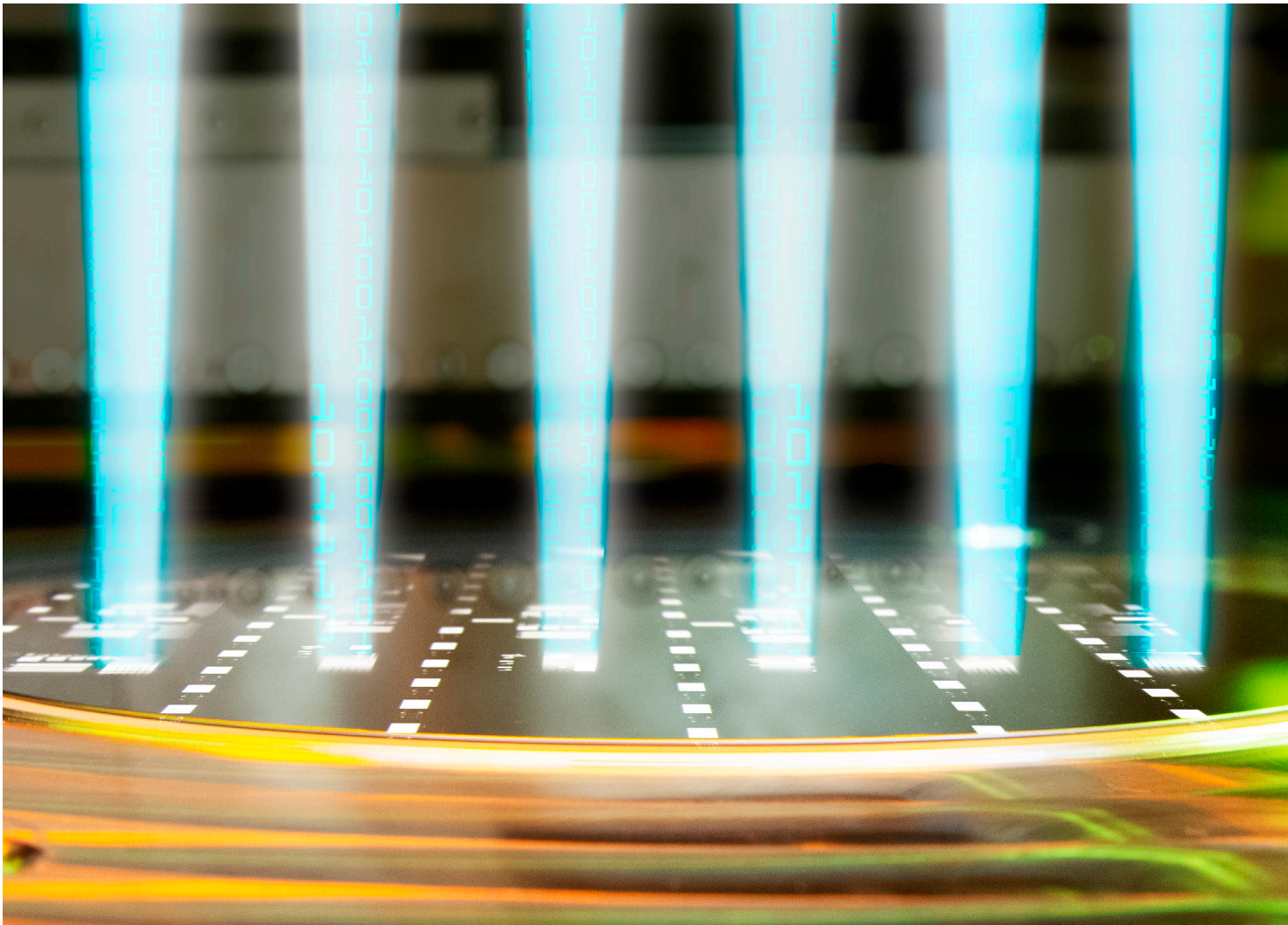




EV GROUP® | 技術情報

MLE™ Maskless Exposure マスクレス露光



マスクレス露光技術

従来のマスク依存プロセスからデジタルリソグラフィへ

イントロダクション

電子デバイスには性能と同時に、先端パッケージングやヘテロ集積化に対応する柔軟性が求められています。こうした新たな要求に応えるため、マスクを使用する従来のリソグラフィから、デジタルリソグラフィへと製造基盤は移行しつつあります。また、システム・オン・チップはモノリシックからシステム・イン・パッケージ、チップレット、機能ブロックによるソリューションへと移行しつつあります。これにより、パッケージおよびシステムレベルでの配線を可能にする、拡張性が高く多用途なバックエンドリソグラフィの需要が高まっています。最新機能を備えた要素を先端パッケージングによって迅速に統合するといった半導体業界の近未来像を実現するため、新たな量産向け装置が必要になります。量産 (HVM) 分野の業界は、保守的なチップパターンニングから脱却し、デジタルリソグラフィ技術による新時代へと参入することが必須となります。

EV Group が開発したMLE™(マスクレス露光)技術は、マスクに関わる課題やコストの問題を解決し、量産分野における設計の柔軟性と開発サイクルの短縮といった重要な要件を満たします。

MLE™は、多用途(ただし低速)な開発機と高速(しかし柔軟性に欠ける)な生産装置との格差を解消します。さらに、ダイレベルとウェーハレベルの同時設計を可能にするスケラブルなソリューションを提供し、確立された材料と新規材料の統合を支援し、マルチレベルの冗長性を備えた高い信頼性に迅速に適応することで高歩留まりと低所有コストを実現します。

EVGのMLE™技術は、先端パッケージングだけでなく、MEMS、生物医学、プリント回路基板製造向けバックエンドリソグラフィの重要な要件も満たしています。

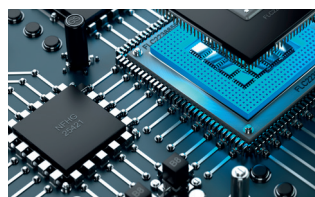
特長

