

MPPCでチェレンコフ光は見れるか？

2014年度課題研究P6

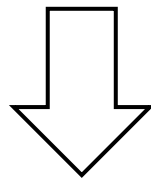
田嶋竣介・谷川俊介

実験の目的

MPPCでチェレンコフ光を観測できるかを検証したい

MPPCを選んだ理由

	ゲイン	時間分解能	印加電圧	大きさ
PMT	約 10^6	250ps	約1000V	大きいのでかさばる
MPPC	約 10^6	110ps	約70V	小さい



チェレンコフ光のような微弱で継続時間が短い光を観測するには**MPPC**が最も適しているのではないかと？



実験内容

1. スペクトルで1photonをみる。

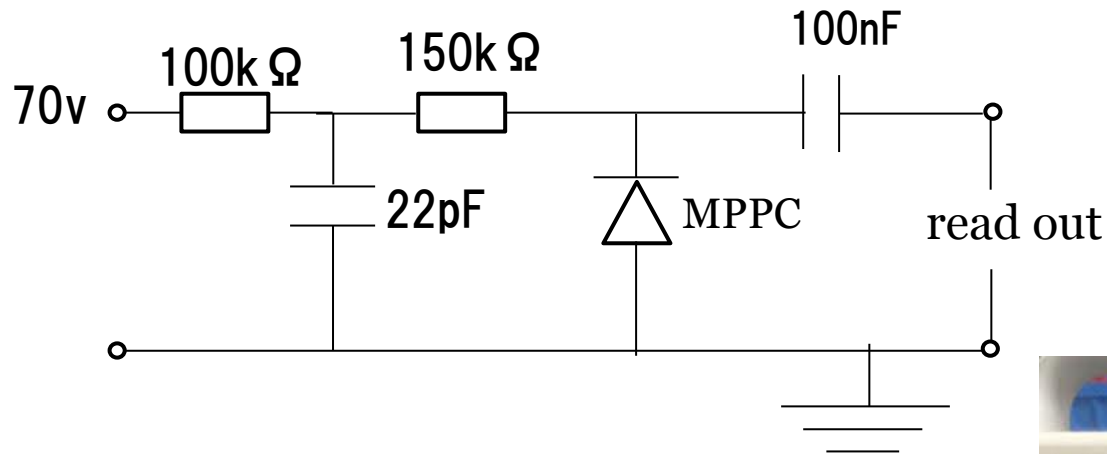
2. MPPCの時間分解能を測定する。(数ns程度)

MPPCの特徴

- ・ ガイガーモードで作動するので一つのピクセルにフォトンが何個入ってきても、放出される電荷は一定。
- ・ **MPPC**は多数のピクセルからなるので同じピクセルにフォトンが入ることは少ない。

