

高スループットを実現した電子ビーム直接描画システム

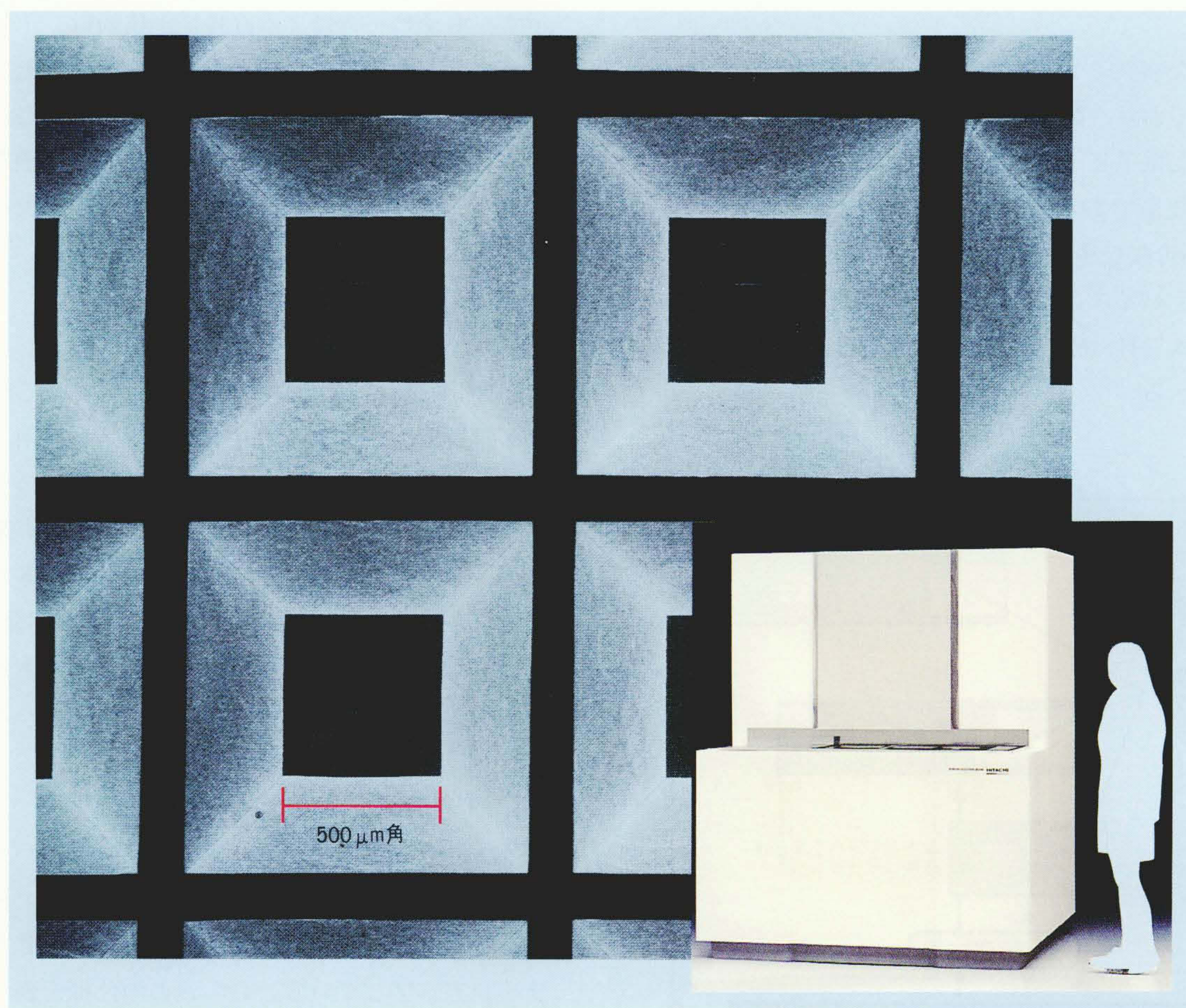
High Throughput Electron Beam Lithography System

銚谷義雄* *Yoshio Sakitani*

斎藤徳郎** *Norio Saitô*

法元盛久*** *Morihisa Houga*

水野文夫**** *Fumio Mizuno*



セルアパーチャと超高速電子ビーム描画システム“HL-800D” シリコンウェーハで作った一括描画用のセルアパーチャとHL-800Dの外観を示す。このHL-800Dにより、スループットの点でステッパと実質的に競合できることが可能となった。

コータミクロン時代に入った半導体分野では、(1)微細加工性と高精度な重ね合わせ、(2)パターニングの多様性という特徴を持った電子ビームによる描画技術が注目されてきた。

そのため、この電子ビームによる描画技術を次世代半導体デバイスの開発・生産の基幹技術として位置づけ、(1)256 Mビットから1 GビットDRAM (Dynamic RAM)メモリの先行開発、(2)ゲートアレ