- 全面露光可能、かつスティッチフリーで動的なフォトレジストパターンニング
- 任意の方向で2 μm以下のライン/スペース解像度
- デジタルデータでプログラム可能なレイアウトにより、デザインの自由度とデータの安全性を確保
- 個々のダイに注釈の露光が可能(シリアルナンバー、暗号化キー、等)
- 基板の変形や反りの影響を受けない(厚いウェーハ、ガラスまたは有機基板等)
- スマートかつ迅速なデジタルリソグラフィ処理
- 消耗品不要

新たな課題に直面するバックエンドリソグラフィ

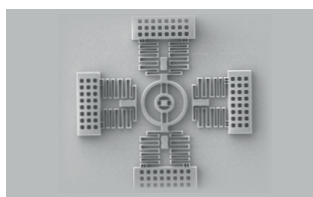
ヘテロ集積化が半導体の開発と技術革新を牽引し、先端パッケージング、MEMSおよびPCB市場に影響を与えるようになるにつれて、バックエンドリソグラフィに対する要求はより厳しくなります。たとえば先端パッケージングでは、再配線層(RDL)やインターポーザーの密集ライン/スペース(L/S)が続く部分において、最小線幅に対する要求がますます厳しくなっています。場合によってはそれらは2μmあるいはそれ以下が求められる一方、パターンニングにはダイ配置のばらつきや費用対効果の高い樹脂基板の使用にも対応できる、より高い柔軟性も要求されます。また、より高いオーバーレイ精度や、垂直側壁へのパターンニングを可能にする深い焦点深度への要求も高まっています。ファンアウトウェーハレベルパッケージング(FoWLP)において、ウェーハの歪みに起因するパターンの歪みやダイシフトの最小化、厚膜および薄膜レジストへの対応といった新しい要件は、既存および今後の先端パッケージングリソグラフィ装置に求められる要件のほんの一部に過ぎません。

先端パッケージング



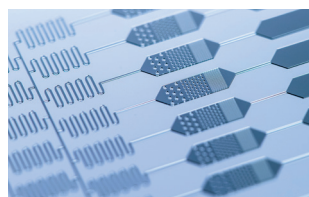
- 大型インターポーザー、ファンアウトおよびファンイン・ウェーハレベルパッケージングデバイス向け再配線レイヤーパターンニング
- レチクルサイズに制約されない
- 歪みおよびダイシフト補正による可変パターンニング
- 低コストかつ高いパターンニングスループット