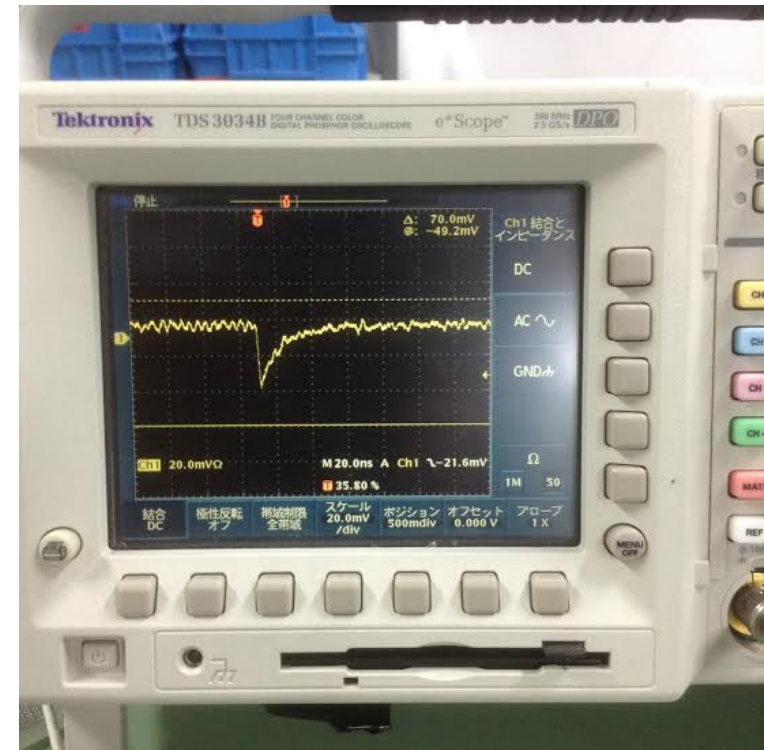
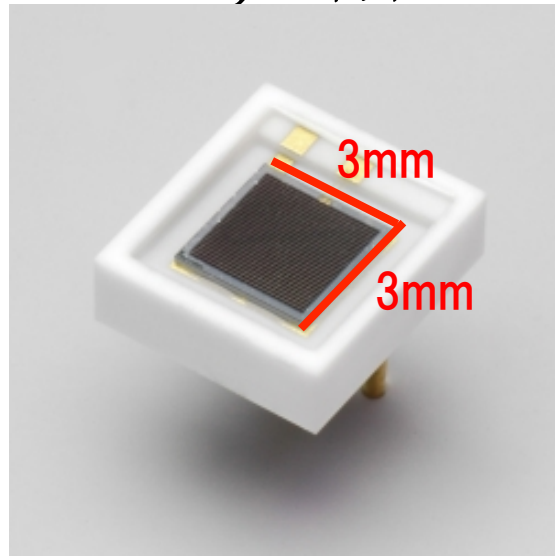
→放出された総電荷から検出したフォトンの数
わかる。

