IXPE衛星搭載用GEMの製作と性能評価

内山慶祐
(東理大/理化学研究所)

玉川徹[1]，北口貴雄[1]，早藤麻美[1]，中野俊男[1]，窪田恵[1,2]，小田苑会[1,2]，周圓輝[1,2]，大久保美穂[1,2]，安達健斗[1,2]，堤まりな[1,2]，岩切渉[3]，榎戸輝揚[4]

1.理化学研究所　2.東理大　3.中央大　4.京都大

Contents

1　イントロダクション

2　アライメントズレの推定

3　実際の推定作業

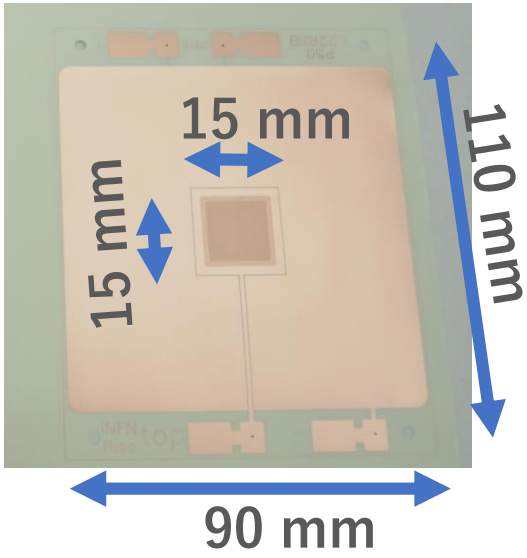
4　結果

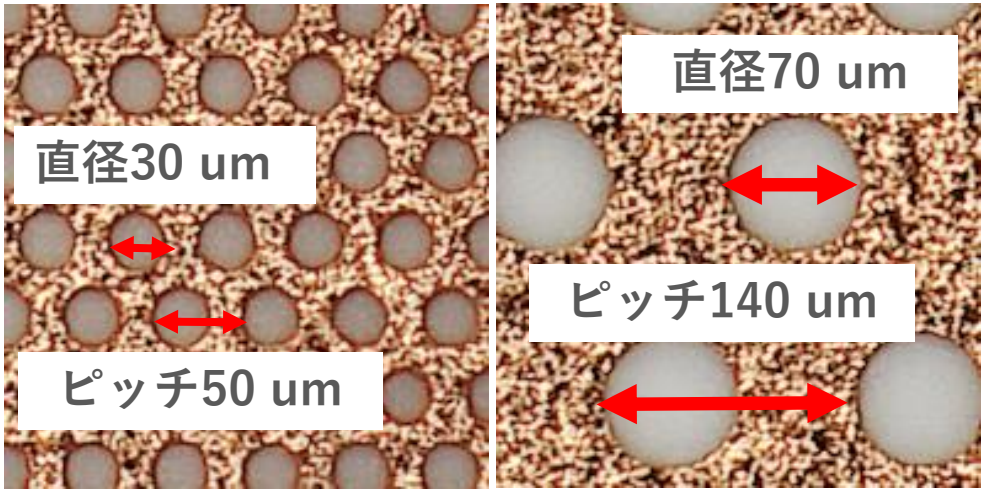
5 まとめ

1.1 IXPE衛星のGEM

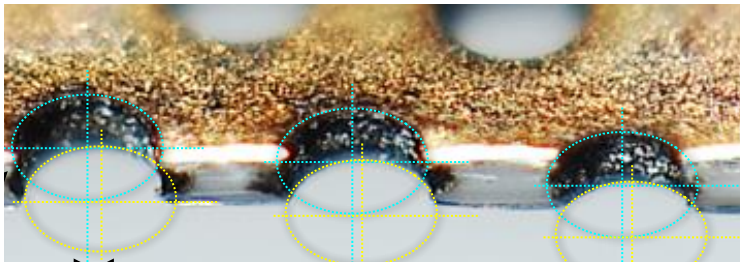
基本仕様

- ▷ Cu電極 6 um厚, LCP絶縁体 50um厚
- ▷ サイズ 110 mm* 90 mm
- ▷ 有感領域 15 mm * 15 mm
- ▷ 運用するgain : ~700
- ▷ 各穴は電荷読み出し用ASICの Pixelサイズに対応
  → <u>直径 30 um ピッチ 50 um</u>



