

# 光電子増倍管R9880U-210の 性能試験測定

粒子線物理学研究室 修士1年  
水野 貴裕

# 光電子増倍管の性能試験測定

**R9880U-210シリーズ**の光電子増倍管9個についてLEDを用いて性能試験測定を行った。

- ・光電面の直径: **8 mm**
- ・光電面の種類: **UBA (ウルトラバイアルカリ)**



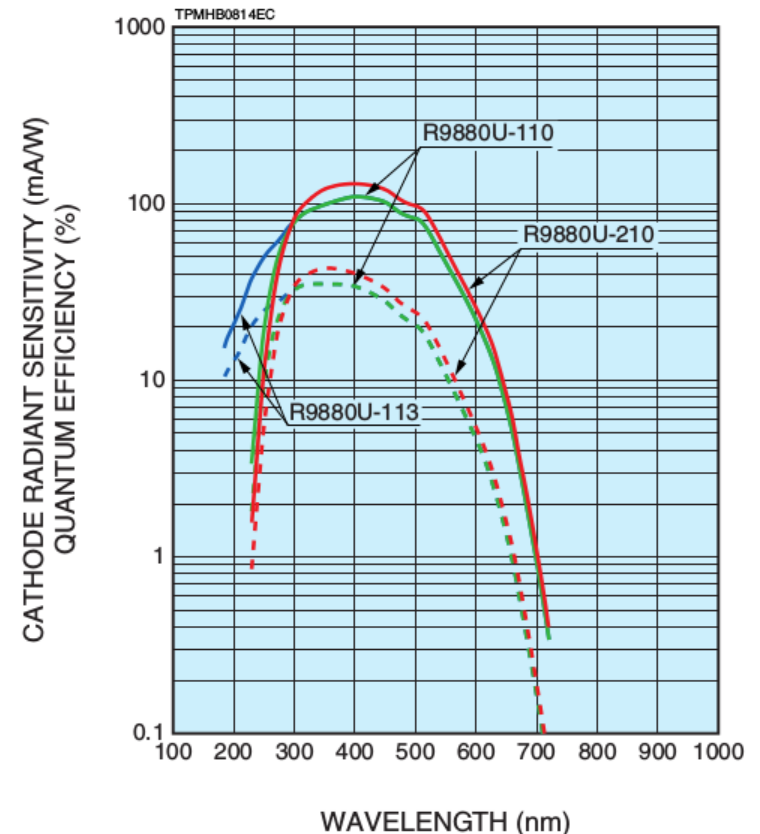
# セットアップ

- ・LEDの光の波長: **470nm**
- ・波形生成器 (F.G.: Function Generator) から**1kHz**のパルス電流(幅**30ns**, 電圧**2.2V**)を**LED**に送り、**LED**を発光させる

⇒**PMT**で検出

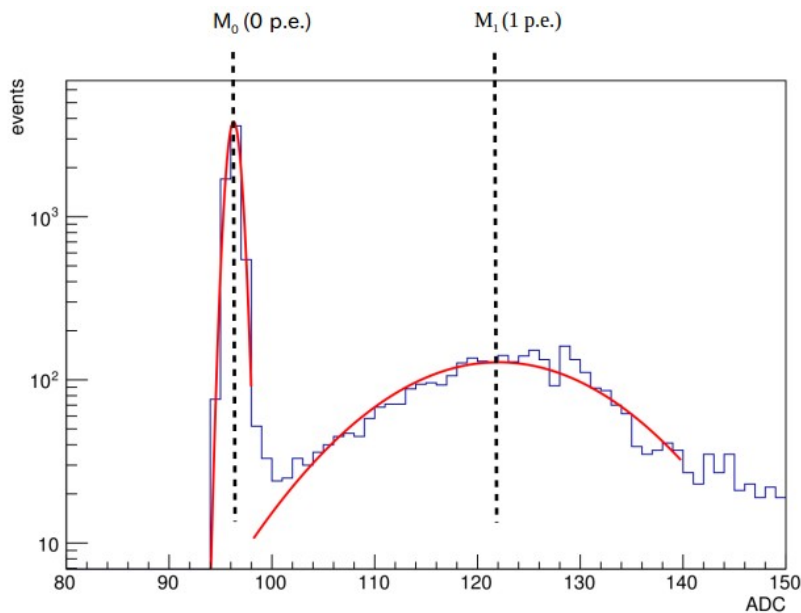
- ・トリガー時刻だけのPMT信号の電圧値を積分した後にA/D変換

変換係数:**0.278pC/ADC**



# 増幅率の測定

- 単一光子領域でのADC分布のピーク間隔を用いて増幅率を測定した。



- 増幅率は以下の式により算出した。

$$\mu(V) = \frac{(M_1 - M_0) \times C_{ADC}}{|e|}$$

e: 素電荷( $1.602 \times 10^{-19} \text{C}$ )

