



# 50kV大面積・超高速電子ビーム露光装置

2023年度 第2 回ARIM 量子・電子マテリアル領域セミナー

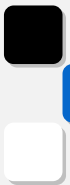
ELIONIX

---

株式会社エリオニクス

永井佐利

ELIONIX



# 目次

1. イントロダクション
2. 大面積偏向型超高速電子ビーム描画装置の開発
3. 描画結果
4. まとめ

# ELS-HAYATE



常識を覆す超高スループットな電子ビームリソグラフィーを実現。

- 最大フィールドサイズ 5 mm の一括描画が可能です。
- 最大電流 800 nA の大電流モデルを採用し、電子ビームリソグラフィーの常識を超える高スループットな微細加工が可能となります。
- 業界最速スキャンクロック 400 MHz の高速スキャンシステムを搭載。
- 12 inch ウェハの全面露光が可能です。
- ウェハ自動搬送システム(EFEM)とドッキングすることで、ロボットによる多段処理が可能です。

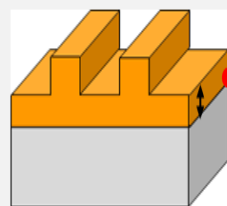
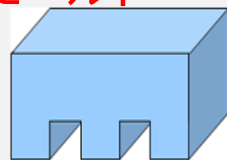
# 開発背景

## 平成28年度戦略的基盤技術高度化支援事業(プロジェクト委託型)

「ウェハーサイズ3次元ナノインプリントモールド用超高速電子ビーム加工装置の研究開発」

### ナノインプリント

#### モールド



UV硬化  
樹脂

超高解像度

~1nm

最大の原因



先端メモリの製造に  
ナノインプリント技術  
を導入

一方で、、、  
普及が進まない

### 有望なナノ加工応用



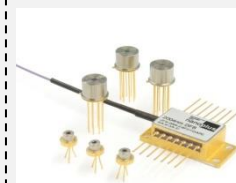
ディスプレイ用  
偏光子

<http://www.eizo.co.jp/>



スマホ用 高密度  
実装配線基板

<http://www.apple.com/jp/>



DFBレーザー  
(光通信)