MEMS



- 多品種によるマスク/レチクルコスト増加の為、マスクレスリソグラフィのニーズが高い
- マルチステップや傾斜角のあるエッジプロセス向け3Dレジストパターンニング
- トレンチ内へのパターンニングのための高い焦点深度

バイオメディカル



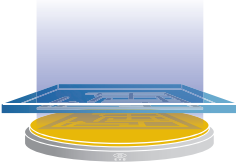
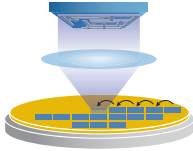
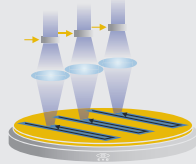
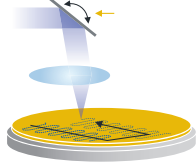
- 大型の流体デバイス製造
- μmからmmまでのパターンニング
- 理想的な低所有コスト
- 多品種生産に適したパターンニングソリューション
- さまざまな基板サイズおよび生体適合性材料への対応

HDIプリント回路基板



- 埋め込みダイと高密度再配線に対応したPCBライン&スペース解像度
- 反りやダイ配置に応じた修正が必須
- 複数のパネルサイズに適應可能な可変パターンニング

露光原理

露光方式	プロキシミティ・マスクアライナー	BEOLプロジェクションステッパ	MLE™ マスクレス露光	レーザーダイレクトイメージング
				
フィールドサイズ	基板全面	レチクルサイズ依存 (最大50 mm x 25 mm)	クラスター式書き込みヘッド	個々のレーザースポット
波長	ブロードバンド(g, h, および i線)	i線 / ブロードバンド	多波長	単波長
L/S 解像度	> 3 μm	> 1.5 μm	< 2 μm	対物レンズ依存 非常に限定的なスループットで600 nmまで

パターニング方式

リソグラフィプロセスの核となる要素は露光ユニットであり、これによりリソグラフィ技術の性能が決定されます。現在、市場ではいくつかの一般的な露光方式が利用可能ですが、例えばマスクアライナーの場合、感光性レジストを塗布したウェーハにマスクを近接させ、これを通して基板にパターンを直接露光します。最小パターンサイズは、マスクとウェーハ間の露光ギャップによって決まります。マスクとレジスト表面が近接しているとより微細なパターンの露光が可能になりますが、一方でギャップが小さすぎるとマスクが汚染され、歩留まりの点で問題が発生します。量産時の最小解像度は数ミクロンに限定されますが、特に厚膜フォトレジストで高露光量が必要な場合やウェーハレベルの設計が必要な場合に、マスクアライナーは低コストかつ高スループットのパターニングを可能にします。

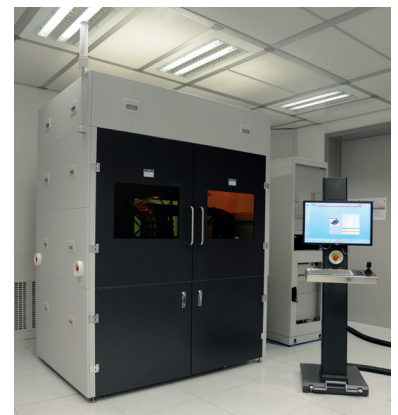
前述の課題のいくつかを克服するため、バックエンドオブライン(BEOL)ステッパではマスク/レチクルをウェーハから離れた投影露光方式を採用することで、より微細な形状を汚染なしでパターニング可能にします。ただし、対物レンズの光学設計が複雑になるため露光フィールドサイズは制限され、露光はステップ&リピート方式で逐次的に行われます。

マスクアライナーおよびステッパはいずれもマスクを必要とし、前述の制限に加えマスク関連のコストは全体のパターニングプロセスにとって大きな追加コスト要因となります。マスク費用を排除するソリューションの1つは、個別または複数のレーザービームを使用して微細な形状を連続的に露光するレーザーダイレクトイメージング技術です。しかし、この技術の利点を考慮しても、露光が逐次的に行われるという性質のためスループットが非常に低く、かなりのコストが発生します。

