

陰イオンガスを用いた MPGD基礎特性

2017/3/19 JPS@大阪大学

神戸大理

中澤美季, 身内賢太郎, 矢ヶ部遼太, 橋本隆, 池田智法, 帝釋稜介

発表内容

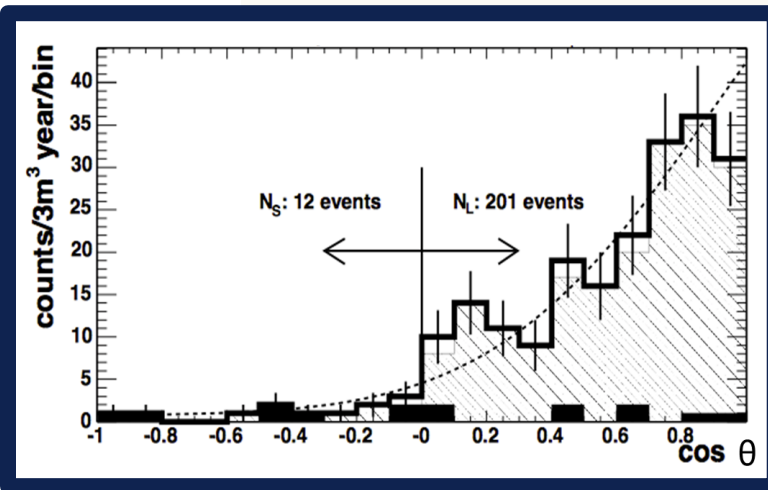
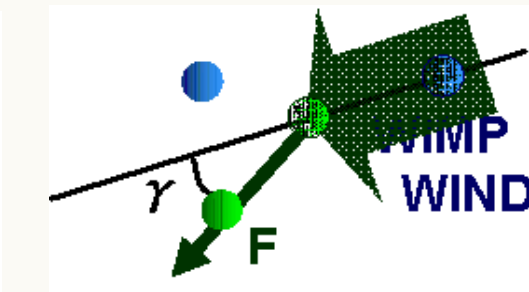
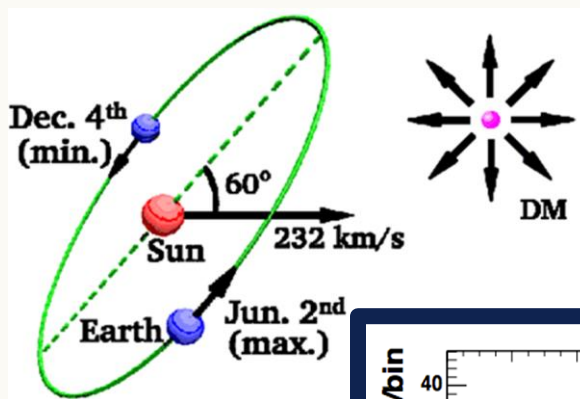
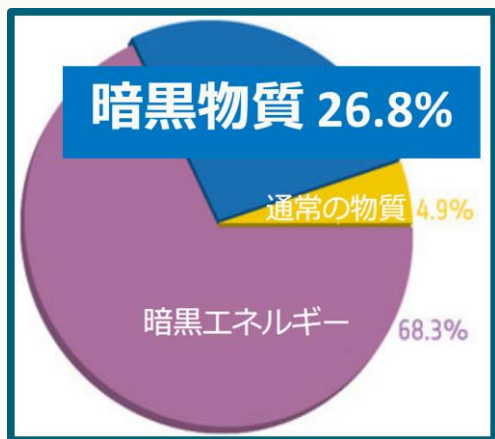
- ★ NEWAGE
- ★ 陰イオン μ TPC
- ★ μ -PIC+GEM Gain測定結果
- ★ 電場シミュレーション
- ★ まとめとこれから

NEWAGE

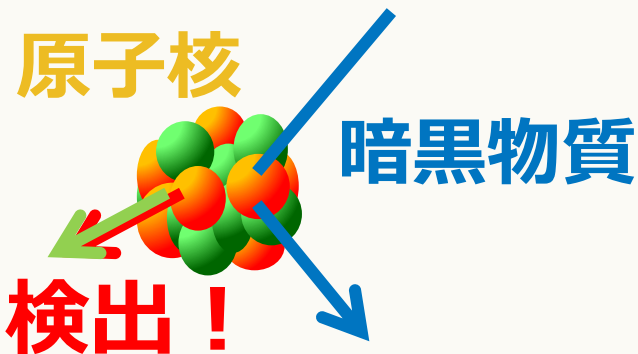


New Generation WIMP Search with an Advanced Gaseous Tracker Experiment

方向に感度を持った暗黒物質直接探索実験



[Phys.Lett.B578:241-246,2004]

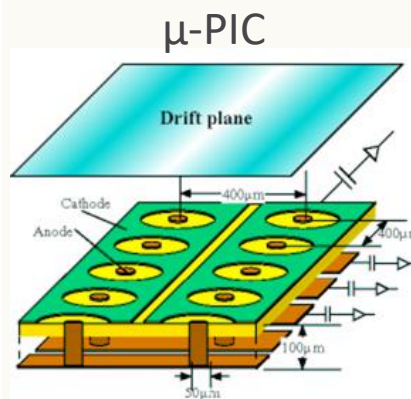
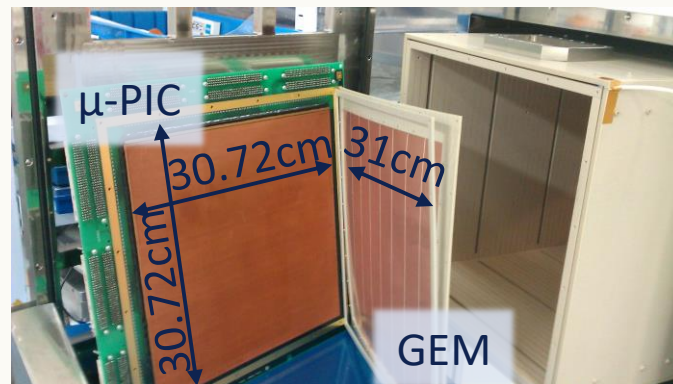
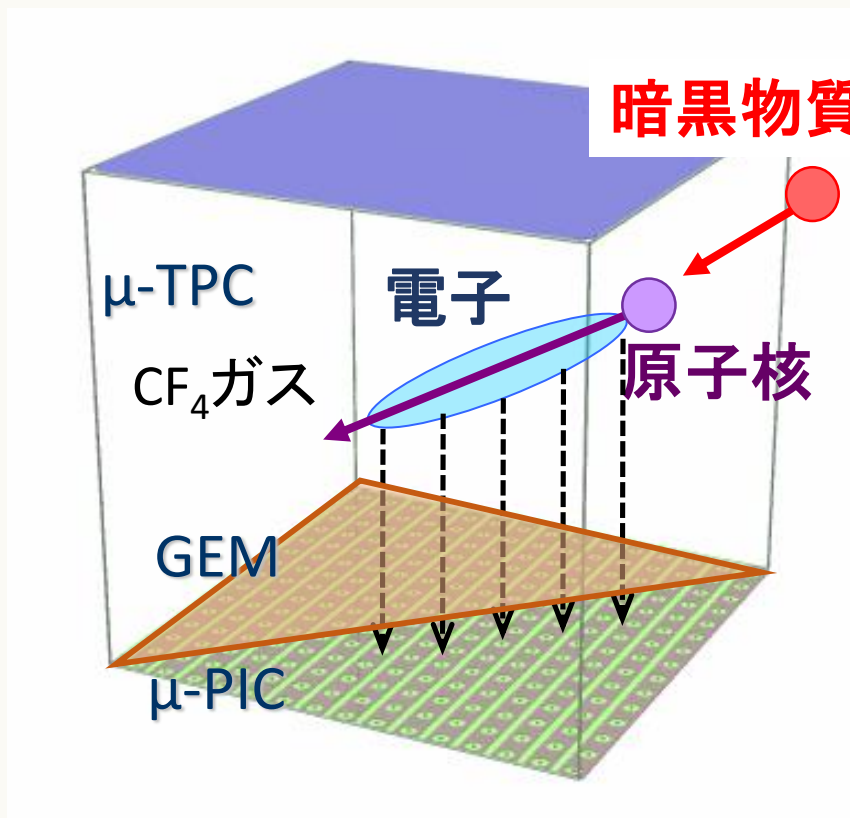


「暗黒物質の風」

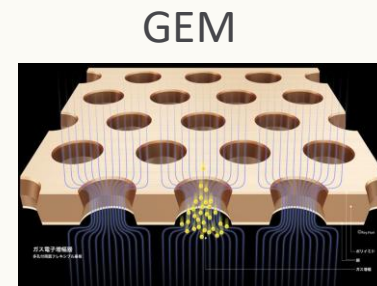
を観測することを目指している!