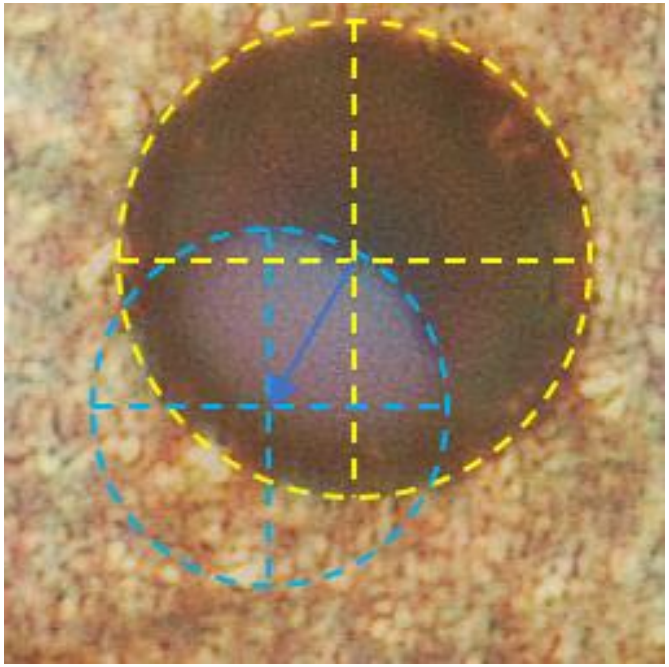


穴の切断面の様子

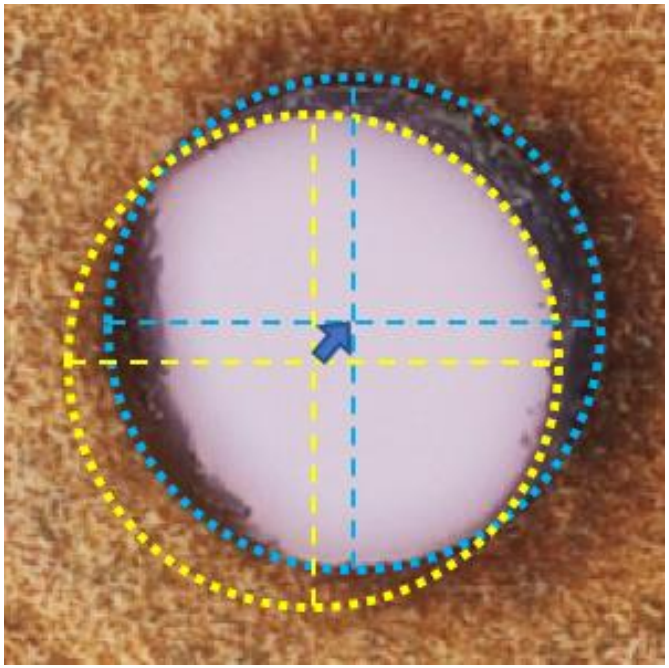


1.2 30 um 穴径GEMの製造の難しさ

穴径 30 um ピッチ 50 um
アライメントズレ **11** um



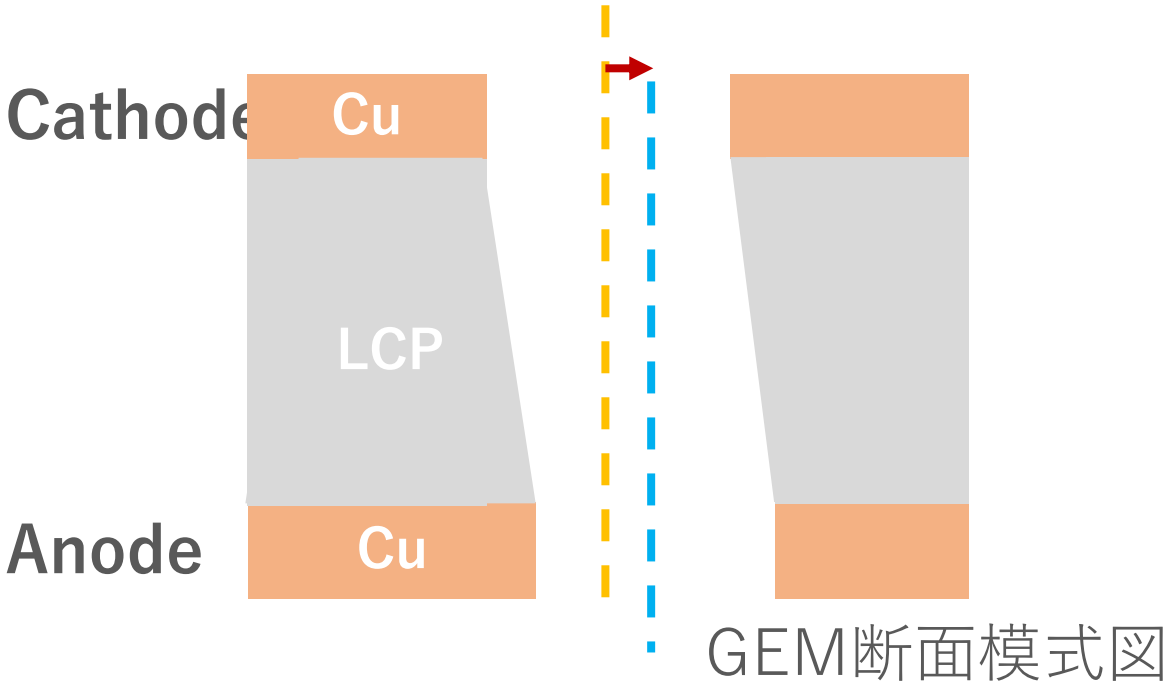
穴径 70 um ピッチ 140 um
アライメントズレ **12** um



▷30 um 径のGEMでは11 um程度のズレで穴が埋まる

<u>両電極のアライメント合わせが重要</u>

1.3 GEMのアライメントズレ



アライメントズレが引き起こす現象

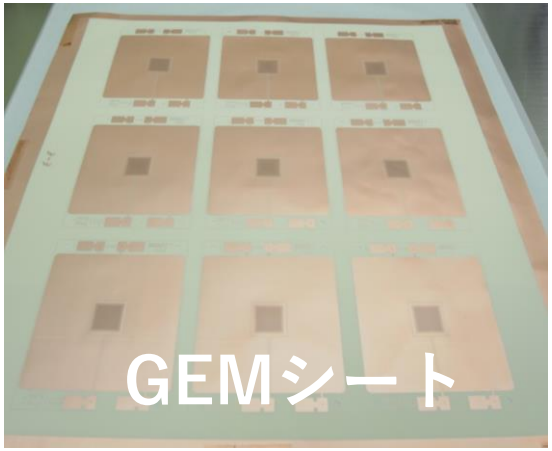
▷ 実効的な穴径が小さくなる → gainの低下を招く