ーに代表されるASIC (Application Specific IC) 素子の生産などを目的とした超高速電子ビーム描画システム“HL-800D”を開発した。

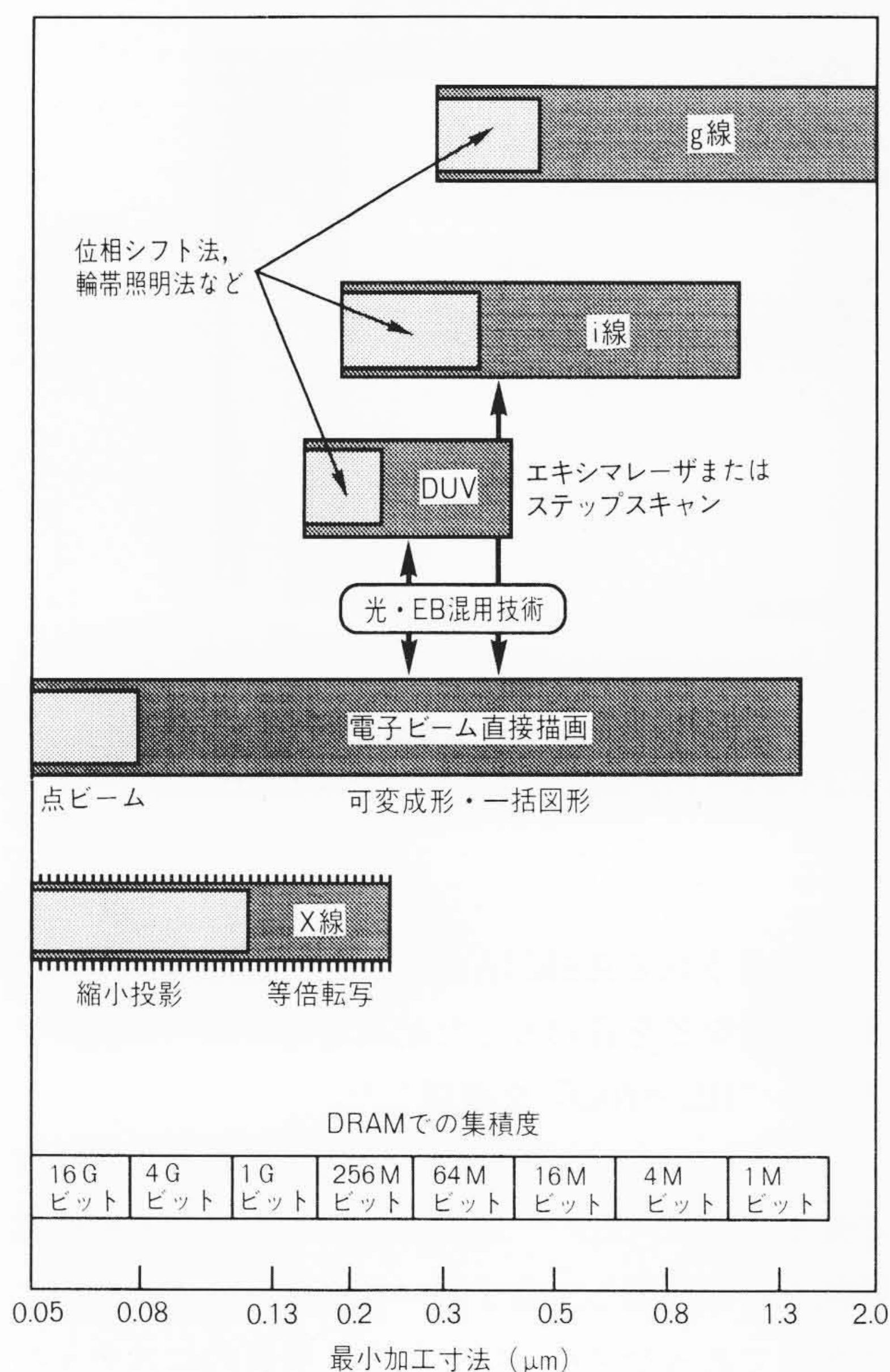
このシステムは、近年の電子光学技術や制御技術の進歩を取り入れ、一括描画法やステージ連続移動描画方式を実現し、電子ビーム直接描画技術の最大の欠点であったスループットを、実質的にステッパと競合できるように高速化したものである。

* 日立製作所 計測器事業部 ** 日立製作所 中央研究所 工学博士 *** 日立製作所 半導体事業部
**** 日立製作所 デバイス開発センタ

1 はじめに

現在、16MビットDRAMに代表される $0.5\mu\text{m}$ プロセス技術のLSIが量産に移行し、 $0.3\sim 0.2\mu\text{m}$ (クォータミクロン)レベルの次世代デバイスの研究開発に努力が注がれている。

このようなパターンの微細化に伴い、種々の加工技術が検討されており、微細性および機能の多様性で優れた特徴を持った電子ビームによる描画技術が、デバイス製造上の主要技術である微細加工技術(リソグラフィー技術)で必要不可欠な手段となってきた。ここでは、クォータミクロンデバイス用として開発した超高速電子ビーム描画システム“HL-800D”の概要と直接描画技術¹⁾の応用について述べる。



注：略語説明

DUV (Deep Ultra Violet)

