

比例蛍光読み出しによる XMASS実験感度向上のための テストベンチの開発2

日本物理学会2015秋季大会

2015/9/27

大阪市立大学

毛笠莉沙子、伊藤好孝、増田公明、関谷洋之A

(名大STE研、東大宇宙線研A)

他XMASSコラボレーション

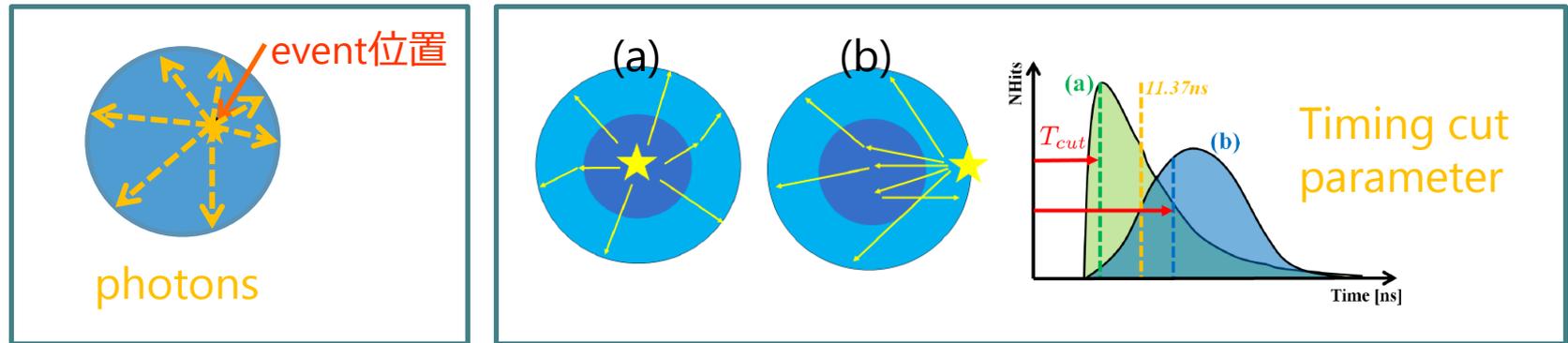
XMASS感度向上へのアプローチ

現在XMASSでは検出器内壁起源のBGが問題になっている。

＜解析(ソフトウェア)における壁際eventのcut＞

光量での位置構成

Timingでの位置構成によるcut



ハードウェアの面からも反応位置の再構成をすることで壁際eventをさらにcutできる！

比例蛍光読み出しによる1相式液体Xe-TPCのR&Dをテストベンチを用いて行う！

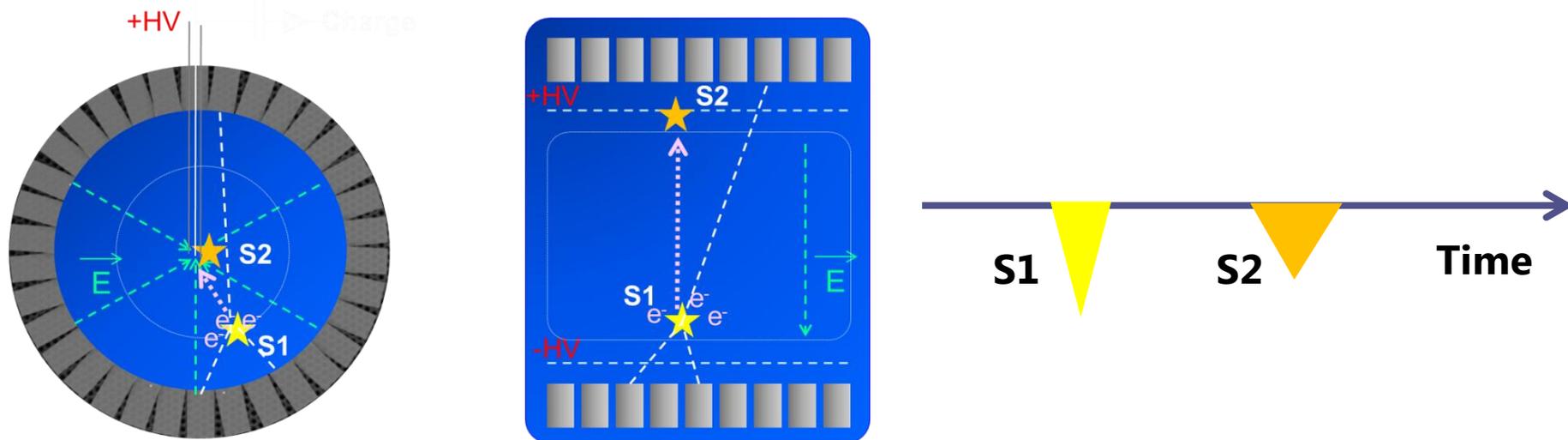


Xe-TPC

Xe検出器：scintillationとionizationの両方を検出可能
TPC→startとstop信号の時間差から位置を再構成する

Start(**S1**)：Direct interaction(Primary scintillation)

Stop(**S2**)：S1発光時にできる電離電子を電場によりドリフトし、
高電場で電荷増幅した際に発光するproportional scintillation

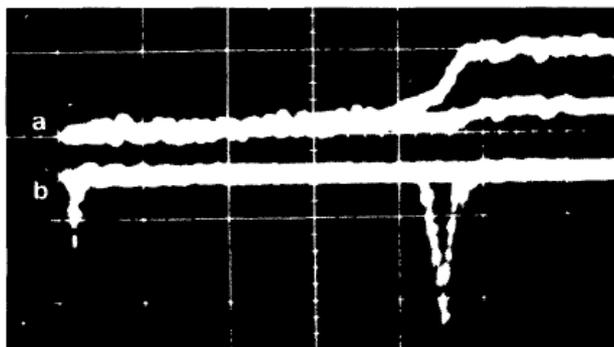
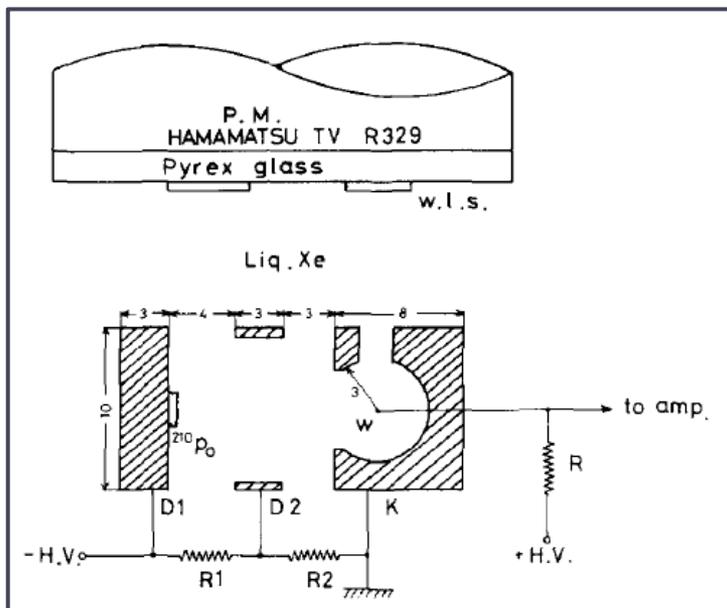


- S2発光を気相で行う2相式Xe-TPCが先に実現し結果を出しているが、
長期間の測定では液面管理の問題もある
- 1相式液体TPCは液体のみなので検出器形状に自由度あり

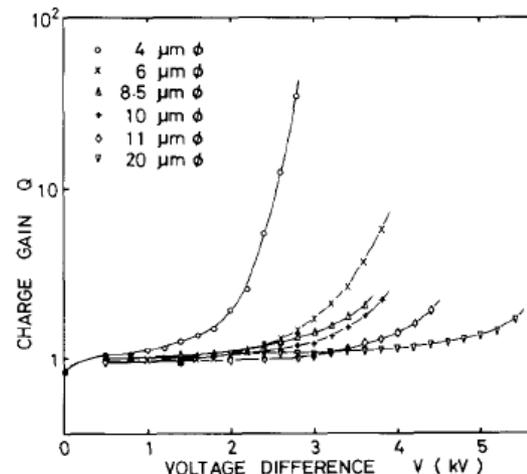
液体Xe中のS2発光

2相式Xe-TPCが実現する以前に液中のS2発光の研究がされていた。

ワイヤー電極を用いたS1,S2観測(Bi207 γ 線1MeV)



