成し手法の検証のため
現在文献のある窒素についてデータ取得中



まとめと今後

まとめと今後

- **まとめ**

- PINフォトダイノードとPMTの性能を調べ、シンチレーション光を測定できる環境を整えた。
- 窒素からのシンチレーション光を取り始めた。

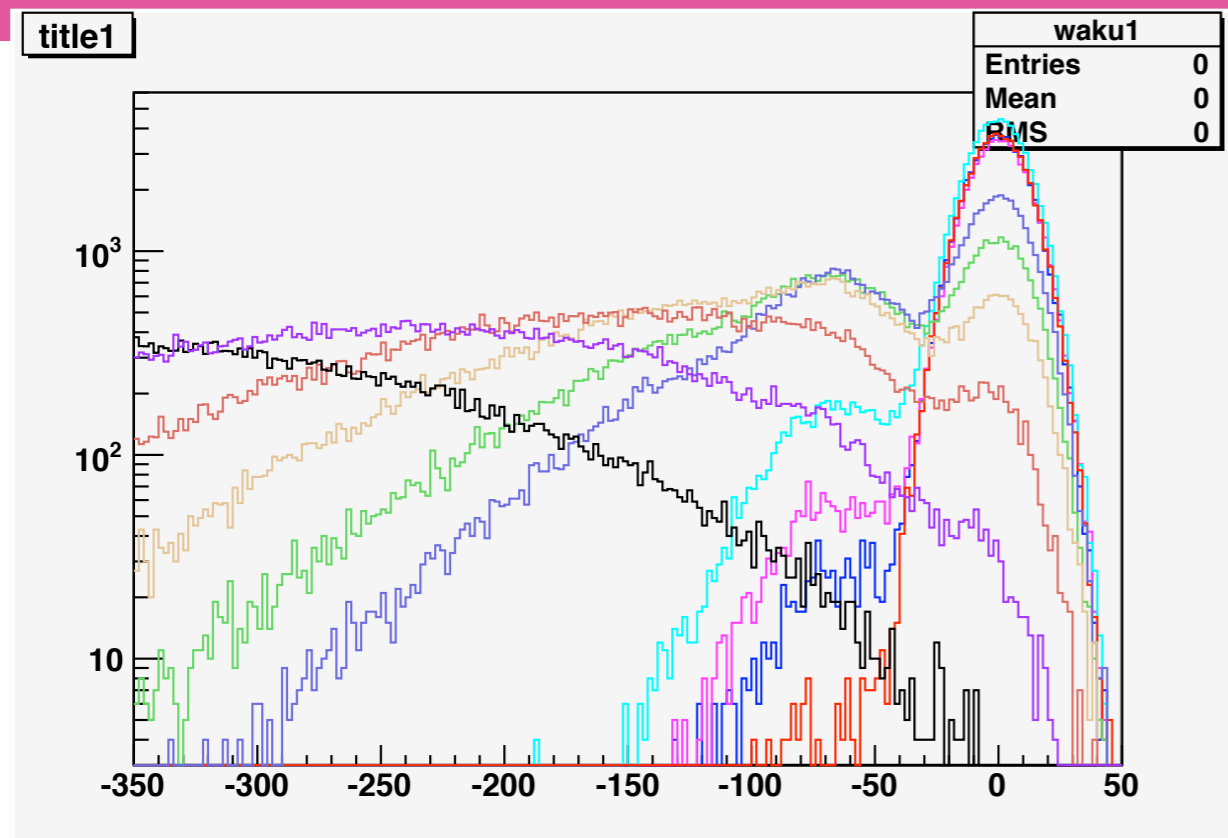
- **今後**

- 窒素の測定により、減衰定数とphoton数が文献値とどのくらいの精度で一致するか確かめる。
- エタン、SF₆も同様に測定する。

photon数

- 減衰定数 FADC積分値(シグナルの電荷量)により測定
- トリガーに対する位置により測定(gate2 μ s)