<http://nanoplus.com/>

モールドが極めて高価:3cm角で1000万円以上  
理由:先端LSI用のフォトマスク製造装置(1台40億円)が必要

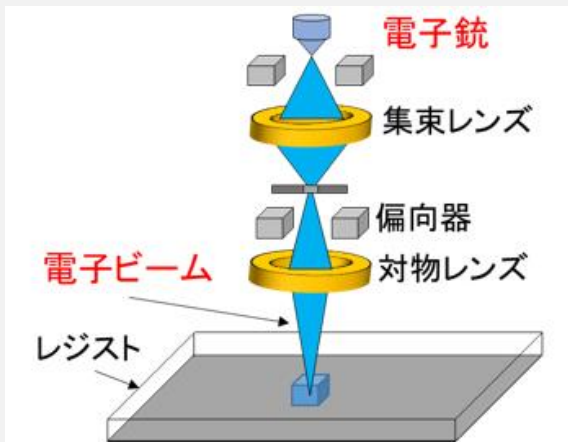
大面積モールドの作製は非現実的



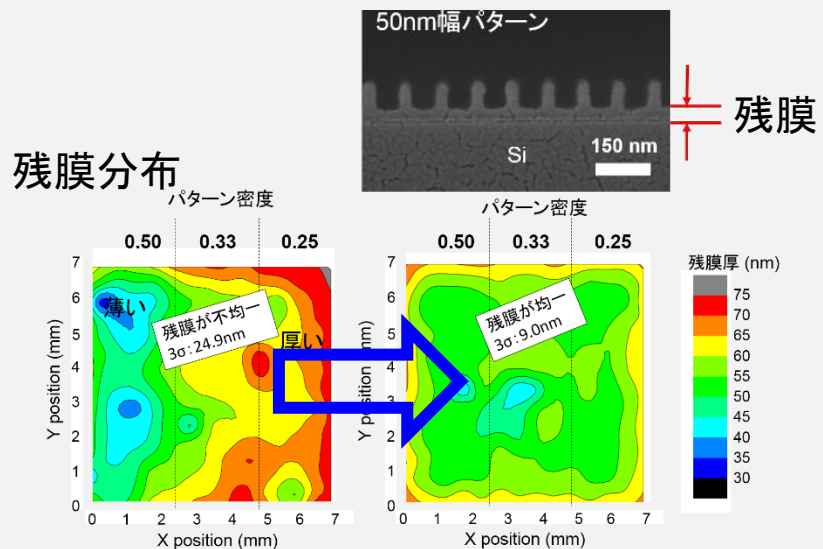


# 開発背景

## EB描画技術(エリオニクス)



## ナノインプリント技術(産総研)

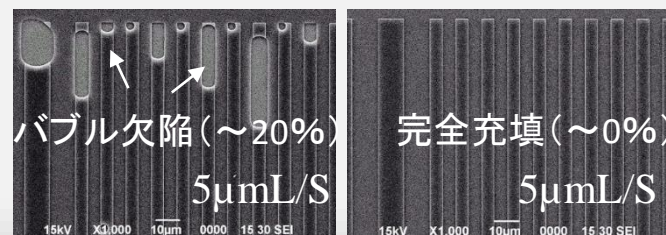


共同研究



4インチウェハー全面**高速描画**  
**3時間**

従来 容積均一化  
**複雑パターン対応のモールド設計技術**  
**残膜のばらつきを従来の1/3に低減**



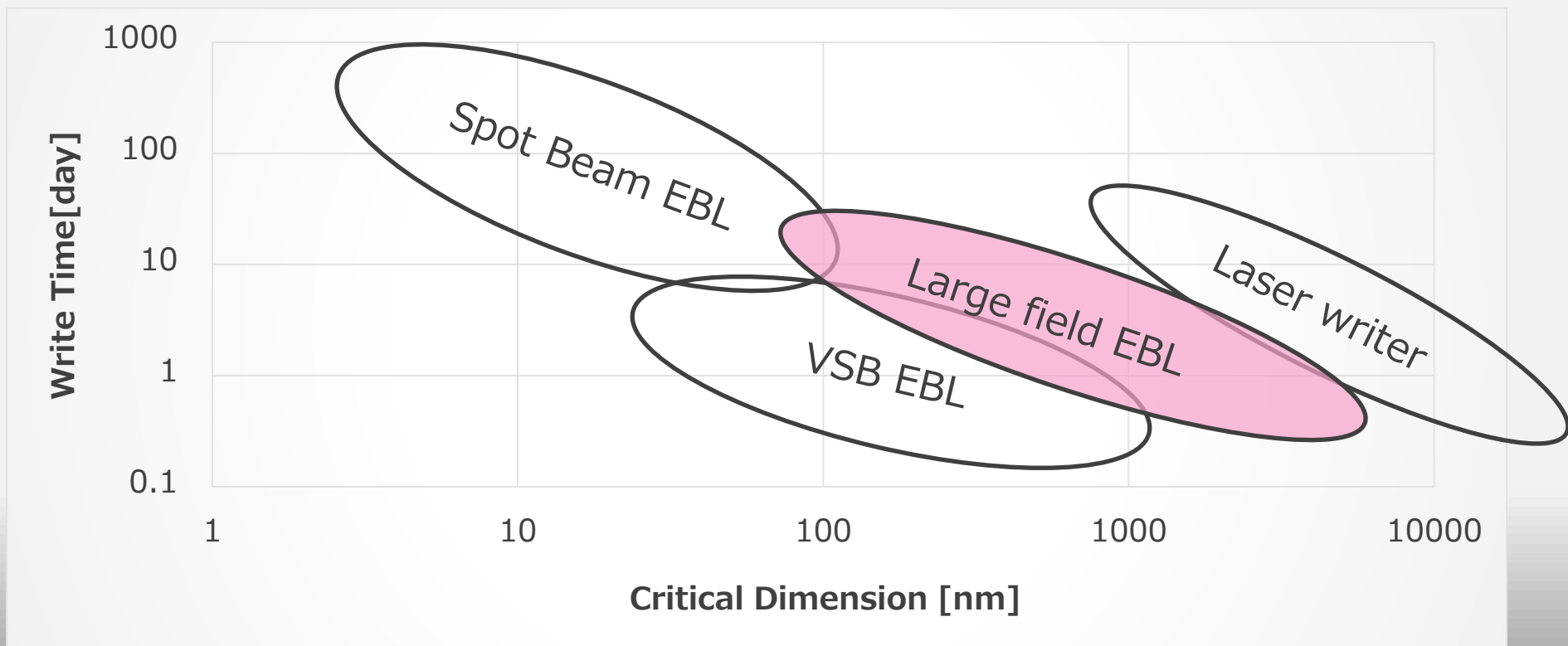
従来方式の問題であった**空気欠陥の除去**  
(高スループット、低加圧力、高離型性)

ELIONIX



# 開発背景

Tool	Resolution	Write Time for 200mm wafer	COO	# wafers/year/COO
Large field EBL	100nm	<1 day	3M\$	121 W/Y/M\$
Spot Beam EBL	10 nm	2 month	3 M\$	2 W/Y/M\$
VSB EBL	100 nm	2 days	10 to 40 M\$	5 W/Y/M\$
Laser Writer	1000 nm	2 days	1 to 3M\$	91 W/Y/M\$



