

MEG実験用液体Xe 線検出器用 光電子増倍管について



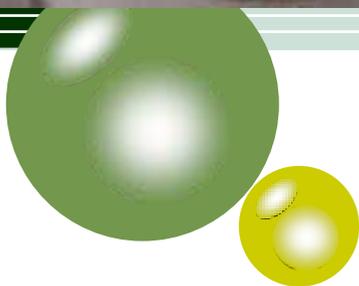
早稲田大学 理工学総合研究センター
ADVANCED RESEARCH INSTITUTE FOR SCIENCE AND ENGINEERING



山口敦史

早大理工総研, 東大素粒子セ^A, 高エネ研^B, BINP-
Novosibirsk^C, INFN-Pisa^D, PSI^E

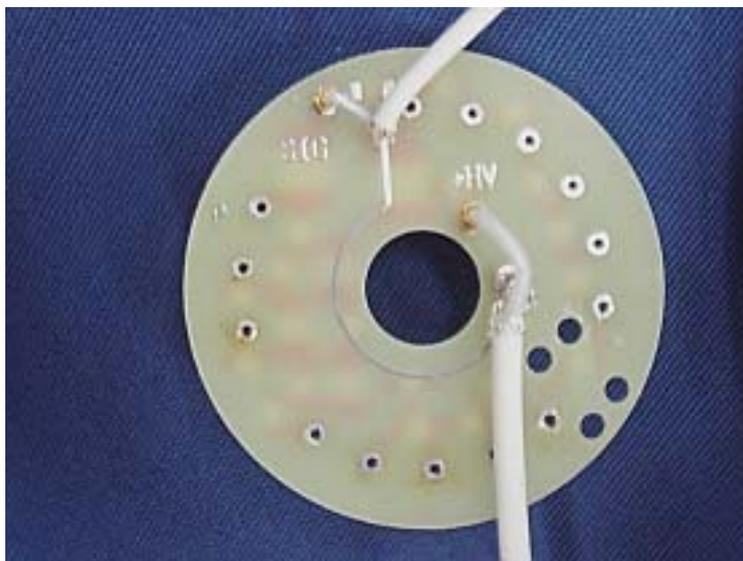
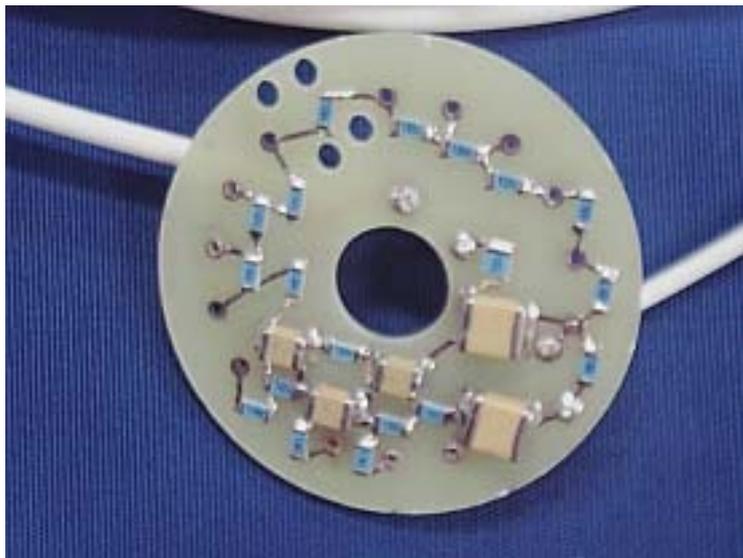
岩本敏幸^A, 内山雄祐^A, 大谷航^A, 小曾根健嗣^A, 菊池順,
古田島拓也, 澤田龍^A, 鈴木聡, 寺沢和洋, 名取寛顕^A, 西
口創^A, 春山富義^B, 久松康子^A, 真木晶弘^B, 三原智^A, 森
俊則^A, 山下了^A, 山田秀衛^A, A.A.Grebenuk^C,
D.Grigoriev^C, Y.Yuri^C, D.Nicolo^D, S.Ritt^E, G.Signorelli^E