μ TPC

NEWAGEではマイクロパターンガス検出器の一種である **μ -PIC**を読み出しに持つ**三次元微細検出器 (μ TPC)**を用いて実験を行っている。

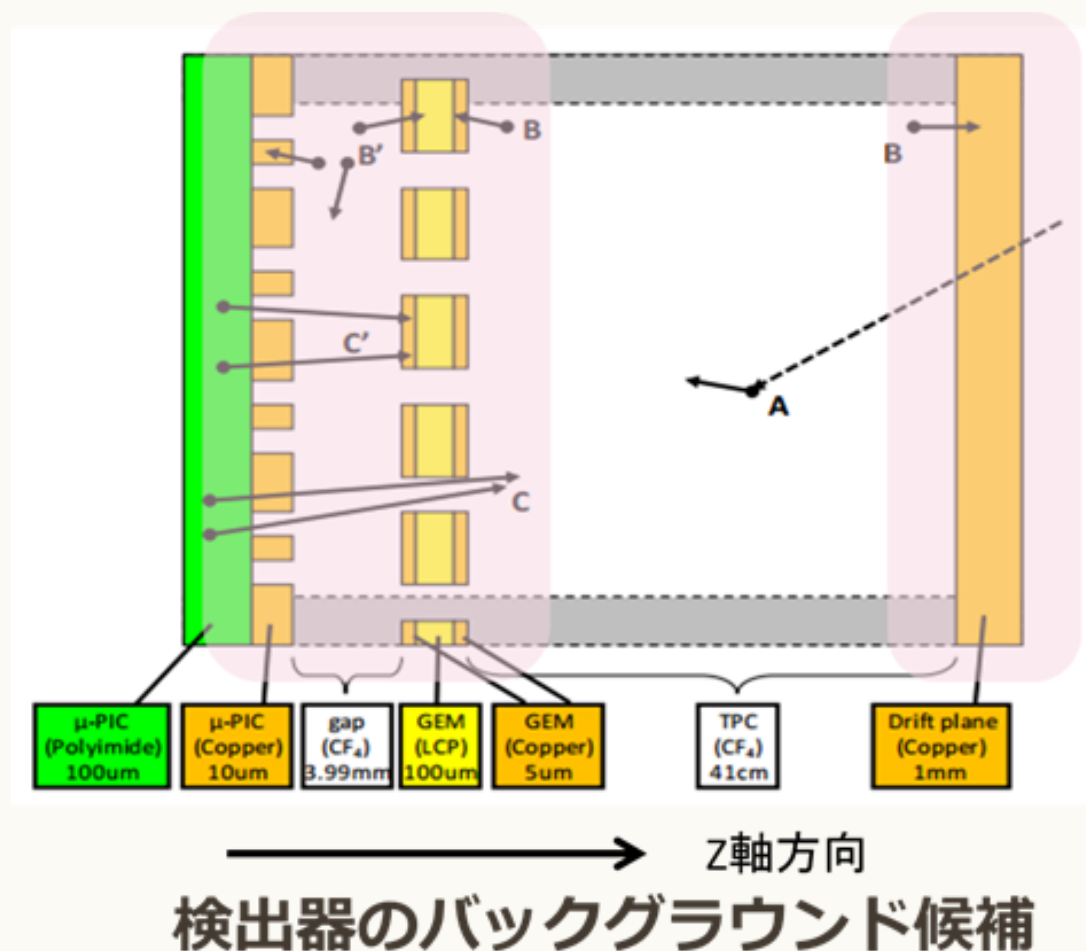


Pitch: 400 μm
厚さ: 100 μm



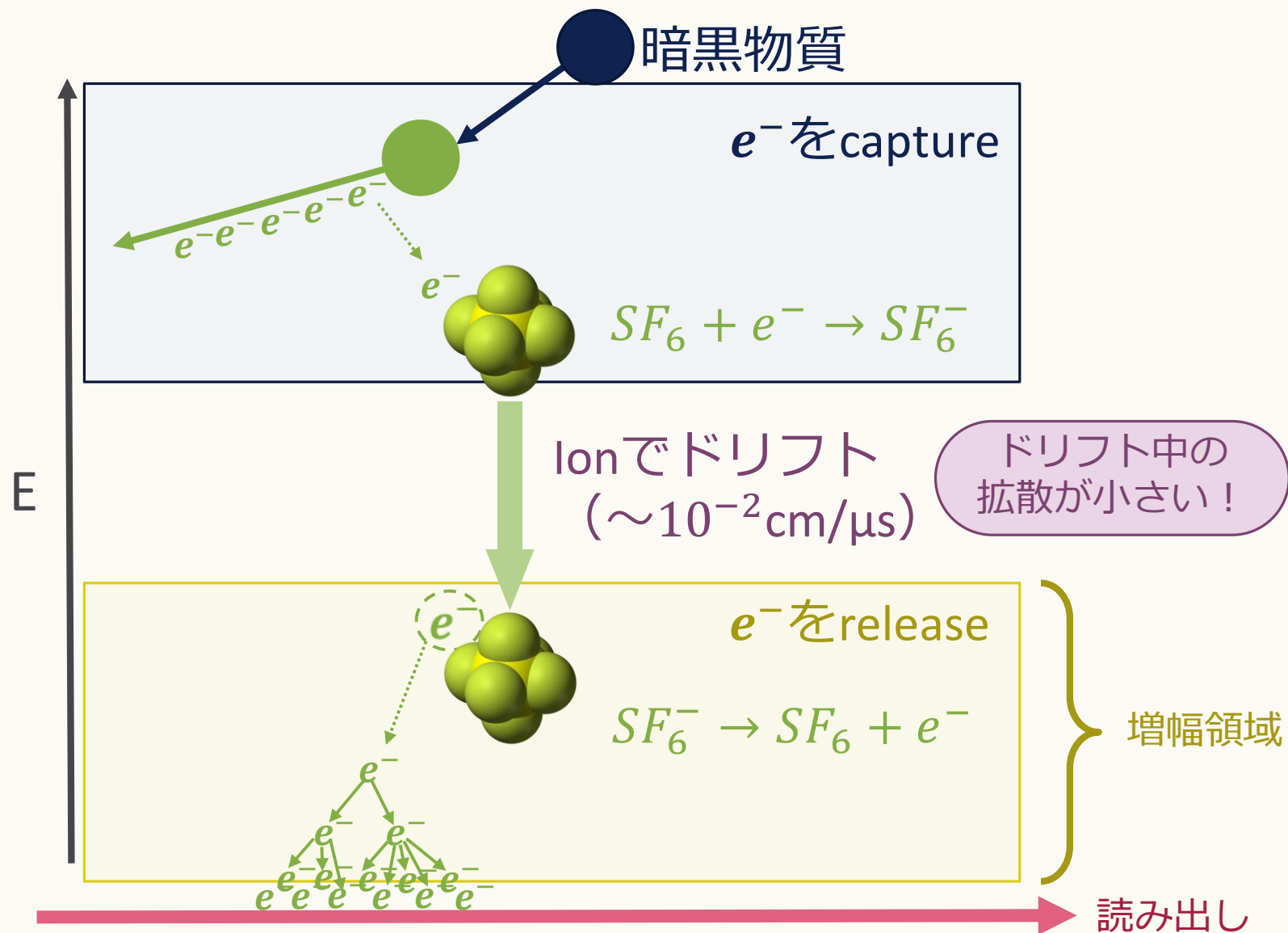
Pitch: 140 μm

μTPCの課題

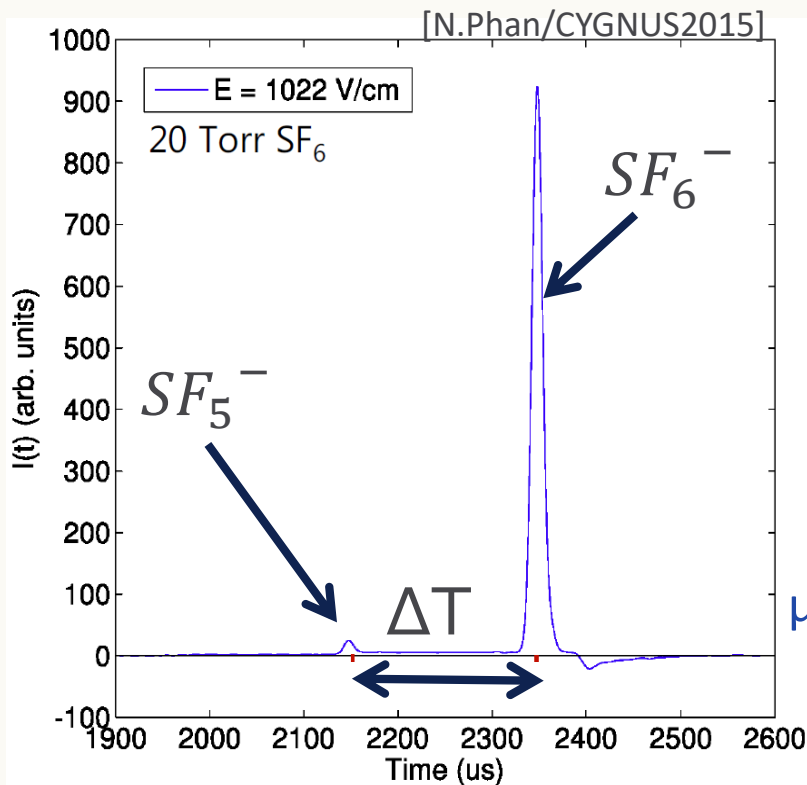


- μ-PICに含まれるU/Th系列の原子核崩壊で生じるα線（図中c、c'）がバックグラウンド事象。
- 従来のμTPCではz軸（ドリフト）方向は相対位置しかわからない。

