

Radon検出器の作成

小林親司 福岡亮輔

P6身内班

目次

- 実験目的及び動機 (福岡)
- 実験装置及び原理
- 本実験に向けて (Step1~4)
- (本実験)

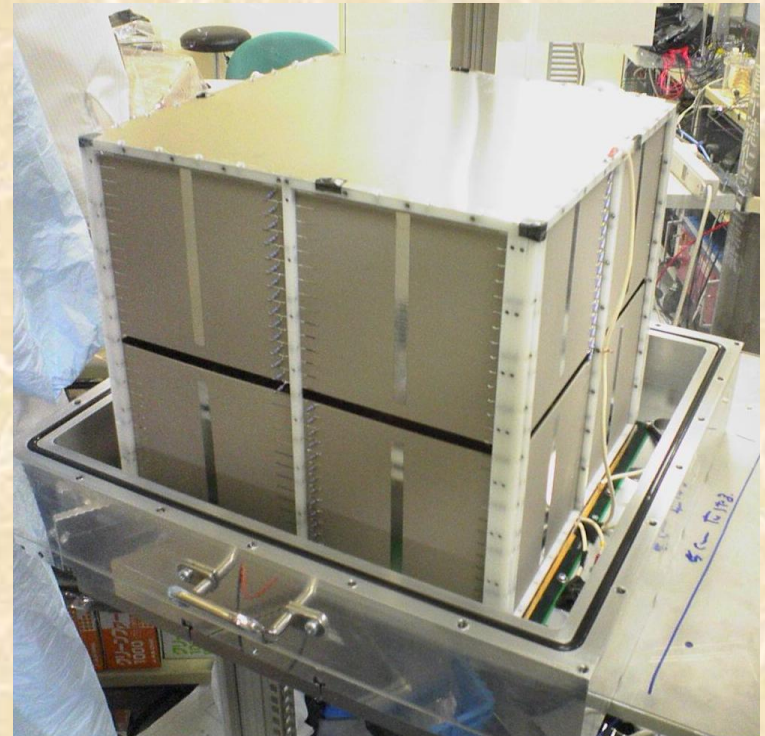
実験目的及び動機

◆物から放出される R_n 量を測定したい

◆なぜか??

