

東大CNSにおける GEM開発の現状

東大CNS、^A早稲田大学、^B東京理科大学
小沢恭一郎、
浜垣秀樹、梶原福太郎、郡司卓、
磯部忠昭、織田勸、森野雄平、
荒巻陽紀、山口頼人、佐野哲^A、真木祥千子^B



Outline & Man power

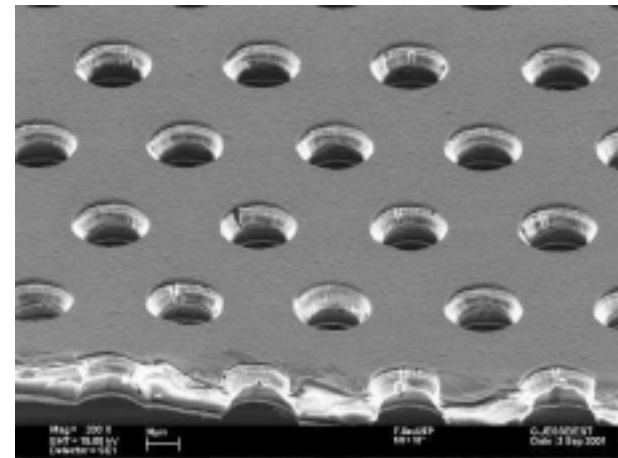
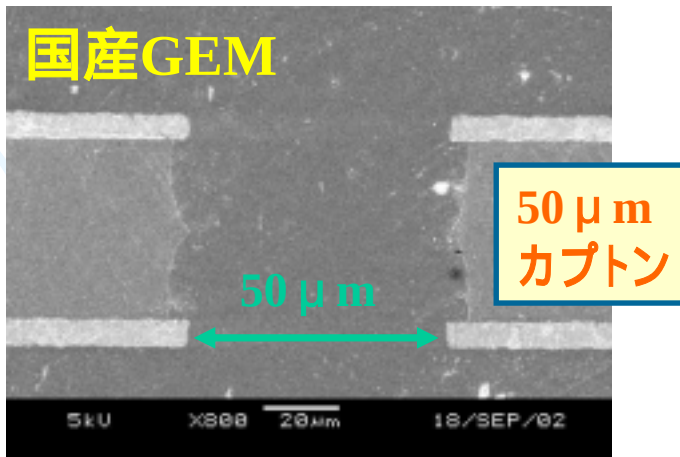
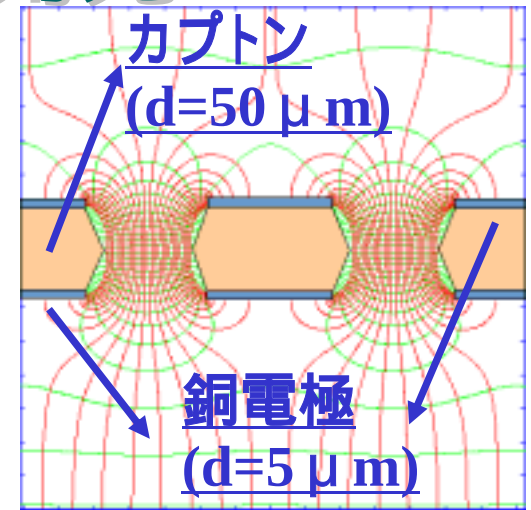
- GEM
- Gain (山口 M1)
- Ion feed back (真木 4年生)
- 電場計算 (佐野 4年生)
- 光検出器 (荒巻 M1)

CNS COE 2 / 10締め切り

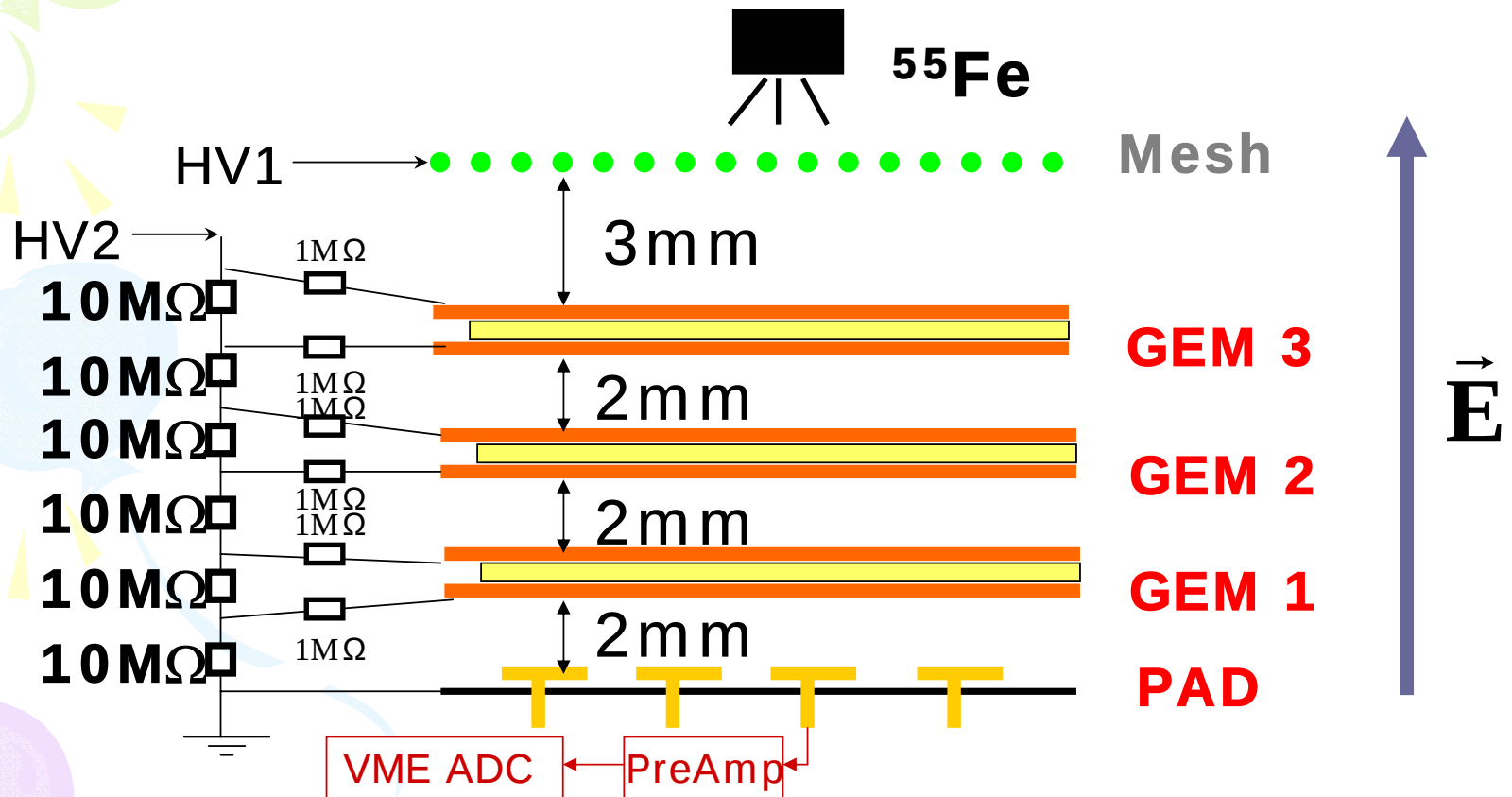
CNSでのGEMの開発

- GEM
 - ポリイミド(カプトン)の両面の銅電極に電圧をかけ穴の中の電場で増幅

東大CNS+ 洩上ミクロ(株)で製作
→ プラズマ・エッチング

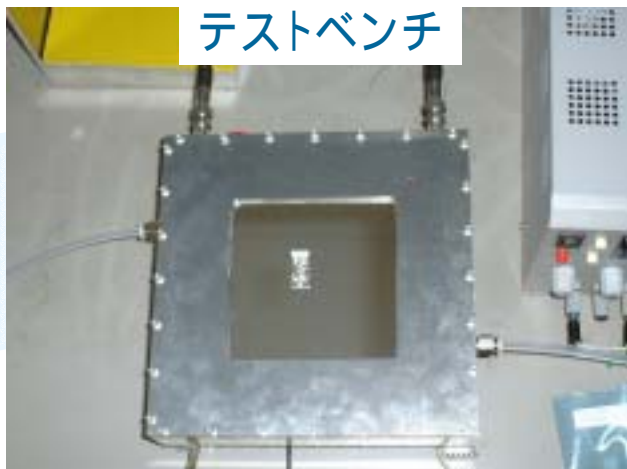


GEM検出器



GEMの増幅率

- 増幅率を測定



詳細は、
M.Inuzuka et.al. NIM A525,529

3層のGEMで十分な増幅

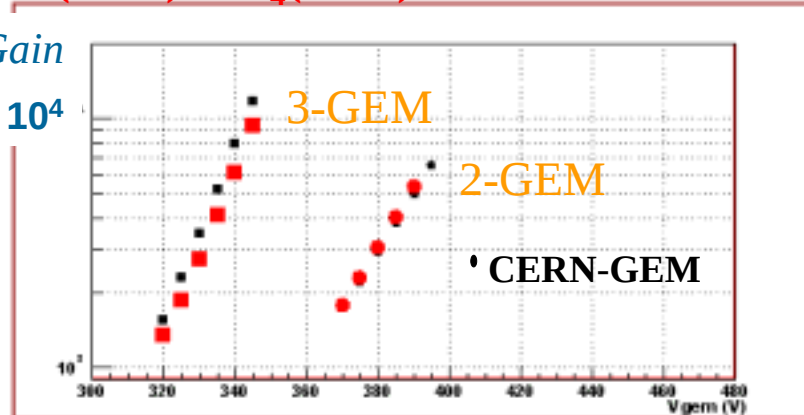
20056/1/26

MPGD研究会@RCNP, 小沢恭一郎(東大CNS)

