

NEWAGE実験67： 方向に感度を持つ暗黒物質探索実験の 内部BG低減を目指した低BG μ -PIC開発

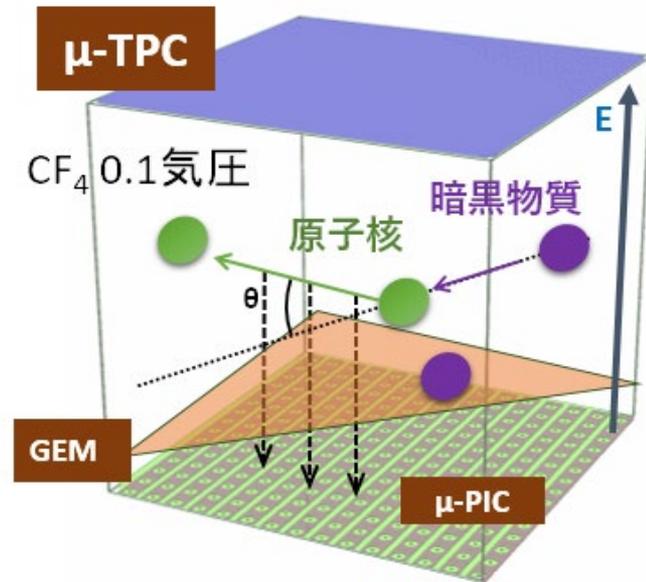
神戸大理, 京大理^A, 東大ICRR^B, 東理大^C, 東北大^D, 早大^E

石浦宏尚, 身内賢太郎, 池田智法^A, 東野聡, 窪田諒, 中山郁香
安部航^B, 伊藤博士^C, 中村輝石^D, 市村晃一^D, 小林兼好^E

➤ **NEWAGE** (NEw generation **W**IMP search with an **A**dvanced **G**aseous tracker **E**xperiment)

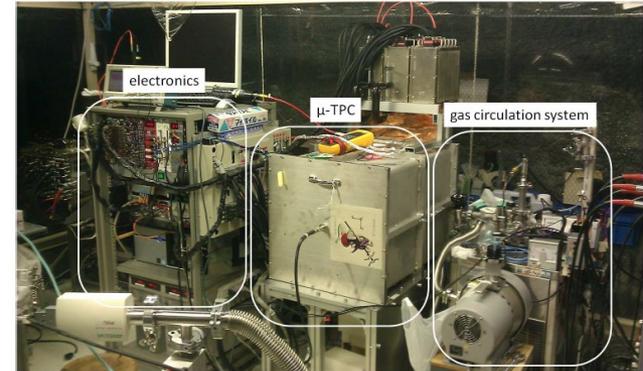
- **方向に感度を持つ**暗黒物質直接探索実験
- 暗黒物質により原子核反跳されたフッ素原子核の飛跡をガスTPCでとらえる