予備トラペ

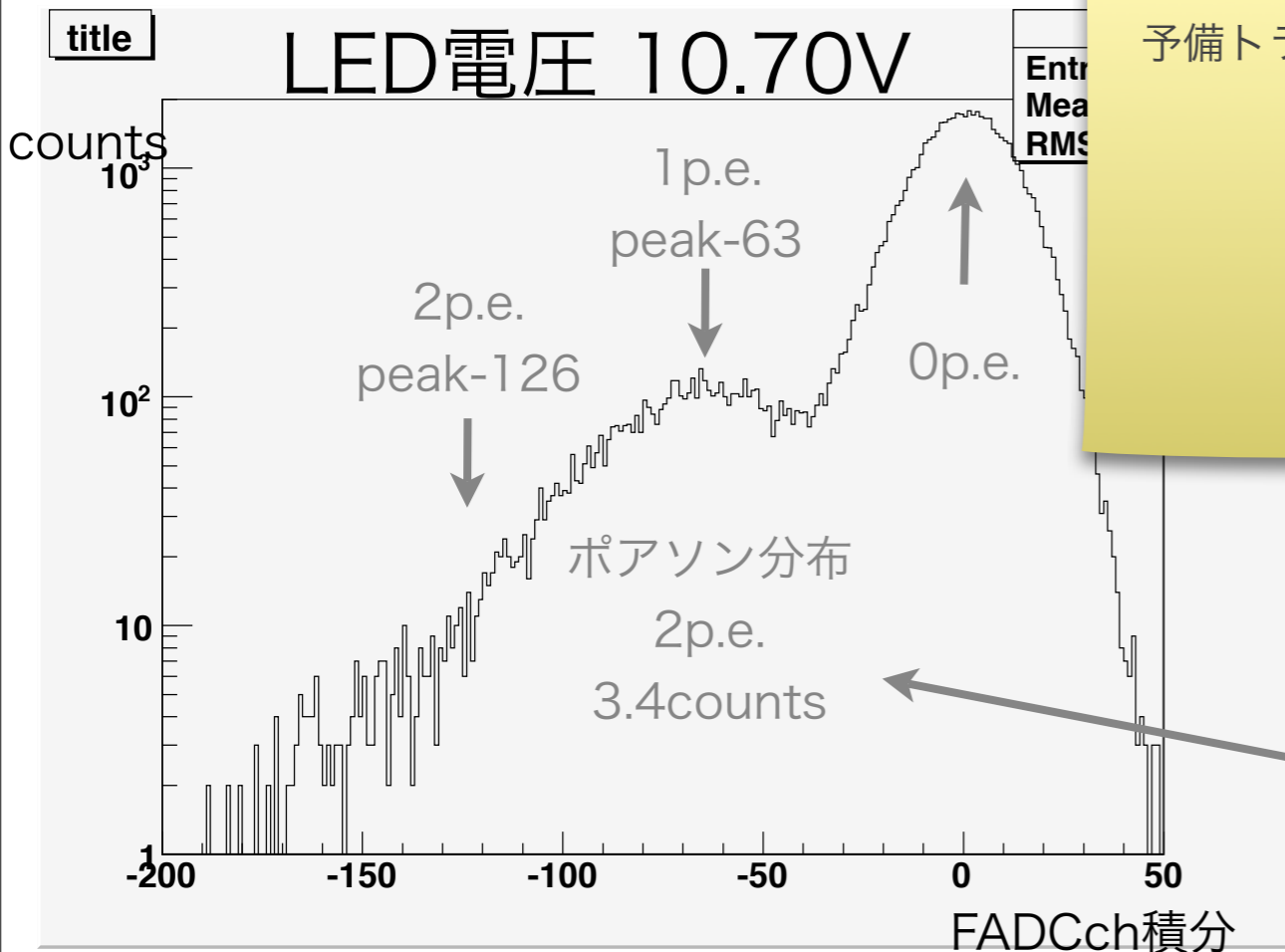