S2 threshold
410kv/cm@W= ϕ 20 μ m

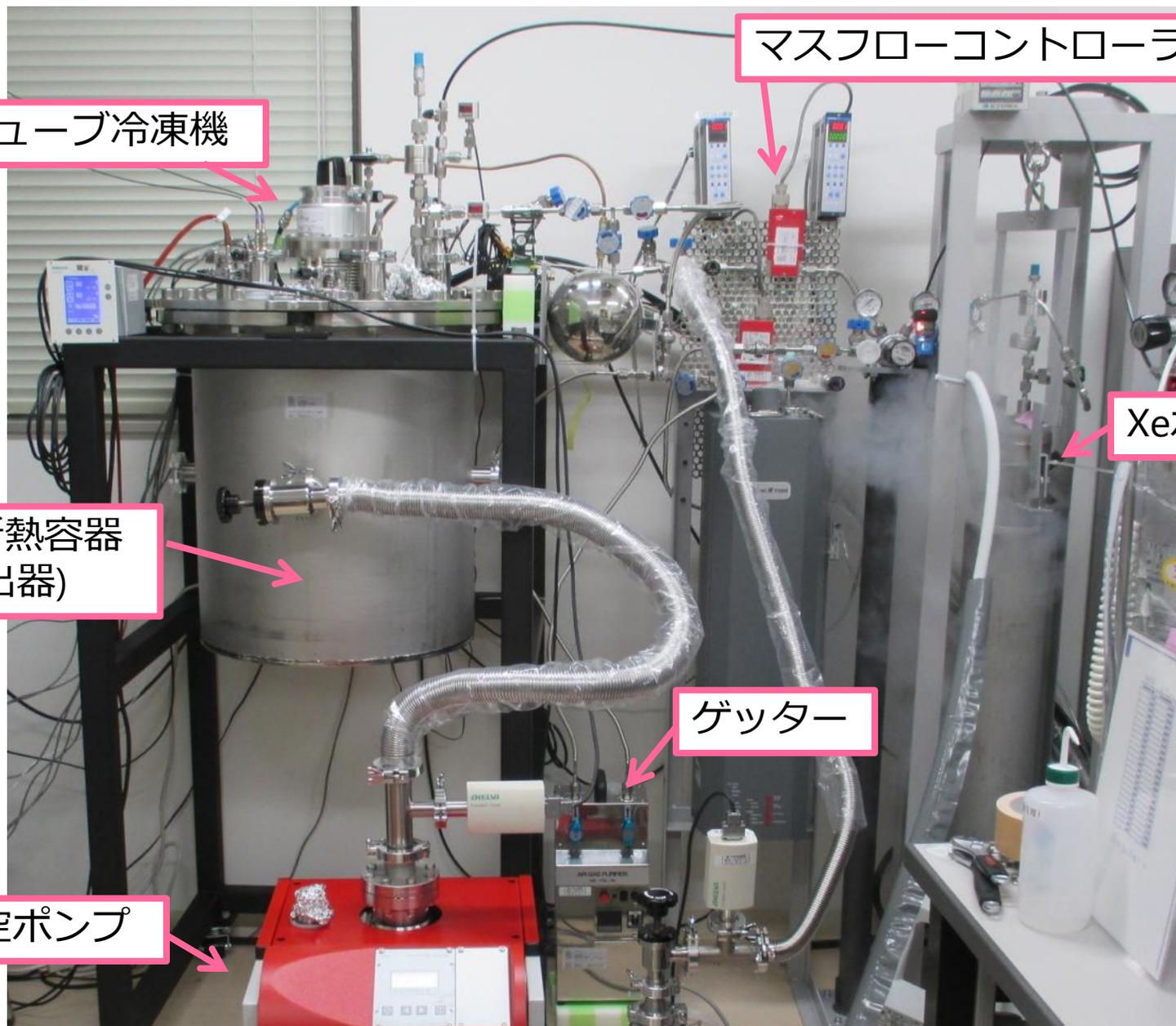


" A liquid xenon proportional scintillation counter"
(1979) K. Masuda et al.

1相式液体Xe-TPCの開発に向けての検証項目

- S2が発生するための電場(kV/cm)のしきい値
- 1電離電子あたりのS2の発光量 gain(ph/e-)
- 低エネルギー信号(<10keV)でS2発光可能か efficiency など

開発状況 - 実験装置概要



パルスチューブ冷凍機

マスフローコントローラー

外真空断熱容器
(中に検出器)

Xeボトル

ゲッター

真空ポンプ

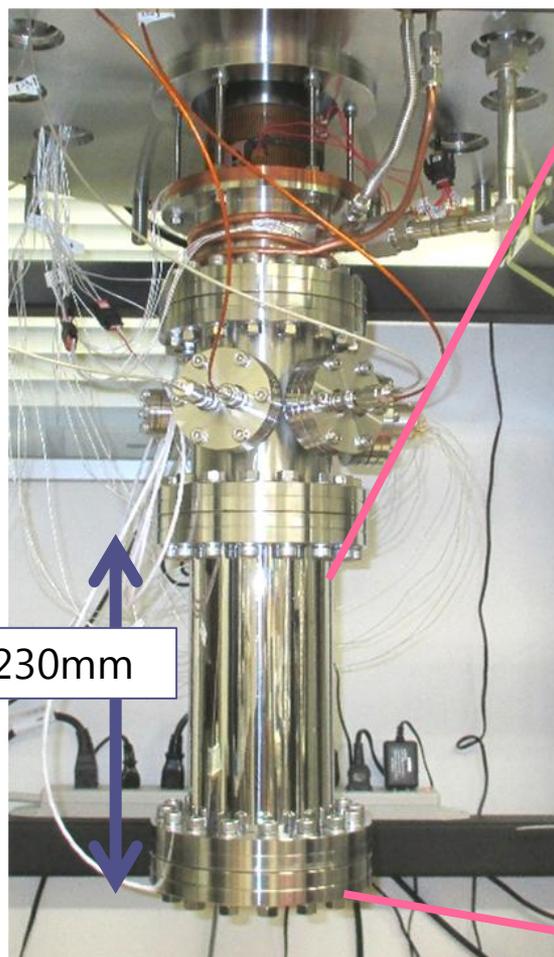
開発状況 - 検出器内部

円筒の検出器内でLXe領域を上下2つのPMTで挟む構造

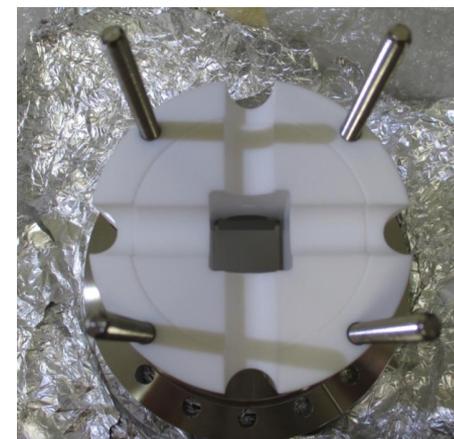
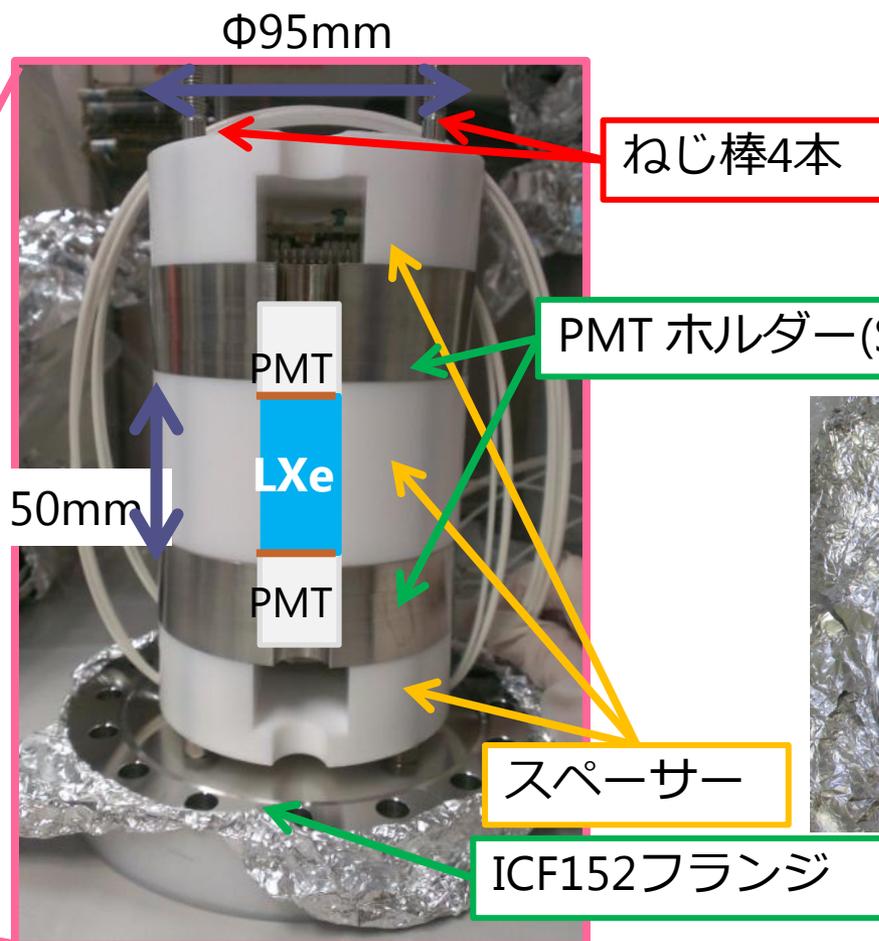
LXe領域 24mm \square ×高さ50mm
(PMTの光電面の面積)



