

# 薄膜加工とアニール研究に向けたUV光学システム

ラルフ・デルムダール

紫外エキシマレーザは、ピクセルスイッチングの高速化、低消費電力化、軽量化、薄型化やフレキシブル化など、ディスプレイ性能の向上や常に変化する顧客の要求に対応するための製品革新を実現するツールである。

紫外(UV)レーザを用いる各種材料の加工では独自の利点が得られる。とくに波長が短くエネルギーの高いUV光子を用いると、可視や赤外の長い波長よりも小さい回折限界によって、さらに高い空間分解能による材料加工が可能になる。UVレーザによる微細加工は、加工による熱影響ゾーンを最小化することができる。

UV領域のエキシマレーザは1000mJまでのパルスエネルギーと数百Wまでの高出力が得られる。その結果、大面積アブレーションや1μmのような微細構造の高速加工が可能になる。

したがって、最高の品質と再現性をもつ高性能のレーザ加工が必要になる場合には、エキシマレーザが好ましい選択肢になる。結果として、エキシマレーザの利用は半導体デバイスの精密加工、ディスプレイやメディカルデバイスの製造、さらには科学研究を含めたさまざまな分野に拡大している。

エキシマレーザの優れたビーム品質と波長特性を活用し、大面積加工や半導体アニールを目的にして、柔軟性のあるUVレーザ加工システムが開発された。これらの製品は、エキシマレーザのUV光を利用して、基板へのマスクパターンの縮小投影とレーザビームの均一走査を行う。米コヒレント社(Coherent)が開発したVarioLasシリーズの各モデルは、193nm、248nm、308nm波

長のアプリケーションで使用することができます。

## 柔軟性のあるUVビーム伝送

VarioLasシリーズのマスク投影加工システムとラインビーム走査システムは、同じくコヒレント社のエキシマレーザCOMPexProをベースにしており、高品質の大面積精密加工と表面アニールを手頃な価格で実現している。優れた光学設計と耐久性の高いビーム走査機

構ばかりでなく、比類のないパルス・パルス安定性も重要な特徴になっている。

VarioLasのマスク投影加工システム(ECO／PRO)では、2×2mmの照射サイズの場合に、それぞれ30μmと5μmの加工分解能が得られる。これらは高分子、半導体、セラミック、ガラスなどの材料のUV加工、レザリフトオフ(ILO)および低温UVアニール処理にとって理想的な空間分解能になる。試料面上の最大エネルギー密度は3.5J/



図1 柔軟性のある新しいUV加工システムVarioLasのモジュール式製品の設計概念を示している。  
(資料提供:コヒレント社)

## 單一周波数 ファイバーレーザー

# Ethernal SlowLight

**400Hz!**

**超狭線幅！**



特許技術Virtual Ring構造とSlowLight技術により、脅威の狭線幅、低ノイズを実現。さらに、温度・湿度の変動、衝撃、振動環境下でも安定動作するタフネスを備えたレーザーです。

### 特徴

- ・狭線幅 <400Hz
- ・オプション <200Hz
- ・低S/N >80dB
- ・低SMSR >75dB
- ・低RIN
- ・低AM&FMノイズ
- ・耐振動、耐衝撃
- ・コンパクト

### アプリケーション

- ・ファイバーセンシング
- ・レーザー干渉計
- ・コヒーレント通信
- ・シーディング光源
- ・分光、ガス吸収分析
- ・高分解能メトロロジー

<http://www.japanlaser.jp/>

E-mail: lase@japanlaser.jp

 **株式会社日本レーザー**

本 社

〒169-0051 東京都新宿区西早稲田2-14-1

**TEL: 03-5285-0863 (直)**

大阪支店 **TEL: 06-6323-7286**

名古屋支店 **TEL: 052-205-9711**

cm<sup>2</sup>に達するため、すべての材料の精密微細加工が可能になる。

また、ラインビーム走査システム(SWEEP)はウエハドーパント活性化や表面アニールなどの大面积処理を50×0.6mmの均一性の高いラインビームで行うことができる。

これらはいずれもユーザの個別の要求が満たされるように調整される。基本設計に対して、自動ビーム遮断器、インターロック回路、安全クラス1のビームハウジングなどの各種の安全装置を付加できる。また、試料面上のフルーエンス制御、モータ駆動基板ステージなどの便利な制御モジュールと、アブレーションやアニールの結果をその場で監視する同軸カメラ観察装置を取付けることもできる。また、カスタマイズ可能なエキシマレーザビーム投影システムから、制御およびインターロック機能をもつ光学加工システムに至るまでがラインアップされ、ユーザによる選択性を高めている(図1)。