CONTENTS

- Bleeder回路について
- Zener diodeについて
- PMT(with Zener diode) test
- まとめ

Bleeder回路について



➤MEG実験で用いられるPMTのBleeder回路パーツには

- ・液体Xe中(~165K)での安定した動作
- ・液体Xe中に不純物を放出しないことが必要とされる



実装以前に単体での動作検証を行った

➤ケーブル:液体Xeを汚さず、かつ熱の流入ぐことが必要

- ・テフロンジャケットで覆う
- ・極力細いものを使用

➤液体Xe中でPMTを用いるため、**発熱量を抑える**ことが求められる

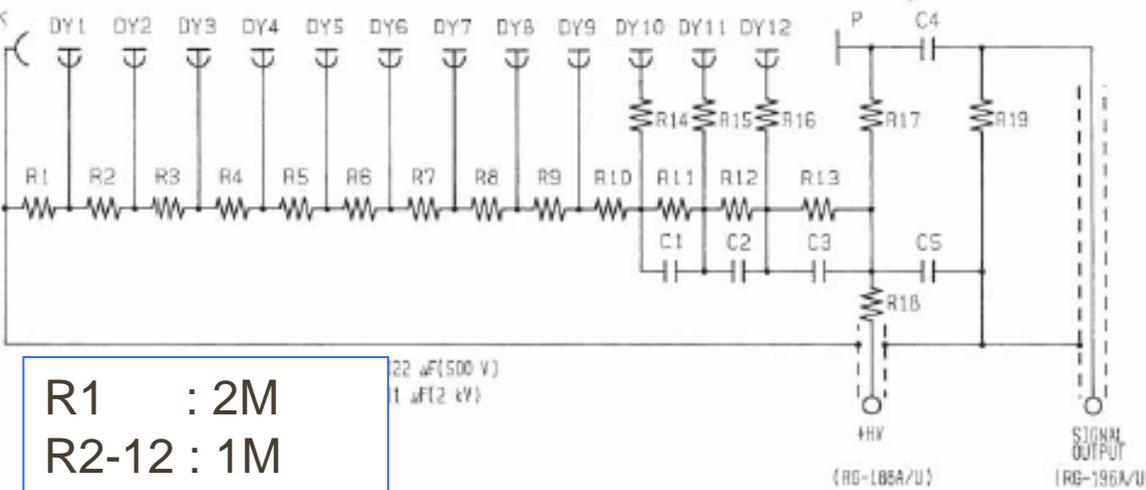
→ 発熱量を抑えるために、**抵抗値の高いBleeder抵抗を使用(14.2M)**

(PMTに1kV印加したとき:~70mW)

cf.一般的なPMTのbleeder回路抵抗:

2~3M

Bleeder回路について



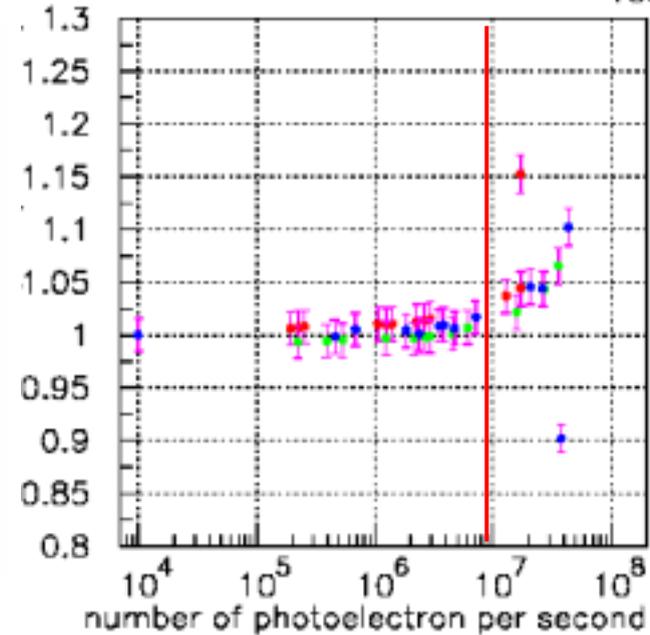
R1 : 2M
R2-12 : 1M
R13 : 1.2M

22 μ F(500 V)
1 μ F(2 kV)

- これまでのMEG PMT Bleeder回路では High rate background ($\sim 1 \mu\text{A}$) によってPMT出力の直線性が失われることが確認された (このときのBleeder回路電流: $\sim 60 \mu\text{A}$)