PMT
R8520-406
光電面24mm \square
+ HV

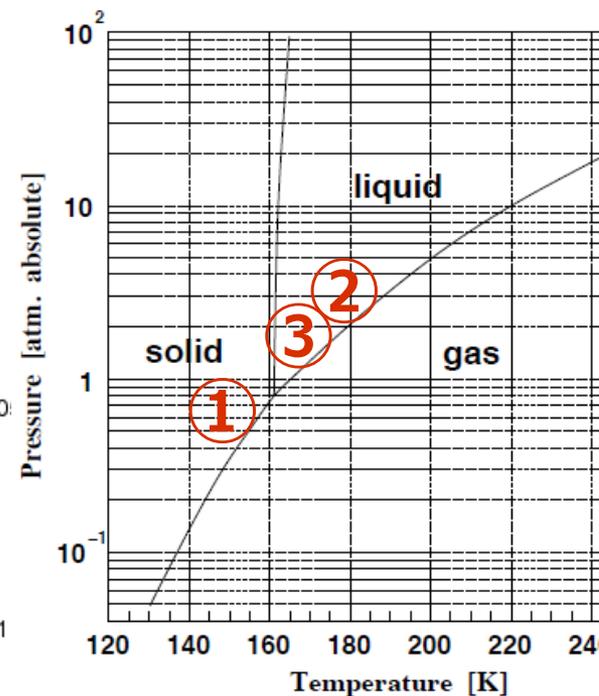
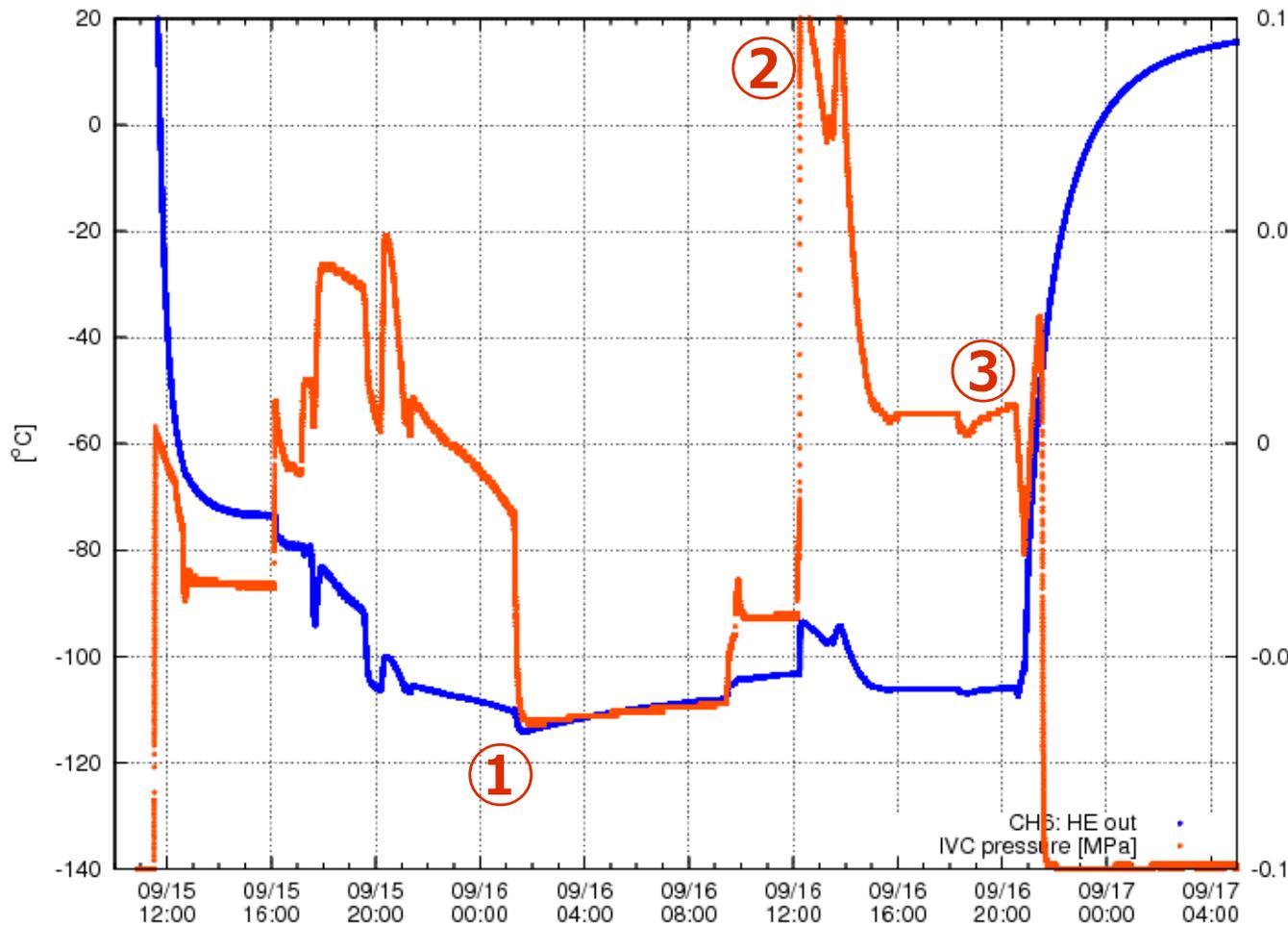


230mm



開発状況 - Xe液化

gas Xe209L (liquid Xe400cc)

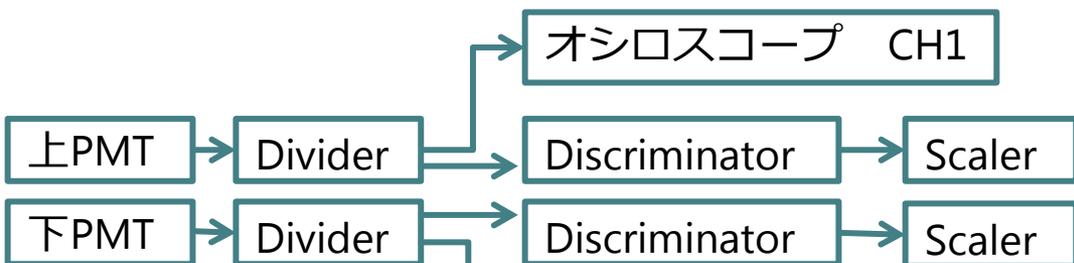


検出器内圧
温度

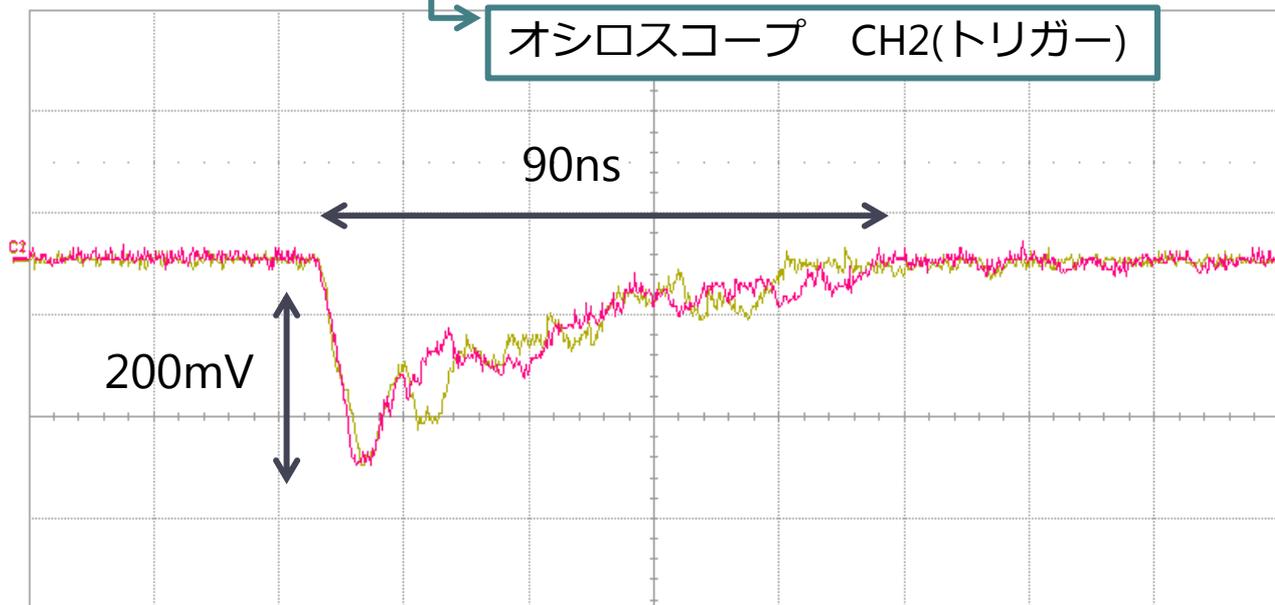
- ① 温度が下がりすぎたため固化 (-113°C、-0.06MPa)
- ② 0.6L/minでGas Xe供給中に急に液化 (-94°C、0.1MPa)
- ③ 安定供給 0.8L/min (-106°C、0.007MPa)

開発状況 - S1観測実験

外容器下部からCs線源(662keV γ 線)をあてて、S1を観測した。



	Discri	Event rate
上PMT	50 mV	2.9 Hz (線源なし2.2Hz)
下PMT	50 mV	2.3 Hz (線源なし1.5Hz)



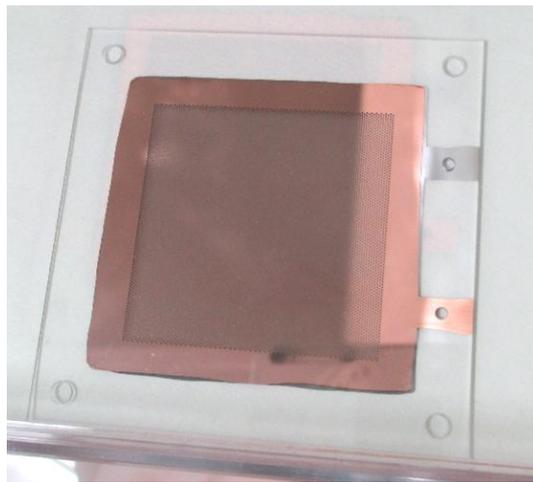
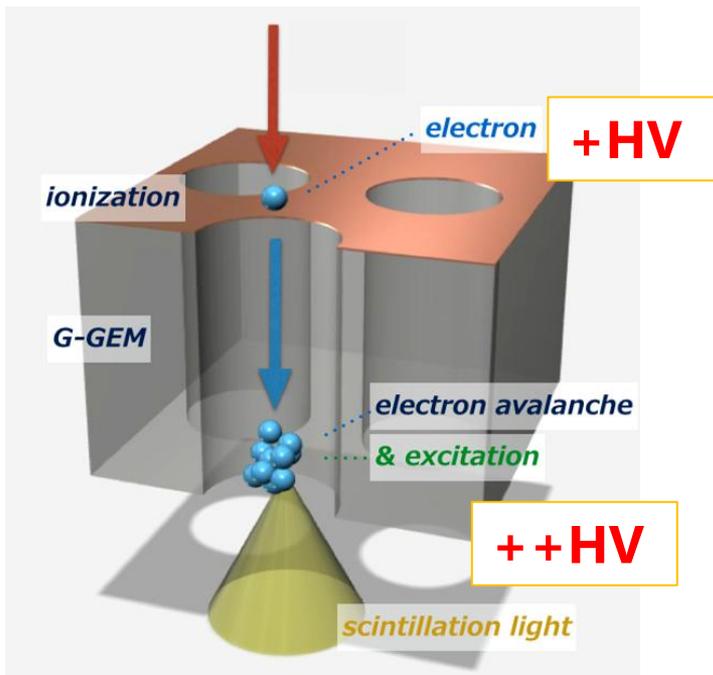
PMT : gain = 8×10^5 @ 775[V] より 1p.e. = 1.28×10^{-13} [c]なので
total charge : 7.2×10^{-10} [c] = 5625 [p.e.]

