C7.非破壊サブミクロン分解能を実現する エキシルムの微小焦点X線管技術

Excillum' s microfocus X-ray tube technology for non-destructive submicron resolution

2023-11-08

中野　朝雄

Jan Stenbecks Torg 17
164 40 Kista, Sweden

excillum

実装構造のX線高分解能イメージング

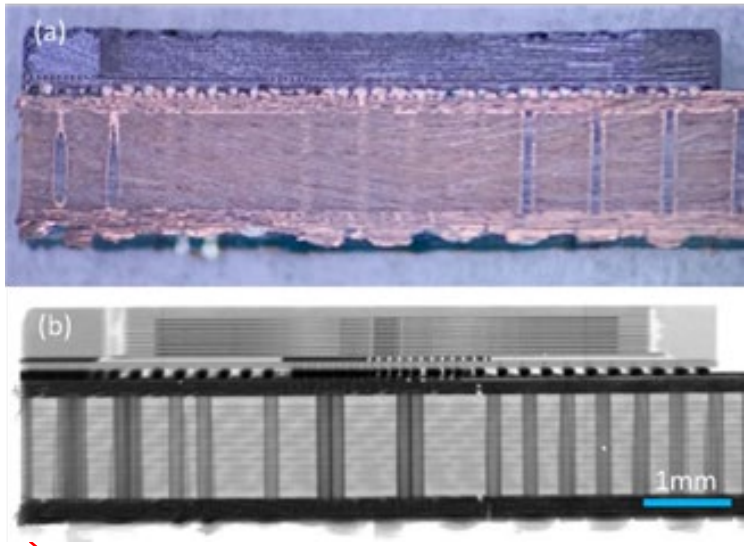
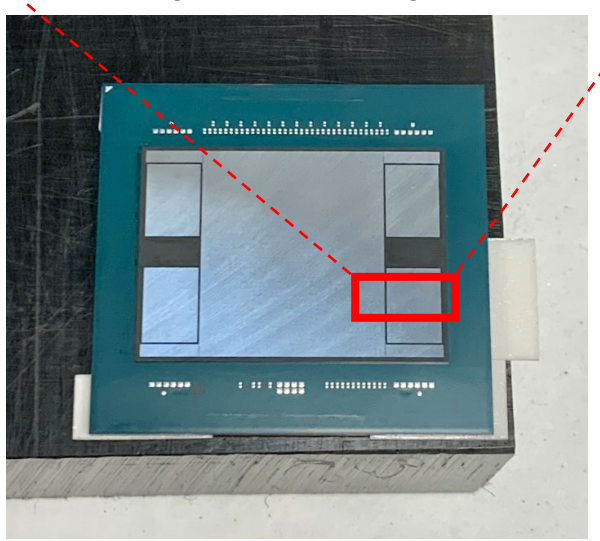
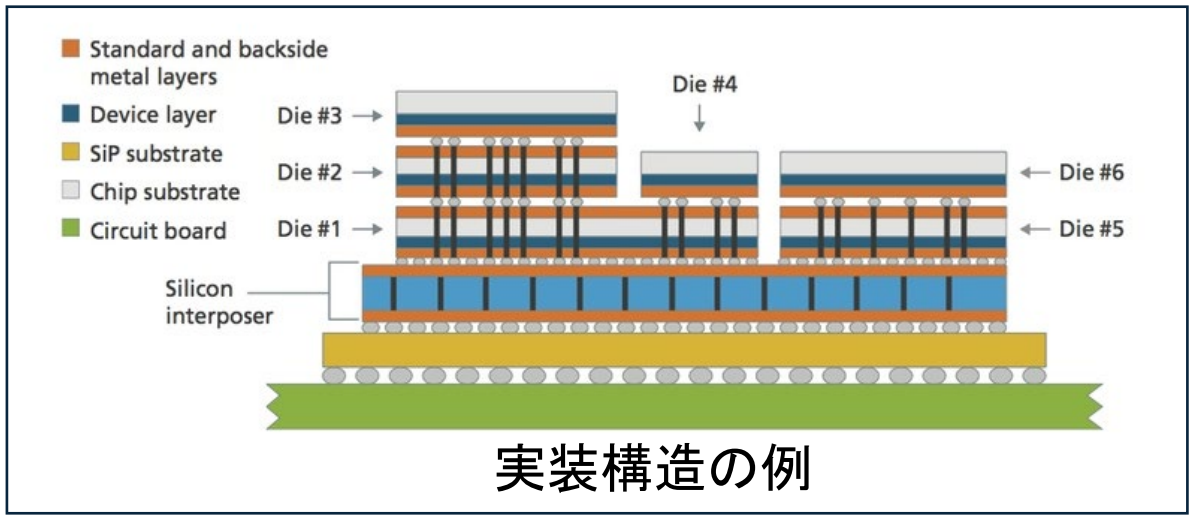