Ar(90%)-CH₄(10%)

Gain

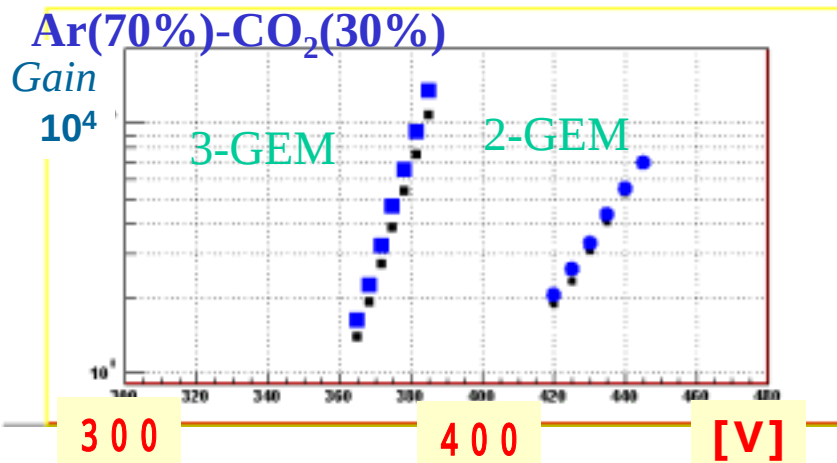
10⁴



Ar(70%)-CO₂(30%)

Gain

10⁴



300

400

[V]

増幅率

GEMの改良

- 放電

- 銅が突き出している

- 増幅率の変動

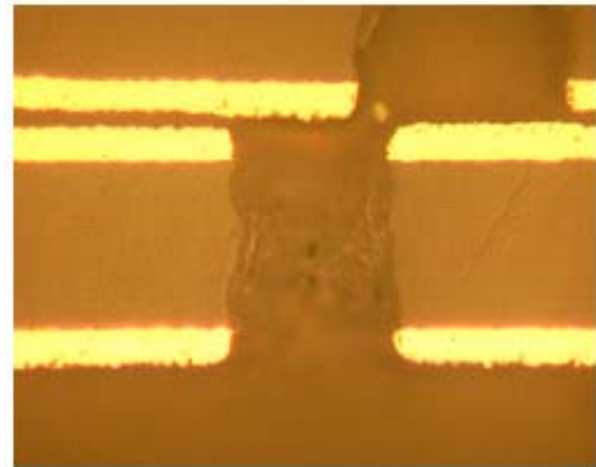
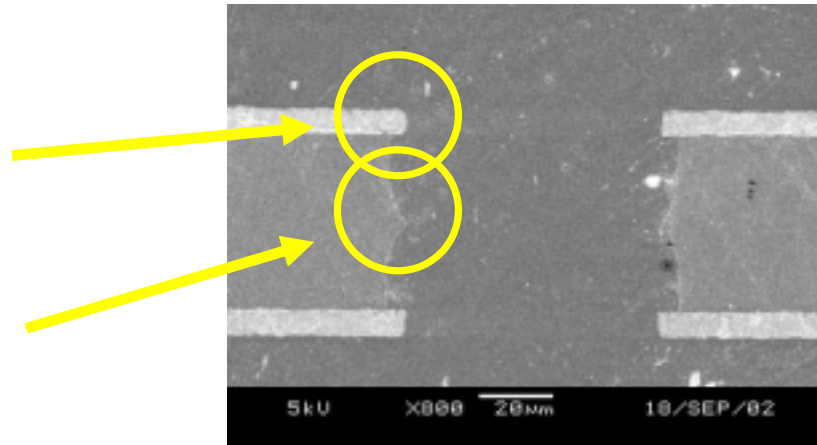
- 2時間で30%増
 - 部分的なCharge upか

- エッチングプロセスの変更。

- デスマア処理を行うことにより、穴の上に突出していた銅部分を除去。

などの改善をサイエナジーと進めた。

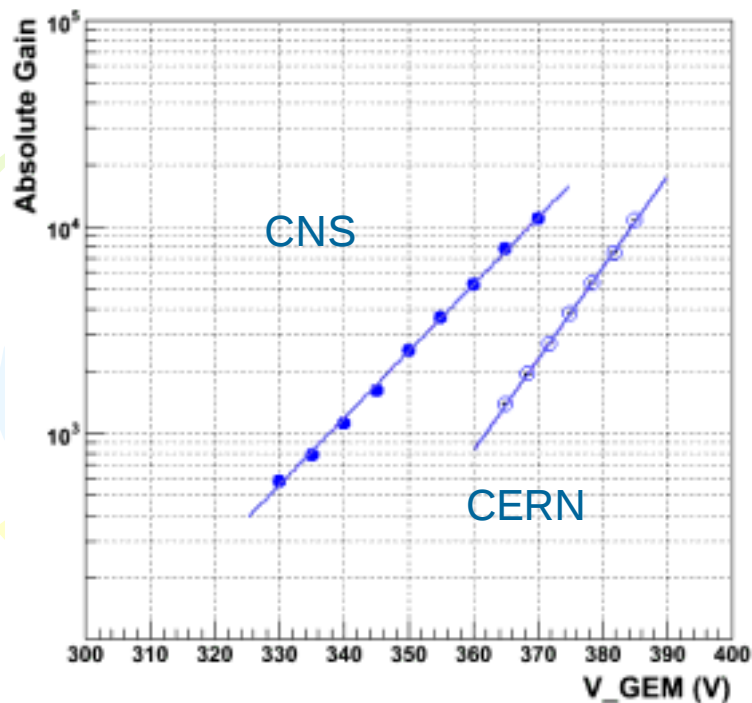
再度、増幅率を測定



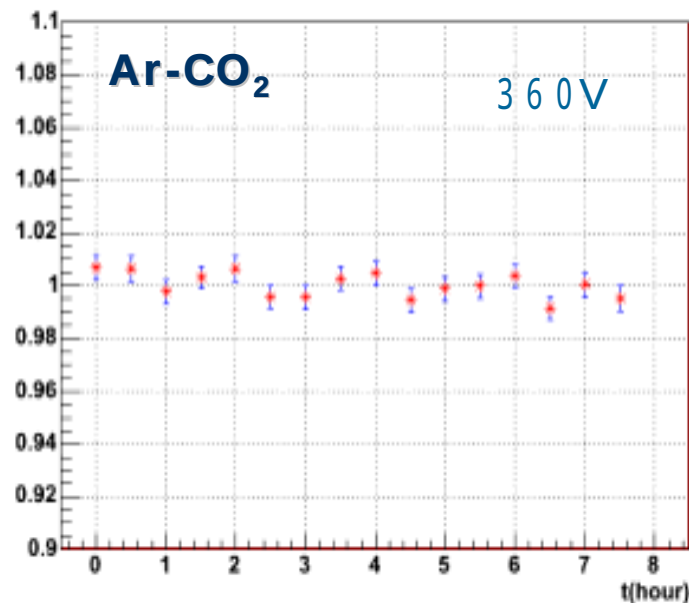
増幅率

By 山口

Voltage dependence



After correction (CNS-GEM)



- 一枚あたり、CERN製に比べて1.7倍の増幅率
- 立ち上がりの10時間程度では、1%以内の安定性

さらに長期安定性

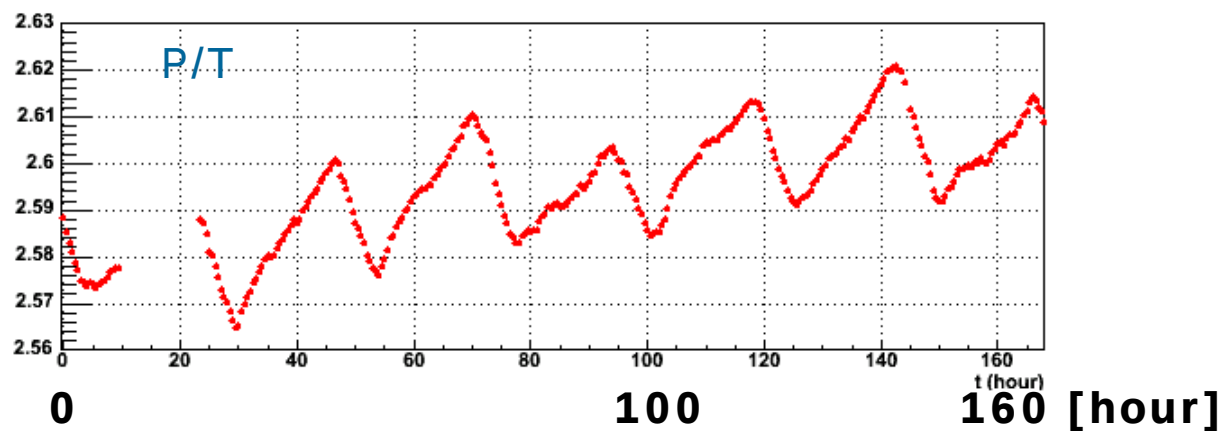
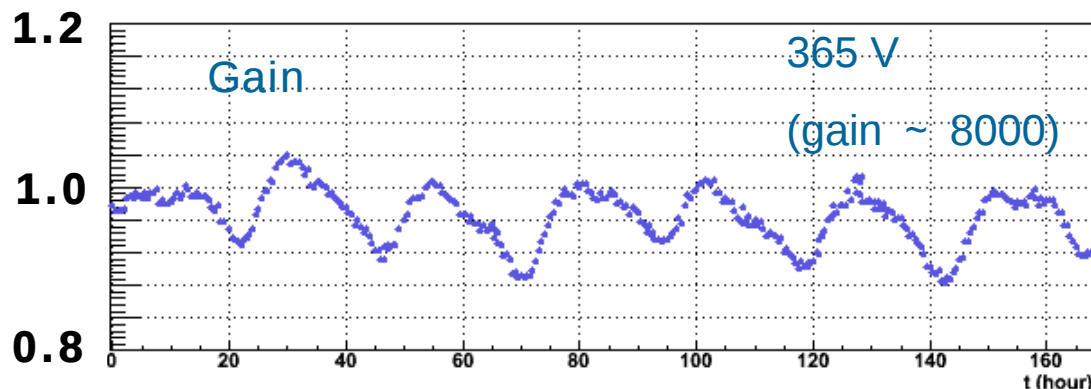
By 山口