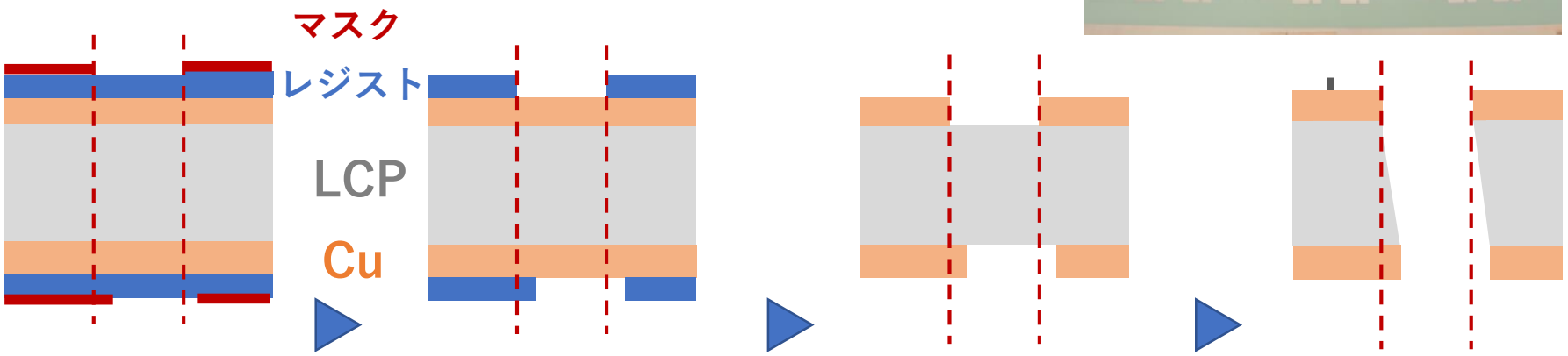
▷ LCP層のチャージアップ → gainの変動を招く

<u>なるべくアライメントズレが小さいGEMを作ることが目的</u>

1.4 アライメントズレの成因

▷ 露光時の表裏マスクのズレが根本の要因





ズレが決定 ― 長期間＆高コスト ― ズレ確認可能

▼

早い段階でアライメントズレのないGEMを選別したい

Contents

1　イントロダクション

2　アライメントズレの推定

3　実際の推定作業

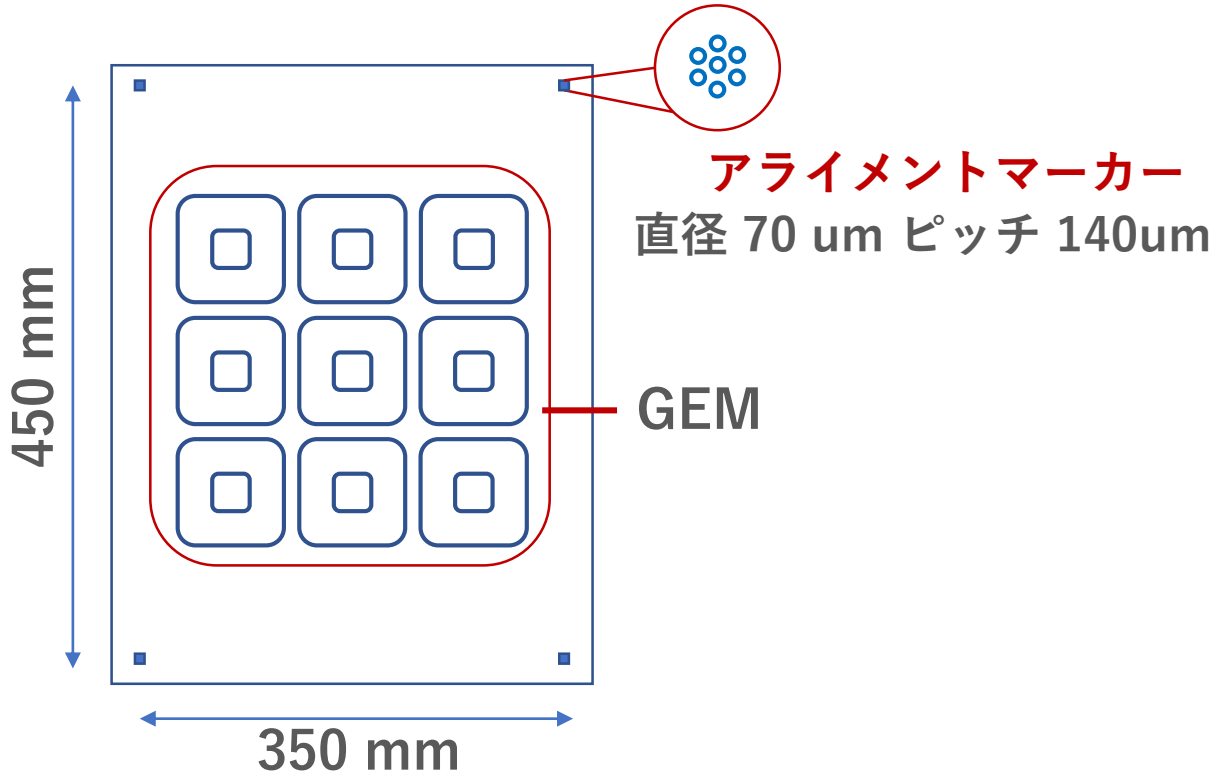
4　結果

5 まとめ

2.1 アライメントマーカーの導入

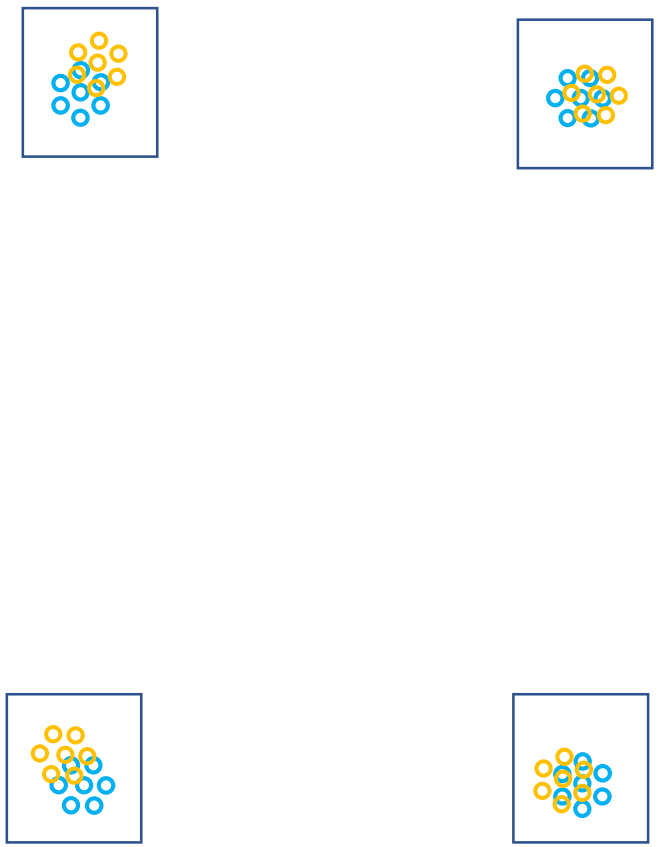
▷ GEMとは独立したシート4隅にアライメント確認用のマーカーを配置

