

2016年度東北大学ビームテストに向けた準備：

MPPC コネクタ圧着と性能試験評価測定

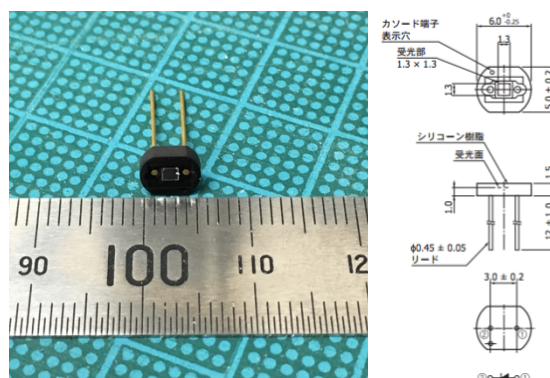
2016年 4月 15日

概要

FOREST AC 開発のために東北大学電子光物理学研究所のビームテストが6/15~19に予定されている。5/22~25に東北大学でFOREST 打ち合わせが行われる予定だ。この準備のためにMPPCのコネクタ圧着と性能試験評価を実施した。

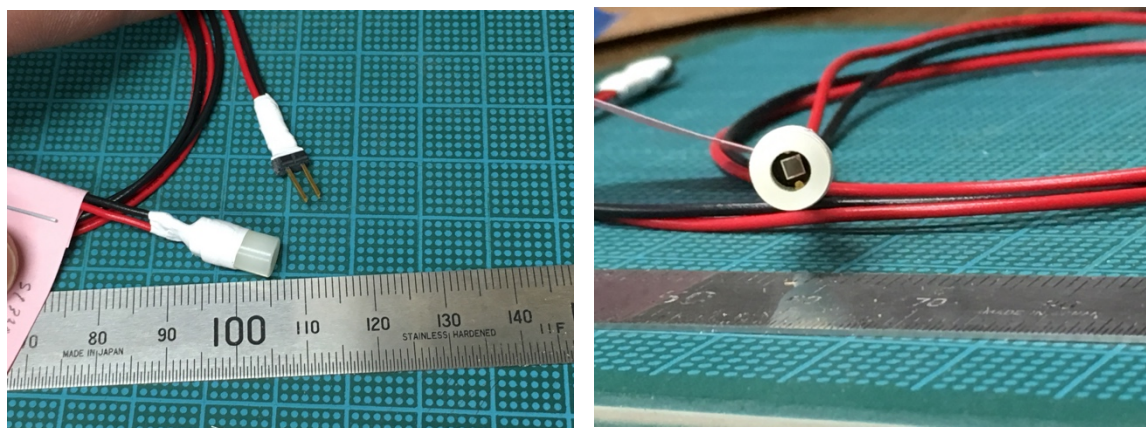
1. MPPC 読出しコネクタの取付け

浜松ホトニクス社のMPPC(Multi pixel photon counter)は2015年度に最新シリーズS13360を発売した。粒子線物理学研究室でも各種購入した。型番S13360-1350CSは有効面積 $1.3\text{ mm} \times 1.3\text{ mm}$ でピクセルピッチは $50\text{ }\mu\text{m}$ 、ピクセル数は667個の仕様だ(右図)。



1.1. コネクタ圧着方法

MPPC から伸びているリード信号線と HV 線を延長して、EASIROC モジュールのケーブルに挿入するコネクタを実装する。回路図のアノード①は黒線、カソード②は赤線に接続する。そして、ファイバー挿入口をMPPCの入射窓に設置した。



1.2. 通電確認

半田ごてで圧着したが通電しているか確認する。MPPCは一種のダイオードなので、テスターで抵抗を測定して通電確認する。カソードをアースに繋げた場合抵抗は無限大、アノードをアースに繋げた場合光を当てると抵抗が下がりkV~MVに変化する。

1.3. 結果

4/12(火)に圧着した MPPC は計 5 個。シリアル番号は 10578~10582。

2. 性能試験評価測定

今回圧着した MPPC5 個に加え、以前から圧着済みの MPPC 計 20 個を評価した。MPPC に LED 光源 (520 nm, 1.0 kHz) を当て、0, 1, 2... p.e. と離散ピークの幅から増幅率を導く。この測定で供給電圧と増幅率の関係、そして LED 光源を当てなかったときのノイズ比と供給電圧との関係について調べた。