# 開発背景

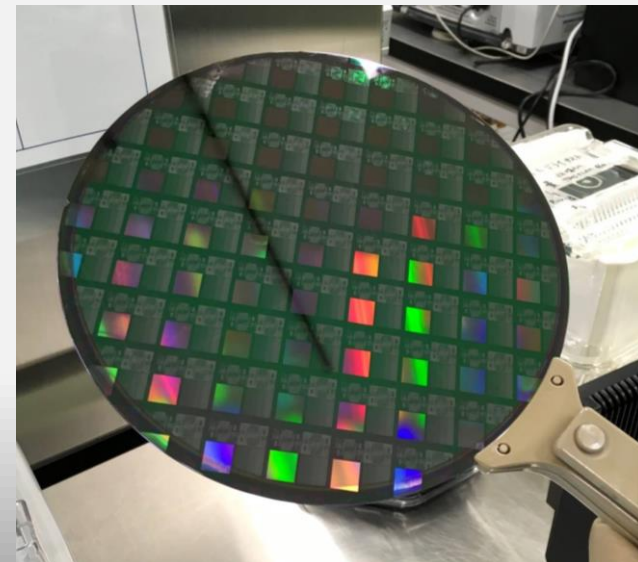
- ナノインプリント用モールド加工としては、レーザー直描装置があるが、加工サイズ1  $\mu\text{m}$ を下回る加工は難しい。
- 一方、スポット型の電子ビーム(EB)描画装置があり、10 nm以下のパターンを加工することも可能ではあるが、スループットが極端に悪い。
- また、比較的スループットの高い可変成形型の電子ビーム描画装置の場合、装置価格が高い。

100nm加工が可能で、  
スループットが良い、  
低価格な装置が必要



**HAYATE**

- 最小加工サイズ： <100nm
- スループット： < 24hour / 8inch



ELIONIX



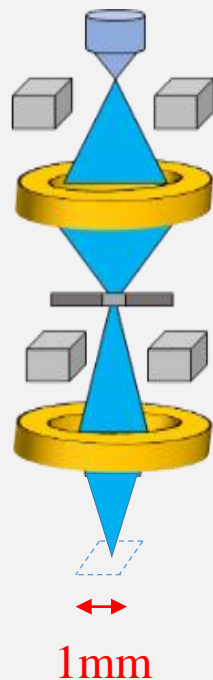
# 大面積偏向型超高速電子ビーム描画装置の開発

- 大電流化  
大電流電子光学系の開発（最大電流1 $\mu$ A）
- ステージ移動時間の短縮  
大面積偏向器（メインフィールドサイズ5mm $\square$ ）
- ドーズタイムクロックの高速化  
400MHz化
- ファイル転送時間の短縮  
圧縮フォーマットソフト、高速転送基板対応



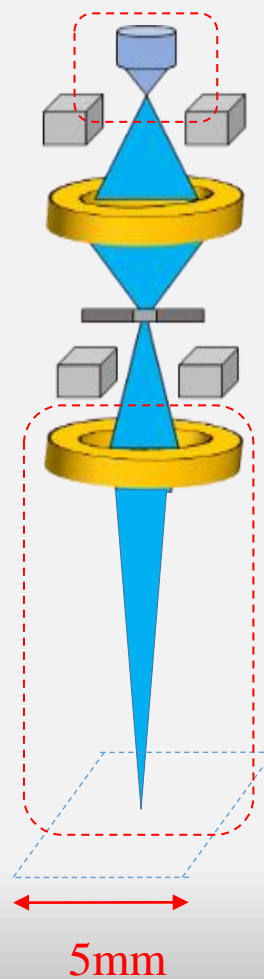
# 大電流電子光学系の開発

従来装置



大面積偏向型超高速電子ビーム描画装置 (HAYATE)