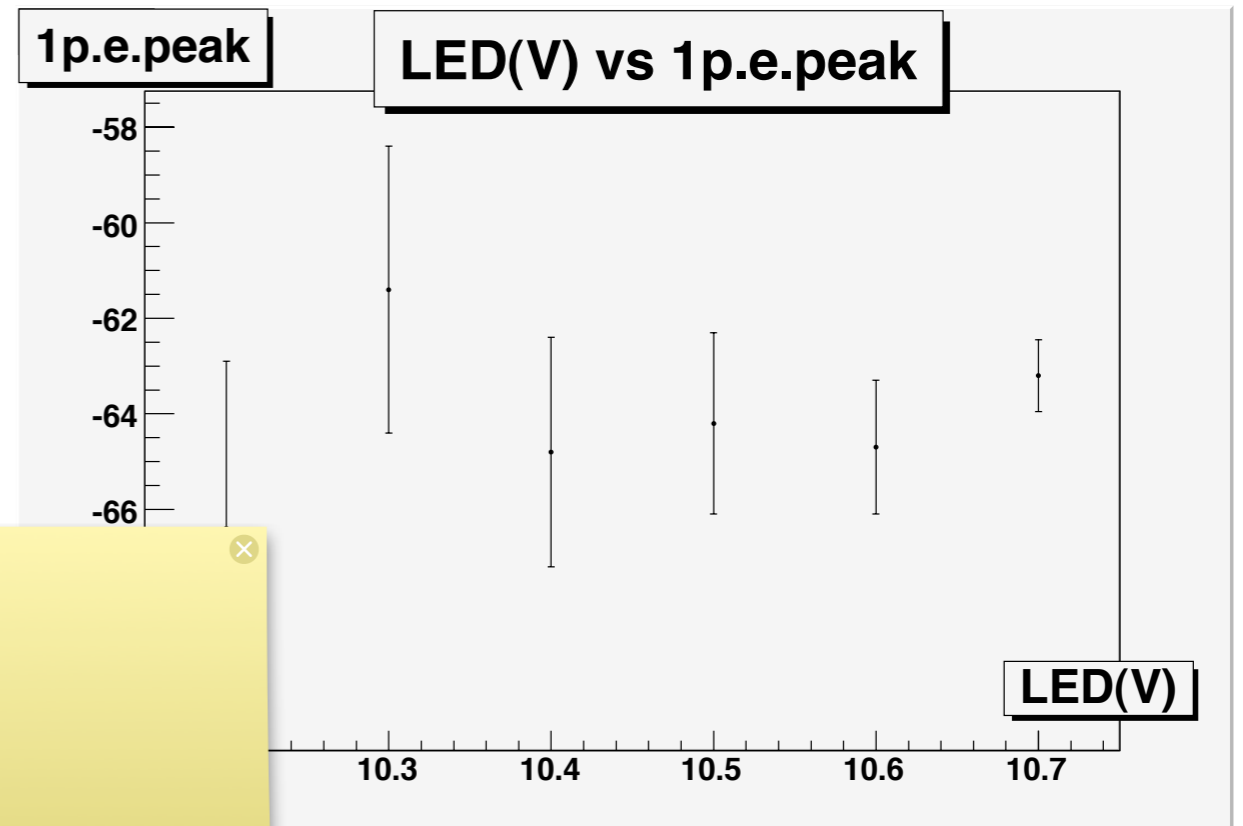