▷ それのみをGEM本体のエッチング加工前に簡易的に処理、アライメントを確認

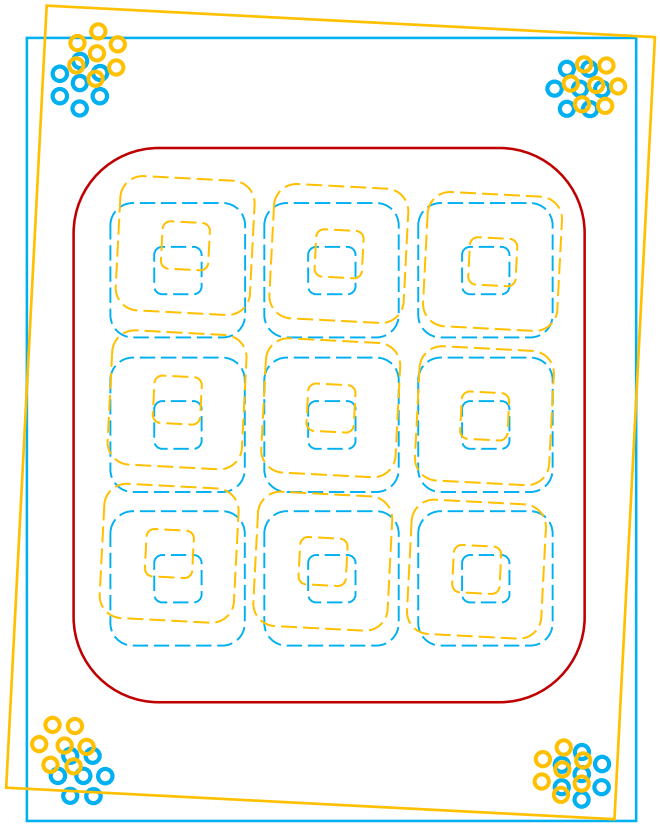


2.2 マーカーを使ったズレの推定

4隅のマーカーのズレを評価



GEMのズレを推定



GEM本体に穴を開けることなくズレの推定が可能

Contents

1　イントロダクション

2　アライメントズレの推定

3　実際の推定作業

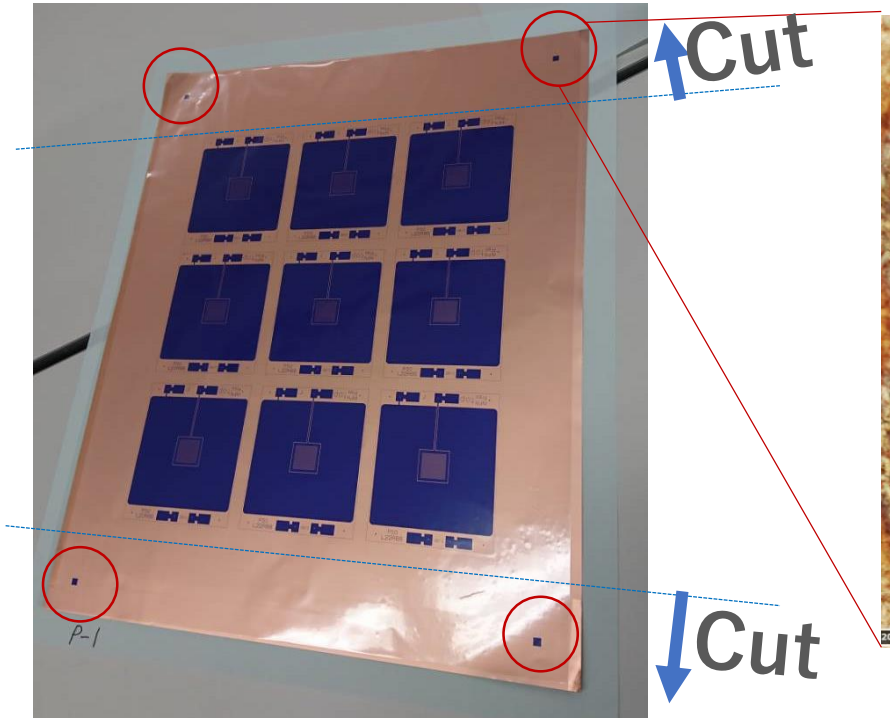
4　結果

5 まとめ

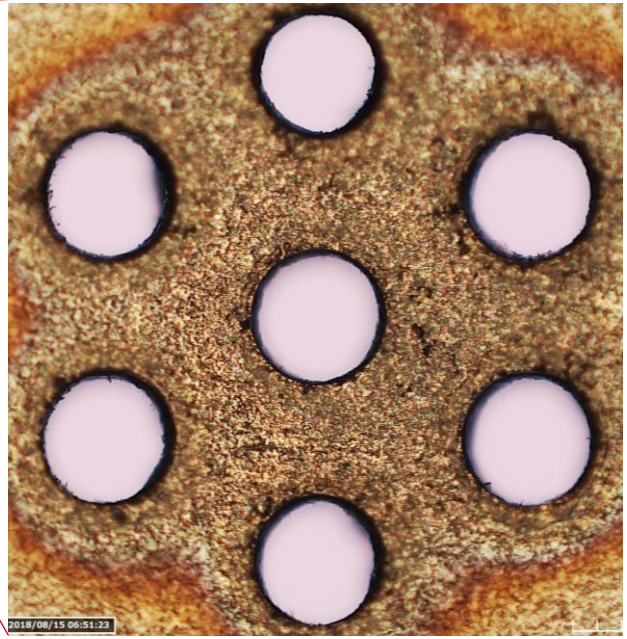
3.1 アライメントマーカーの加工

▷ 露光処理後、**切り出してマーカーのみを加工可能**
▷ 70 um径・140 umピッチの穴
▷ 70 um径は手作業でも作業が可能な程度の大きさ
→ 手作業によるコストカット・時間短縮が可能