Fig.1 Optical Image(a) and X-ray Image(b) of HBM Memory



- Nvidia GV100のHBM メモリ



実装構造の例

X線イメージング

- X線の透過能力
- 高分解能画像

- 故障解析
- 位置合わせ精度
- 組立状態
- Bump形状
- Bump内ボイド
- クラック・はがれ
- ・・・

実装プロセス管理

3D through-Si metrology: metrology landscape

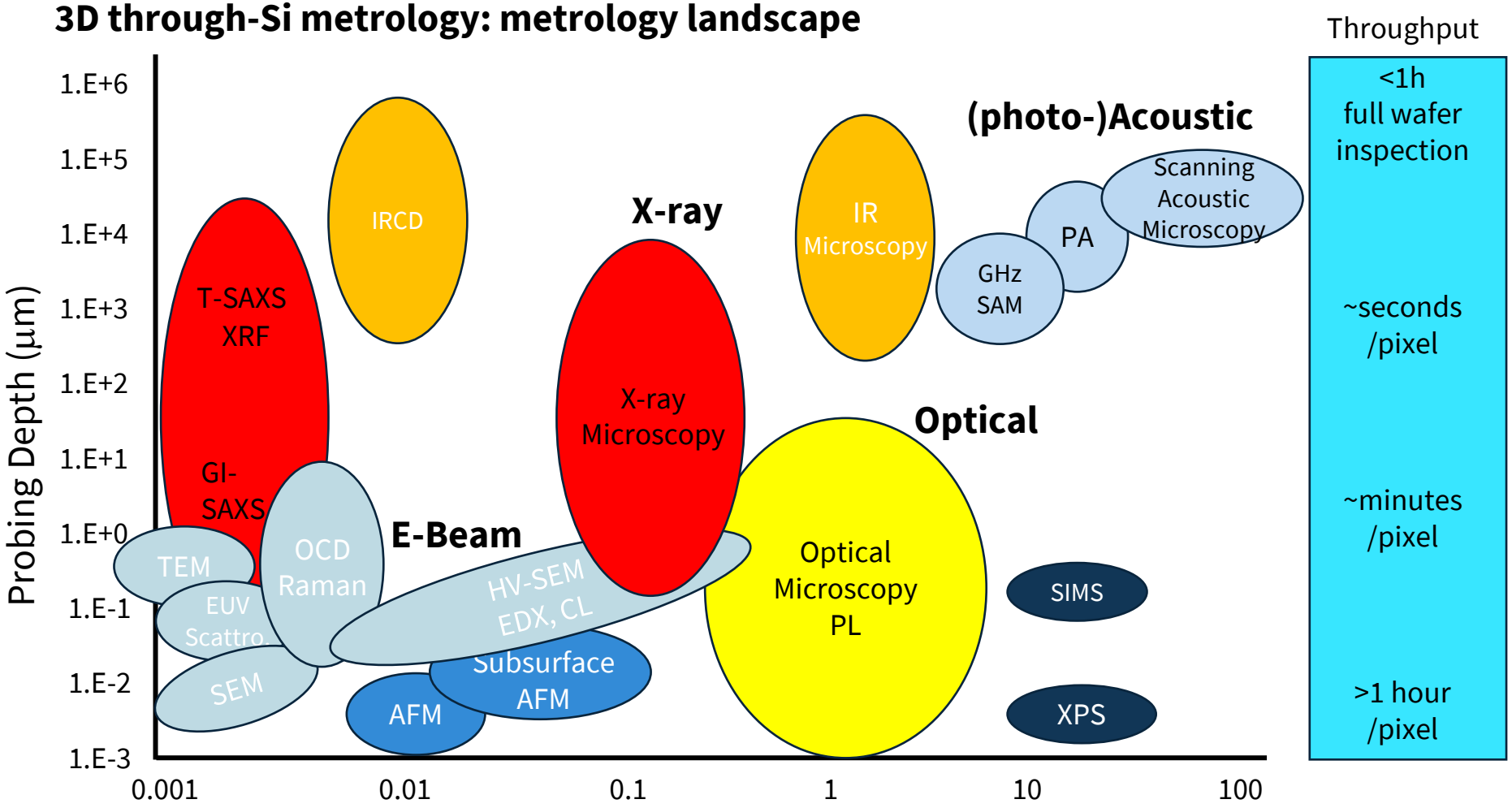


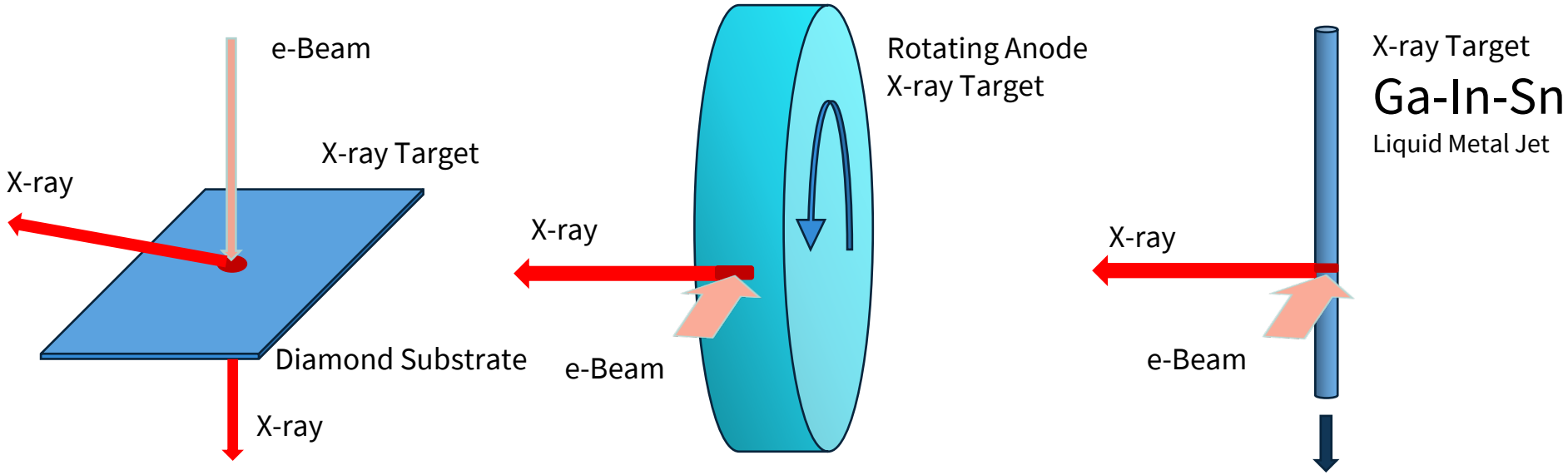
Fig.1 Lateral resolution, i.e.smallest resolvable object (µm)

SPIE2023, San Jose 12494-28

Improved methodology for prediction of 'merged contact hole' defect process window

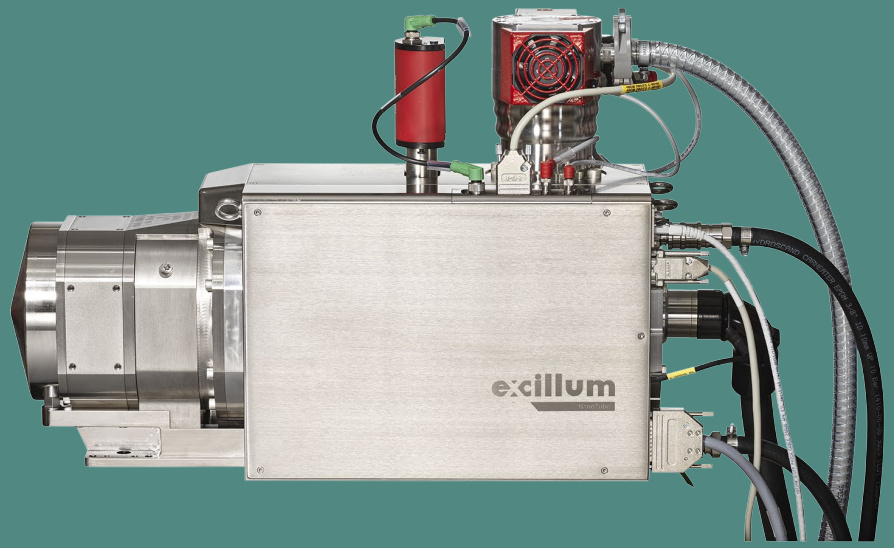
Author(s): Andreas Frommhold, Dorin Cerbu, imec (Belgium); Gijsbert Rispens, Mark J. Maslow, ASML Netherlands B.V. (Netherlands); Paulina Rincon-Delgadillo, imec (Belgium)

Excillum微小焦点X線管の特徴



X-ray Tube	Nano-Focused	μ-Focused	μ-Rotating Anode		MetalJet	
HV(max.)-W	160kV-1.56W	60kV-30W	60kV-1,200W	60kV-2,970W	70kV-125W	160kV-1,000W
Focus size	ϕ0.3μm	30x120μm^2	70x700μm^2	70x700μm^2	10x40μm^2	30x120μm^2
Target	Thin Film /Transmission	Solid Anode /Water Cool	Rotating Solid Anode/Water Cool		Liquid Metal Jet	
Line Speed	—	—	63m/s	130m/s	75m/s	
Loaded e-Beam Power Density	(22MW/mm^2)	8.3kW/mm^2	31kW/mm^2	67kW/mm^2	398kW/mm^2	354kW/mm^2
Limiting Factor	Thin Film Thickness	Target Material Melting Point	Target Material Mechanical Strength		Liquid Metal Boiling Point	