MLE™技術では、単一または複数のストリップ幅を同時にスキャンしながら露光する方式を採用し、クラスター式書き込みヘッドとの組み合わせにより、パネルを含むあらゆるウェーハサイズに対応します。また、多波長高出力UV光源により、すべての市販のレジストを使用することができます。さらに、レイアウトの複雑さや解像度に影響されることなく高スループットを達成し、フォトレジストの種類に依存しない優れたパターニング性能を実現します。MLE™はEVGの既存リソグラフィ装置を補完するとともに、従来のリソグラフィ方式が拡張性や所有コスト(CoO)などの制約により適用が難しくなることを想定し、こうした場面で新たに活用し得よう開発・設計されました。

新たなリソグラフィスキームに向けて

EVGのMLE™技術は、基板表面全体への高解像度(<2μm L/S)および繋ぎ目の無いマスクレス露光を、高スループットと低所有コスト(CoO)で可能にします。また、お客様の要求に応じてUV露光ヘッドを追加・削減することにより、装置構成を調整することができます。これは、研究開発から量産体制への迅速な移行、スループットの最適化、さまざまな基板サイズや材料への適応を可能にするとともに、小型のシリコン/化合物半導体ウェーハからパネルサイズまで、あらゆる基板を処理するのに理想的です。柔軟で拡張性の高い高出力UVレーザー光源は多波長露光をオプションで備え、フォトレジストの種類に依存しないパターニング性能を達成します。



卓越した柔軟性・拡張性、所有コストを実現するEVGの新マスクレス露光技術 (従来EVG量産リソグラフィ方式比)

様々なチップデザインとそれに伴うマスク在庫管理のために増加し続けるマスク関連費用は、開発および生産にかかる総コストの中で大きな割合を占めており、このジレンマをMLE™技術は解決します。

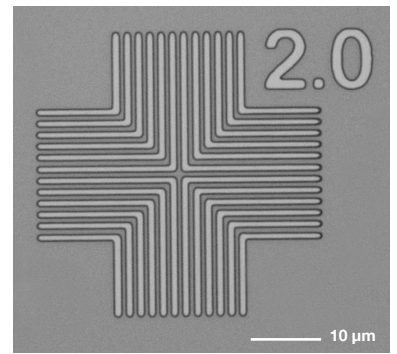
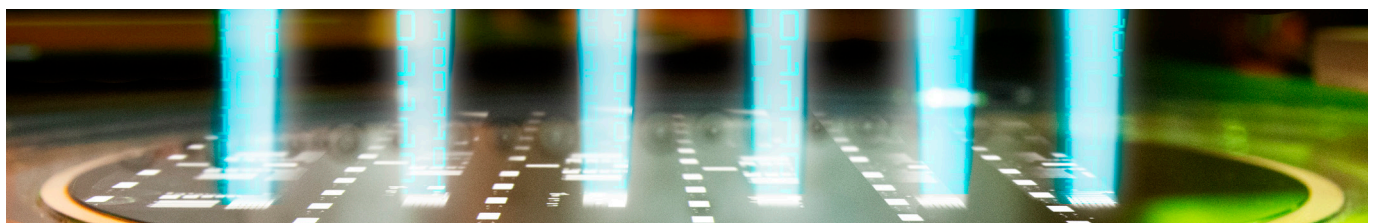
またバックエンドリソグラフィでは、基板サイズや材料の種類が増える中、パターンの多様性がもたらす市場投入時間への影響を軽減することも求められています。

MLE™技術は、様々なウェーハサイズからパネルに至るまで、あらゆる形状の基板へのパターンニングを可能にする拡張性の高いアプローチです。実証実験可能なクラスター式多波長レーザー光源は375 nmおよびまたは405 nmの波長で作動し、ポジ型およびネガ型の薄膜レジストやポリイミド、ドライフィルムレジストとPCBのパターンニングが可能です。さらにウェーハレベルパッケージングやMEMS製造、マイクロ流体、およびシリコンフォトリソグラフィ向けに厚膜レジストの高アスペクト比露光にも対応します。