Bleeder回路に流れる電流の不足

後段ダイノードでの電圧降下が生じ、その低下分が他ダイノード間に分配される形となり、感度(gain)が見かけ上大きくなる



1 μA

横軸 : number of photoelectron per sec
縦軸 : [alpha peak w/ BG] / [alpha peak w/o BG]

Bleeder回路について

Neutron , muon radiative decay等によるMEG実験のbackground level
: $\sim 2 \mu\text{A}$ (10^7p.e./sec)と見積もられた
(T.Iwamoto : 27aSB-6 , Y.Hisamatsu : 29aSB-3)

よりPMTにhigh rate background下での耐性を持たせることが必要

High rate background下でPMTの出力直線性を改善するには？

光電流が流れた場合のダイノード間電圧変化を最小にすることが必要

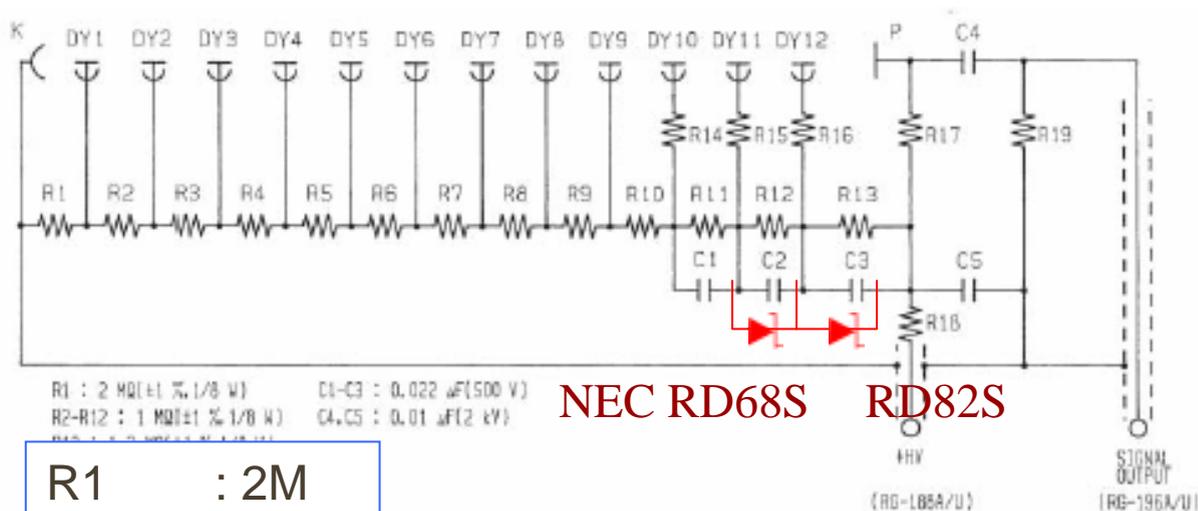
Bleeder回路電流を増加させ、Bleeder回路電流に対する平均陽極電流の比を小さくする

終段付近にZener diodeを使用し、電極間の電圧を安定させる

陽極付近のダイノード数段に外部の別電源から直接電圧を供給する(ブースタ方式)

などの方法が挙げられる

Bleeder回路について



➤ MEG PMT (final design) bleeder回路では

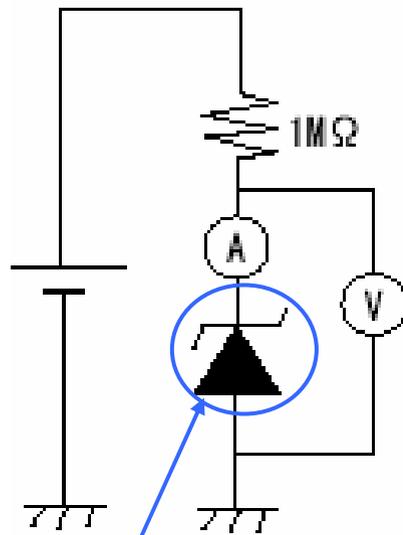
後段ダイノードでの電圧低下を防ぐとともに、Bleeder回路での発熱量を抑えるためにZener diodeを入れる

