

K⁰TO実験における CSIカロリメータへの要請と 読み出しPMTの開発

2008 21st Sep. @ 山形大学

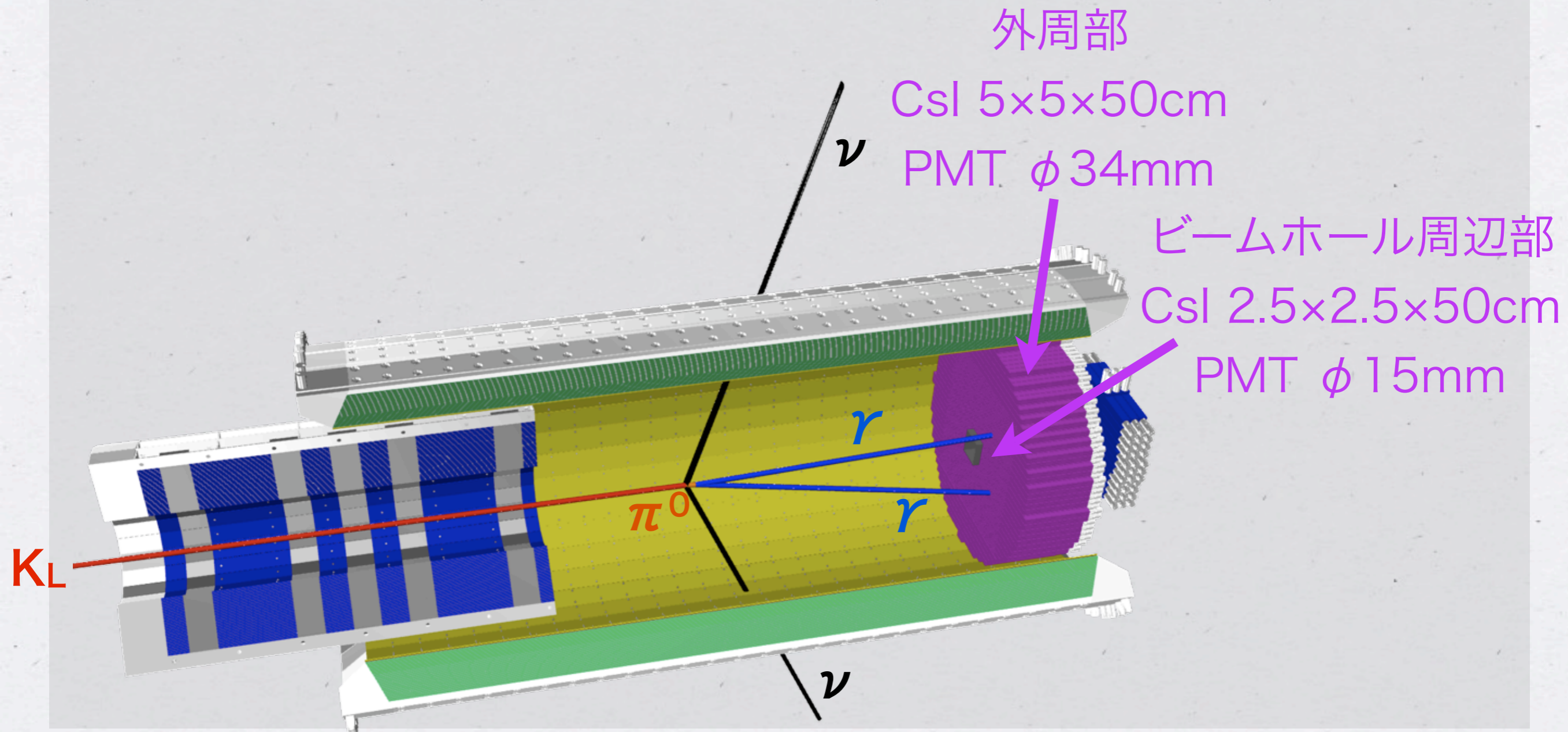
京都大学理学研究科高エネルギー研究室

増田孝彦、内藤大地、前田陽祐、河崎直樹、臼杵亨、
塩見公志、森井秀樹、隅田土詞、南條創、野村正、笹尾登
他 K⁰TO collaboration

The Physical Society of Japan 2008 autumn meeting

K⁰TO CsI calorimeter

- K⁰TO実験ではCsI main calorimeterに、3000本のKTeV pure CsIを再利用する。同時に読み出し用光検出器にもKTeV PMTを用いる。
 - ▶ KTeV : 1990代にFNALで行われたKaon CP violation測定実験



K⁰TOとKTeV

✓ KTeV

- 発熱量 1W程度
 - ▶ 空冷
 - ▶ pure CsI の温度特性 1%/K
- energy upper range 80GeV
 - ▶ Tevatron energy 800GeV
- PMT gain 5000
 - ▶ 80GeVで1000pC出力

✓ K⁰TO

- 発熱は出来る限り小さく
 - ▶ 真空中で2700本の動作
- energy lower range 1MeV
 - ▶ Veto検出器としての要請
- PMT gain
 - ▶ 5000では16fC/MeV

問題点と解決方法

- 発熱

- ▶ K⁰TOはPMTを真空中に設置する。
- ▶ PMT数がE391aに比べて2倍(1300本→2700本)
 - 真空中で約3kWの発熱があり、冷却が大変

- スペース

- ▶ HVケーブル2700本を真空中に引き込まなければならない。
- ▶ 冷却用の配管。

✓ 高圧供給を抵抗分割ベースから Cockcroft-Walton ベースに変更する事で、上記の問題を解決した。(前回発表分)

✓ 光電子増倍率

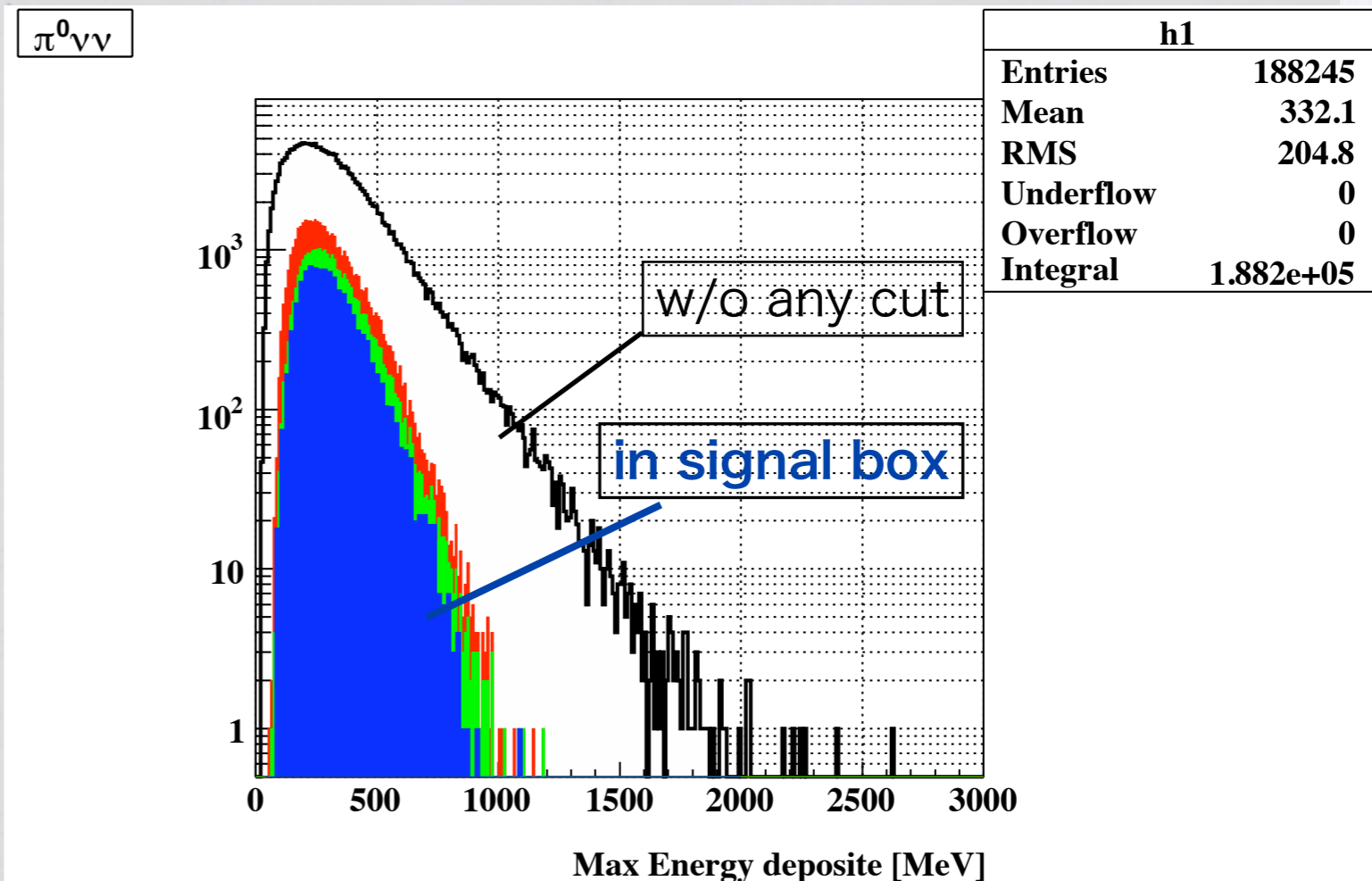
➡ PMT baseにPreampを内蔵することで、解決を試みた。
(今回発表分)

Csl calorimeterへの要求

✓ Cut後に残っているsignal由来のenergy deposit/crystal
(下図:青histogram)