160時間の
テストで12%
の安定性

強い圧力(p)/
温度(T)相関

補正作業中

補正後には、
数%の安定性



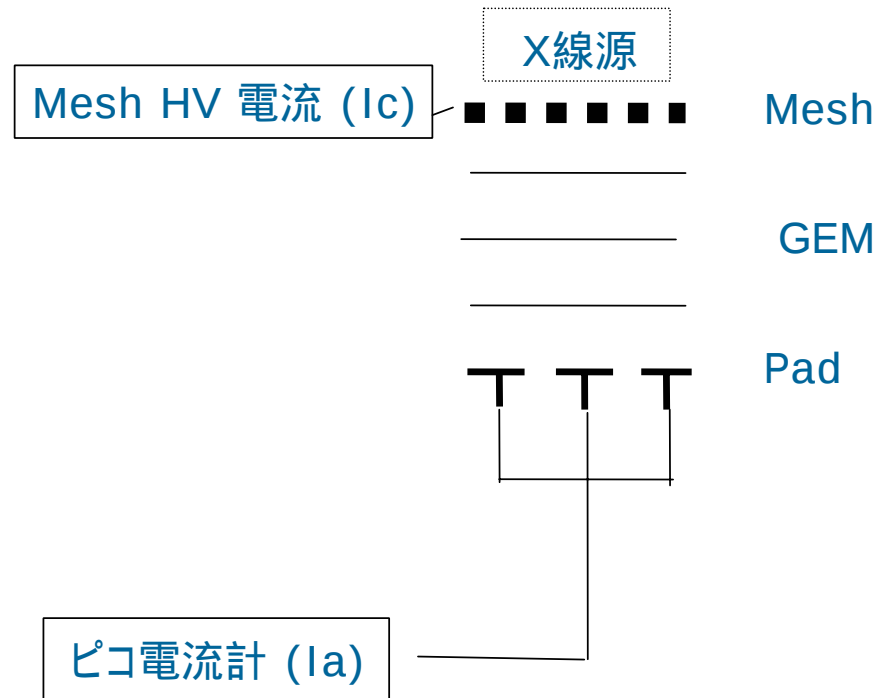
Ion feed back

- GEMは、本当にIon feed backは、少ないのか？

X線信号をGEMで増幅し
Pad電流(I_a)とmesh電流(I_c)を測定する。
その比 F をFeed backの量とする。

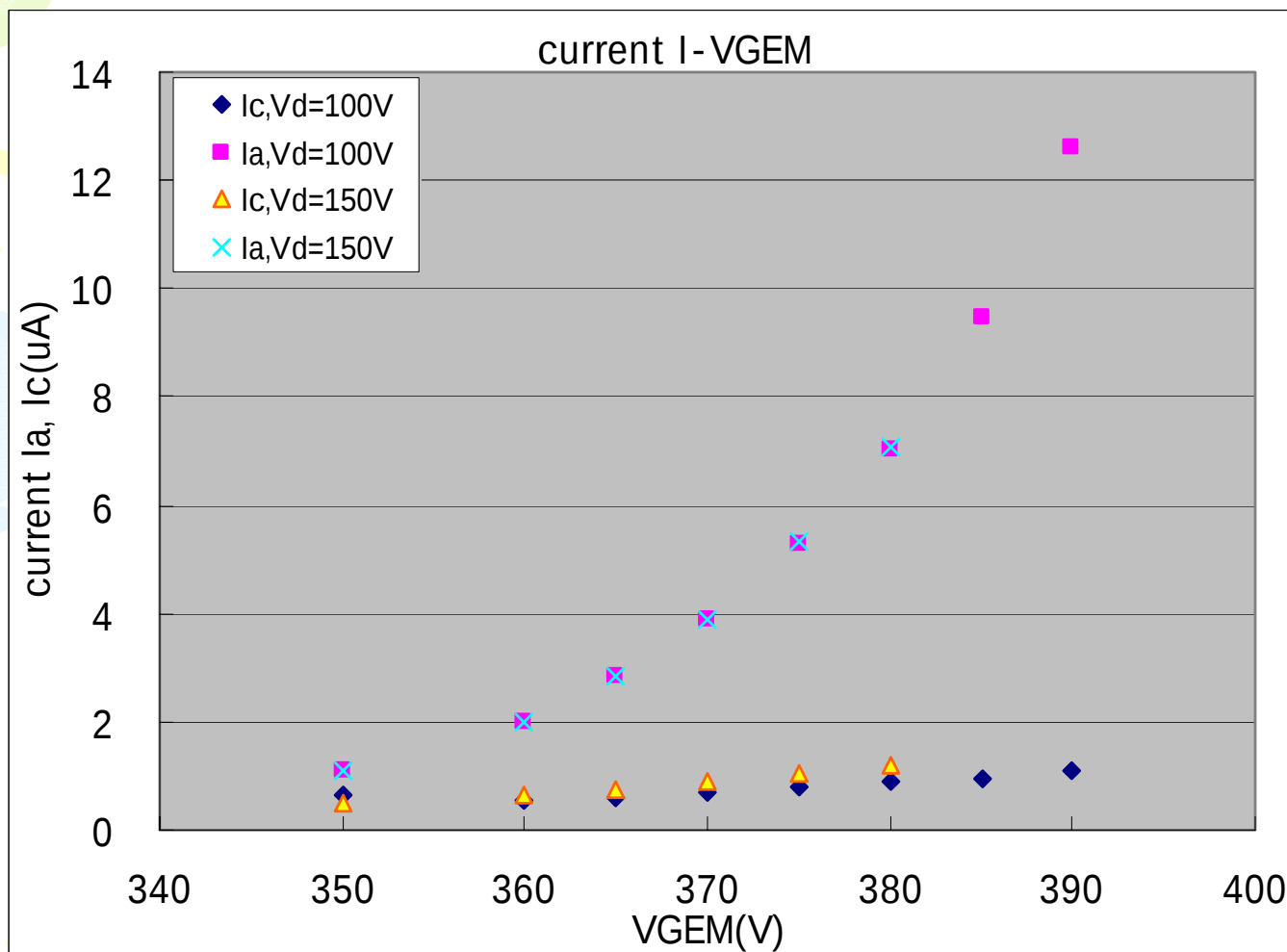
V_{GEM} (GEM両面間の電圧)と
 V_d (GEMとMesh間(3mm)の電圧)
に対する依存性を見る。