図1 メモリ集積度とリソグラフィー技術

256 MビットDRAMに代表されるクォータミクロン時代では、光(g線, i線, DUV)による露光技術は限界である。

2 リソグラフィー技術の動向

クォータミクロン時代を迎えて、リソグラフィー技術の選択が最大の課題となっている。メモリの最小加工寸法に対する各種リソグラフィー技術の位置づけを図1に示す。電子ビームによる直接描画技術は、1 Mビット～16 Gビットまでの数世代にわたって適用可能である。EB (Electron Beam Lithography System) 装置は、マスク・レチクル描画およびウェーハ上への直接描画などの役割により、デバイスの開発・生産に必要不可欠な技術となっている。

3 電子ビーム描画技術の高速化

EB描画装置は半導体分野で使われ始めてから20年以上を経過したが、量産用リソグラフィー技術として表舞台になかなか登場できなかった。それは、ステッパに比べてスループットが低かったからである。以来、高スループット化のために技術開発が進められてきた。日立製作所でも1970年代初頭からEB描画装置の開発を開始し、点ビーム方式から始まり、可変成形ビーム方式、そして1990年代に入っての第三世代の一括図形ビーム方式のシステム“HL-800D”を製品化した。

3.1 新規開発技術とその特徴²⁾

HL-800Dの目標は、クォータミクロンのパターンを、6 インチウェーハ10～20枚/hのスループットで描画することである。このHL-800Dには用途に応じた2機種をラインアップしている。おのこの仕様を表1に示す。同表に示す精度とスループット両方の目標を実現するた

表1 HL-800Dの基本仕様 800DI はメモリ描画用に、800D II はASIC描画用に2機種をラインアップしてある。

機 種	HL-800DI	HL-800D II
描画方式	一括図形方式＋可変成形方式	可変成形方式
最小線幅	$0.25\mu\text{m}$	$0.3\mu\text{m}$
寸法精度(3 σ)	$0.05\mu\text{m}$	$0.05\mu\text{m}$
連続精度(3 σ)	$0.05\mu\text{m}$	$0.07\mu\text{m}$
重ね合わせ精度(3 σ)	$0.05\mu\text{m}$	$0.07\mu\text{m}$
ウェーハサイズ	$\phi 3\sim 8$ インチ	$\phi 3\sim 8$ インチ
スループット*	～20枚/h	～11枚/h
算定条件	ショット数	4×10^8 /ウェーハ
	レジスト感度	$1\mu\text{C}/\text{cm}^2$
	ビーム電流密度	$10\text{A}/\text{cm}^2$
	ウェーハサイズ	$\phi 6$ インチ