- energy rangeのupper limitは1GeV
- Veto検出器としては1MeVの検出能力が必要

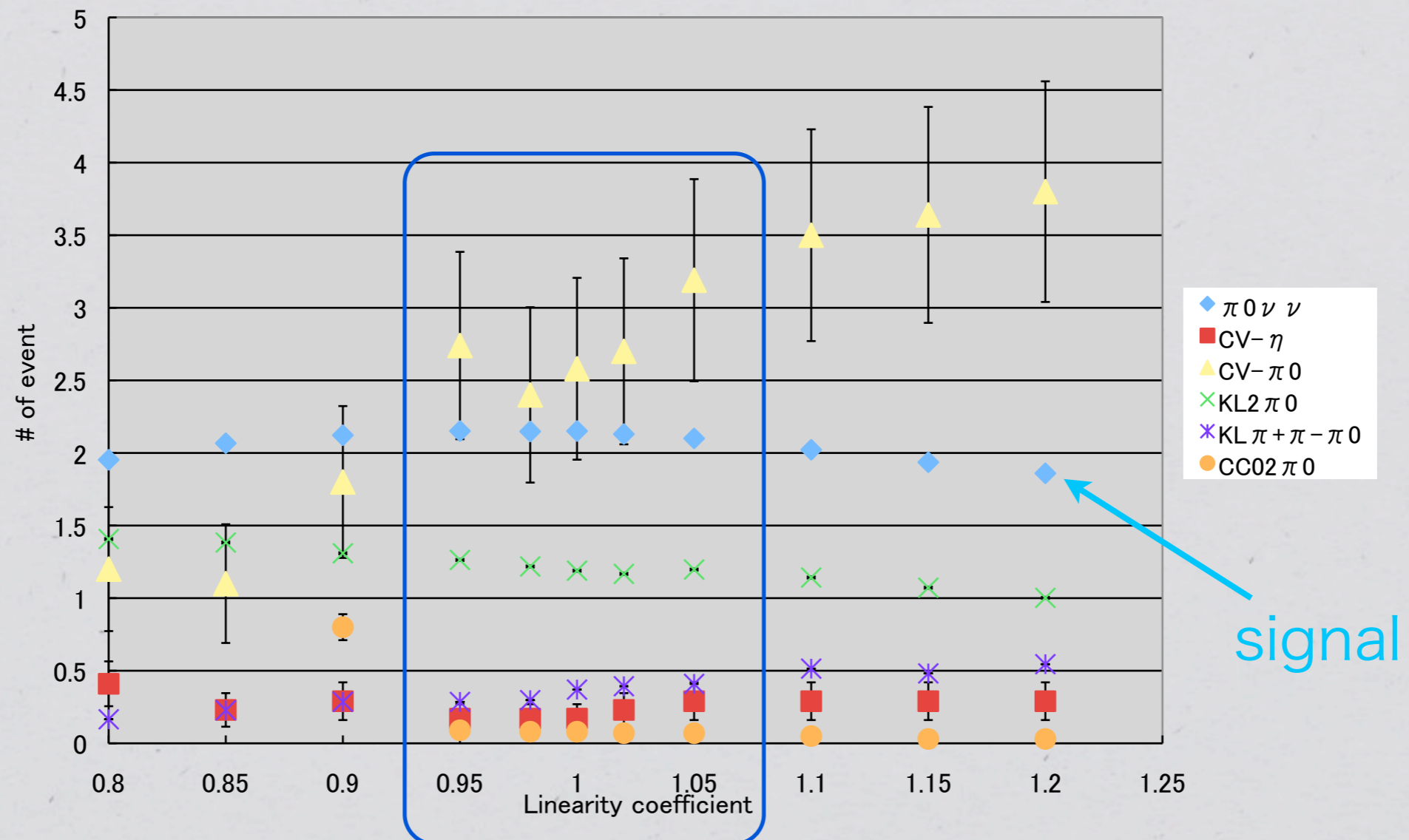
→ energy range requirement 1MeV - 1GeV



Csl calorimeterへの要求2

✓ Linearity

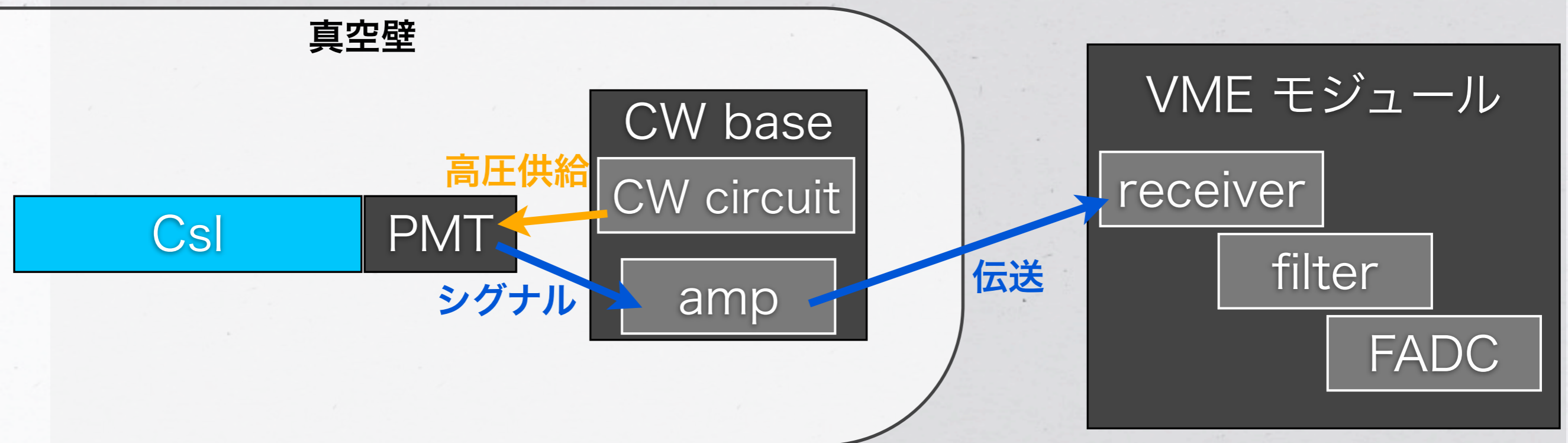
- calorimeterがエネルギーを間違えた際に、signalとB.G.がどのように変化するかを確認。±5%までを許容値とした。



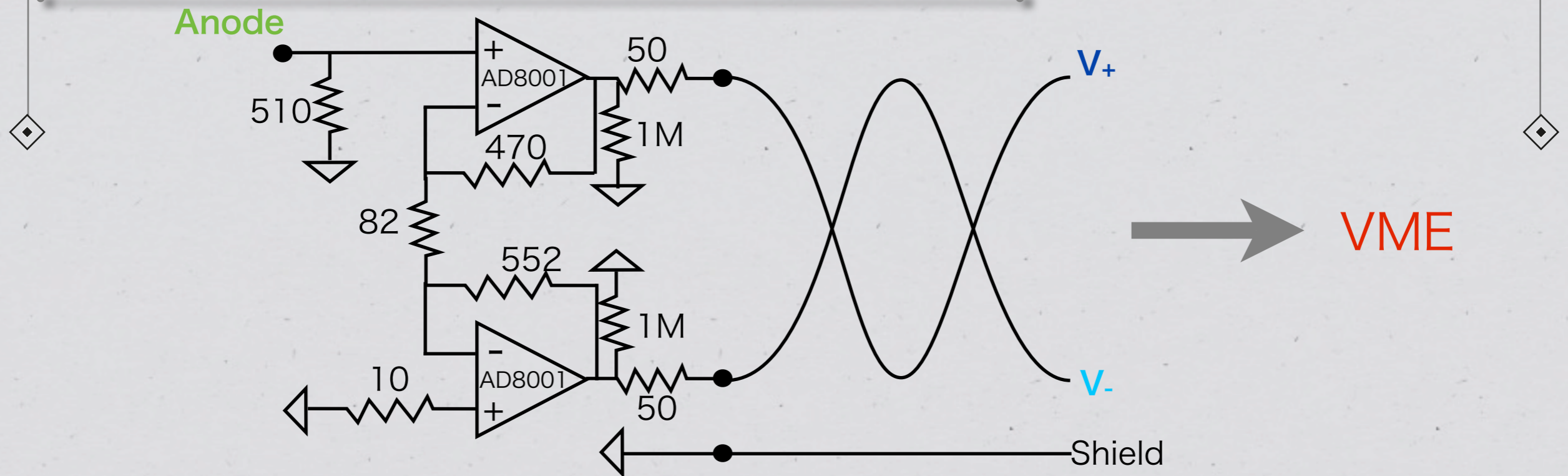
K⁰TO CsI calorimeterへの要請

- ✓ Linearity $\pm 5\%$
- ✓ energy range 1MeV - 1.3GeV
 - $1.3\text{GeV} \times 80\% = 1.04\text{GeV} > 1\text{GeV}$
 - Linearity許容値 $\pm 5\%$ \times safety factor 4 = 20%
- ✓ $1.5\text{mV}_{\text{p-p}}/\text{MeV}$ output