テストベンチ開発状況まとめ : Xeの液化とS1の観測に成功

S2観測への方針 - 電極開発

次は電極を導入しS2観測

ガラス製GEM(Gas electron Multiplier)を液体Xe中で使用する



- 0.65mm厚
- 有効面積25mm²
- Φ170μmのholeが9167個

HOYA製感光性ガラス基板(PEG3)

OutgasやXeへの溶出が少ない

ガスAr中では特性検証されている

液体Xe中では使用実績なし

→液体窒素中で破損なし・絶縁を確認

HOYA

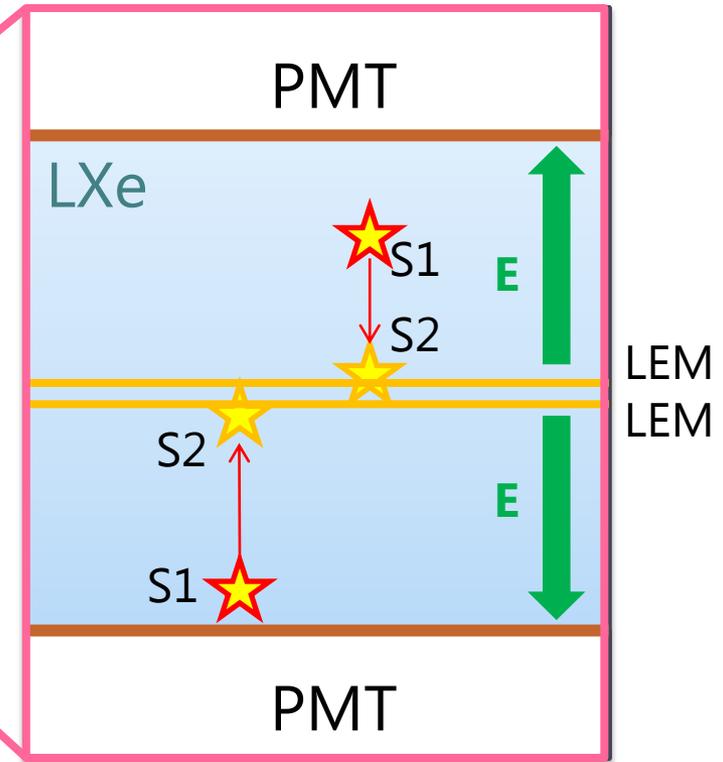
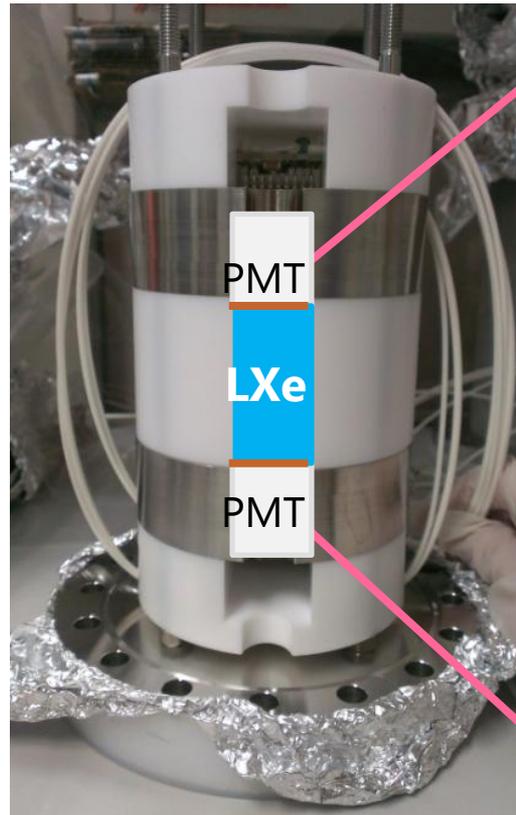
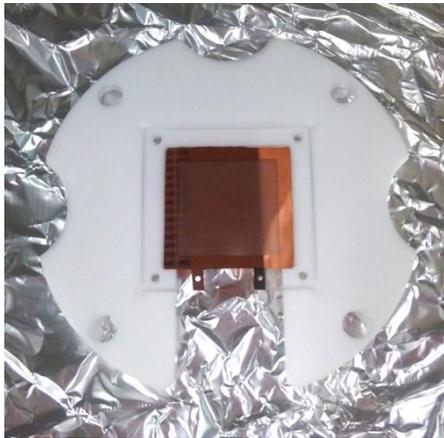
東大工学系研究科
原子力専攻 藤原さん

参考 : Arazi et al 2013 JINST 8 C12004

G10基盤のThick GEM を用いて液体Xe中でのS2観測を行っている。

S2観測への方針 - 電場デザイン

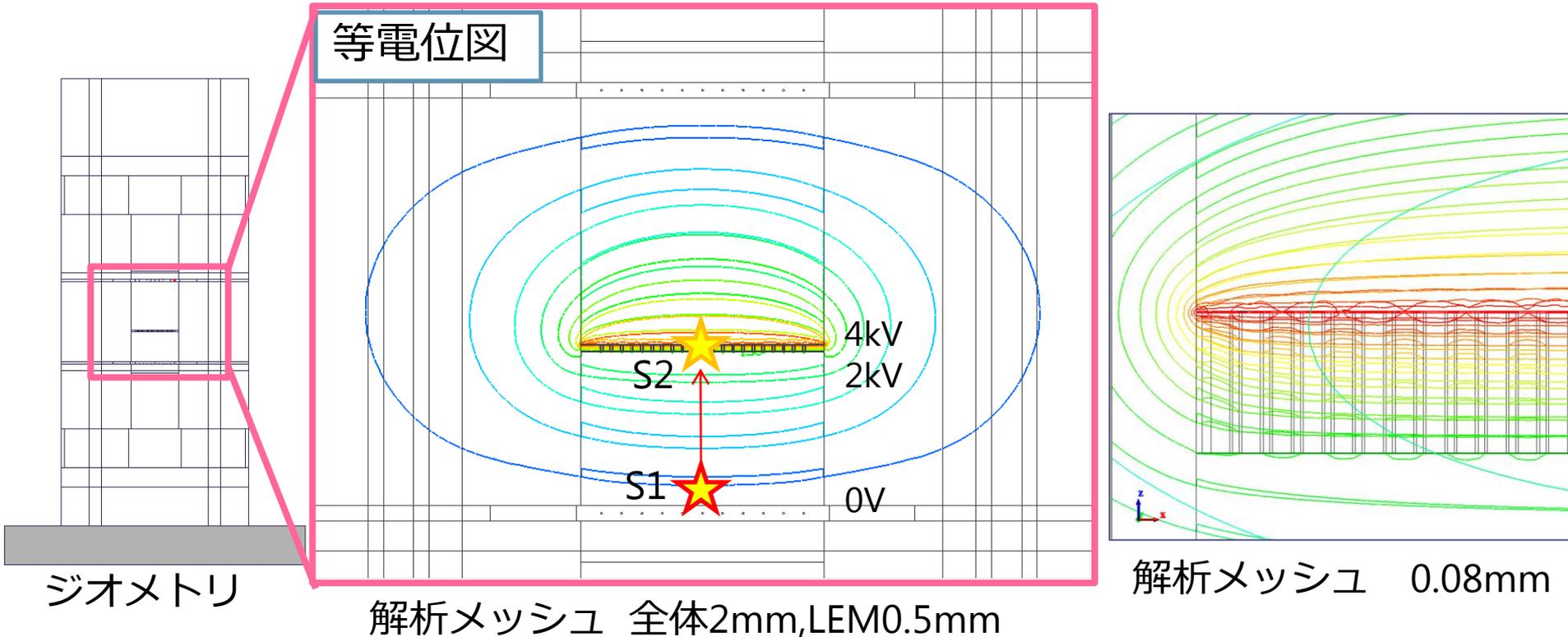
- 液体中で使用するのでLEM(Liquid Electron Multiplier)と呼ぶ
- PMT間に薄いスペーサーを積み上げLEMをマウント(位置が可変)
- LEM2枚を中央に設置しLXe領域全体をTPCとして使う形を考えている



S1,S2ともに上下のPMTで観測

電場シミュレーション

まずはLXe領域にLEMを1枚マウントした場合の電場をシミュレーション
有限要素法解析ソフトfemtet（ムラタソフトウェア）



- GND電極からz方向+2cmの位置にLEM設置
- GEM電圧下面2kV,上面4kV印加
- ドリフト領域でも電極に平行電場(1kV/cm)
- hole内の液体Xe中で平行電場(30kV/cm)が形成