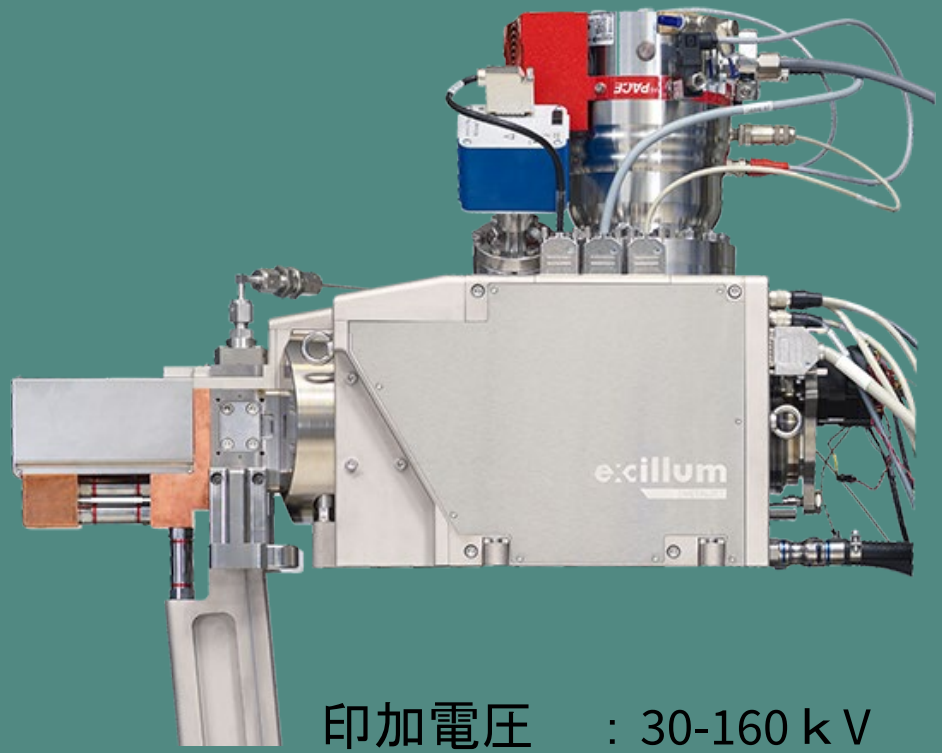
NanoTube N3



印加電圧　：40-160ｋV
最大負荷　：11W
最小焦点径：300nm
電子源　　：LaB_6
ターゲット：W薄膜

https://www.excillum.com/products/nanotube-n3/nanotube-n3-160-kv/

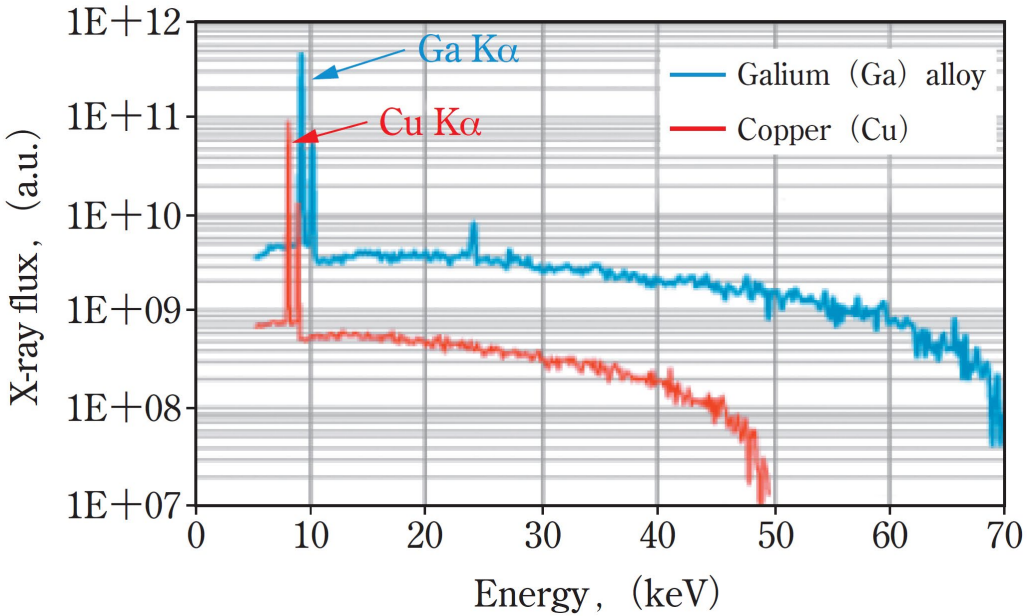
MetalJet E1+



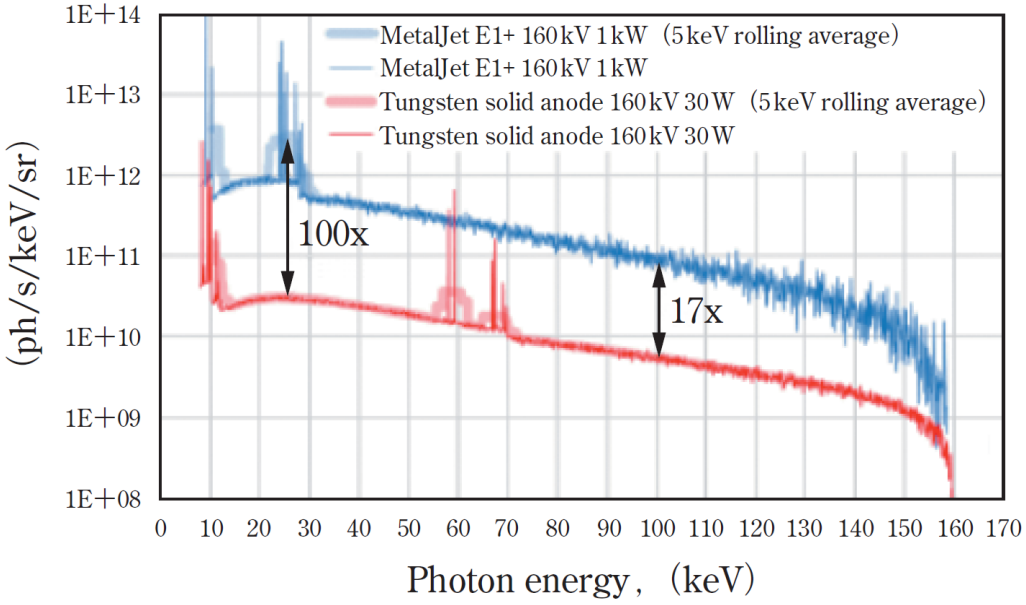
印加電圧　：30-160ｋV
最大負荷　：1,000W
最小焦点径：＜10μm
電子源　　：LaB_6
ターゲット：Ga-In-Sn合金