実験に用いた回路

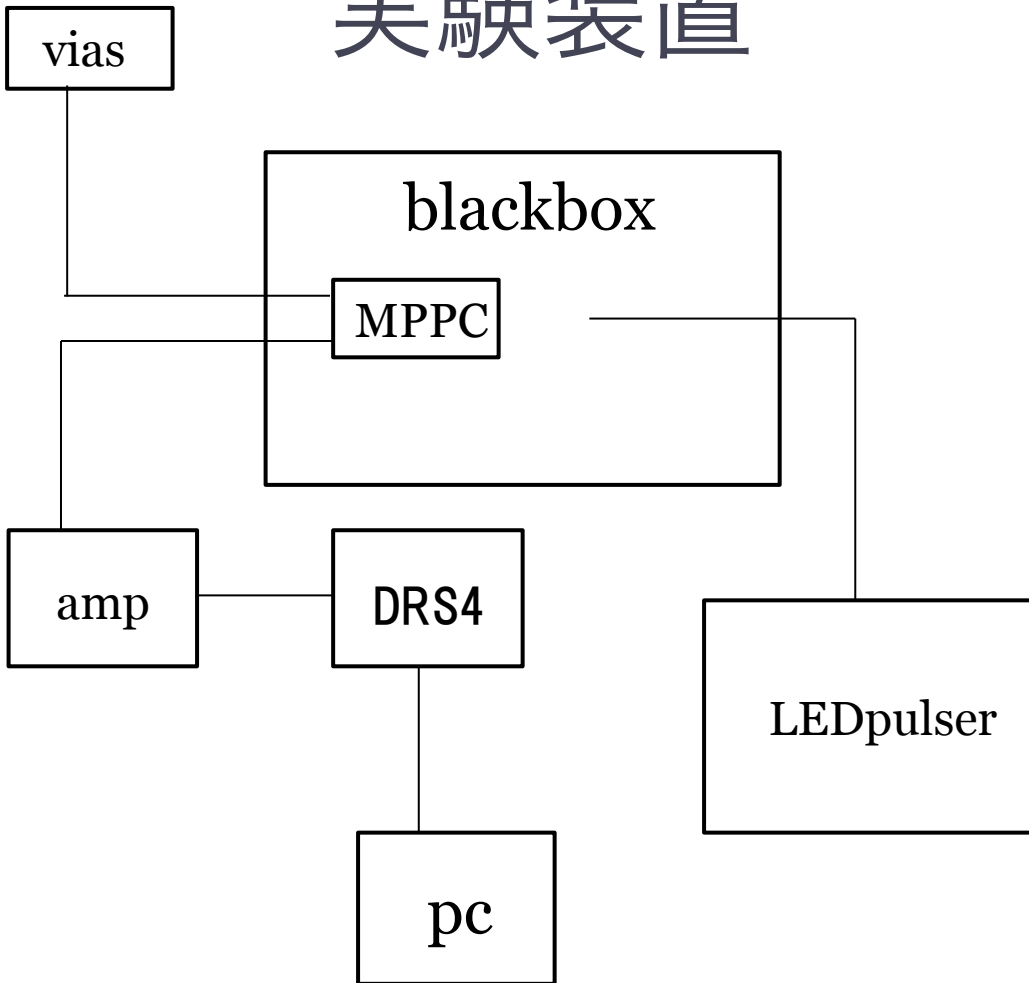


用いたMPPC(S12572-015C)の特性

受光面
 3×3 (mm²)
ピクセル数 40000
端子間容量 320(pF)



実験装置



1. 1photonをみる

実験方法 1

①計算により **1photon**に対応する電荷を求める。

②**LED**の当て方を変えて、**1photon**スペクトルを得る。

①について

1つのピクセルから放出される電荷 Q_{pixel} は、

$$Q_{\text{pixel}} = C_{\text{pixel}} \times (V_{\text{vias}} - V_{\text{breakdown}})$$

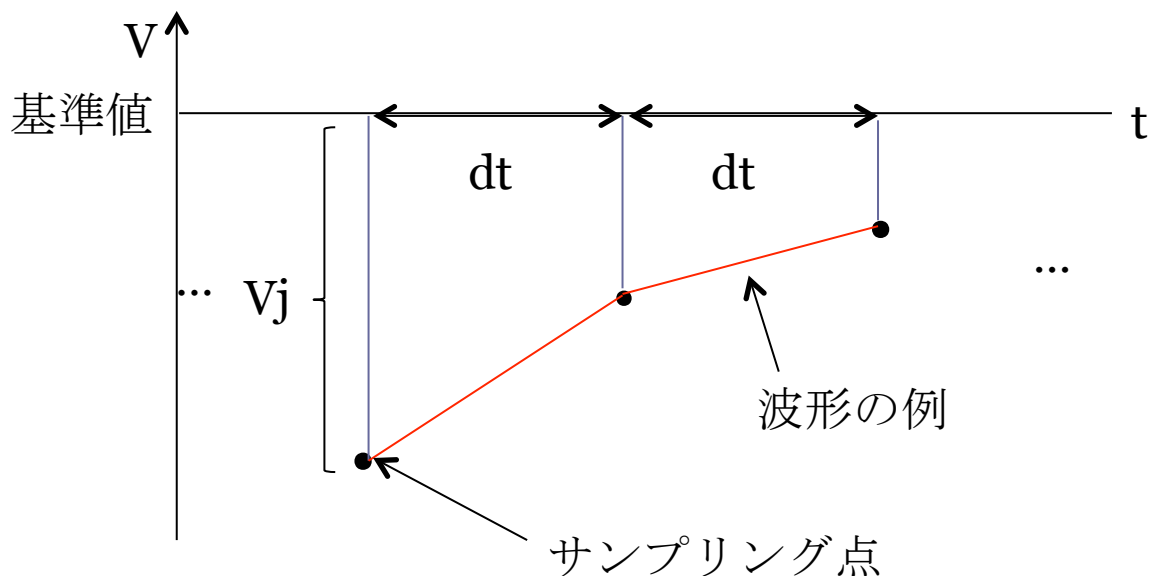
C_{pixel} : ピクセル容量

V_{vias} : 印加電圧

で与えられるので、まず降伏電圧 $V_{\text{breakdown}}$ を測定により求める。

スペクトルの作成方法

1つの波形は**1024**のサンプリング点からできている。各サンプリング点の間の微小時間 dt と、あるサンプリング点での基準値からの波高値 V_j を用いて、 $\Sigma(V_j \cdot dt)$ をスペクトルの横軸としている。