⇒ R_n は μ TPCのBG
(バックグラウンド)になる

◆物質から出る R_n の量が分かれば、よりBGの低い検出器構成物質を選択できる



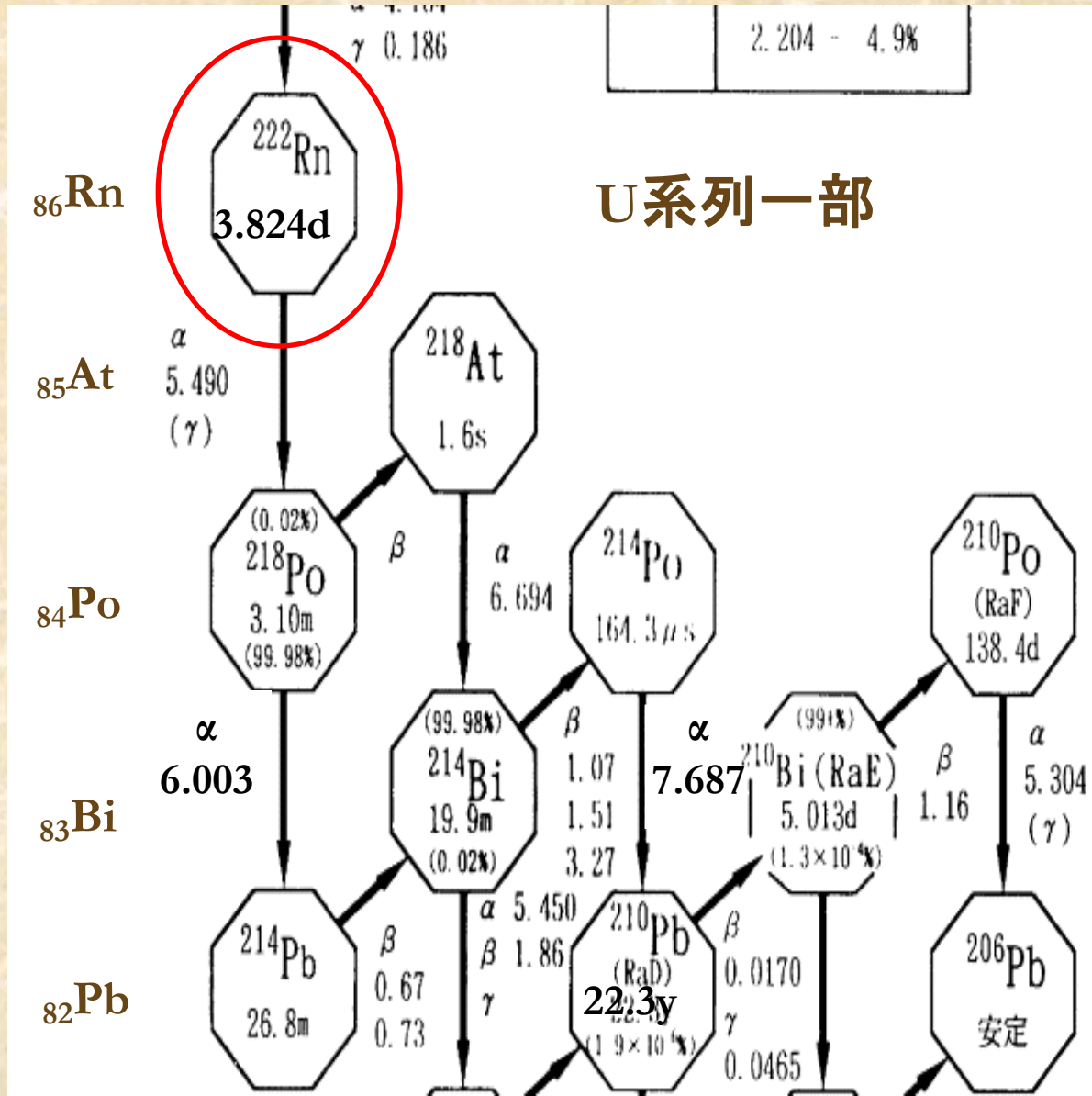
Rnとは？

◆U、Th系列の放射性核種で唯一の希ガス

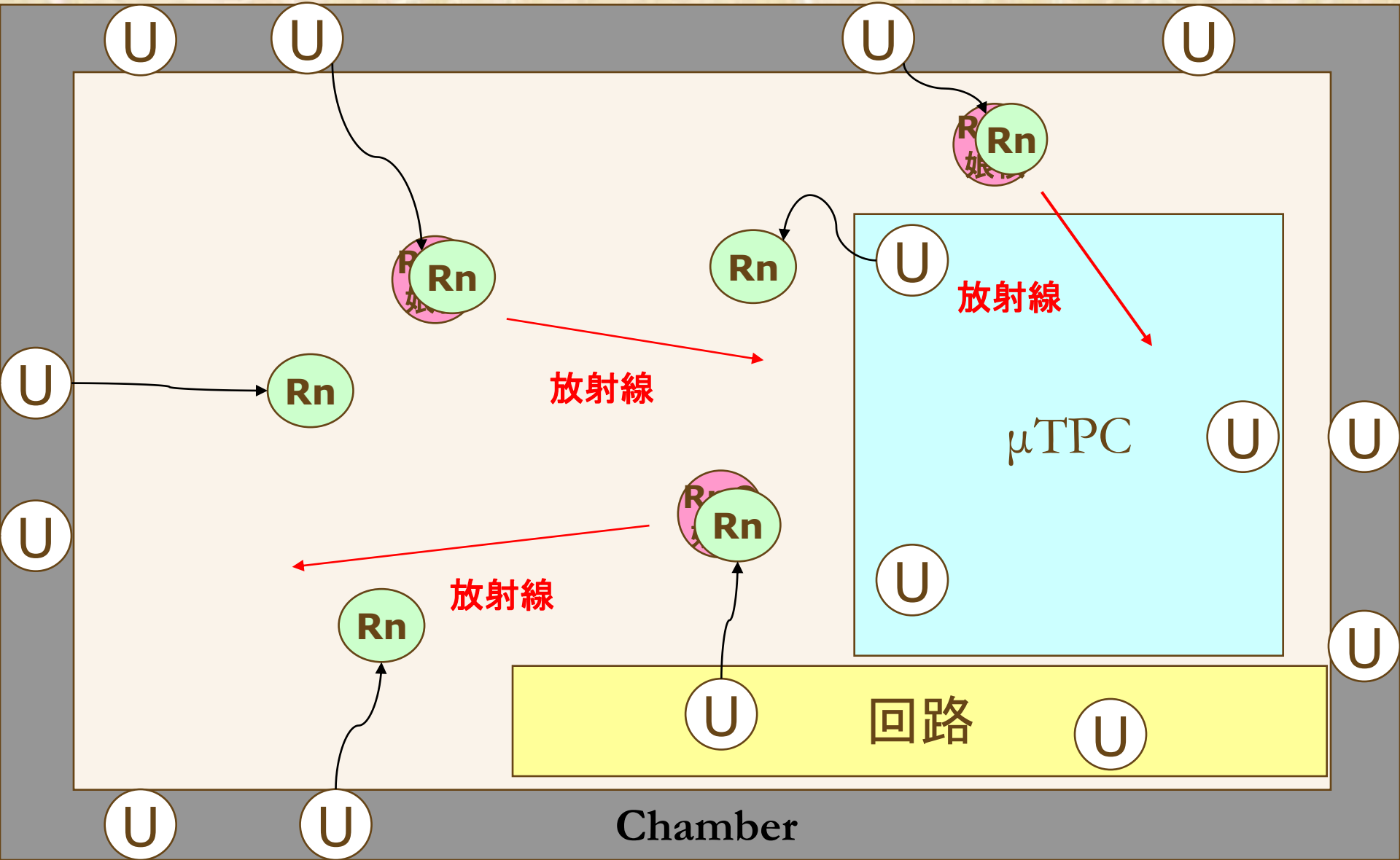
◆U系列の ^{222}Rn は半減期が長く一部が空間中に染み出す。

◆ ^{222}Rn (通称ラドン)の
 $T=3.824\text{day}$

◆Th系列 ^{220}Rn (通称トロン)の
 $T=55.6\text{sec}$



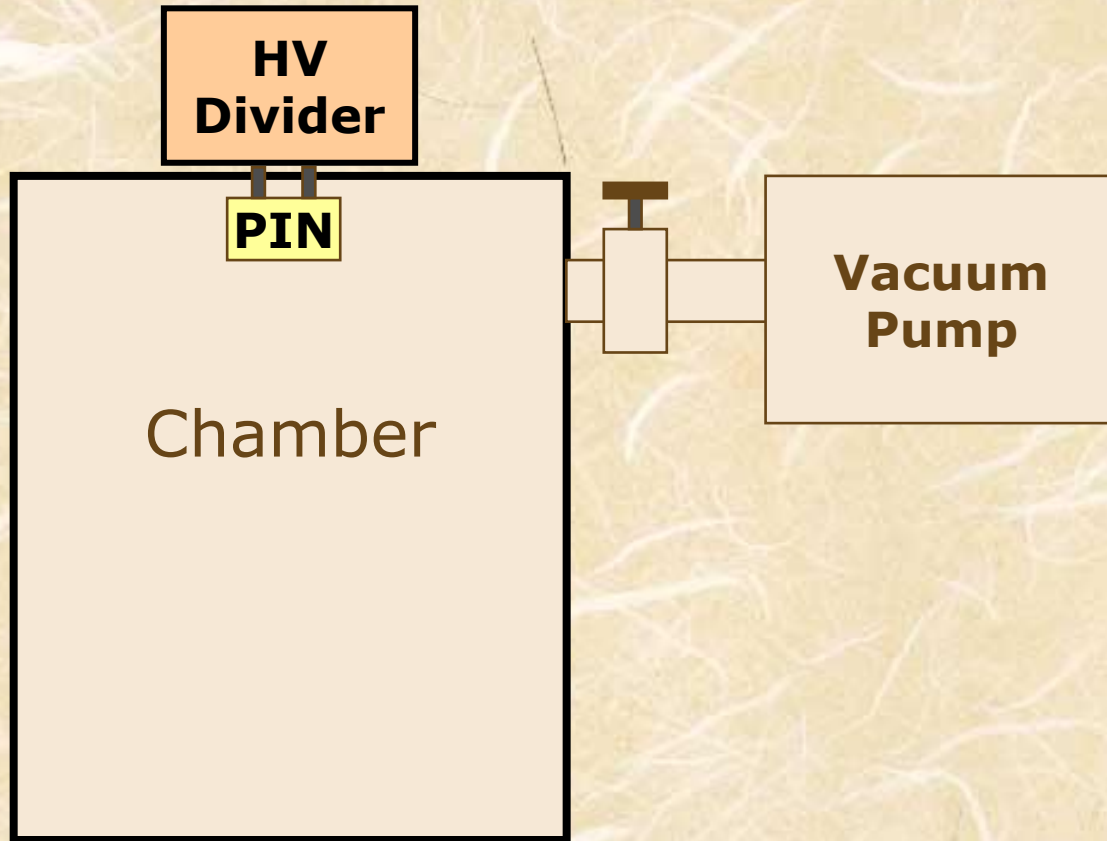
μ TPCでのRnの働き



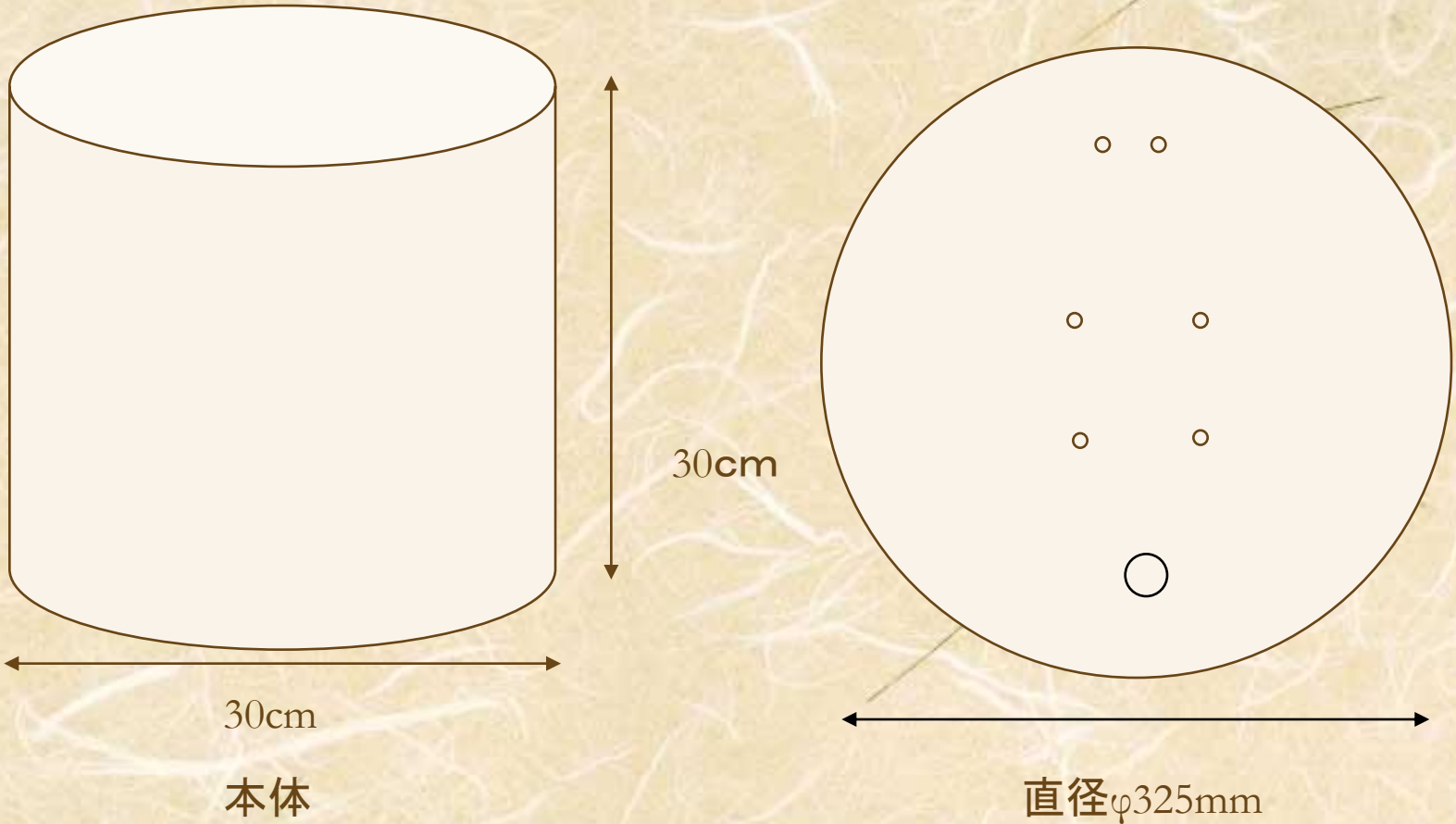
次の項目

- 実験目的及び動機
- **実験装置及び原理 (小林)**
- 本実験に向けて (Step1~4)
- (本実験)

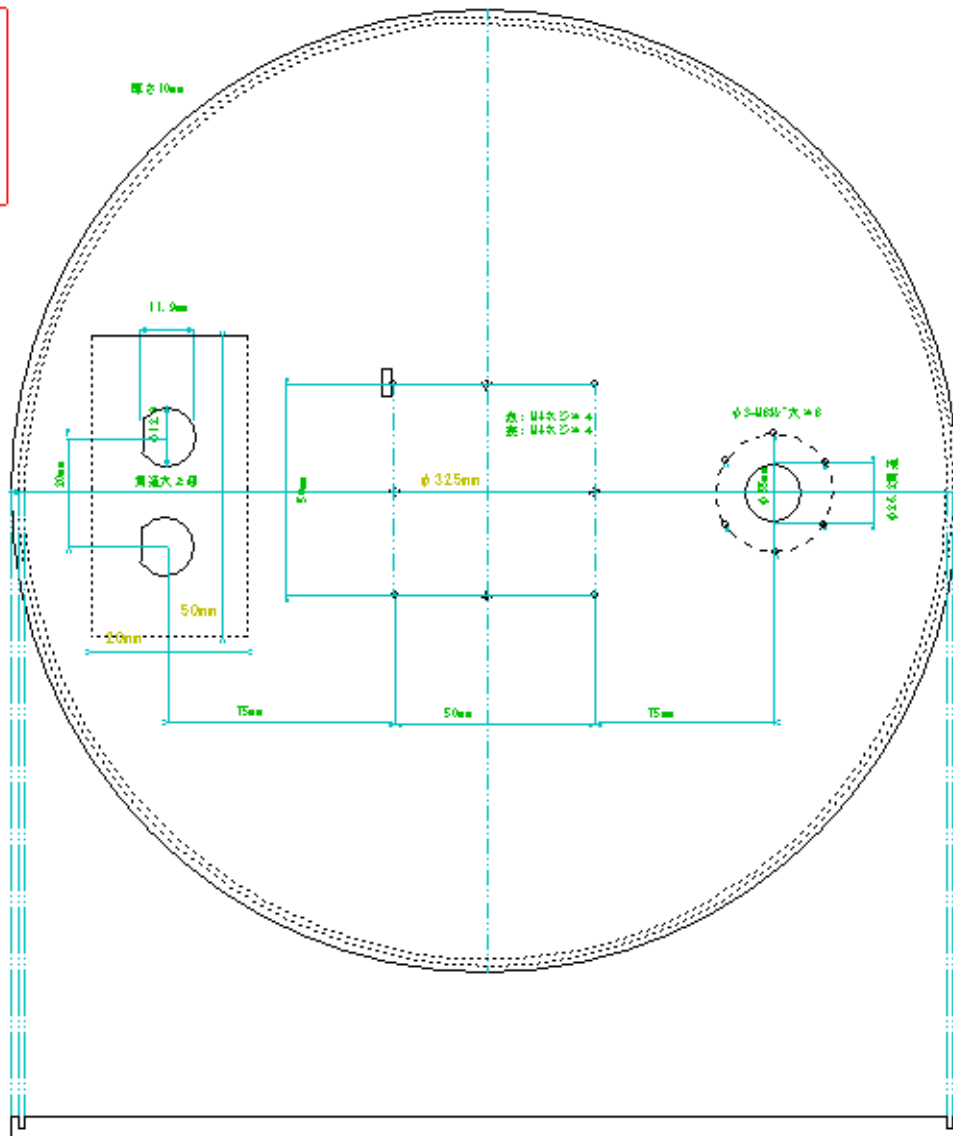
実験装置と実験原理



Chamber



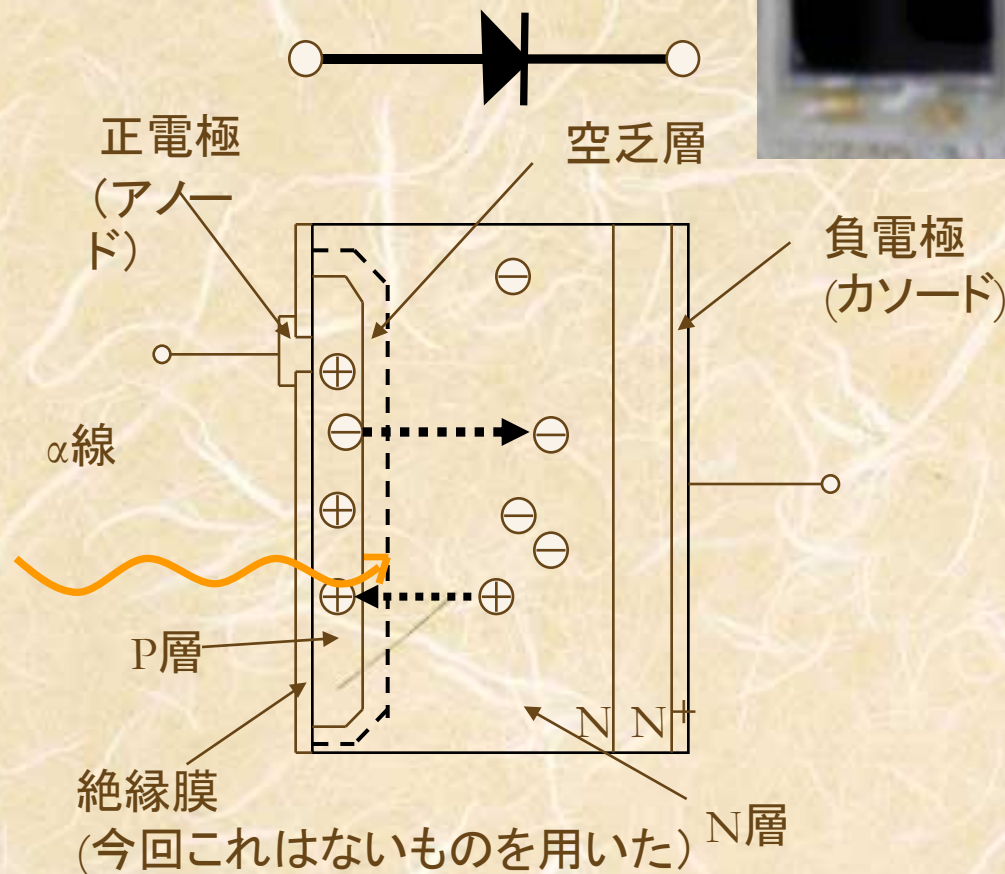
- Chamberはacitiveshop社製のステンレス密閉容器
- 本体の上のふちにシリコン製のパッキンがついている。
- 内部は電解研磨されている。