### 多層構造の選択加工

UV加工装置によって、さまざまな低温薄膜加工技術の進歩が可能になるが、ここでは三つの分野への応用を簡単に述べる。これらの事例はいずれも線ビーム走査と反復マスク投影による加工に基づいている。

フレキシブルディスプレイは商業的に大きな可能性を秘めているが、いくつか大きな技術上の課題があり、加工技術の開発も必要とされているため、その実用化は遅れている。とくに、フレキシブルディスプレイに使われるプラスチック基板は、従来の方法で取扱うと傷が付きやすく、生産工程のなかで高温に保持されると、その強度は簡単に剛性限界を超ってしまう。

その一例を述べると、窒化ガリウム

(GaN)を用いる高輝度発光ダイオード(LED)の生産では、UVレーザの波長を使用するレーザリフトオフ(LLO)が重要な加工プロセスになっている<sup>(1)</sup>。GaN-LEDの多くはサファイア基板上に作製されるが、それはサファイア基板を用いると、GaN結晶の成長時の格子整合が良くなるためである。ところが、サファイアを基板として使用すると、サファイアは電気伝導性と熱伝導性が劣るため、LEDの効果的な放熱が妨害され、その発光出力に制限が出てしまう。

エキシマレーザLLOを用いると、サファイアはUV波長に対して透明なため、サファイア基板の背面からのレーザ照射が可能になる。エキシマレーザによる高いフォトンエネルギーはGaN層とサファイア基板の界面で局所的に吸収され、GaN-LEDの均一剥離がLEDの最終品質を保持したままで可能になる。

VarioLasのマスク投影加工システムは、サファイア基板上に均一で大きな照射サイズ(2×2mm)を形成できるため、エキシマレーザパルスの照射エリアからは多数のLEDチップが得られる(図2)。

また、大型で均一性の高いレーザビームを使用するため、不均一剥離の原因になるチップ面の熱勾配発生が防止される。照射するレーザビームの端部をチップ間のトレンチ領域に位置決め、あるいはビームを重ね合わせて、チップの拡散と不均一剥離を防止する。

その他最近の注目される応用としてはエキシマアニールを用いたドーパントイオンの活性化が極めて重要な技術として、高性能の小型電子スイッチデバイスの開発に応用されている。60nmノードに近づくCMOS構造では、短波長のエキシマレーザがCMOS、PMOSおよびその他の関連技術の進歩において必須の手段になっている<sup>(2)</sup>。

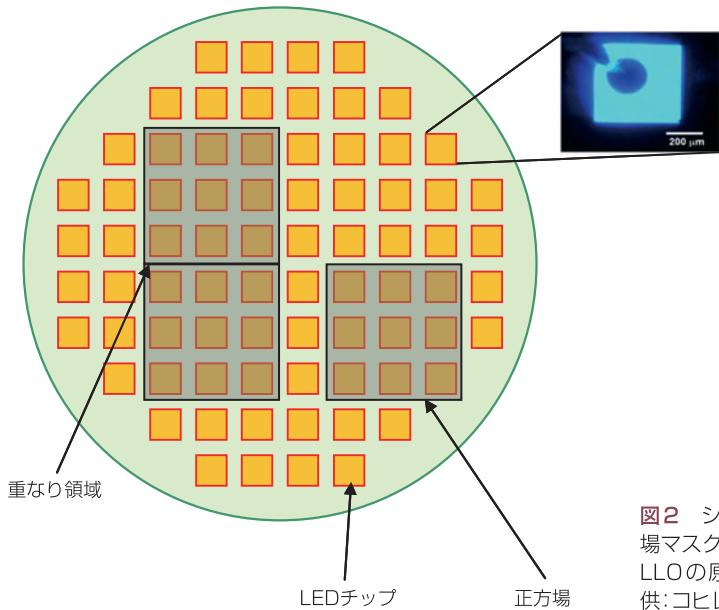


図2 システムの正方形マスク結像法によるLLOの原理。(資料提供:コヒレント社)