High rate background耐性の向上が期待される

低温中でのZener diodeの電気的特性

➤ NEC Zener diodeの電気的特性を常温、ならびにLiq.N₂中で測定

➤ Set up:



NEC RD68S, 82S
それぞれ2個のサンプル
について測定

測定結果

➤ 低温中で機械的な損傷がない

Liq.Xe中使用

可能

➤ 低温中においても、Zener電圧の立ち上がり特性がsharpである

➤ Zener電圧が~13V低下

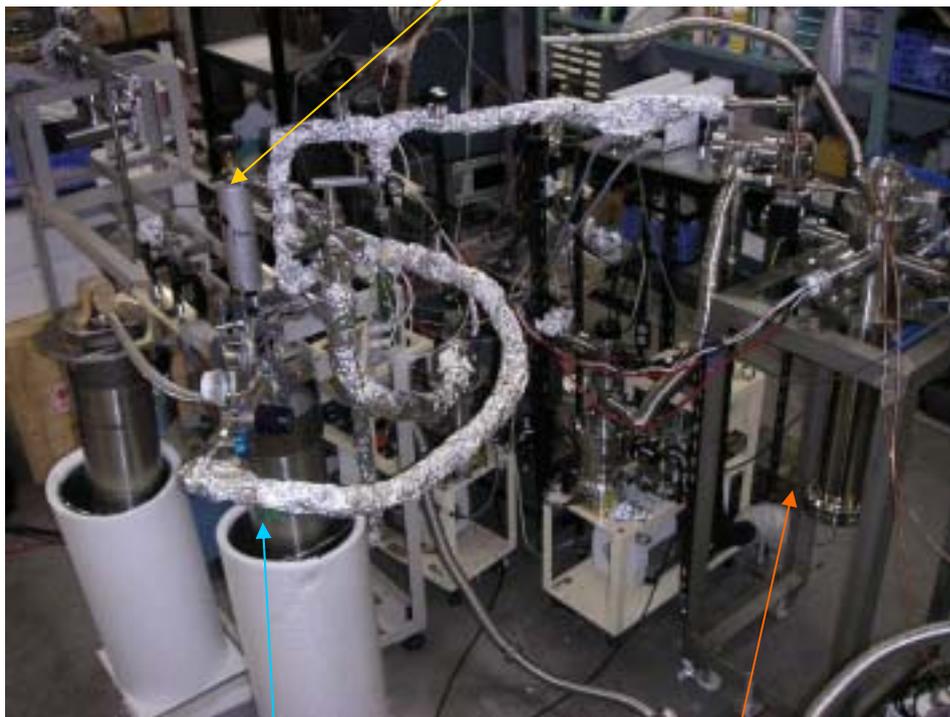
Reasonable

(温度係数)

Measured by Hiroaki NATOF

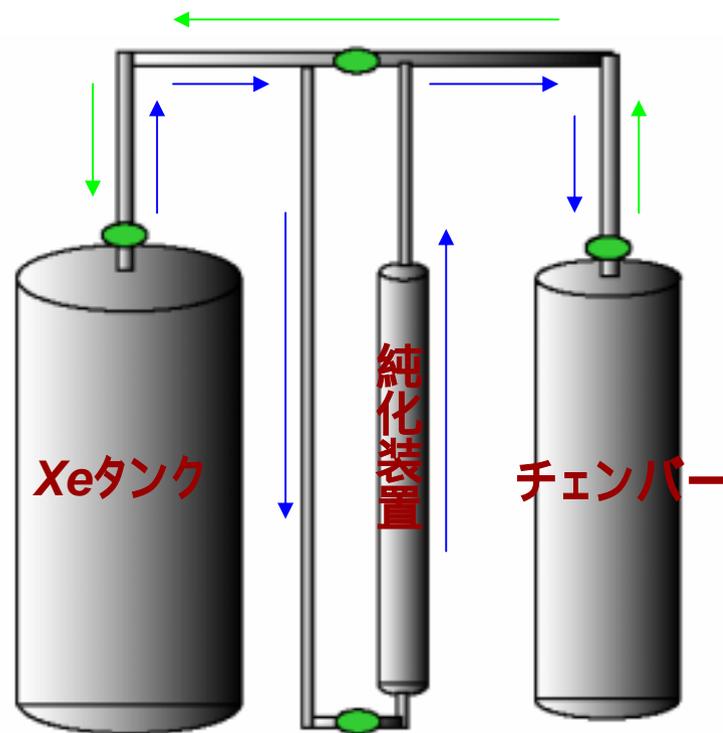
PMT(with Zener diode) test @ Liq.Xe

純化装置(Oxisorb)