大電流化  
大偏向化  
偏向収差最適化



大電流電子銃  
1 $\mu$ A

大偏向  
5 mm $\square$



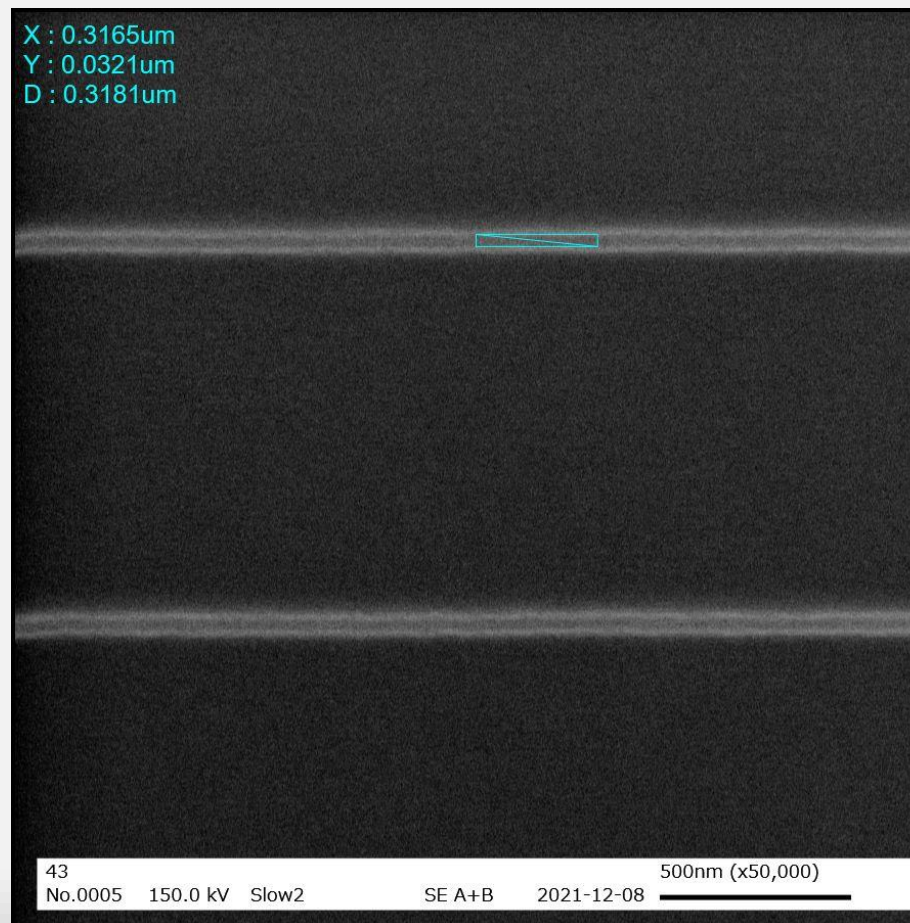
# 最小加工線幅

× 50,000

Line width=32nm

## ●描画条件

- ・レジスト CSAR\_50nm
- ・ビーム電流 1nA
- ・フィールドサイズ 1mm
- ・Area Dose 520uC/cm<sup>2</sup>