NI μ TPCの原理



SF₆によるz軸方向の絶対位置決定



- DRIFT(@英国)が陰イオンガスでz軸方向の絶対位置決定に成功
- ドリフト速度の異なる複数のイオンが生成

$$z = (t_a - t_b) \frac{v_a v_b}{v_b - v_a}$$

この解析方法を用いれば、
μ-PICまわりの事象を特定・除去できる！

NEWAGE検出器の感度向上に！

NIμTPCの開発

[20pK24-9 NEWAGE実験45 池田智法発表]

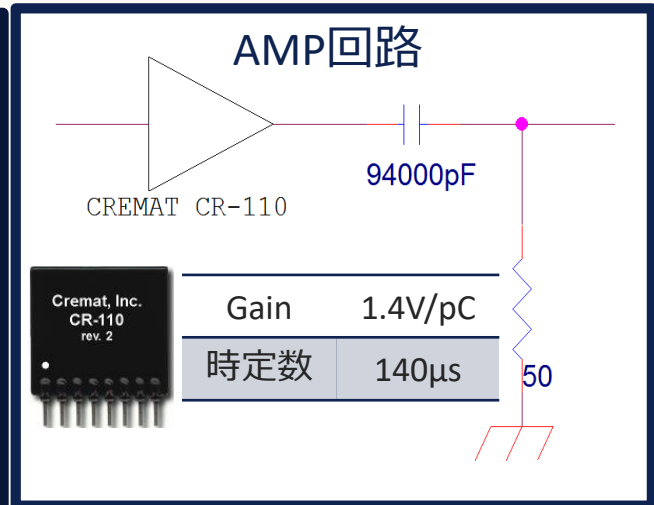
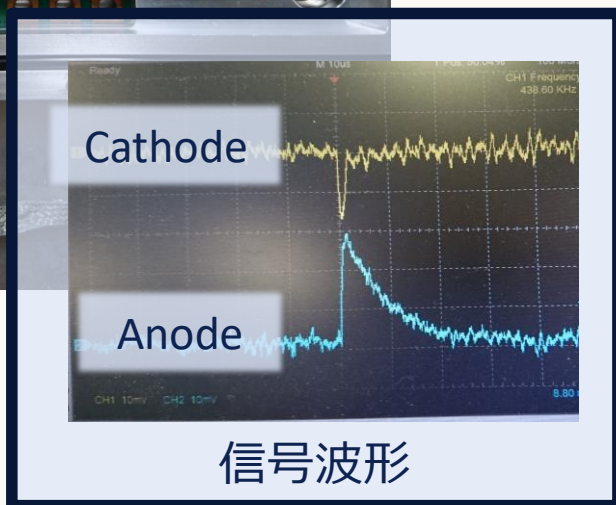
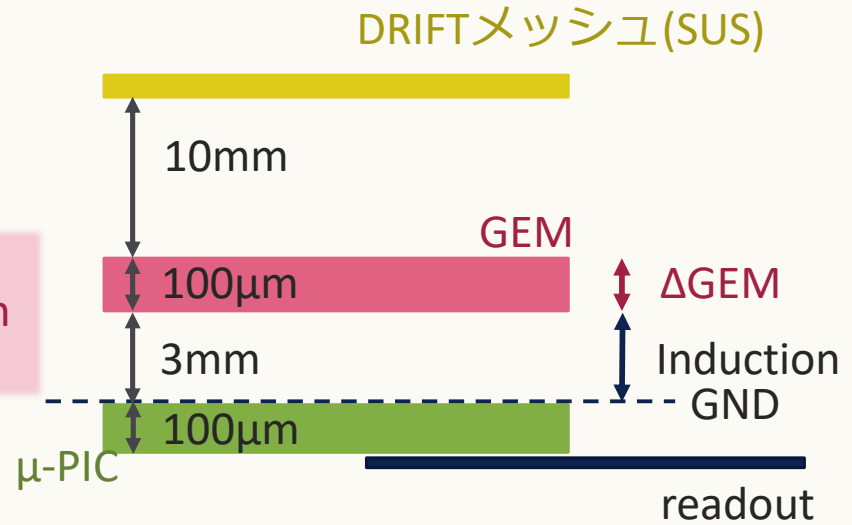
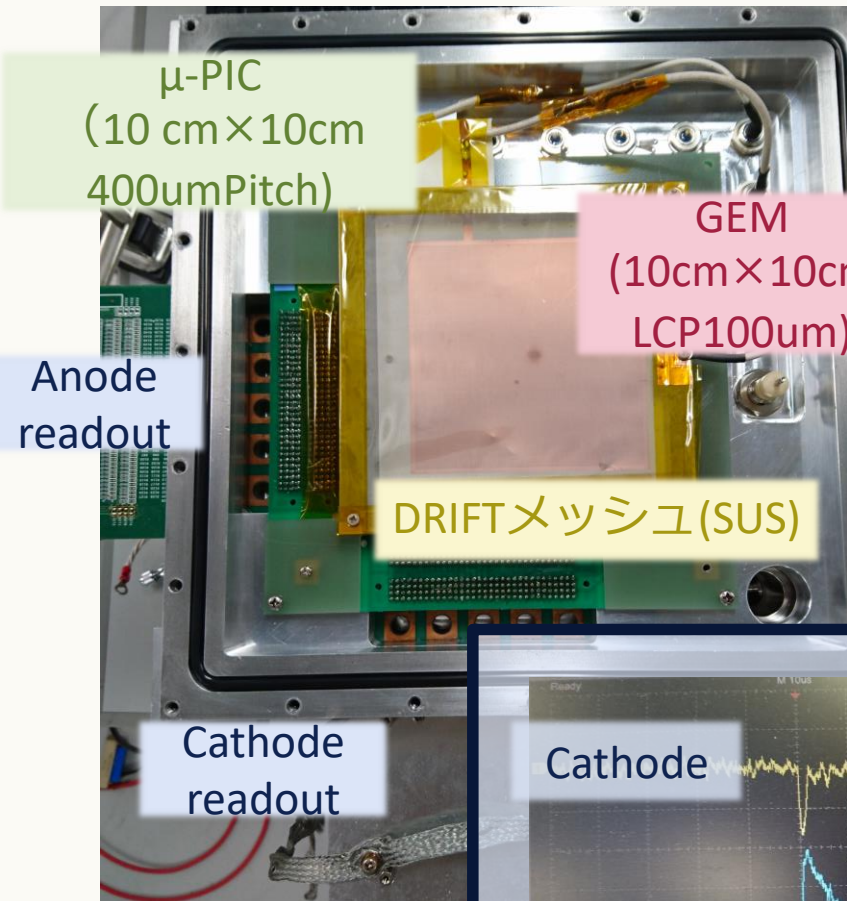
陰イオンの
ガス増幅機構