https://www.excillum.com/ja/our-products/metaljet/metaljet-e1-160-kv/

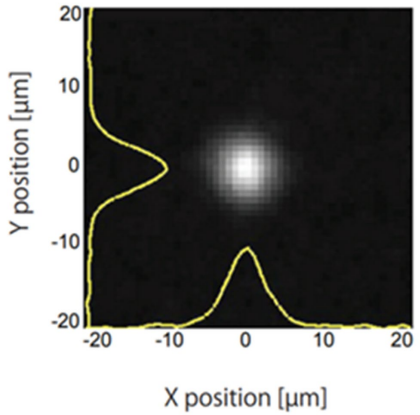
Excillum社 Nano-&Micro-focused X線管の特徴



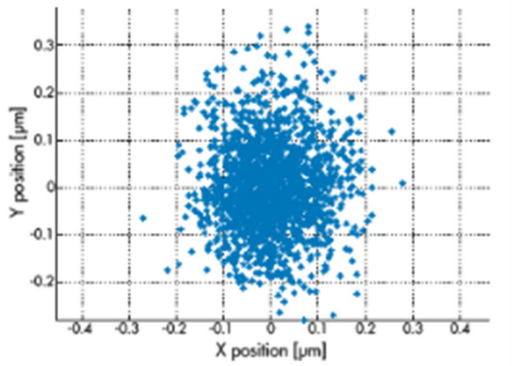
MetalJet とCu 固定ターゲットマイクロフォーカス管の発生X 線比較



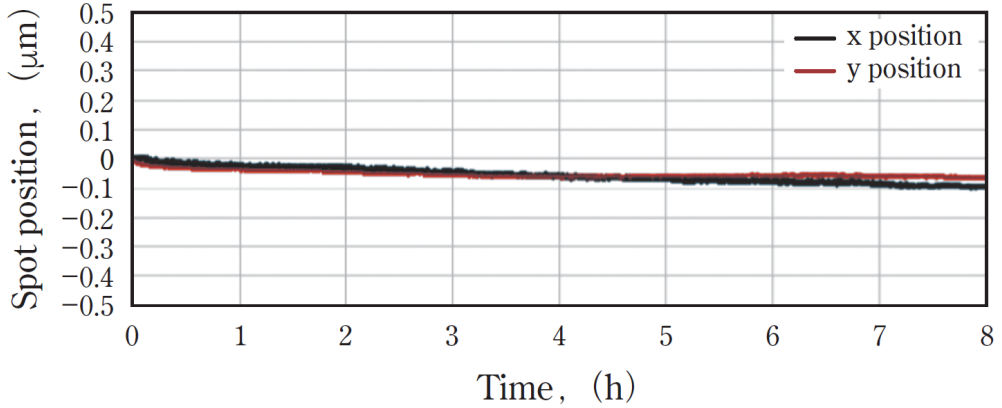
160 kV MetalJet とW 固定ターゲットマイクロフォーカス管の発生X 線比較



MetalJet X 線焦点形状のピンホール写真



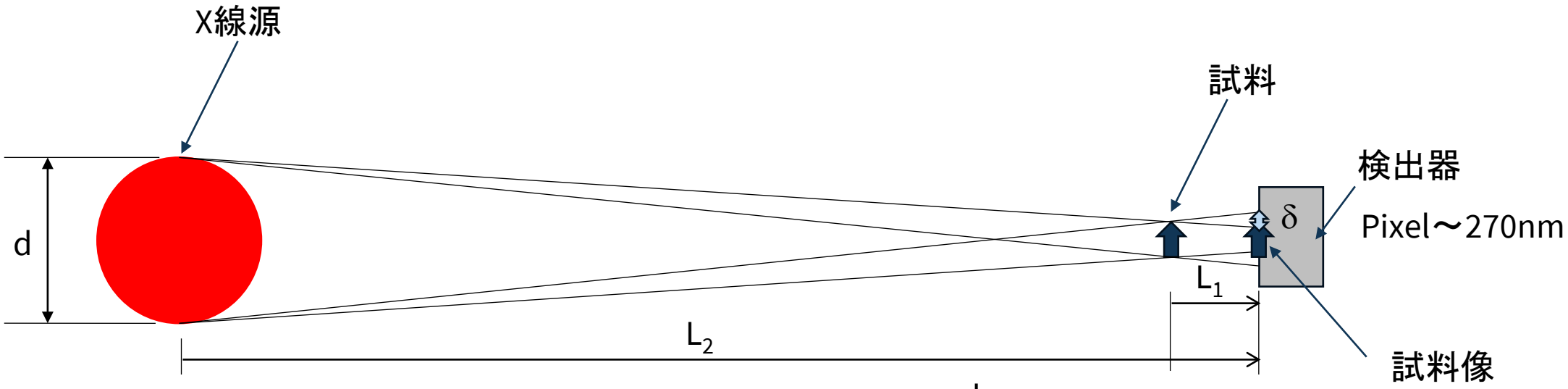
MetalJet X 線焦点位置の24 時間変動



NanoTube N3 のX 線源線焦点位置変動

試料ー検出器近接配置での半影ボケ量

（高空間分解能検出器を用いた計測）



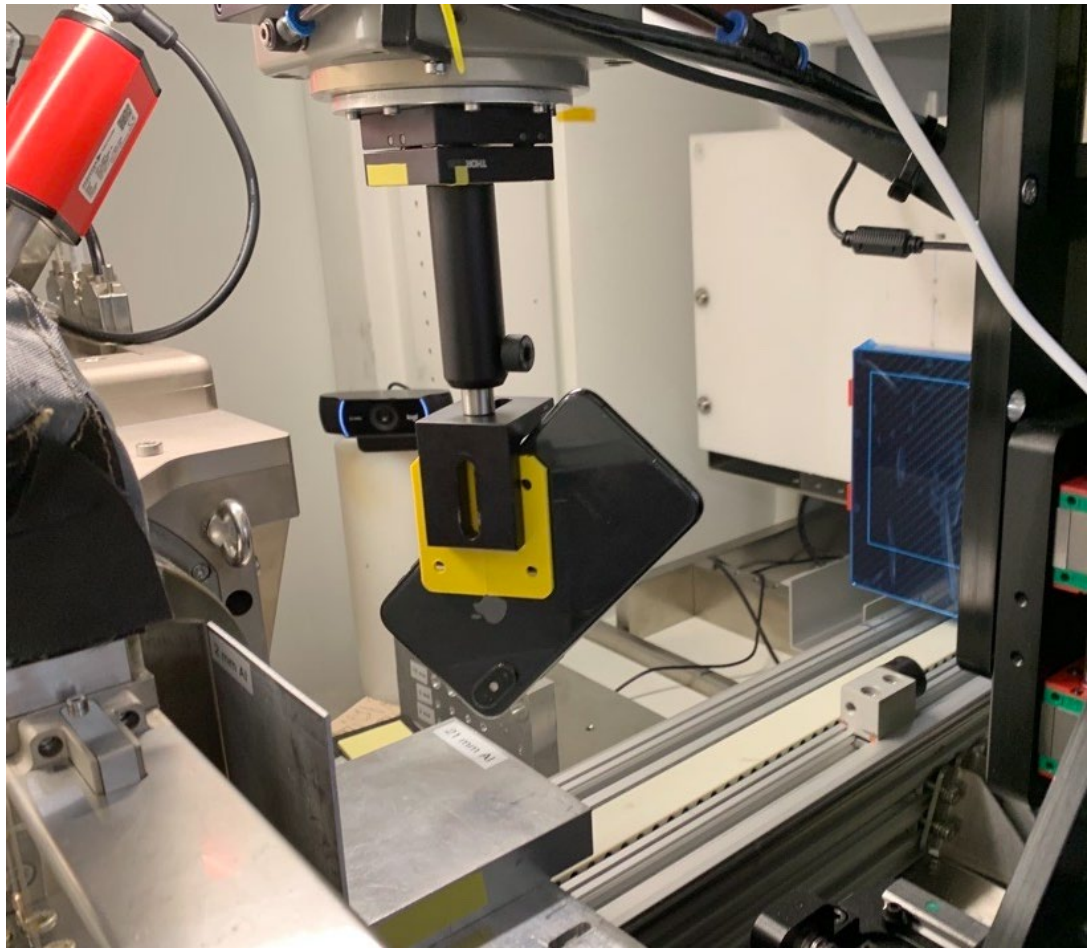
線源サイズによる半影ボケ量 $\delta = d \dfrac{L_1}{L_2 - L_1}$

検出器面でのX線強度 $I \propto \dfrac{W}{L_2^2} = \dfrac{W}{(d+\delta)^2} \cdot \dfrac{\delta^2}{L_1^2}$