$C_{ADC}$ : 変換係数  $0.278 \text{pC/ADC}$

# 測定結果

- 印加電圧を1200V～1400Vの間で20Vずつ変化させ、それぞれの電圧における増幅率を求めた。

増幅率 ( $\times 10^7$ )	BAC7244	BHB4970	BHB4859	BHB4977	BPA7937	BHB4867	BHB4252	BHB4199	BHB4869
1200			2.99 $\pm$ 0.19	2.87 $\pm$ 0.17	1.95 $\pm$ 0.07	2.17 $\pm$ 0.16	3.03 $\pm$ 0.07	3.09 $\pm$ 0.09	2.45 $\pm$ 0.08
1220			3.16 $\pm$ 0.10	3.05 $\pm$ 0.20	2.14 $\pm$ 0.08	2.40 $\pm$ 0.10	3.25 $\pm$ 0.09	3.33 $\pm$ 0.08	2.60 $\pm$ 0.14
1240			3.33 $\pm$ 0.17	3.19 $\pm$ 0.10	2.34 $\pm$ 0.08	2.58 $\pm$ 0.19	3.48 $\pm$ 0.11	3.49 $\pm$ 0.08	2.84 $\pm$ 0.07
1260			3.62 $\pm$ 0.14	3.43 $\pm$ 0.12	2.60 $\pm$ 0.16	2.77 $\pm$ 0.07	3.74 $\pm$ 0.10	3.80 $\pm$ 0.09	3.06 $\pm$ 0.07
1280			3.80 $\pm$ 0.12	3.63 $\pm$ 0.10	2.83 $\pm$ 0.13	2.96 $\pm$ 0.12	3.91 $\pm$ 0.11	3.98 $\pm$ 0.08	3.30 $\pm$ 0.12
1300	1.02 $\pm$ 0.04	4.60 $\pm$ 0.15	4.03 $\pm$ 0.13	3.79 $\pm$ 0.11	3.05 $\pm$ 0.12	3.20 $\pm$ 0.09	4.20 $\pm$ 0.09	4.21 $\pm$ 0.10	3.53 $\pm$ 0.11
1320	1.17 $\pm$ 0.09	4.77 $\pm$ 0.13	4.24 $\pm$ 0.11	4.04 $\pm$ 0.10	3.28 $\pm$ 0.15	3.41 $\pm$ 0.13	4.40 $\pm$ 0.13	4.48 $\pm$ 0.11	3.69 $\pm$ 0.11
1340	1.30 $\pm$ 0.09	5.05 $\pm$ 0.14	4.59 $\pm$ 0.13	4.23 $\pm$ 0.09	3.44 $\pm$ 0.09	3.62 $\pm$ 0.09	4.71 $\pm$ 0.10	4.72 $\pm$ 0.10	3.95 $\pm$ 0.11
1360	1.42 $\pm$ 0.14	5.26 $\pm$ 0.15	4.82 $\pm$ 0.13	4.45 $\pm$ 0.13	3.64 $\pm$ 0.12	3.82 $\pm$ 0.11	4.95 $\pm$ 0.12	5.01 $\pm$ 0.11	4.15 $\pm$ 0.09
1380	1.56 $\pm$ 0.09	5.47 $\pm$ 0.12	5.05 $\pm$ 0.13	4.68 $\pm$ 0.13	3.82 $\pm$ 0.09	4.03 $\pm$ 0.12	5.32 $\pm$ 0.12	5.36 $\pm$ 0.15	4.39 $\pm$ 0.10
1400	1.69 $\pm$ 0.12	5.65 $\pm$ 0.14	5.45 $\pm$ 0.18	4.93 $\pm$ 0.12	4.04 $\pm$ 0.12	4.19 $\pm$ 0.12	5.82 $\pm$ 0.14	5.99 $\pm$ 0.16	4.61 $\pm$ 0.11