Siフォトダイオードの動作原理

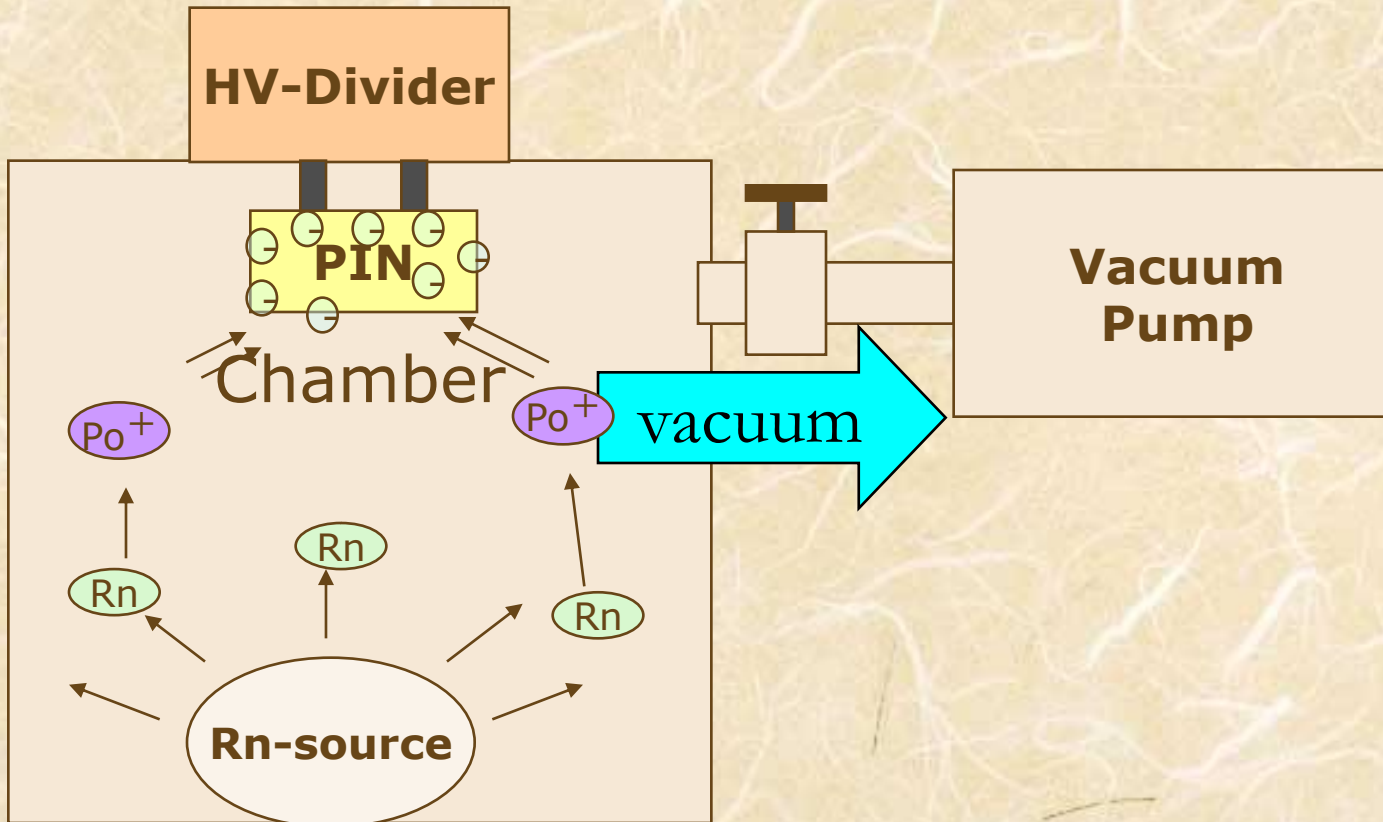


- ・ 典型的なSiPhotoDiodeの断面図。
- ・ 写真の黒い部分は受光面で右図のP層に当たる。
- ・ α 線は空乏層で電子正孔対をつくり、これがバイアス電場により正極と負極に流れる。
- ・ α 線はエネルギー損失が大きく空気や物質と反応し直ちにエネルギーを落としてしまうので絶縁膜はないものを使った。



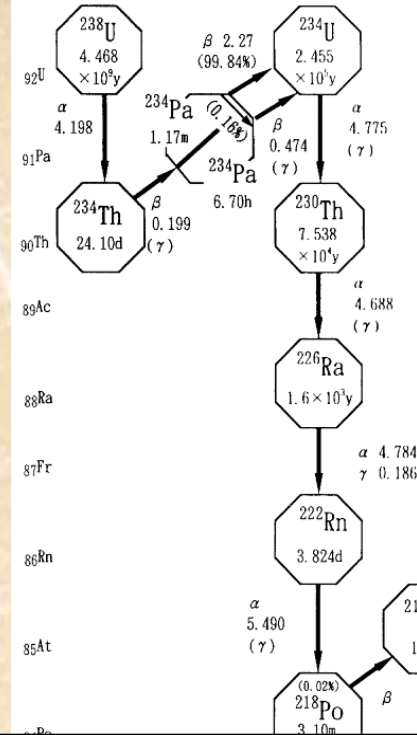
実験手順

- ① 試料をchamberの中に入れ、真空に引く。
- ② PINを-1.5kV程度に印加する。(試料からRnが染み出す。さらに娘核であるPoも生じる)
- ③ 時間ごとにPINに入る α 線を測定する。



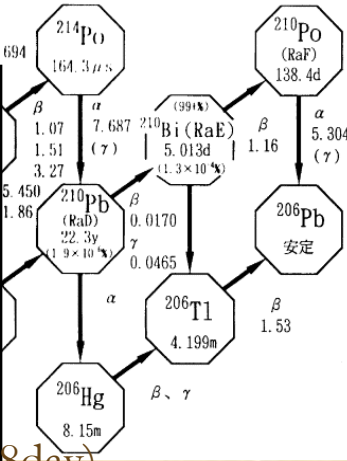
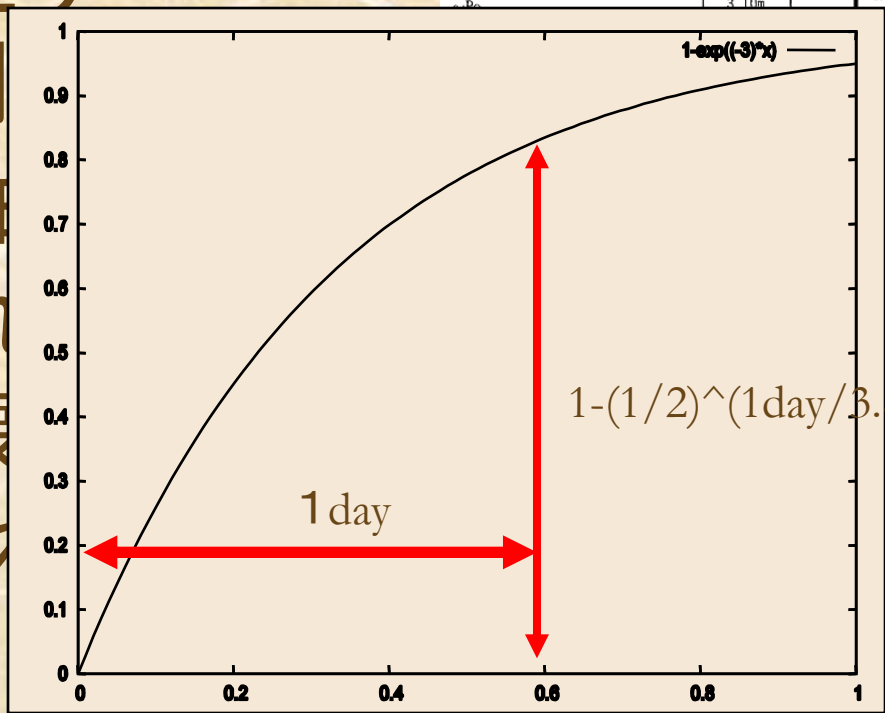
Rn、Poの生成

右のU系列の壊変でRaの $1.6 \times 10^3 \text{ year}$ 以降が永続平衡になっているとすればRaは時間対し一次関数崩壊する。これRn自身の崩壊あわせて考え



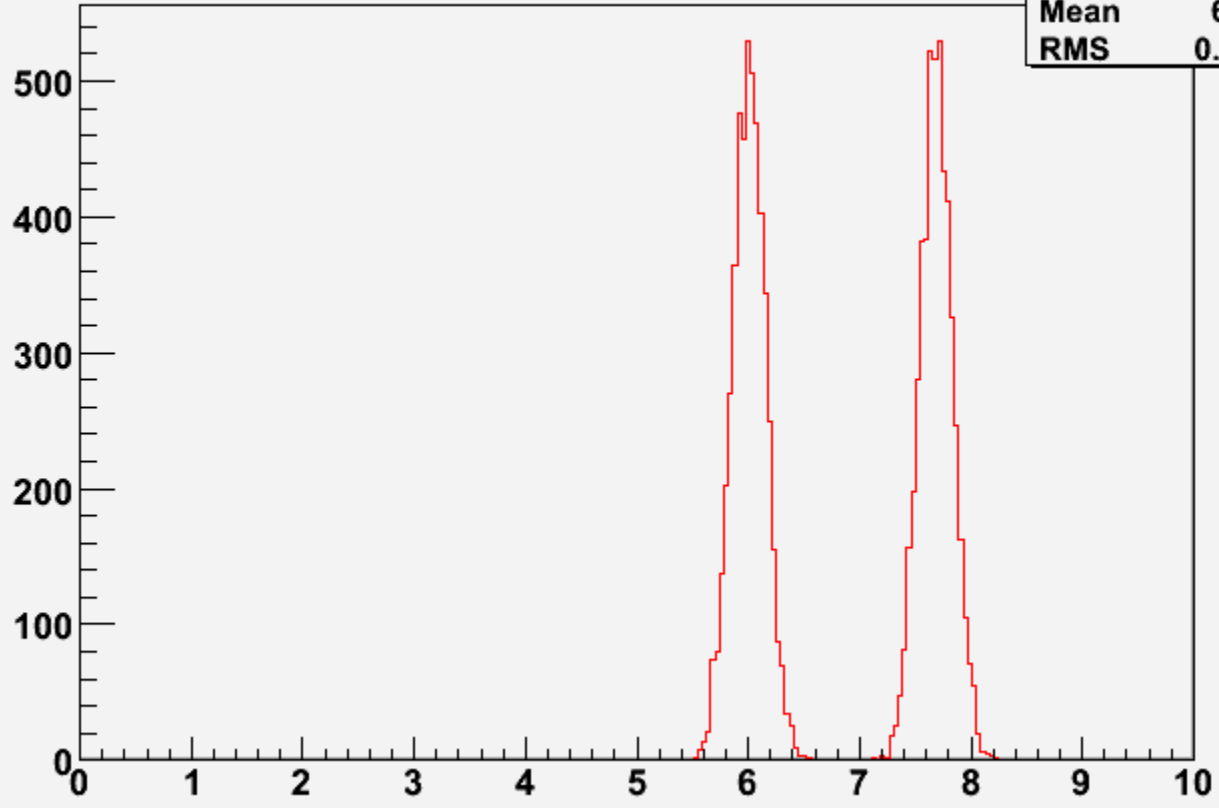
ウラン系列

核種	γ 線のエネルギーと放出割合
^{214}Pb	0.0532 - 1.1%
	0.242 - 7.5%
	0.295 - 18.5%
	0.352 - 35.8%
^{214}Bi	0.609 - 44.8%
	0.768 - 4.8%
	1.120 - 14.8%
	1.238 - 5.9%
	2.204 - 4.9%