についての理解が必要！

SF₆ガス中での
MPGDの基礎特性

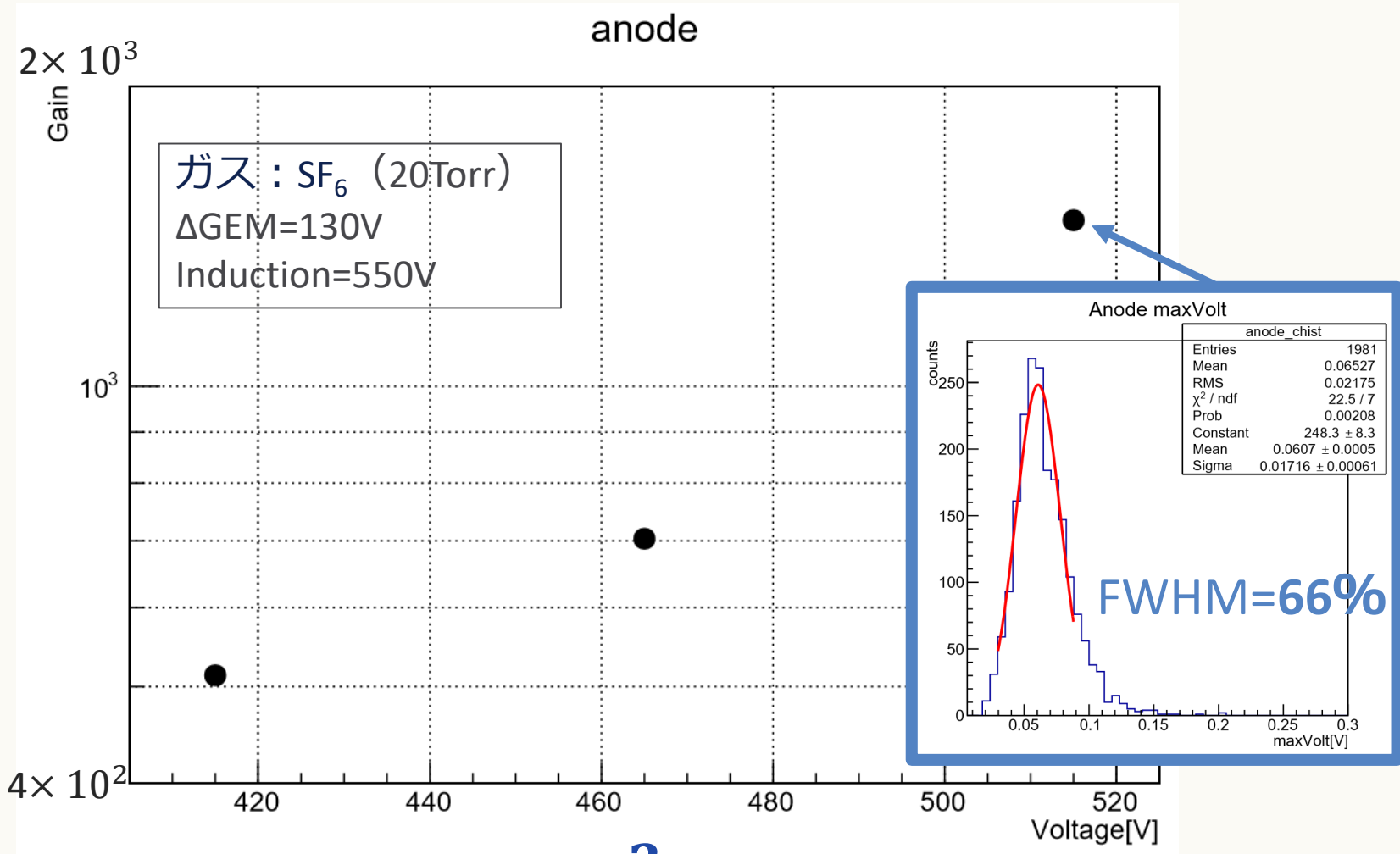
My
WORK

Gain測定 (μ -PIC+GEM)