3次元ガス飛跡検出器 μ -TPC



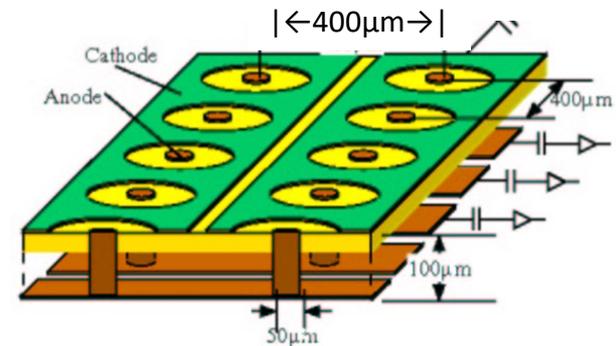
GEM：前段増幅器

μ -PIC：400 μ mピッチ 2次元イメージガス検出器
→今回の講演：この μ -PICの**低BG化**



0.3b''検出器

神岡地下施設Lab-Bで測定中



μ -PIC模式図

これまで

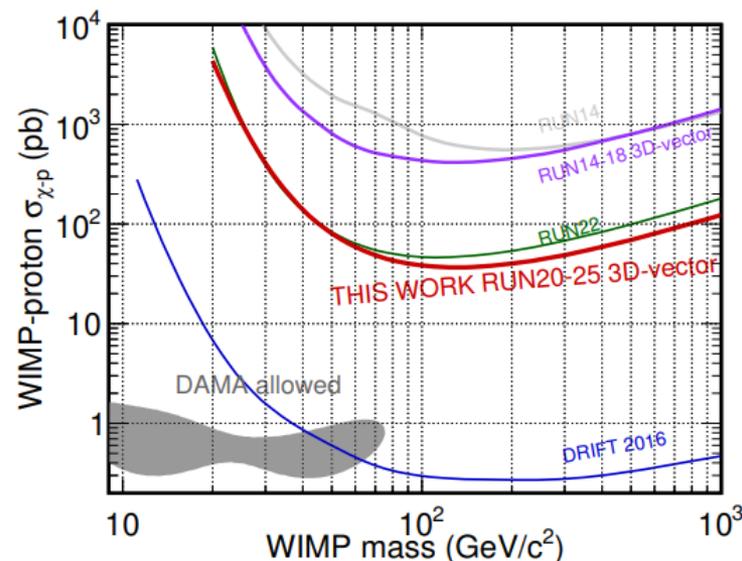
- 飛跡前後判定解析(RUN14-18) PTEP 2020 113F01
- 検出器の低アルファ線化(RUN22) PTEP 2021 063F01
- 解析改善・高統計(RUN20-25)
 - 2017年12月 - 2020年3月 318日分データ

→ 方向に感度を持つ実験として世界最高感度

- 大型TPC 試験 結果(東野 講演)

NEWAGE現在の感度

島田拓弥 修士論文 神戸大学 2021年2月



残存バックグラウンドとして

- 外部由来
 - 環境 γ 線
 - 環境中性子

➤ 内部由来

- ^{222}Rn , ^{220}Rn
- μ -PIC表面 BG

外部:

- シールドによる低減(中山 講演)

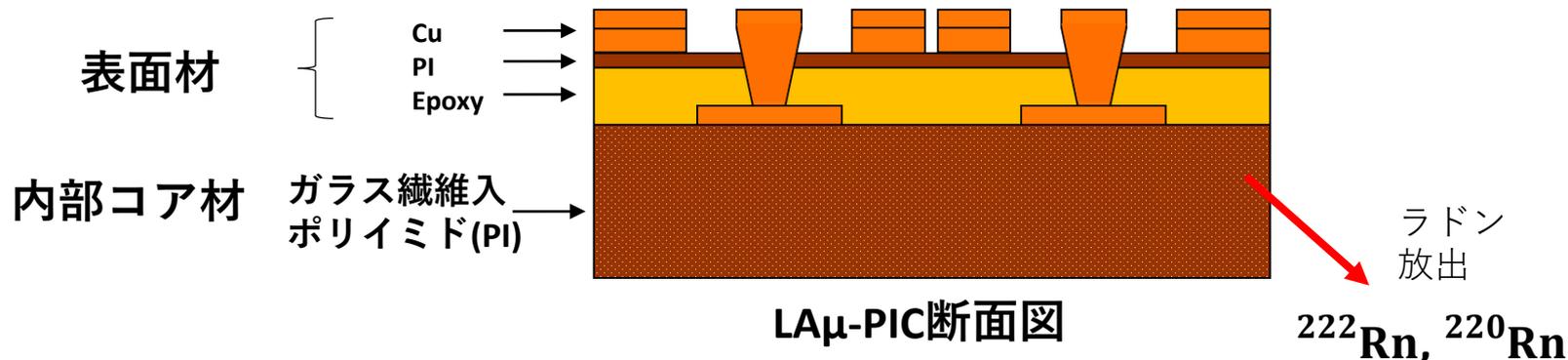
内部

- 低BG検出器開発(本講演)