露光処理後の状態

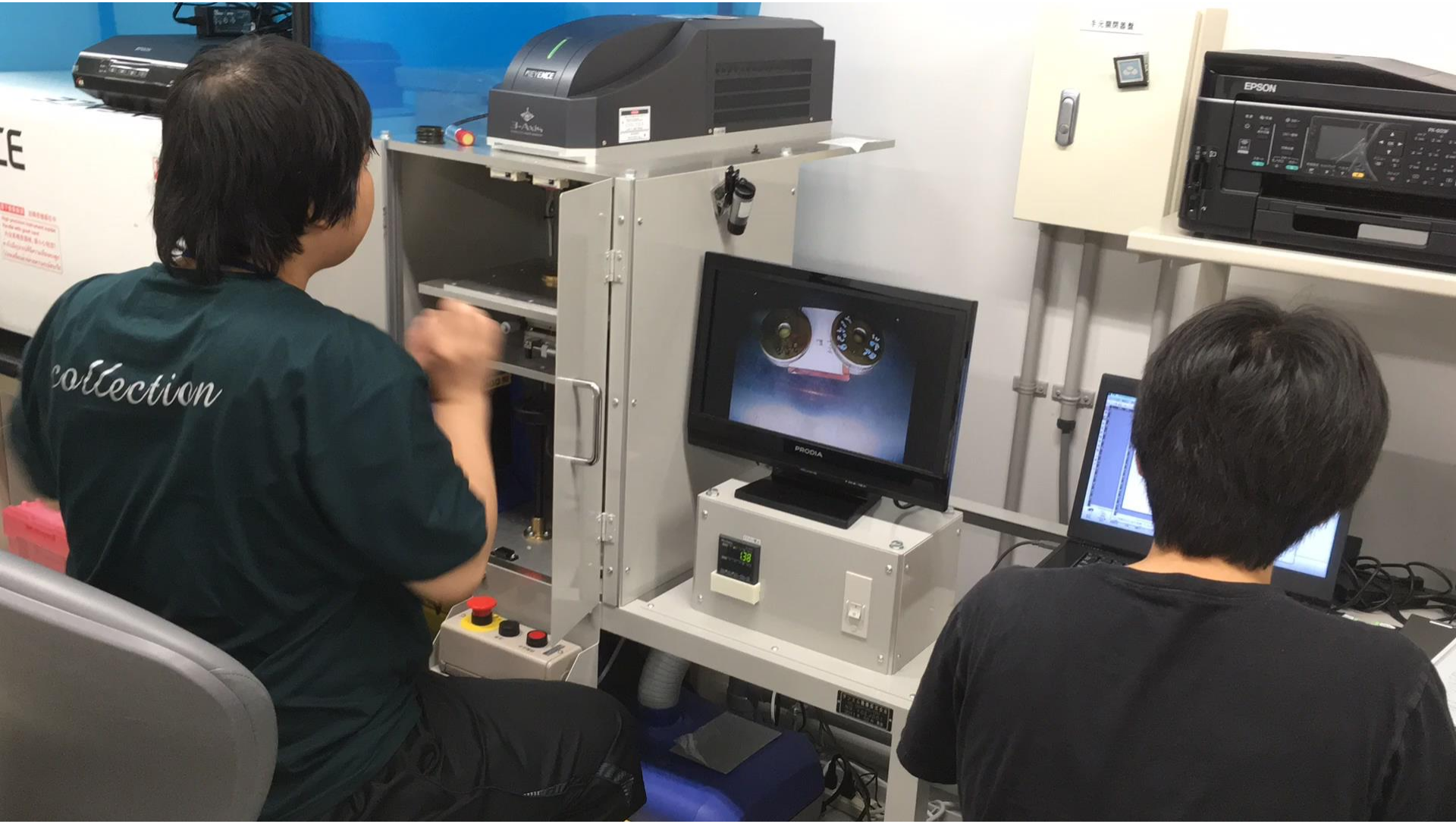


レーザー加工後



手作業でのレーザー加工時の様子

8



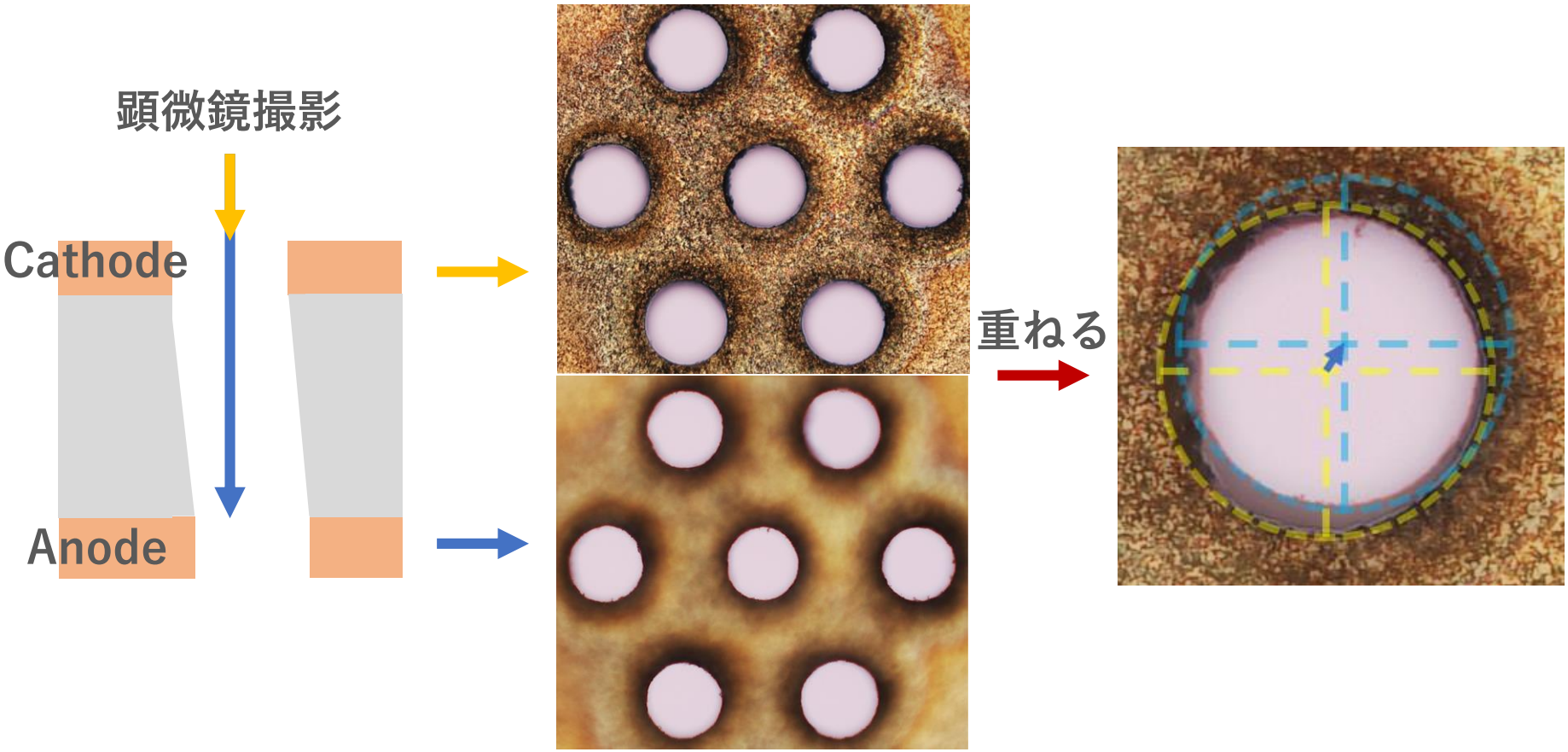
都産技研のレーザー装置を利用

3.2 アライメントマーカーのズレ計測

測定手法

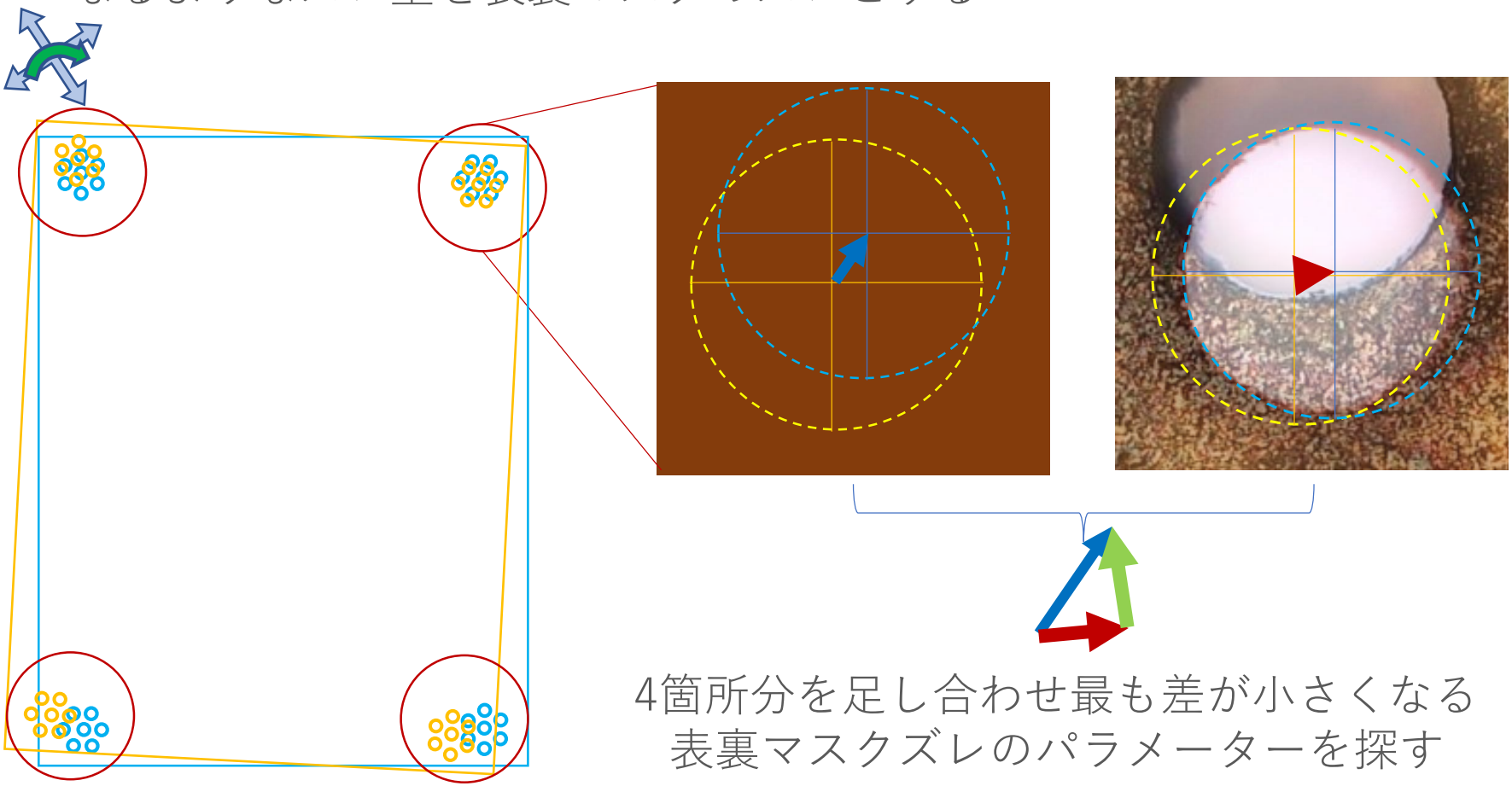
▷ 表と裏それぞれに焦点を合わせた顕微鏡画像を2枚撮影