まとめ

テストベンチの開発を行い、Xeの液化確認および、
検出器外からCs662keVを照射することでS1の観測ができた。

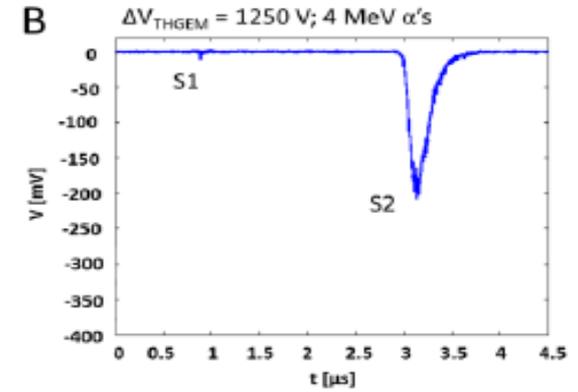
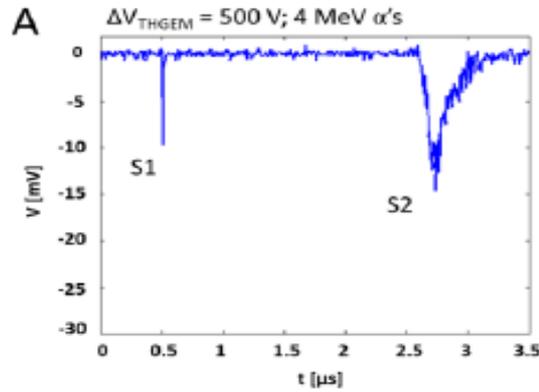
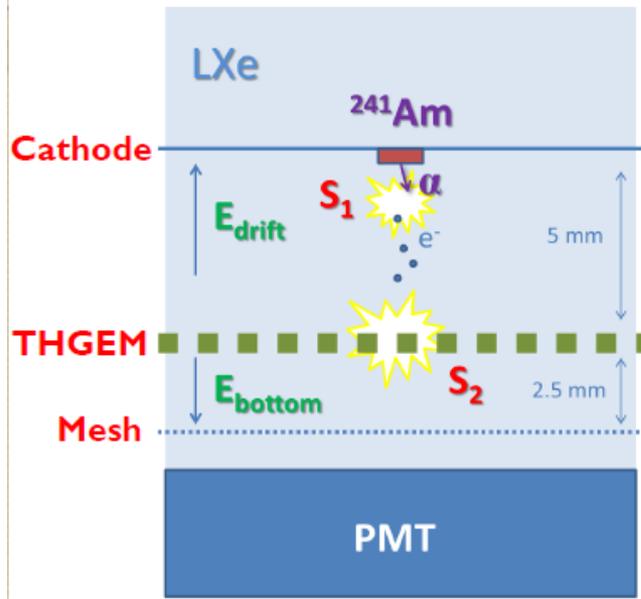
今後の実験

検出器内にガラス製LEM電極を導入しS2観測へ

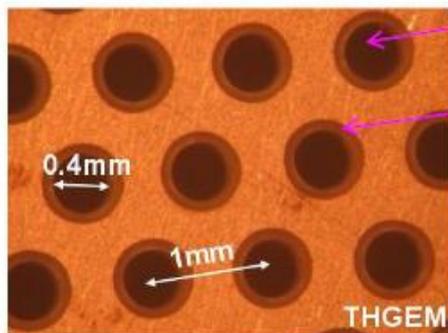
- S2が発光するかどうかを確認、電場のしきい値を求める。
- LXe領域に線源(Co57,Am241)をマウント可能な構造があるので内部線源とFADCを用いてより詳細な実験を行う。

back up

Thick GEMの実験



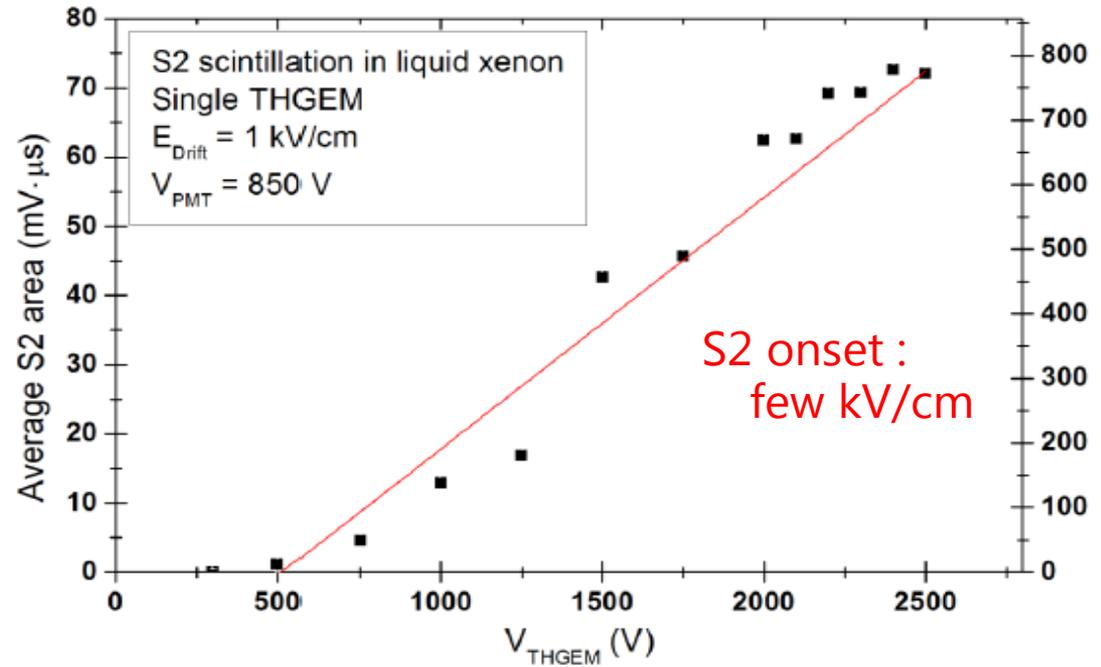
Chechik VIENNA 2004



drilled

etched

Thickness 0.4-1mm



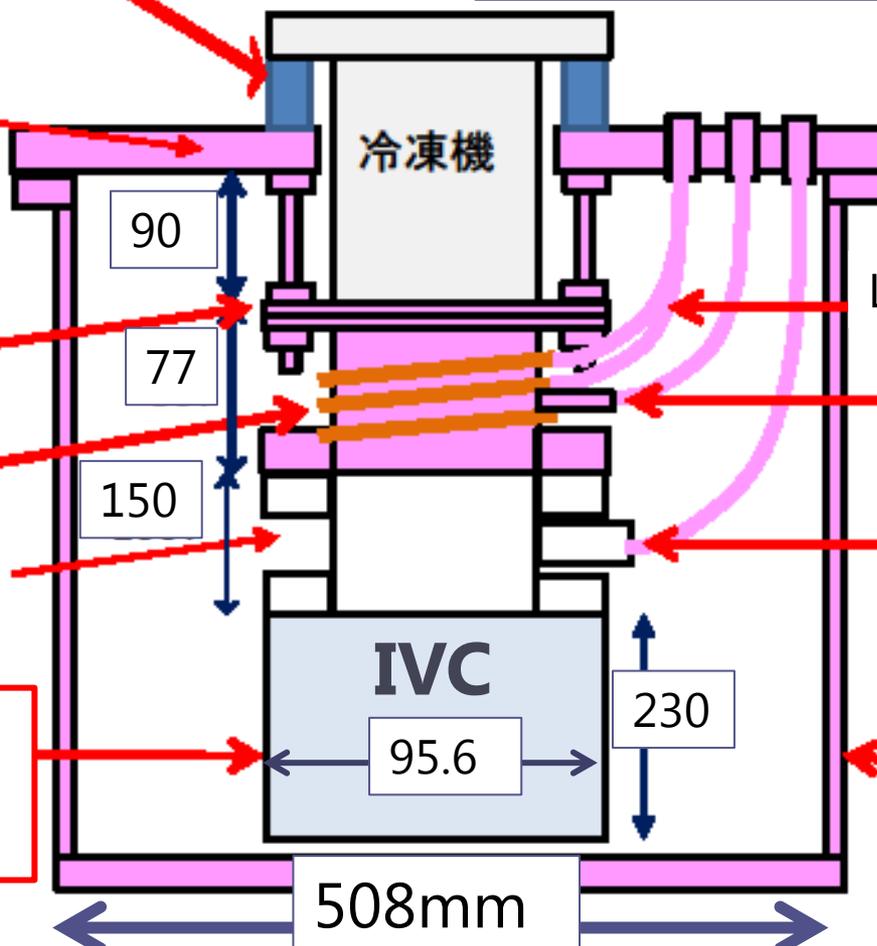
テストベンチ概要

- 外真空容器(OVC)内に冷凍機、熱交換box
フィードスルーbox、内真空容器(IVC)
- パルスチューブ冷凍機
- 10kVまで印加可能なフィードスルー

フレキ(久世ベローズ)

- 外真空Topフランジ
裏面PC.D-130.3の位置
にM6×6個穴あけ
(日鈴)
- 変換円盤(日鈴)
- 熱交換ボックス
(日鈴)
- Feedthrough ボックス
(コスモテック)