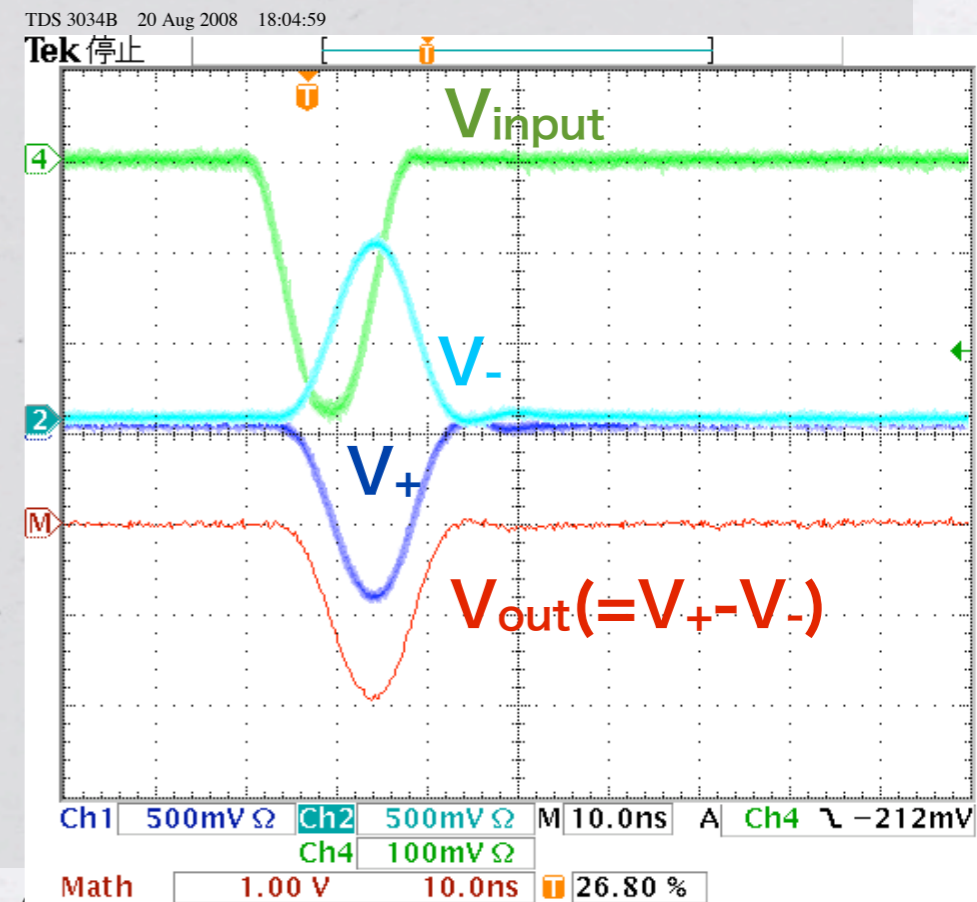
➔ PreampをPMT baseに内蔵し、増幅率を稼ぐことにした。



preamp design



- ✓ 消費電力 80mW ($V_{\text{supply}} = \pm 4.3\text{V}$)
- ✓ differential output via 100Ω STP cable
- ✓ $1.5\text{mV}_{\text{p-p}}/\text{MeV}$ output (HV=1500V)
- ✓ Max $2\text{V}_{\text{p-p}}$ (1.3GeV) output
- ✓ Noise $200\mu\text{V}_{\text{rms}}$
- ✓ offset $\pm 5\text{mV}$



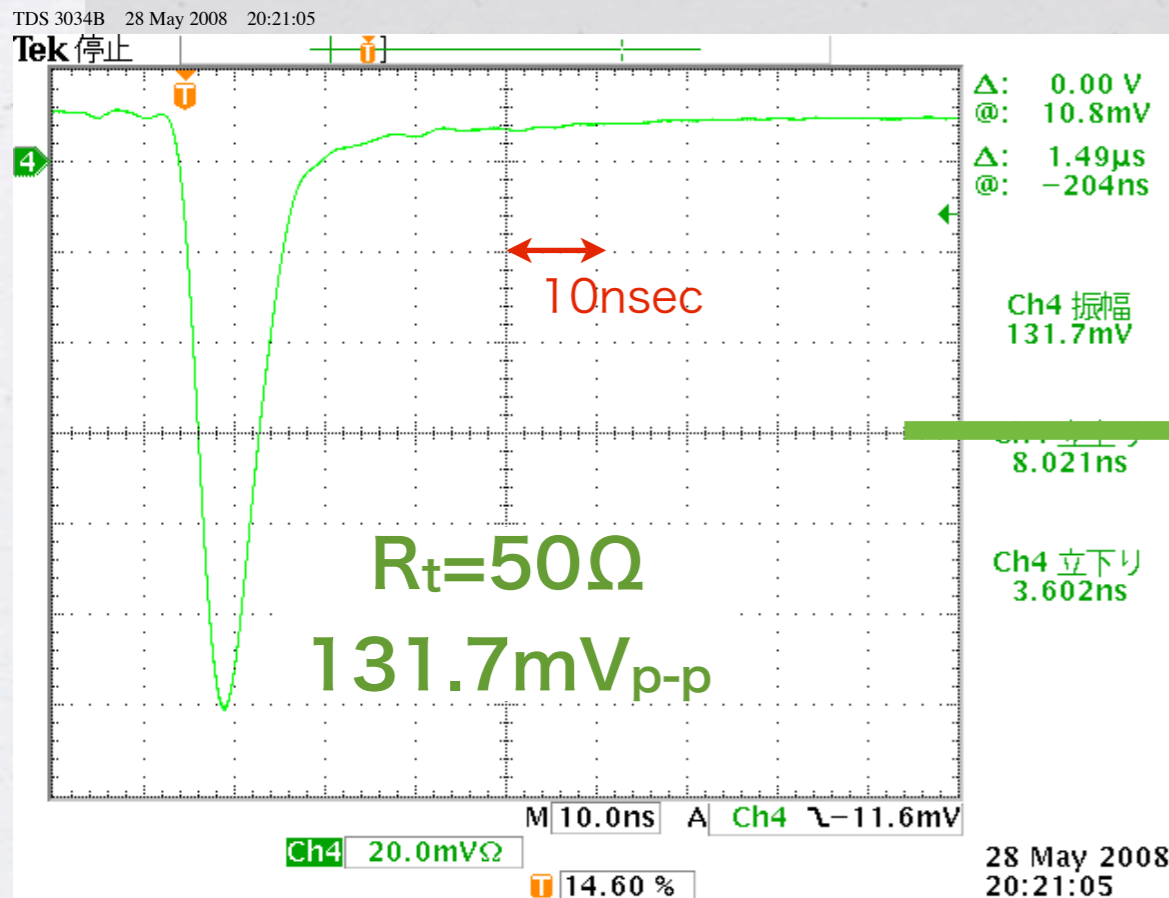
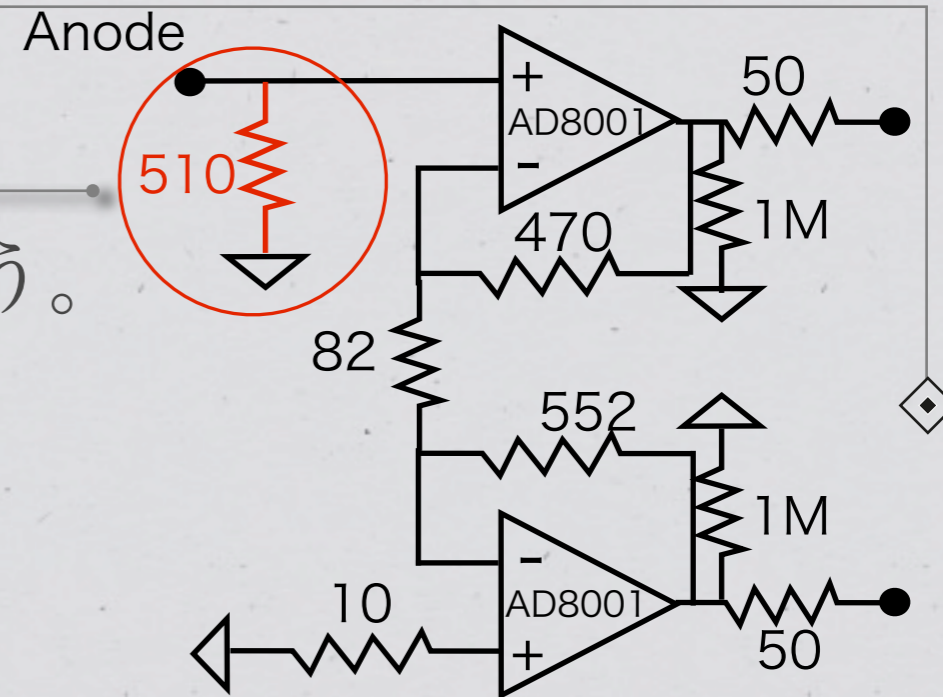
termination resistor R_t