Rn

Rn	
Entries	10000
Mean	6.846
RMS	0.8539

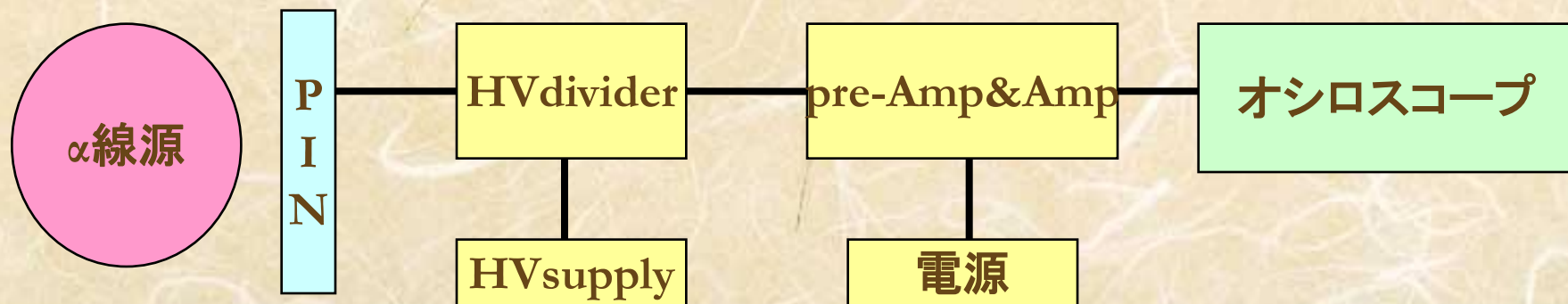


次の項目

- 実験目的及び動機
- 実験装置及び原理
- **本実験に向けて(福岡)(~Step1)**
- (本実験)

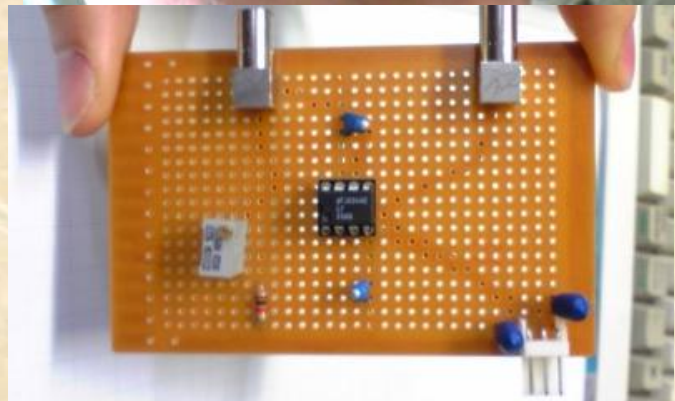
本実験への道

実験段階	PINの位置	使用電圧	579/CsI型 プリアンプ	備考
Step1	回路上	30V	使用	アンプ製作
Step2	回路上	30V	不使用	回路製作
Step3	チャンバー内	-1500V	不使用	HV回路製作
Step4	チャンバー内	-1500V	不使用	内部真空



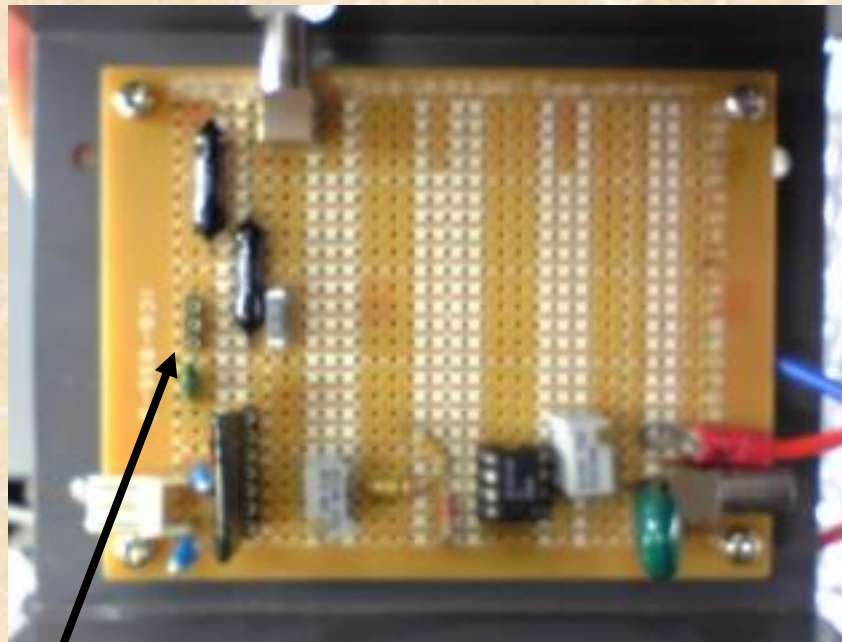
各Stepの特徴

Step1



- ◆ CP社579/CsI型プリアンプ
- ◆ 非反転アンプ

Step2

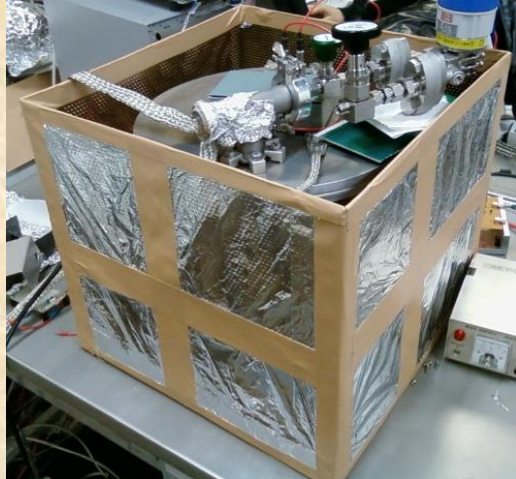
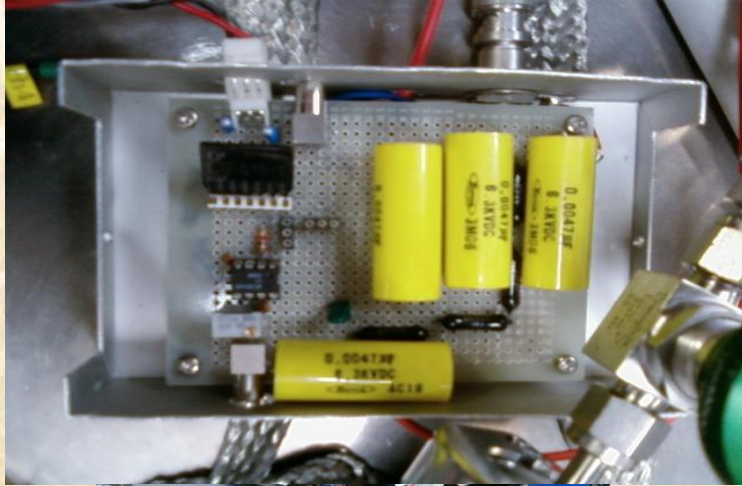


ここにPIN

- ◆ 自作Bias&PreAmp&Amp (CS515及びLF356N使用)

各Stepの特徴

Step3



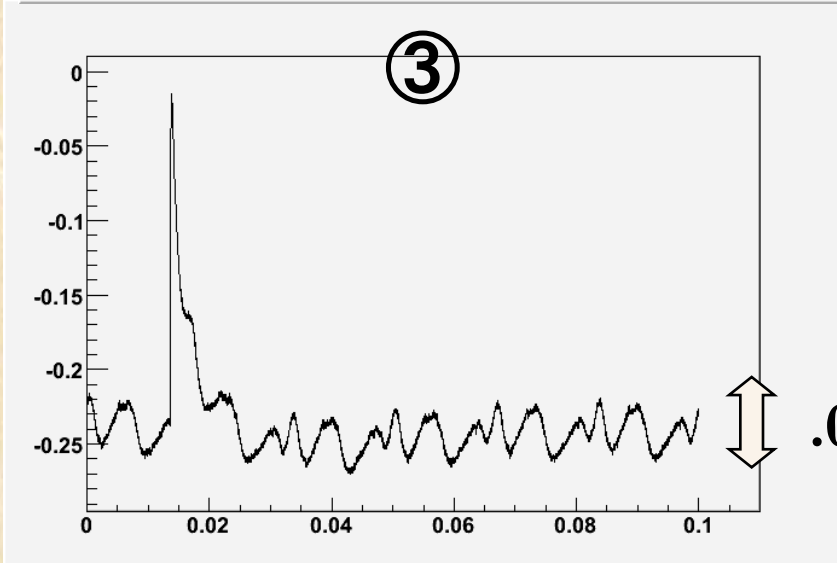
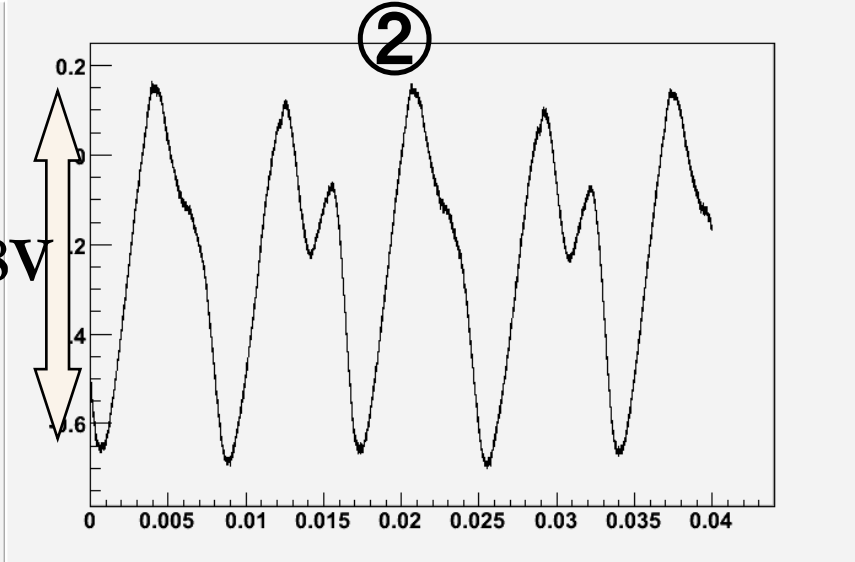
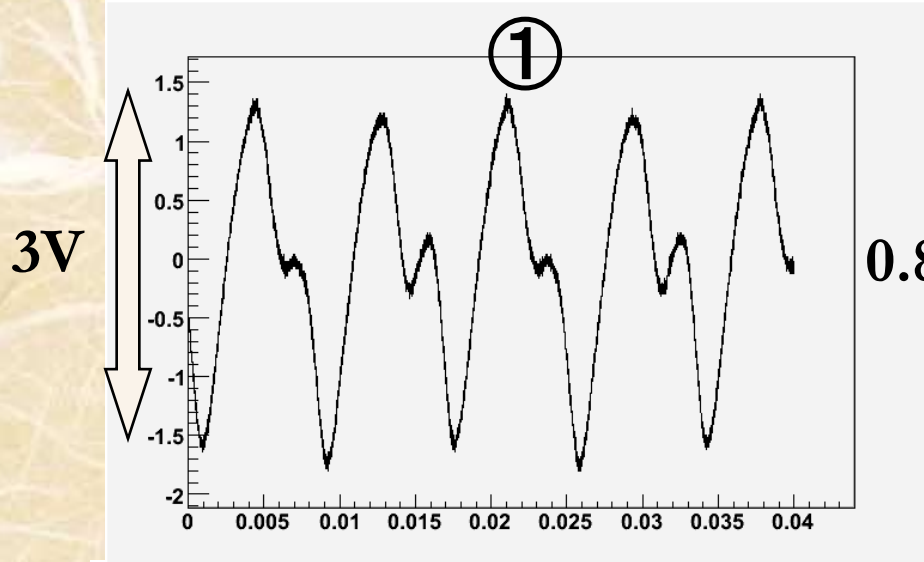
- ◆ Chamber上自作HV用回路
- ◆ Chamberの静電遮蔽箱作成