内真空容器(IVC)
LXeとPMT入れる
detector部分



LN2 line

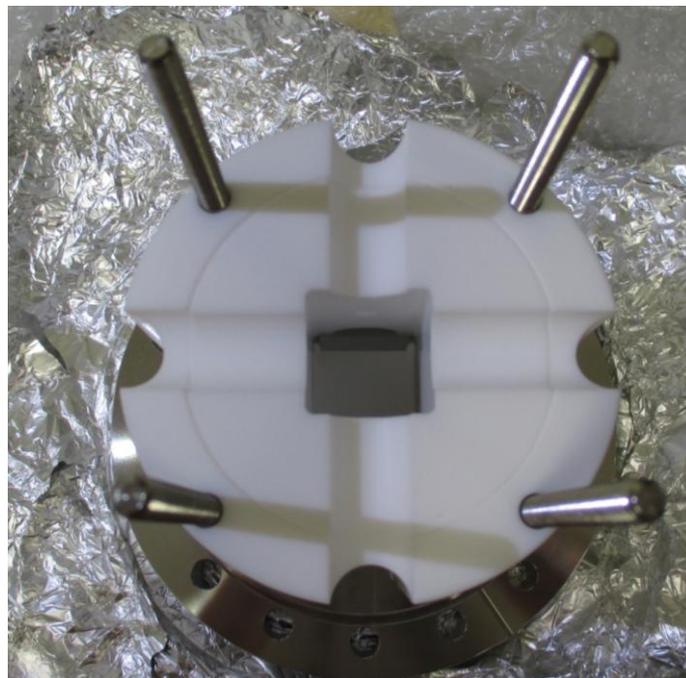
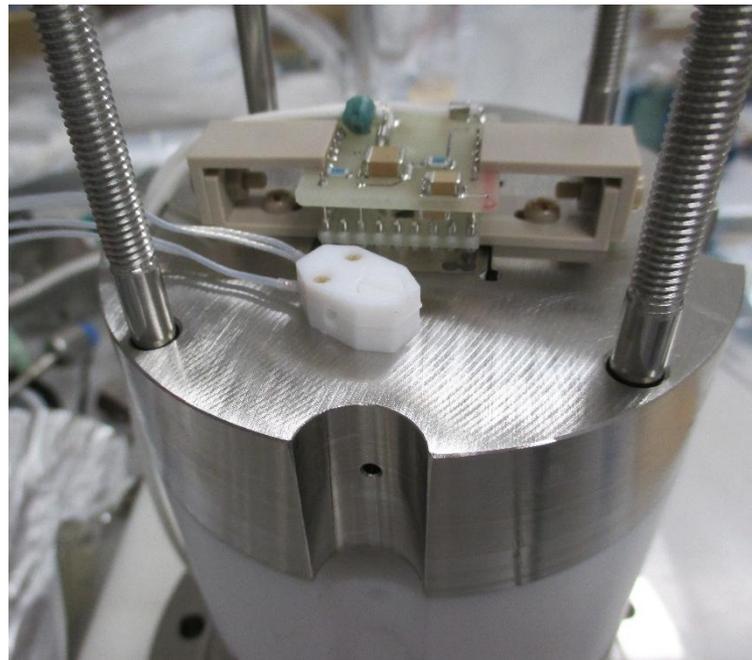
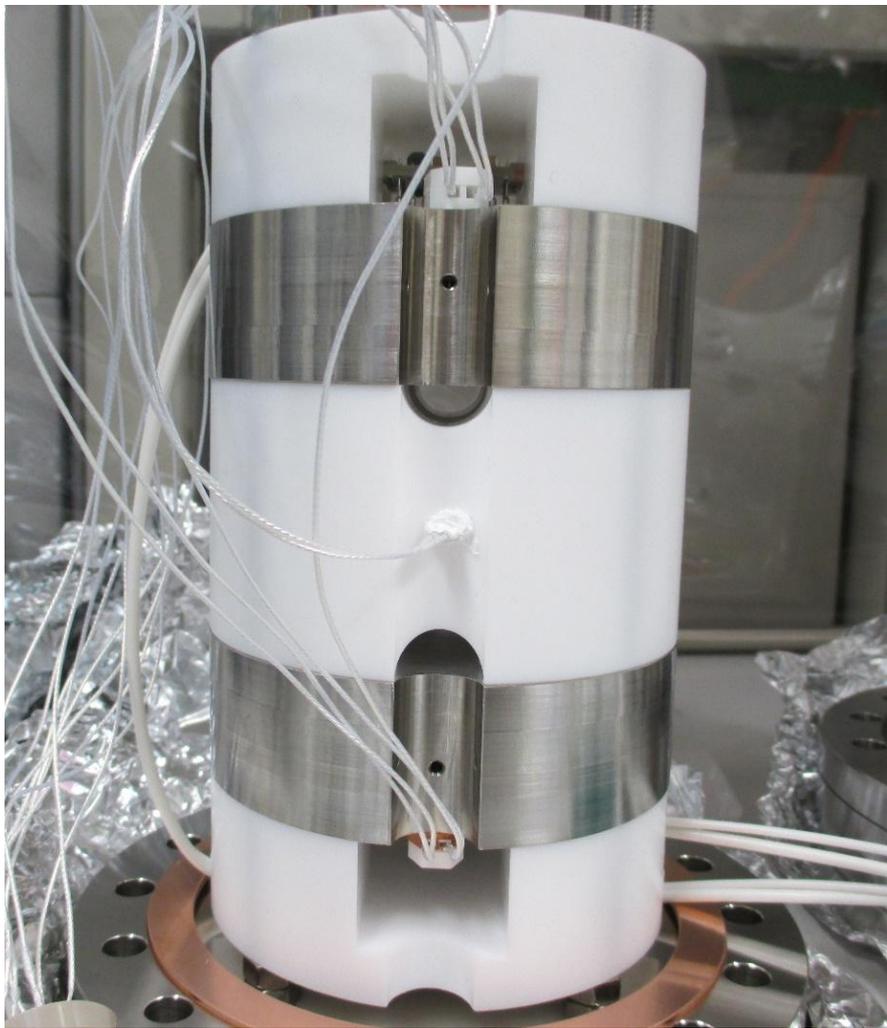
Xe gas in/out (1/2インチ)

フィードスルー

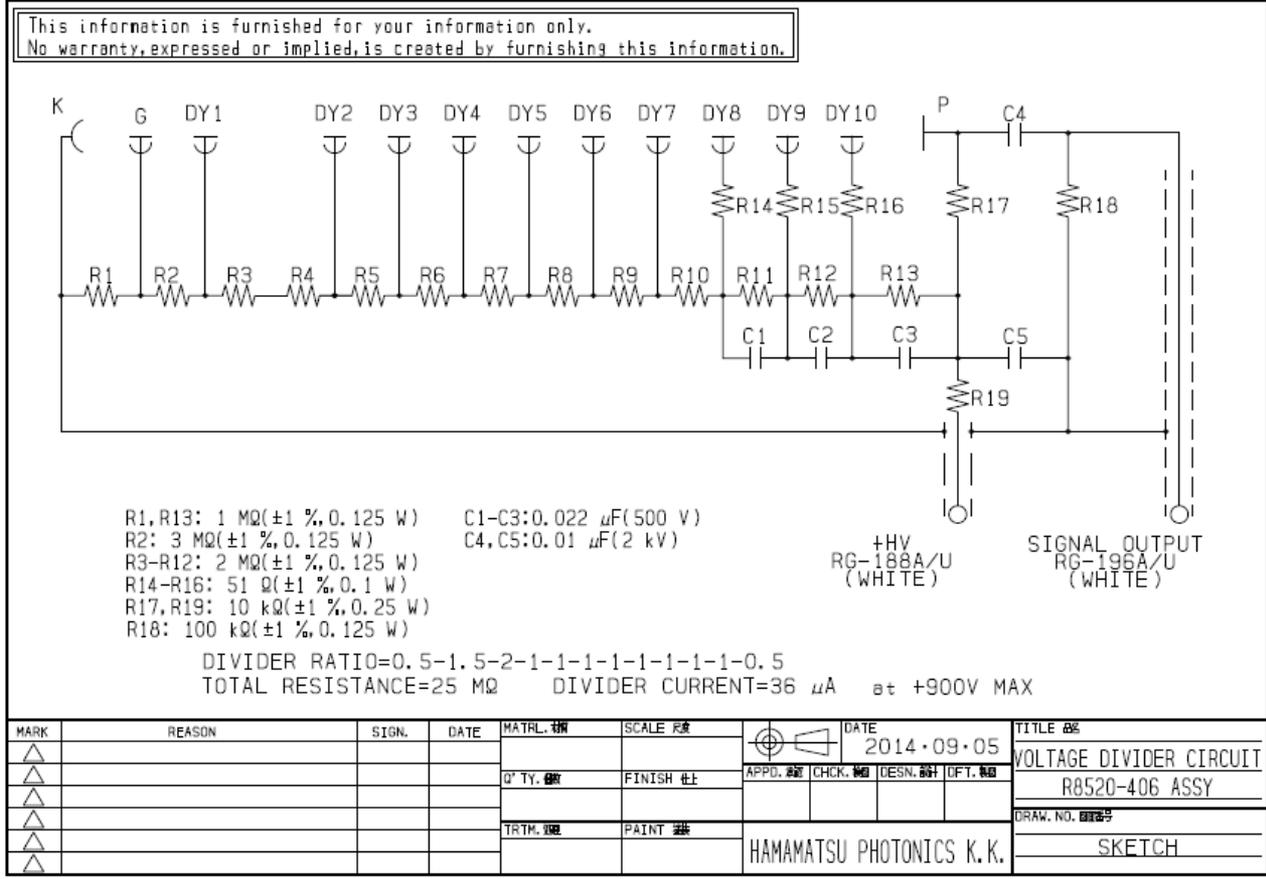
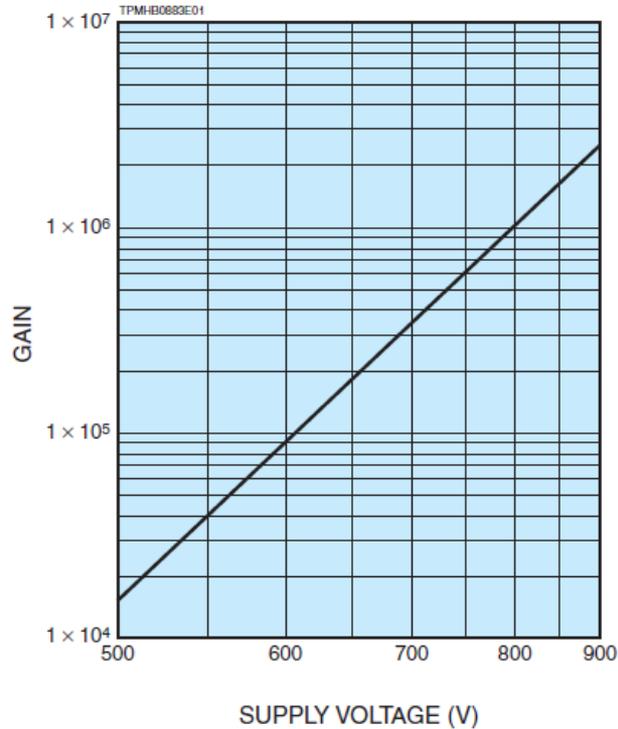
- ・22pin(温度計、LED)
- ・SHV×2 (PMT HV)
- ・BNC×2 (PMT signal)
- ・10kV×4(電極)