✓ PMTの終端抵抗 R_t での電圧増幅を行う。

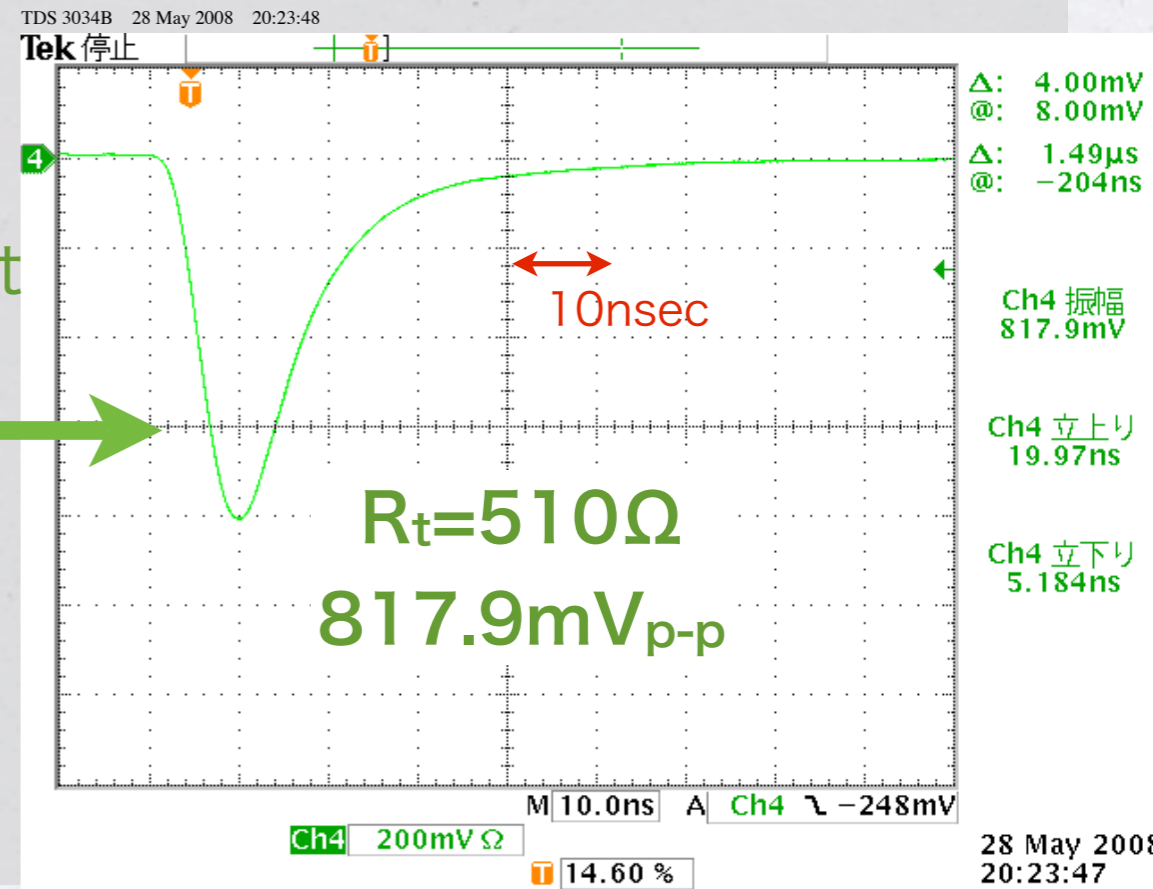
- R_t での(50Ωからの)増幅率はPMT等の容量に依存する。
- また、RCの時定数でテールを引くため、あまり大きくはできない

▶ shaperの時定数からみて、20nsecまでは問題ない。

✓ $R_t=510\Omega$ で6~6.5倍程度の増幅を行う。



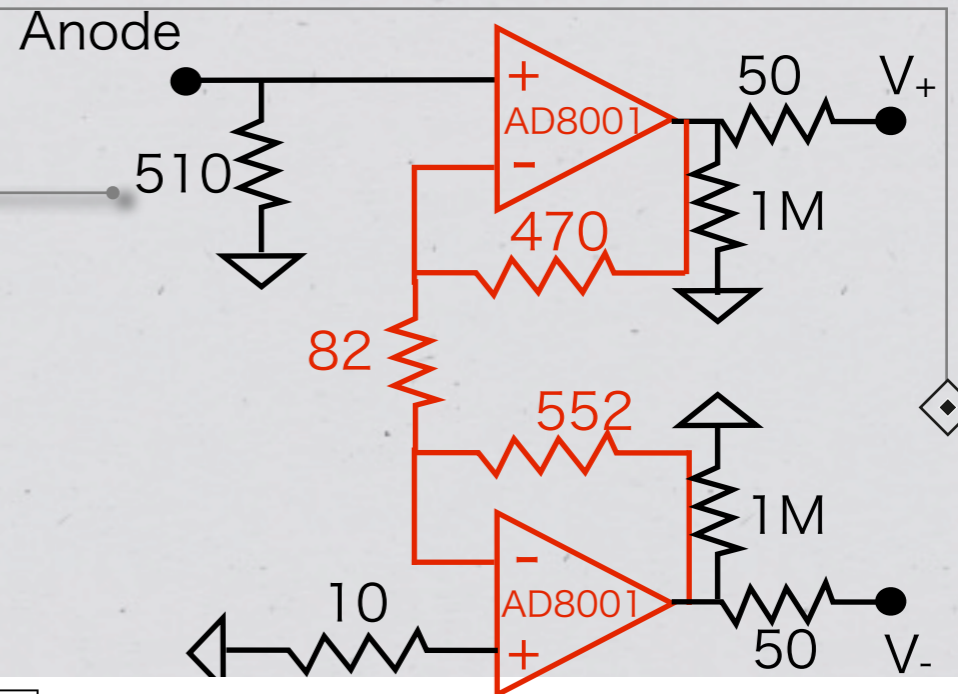
pulse height
×6.2



opamp

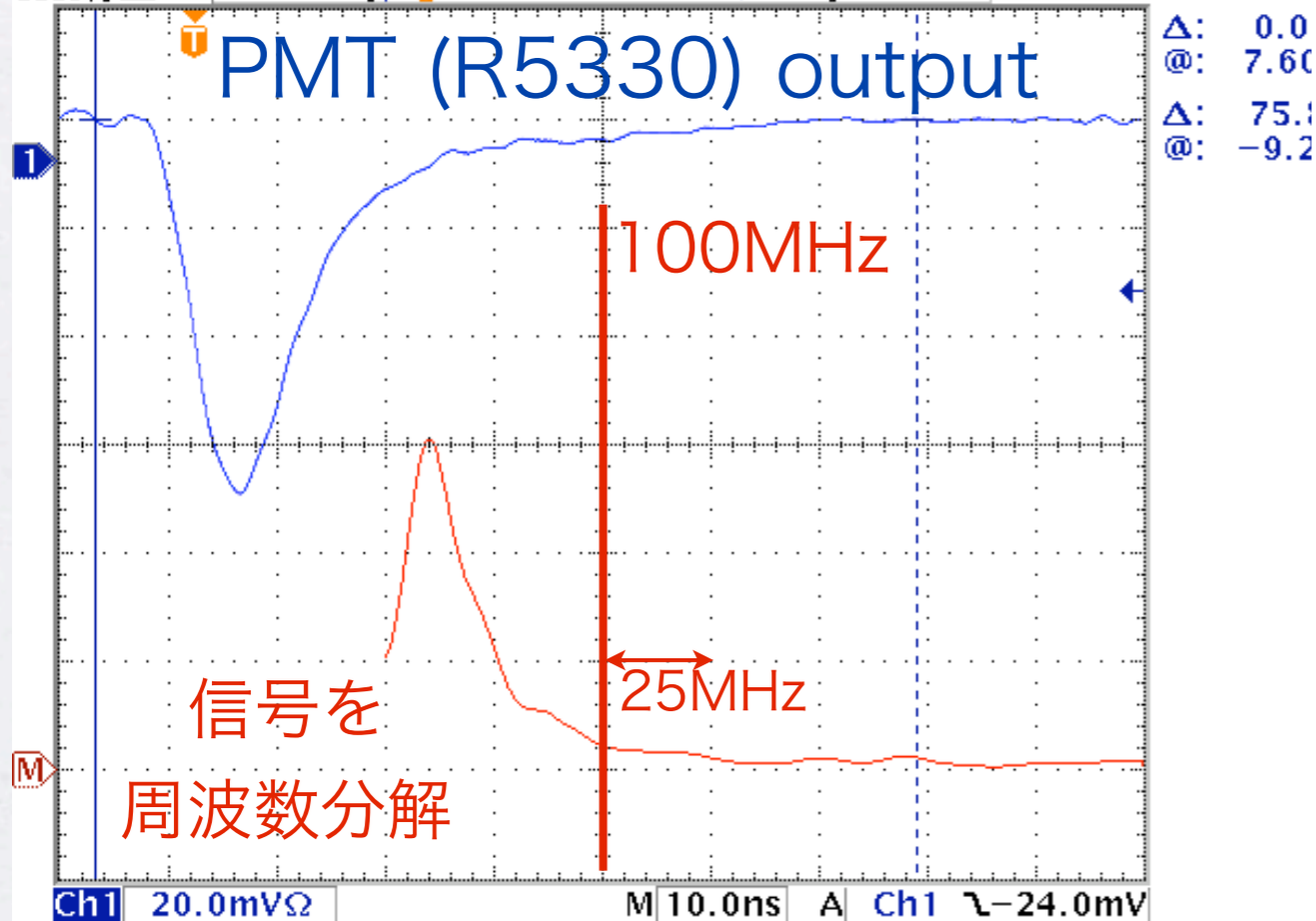
✓ AD8001

- Low power consumption
- Current feedback High-speed amplifier
- Single to differential
- gain 6.7 ($\times 2/2$)
- 400MHz -3dB BandWidth