Step4



◆ 真空装置

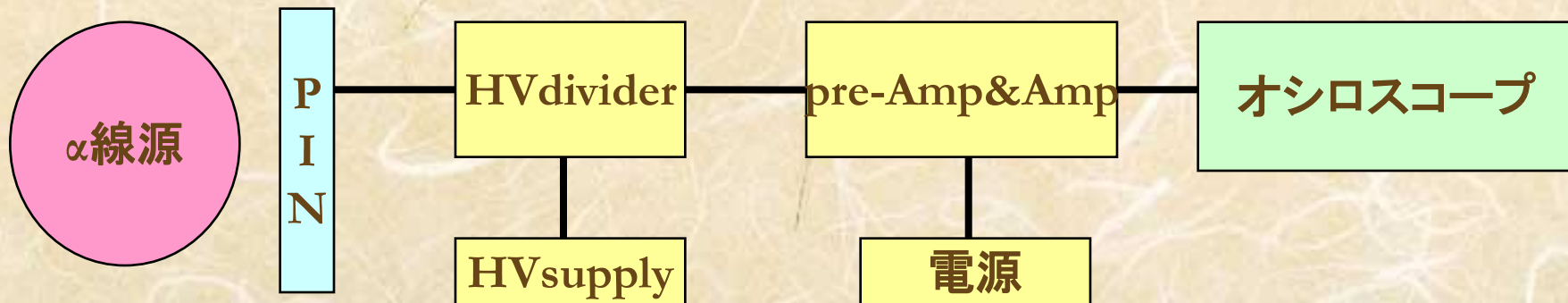
Step3の静電遮蔽箱の効果



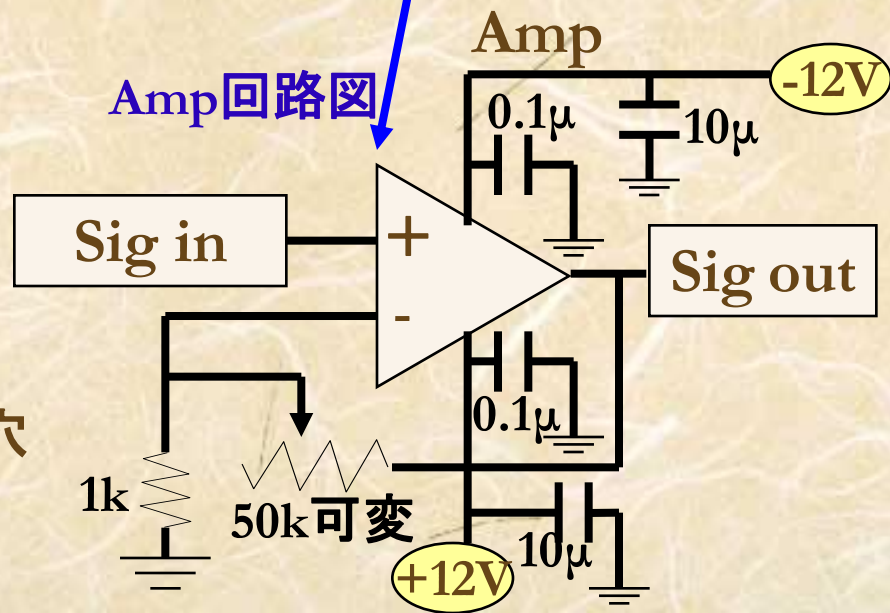
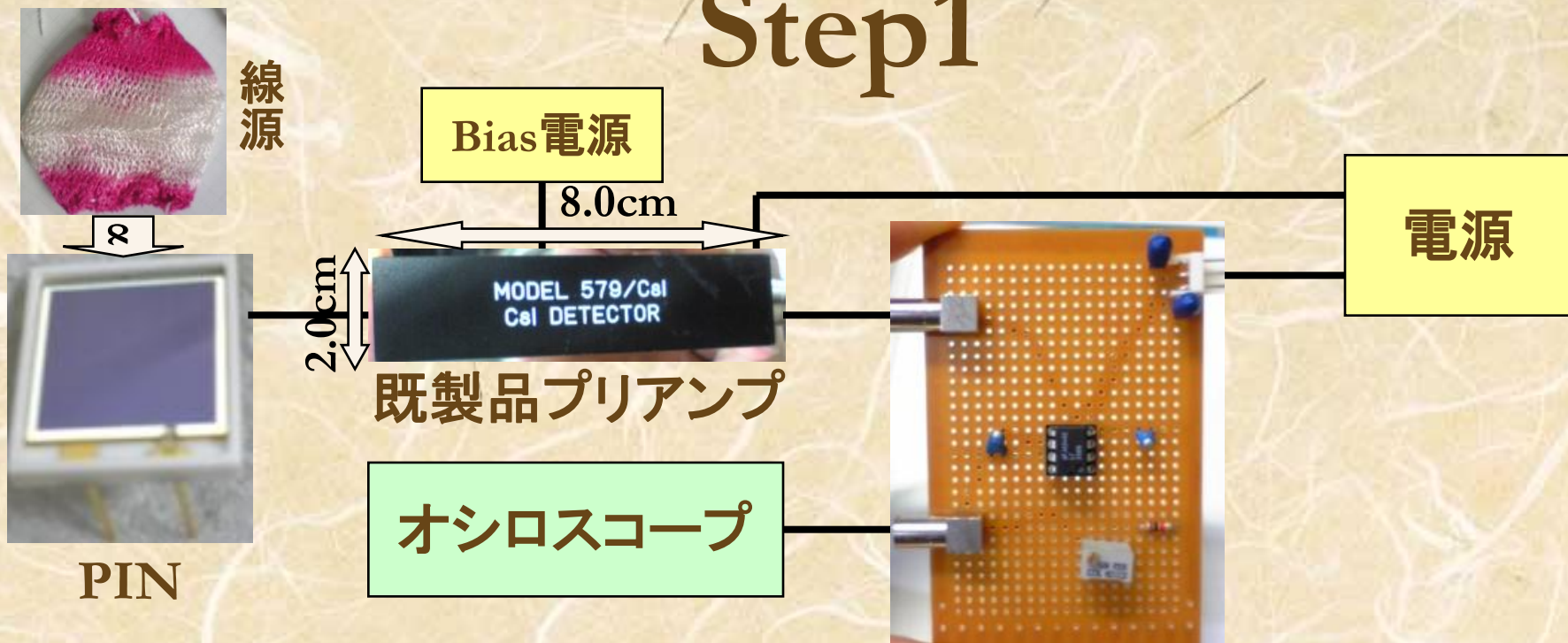
- ① 遮蔽箱なし
- ② 遮蔽箱作成(2/28)
- ③ 遮蔽箱にアルミを巻く

Step1

実験段階	PINの位置	使用電圧	回路	備考
Step1	回路上	30V	既製品 (579/CsI型)	アンプ製作
Step2	回路上	30V	自作	回路製作
Step3	チャンバー内	-1500V	自作	HV回路製作
Step4	チャンバー内	-1500V	自作	内部真空



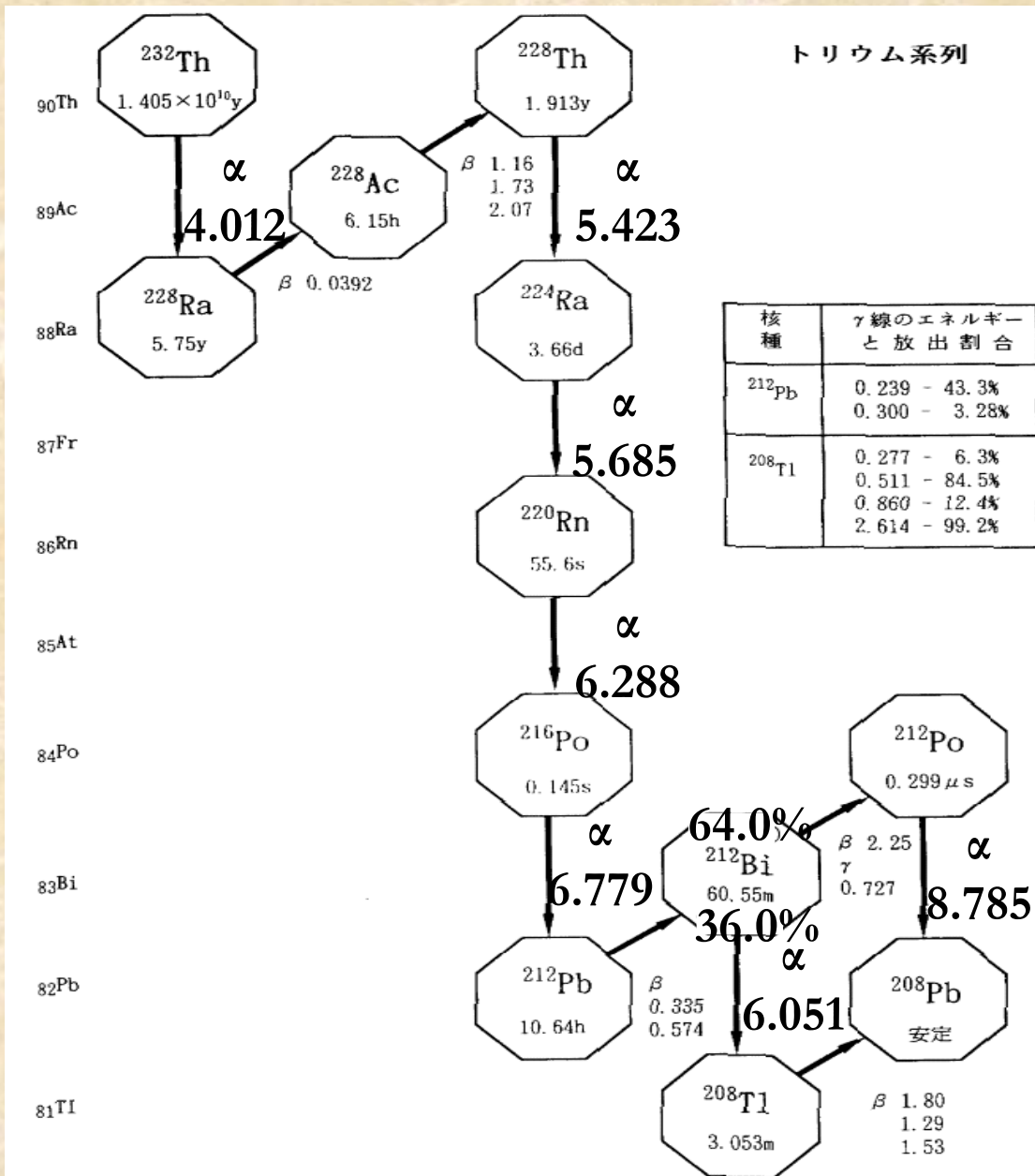
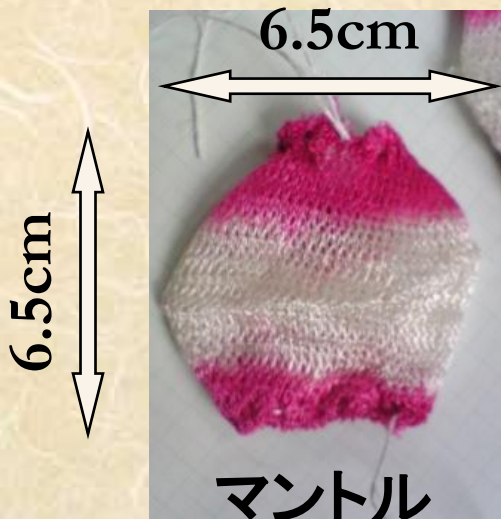
Step1