基準値は、パルスではない
はじめの**300**点ほどの**0[V]**か
らの波高値を平均したもの

降伏電圧の測定

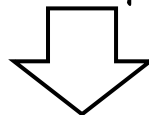
- ・ スペクトルのピークでの電荷の値 Q_{peak} の V_{vias} 依存性を調べる。

- ・ LEDの当て方は変えないため、photonがMPPCにあたる個数の分布は変わらないと考えるよい。

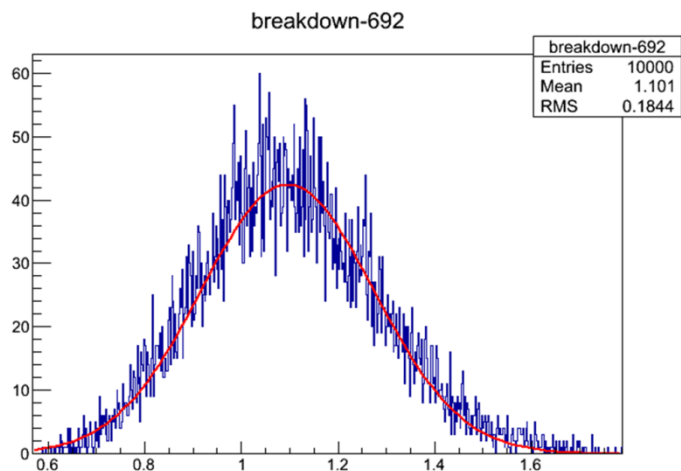
→ $Q_{\text{peak}} = C \times (V_{\text{vias}} - V_{\text{breakdown}})$ (C ;一定) から直線でフィッティングできる。

- $Q_{\max} = a_0 \times V_{\text{vias}} + a_1$

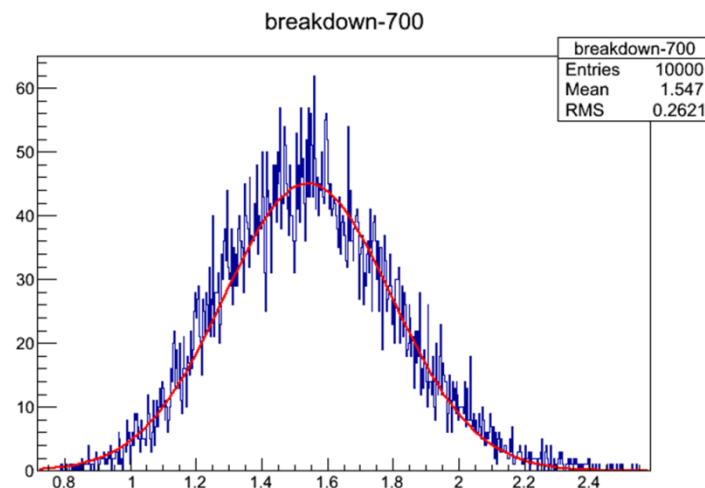
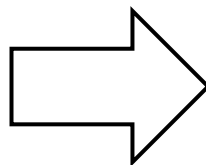
で得られたデータをフィッティング