▷ 表裏の穴をそれぞれ正円でfitし、中心座標の差をアライメントズレとして測定



3.3 シート全体の表裏ズレ

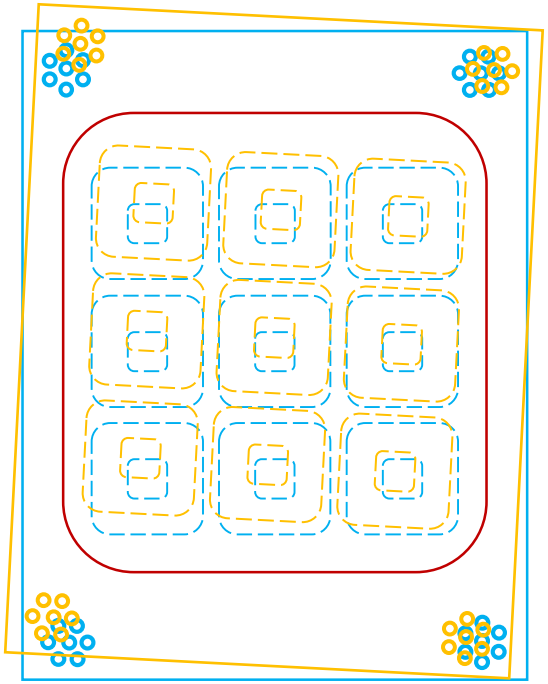
▷ 4隅のマーカーのズレを再現する表裏マスクのズレを探索する
▷ 表裏マスクのズレはマスクの**並進・回転**とする
▷ 実測と推定されたズレベクトルの差を取り、それらのRMSが最小になるようなズレ量を表裏マスクのズレとする