Xe タンク

チェン
バー



—→ 液化時のXeの流れ
—→ 回収時のXeの流れ

PMT(with Zener diode) test Condition & Procedure



Experimental setup

PMTには、zener diodeが充分zener領域に入る電圧を印加し、LEDをBG源としてalpha eventのDAQを行った

PMT(final version) :HV 900V , 1×10^7 gain
current @ zener diode
R68S ~38microA R82S ~32microA
Alpha event DAQ (without BG)
Alpha event DAQ (with BG)
(Rate dependence Test)

PMT(with Zener diode) test gain calibration

Gain(LEDを使用してcalibration)

$$g = \frac{c}{eM}$$

$$c^2 = g \frac{e}{c} (M - M_0) + \sigma^2$$

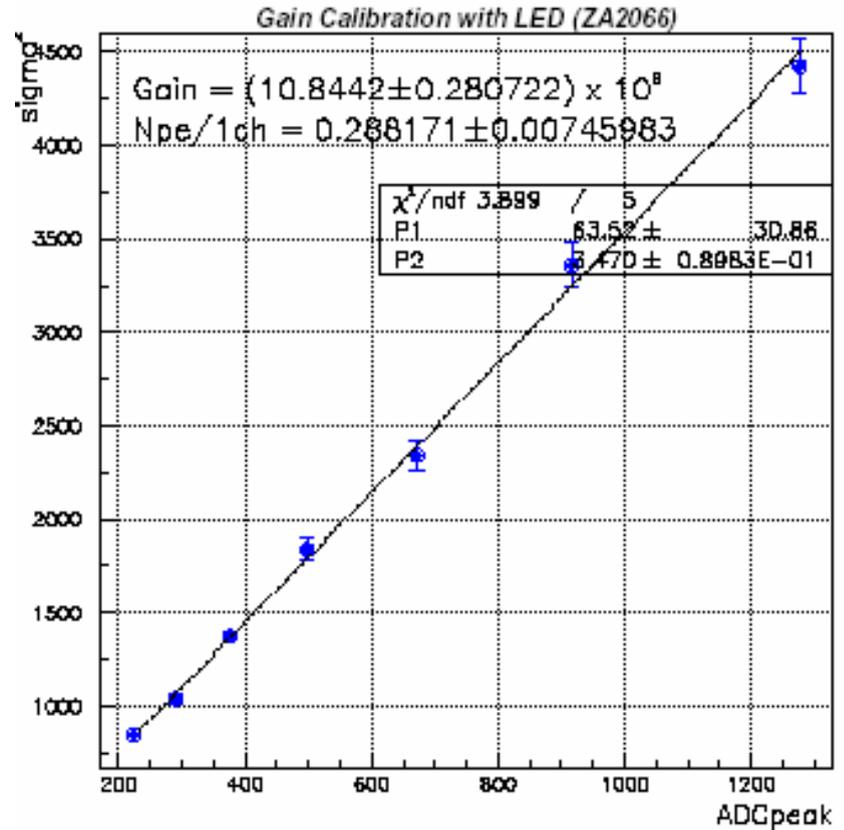
g: gain

c: ADC least count

σ : standard deviation