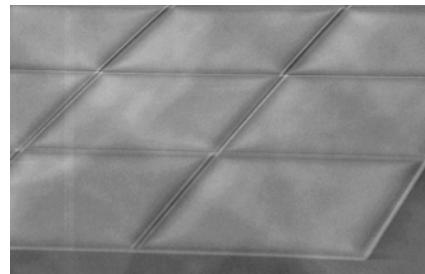


図4 単一ショットエキシマレーザの反復プロセスを用いてアニールしたウエハチップのSEM画像。(資料提供:コヒレント社)

パルス毎の照射パターンにおける重なりが示されている。このように十分に制御されたエキシマレーザによる表面融解と再結晶化プロセスからは、完全な結晶性と加工ロット間の安定性に優れた表面抵抗が得られている。

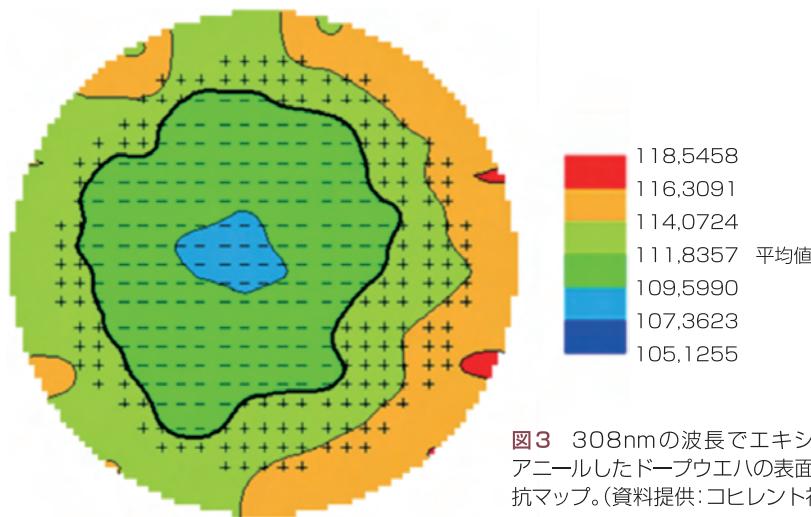


図3 308nmの波長でエキシマアニールしたドープウエハの表面抵抗マップ。(資料提供:コヒレント社)

全表面にホウ素イオンを $1.6 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ の線量と15keVのエネルギーで注入したシリコン(100)ウエハの低温アニール処理では約111mV/mAの表面抵抗が得られている。このアニール処理は3J/cm<sup>2</sup>の単一パルス照射を用いて行われ、マスク位置での均一性は $\pm 3\%$ (2σ)よりも良好であった。

エキシマレーザでアニール処理したホウ素ドープ5インチシリコン(100)ウエハの表面マップ(合成カラー画像)で示されるように、UVエキシマレー

ザアニールからは均一性に優れた表面抵抗が得られている(図3)。

この場合はウエハ上に2.7×2.7mmの照射サイズを設定した。走査型電子顕微鏡(SEM)による画像では、レーザ

## まとめ

エキシマレーザを用いるVarioLasUV光学システムは、試料の試験機能と加工の高度な融通性に大きな特徴があり、大学の研究者と産業界のプロセス開発者の両方に対して、薄膜加工の重要な成果の蓄積に貢献している。ここで得られた成果は、エキシマレーザによる量産装置の設計と量産規模の拡大にも転用できるということがもっとも重要である。

このような成果の転用が可能になる理由は、大規模生産システムと同じ波長を使用し、相似性の高いUVビームの整形と均一化の方式を採用していることにある。その結果、得られた成果を生産へと移転する際や、生産規模を拡大する際の大きなプロセスの変更が不要になる。

## 参考文献

- (1) J. Arokiaraj, C. Soh, X.C. Wang, S. Tripathy and S.J. Chua, *Superlattices and Microstruct.*, 30(4), p.219(2006).
- (2) B. Rajendran, R.S. Shenoy, D.J. Witte, N.S. Chokshi, R.L. DeLeon, G.S. Tompa, and R.F.W. Pease, *IEEE Trans. Electron Devices*, 54(4), p.707(2007).

## 著者紹介

ラルフ・デルムダール(Dr. Ralph Delmdahl)はコヒレント社のドイツにおけるマーケティング部の製品マーケティングマネジャー。e-mail: Ralph.delmdahl@coherent.com