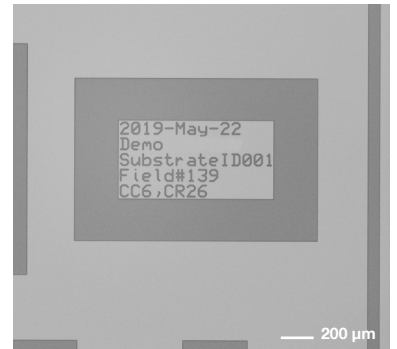
マスク関連の問題に加えて、現在のマスク依存の技術は歪みの制御に限界があり、基板の大幅な変形に関連するプロセスの問題にも直面しています。これとは対照的に、MLE™技術は自動補正機能を備えた動的アライメントにより高い基板応力や反りおよび歪みに対応し、機械精度に依存したダイ配置や応力に起因する不正確さ(回転、シフト、膨張、大幅な歪みエラーなど)を積極的に補正しながら、基板材料と表面のばらつき加味して調整を行います。また、デジタル/「バイナリ」ウェーハレベルレイアウトと個別のダイレイアウトのパターンニング、特に個別のダイ注釈やシリアル番号または暗号化キーの露光等を同時にリアルタイムで行うことが可能です。さらに、パターンニングプロセス中にプログラムによるUV露光量の調整ができ、現像プロセス後のレジスト厚レベルの変更が可能になります。このような卓越した特性により、次世代MEMS、最新フォトニックデバイス、またはマイクロ光学素子(屈折、回折)に適用可能な複雑な3Dマルチレベルレジストパターンの製造が実現します。デジタルデータでプログラム可能なダイ/ウェーハレイアウトは、さまざまな業界標準のベクターファイル形式(GDSII、Gerber、OASIS、ODB ++、またはBMPなど)で保存でき、どのように複雑なパターンを持つベクトルレイアウトであっても、数秒以内に計算処理(ラスタライズ)され、ビットマップ形式で保存されます。レジストの種類(ポジ/ネガ)、露光量レベル、または設計レイアウトの複雑さは、パターンニングプロセスの速度に影響を与えません。

新たなデジタルインフラストラクチャに向けて

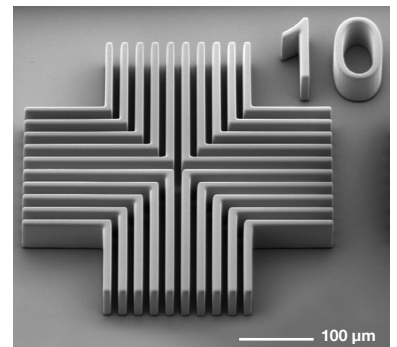
EV Group が開発したMLE™(マスクレス露光)技術は、新たなリソグラフィ装置を市場に導入するというだけでなく、スループット、フォーマット、および消耗品不要の製造工程における拡張性を提供し、半導体業界におけるスマートかつ迅速なデジタル処理のトレンドに対応することを目的としています。この最先端の露光技術は、新材料やフレキシブル基板の開発によって生じるであろう、新規市場が直面する課題にも対応します。この斬新な技術がもたらすほぼ無限の柔軟性は、現在の保守的な環境に新たなイノベーションの余地を開き、開発サイクルを短縮し、同時にR&DとHVM両分野でまったく同じ技術を利用できるようにすることで、その格差を埋めます。競争の激しいグローバル半導体産業市場では、製造の柔軟性、拡張性、開発および運用コストが、製品の市場投入までの時間を短縮するための非常に重要な要素となっています。当技術により実現する研究開発から量産への迅速な移行は、お客様が市場シェアを維持および拡大するために不可欠です。この新たなデジタルインフラストラクチャは、コストを合理的なレベルに保ちながら、デバイスのダイナミックな革新を実現します。



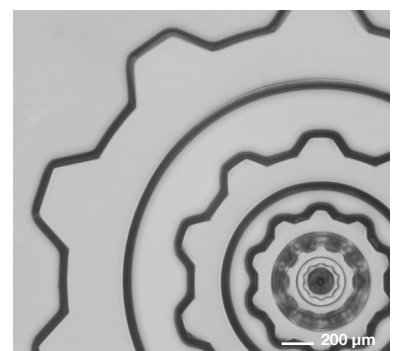
MLE™ exposure in high resolution AZ MIR 701 positive tone photoresist Source: EVG



Individual die annotation using MLE™ technology Source: EVG



MLE™ exposure in 50 µm thick layer JSR THB 151N negative tone resist Source: EVG



MLE™ exposure in 600 µm thick SU8 Source: EVG