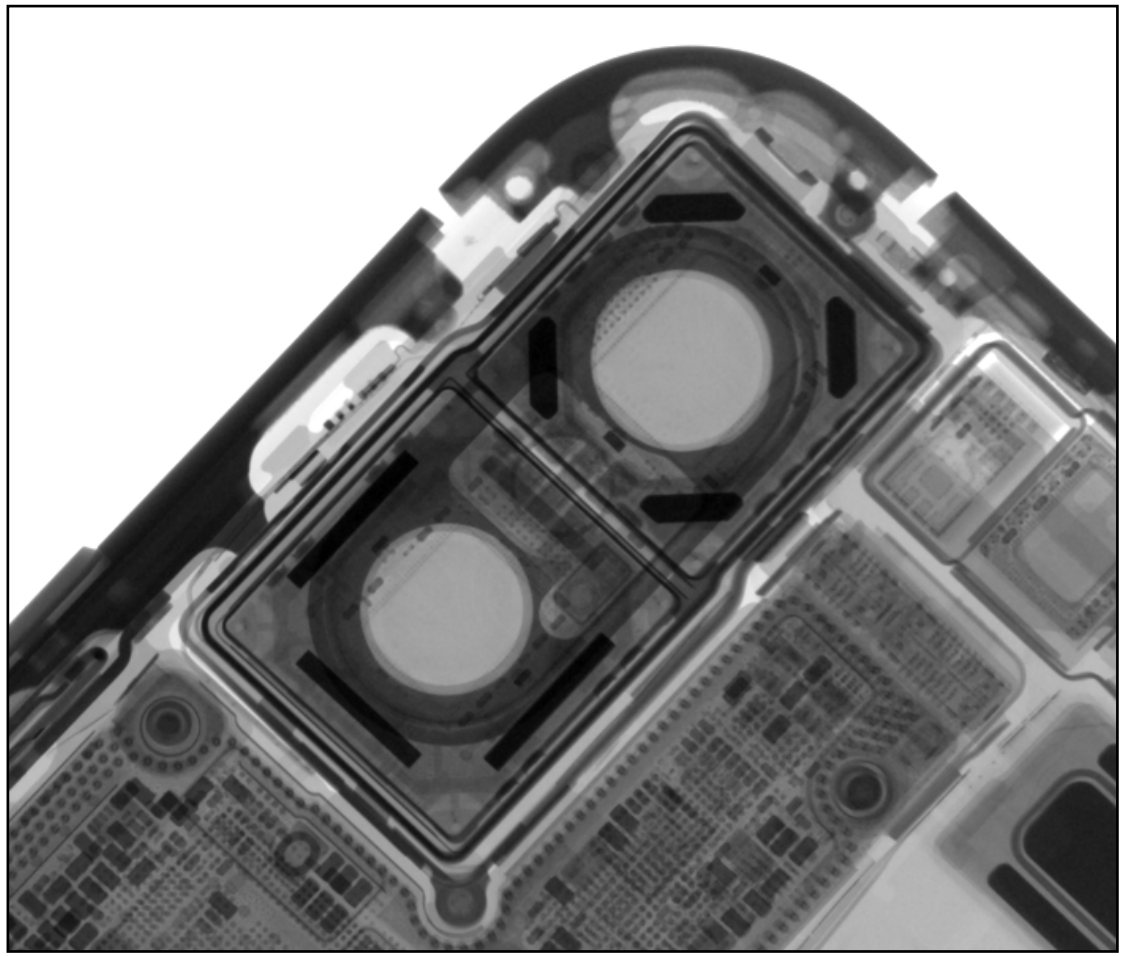
MetalJet E1＋による3DCTイメージング

- M = 3.26, SOD = 160 mm, SDD = 522 mm, FOV = 43 x 36.8 mm
- Corner of phone with camera in FOV

