

光電子増倍管の gain に関する報告

田中佳奈

2009.06.03.

概要

5種類の光電子増倍管について gain を調べた。

1 gain(電流増倍率) とは

光電面から放出された光電子は、電界で加速され、第一ダイノードに入射して二次電子を放出する。二次電子は次のダイノードに入射して新たな二次電子を放出する。この過程が次々に繰り返されて高いゲインが達成される。そのため、陰極からの非常に小さい光電子流も大きな出力として陽極から取り出される。

gain とは、陽極からの出力電流 (陽極電流) と陰極からの光電子流 (陰極電流) との比で、理想的には n 段のダイノードの平均二次電子放出率が δ の光電子増倍管では、gain は

$$\mu = \delta^n \quad (1)$$

である。また、二次電子放出率 δ は

$$\delta = A \cdot E^\alpha \quad (2)$$

で与えられる。ここで、 A は定数、 E はダイノード間電圧、 α はダイノードの形・材質によって決まり、 $0.7 \sim 0.8$ の値を取る。 n 段のダイノードを持つ光電子増倍管の陽極 - 陰極間に V の電圧を印加した場合、 $V=(n+1)E$ であるから、光電子増倍管全体のゲイン μ は

$$\mu = \delta^n = (A \cdot E^\alpha)^n = \left\{ A \cdot \left(\frac{V}{n+1} \right)^\alpha \right\}^n = \frac{A^n}{(n+1)^{\alpha n}} \cdot V^{\alpha n} = K \cdot V^{\alpha n} \quad (3)$$

のようになる (K は定数)。

今、NEBULA では $n=10$ 段の光電子増倍管を使うため、陽極感度は印加電圧の $7 \sim 8$ 乗に比例すると予想される。

2 実験結果

放射線源が埋め込まれたプラスチックシンチレータ (直径 8.1mm, 高さ 4.5mm の円柱型、count rate は 33cps 程度) を光電子増倍管の光電面の中心に置き、gain の測定を行った。100V 刻みに印加電圧を与え、DAQ でデータ収集し、ADC のピーク ch を記録した。データ収集の回路図、結果を図 1, 表 1, 図 2 に示す。

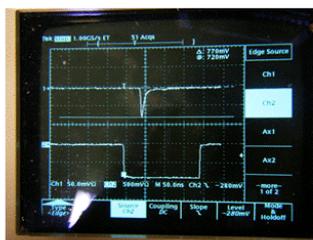
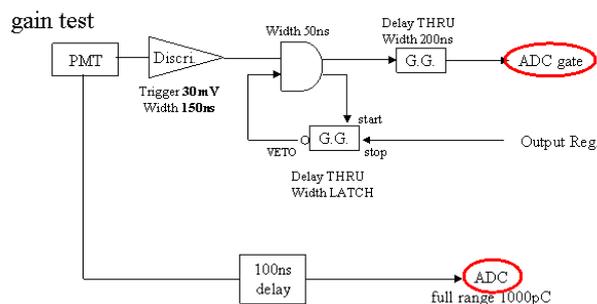


図 1: 実験回路

光電子増倍管の印加電圧を $x[V]$ 、ADCpeak を $y[ch]$ とする。累乗関数

$$y = K \cdot x^{\alpha n} \quad (4)$$

をフィットさせて、gain を求めた。また、指数関数 (実際の実験で用いる際に便利)

$$y = a e^{bx} \quad (5)$$

をフィットさせた。

PMT	K	αn	a	b
BA3231	5.620×10^{-17}	5.898	0.7274	0.004005
RA8038	2.719×10^{-20}	6.654	0.2218	0.003507
RB3543	6.233×10^{-23}	7.661	0.05681	0.005155
RB0745	2.053×10^{-23}	7.687	0.08281	0.004360
RA5855	6.758×10^{-22}	7.245	0.1560	0.004108

表 1: ADCpeak[ch] に対する光電子増倍管の gain

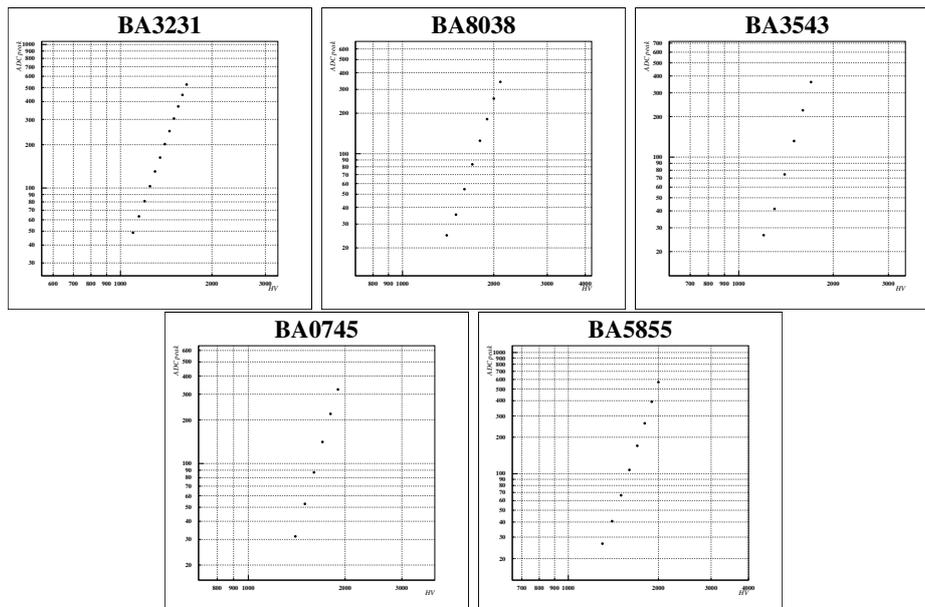


図 2: HV vs ADC

3 memo ~ fit プログラムの使い方 ~

1. `anapaw> exec ./kumac/gain [PMTnum] [run_start] [run_end] [HV_start]`
 --> 各 HV に対して、ADCpeak にガウス関数を fit させる。(HV の間隔は HV_delta=100[V])
 --> 結果は ./ps_tanaka/gain/[PMTnum].dat および ./ps_tanaka/gain/gain.dat (全履歴) に出力される。

2. `anapaw> exec ./kumac/gainfit [PMTnum] [point]`
 ただし `point=[run_end]-[run_start]+1`
 --> HV vs ADC peak のグラフに累乗関数・指数関数を fit する。
 --> 4つのパラメータ (K, n, a, b) が ./ps_tanaka/gain/gainfit.dat に出力される。