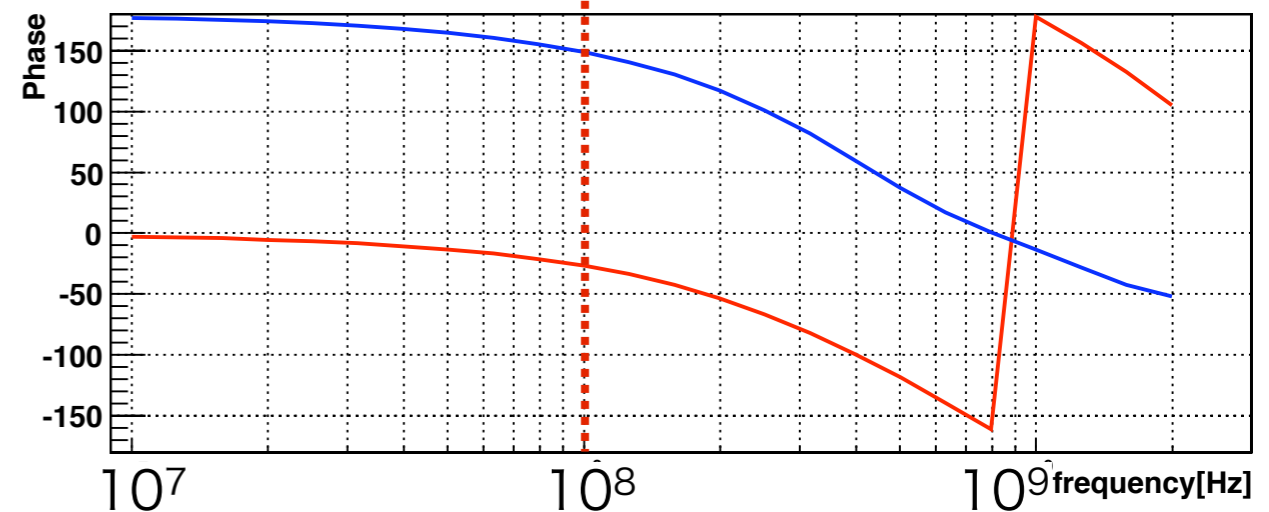
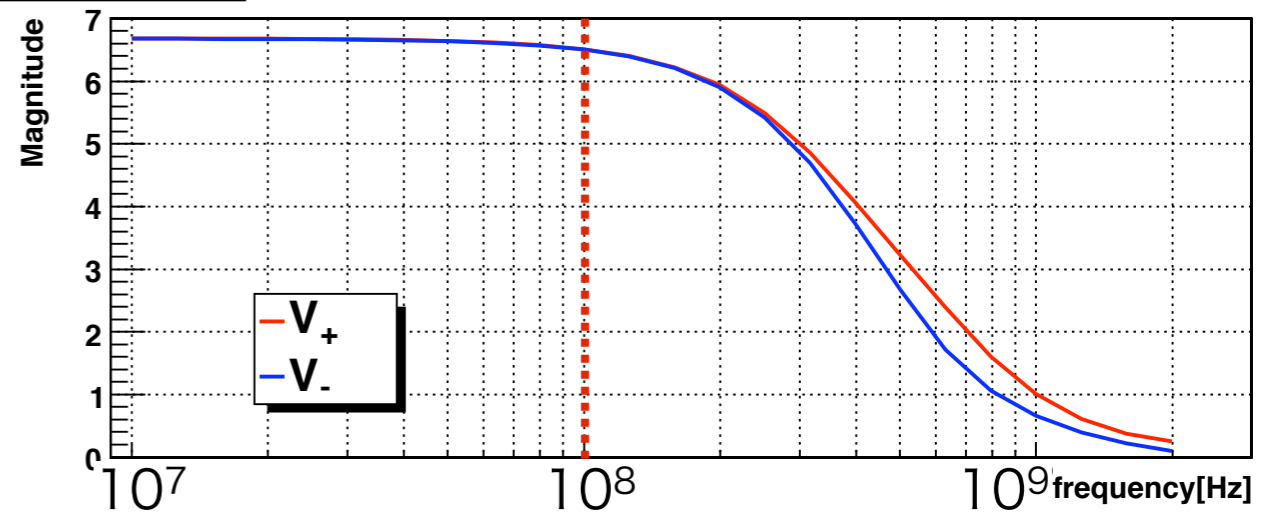


TDS 3034B 10 Jul 2008 17:42:35

Tek 停止



differential preamp



10 Jul 2008
17:42:35

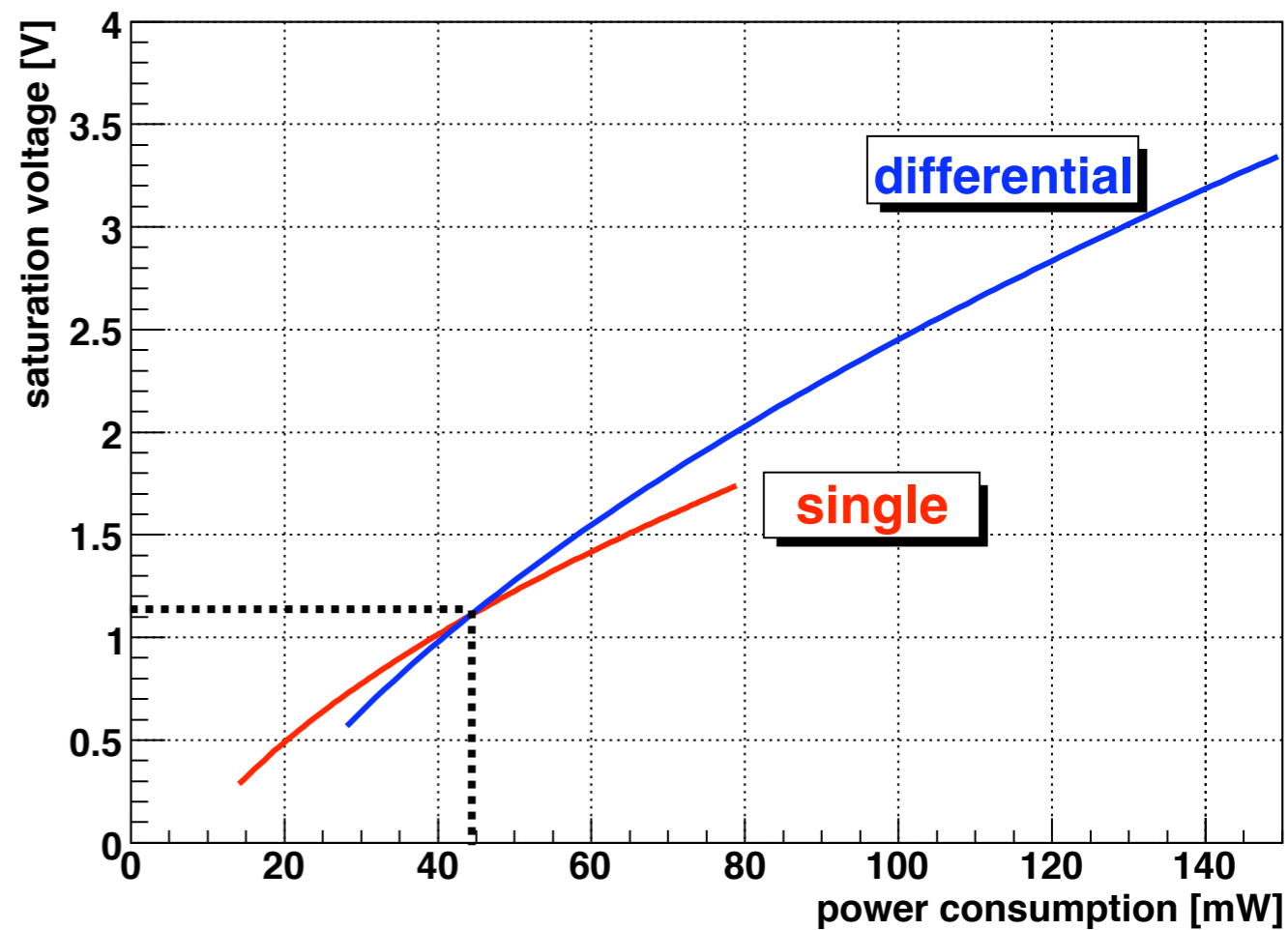
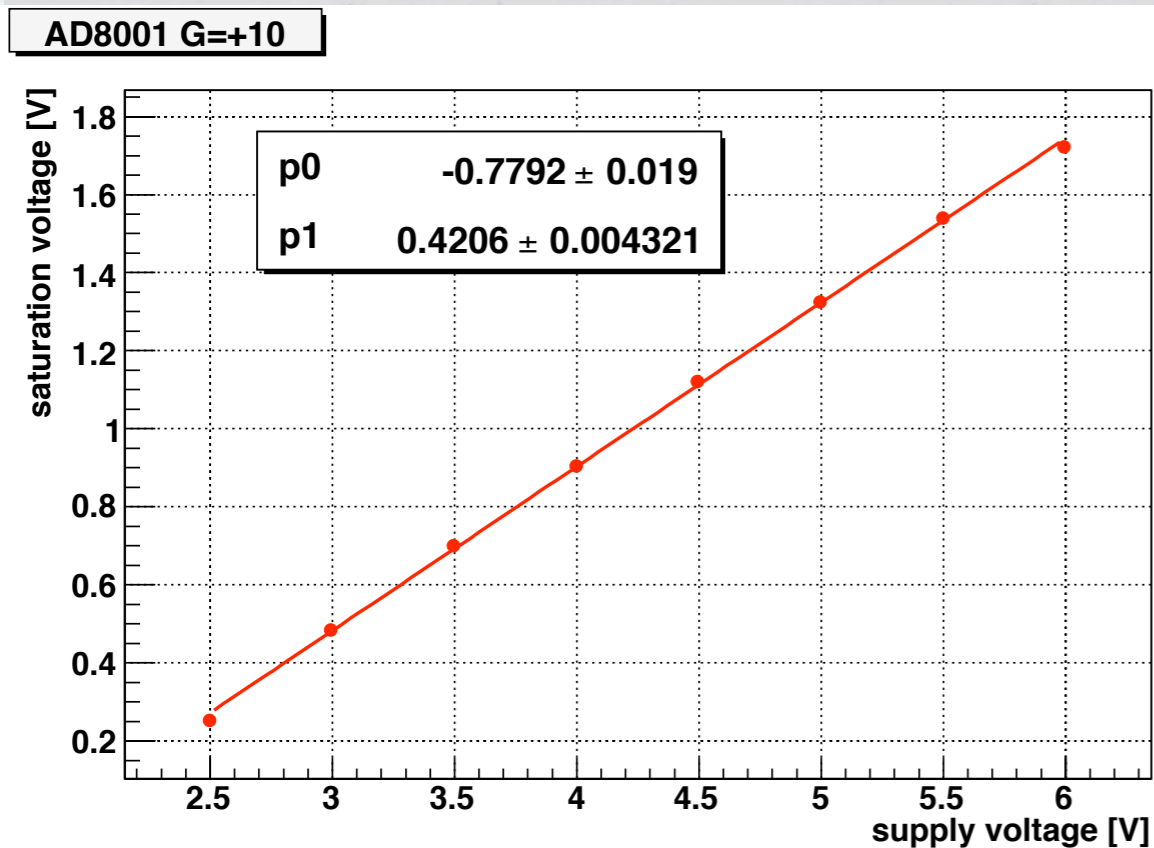
The Physical Society of Japan 2008 autumn meeting