現行検出器: **Low- α μ -PIC(LA μ -PIC)**

- 表面材にガラス繊維(放射性不純物有)を含まない検出器 → **低アルファ線化を達成**

検出器: NIM A 977 (2020) 164285, 物理:PTEP 2021 063F01



ただし

- 内部コア材にガラス繊維入ポリイミドを使用

- U/Th 系列 ^{222}Rn , ^{220}Rn 放出 → **恒常的な**ガス中バックグラウンドに

- ^{222}Rn 子孫核種 ^{218}Po が検出器表面埋め込み(保管時) → 検出器表面から出る α 線に

→Next : **内部コア材低BG化へ**

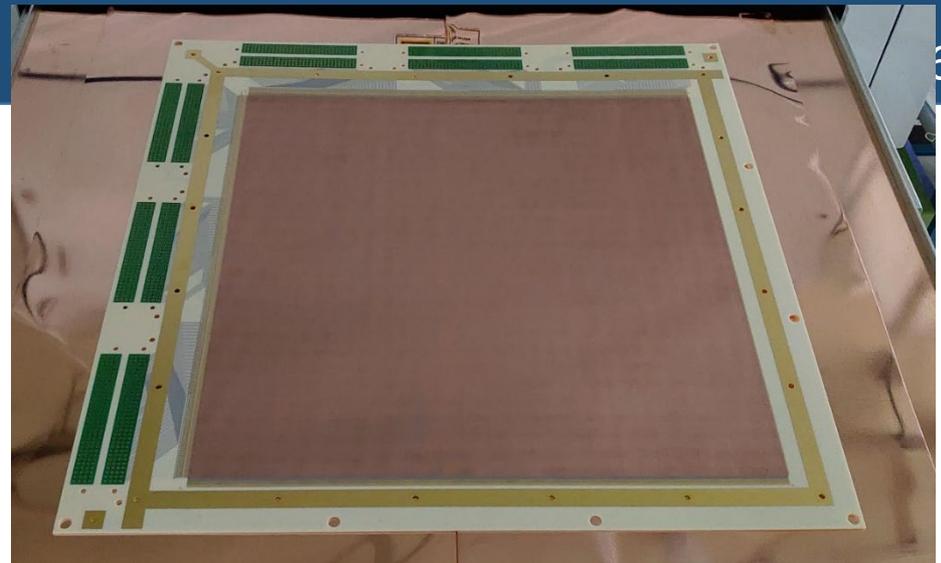
表面 α 線だけでなくラドン放出量も減らす

製作後評価

30cm角 LBG μ -PIC 製作

(開発期間:2018~2020年) (DNP製)

ソルダーレジストについても
使用量削減した~1/15へ



➤ アルファ線カウンターUltraLoを用いた表面 α 測定

➤ 素材と製作品で同程度→製造時混入なし JPS2021 年次大会などで報告

➤ 検出器からのラドン放出量測定

JPS2021 秋などで報告

→ 長期間測定結果を追加 (new)

➤ ガスゲイン一様性

→ 評価結果+検査について

ラドン放出量測定

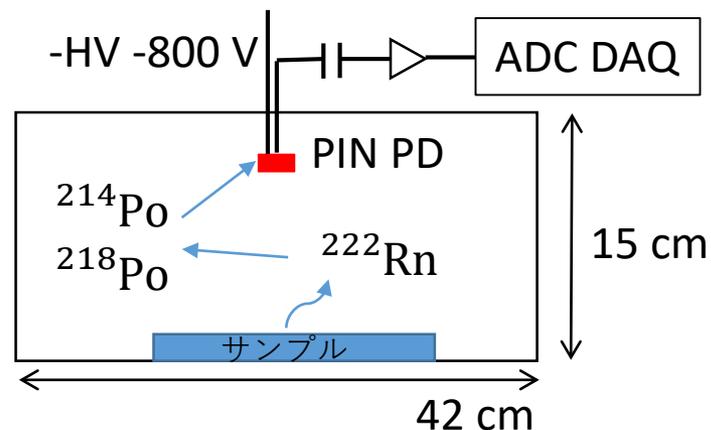
神戸大で新たにラドン計を立ち上げ、 μ -PICのラドン放出量測定を行った

➤ ラドン計

- ステンレス容器（内部電解研磨済）
- Po イオンをPIN Photo Diode (浜松ホトニクス S3590-09)へ静電捕集
→出てきた α 線(^{214}Po 7.687 MeV)を計数
→サンプルからの ^{222}Rn 放出量へ