Sample in in position with 3.26 x magnification

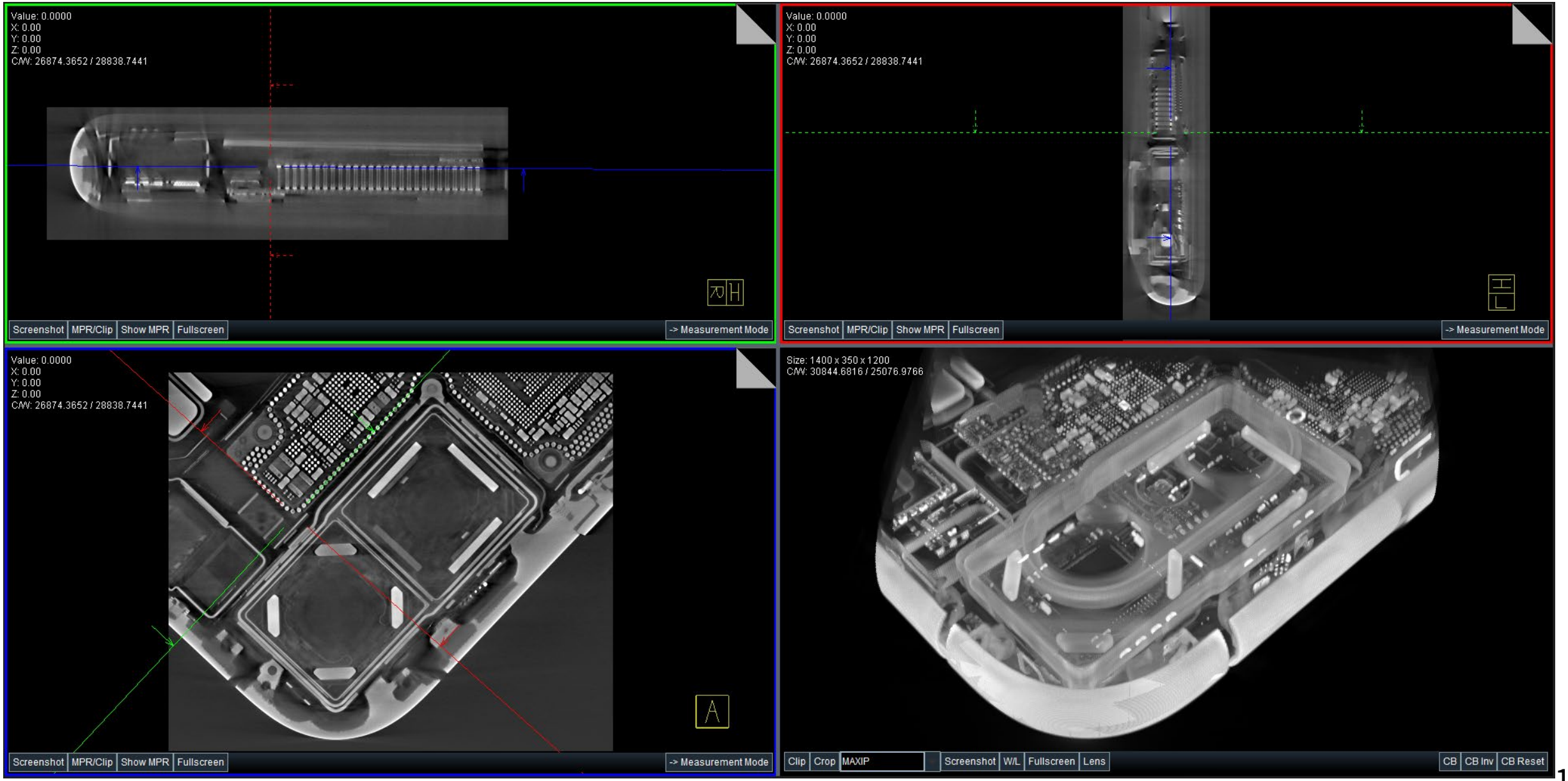


Projection image with 3.26 x magnification



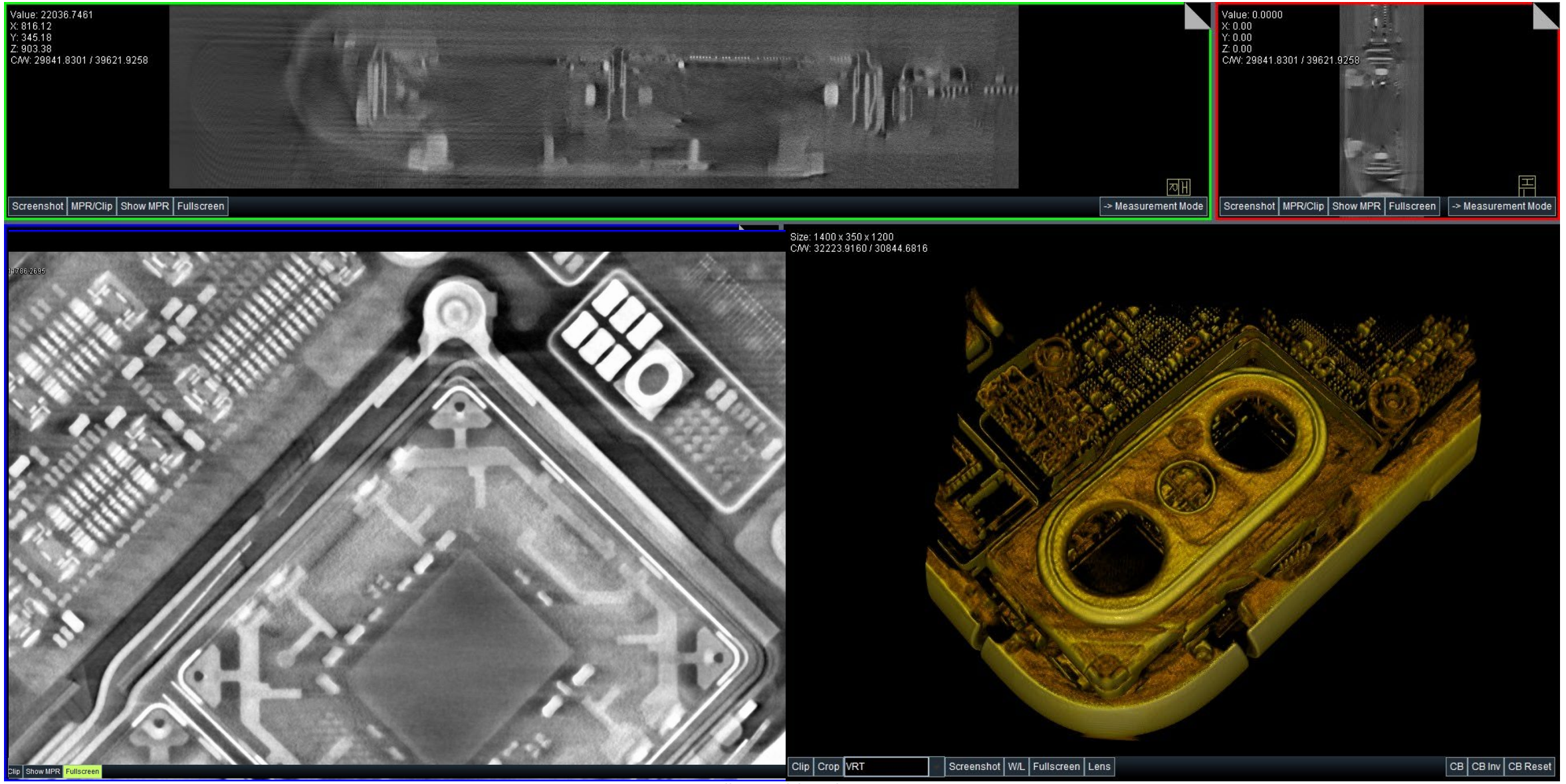
MetalJet E1＋による20秒 3DCT (M = 3.26)の例

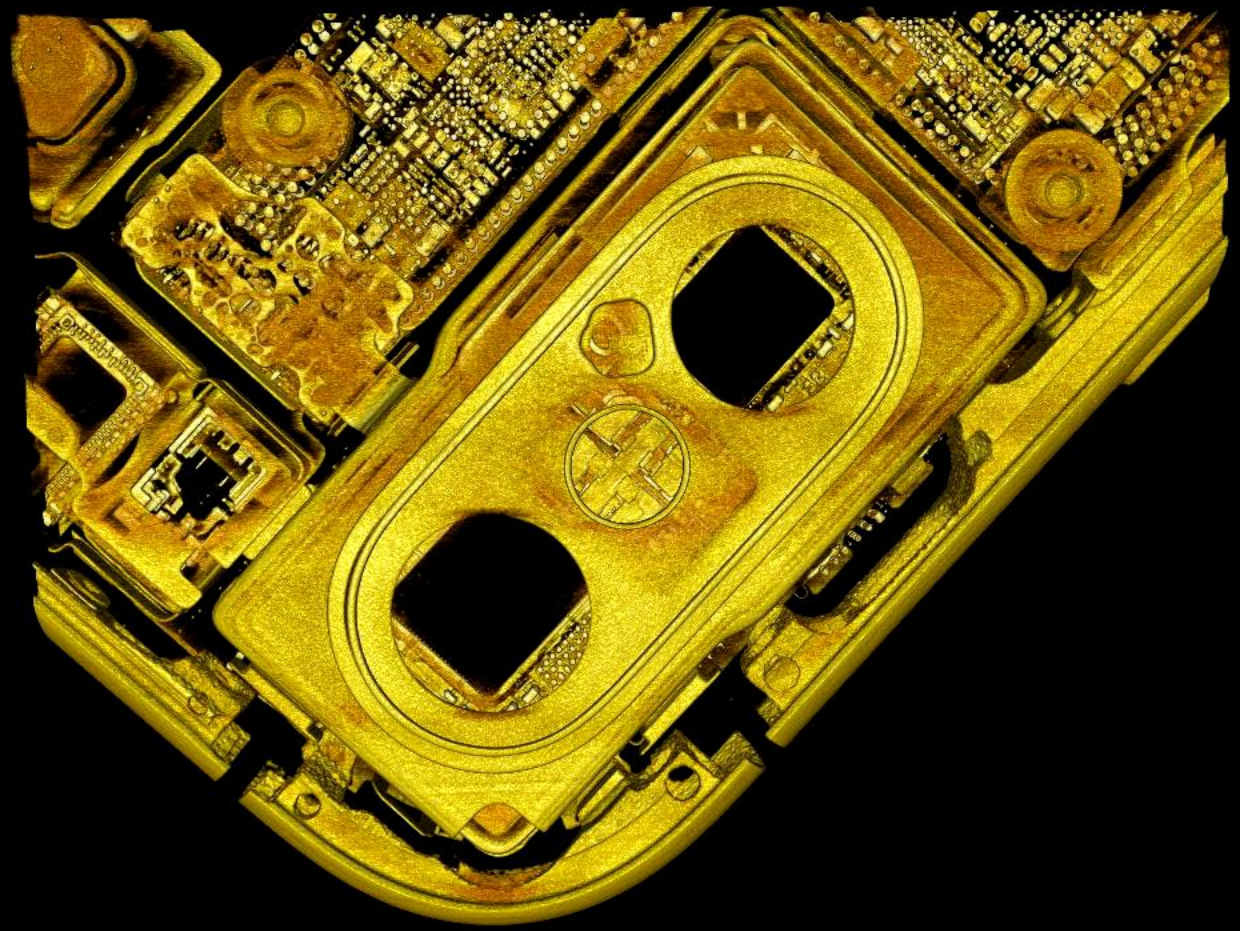
- 100 fps, 2000 projections, 30 µm voxels, 2 mm Al filter in beam