* 仕様値は描画条件によって変わる。

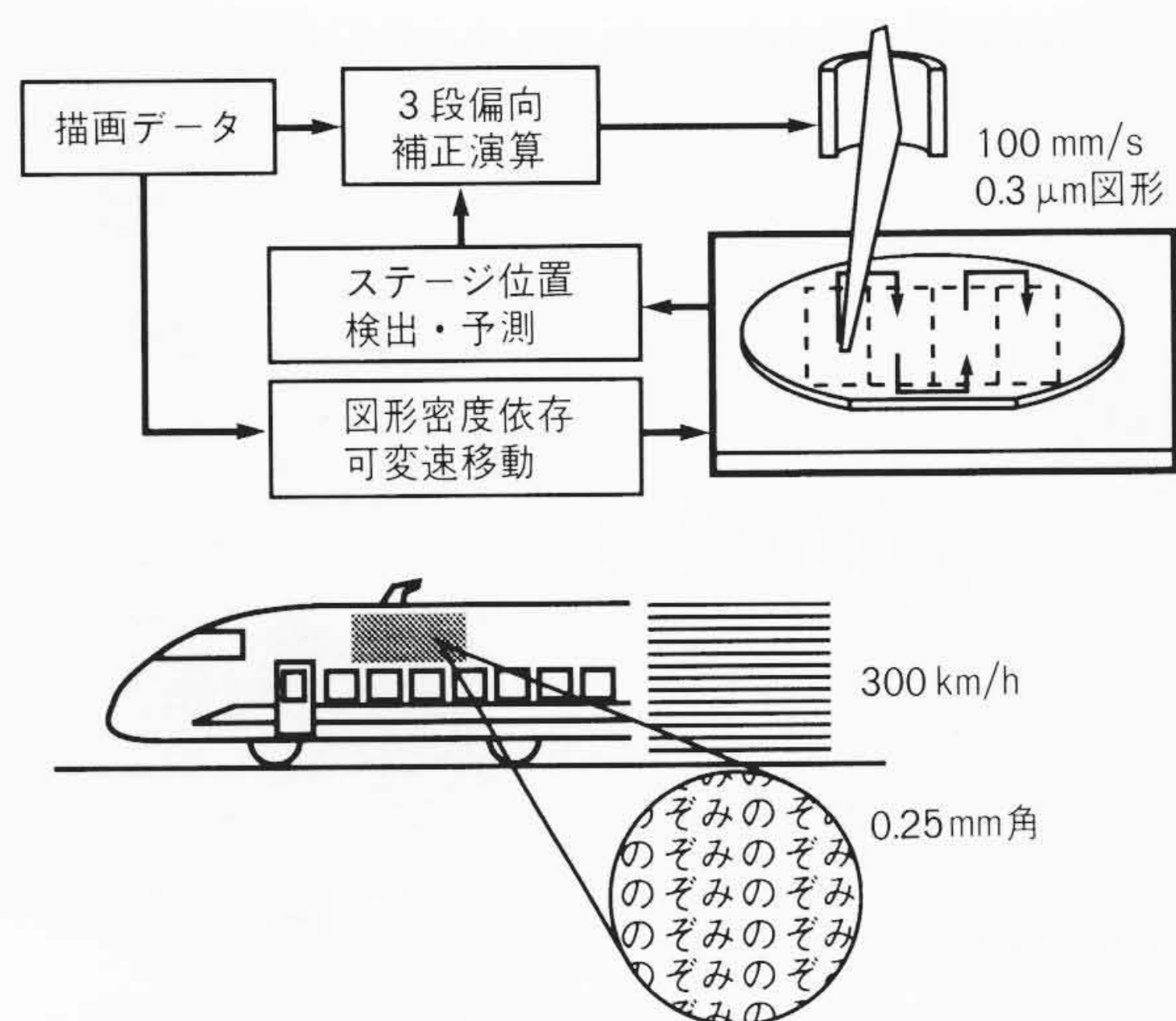


図2 ステージ連続移動描画方式

秒速100 mmで移動するウェーハ上に0.3 μmのパターンを描画することは、時速300 kmで走る「のぞみ」号の車体に0.25 mm角の「の」「ぞ」「み」を書くことと同じである。

めには、プロセスを含めシステムの総合的な開発が必要である。ここでは、高スループット化のための代表的技術である(1)連続移動描画方式、(2)一括図形描画法について述べる。

3.2 連続移動描画方式

従来のEB描画方式では、ステッパと同じようにステージを描画領域に移動して停止後に描画を行うため、ステージ移動から停止までがむだな時間となっていた。HL-800Dではこのむだな時間を減らすために、ステージの移動中も描画する連続移動描画方式を採用した。この描画方式の概要を、新幹線モデルで説明する(図2参照)。