ラドン計
(検出器テスト用チェンバーを転用)



ラドン計 概要図

ラドン放出量測定 - 測定結果(updated)

▶ サンプルの測定結果からBGを差し引きラドン放出量を求めた

測定サンプル	測定期間	214Po count rate [count/day] (stat.)
LBG μ -PIC	20.0 days	7.25 \pm 0.71
LA μ -PIC	5.0 days	40.8 \pm 4.9
BG測定(サンプル無し)	26.0 days	6.74 \pm 0.56

Preliminary

BG差し引き後	214Po count rate [count/day]
LA μ -PIC	34.1 \pm 4.9
LBG μ -PIC	0.5 \pm 0.9 < 2.3 (90% C.L. 上限値)

Preliminary

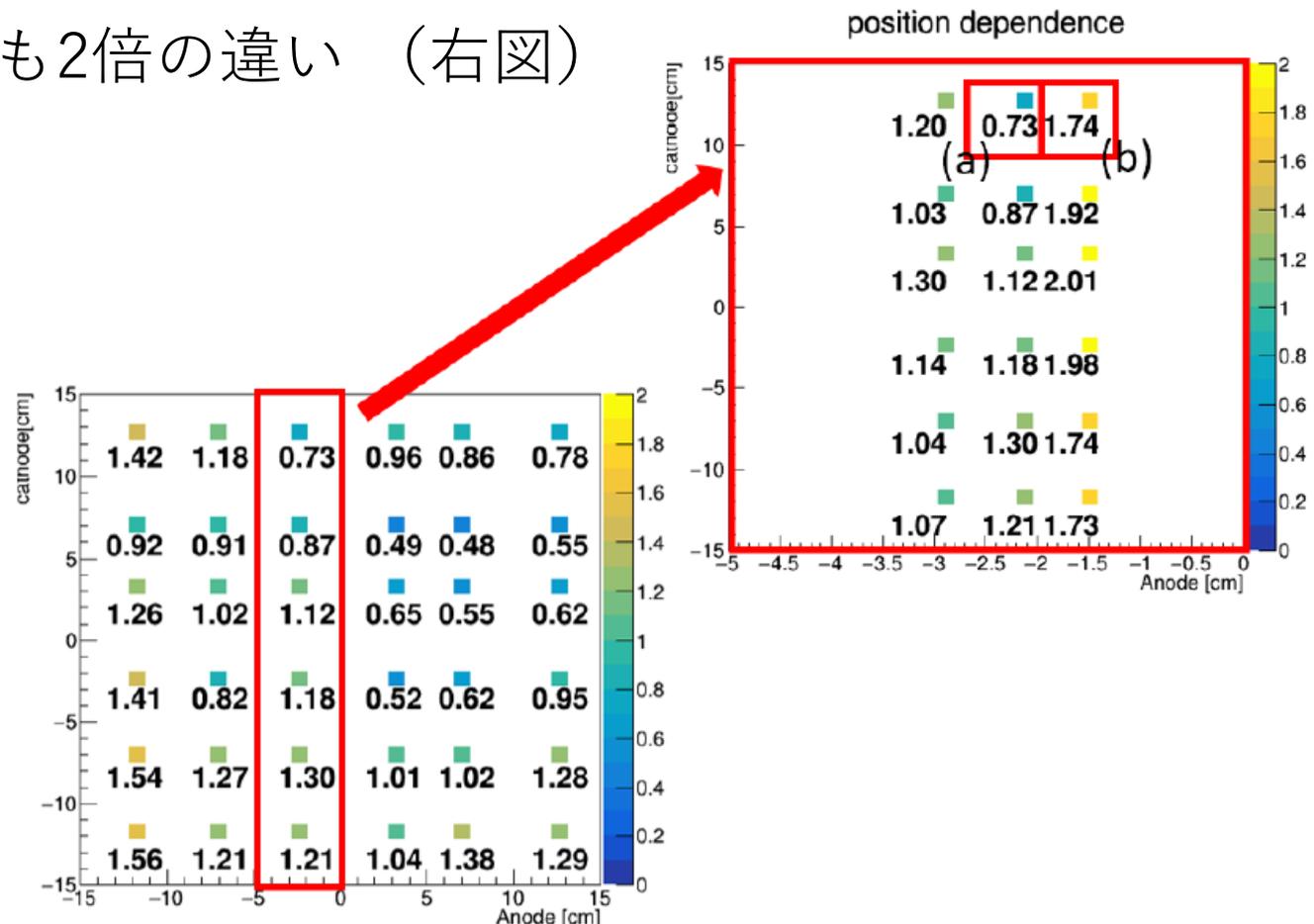
=>LA μ -PIC の14分の1以下へ

LA μ -PIC→LBG μ -PICでラドン放出量の低減を確認
外部BG低減と合わせて感度向上が期待

ガスゲイン位置依存性

位置依存性

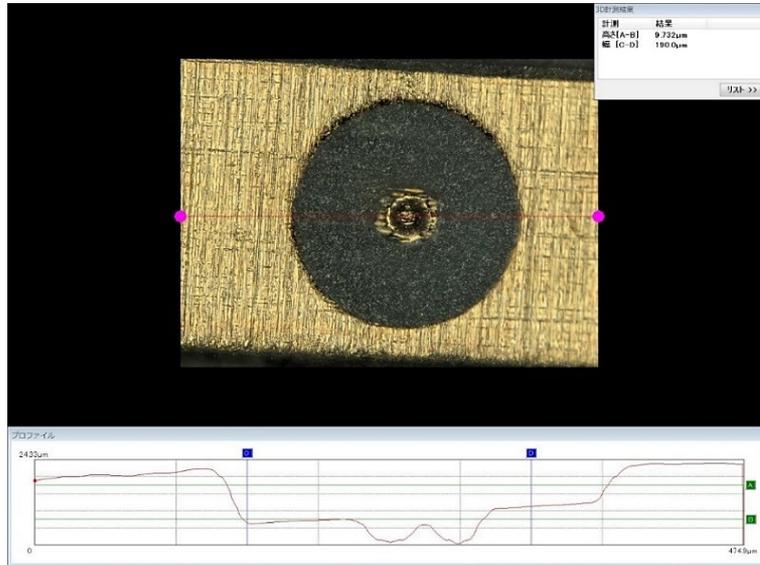
- ガスゲインをサンプリングして測定
 - 相対ゲインに非一様性が見られた (左図)
- より細かくサンプリング
 - 1 cm以内でも2倍の違い (右図)