α線源：マントル

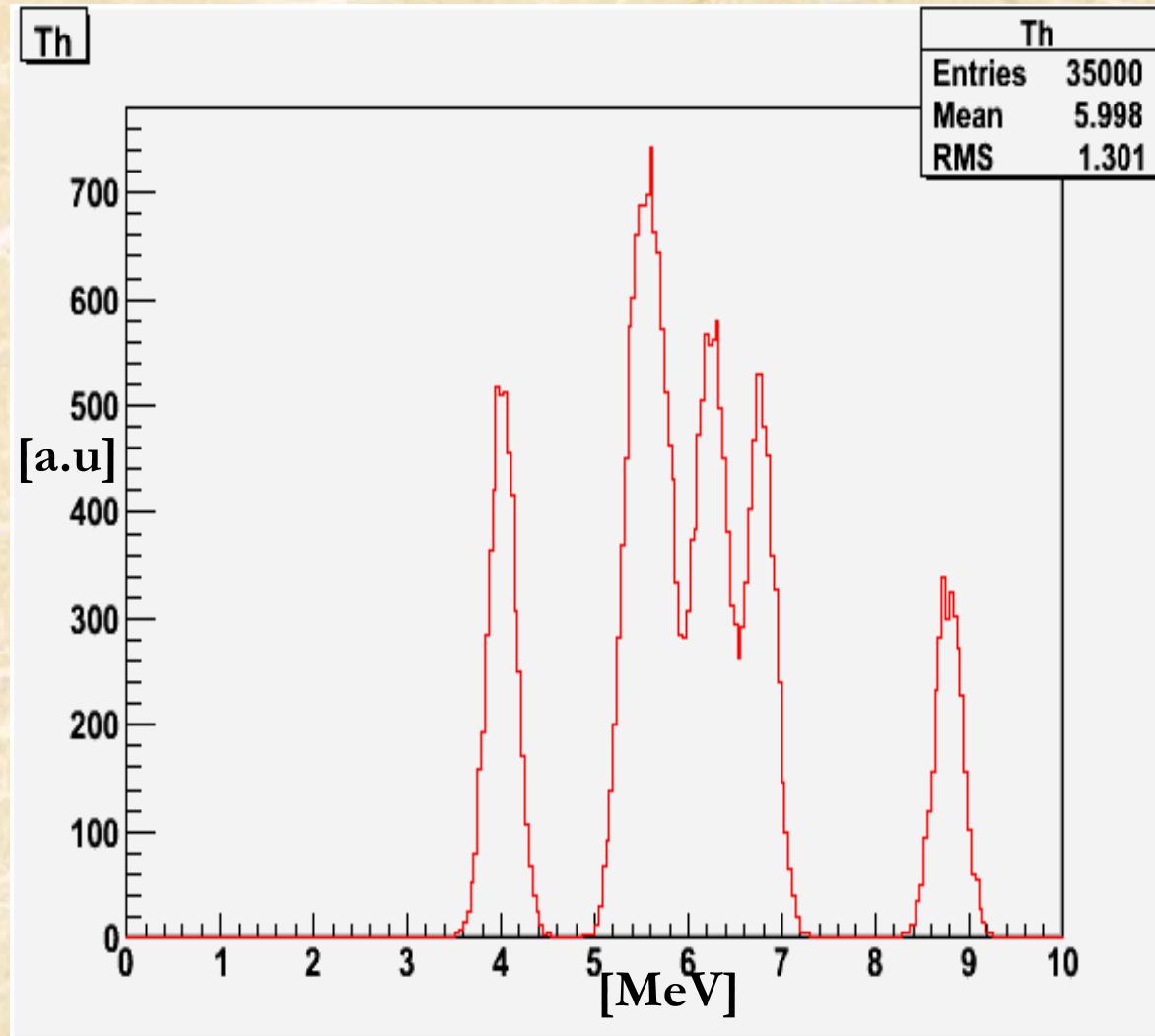
マントルとは？

- ◆ 6-6ナイロン製でランタンの発光体
- ◆ Thが添加されており、Th系列の線源として使用できる
- ◆ 過去P6でも使用



解析方法

- ◆ Th系列の崩壊 α 線を永続平衡を仮定
⇒ガウス関数重ね合わせで右図のスペクトルが期待される
- ◆ 取れたスペクトルと右図の一致を見たい
- ◆ 典型的な分解能 (FWHM:0.3525MeV)



データ取得

◆データ取得にはオシロとPC(Linux)をLanで接続させ、神岡グループのプログラムを改変したものを利用した。



プログラムコマンド一覧

RUN / ON / STOP / OFF / RUNSTop / Continue
/ACQuire STOPAfter / SEQuence / ACQuire STATE

- ◆データ取得レート: 約1Hz(製造元曰く最大30Hz)
- ◆サンプリングレート(可変): 約100ns(最小0.002ns~最大 10^5 ns)
- ◆縦のビット数(垂直分解能): 9Bit (スペックシートより)