3.3 一括図形描画法³⁾

一括図形描画法の概念を、従来の可変成形法と比較

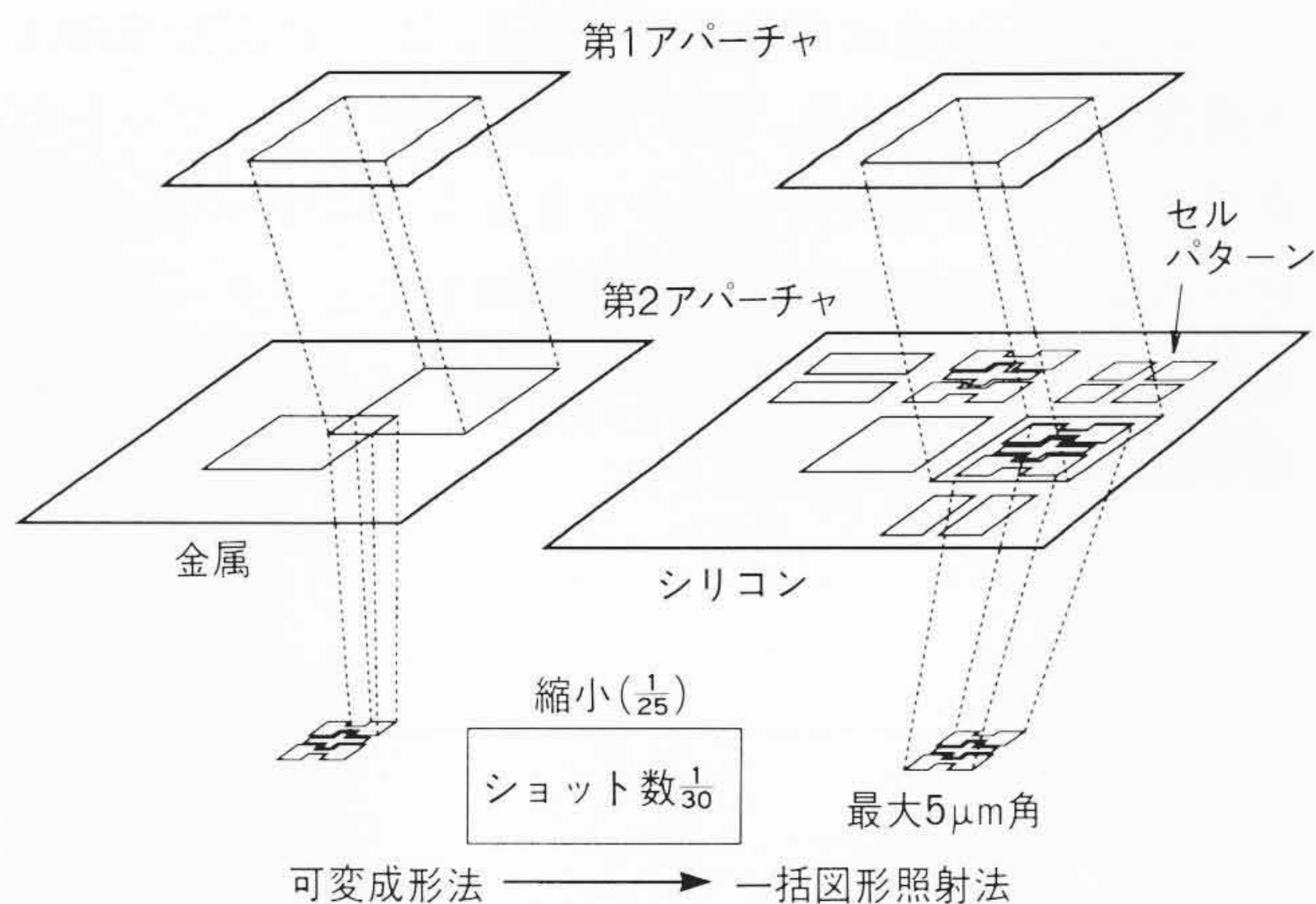


図3 一括図形描画法の原理

シリコン基板にセルパターン5個と可変成形用の矩形1個が配置されている。

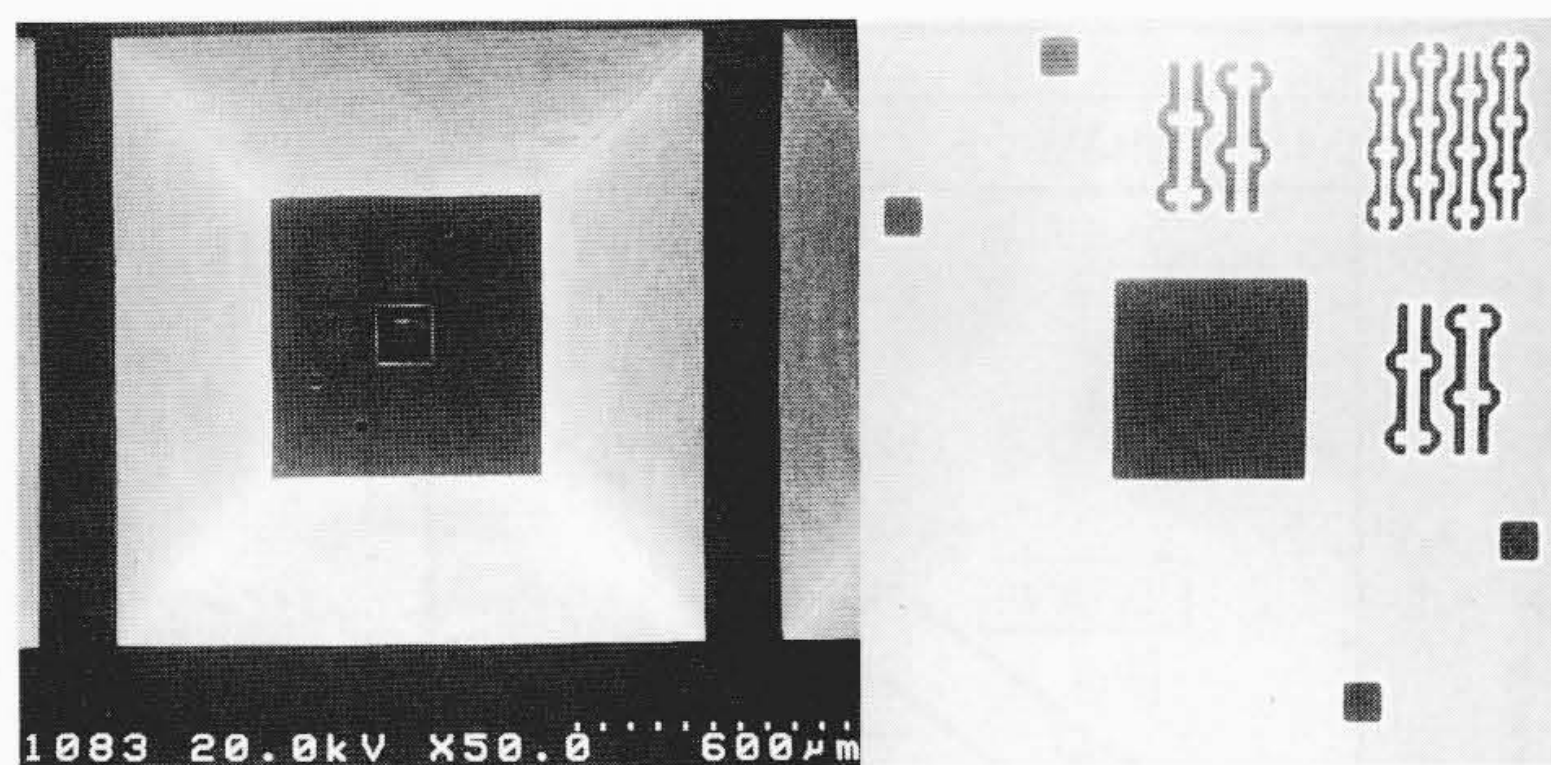


図4 第2転写マスク外観(右は拡大写真)