▶ ガスゲインの低い箇所でアノード不良箇所が見られた

▶ 製造元と相談：基板製造時の歪みに起因と考えられる

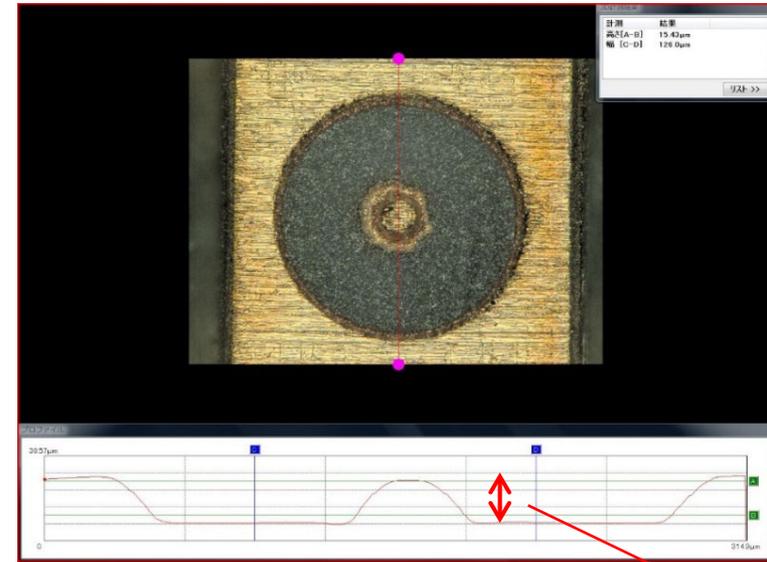
800倍



凹んでいる

断面図

前ページ右上図 0.73 に対応
ガスゲインが**低い**箇所

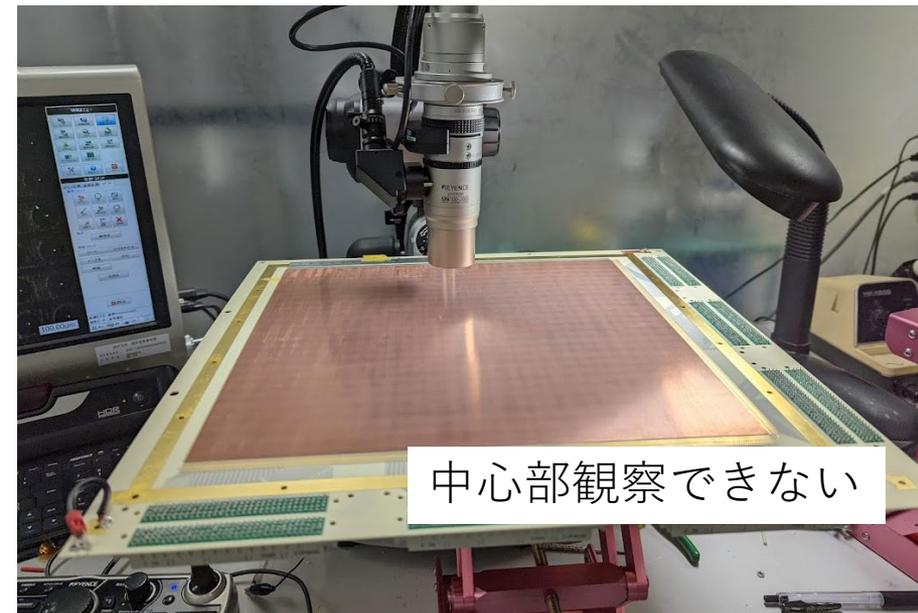


アノード高さ

前ページ右上図 1.74 に対応
ガスゲインが**高い**箇所

ガスゲインの一様性を確認するためアノード不良の
全面での位置依存性を確かめたい→外観検査

- 既存の顕微鏡（@神戸大 VHX-2000）を用いた検査
 - 100倍ほどでまとめてアノードを確認したい
 - 全面は測れない（顕微鏡アームが干渉）



- 検出素子 全面 30 x 30 cm 領域 を 走査したい
 - **そのような顕微鏡・検査装置が必要**

.....ただし、ちゃんとした装置は高い（1000万円とか.....） & 手元で検査したい

外観検査装置開発

➤XY 移動装置

- レーザーCNCの可動部(40 x 40 cm XY可動)を流用
- シリアル通信で制御可 サブミリ単位で制御可

XY・工具・ガーデン・電動工具・エア工具・切削工具・フライス盤



ATOMSTACKレーザー彫刻機, A5 10W
レーザー彫刻切断機CNC、目の保護設計を備えたアップグレードされた精密固定焦点機、410X400mm、木材、革、ビニール用のDIYレーザーマーキング、家のロゴ彫刻家、GRBLコントロール

¥32,999

ポイント: 330pt (1%) 詳細はこちら

新規ご入会で2,000ポイントプレゼント
入会費・年会費永年無料のAmazon Mastercard
色: 10W/Black

¥32,999 ¥76,346

GRBL: Arduino上で動くCNC用ファームウェア



Dino-Lite Edge EDR/EDOF Polarizer(偏光) LWD

型番: DINOAM4815ZTL

JAN: 4562331766353

EDR/EDOF機能を新たに追加、偏光機能搭載のEdgeシリーズ望遠モデル

88,980 円(税込)