線源 ^{55}Fe

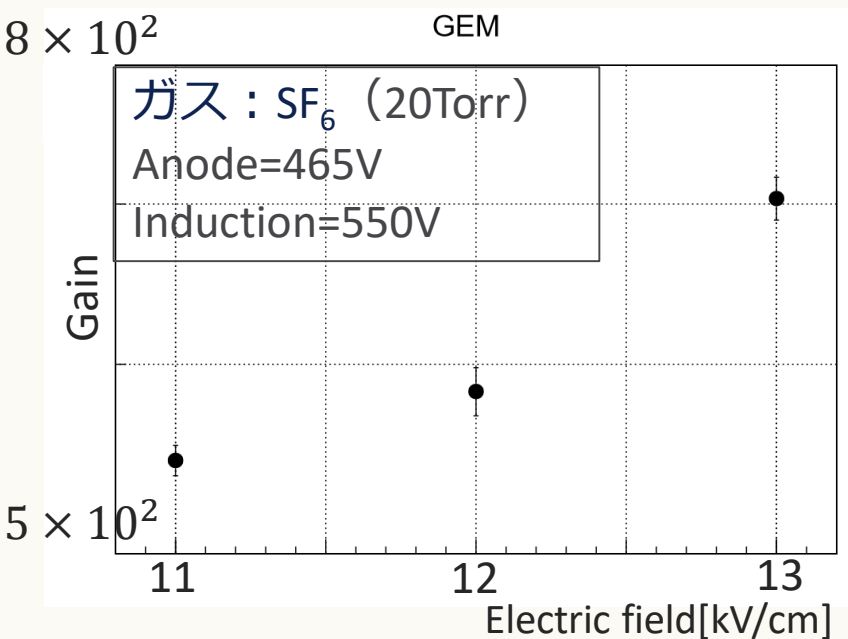
Gain ~Anode依存~



SF₆ 20Torrで**10³**のガスゲイン達成
 SF₆ガスを用いたMPGDでも十分なガスゲインが得られた。

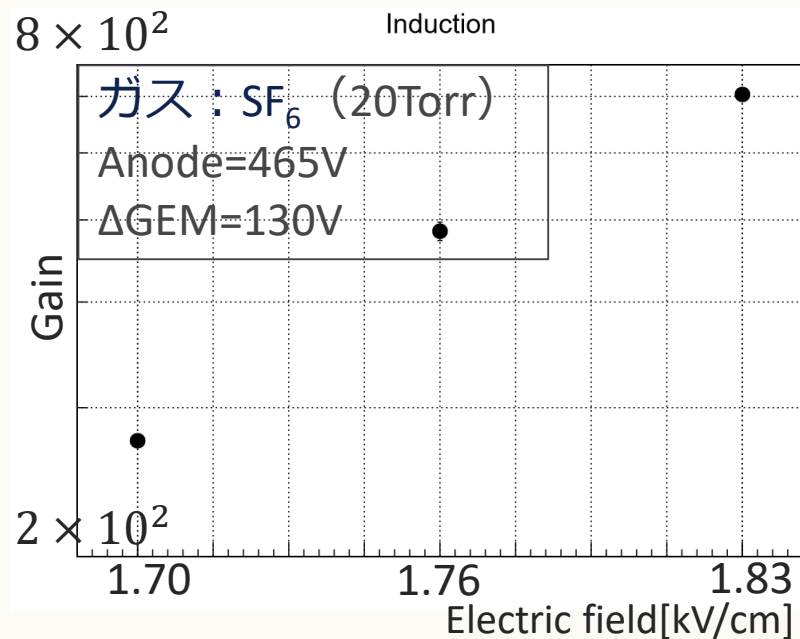
Gain

～ Δ GEM依存～



$5.5 \times 10^2 \sim 7 \times 10^2$

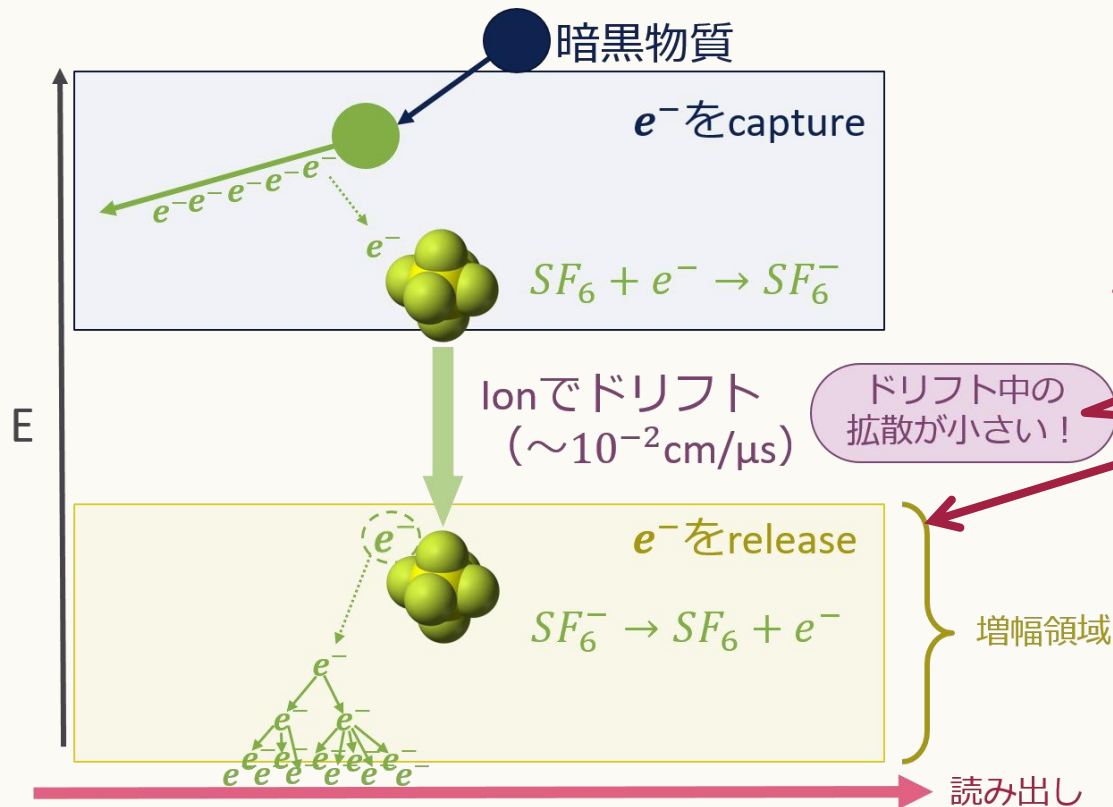
～Induction依存～



$2.8 \times 10^2 \sim 7 \times 10^2$

Δ GEM, Induction電圧依存性があることを確認

SF₆ガスの増幅機構



重要!
しかし詳細な機構は不明

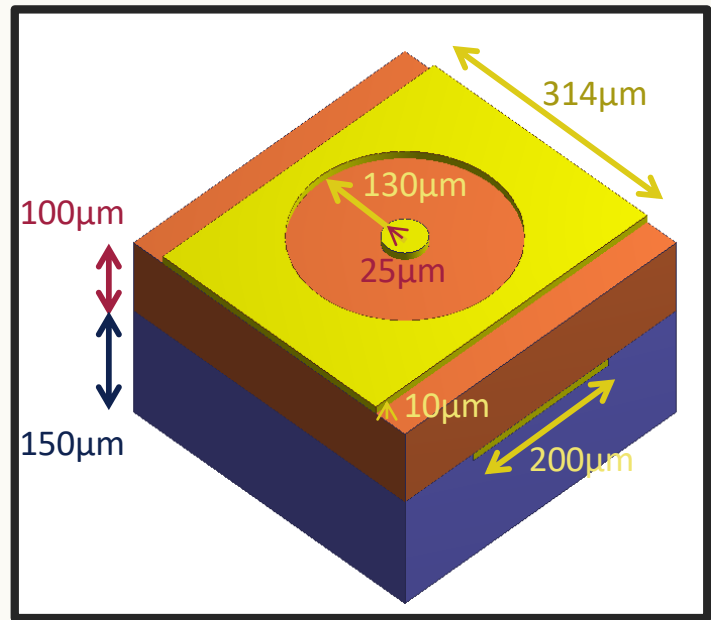
[SF₆ガス中で使用するMPGDに必要な条件]
電子増幅を引き起こすのに必要な電場を形成できること