$V_{\text{breakdown}} = |a_1/a_0|$ から降伏電圧を求められる。



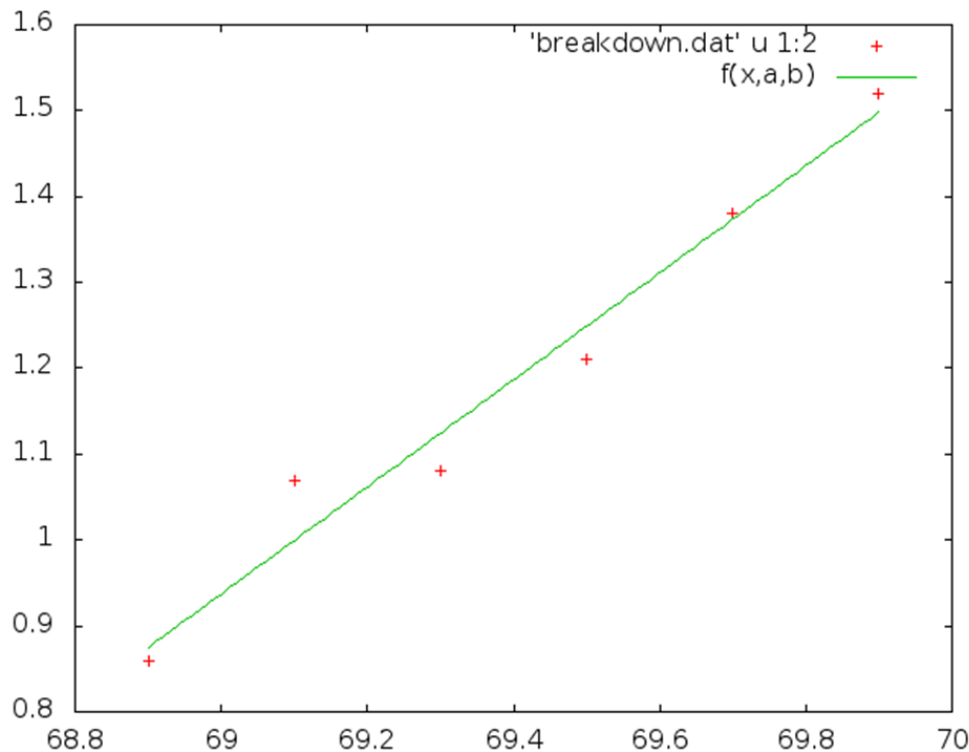
$V_{\text{vias}} = 69.2[\text{V}]$



$V_{\text{vias}} = 70.0[\text{V}]$

縦軸 : event数

横軸 : $[\text{V} \cdot \text{ns}]$



縦軸 : [V · ns]
横軸 : [V]