2.1. オシロスコープ波形解析

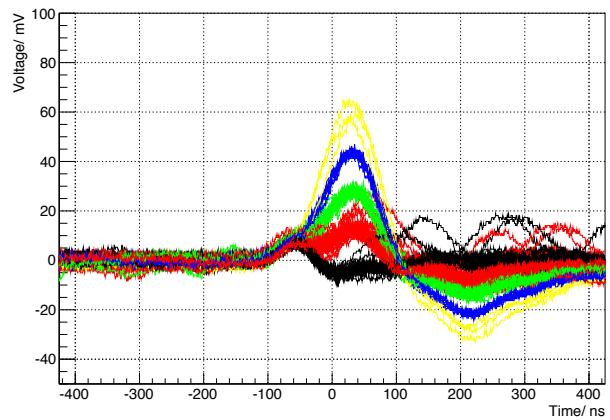
EASIROC モジュールを介した MPPC の信号は Slow Shaper によって波形を鈍らせ、その後増倍されて出力される。ピークホールド型 ADC を採用されているので右図の約 30 ns の時刻で電圧値を固定して全 64 ch のデータを取得する。

オシロスコープで取得した波形データのホールド電圧分布ではイベント数が少ないが離散的なピーク構造が観測できる。それぞれのピークの間隔が MPPC の増幅率に相当する。供給電圧に依存して増幅率が変化する。増幅率 μ は以下の式で表せる。

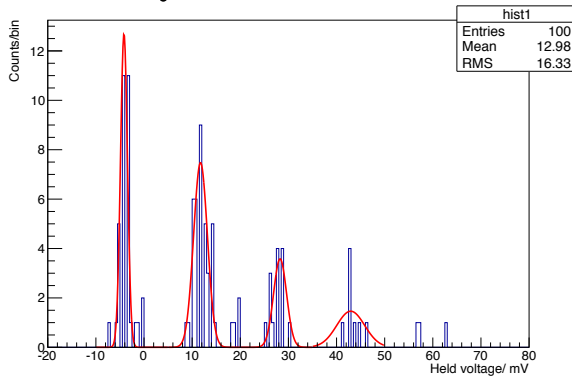
$$\mu(V) = \frac{(M - M_{ped})C_{MPPC}}{|e| \mu_{EASIROC}}$$

ここで、ADC 分布においてペDESTALピークの平均値を M_{ped} 、隣のピーク平均値は M とする。V は供給電圧[V]、 C_{MPPC} は静電容量 [pF] e は素電荷 1.60×10^{-19} C、 $\mu_{EASIROC}$ は EASIROC モジュールの増幅率で設定容量 200 fF では 30 倍を示す。S13360-1350CS の静電容量はそれぞれ 60 pF である。

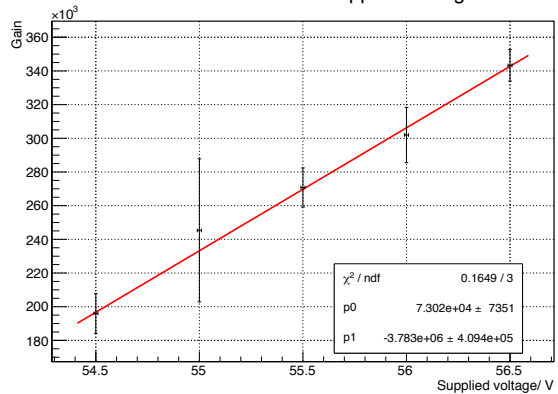
Waveform on EASIROC: MPPC S13360-1350 @54.5V



Held voltage on EASIROC: MPPC S13360-1350 @54.5V



Relation of Gain and Supplied voltage



2.2. EASIROC ADC 解析

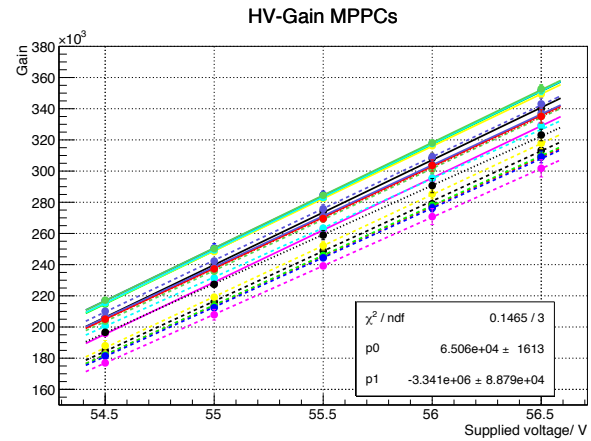
オシロスコープで得られたホールド電圧分布と ADC 分布の比較により、変換係数 $C_{ADC} = 0.22 \text{ mV/ADC}$ が得られた。従って、EASIROC モジュールを用いた時の MPPC の増幅率は以下で表せる。