Merit of differential output

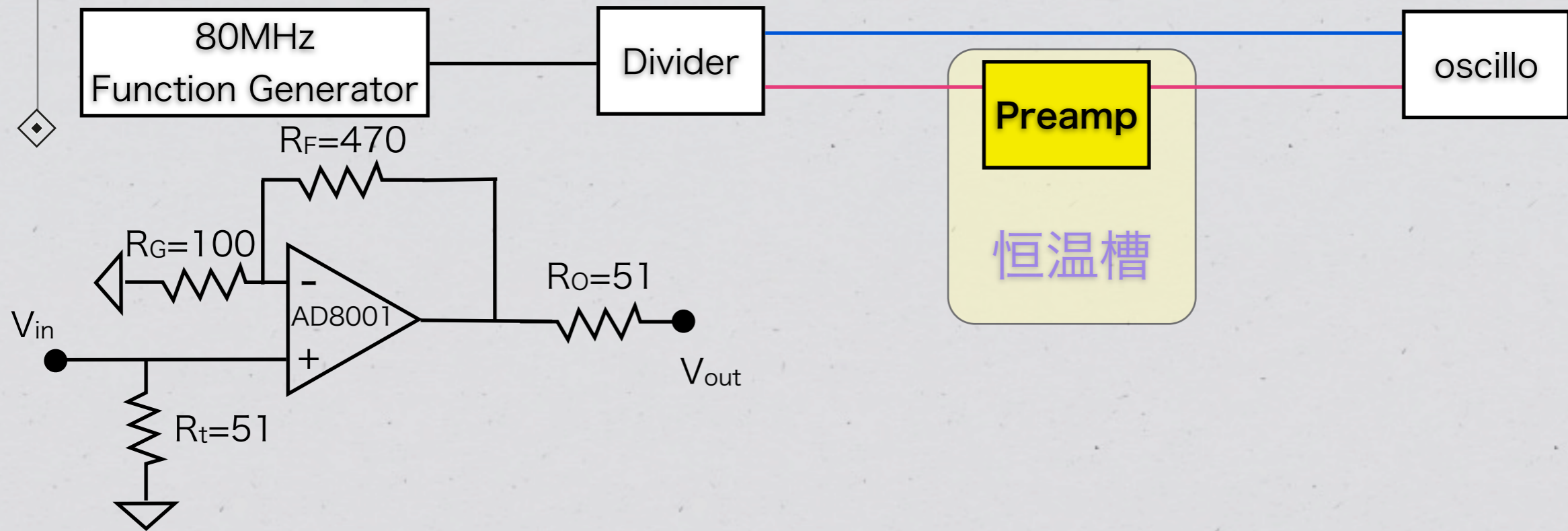
✓ Shielded Twisted Pair cableと組み合わせる事で、
大幅なcrosstalkの低減が可能

✓ 低消費電力

- 1.1V_{p-p}以上を出力する場合は**differential**の方が低消費電力 (右図)
 - ▶ 供給電圧と最大出力電圧は比例(左図)