シミュレーション

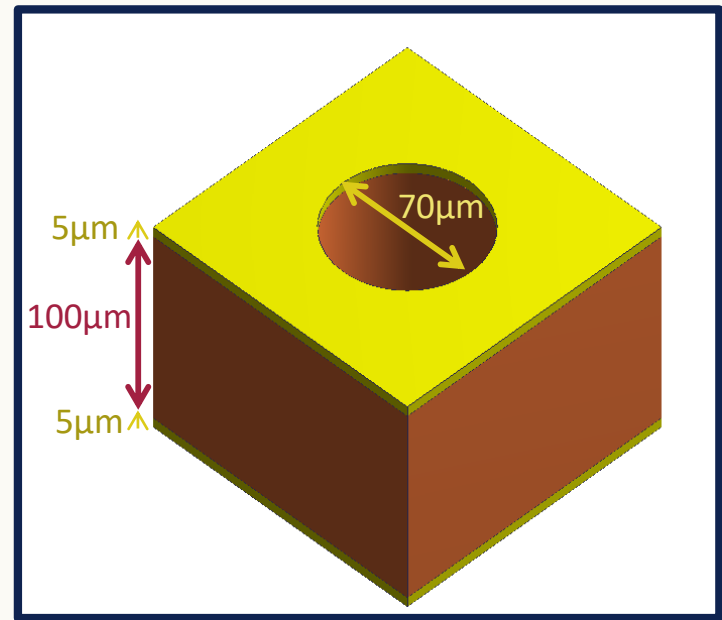


7つの解析分野（電場・磁場・電磁波、熱伝導・応力、圧電、音波）の解析と、連成解析が可能な、有限要素法解析システムである

Femtetを用いて電場シミュレーションを行った。

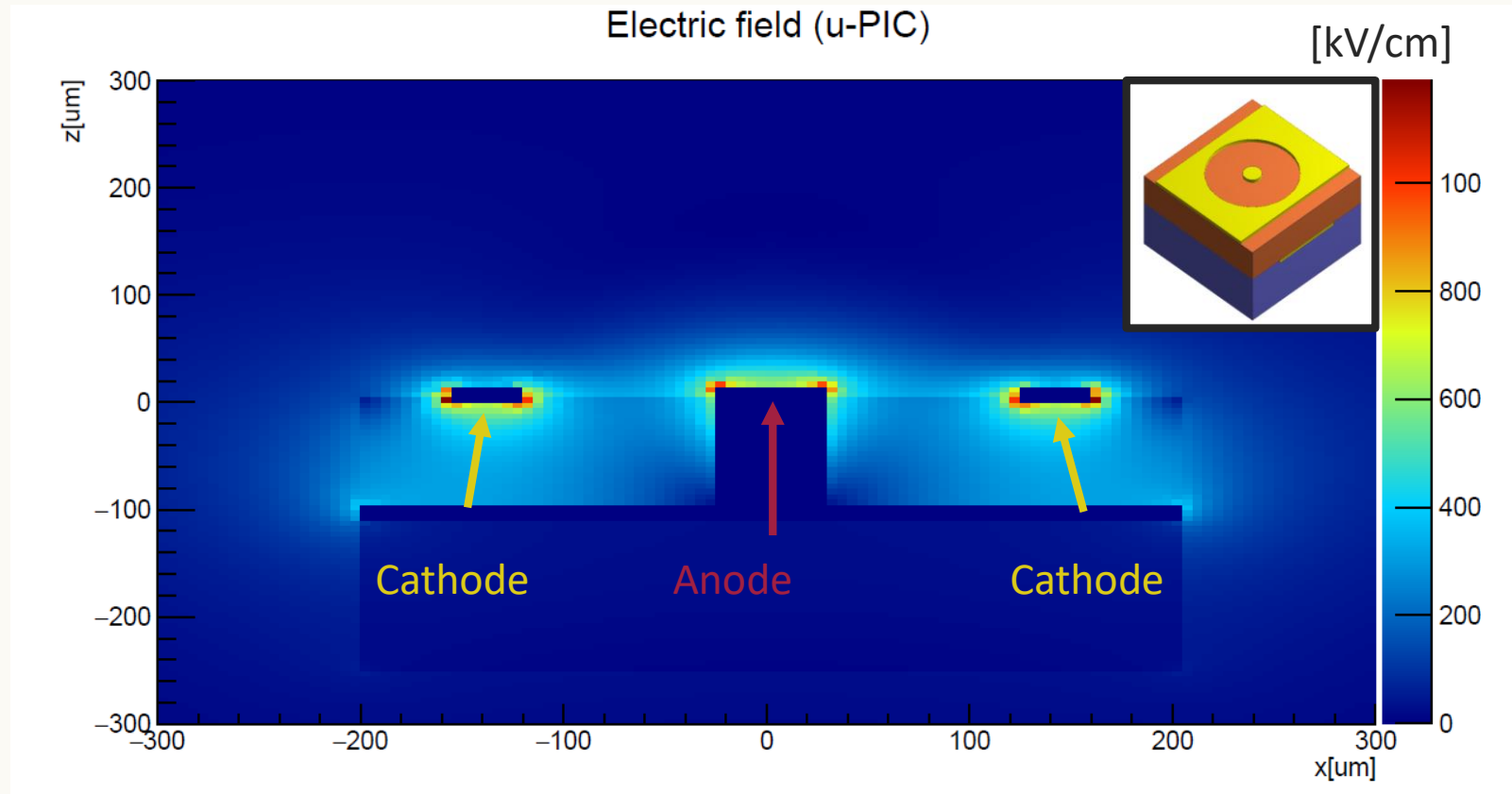


μ-PICモデル



GEMモデル

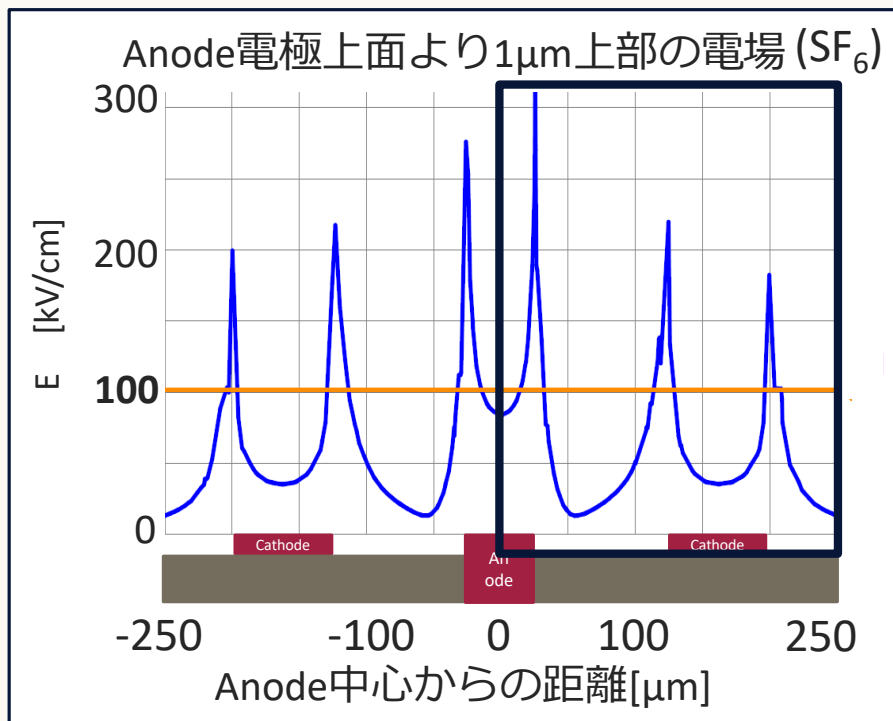
シミュレーション ～ μ -PIC～



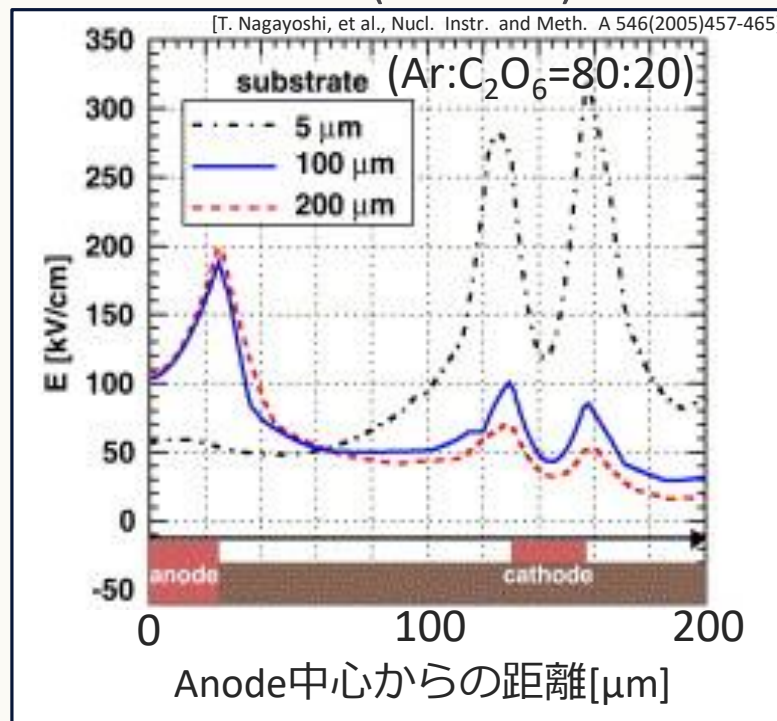
電子の増幅が始まるのに十分な電場(100kV/cm)ができることを確認。
 100kV/cm 以上の電場領域はanode上面から10 μ m \sim -10 μ m (PLC上面) の範囲。

シミュレーション ～ μ -PIC～

femtet

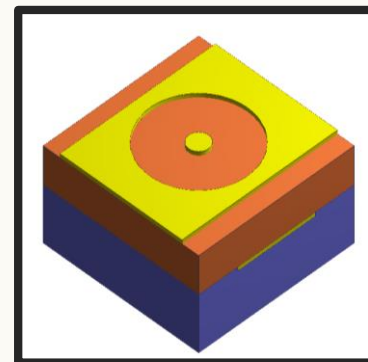


先行研究(Garfield)

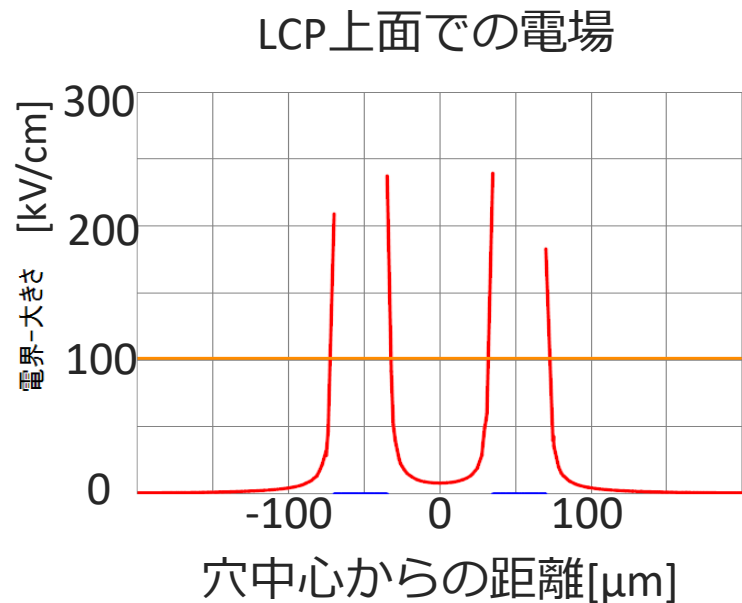
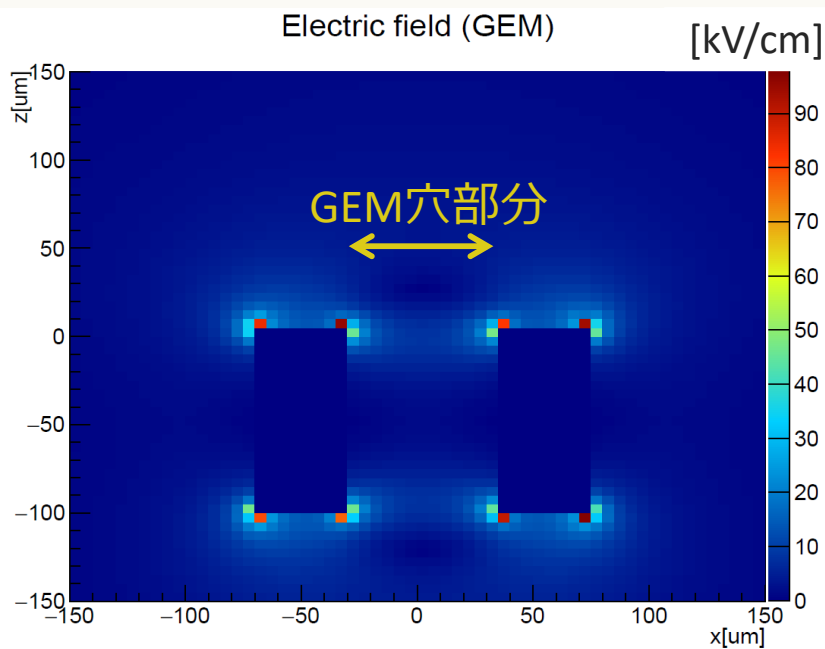


Anode近傍における 100kV/cm 以上の電場領域は
従来のガスと同程度存在。

電子増幅に十分な電場が得られると考えられる。

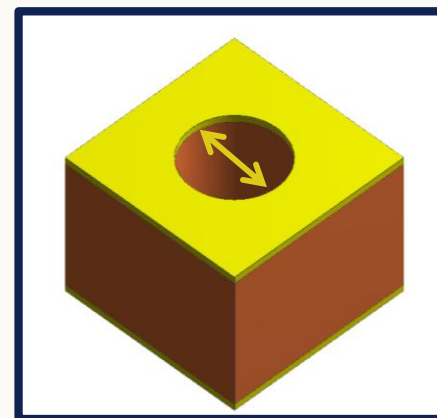


シミュレーション ～GEM～



100kV/cm以上の電場領域はGEMの上下銅電極の穴円周部分z方向に1 μm 程。

μ -PICに比べ100kV/cm以上の電場領域は小さいが銅電極付近で電子増幅が始まると考えられる。



まとめとこれから

まとめ

- ☆SF₆ガスを用いたμTPCでμ-PIC+GEMのガスゲインを測定。
- SF₆ガス中のMPGDでMinority peak観測に十分なガスゲインを得られることを確認。
- Anode依存、ΔGEM依存、Induction依存性を確認。
- ☆Femtetを用いた電場シミュレーション
- 電子増幅に必要な電場がμ-PIC,GEM共に形成できることを確認。

これから

- ☆陰イオンガス特有の電子剥離に関してより深い理解が必要。シミュレーションと実測の両方からアプローチ
- ☆3段GEM(LCP 100μm)や小型MICROMEGAS(Pitch 400μm)など様々なMPGDを試験し、SF₆ガスに最適なMPGDを探す
- ☆NIμTPC用ASICの開発