2.2.1. HV-Gain 曲線

供給電圧と増幅率の関係を右図に示す。MPPC の増幅率は供給電圧に比例する性質を持つことがわかる。

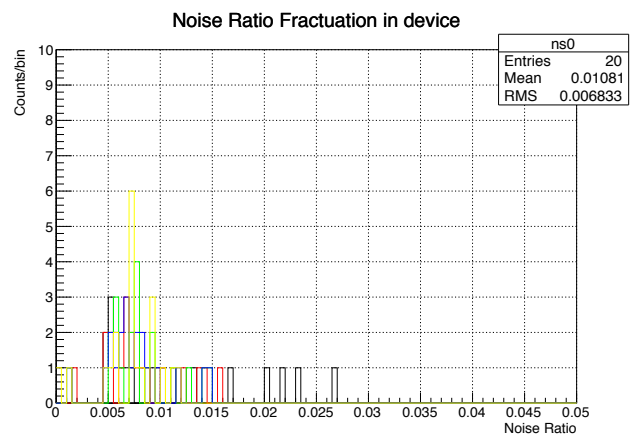
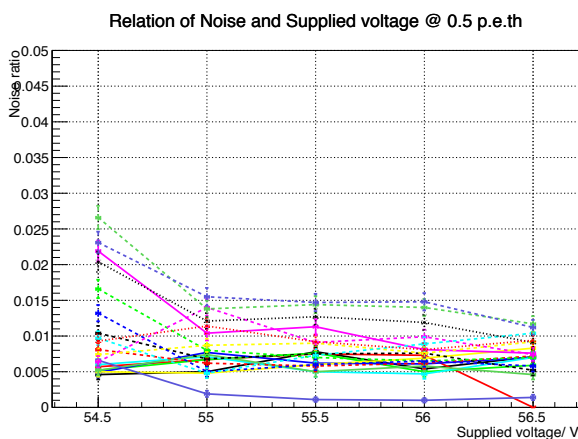
$$\mu(V) = \frac{(M - M_{ped})C_{MPPC}C_{ADC}}{|e|\mu_{EASIROC}}$$

MPPC 増幅率の個体差も大きくばらついていないこともわかった。



2.2.2. HV-Noise ratio

校正した光電子数分布において、LED 光源がない時の 0.5 p.e.しきい値を超えた事象を割合をノイズ比 (Noise Ratio) と定義する。ノイズ比の供給電圧依存性を以下に示す。各 MPPC の個体差は黒(i=0)、赤 1、緑 2、青 3、黄 4、マゼンタ 5 シアン 6、紫 7 の順、そして実線(j=0)、破線 1、極破線 2 の順として $No=8j+i$ で表している。供給電圧の増加に従い現象しているのは不自然ではあるものの、結果に従い全 MPPC のノイズ比が最小となる供給電圧を決定する。右下図はそれぞれの供給電圧におけるノイズ比の個体値分布を示す。黒が 54.5 V、赤が 55.0 V、緑が 55.5 V、青が 56.0 V、黄が 56.5 V を示す。ノイズ比の平均値が最小な供給電圧 56.5 V を今後測定における供給電圧として決定する。



2.2.3. 結果

HV-Gain と HV-Noise Ratio のそれぞれの関係から 20 個の MPPC の中に異常な個体はなく、すべて正常に作動していることを確認できた。ノイズ比が最小になるように供給電圧は 56.5 V が決定され、その時、増幅率は $3.0\sim 3.6 \times 10^5$ が得られる。

3. まとめ

今週の仕事として MPPC のコネクタ圧着を 5 個実施した。光電子数と ADC の校正測定および性能評価試験について、今回圧着した 5 個に加え、圧着済みの計 20 個について実施した。オシロスコープで波形解析した結果から EASIROC モジュールの変換係数を導き、増幅率と供給電圧およびノイズ比と供給電圧の関係をそれぞれの個体において調べた。この結果から異常な個体は見られずすべての個体は正常に動作していることを確認した。ノイズ比が最小になるように供給電圧は 56.5 V が決定され、その時、増幅率は $0.90\sim 1.05\times 10^7$ が得られる。