temperature effect

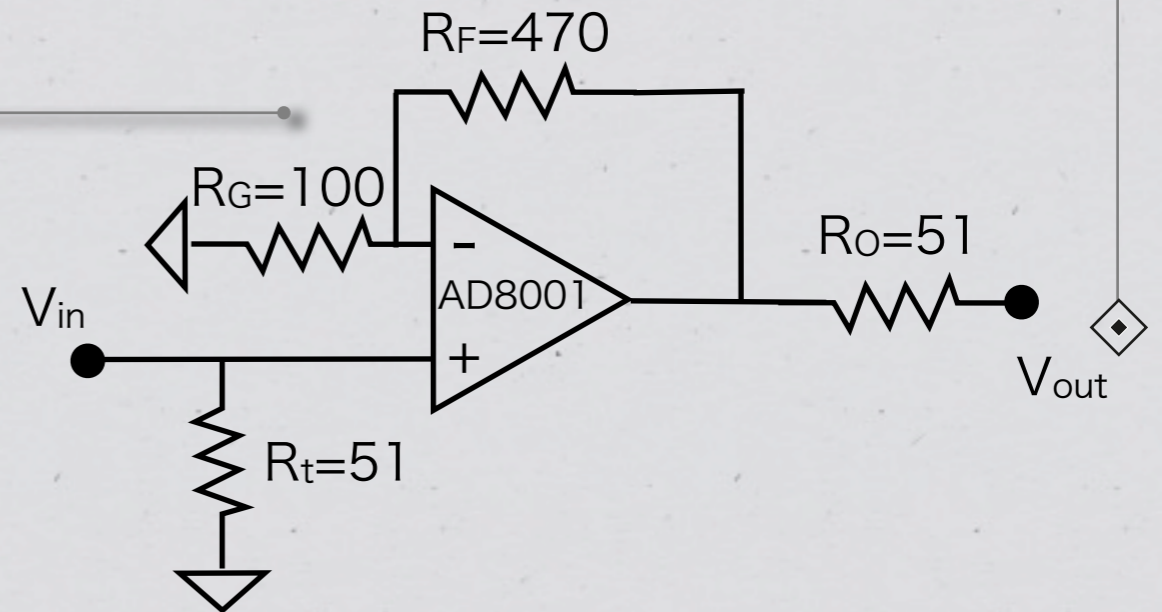


✓ Preampを恒温槽に入れて、0-80°C(10°C刻み)でgain測定

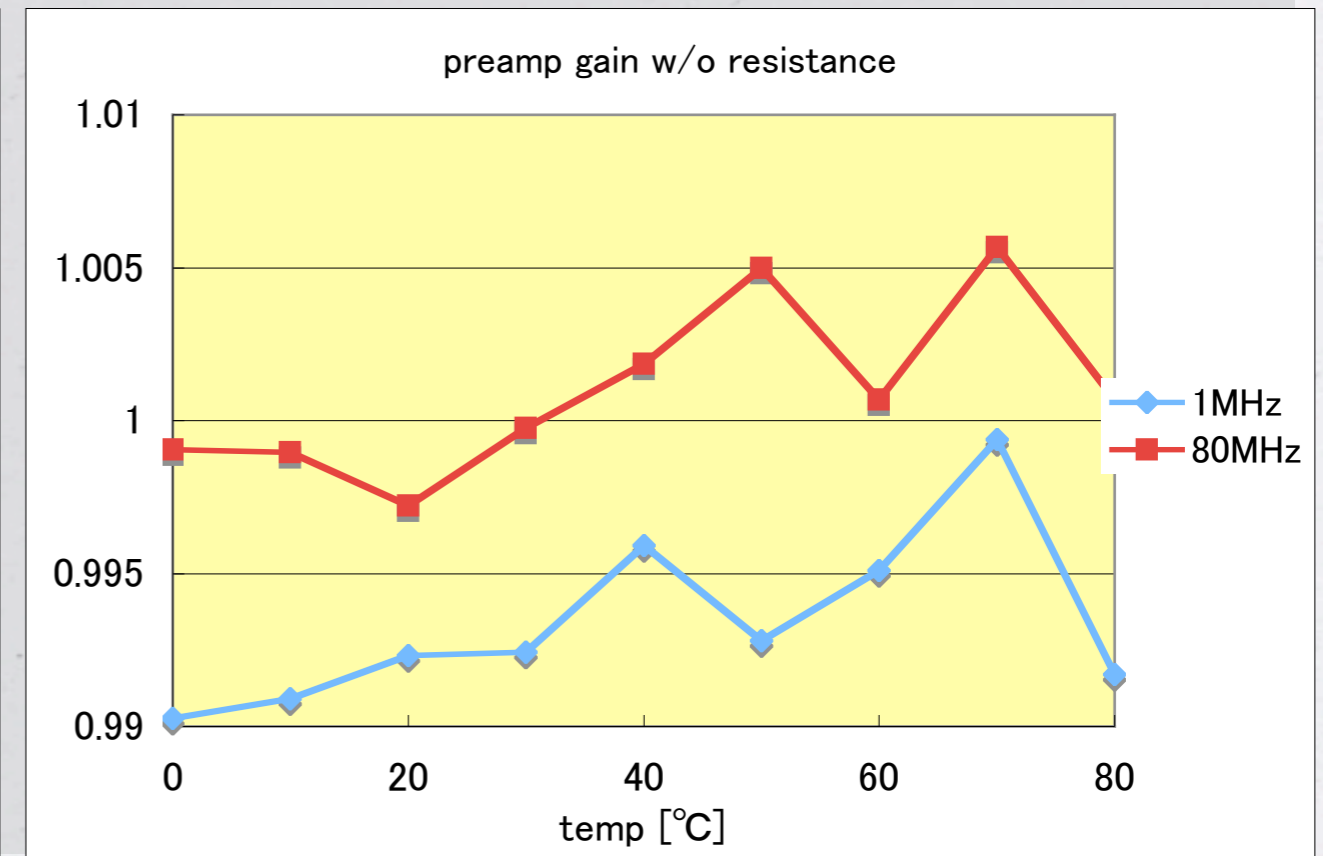
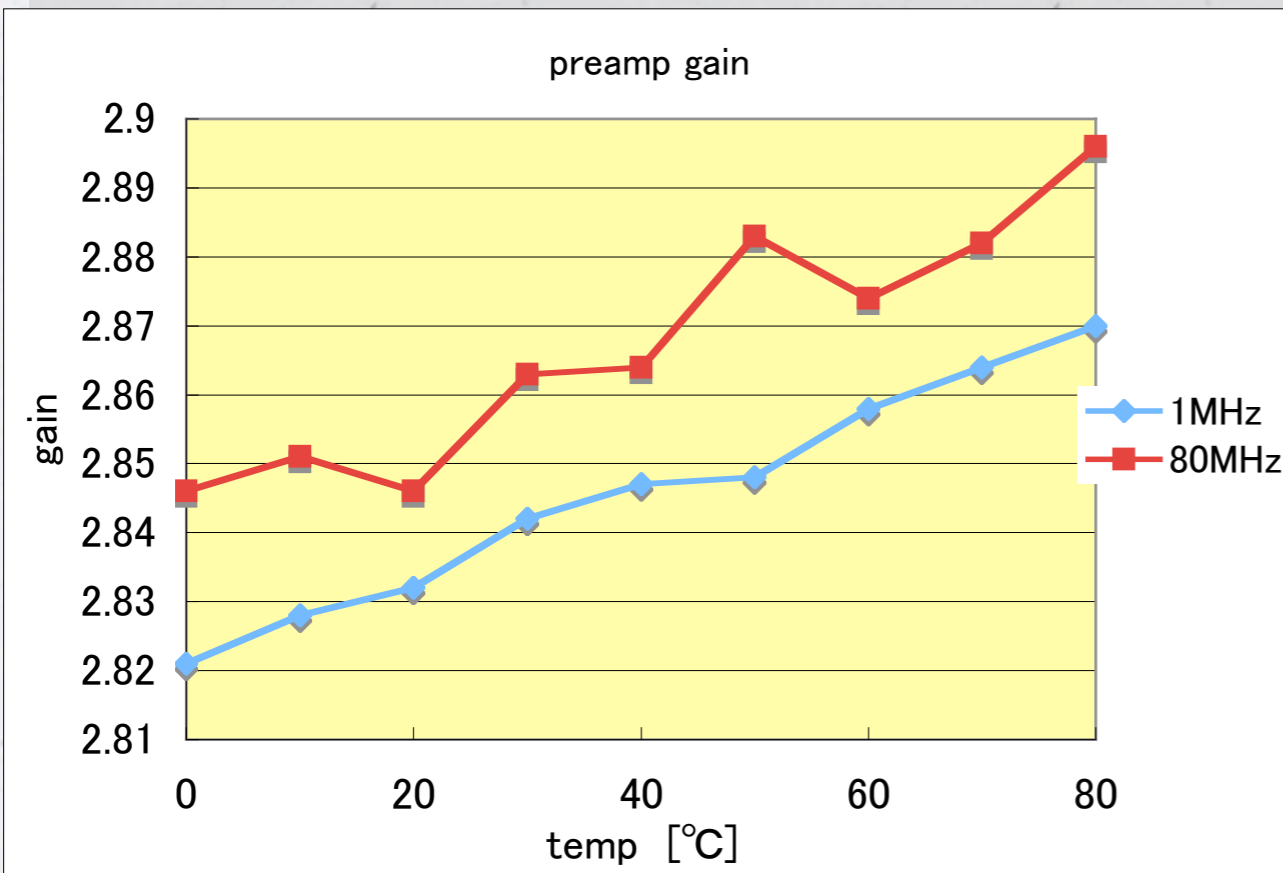
- 規定温度に達した後、30分放置後に測定
- sine wave (1MHz, 80MHz)
- 4つの抵抗の温度変化も測定

$$\text{Gain} = \left(1 + \frac{R_F}{R_G}\right) \frac{50}{50 + R_O} \frac{2R_t}{50 + R_t}$$

- 抵抗込み(左図)
 - ▶ 0 → 80°Cで3%ほど増加
- 抵抗抜き(右図)
 - ▶ 変動は±0.5%以下



✓ 温度係数の小さい抵抗を使えば、温度変化はnegligible

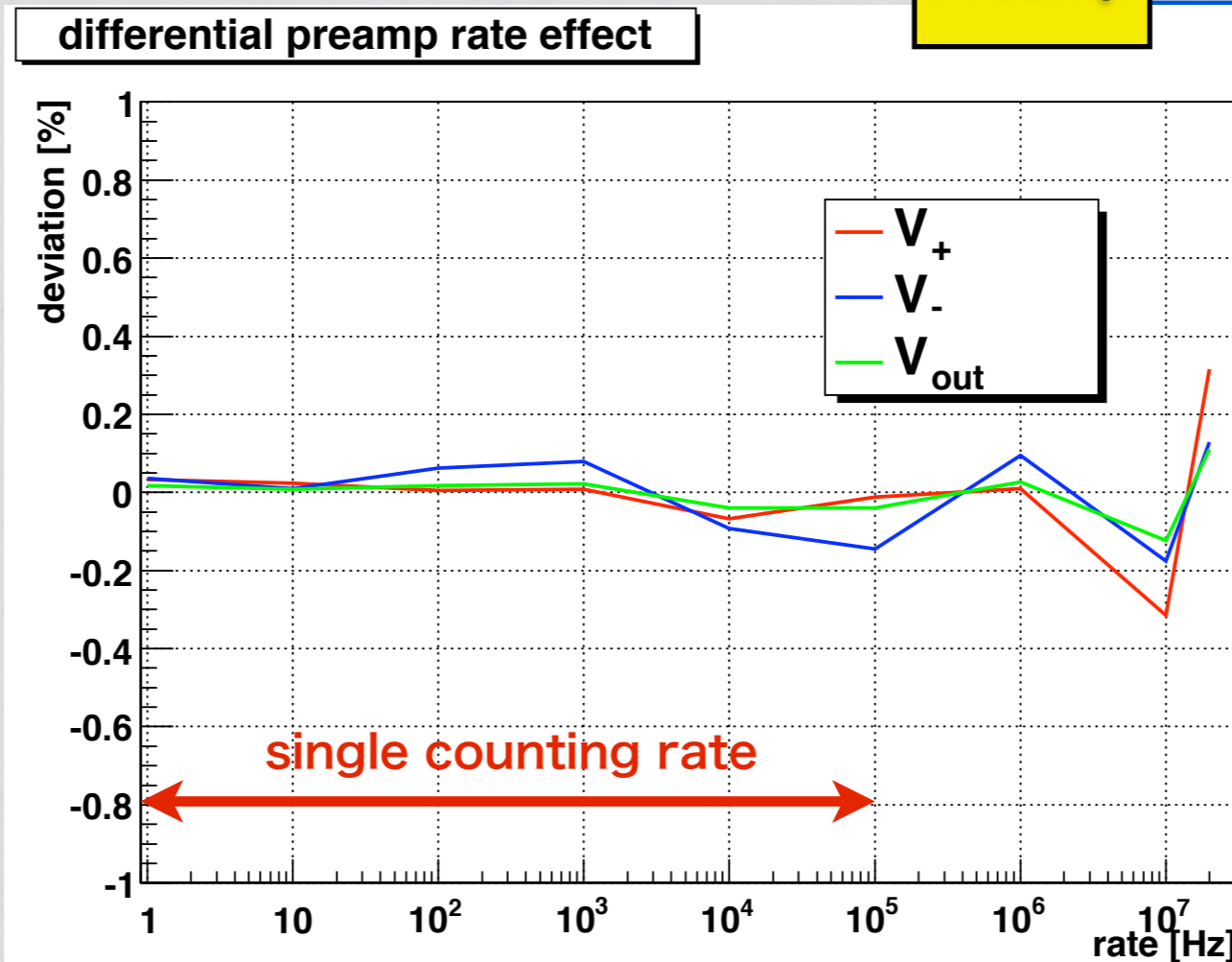
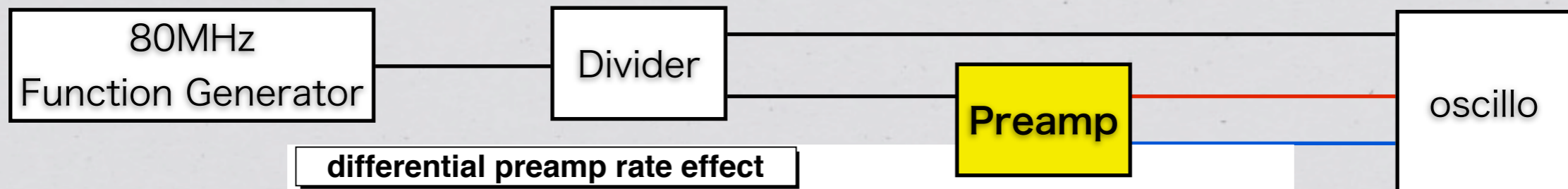