NEWAGE
NEw generation WIMP-search
with an Advanced Gaseous detector Experiment

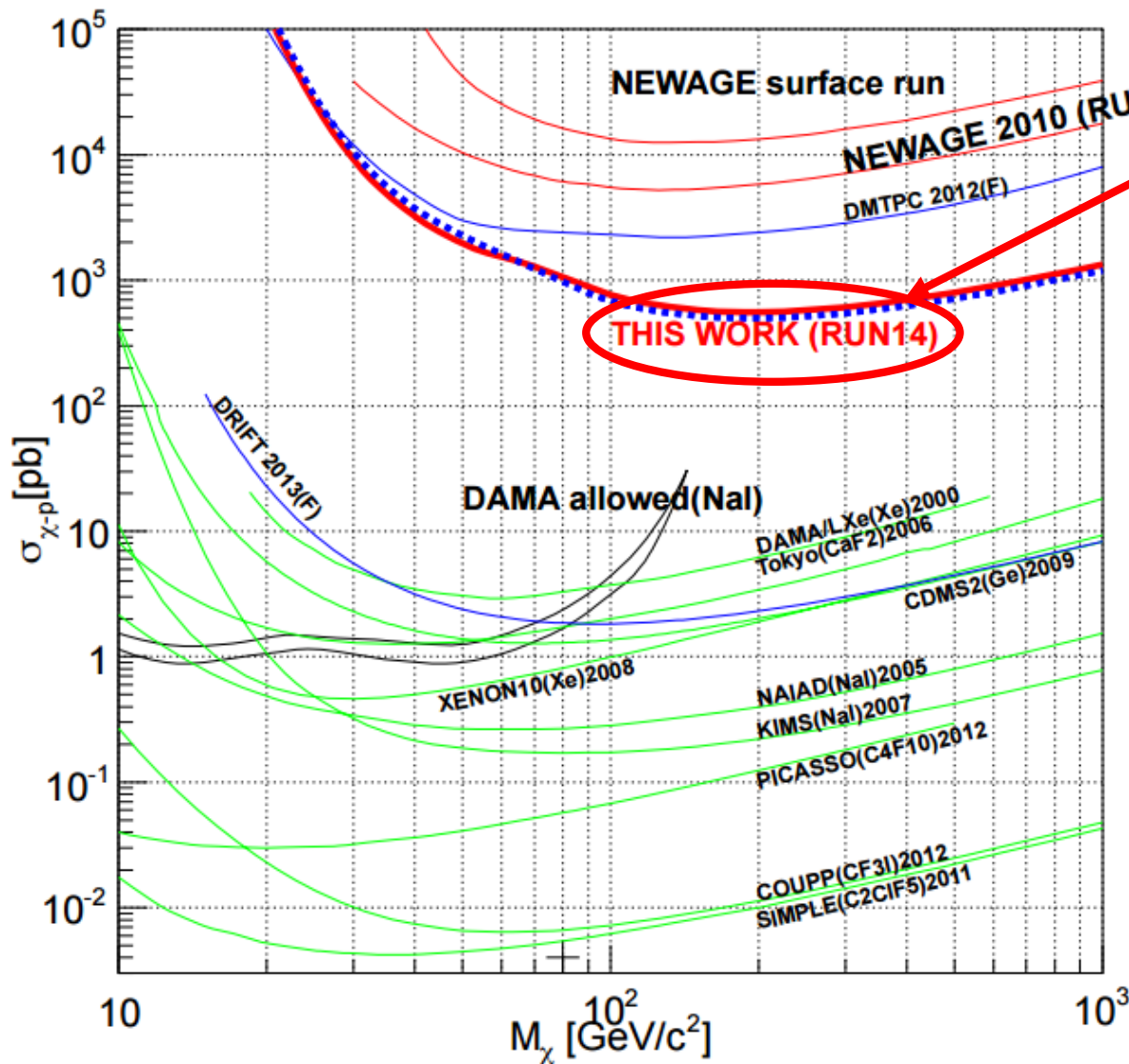
ニューエイジ
(2007-)

END

Back Up

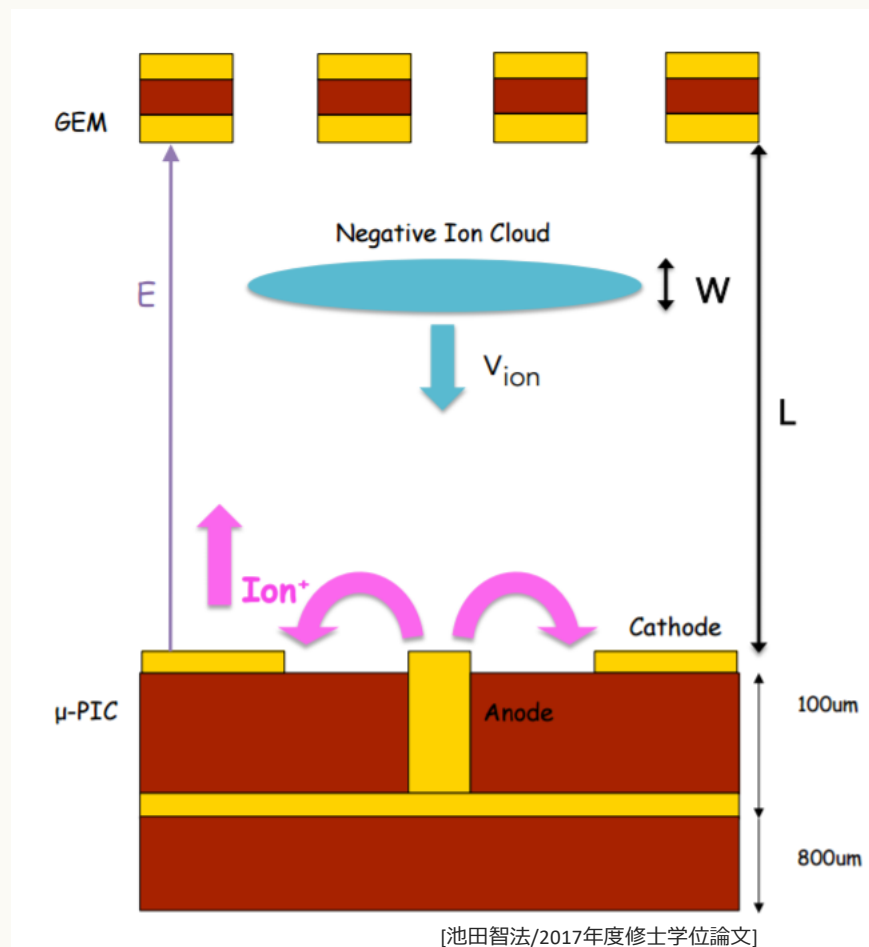
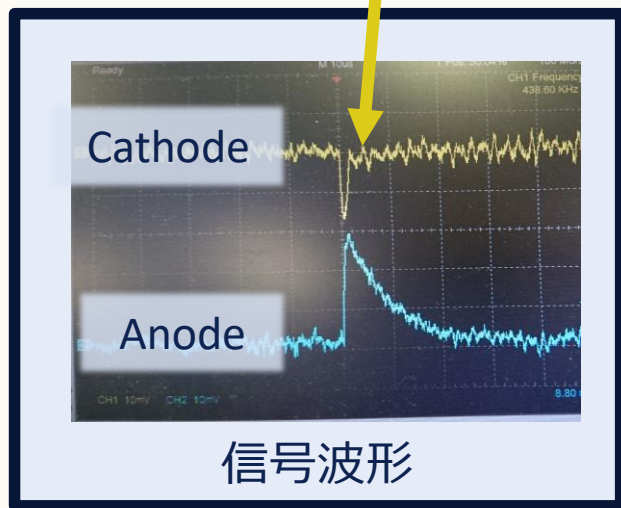
NEWAGEの感度曲線