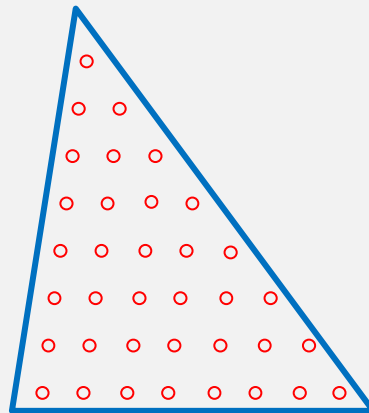
# ドーズタイムクロックの高速化 400MHz

ドーズクロックの高速化により、  
同じビームショット間隔で、  
より大電流での描画が可能

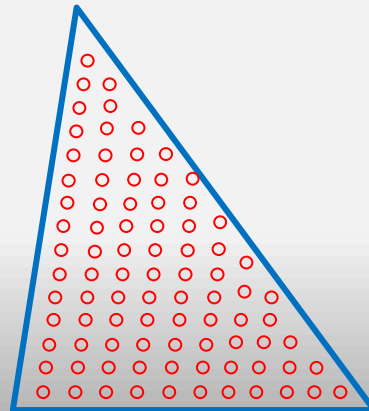


描画品質の向上  
描画時間の短縮

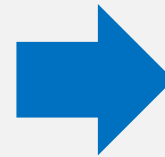
100MHz



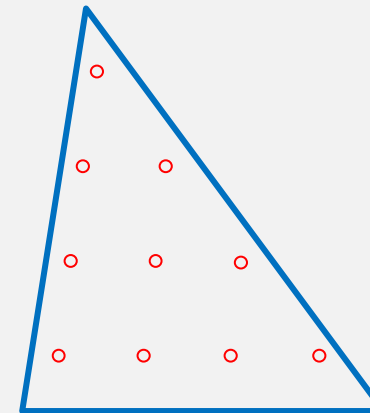
400MHz



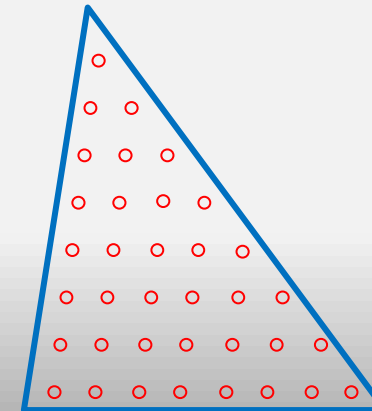
大電流化



100MHz



400MHz

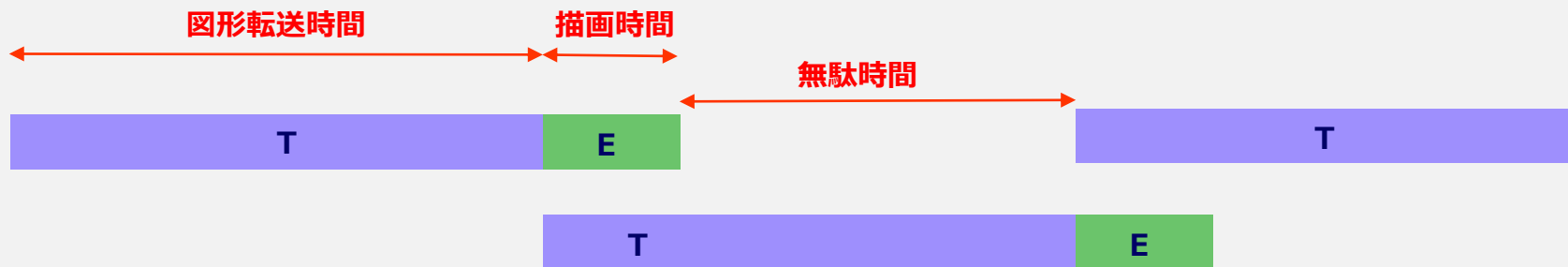


ELIONIX



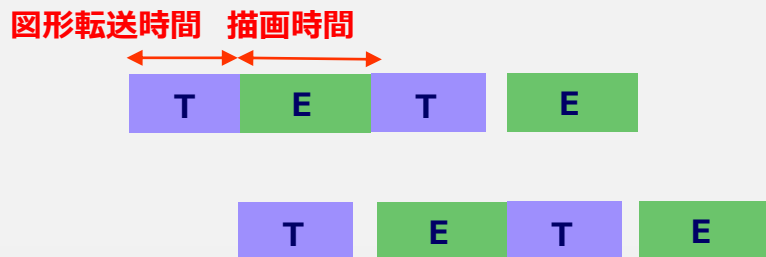
# データ転送時間

## 旧システム



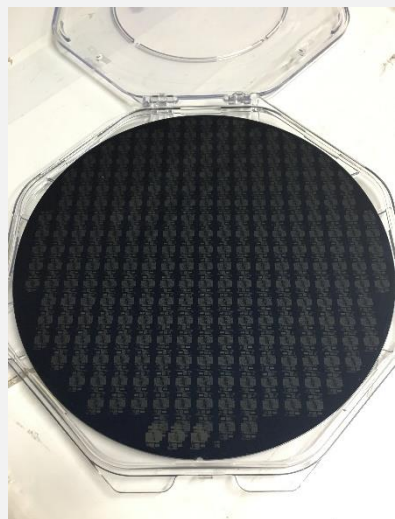
## 新システム

データ圧縮フォーマット  
レジスタアクセス時間短縮



描画時間中に図形転送処理が終わるため  
無駄時間をなくすことができた

# 描画結果 8インチ全面描画



8インチウェハ全面描画  
描画時間:4時間30分

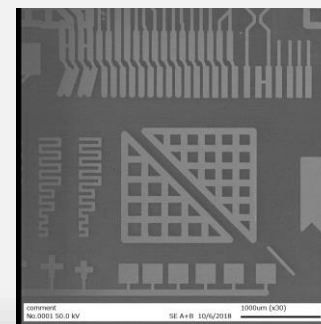
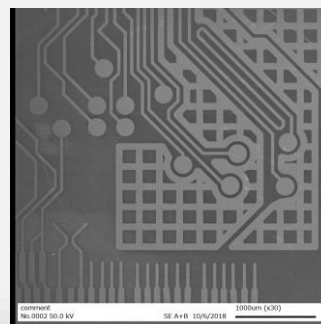
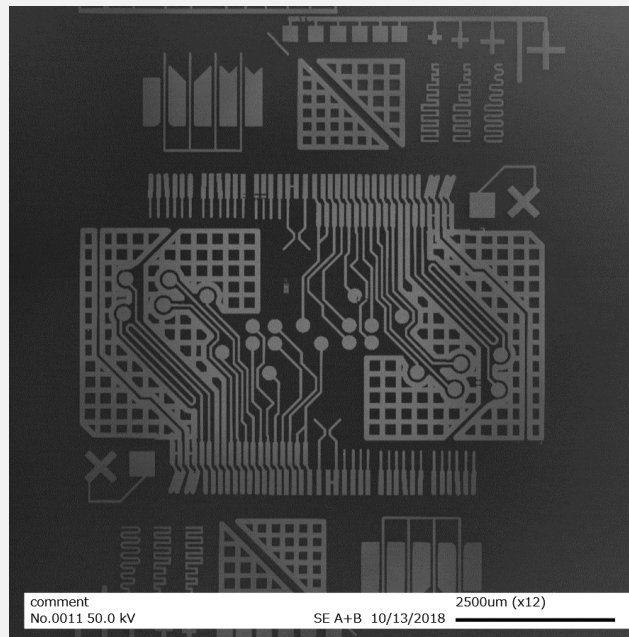