rate effect

✓ $2V_{p-p}$ output 条件、1Hz~20MHzの範囲内で

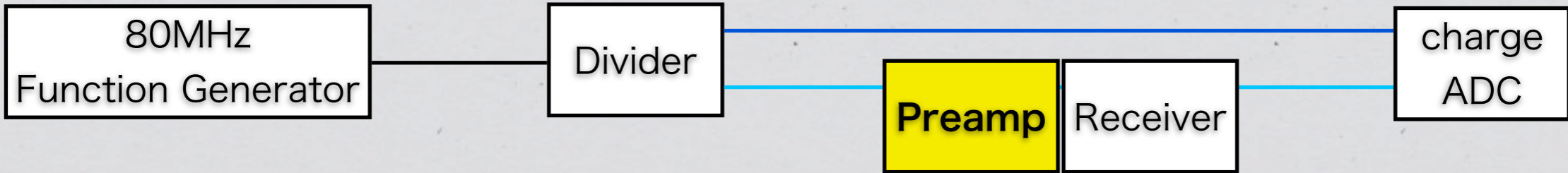
ゲインの変動は $\pm 0.2\%$ 未満

- 必要なsingle counting rateは100kHz

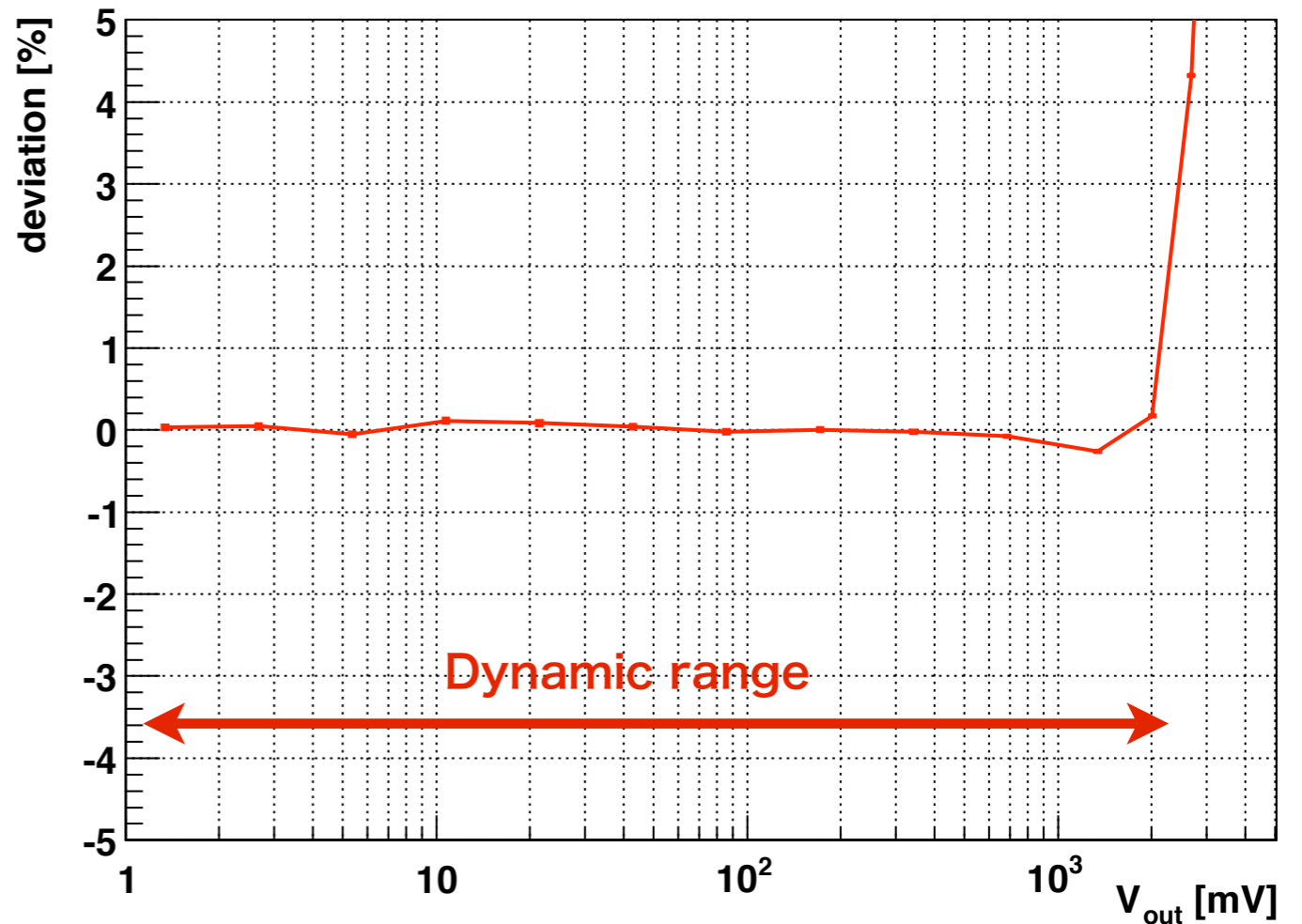


Linearity check

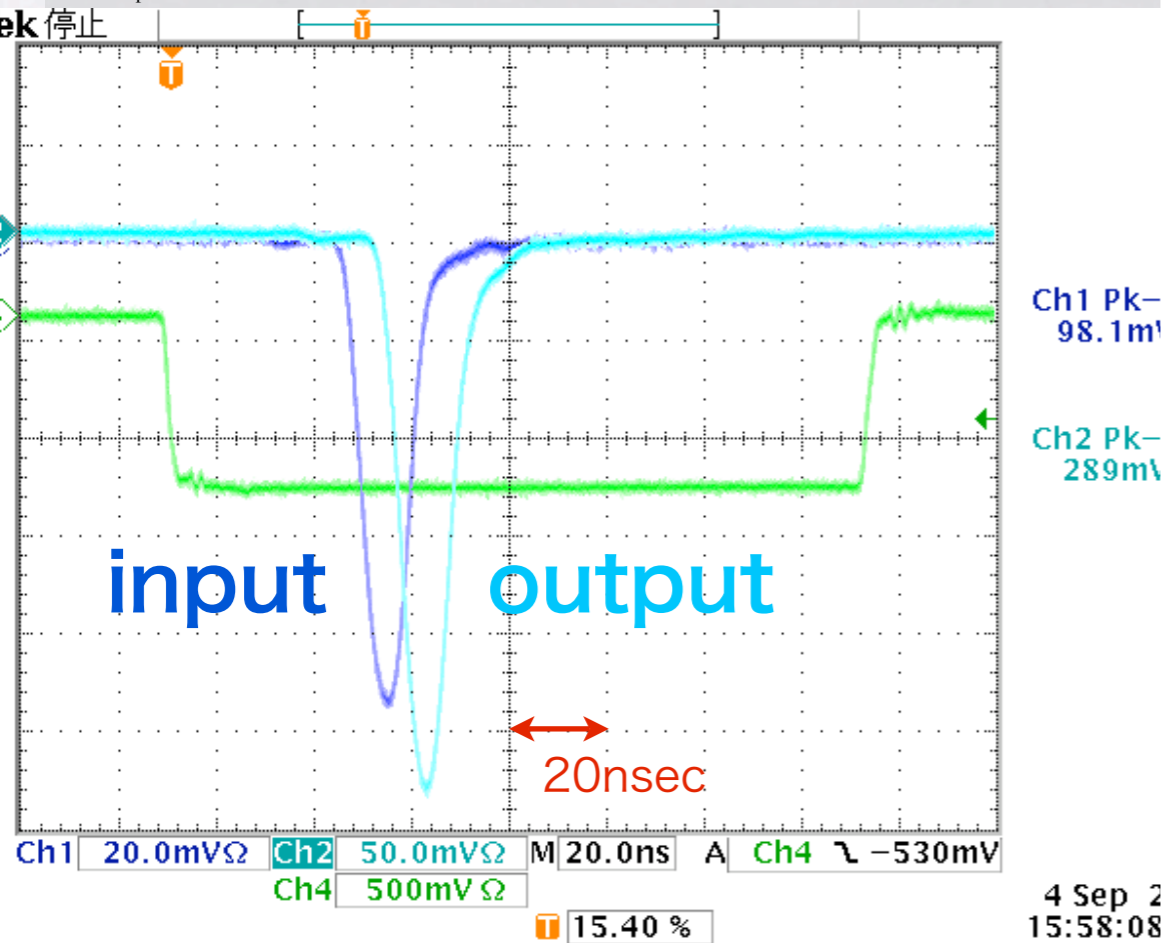
✓ 1MeV~1.3GeV相当まで、non-linearityは±0.2%未満



differential preamp linearity



TDS 3034B 4 Sep 2008 15:58:08
Tek 停止



summary

✓ CsI Calorimeterへの要請

- Linearity $\pm 5\%$ 未満
- Energy range 1MeV - 1.3GeV
- single counting rate 100kHz
- 1.5mV/MeV output

✓ base内蔵differential preamp

- 低消費電力 80mW
- negligible crosstalk
- 温度変化 (0-80°C) $\pm 0.5\%$ 未満
- rate耐性(2GeV相当時) $\pm 0.2\%$ 未満
- Linearity(1MeV-1.3GeV相当) $\pm 0.2\%$ 未満

◎ このpreampを導入する事により、negative effectなく
Calorimeterの要請を満たす事が可能となった。

in future

✓ prototype 試作&テスト

- 現在、製作中
- 12段 CW circuit, differential driver内蔵型
- ノイズ測定
- System integration
 - ▶ CsI+PMT+base+cable+VME 一体でのテスト
 - ▶ 年度内に100chビームテスト

✓ HV control system

- フィードスルーの簡素化のため、真空内部にDACを持ち込む。