方向感度では
世界最高

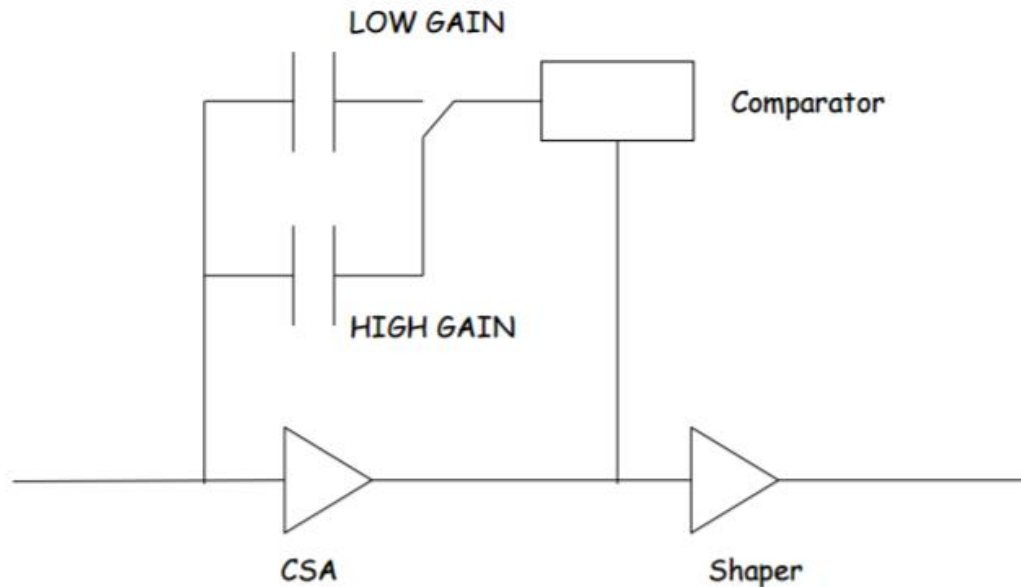


Induction領域におけるイオンの移動

陽イオンがInduction間の電場
によってGEMの方へ移動する。
この時の陽イオンの電荷移動
が検出されている。

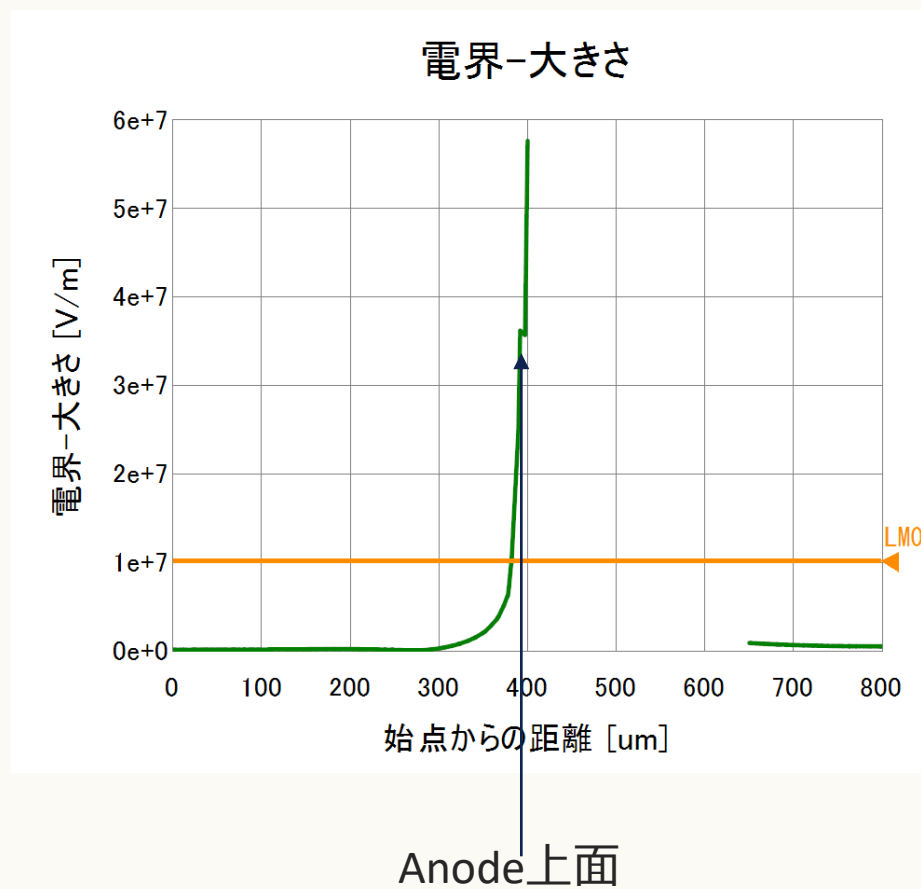


基本思想

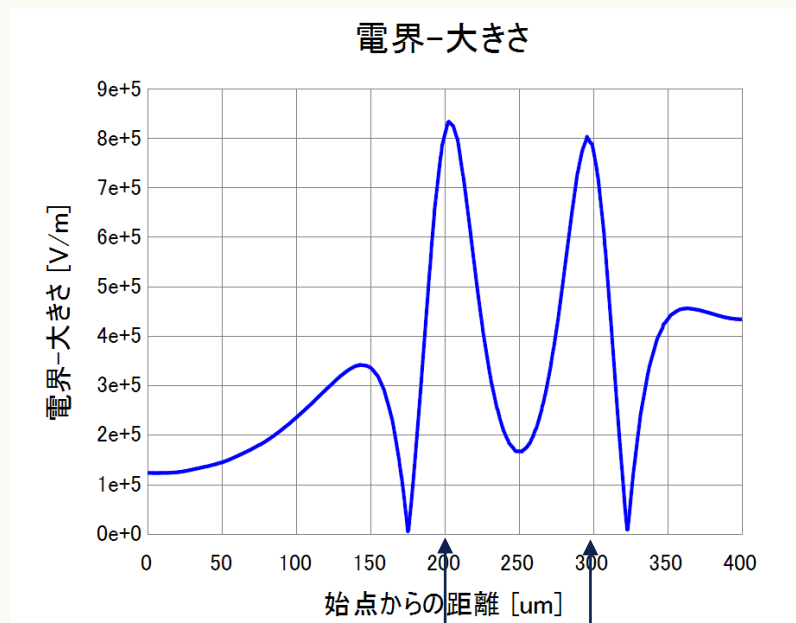


- デフォルトHIGHGAINモードで動かして閾値超えるとLOWGAINにスイッチする
- ADCは8bit
- デジタルボードに流れる情報はADC(8bit)+L&HMODE(1bit)+Slow&Fast(1bit)

シミュレーション ～ μ -PIC～



シミュレーション ～GEM～

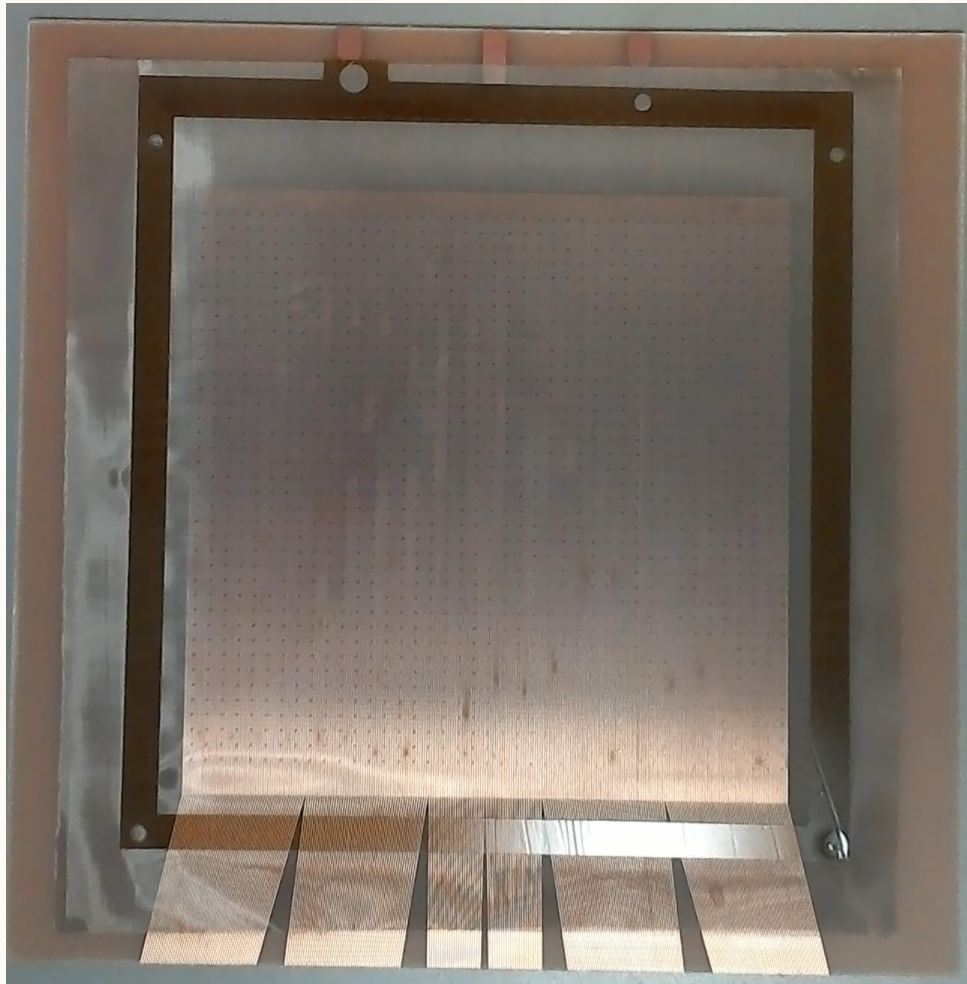


←空洞部中心の電場
シミュレーション

GEM上面 GEM下面

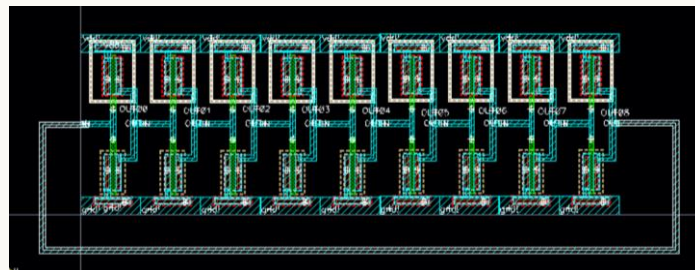
μ -PICに比べて 10^7 V/m以上の電場領域は小さいが、
GEMの上部(10^7 V/m)で電子の増幅が起こり、空洞部 (10^5 V/m)
を通り、再び下部(10^7 V/m)で電子の増幅を起こすと考えられる。

小型MICROME GAS



100mm×100mm
400μm pitch

NI μ TPC用ASICの開発



電子のドリフト速度 [$\sim 5 \text{ cm}/\mu\text{s}$]

に対して陰イオンのドリフト速度 [$\sim 10^{-2} \text{ cm}/\mu\text{s}$]



液体Ar用TPCのために開発(@KEK)された**ASIC**
(LTARS2014) を一部修正して

NI μ TPC用読み出し回路(LTARS2016_K01)を開発中

	従来のASD	LTARS2014	NI μ TPC要請値
ゲイン	0.160V/pC	11.4mV/fC	8mV/fC
ダイナミックレンジ	----	10^2	10^4
ENC	----	6000(@300pF)	<2000(0.3fC)
時定数	16ns	$1\mu\text{s}$	$4\mu\text{s}$