中心の矩形は可変成形ビーム用であり、その外側に5個のセルパターンを配置してある。

して図3に示す。メモリ素子のように繰り返し図形の多いLSIでは、メモリセルパターンの形状をしたアパーチャを用いることにより、描画のショット数を大幅に低減することができる。第2転写マスク上には複数のセルアパーチャが配置されている。もちろん繰り返しのない周辺パターンを描画するために、第2転写マスクのセルアパーチャには、可変成形方式が使えるように矩形アパーチャも設けてある。第2転写マスクを図4に示す。

4 電子ビーム直接描画システムのメリット

従来の光露光装置(ステッパ)に対するEB直描システムの主なメリットであるマスクレスおよびフィールドサイズ制限なしのメリットについて述べる。

4.1 マスクレス描画のメリット

多品種少量生産であるASIC分野では、従来の光露光

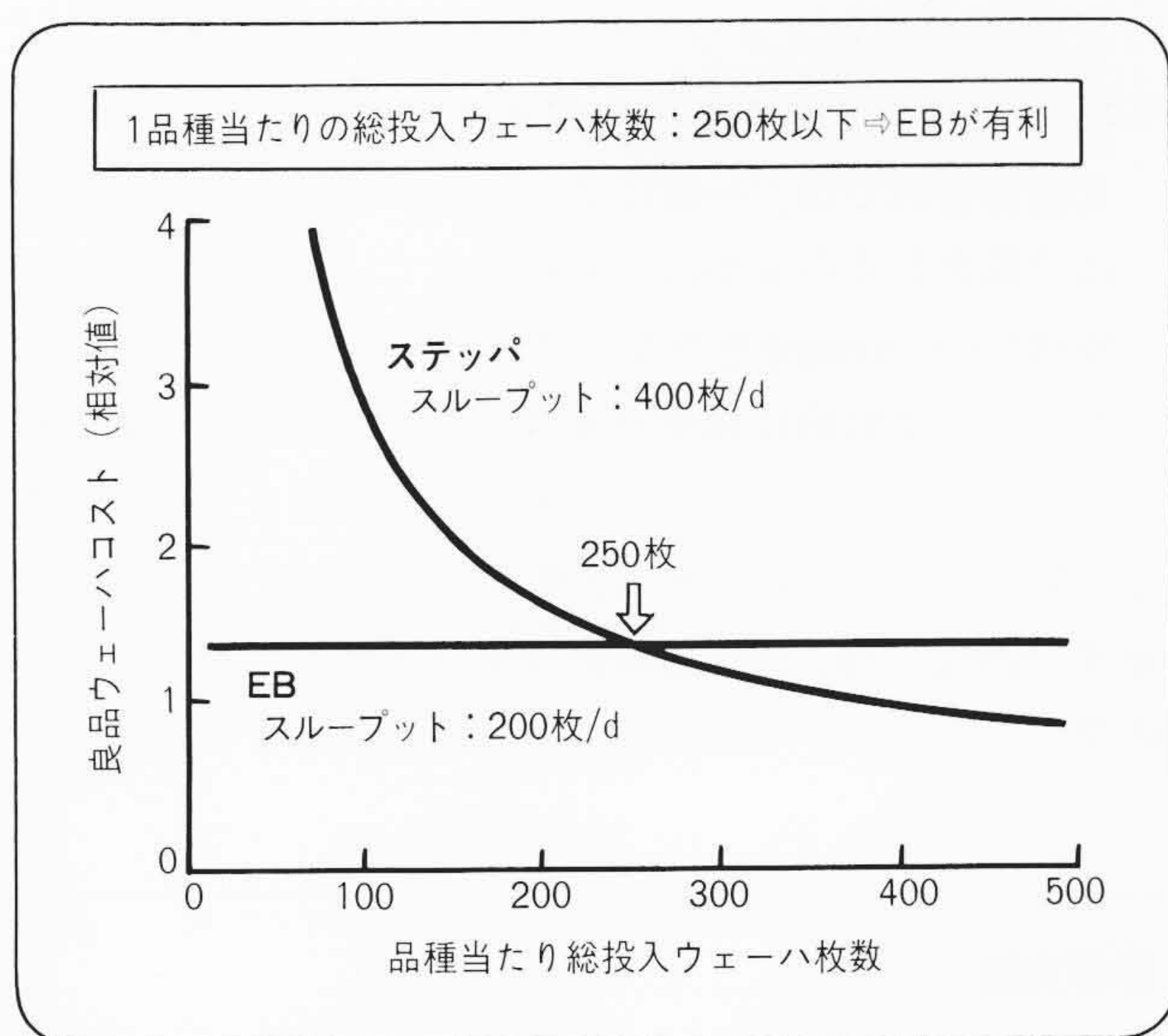
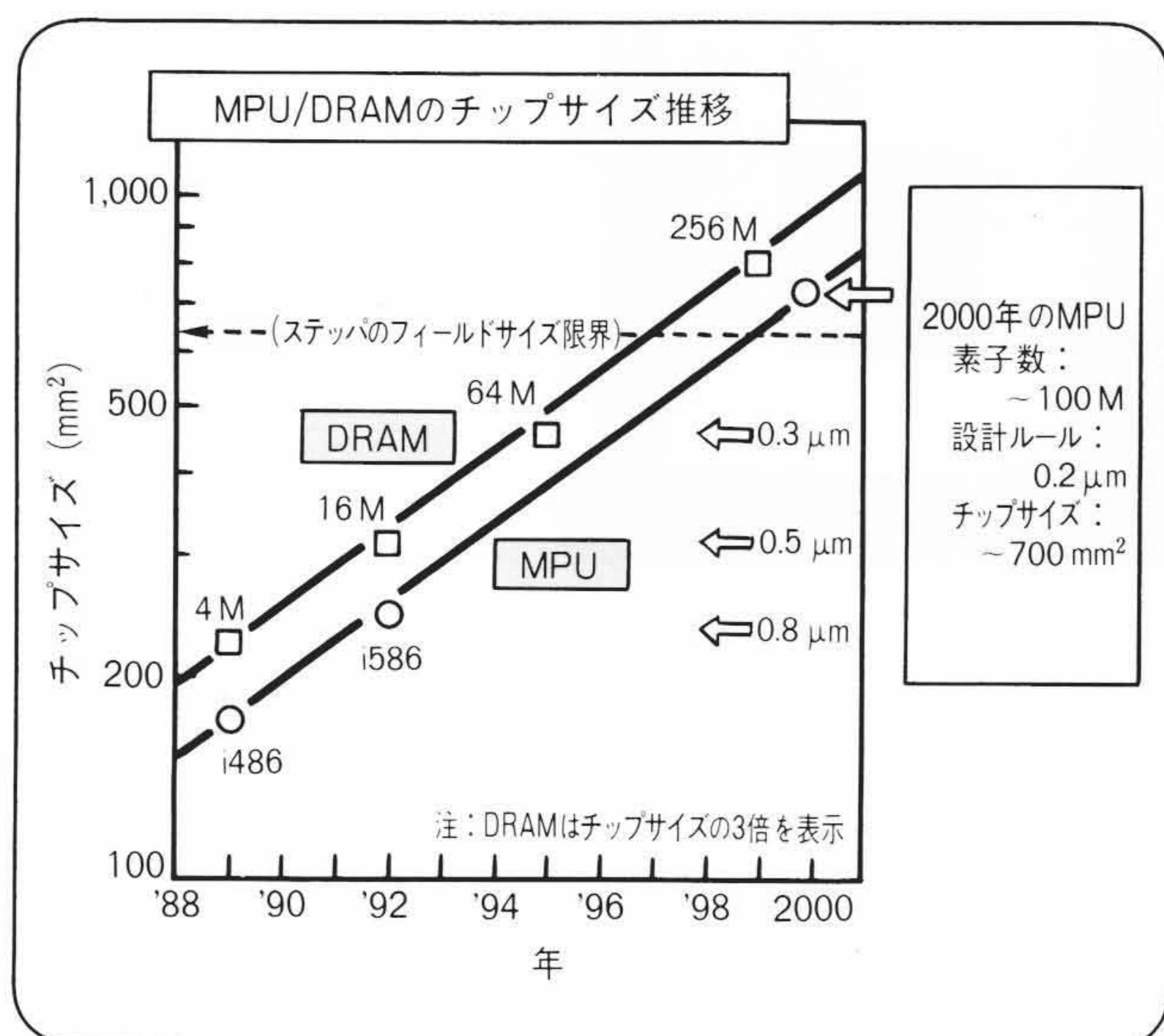