左のグラフから

$$a_0 = 0.622$$

$$a_1 = -42.03$$

よって

$$V_{\text{breakdown}} = 67.5(\text{V})$$

これより

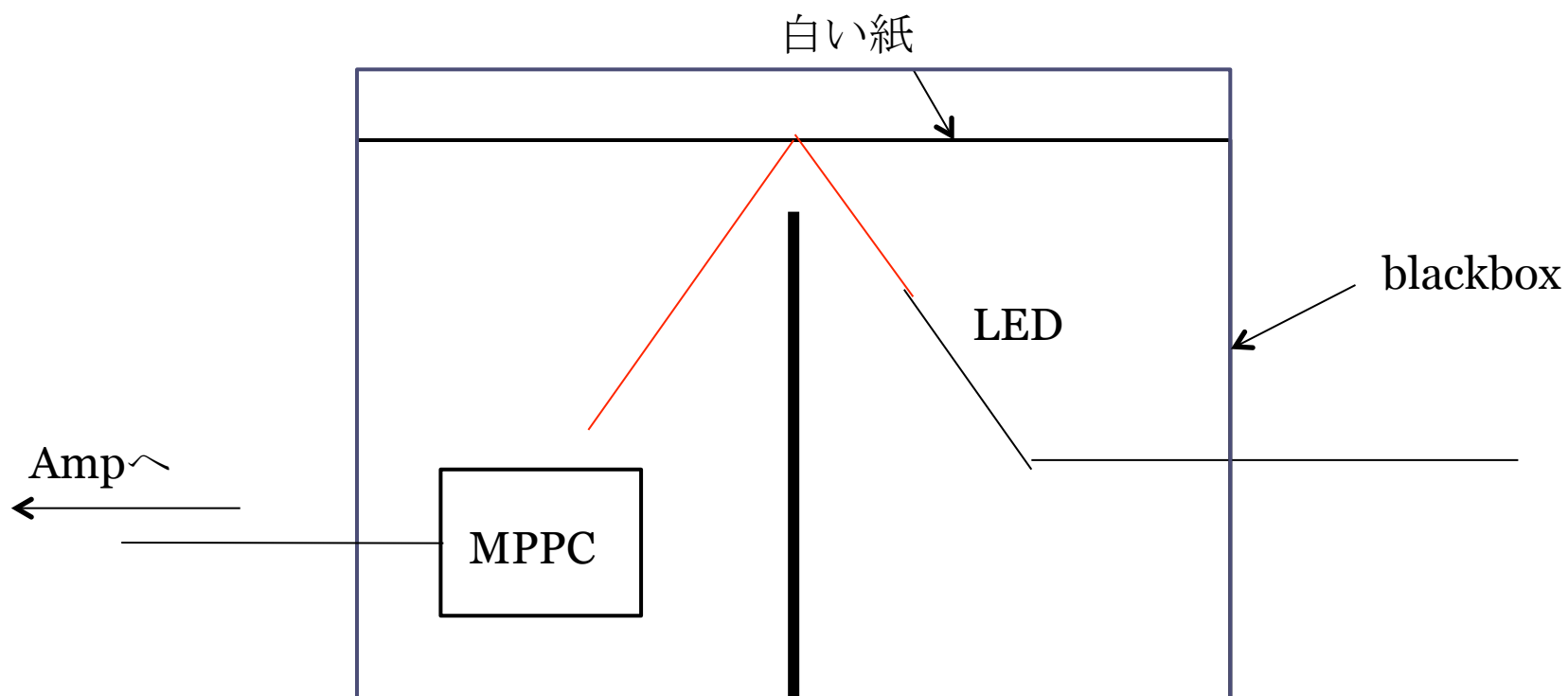
$Q_{\text{pixel}} = 0.02(\text{pC})$ [スペクトルの横軸では0.01に相当]

$$\text{gain} = Q_{\text{pixel}} / e = 1.25 \times 10^5$$

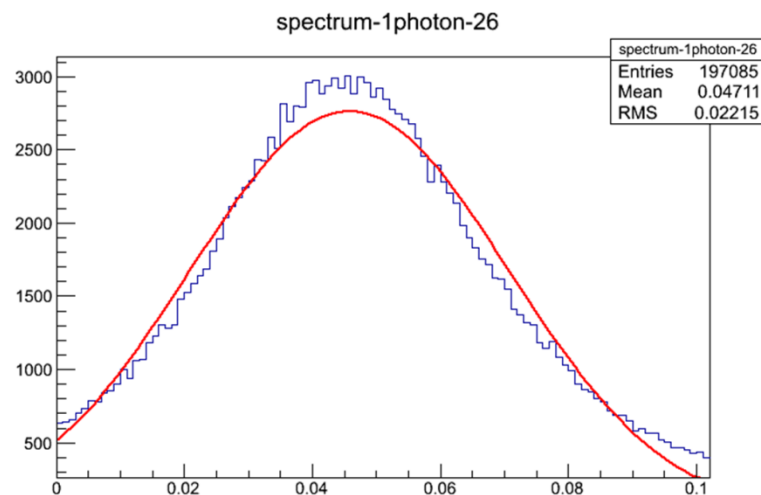
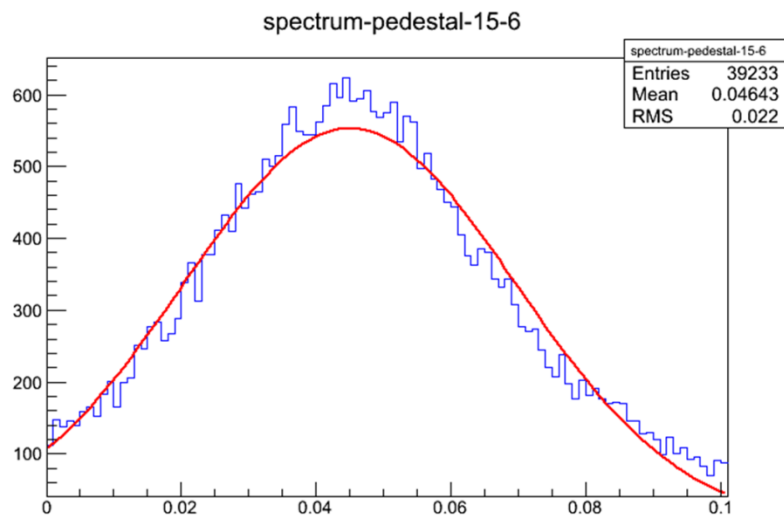
e:電気素量