強力なX線源が必要。
サイエナジーと協力



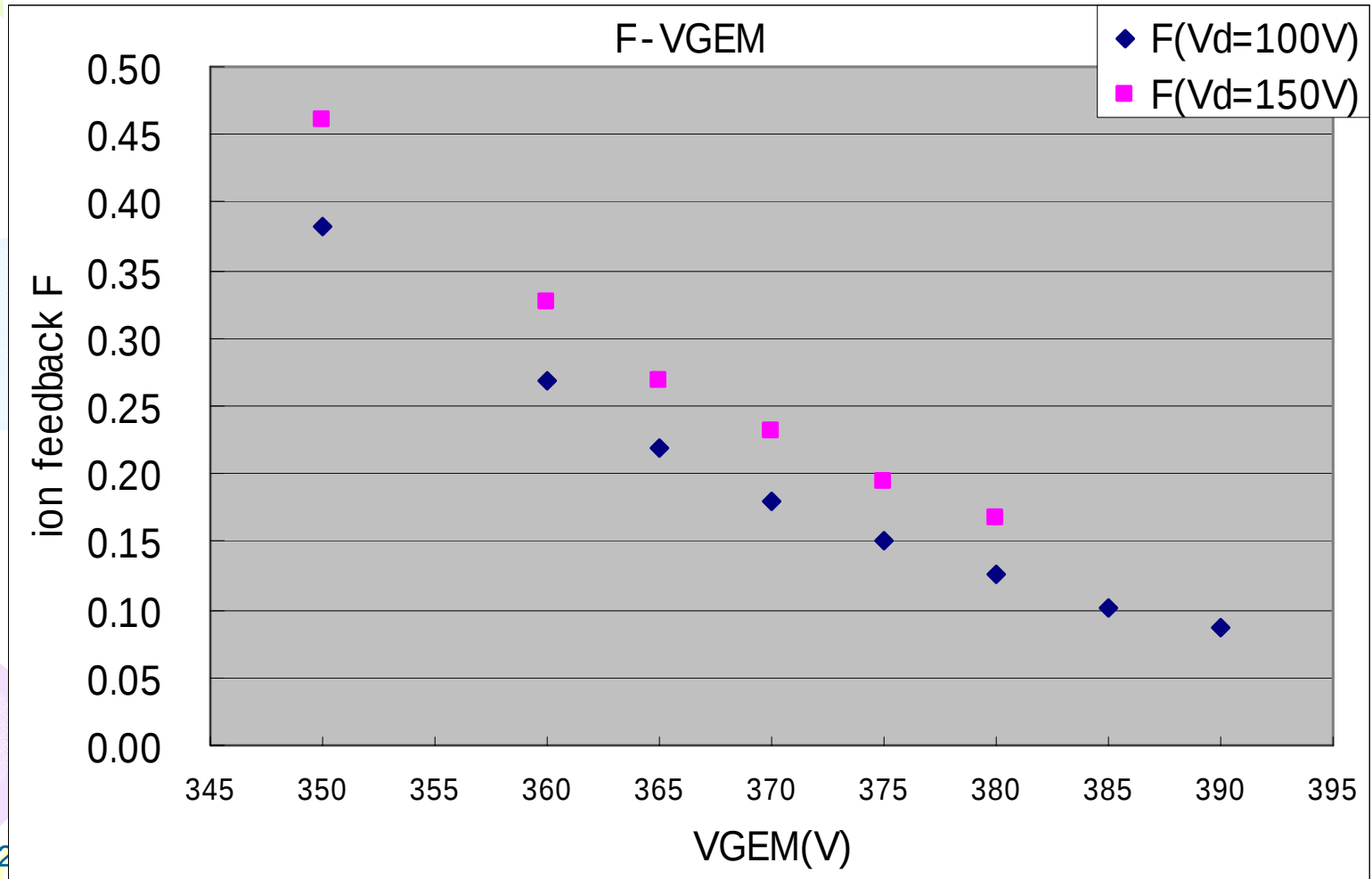
電流 I_a , I_c - V_{GEM} ($V_d=100V, 150V$)

By 真木



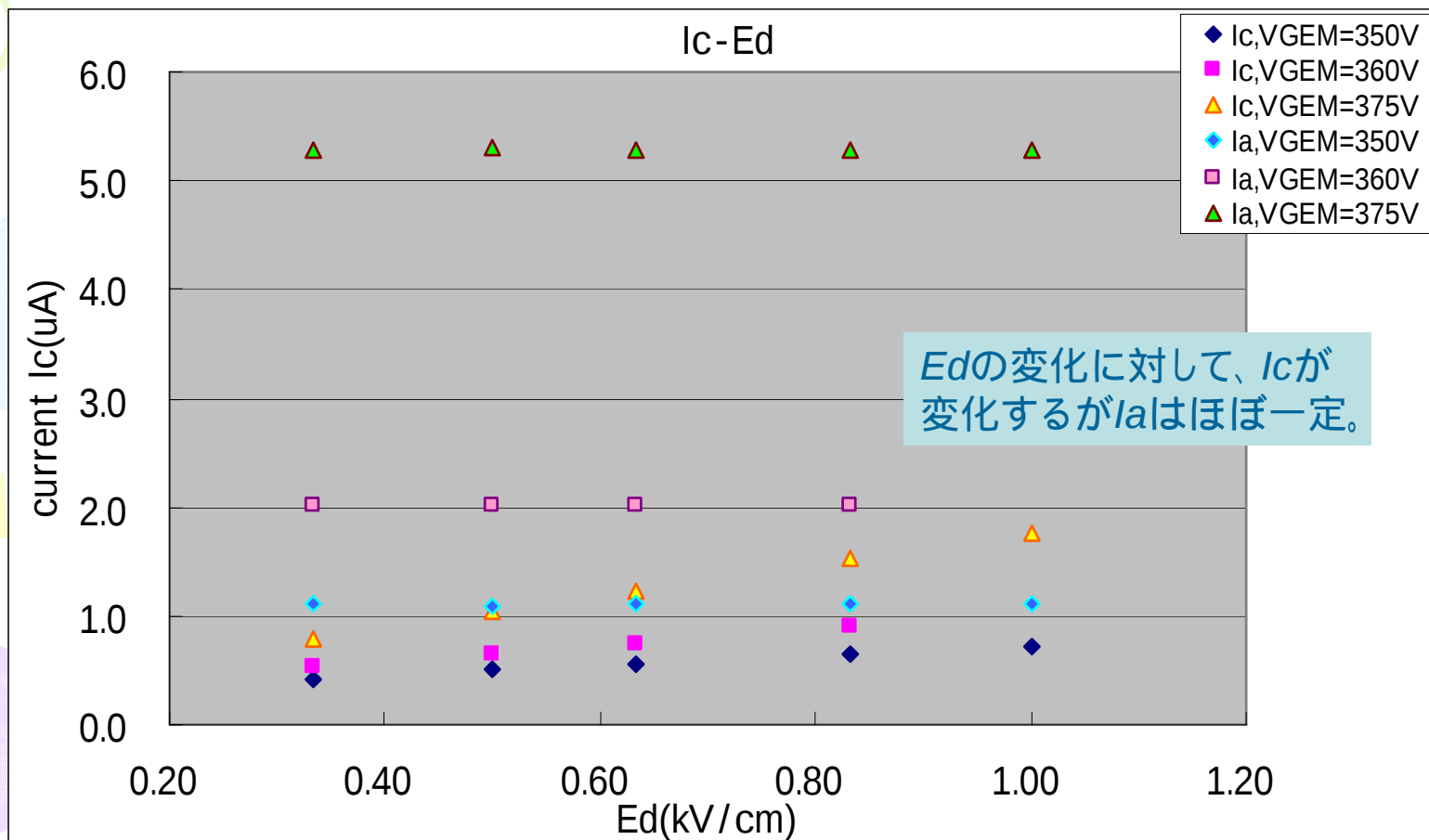
イオンフィードバックF - V_{GEM} ($V_d=100V, 150V$)

By 真木



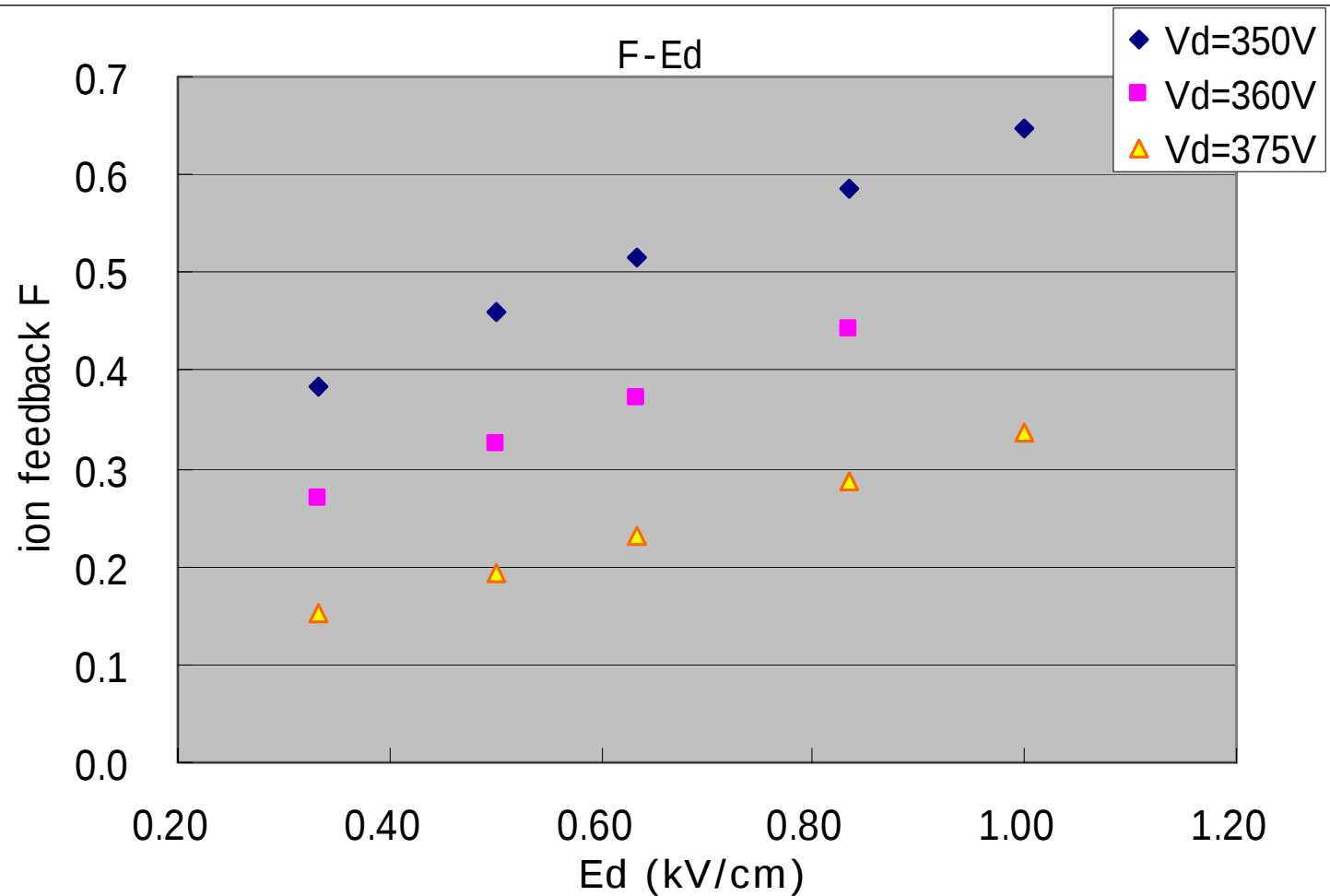
電流 I_a, I_c - ドリフト電場 E_d ($V_{GEM}=350V, 360V, 375V$)