図5 EB導入のコストメリット(マスクレス)

ASIC(ゲートアレイ)配線層へのEB導入によるコストメリットの試算例を示す。



注: 略語説明

MPU (Micro Processor Unit)

図6 EB直描のメリット(チップサイズ制限なし)

ステッパのフィールドサイズは光学レンズの開口数によって制限され、現状では25 mm角が限界と考えられている。

では数多くのマスクを必要とするため、マスクを必要としないEB直描を採用することにより、その製造コストの低減効果が大きく期待できる。デバイス1品種当たりの総投入枚数(生涯生産)に対するEB直描とステッパの生産コストの比を図5に示す。すなわち、1品種当たりの5年間の総投入枚数が250枚以下の場合には、EB直描によるほうが低コストで対応できる。例えば、100枚以下の場合には半分以上のコストで済み、総投入枚数が少ないほどEB直描を使うメリットが大きくなっていく。

4.2 チップサイズ制限なしのメリット

光露光方式では、一般に2~3チップをウェーハ上に一括で露光しているが、EB直描方式では電子ビームの偏向領域(3~5 mm)をつなぎ合わせて描画していく。そのために、実質的にはデバイスのチップサイズに制限がなく、ウェーハスケールでのチップの作製まで可能である。MPUとDRAMのチップサイズ推移の予想を図6に示す。MPUでは、今世紀末にはチップサイズがステッパのフィールドサイズを超えてしまい、光による露光が不