4箇所分を足し合わせ最も差が小さくなる表裏マスクズレのパラメーターを探す

3.4 GEMのアライメントズレ推定

▷ 決定されたマスクのズレから9枚の**GEMにおけるアライメントズレを推定**



GEMとは独立したアライメントマーカーを見ることでGEMのズレを確認可能

▼

GEMに穴を開けることなくアライメントズレを推定できる

Contents

1　イントロダクション

2　アライメントズレの推定

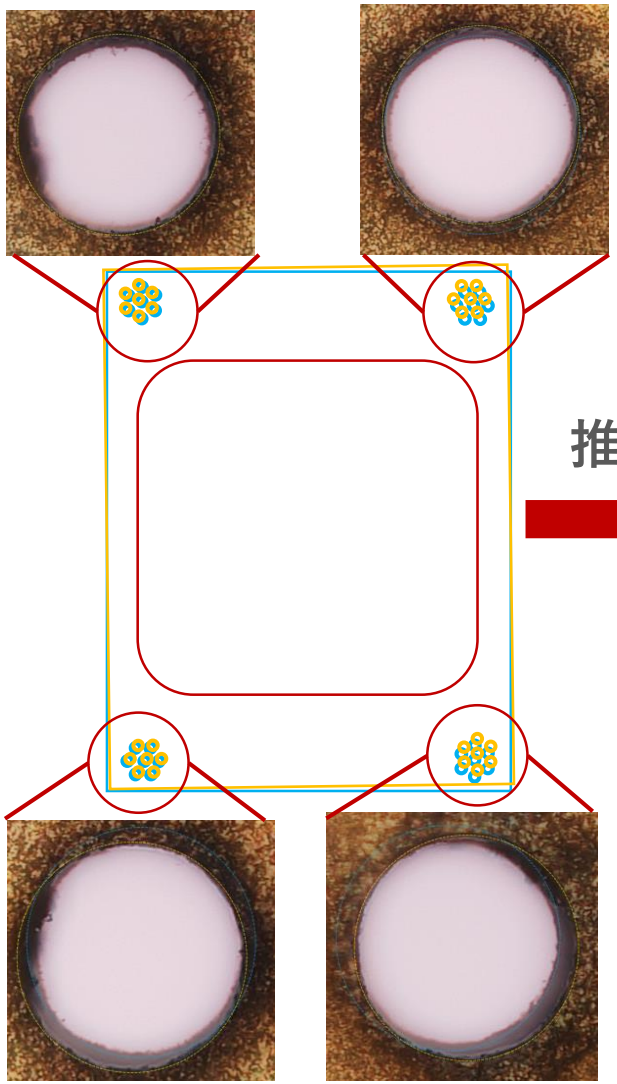
3　実際の推定作業

4　結果

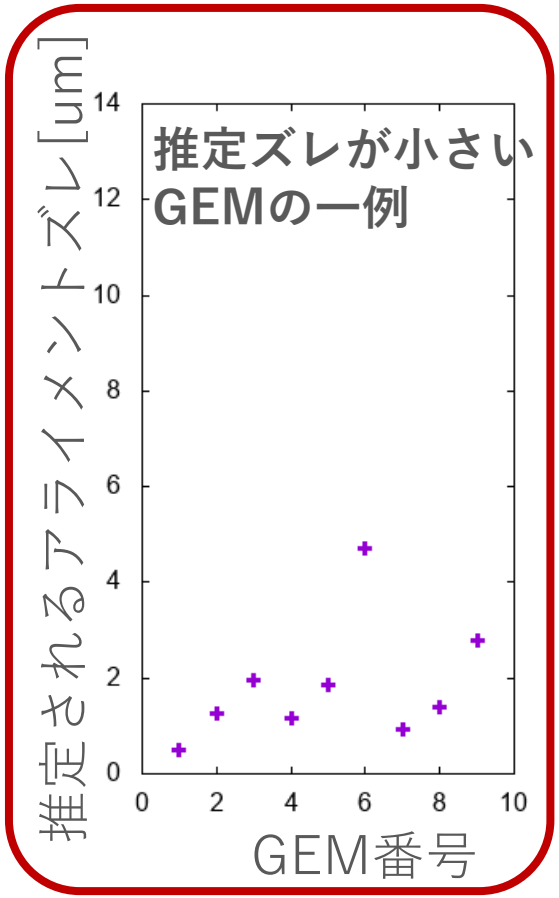
5 まとめ

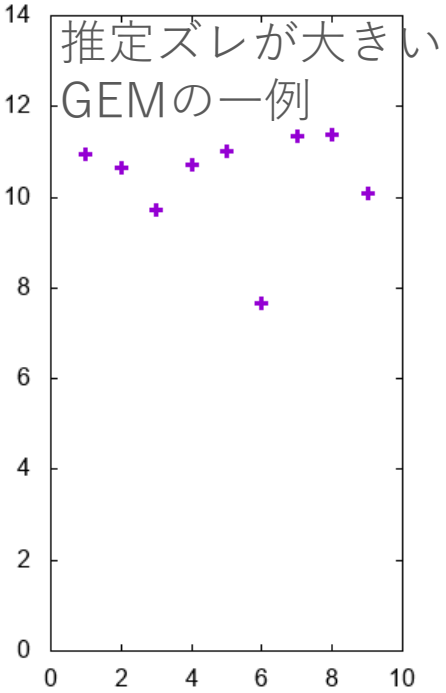
4.1 GEMのアライメントズレ推定結果

▷ 各GEMシートごとにマスクのズレが決定され
それを用いるとGEMでのズレが推定できる



推定

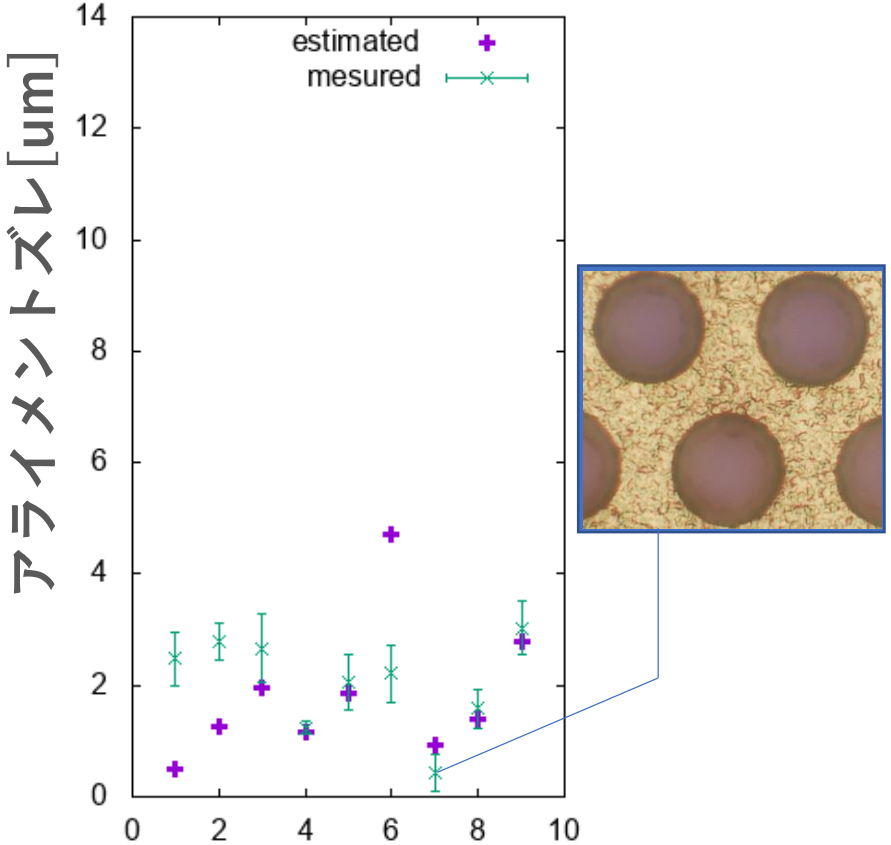




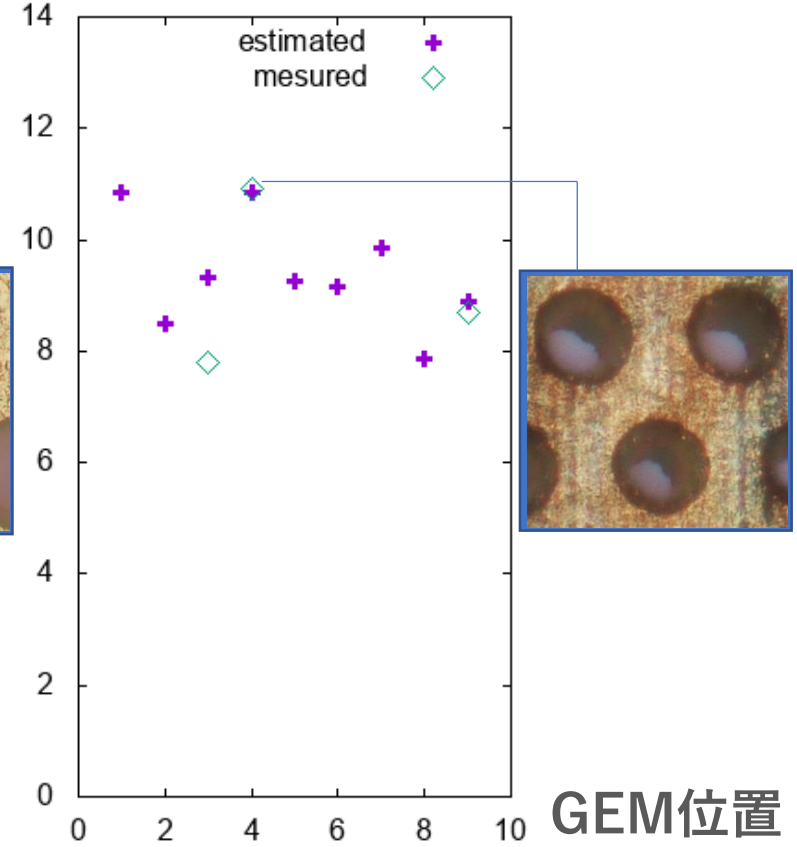
推定値から良いGEMのみを選別し穴を開ける

4.2 実測値と推定値の比較

推定ズレが小さいGEM



推定ズレが大きいGEM