Tool : HAYATE  
Field size : 5mm $\square$   
ミクロンパターン条件  
BeamCurrent:1000nA  
AreaDose : 120uC/cm<sup>2</sup>  
BeamStep:50nm  
ナノパターン条件  
BeamCurrent:10nA  
AreaDose : 150uC/cm<sup>2</sup>  
BeamStep:10nm

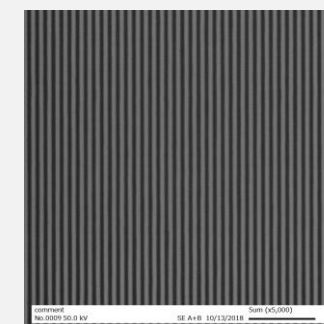
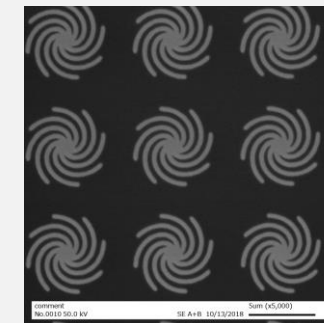
	HAYATE
ドーズ(秒)	9270
オーバーヘッド(秒)	5450
データ転送 (秒)	165
ステージ移動(秒)	1372
トータル描画時間(秒)	16257
トータル描画時間(時間)	4.5

@1000nA

ミクロンパターン



ナノパターン  
(線幅300nm)



# ドーズ時間

## スループット

Substrate: Si

Resist: ZEP520A, 200 nm

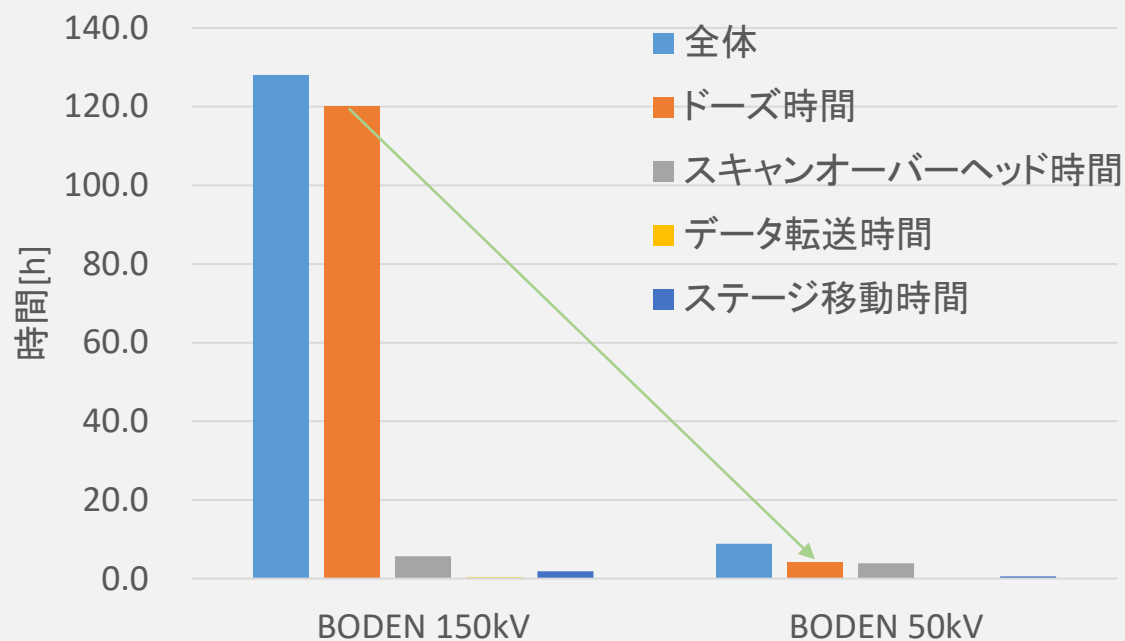
Pattern: p1000 nm L&S

layout: 4inch (coverage ≒ 100%)

Beam Current: 200 nA (@ 50 kV),  
20 nA (@ 150 kV)

Field size: 1000 μm (@ 50 kV)  
500 μm (@ 150 kV)