1 photon測定②

1 p.e.peak位置—0p.e.peak位置

LED光量を上げてても
peakが移動していない

量子効率 $2 \xrightarrow{1 \text{ p.e.}} 5\%$



分布 $f(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}$ λ :平均値 $x:0,1,2,3,\dots$

確率が小さく一定→ポアソン分布

0p.e.1 p.e.のpeakから

2p.e.のpeakを計算

1 p.e.のテールに乗っている

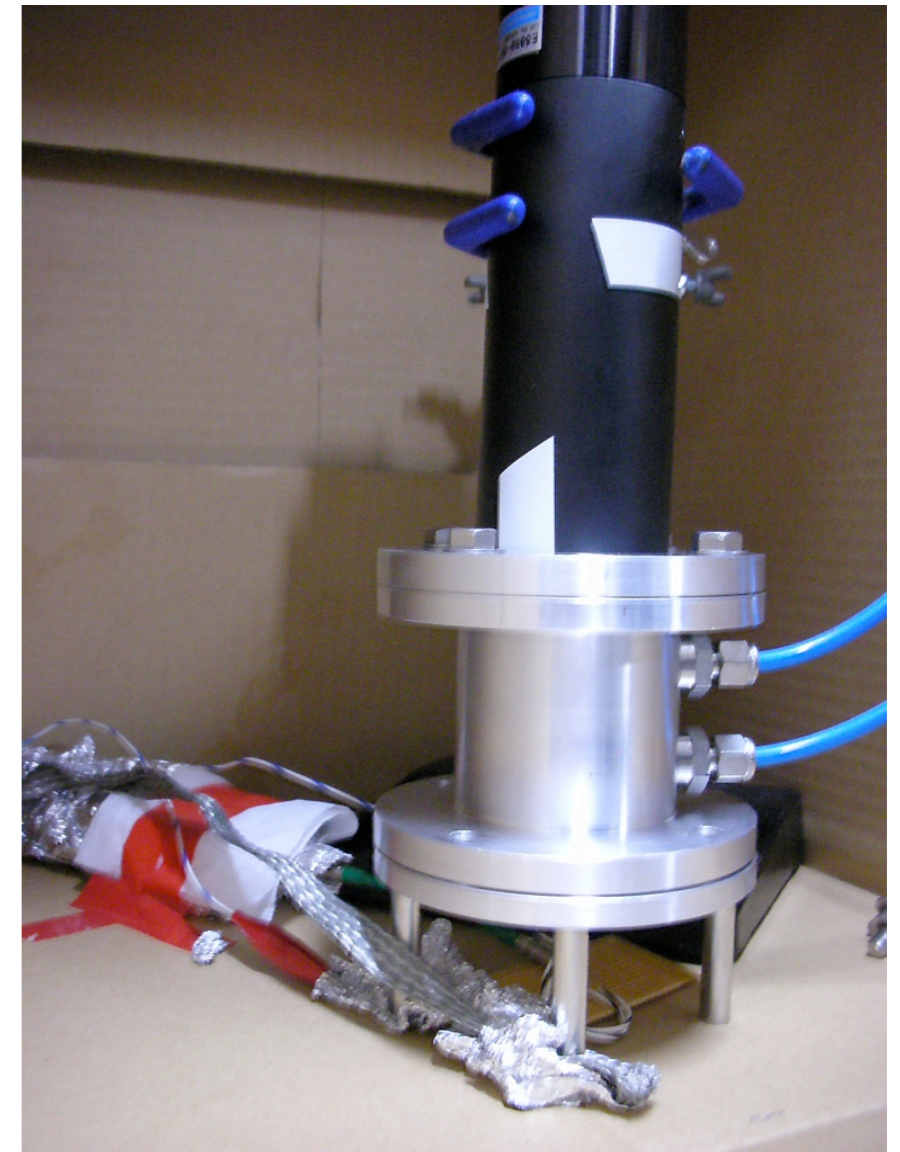
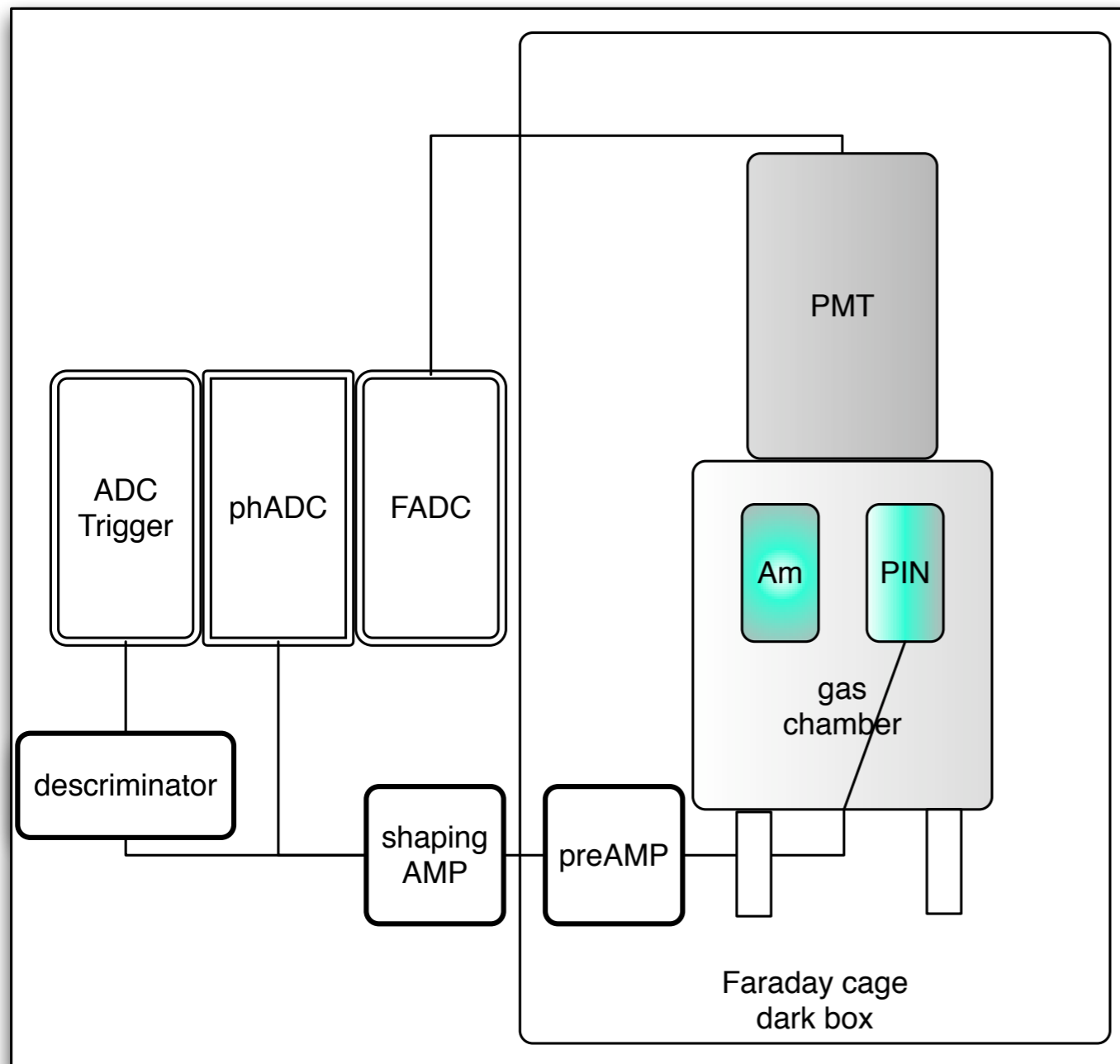
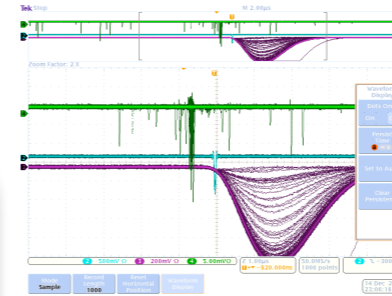
シンチレーション光測定

- 実験の概要
- PINフォトダイオード
- PMT
- ガスシンチレーション光測定

シンチレーション光検

PIN信号のgate
PMT信号gate
信号のrange
矢印書いて

窒素を測定し文献値と比較



シンチレーション光測定②

データを積み上げることにより減衰時間を測定予定

窒素 文献値
減衰定数57ns
photon数約40

窒素の減衰定数は短い(57ns)ので、PMT信号を
ガウス分布とみなしピーク位置でのパルスにして
足すなど、積み上げ方に工夫が必要

α 線hit 1 triggerのFADCデータ

積み上げた時の模式図