By 真木



イオンフィードバックF - ドリフト電場 E_d ($V_{GEM}=350V, 360V, 375V$)

By 真木

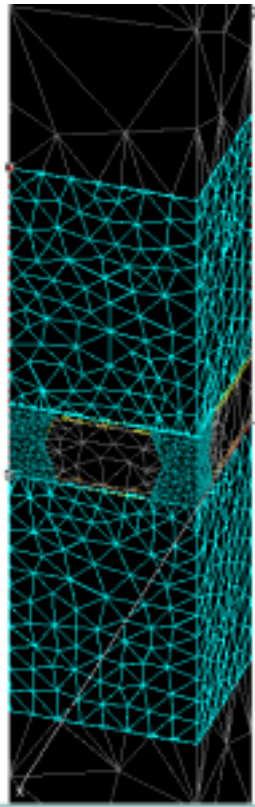


Maxwellによる電場計算

By 佐野

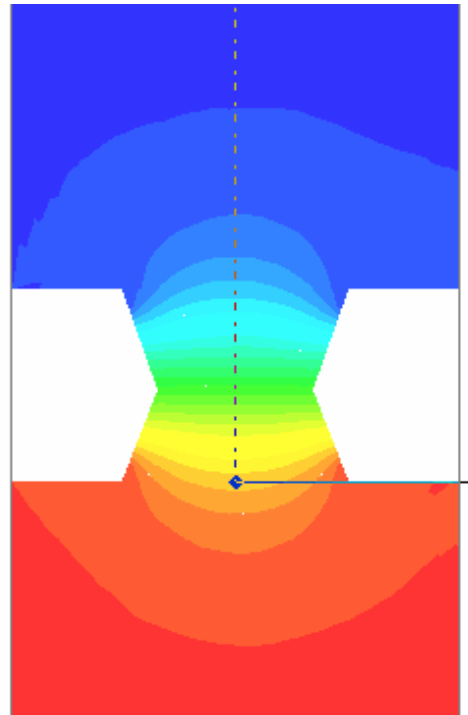
有限要素法を用いた電場計算とGarfieldでの検出器Simulation

お世話になった、谷森研の方々に感謝

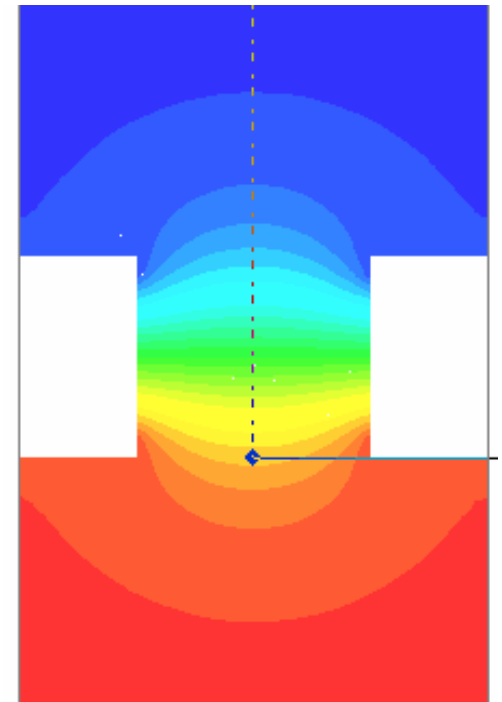


Meshの様子

20056/1/26



CERN型の電位



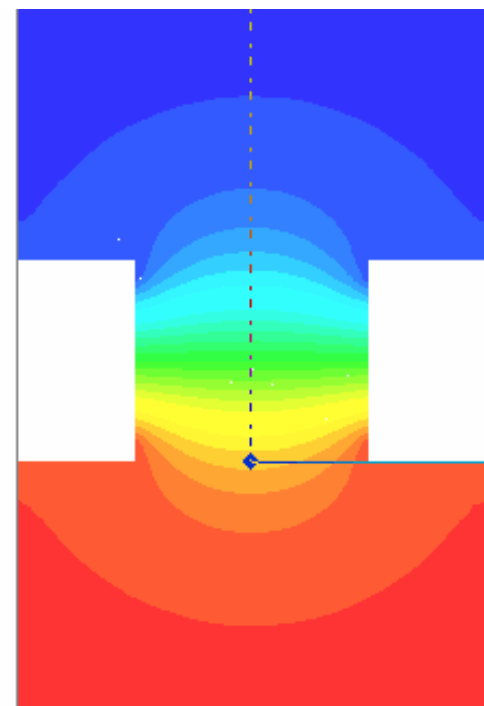
CNS型の電位

MPGD研究会@RCNP, 小沢恭一郎(東大CNS)

CNS型の電場計算

By 佐野

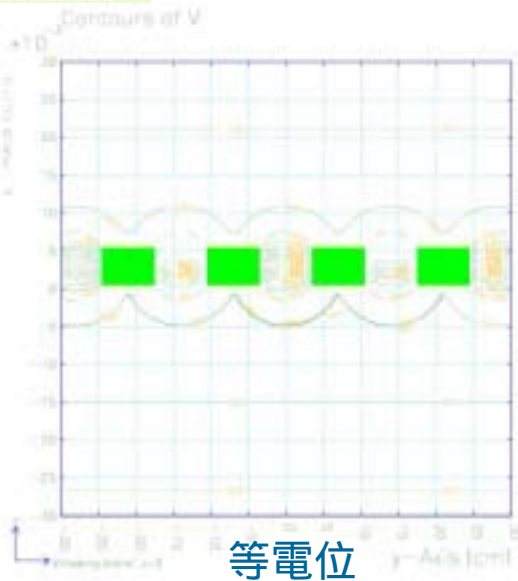
- 計算は、1層だけ
- GEM電圧: 340V
 - 実測増幅率: 1000@3層
 - 1枚あたり10程度
- Drift電圧: 450V for 3mm
 - 実際より非常に高い
 - 高いion feed backを予想
 - 極端な計算になっている