## ● Exposure result



➡ スループットにおいて、レジスト感度、大電流化により50kVが圧倒的に優位

# スキャンオーバーヘッド時間、データ転送時間

スループット

● Exposure result

Substrate: Si

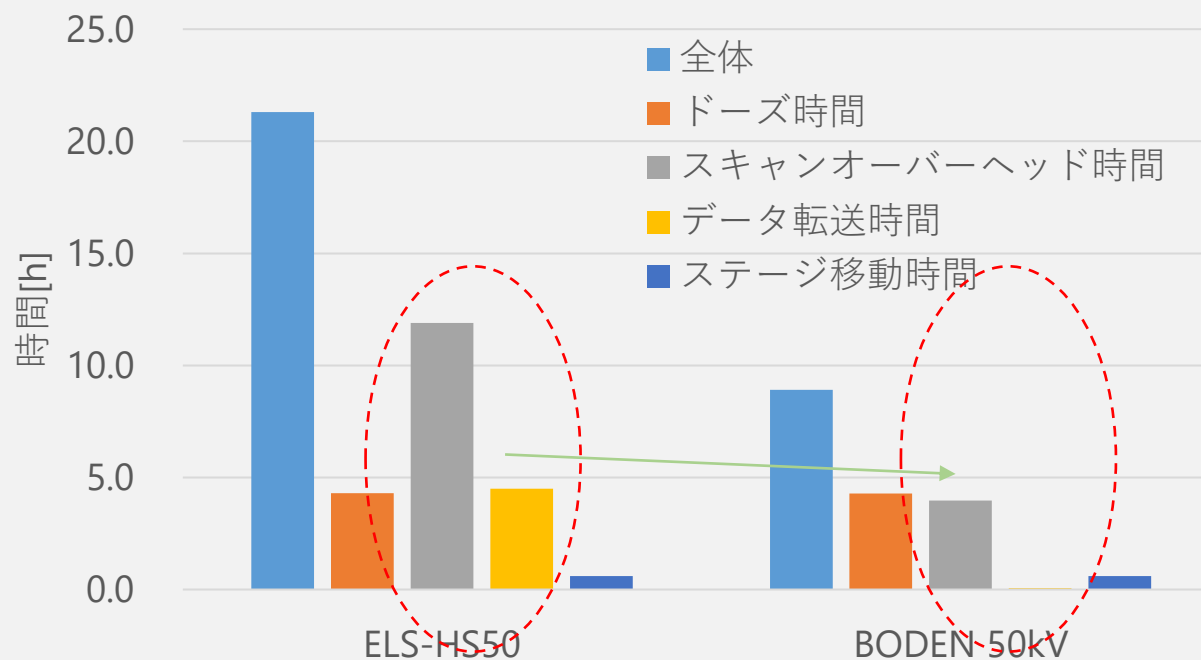
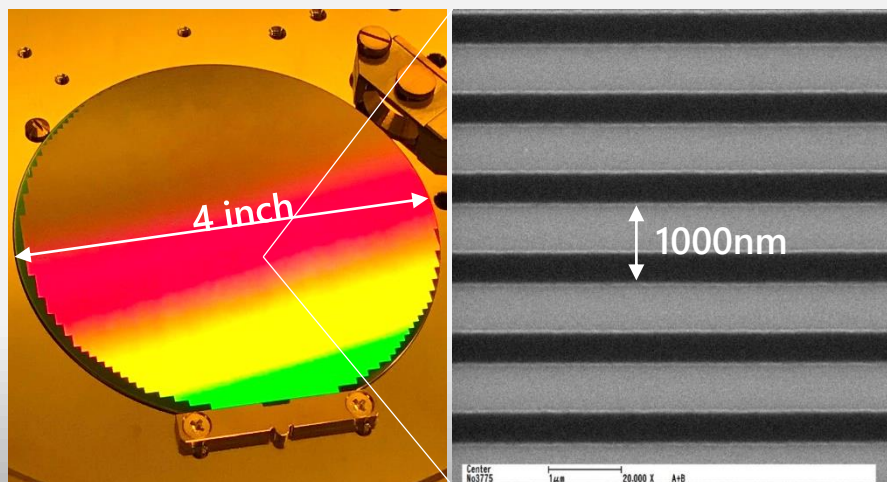
Resist: ZEP520A, 200 nm

Pattern: p1000 nm L&S

layout: 4inch (coverage ≒ 100%)

Beam Current: 200 nA (@ 50 kV)

Field size: 1000 μm (@ 50 kV)



➡ スキャンオーバーヘッド時間が1/3~1/30に減少  
データ転送時間が1/50~1/100オーダーで減少  
(描画パターンに依存する)