外真空容器(OVC)
検出器全体を覆い、
真空断熱する

検出器内部



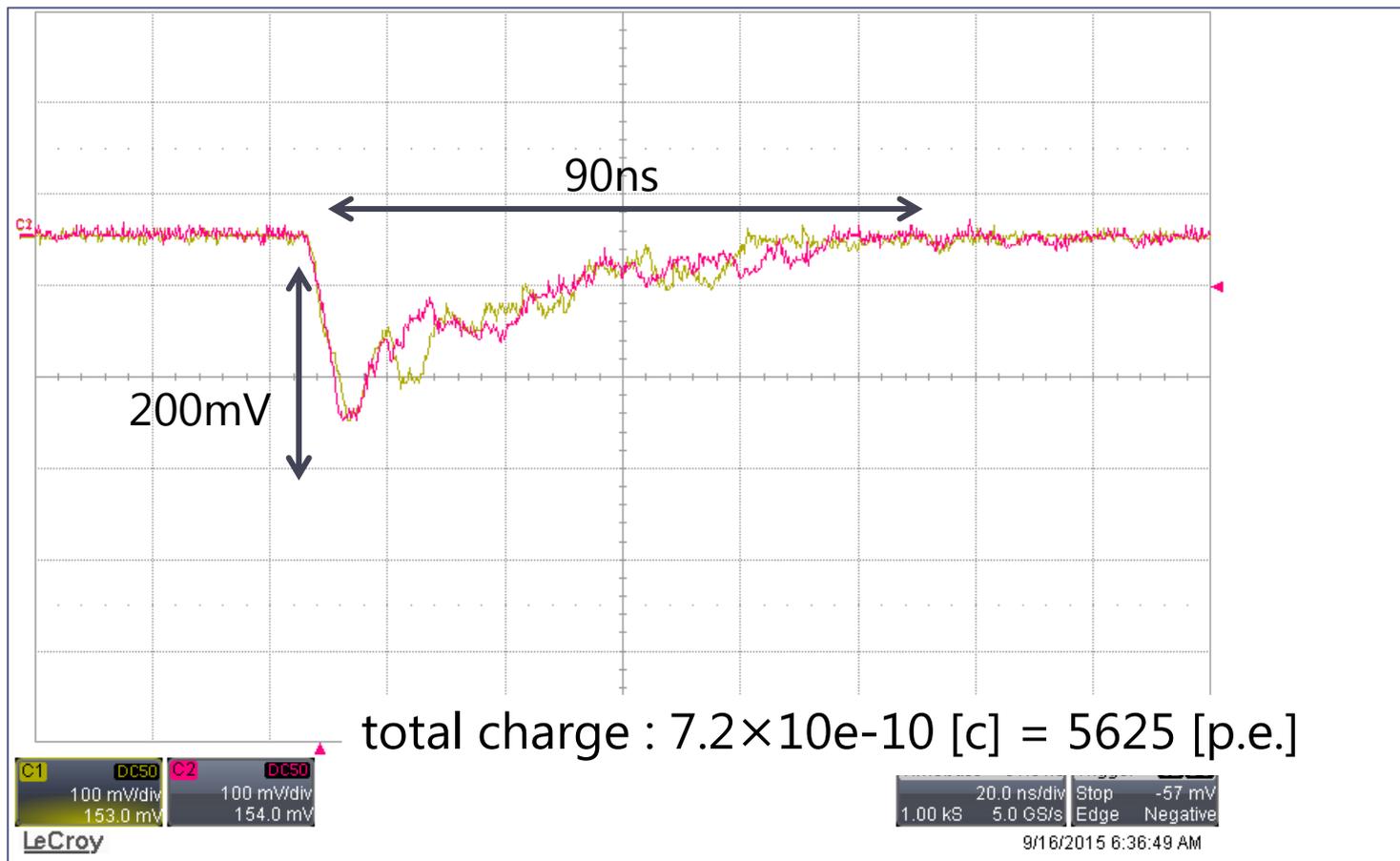
PMT



QE: 29.2%

S1観測実験 - 結果

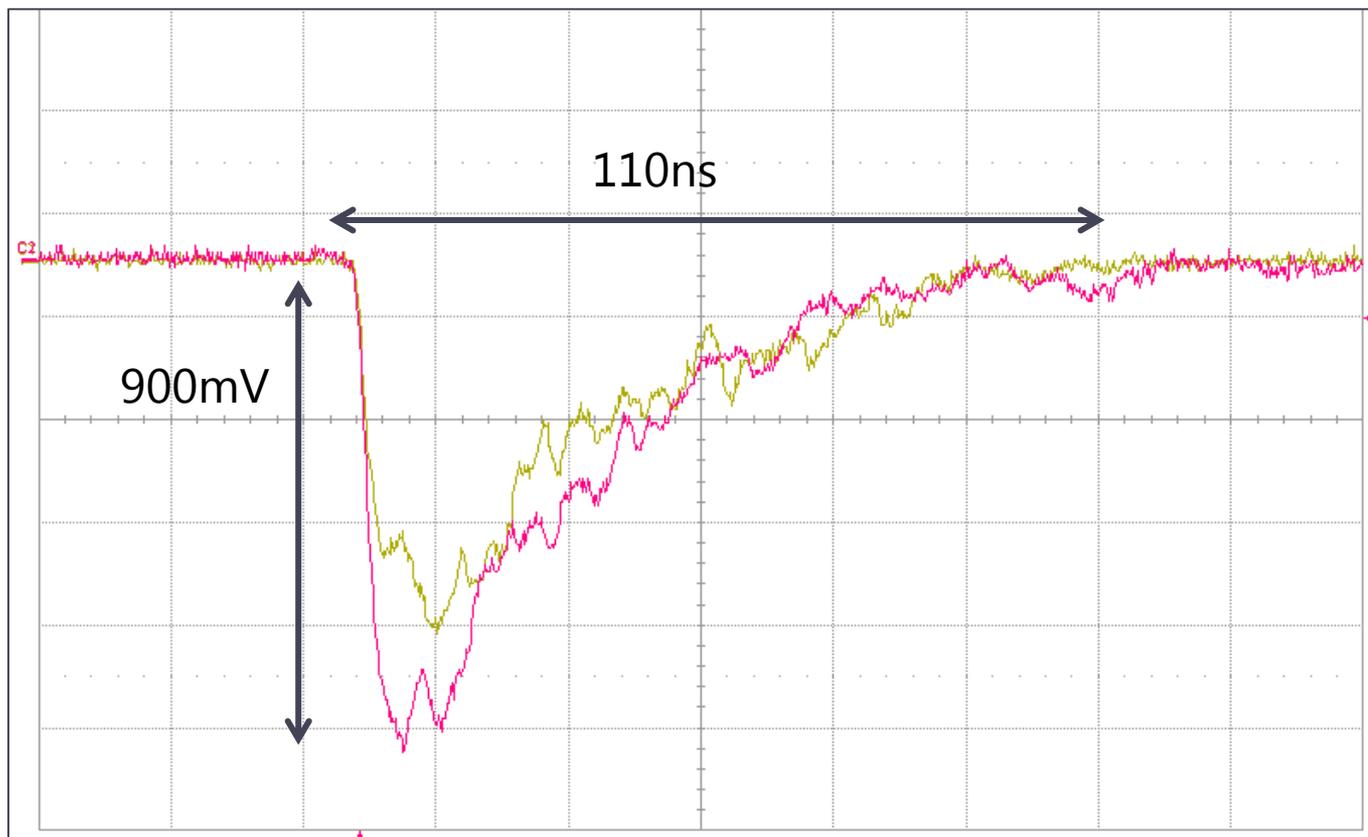
外容器外側からCs線源(15kBq、662keV γ 線)をあてた際のS1観測



	HV	Discri. thre.	Event rate
上PMT	775 V	50 mV	2.9 Hz (線源なし時2.2Hz)
下PMT	775 V	50 mV	2.3 Hz (線源なし時1.5Hz)

S1観測実験 - 結果

線源なし μ ? 環境 γ 線?