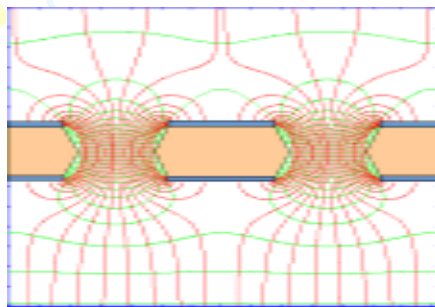
CNS型の電位

CNS型の電場計算

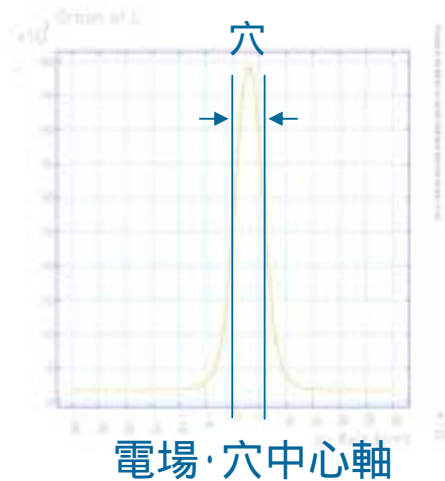
By 佐野



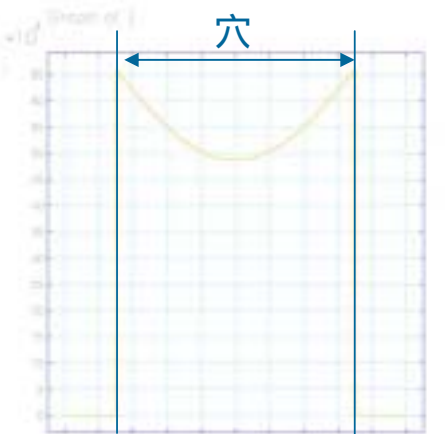
等電位



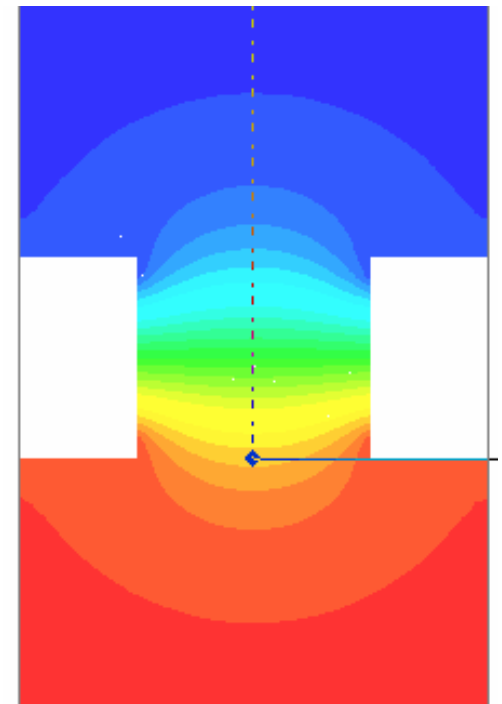
参考: CERN GEM



電場・穴中心軸



電場・穴水平面

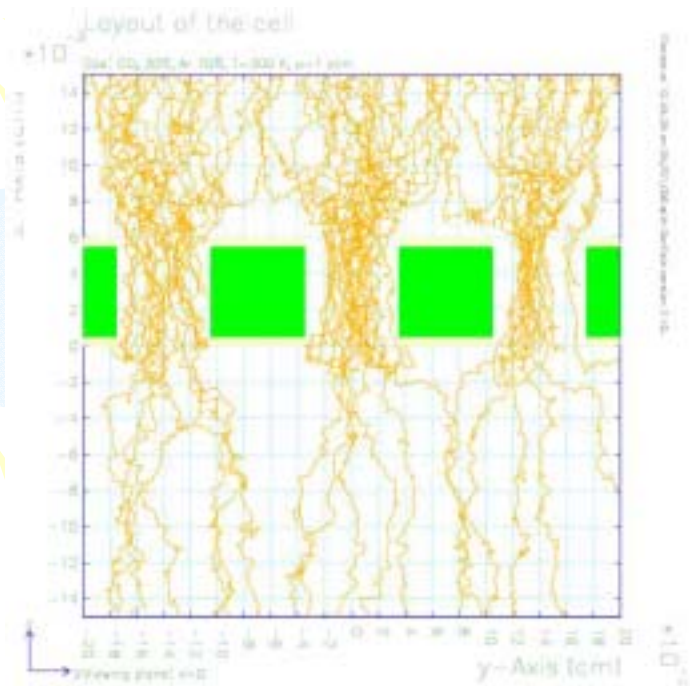


CNS型の電位

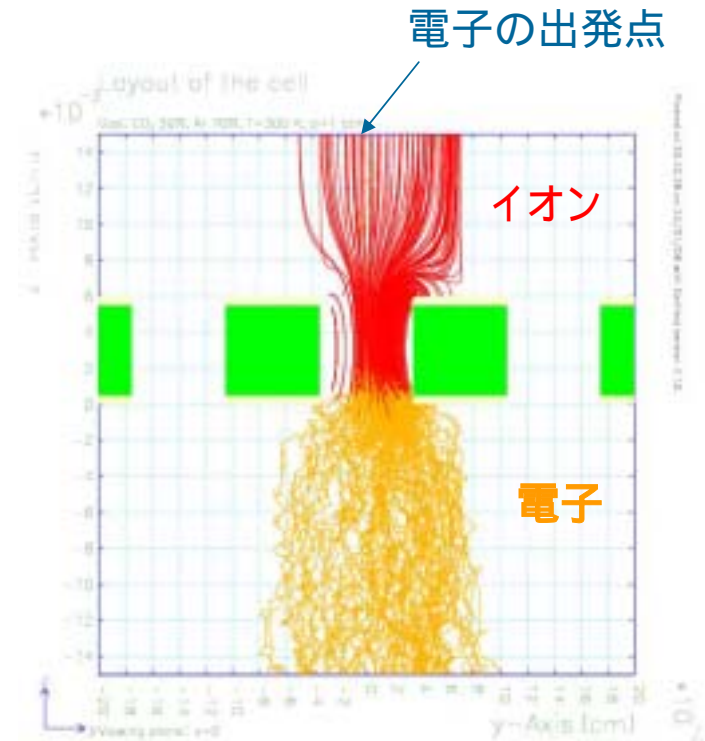
DriftとAvalanche

By 佐野

- Garfieldを用いて計算



Driftの様子

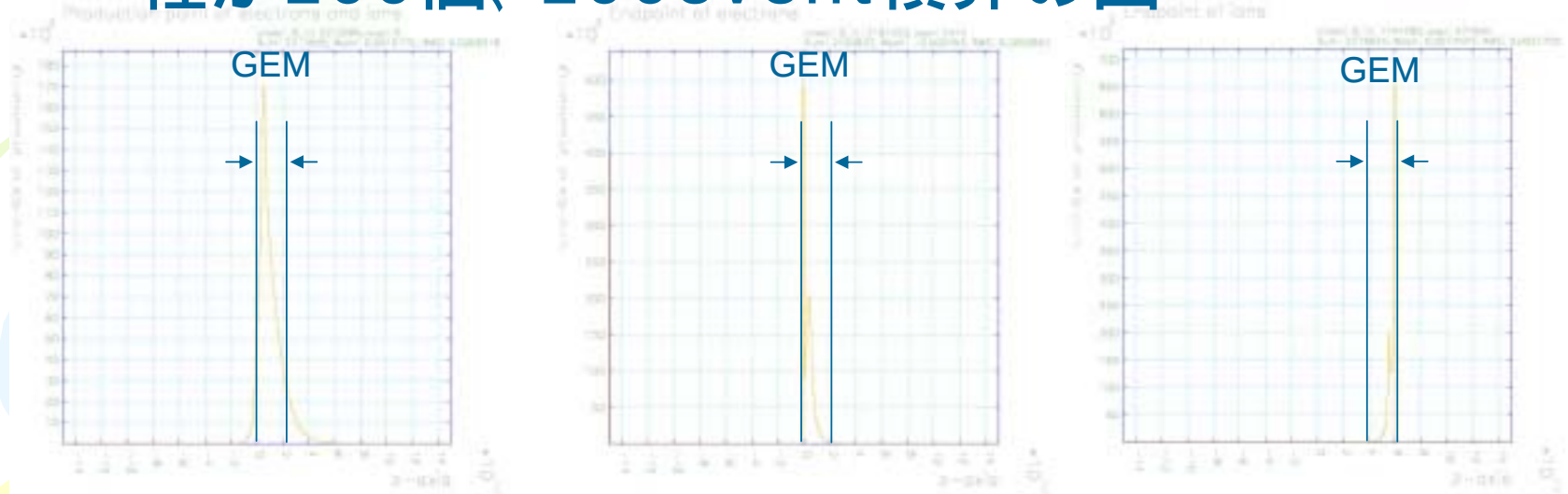


Avalancheの様子

増幅

By 佐野

• 種が100個、100event積算の図



電子の生成点

電子の消滅点

イオンの消滅点

電子の消滅点が、下の境界であるものの数は、約400000個。

Gain ~ 40 ($400000/(100 \times 100)$)

イオンの消滅点が、上の境界であるもの(Ion feedback)

~ 450000 個

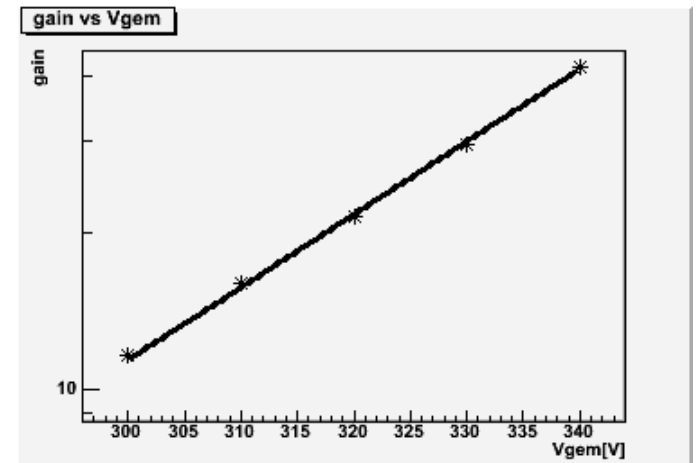
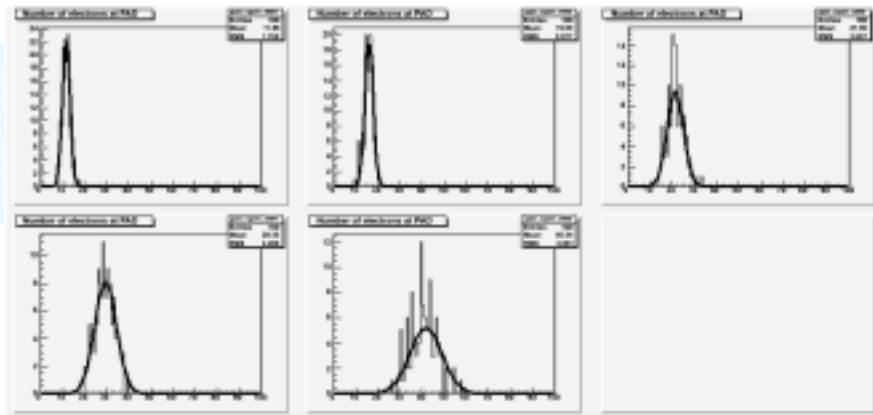
Ion feedback (F) ~ 1.1 ($450000/400000$) (大きな値となった。)

なぜ、1を越えるのかは、チェック中

増幅率の電圧依存

By 佐野

- 300Vから340Vまで電圧を変えて計算。
- 100個程度の種を作り最下部まで達した電子を数えた。

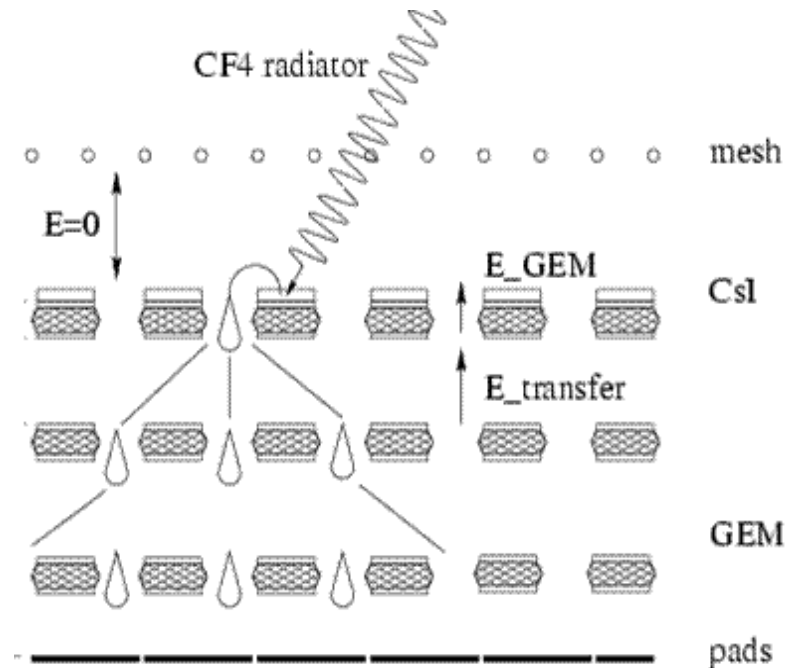


Gainが実測より、4倍程度大きい。Drift fieldの高さによるTransportationの良さの影響も考えられるが、Study中。実際と合わせた計算を準備中。