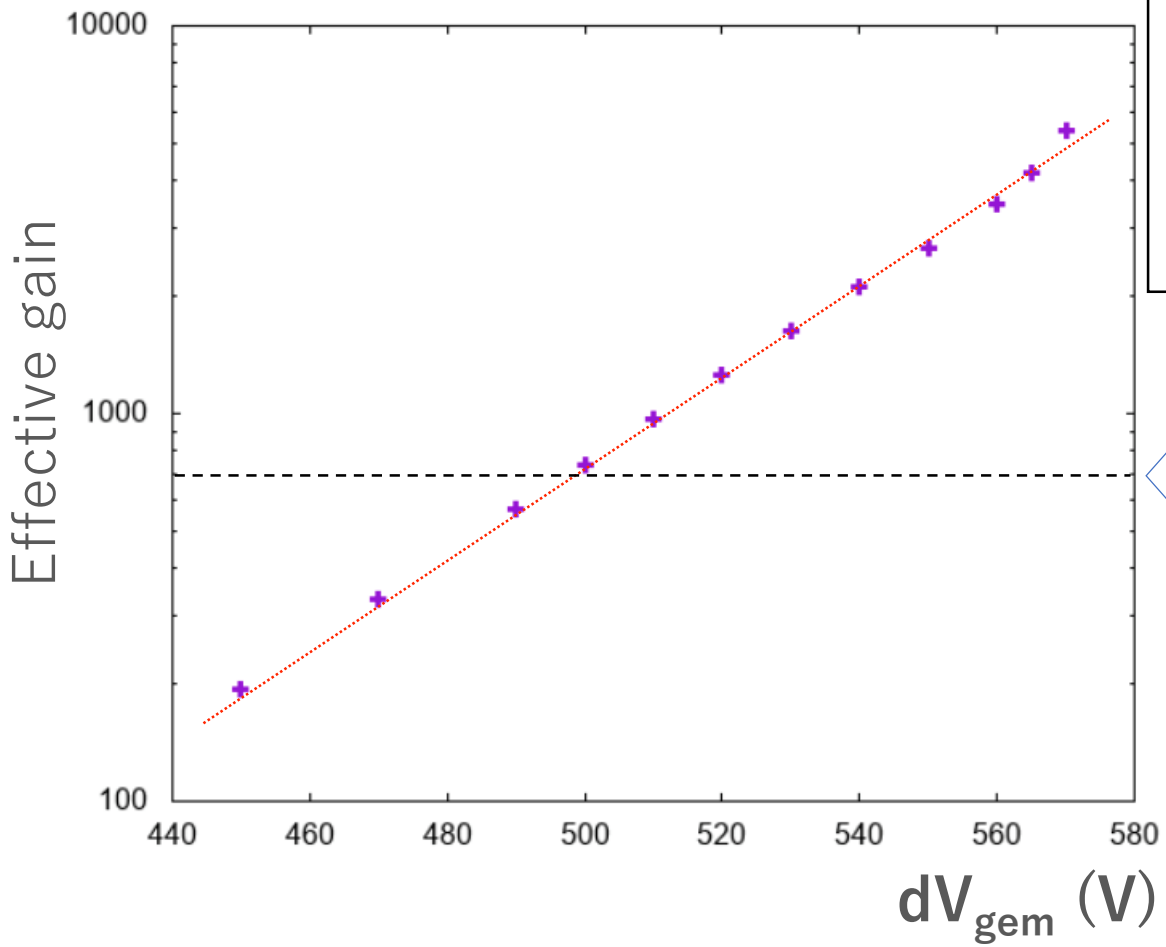


GEM位置

ズレが小さい・大きい場合共に推定値の正しさを確認

GEMに穴を開ける前にズレの小さいものを選別することが可能となった

GEMの性能評価



直径 30 um ピッチ 50 um
厚み 50 um
ArCO2 (70%/30%) flow
E_D = 1200 V/cm
E_I = dV_{gem}*10 V/cm

運用が想定される gain ~700

<u>運用予定のGainは問題なく達成</u>

Contents

1　イントロダクション

2　アライメントズレの推定

3　実際の推定作業

4　結果

5 まとめ

まとめ

・ IXPE衛星に搭載するGEMは直径30um,ピッチ50umと非常に小さい穴で構成されていて、アライメント合わせが重要

・ アライメントズレはGEM製作初期段階で決定されるが実際に確認できるのは全工程終了後で無駄が多い

・ アライメントマーカーを4隅に配置し、銅エッチングの前に簡易的に処理することで、GEM穴のアライメントズレを推定し後の工程に回すGEMを選別した

・ 以上の方法でGEMに穴を開けることなくアライメントズレが小さいGEMを推定・選別することに成功した

ご清聴ありがとうございました