ELIONIX

# ステージ移動時間

スループット

Substrate: Si

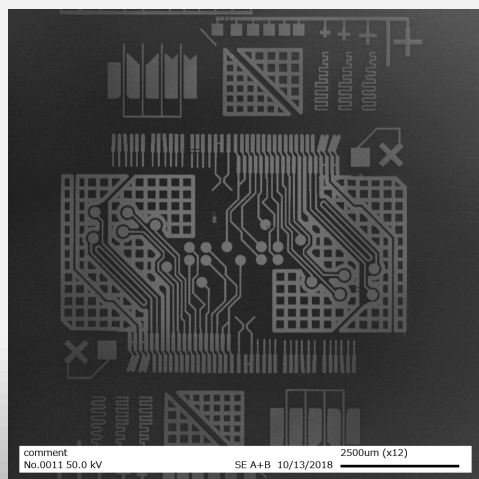
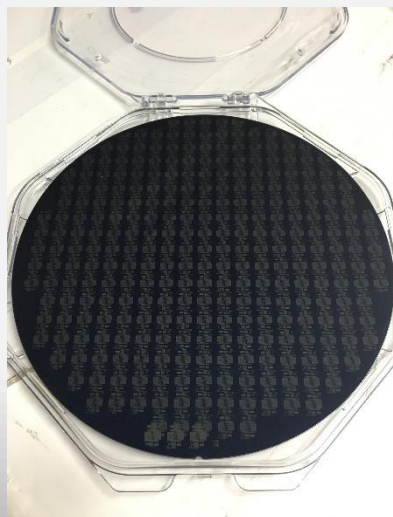
Resist: ZEP520A, 200 nm

Pattern : Micro and Nano pattern

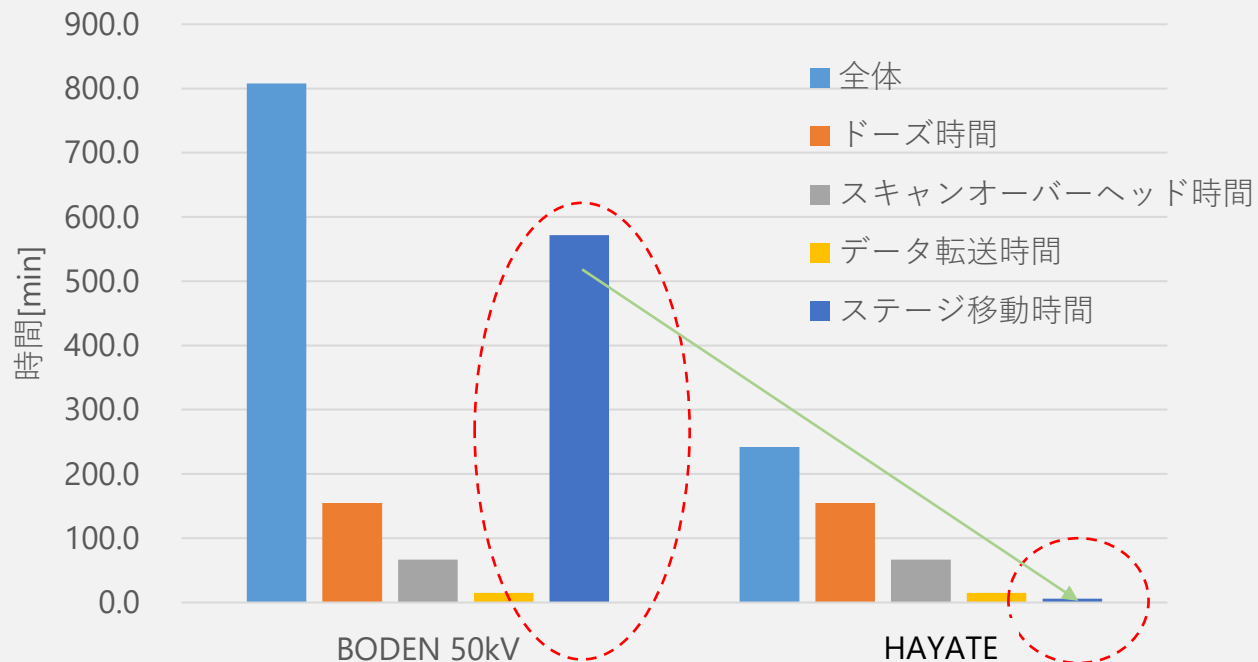
layout: 8inch, 10mm pitch

Beam Current: 1000nA for Micro pattern (@ 50 kV)  
10nA for nano pattern

Field size: 10000  $\mu\text{m}$



## ● Exposure result



➡ HAYATEによってステージ移動回数が1/25





# 描画時間スループット要素

- ドーズ時間

ビーム照射時間。大電流化により短縮。  
高加速より低加速の方がレジスト感度が良い

- スキャンオーバーヘッド時間

ライン1本ごとのwait時間。応答性の良い偏向システムにより短縮。

- データ転送時間

加工するためのデータを処理するホストPCから、ビーム偏向システムに対して転送するための時間。新ソフト、圧縮フォーマット  
レジスタアクセス時間短縮

- ステージ移動時間

フィールド間のステージ移動時間。  
ステージ速度、フィールドサイズ拡大により短縮