今後、計算を実測に合わせ、計算結果を参考にOperationをOptimizeする。

CsI cathodeを用いた光検出器

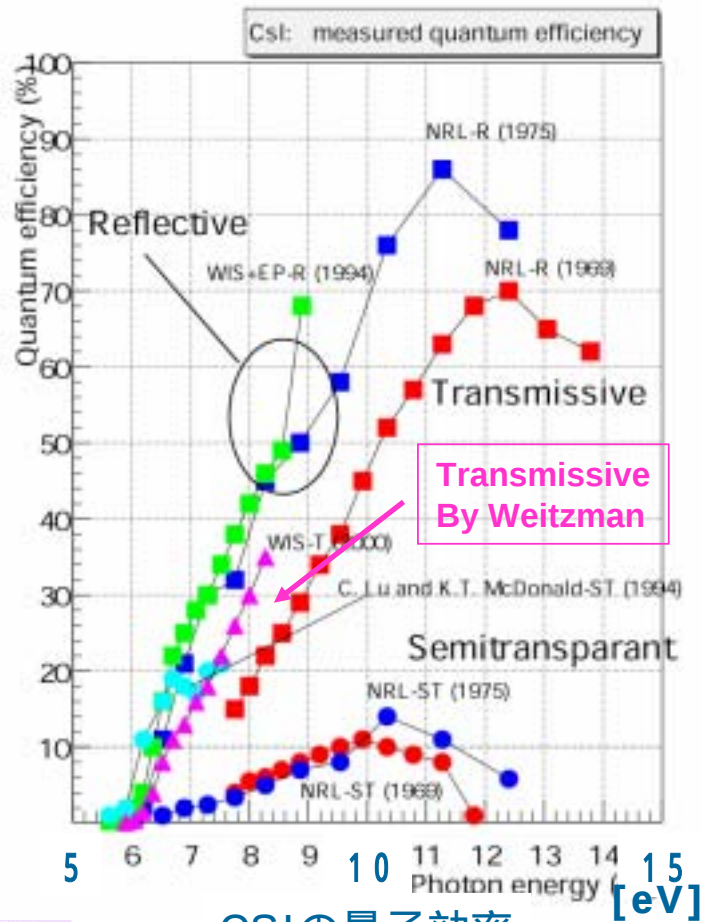
- 紫外域に感度を持つ光検出器
- 読み出しにStripやPadを用いることで位置情報も得られる
- PHENIX実験では、WindowlessのCherenkov検出器の光検出部分として用いられる。
- 具体的には、
 - GEM 3層を増幅部に使用
 - 1層あたりの増幅率は低く安定な動作
 - GEM上面にCsIを蒸着
 - Radiator ガスと増幅用のガスにCF₄を用いた場合、50cmのRadiatorの長さで約40個のp.e.



References

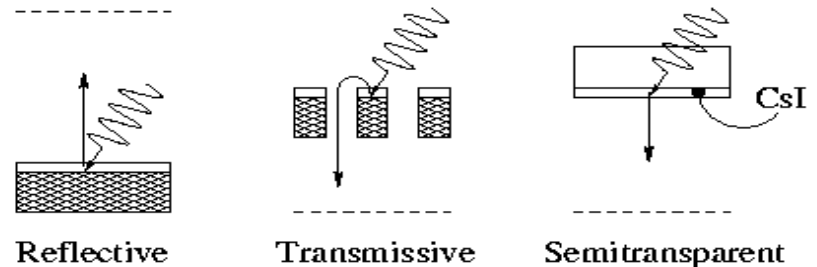
1. NIM A523, 345, 2004
2. NIM A546, 466, 2005

CSIを用いた光電面



CSIの量子効率

• 3種類の光電子収集の方法



• Transmissiveを選択

- 比較的高い量子効率
- 少ないphoton feedback

一番上のGEMにCSIを蒸着して実現

CsIの蒸着

- CSIのGEMへの蒸着
 - GEMにニッケルと金をメッキし、CsIを蒸着

基本的な手順:

真空度: a few $\times 10^{-7}$ Torr

GEMをマスクしCsIを事前に少し飛ばす
ボートやCsI表面の不純物の除去
のため

(高純度のCsIを使用しているが)