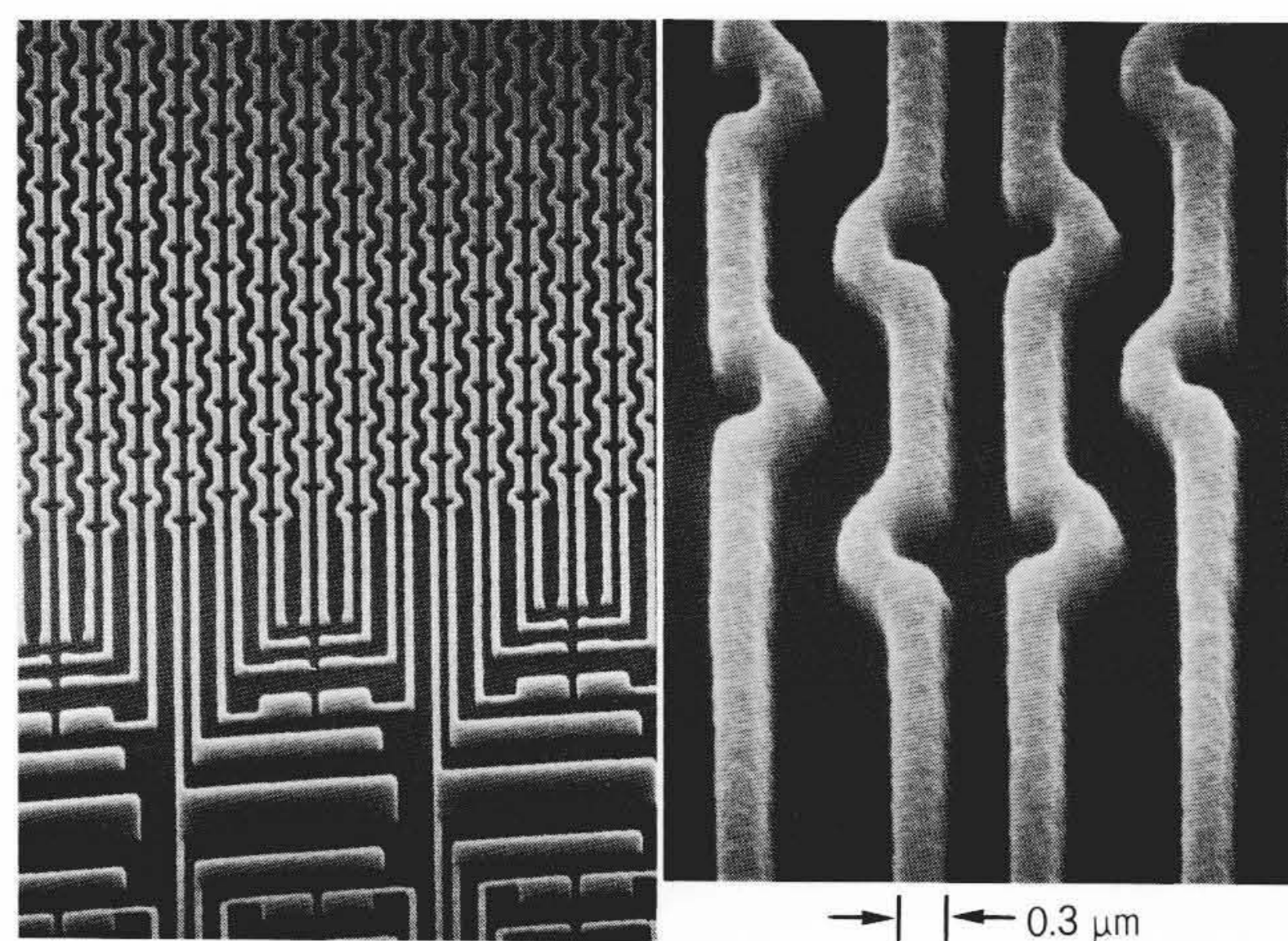


図7 64 M DRAMクラスパターンの描画例

最小線幅0.3 μmで、一括描画と可変成形描画の連続描画を示す。

可能になる。また、DRAMでは256 Mビット以降ステッパのフィールドサイズの制限から、2~3チップの一括露光が不可能となり、その結果スループットの大幅なダウンが避けられない。

5 HL-800D直接描画例

HL-800Dで64 M DRAMを描画した例を図7に示す。先の図4に示した転写マスクを用いて、0.3 μmのメモリ部分は一括露光法で、周辺の回路部分は可変成形法でそれぞれつなぎ描画したものである。可変成形部と一括図形部の接続誤差は0.05 μm以下である。

6 おわりに

フォータミクロン時代の次期半導体デバイスをにらんで、超高速電子ビーム直接描画システム“HL-800D”を開発した。このシステムでは高スループット化のために、(1)ステージ連続移動描画方式と、(2)一括図形描画法を採用した。その結果、初めてEB装置がスループットの点でステッパと実質的に競合できるようになった。電子ビーム直接描画技術は、その微細加工性とパターンニングのフレキシビリティを生かして、実デバイス適用への気運が熟してきたと考える。

参考文献

- 1) Y. Sakitani, et al.: J. Vac. Sci. Technol. B10, 2759(1992)
- 2) M. Kawano, et al.: to be published in J. Vac. Sci.

Technol. B11(1993)

- 3) F. Murai, et al.: J. Vac. Sci. Technol. B10, 3076(1992)