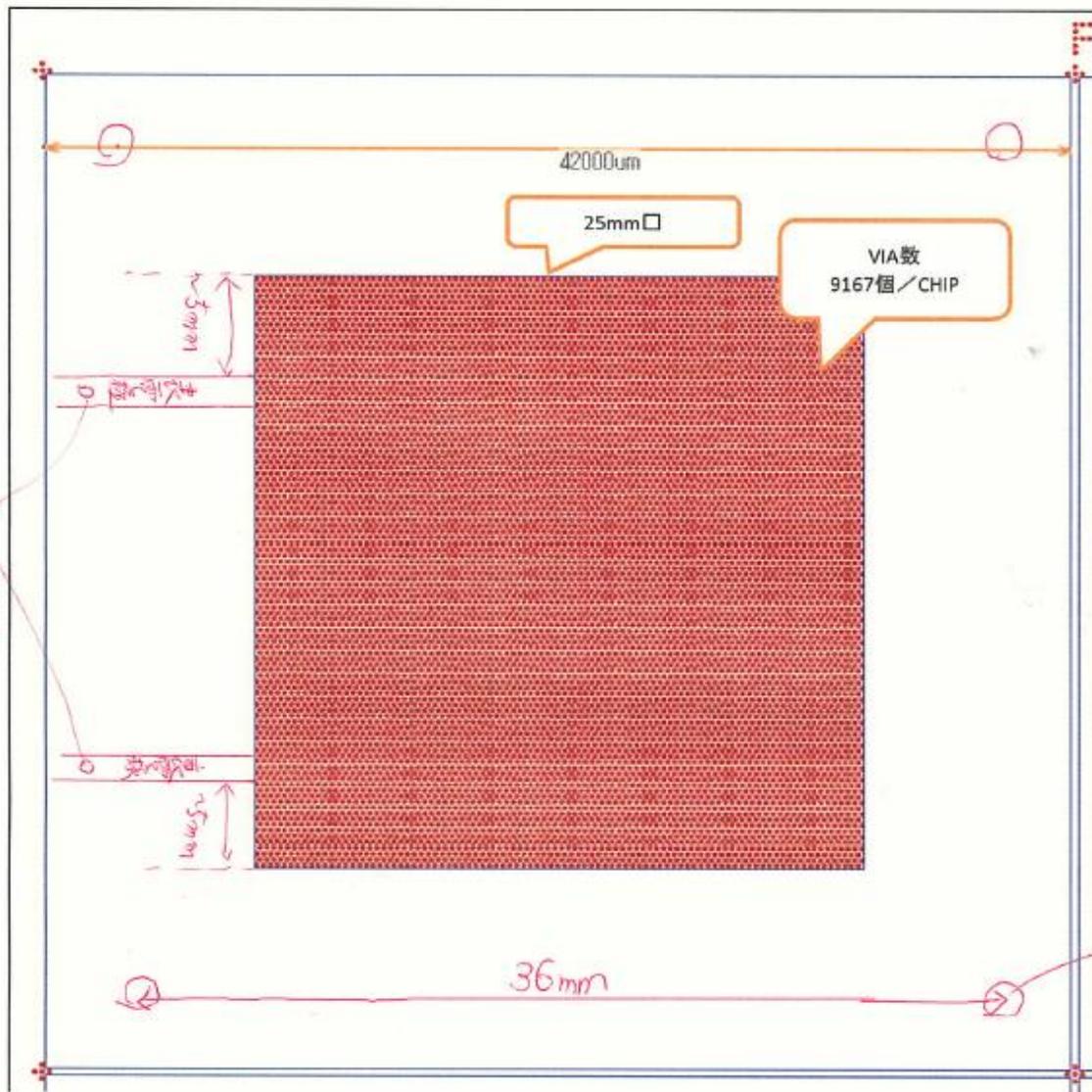


	HV	Discri	Event rate
上PMT	775 V	50 mV	2.2 Hz
下PMT	775 V	50 mV	1.5 Hz

Glass GEM

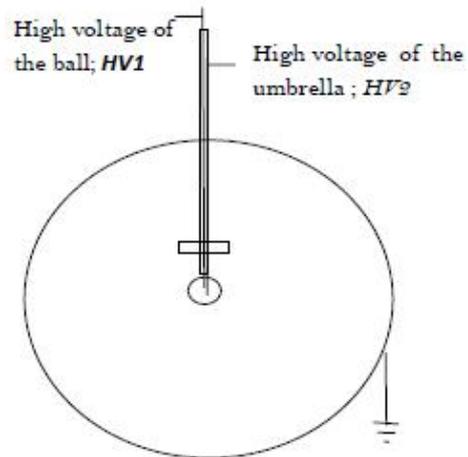
<http://www.hoyaoptics.com/gcb/index.htm>

HOYA

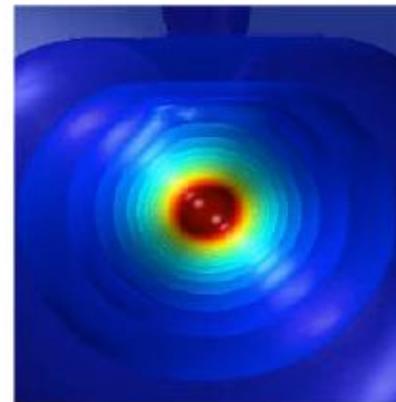
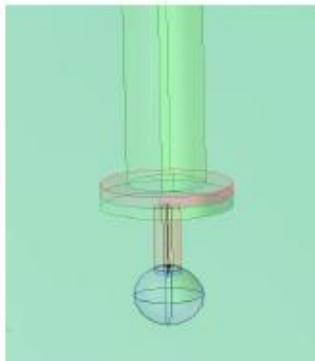
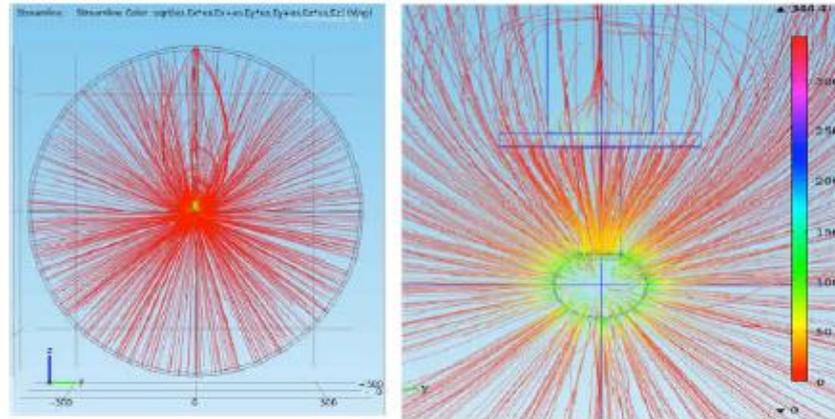


Electric field

The ball, its support and umbrella

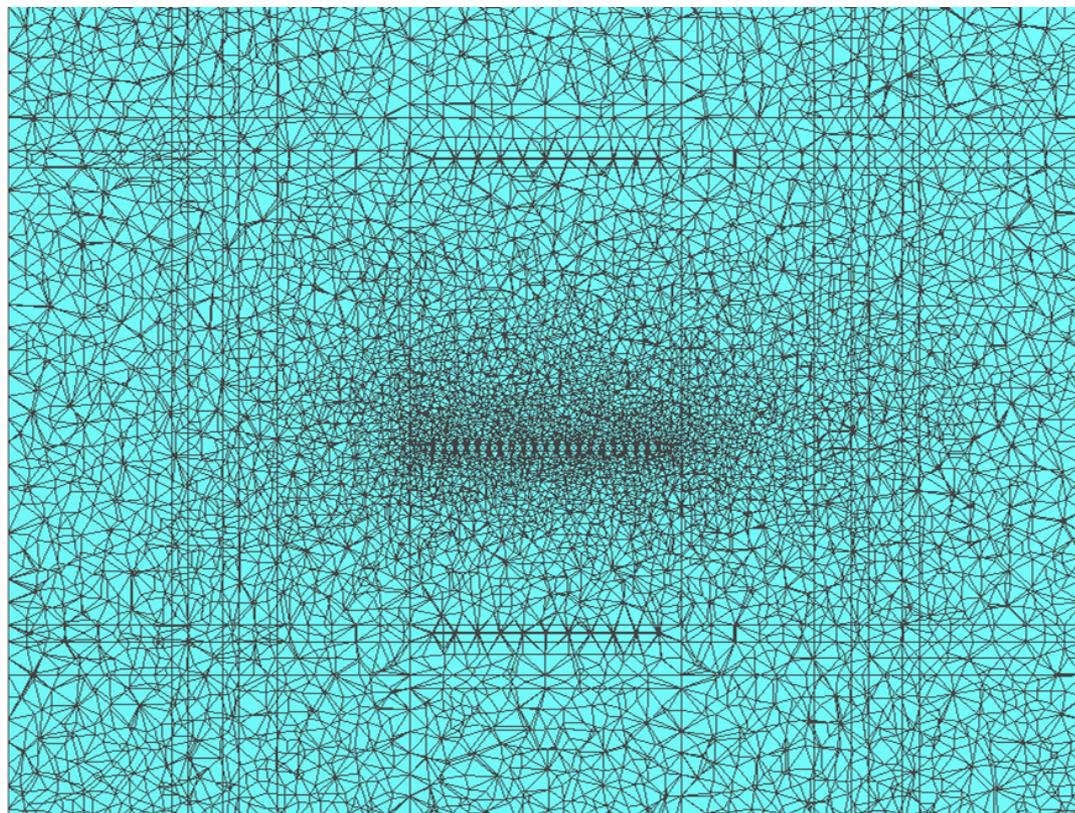
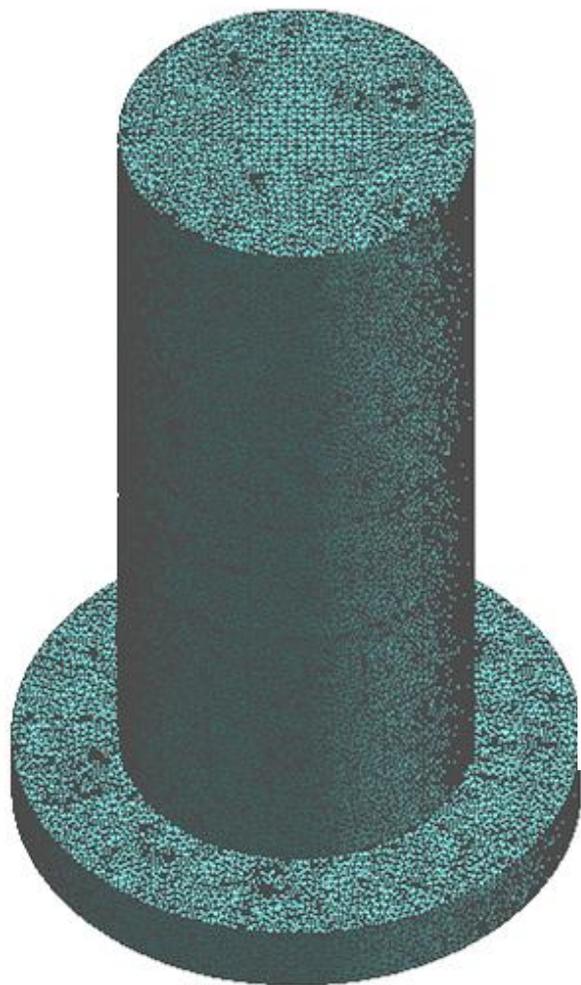


Simulation of the electric field lines and the corresponding equipotential



IVC電場シミュレーション

modelメッシュ図



全体：テトラメッシュ2mm
GEMボディ：0.5mm