解析

スペクトル取得

◆取得データを解析ソフト『**ROOT**』を使って解析。

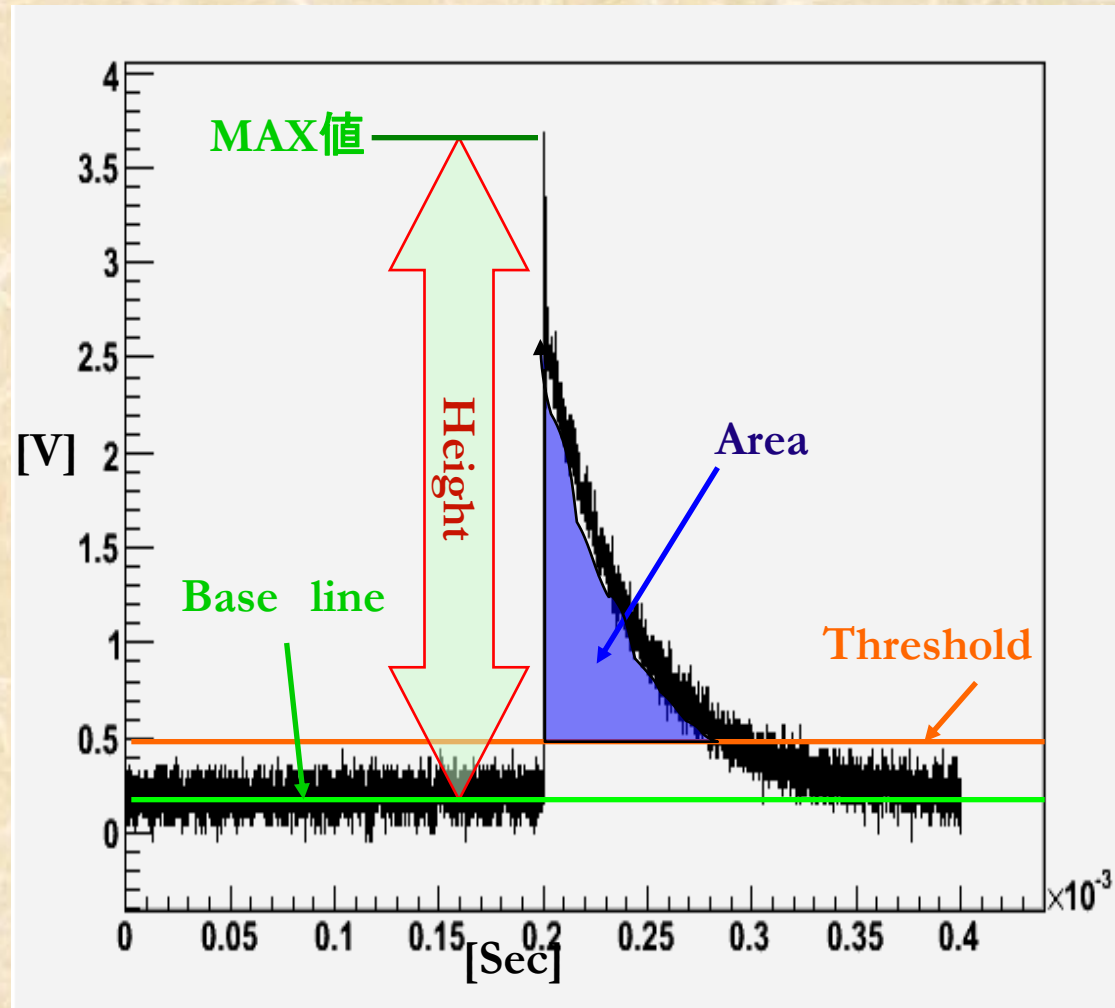
◆手法 I

高さ(右図Height)のヒストグラム作成

◆手法 II

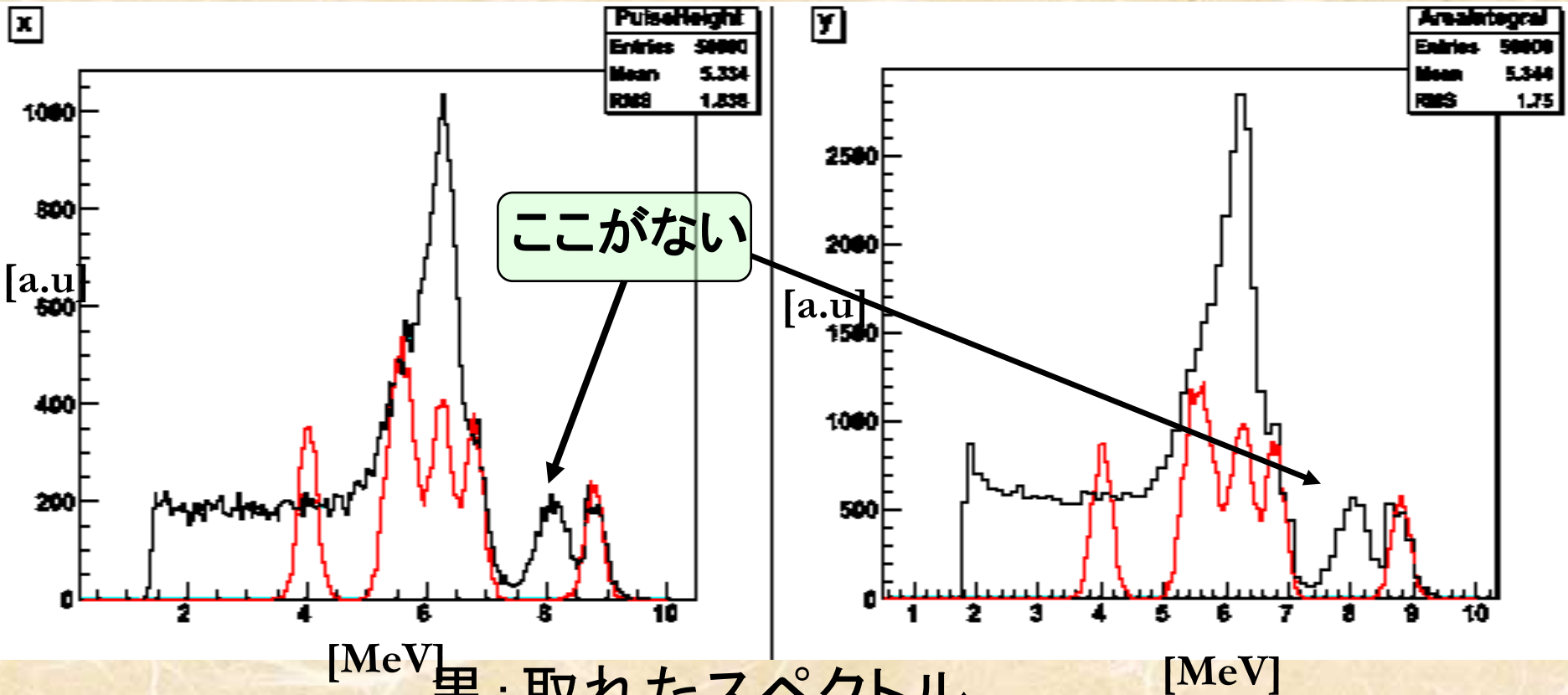
Area積分(右図Area)のヒストグラム作成

◆分解能のいい手法を用いたい。⇒不明なので双方採用



波形のサンプル

Step1の結果

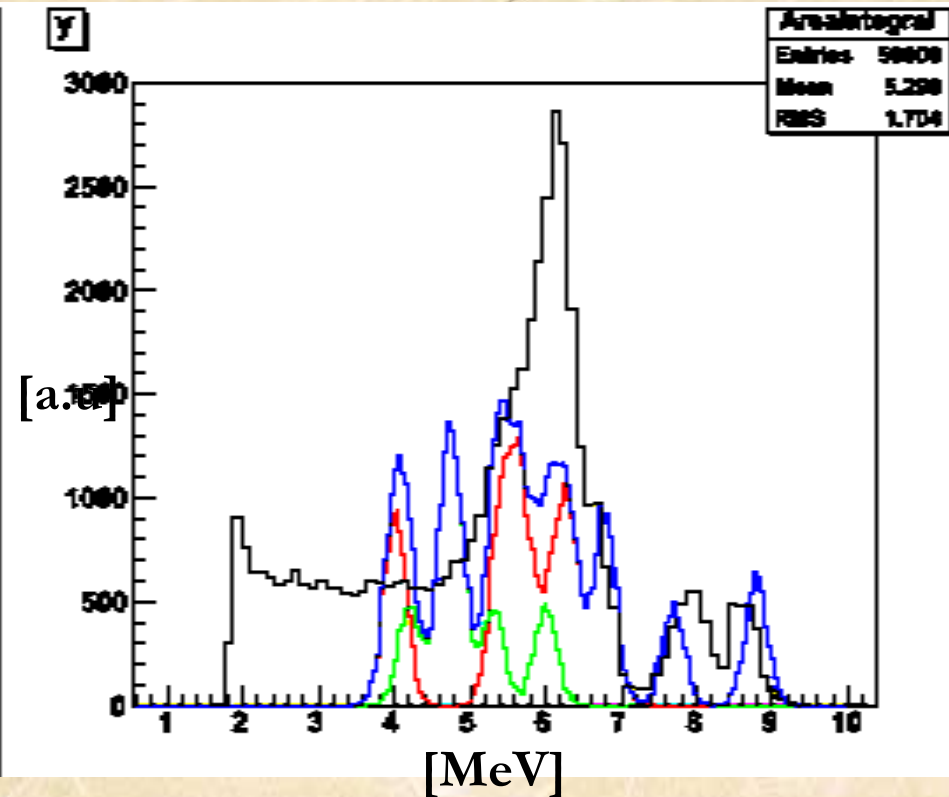
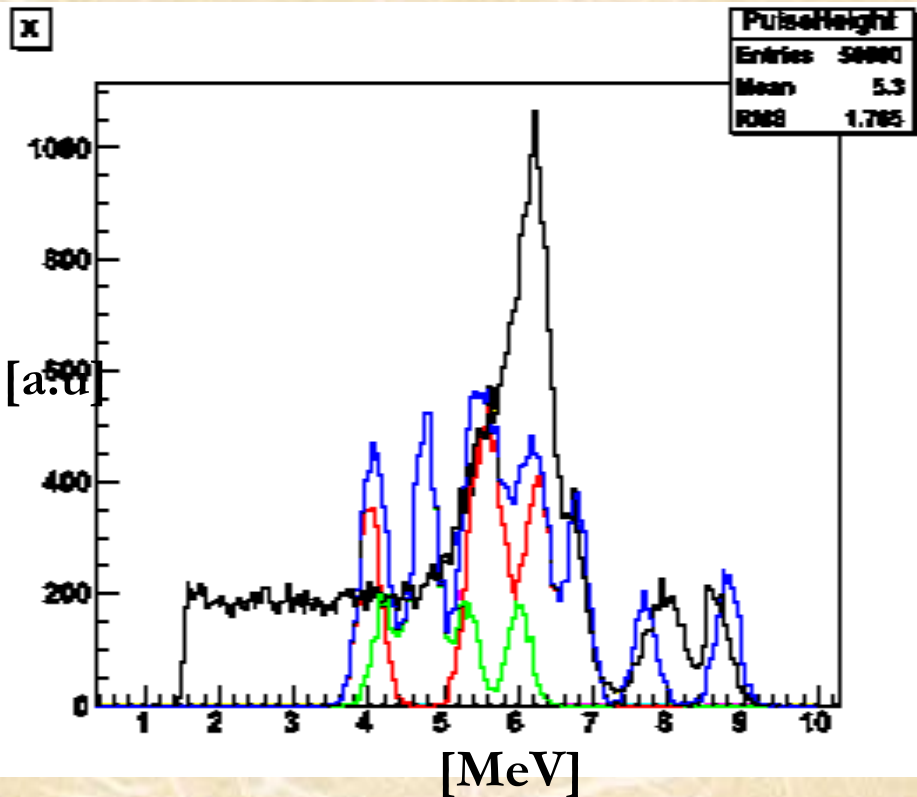


黒：取れたスペクトル

赤：Th系列 α 線スペクトル

⇒スペクトルが合わない？

Step1の結果



緑: U系列 α 線スペクトル(Th系列の半分の割合)

青: Th系列とU系列の足し合わせ

⇒すこしましになった。

このずれはそのうち検討

Step2 (小林)

Step2 でやったこと

実験段階	PI	電圧	部品	備考
Step1	回路上	30V	既製品	アンプ製作
Step2	回路上	20V	自作	回路製作
Step3				各製作
Step4				真空