MetalJet E1＋による１秒 3DCT (M = 3.26)の例

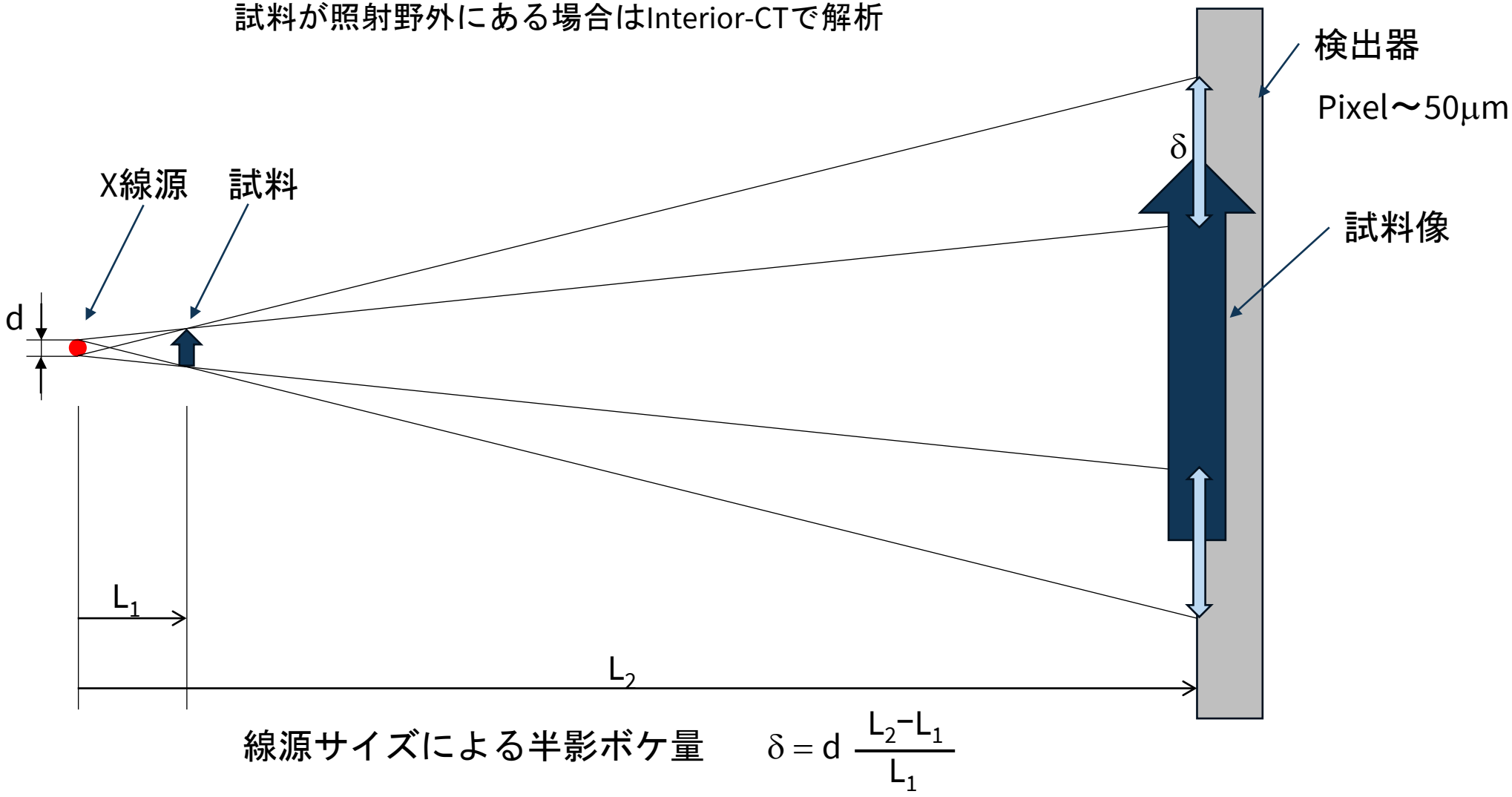
- 100 fps, 100 projections, 30 µm voxels, 2 mm Al filter in beam