数量: 1 ▲▼

望遠

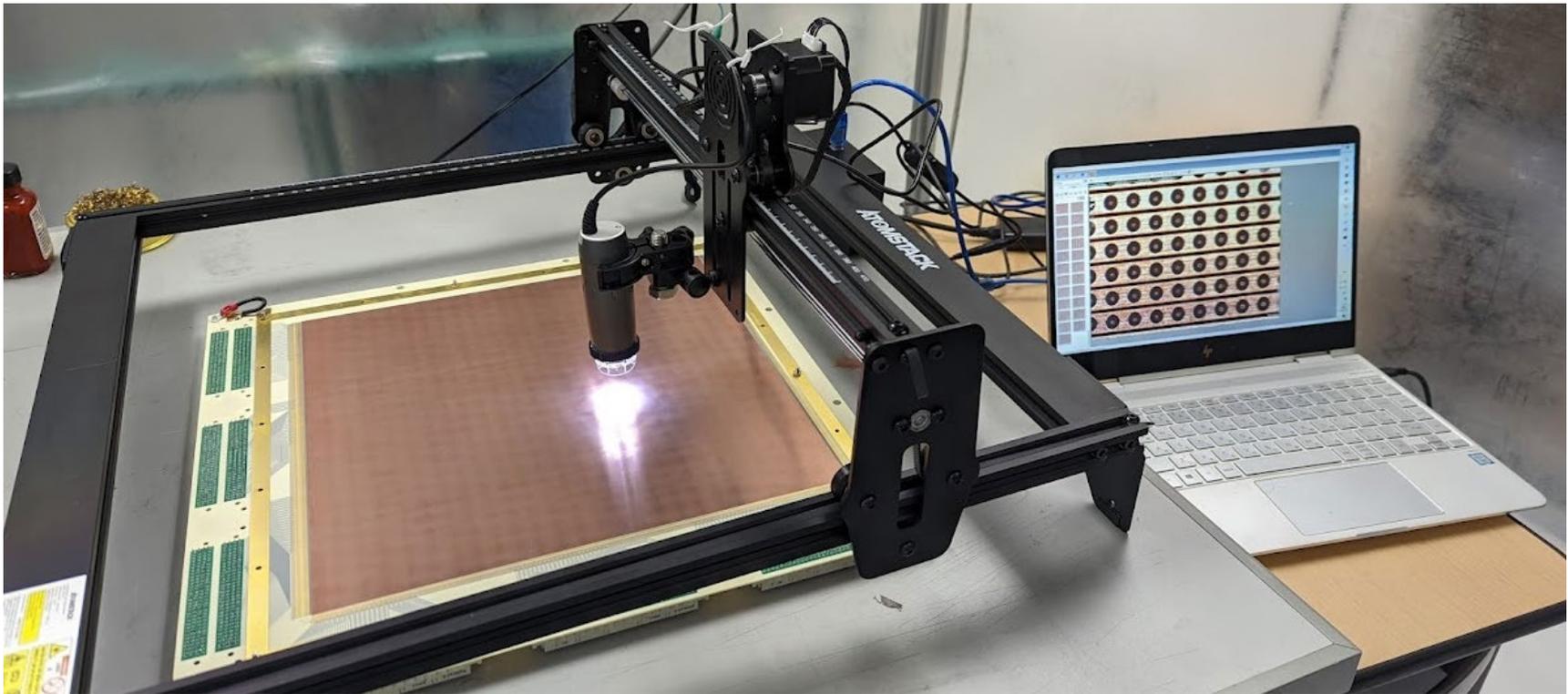
➤USB顕微鏡

- 20~140倍 非接触望遠 オートフォーカス可

→いずれもPCから制御可能
組み合わせて外観検査装置開発へ

合わせて13万円ほど

- ▶ Windows から Python でシリアルでXY制御、画像撮影
 - ▶ オートフォーカス 機能をOpenCVで画像処理して補正
- ▶ 現在、指定位置の画像撮影OK→自動全面スキャンを開発中



撮影した画像

→アノード形状情報 & ガスゲイン位置依存情報へ

➤ 今後

- 外観検査装置を用いたアノード形状の評価
- ソルダーレジストを使わない次世代新 μ -PIC の開発
- 論文投稿準備中

➤ まとめ

- NEWAGE では検出器の内部低BG化を推進
- 検出器部材からのBG を減らすため、内部コア材の放射性不純物量 1/100 以下にした "LBG μ -PIC" を開発製作
- 30 cm 角 uPIC ラドン放出量を測定できるラドン計を神戸大で構築、校正しラドン放出量の低減を確認。
- 30 cm 角 uPIC 全面を検査できる外観検査装置を開発中