②について

下の図のようにLEDを当てて、測定を行った。



測定結果



縦軸：event数
横軸：[V・ns]

ペDESTラルのみ

LEDを当てた時

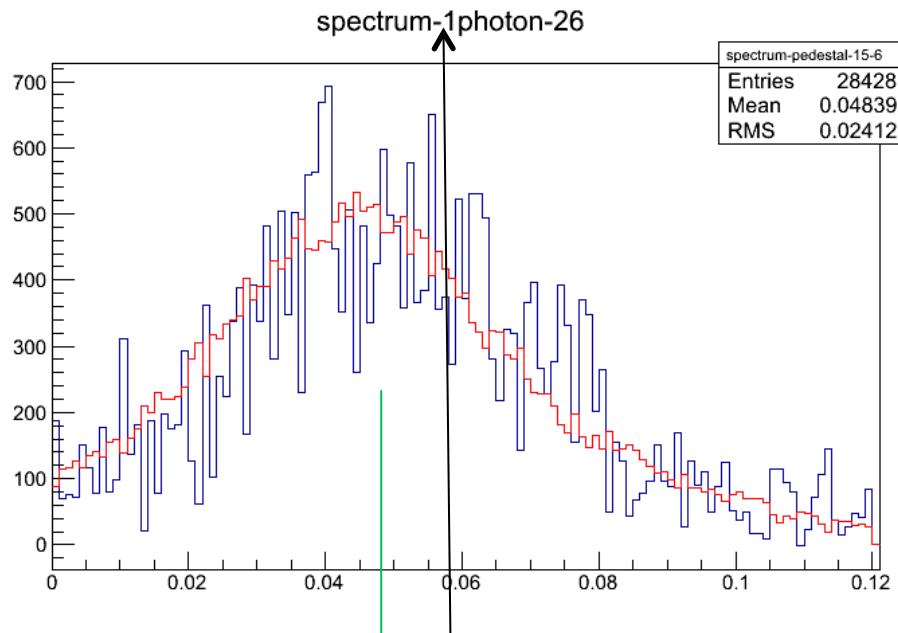
フィッティングの平均値 (フィッティングはともにガウシアンを用いた。)

4.51×10^{-2}  4.62×10^{-2}

スペクトルのピークが
右に移動している

解析

得られたスペクトルからペDESTALを取り除くことで**1photon**のスペクトルを得る。



青：ペDESTALを引いた結果
赤：引いたペDESTAL

ペDESTALのピークの右側(左図の緑色の線の右側)には、フォトンのピークらしきものが見られる

このあたりに**1photon**のピークが見えるはず！



縦軸：event数
横軸：[V · ns]

まとめ

- ・ MPPCを用いると、単純な回路で1photonをみることができると思われるが、ペDESTALの影響を大きく受けてしまうため対策が必要。
今回はevent数を多くすることにより、ペDESTAL同士の差を無視できるのではないかと考えた。

今後の課題

- MPPCが数ns程度の精度の時間分解能を持っていることを確かめる。
- ペDESTALは測るたびに若干変わるので、うまく補正するにはどうすればよいか？

ありがとうございました