試料ーX線源近接配置での半影ボケ量

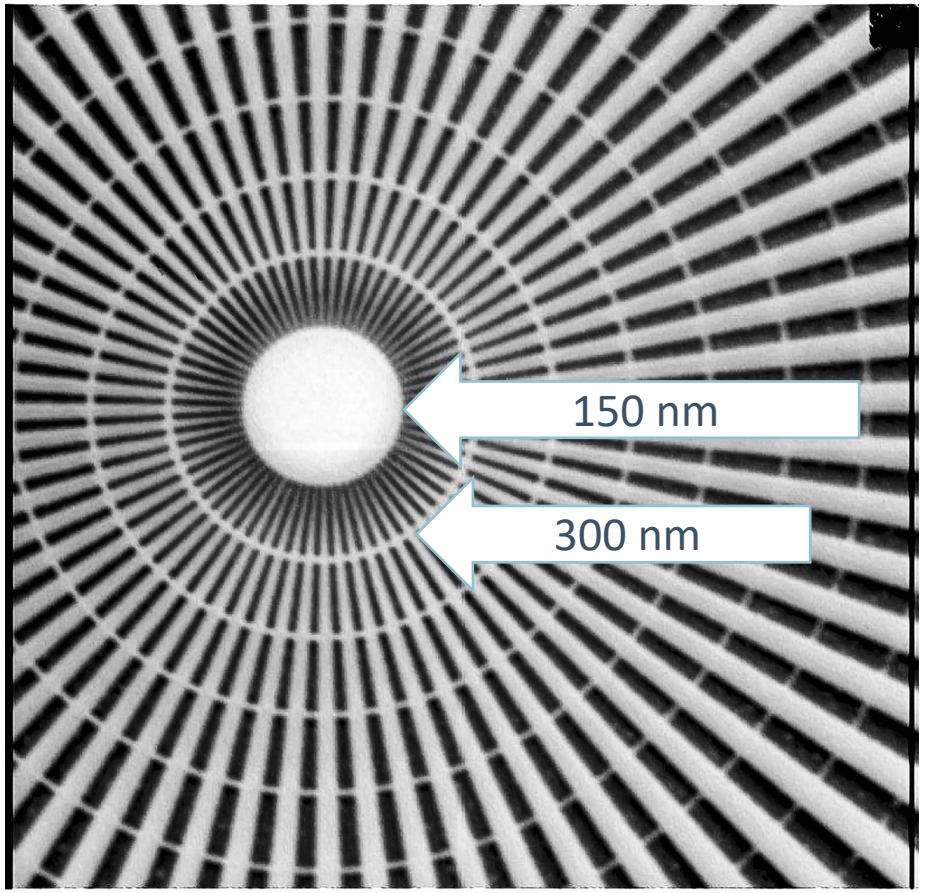
試料が照射野外にある場合はInterior-CTで解析



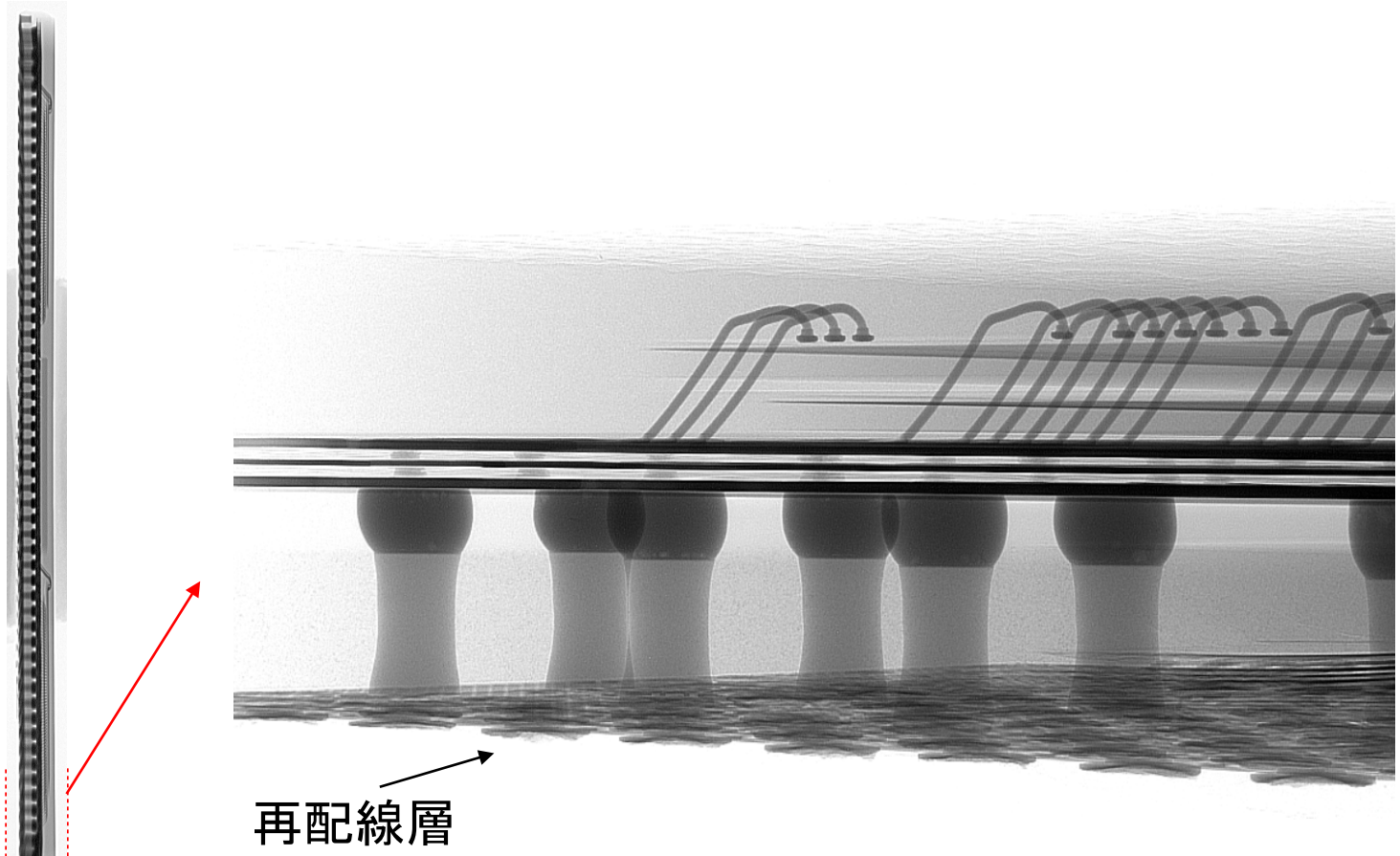
線源サイズによる半影ボケ量　$\delta = d\,\frac{L_2 - L_1}{L_1}$

NanoTube N3によるイメージング

シメンススターチャートを用いた
空間分解能の確認



実装半導体の透過像

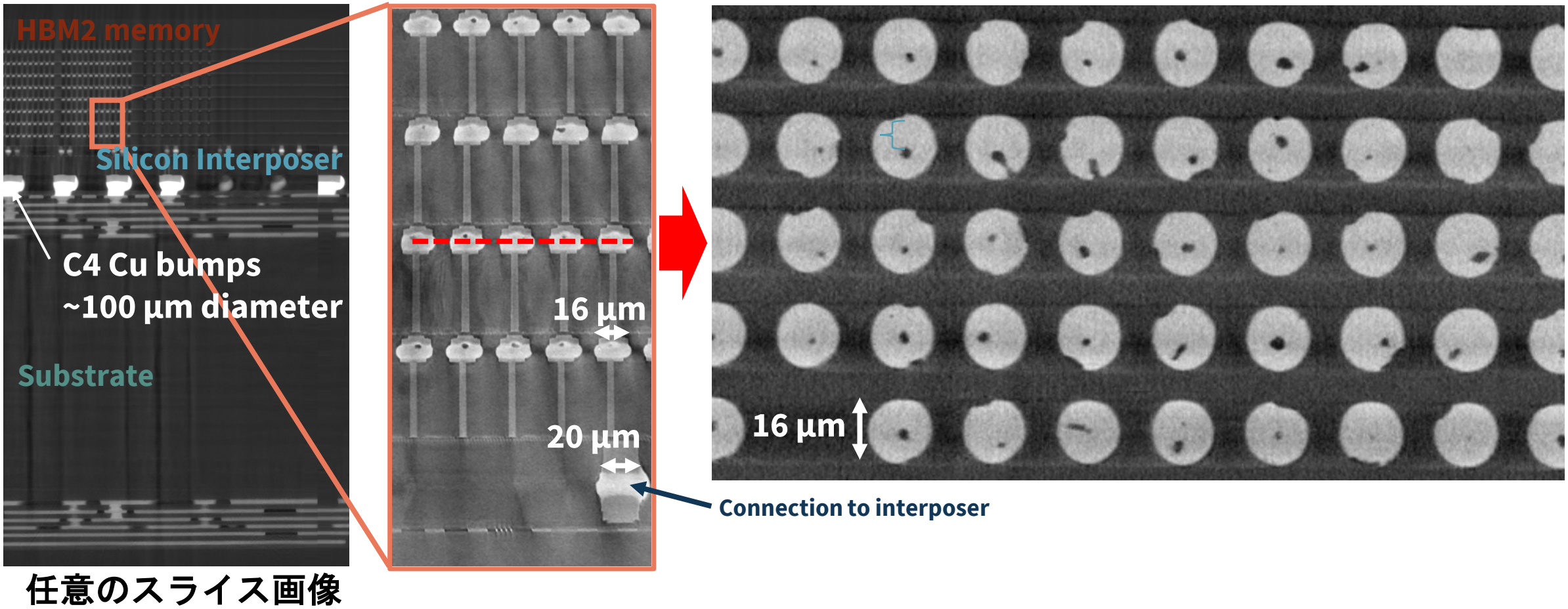


NanoTube N3によるマイクロバンプ接続のCTイメージング

excillum

ROI scan

- 線源-サンプル距離；1.9 mm, X線スポットサイズ；500 nm
- HBM2 メモリ内部のマイクロバンプと TSV



任意のスライス画像

Excillumは実装検査に最適な高空間分解能CT用X線源を提供致します

Shiho Tanaka
Shiho.tanaka@excillum.com

Asao Nakano
Asao.nakano@excillum.com

excillum