# フィット関数のパラメータ

・印加電圧に対して増幅率は指数関数的に増加する  
⇒フィット関数 $F(V)=\alpha V^\beta$ でフィットした。

	BAC7 244	BHB4 970	BHB4 859	BHB4 977	BPA7 937	BHB4 867	BHB4 252	BHB4 199	BHB4 869
$\alpha$	$(2.88 \pm 1.18) \times 10^{-15}$	$(5.49 \pm 0.93) \times 10^{-2}$	$(3.34 \pm 9.45) \times 10^{-5}$	$(4.75 \pm 11.33) \times 10^{-4}$	$(7.30 \pm 12.82) \times 10^{-8}$	$(4.37 \pm 12.09) \times 10^{-6}$	$(1.05 \pm 1.57) \times 10^{-5}$	$(1.59 \pm 2.39) \times 10^{-5}$	$(7.09 \pm 12.62) \times 10^{-6}$
$\beta$	$6.92 \pm 0.06$	$2.87 \pm 0.02$	$3.88 \pm 0.39$	$3.50 \pm 0.33$	$4.69 \pm 0.24$	$4.13 \pm 0.39$	$4.05 \pm 0.21$	$3.99 \pm 0.21$	$4.07 \pm 0.25$

# 測定精度

- ・また、各観測値の精度を誤差の伝搬式

$$\sigma^2 = \sum_i \left( \frac{\partial f(x_i)}{\partial x_i} \right)^2 \delta f(x_i)^2$$

を使用して求めた。

	<b>BAC7</b>	<b>BHB4</b>	<b>BHB4</b>	<b>BHB4</b>	<b>BPA7</b>	<b>BHB4</b>	<b>BHB4</b>	<b>BHB4</b>	<b>BHB4</b>
	<b>244</b>	<b>970</b>	<b>859</b>	<b>977</b>	<b>937</b>	<b>867</b>	<b>252</b>	<b>199</b>	<b>869</b>
<b>誤差の 最大値</b>	<b>0.107</b>	<b>0.034</b>	<b>0.074</b>	<b>0.067</b>	<b>0.093</b>	<b>0.118</b>	<b>0.054</b>	<b>0.078</b>	<b>0.076</b>

- ・結果として±12%未満の測定精度が保証されていることが確認できた。

# 熱雑音の測定

・LED消灯時の熱雑音頻度は全事象のうち0.5p.e.を超える信号が観測された事象の比として定義された。

印加電圧 [V]	熱雑音頻度								
	BAC7244	BHB4970	BHB4859	BHB4977	BPA7937	BHB4867	BHB4252	BHB4199	BHB4869
1200			3.00E-05	0.00E+00	9.00E-05	0.00E+00	2.00E-05	3.00E-05	2.00E-05
1220			1.00E-05	0.00E+00	1.00E-05	1.00E-05	1.00E-05	2.00E-05	0.00E+00
1240			2.00E-05	1.00E-05	2.00E-05	2.00E-05	3.00E-05	6.00E-05	0.00E+00
1260			0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.00E-05	1.00E-04	1.00E-05
1280			1.00E-05	0.00E+00	2.00E-05	0.00E+00	2.00E-05	1.90E-04	0.00E+00
1300	2.00E-05	2.00E-05	2.00E-05	0.00E+00	1.00E-05	1.00E-05	2.00E-05	2.00E-04	0.00E+00
1320	0.00E+00	4.00E-05	3.00E-05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.00E-05	3.00E-04	0.00E+00
1340	2.00E-05	6.00E-05	5.00E-05	1.00E-05	0.00E+00	0.00E+00	7.00E-05	4.60E-04	1.00E-05
1360	2.00E-05	1.40E-04	1.00E-05	1.00E-05	1.00E-05	0.00E+00	4.00E-05	4.70E-04	2.00E-05
1380	1.00E-05	1.10E-04	3.00E-05	7.00E-05	0.00E+00	0.00E+00	1.30E-04	7.40E-04	0.00E+00
1400	0.00E+00	1.30E-04	5.00E-05	4.00E-05	2.00E-05	2.00E-05	1.30E-04	7.60E-04	0.00E+00



# まとめ

- ・光電子増倍管 (R9880U-210シリーズ) 9個の性能試験測定を行った。
- ・印加電圧と増幅率の関係が得られた。
- ・測定精度は12%未満であった。
- ・熱雑音の測定により、印加電圧と熱雑音の関係を確認した。