M: mean of ADC spectrum

e: elementary electric charge



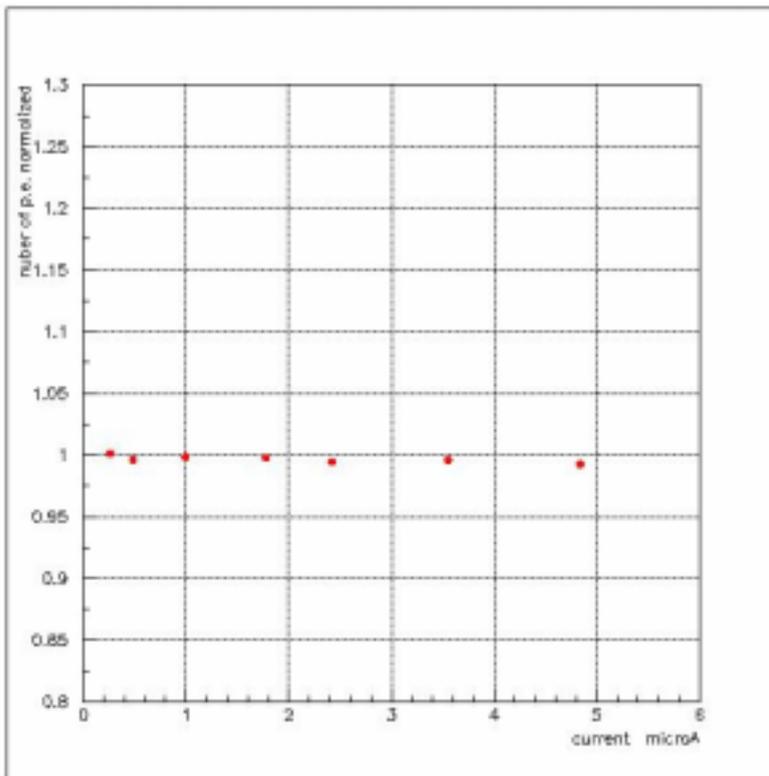
PMI (with Zener diode) test結果

@ Liq.Xe

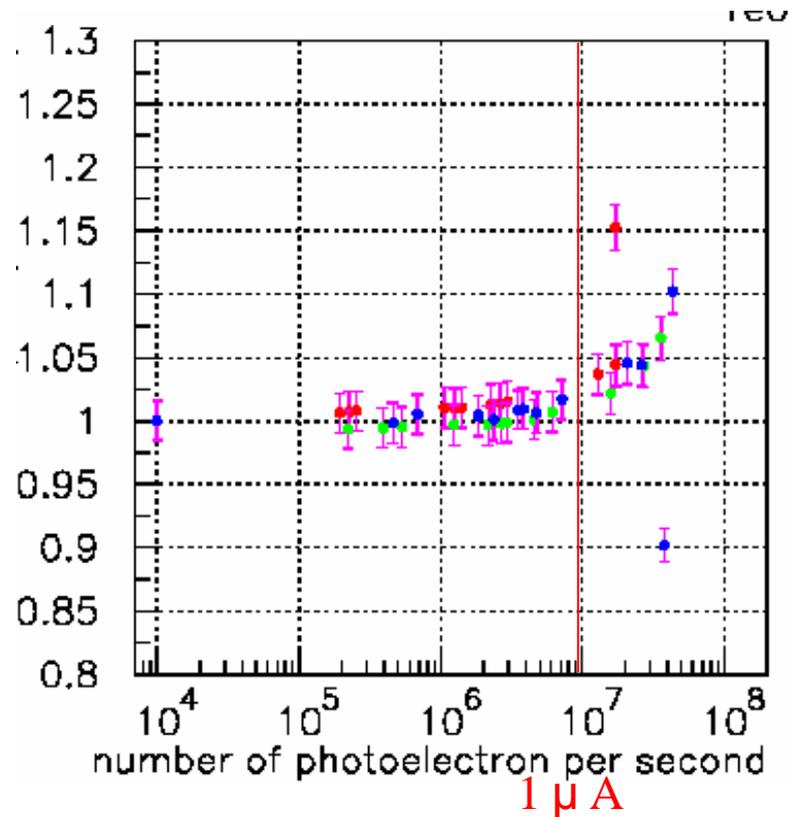
➤ Rate Dependence Test

$1 \cdot 10^7$ gain

Alpha @B.G. ON/ Alpha @B.G. OFF



Background level



5 [μ A] Back Groundまで安定した出力(1%)

まとめ

- 低温中でZener diodeが動作することが確認された
- 低温中においてZener diodeの電気的特性が測定された
- PMT(with Zener diode)において、backgroundが $5\ \mu\text{A}$ までは安定した出力が得られ、MEG実験においても安定した出力を得ることが期待される

今後の予定

- Large prototypeにPMT(2nd version)および、PMT(final version)を入れ(作業済)、PSIでのBeam testを行う予定である