- ・ BIAS回路の作成
- ・ 反転アンプの作成
- ・ それらを用いたランタンのスペクトル取得及び解析

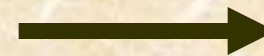


検出器にピンを取り付ける回路をつくった。いくつかのものはP6の先輩方のものを参考にさせていただきました。

プリアンプ

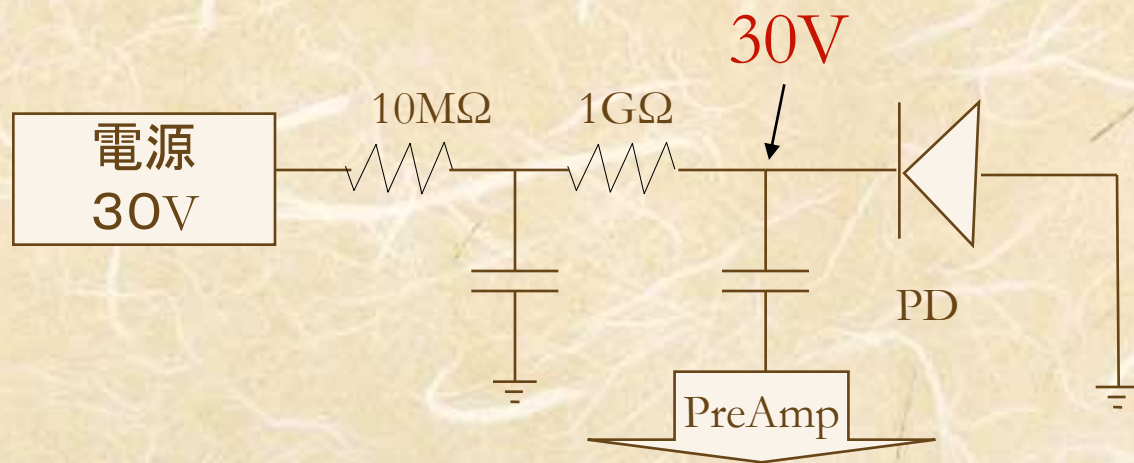
反転アンプ

プリアンプにはCP社のCS515を利用した。

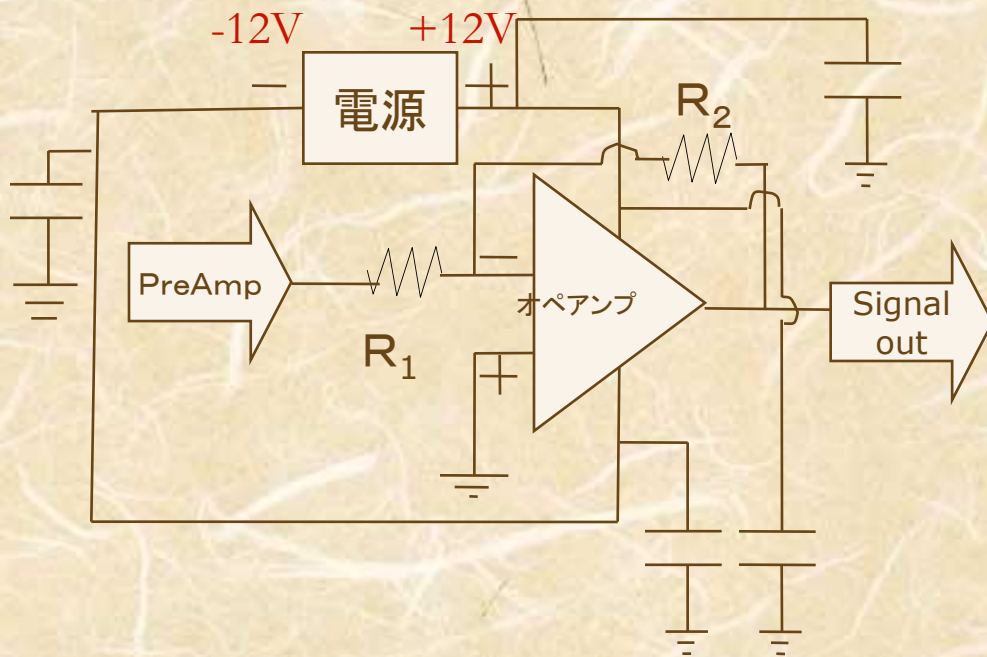


BIAS回路

- CP製の筒型アンプと自作アンプの比較を行うためにPINにBIAS電圧をかける回路を作成した。
- 抵抗分割せず直接PDに30Vの逆電圧がかかっている。



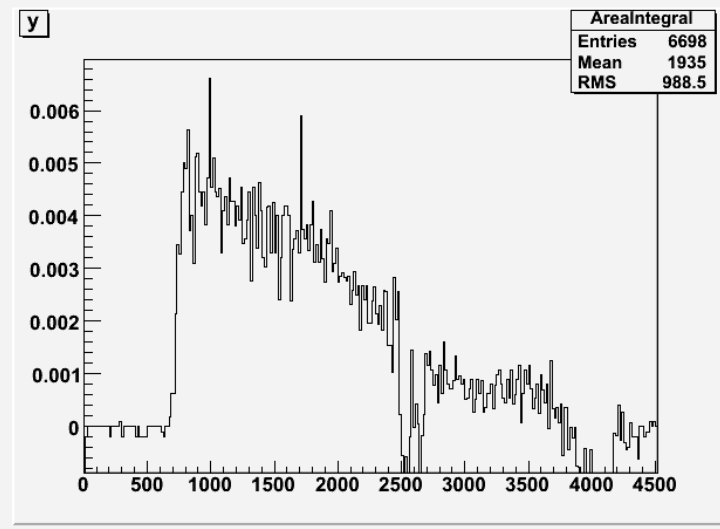
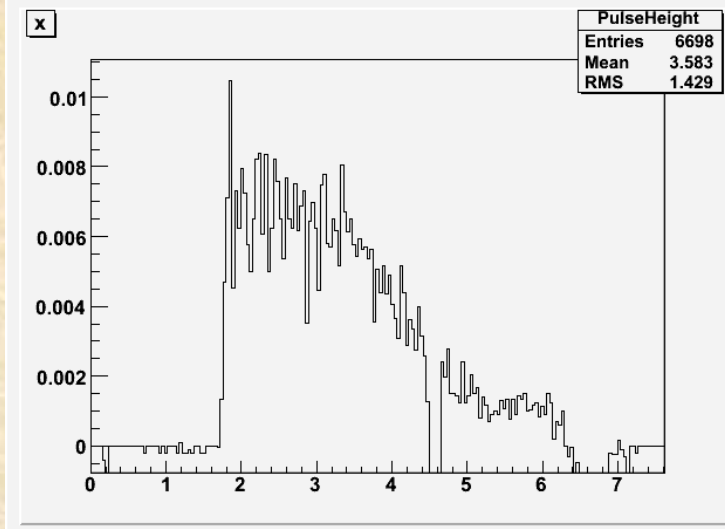
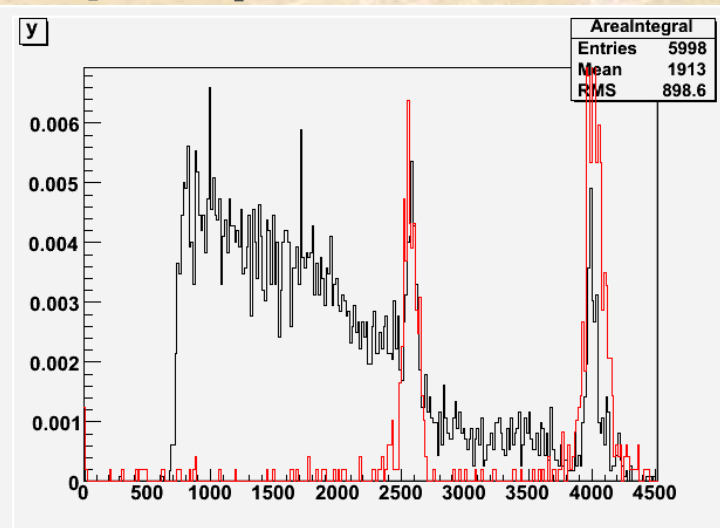
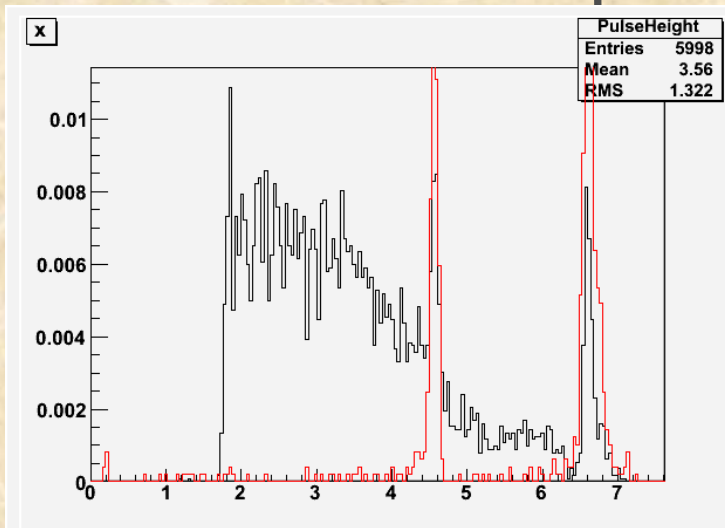
● アンプ回路: 反転アンプ



オペアンプを用いた反転増幅回路

抵抗値は R_1 1k Ω 、 R_2 は最大50k Ω の可変抵抗にした。

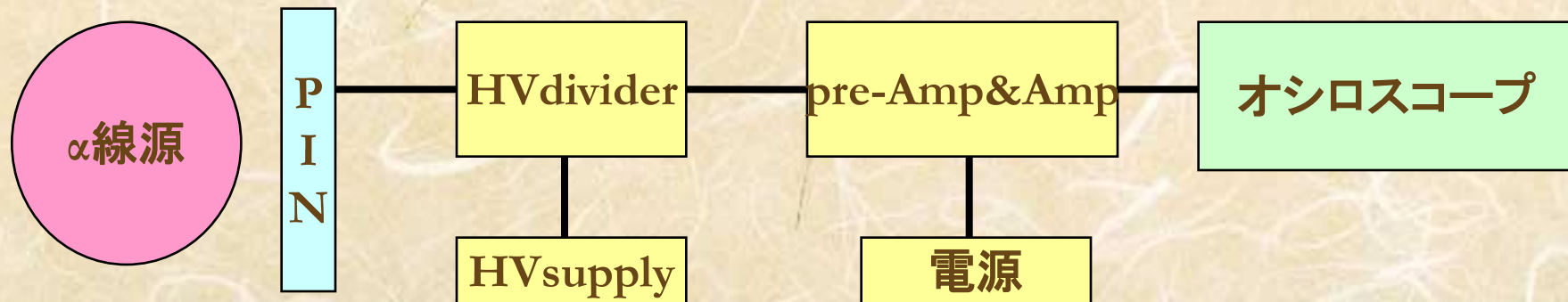
Step2の結果



黒: マントルのスペクトル
赤: バックグラウンド

Step3

実験段階	PINの位置	使用電圧	回路	備考
Step1	回路上	30V	既製品 (579/CsI型)	アンプ製作
Step2	回路上	30V	自作	回路製作
Step3	チャンバー内	-1500V	自作	HV回路製作
Step4	チャンバー内	-1500V	自作	内部真空



HV回路

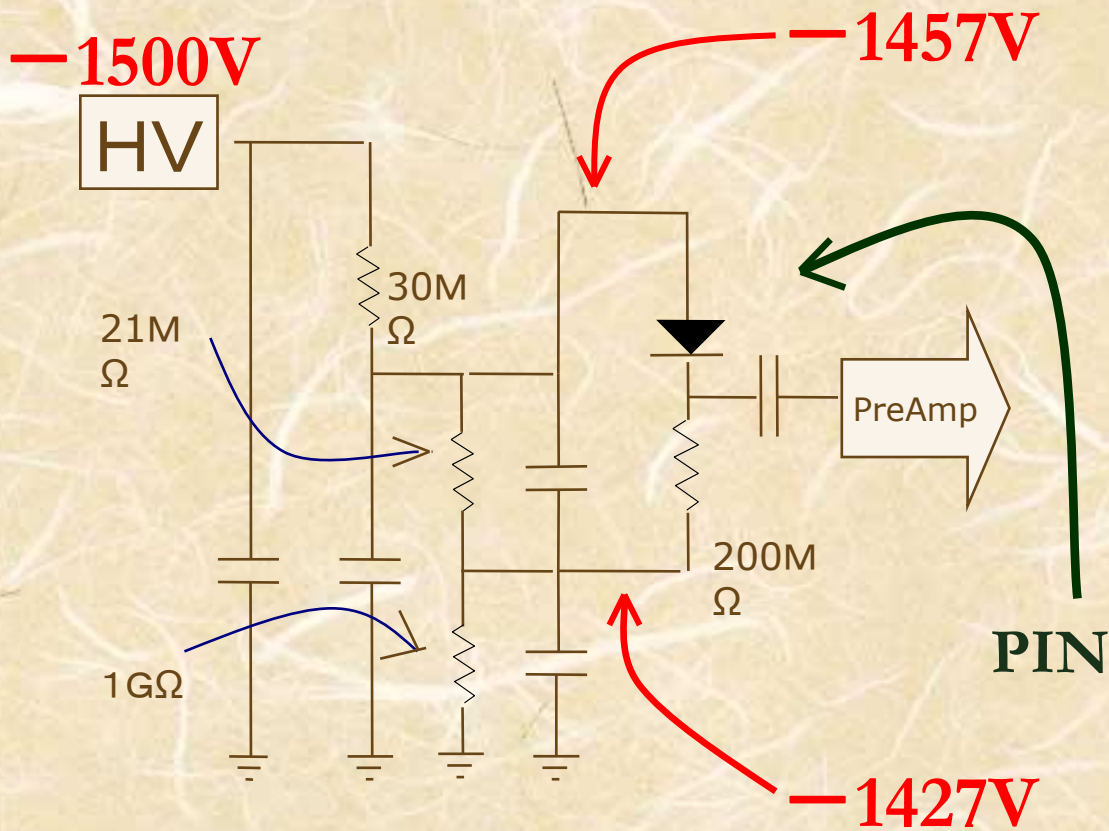
PPD

Step2に続いてHV回路をつくった。HV回路はPINを負に印加すると同時にPINにBIAS電圧もかけられる回路になっている。

プリアンプ

反転アンプ

□HV-BIAS回路



抵抗分割によって-
1.5kVのうちの30V
がPPDにかかる。
PINから出たシグナ
ルは $200\text{M}\Omega$ 抵抗側
にはほぼ流れずコン
デンサを通して
PreAmpに流れてい
く。

BGとの戦い

- Step2にもあったようなおかしいBGが見えたのでその源を探索
- Step1のセッティングで右図の窓にアルミやキムワイプをまく
⇒BG消えず⇒外部放射線でない？
- ◆ HV電源、回路全般は2種類試して両方BG乗る⇒これらでもない？
- ◆ ①アース②電源③オシロ④PIN
のどれかか？⇒すぐ検証できるPINを検証⇒PINを変えてBG減発覚(本日、朝)



本実験に向けての課題

- ◆ Step2～ : BGの特定
- ◆ Step2～ : 分解能の向上(アース強化など)
- ◆ Step2～ : 対振動の強化

- ◆ Step4 : 真空におけるHV印加時の安定性(HVはかかったのでPIN待ち)

まとめ

- ◆本実験までに必要な装置はあらかじめ完成
 - ◆スペクトル取得&解析はStep2止まり
- ⇒BGやノイズを低減しスペクトルの取得・解析
さえ進めば本実験へ