GEMを少しあたためる

不純物や水分の除去のため

Quartz で厚さをモニター

5%程度

2000Å ないし 5000Å程度の蒸着
ベッセル内で、密封

進行中

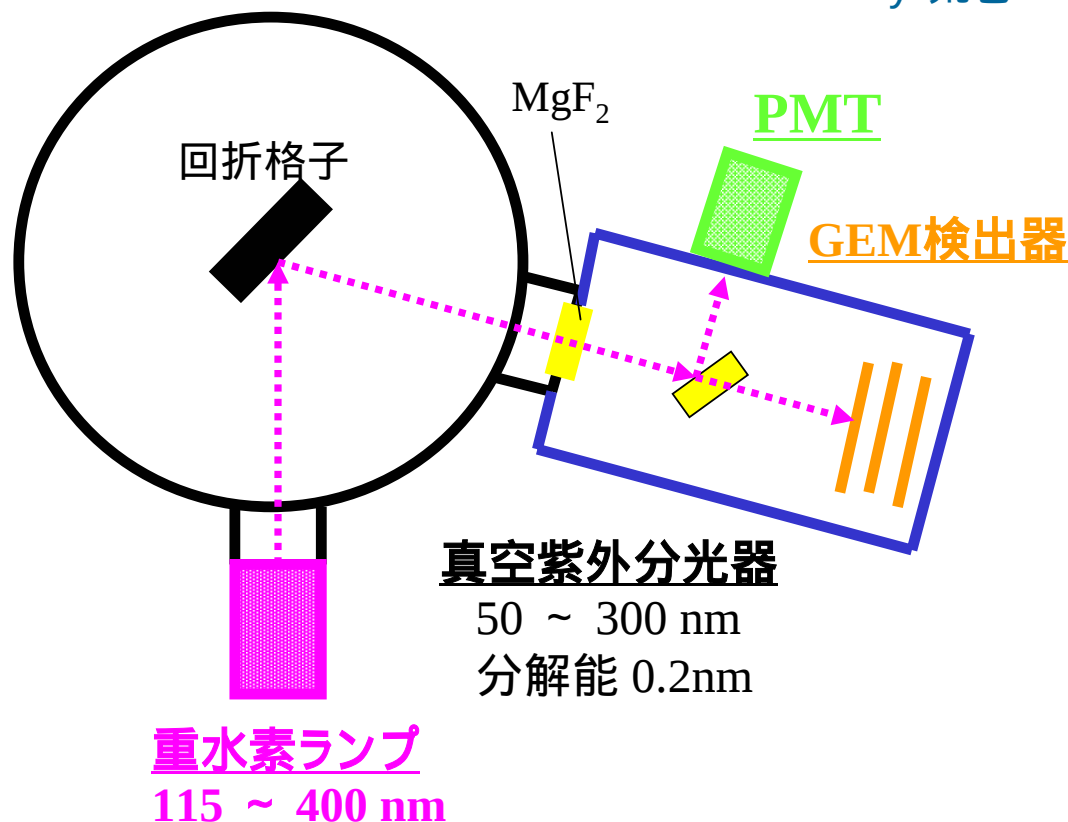
By 荒巻

- CSI動作確認
 - UVランプを使ったチェック
 - 検出効率の測定
- ガス透過率測定
 - 水、酸素の影響



右の装置で測定予定

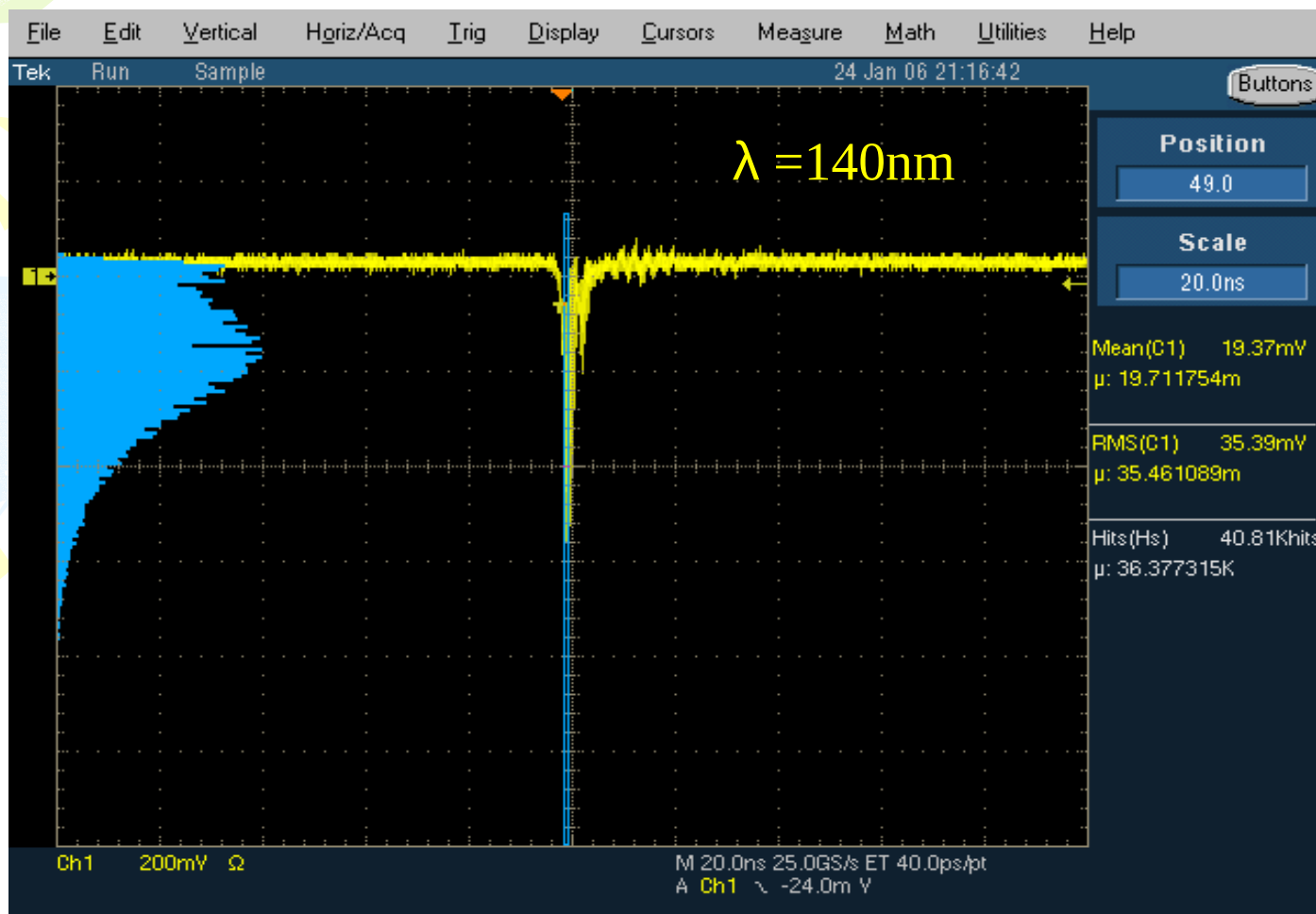
CSI GEMのHandlingのSchemeを確立させる



装置は購入済み、稼動準備中

PMT Signal

By 荒巻



20056/1/26

MPGD研究会@RCNP, 小沢恭一郎(東大CNS)

CsI蒸着(Stony Brookの研究室の例)

➡ **Objective: To develop and test the technique of CsI evaporation at Stony Brook for production of CsI coated GEM foils for HBD prototypes and possibly even the final detector.**

Method

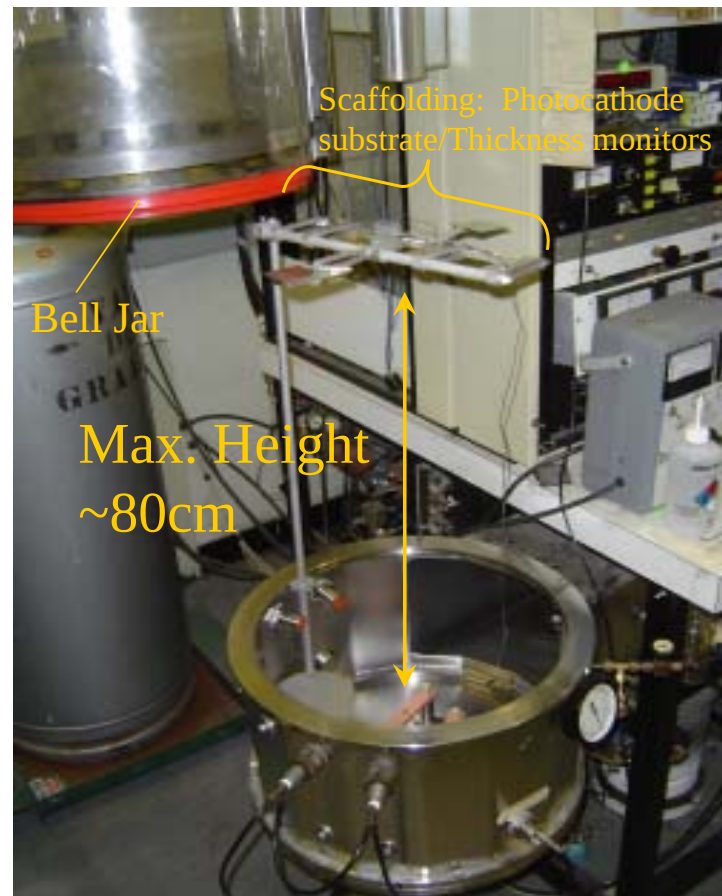
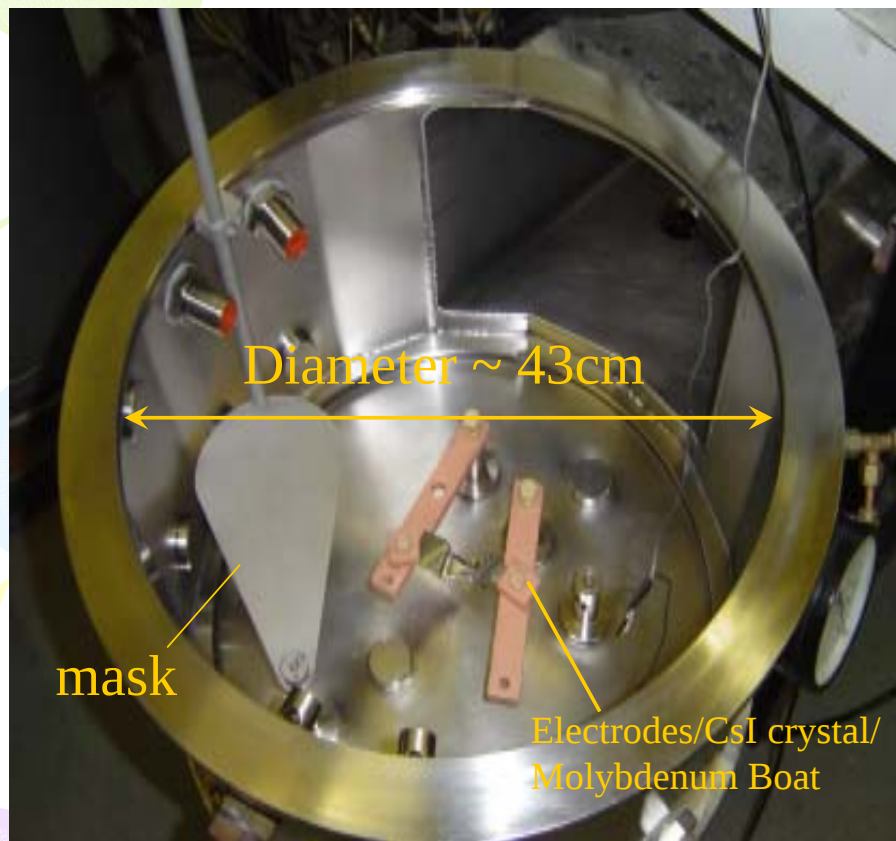
- Use high purity CsI (Scintillator grade)
- High Vacuum ($1\text{E-}7$ Torr) [diffusion pump w/ N_2 trap]
- Thoroughly clean vessel and all components
- Bake the CsI
 - Mask substrates
 - Evaporate very small amount of CsI
 - This vaporizes any contaminants on molybdenum boat and/or outer surface of CsI crystals
 - Vessel walls coated with CsI will also act as a “getter”
- Warm up substrates before, during and after evaporation
 - Withholds water and contaminants from condensing onto the substrates before deposition, and onto the CsI after deposition
- Thickness monitor
 - Quartz crystal oscillator, Al foil control substrate
- Transportation/ Storage of Photocathodes (vacuum, gas flow)



20056/1/26

M

Dimensions of Evaporator Vessel



理研(放射線研)との協力で同様なものを進めていく予定。

20056/1/26

MPGD研究会@RCNP, 小沢恭一郎(東大CNS)

Summary

- 東大CNSにおいて、GEMの開発が行われ、安定したゲインが得られている。
- Ion feedbackを測定した。GEM電圧とDrift電圧に対する顕著な依存性が見られた。
- Maxwellを用いた電場計算を行い、Garfieldを用いた検出器Simulationを行った。実測と比較すると、差が大きく、今後のStudyが必要である。
- 東大CNSのCSIを用いた光検出器は、まだ、成功していない。Cslのハンドリングなどに問題があったと考えられ、今後、段階的に開発を行う予定である。

将来

- さらに安定度の高いGEMの開発
 - Agingは？
 - 歩留まりは？
- 2次元ストリップ読み出し
 - 酒見さんや宇野さんの結果に期待しています。
- アルミニウムGEMの開発
- X線や中性子線の検出器の開発
- より大きなGEMの開発
- 高レートへ対応した検出器の開発