

## レーザービーム描画装置による微細加工

キーワード レーザビーム描画、 リソグラフィ、 微細加工

はじめに

光学機器、電子機器の高機能、小型化が進む中で如何に高精度かつ複雑な形状を有する部品を開発するかが重要な技術課題となります。半導体技術で用いられてきた装置が、このような高精度な微細加工を実現する有効な方法としてよく利用されています。レーザービーム描画装置も、このような装置の1つであり、レジスト(感光剤)を塗布した基板面に、レーザー光を加工パターンに沿って照射し、レジスト面にパターン(レジストパターン)を形成させる装置です。レジストパターンの基板への転写は、エッチングにより行います。基板がマスクや金型であれば、量産も可能となります。

当研究所には、(株)ネオアーク社製のレーザービーム描画装置を設置しています。図1に装置の外観写真を示します。本装置は、国の補助金を受けて、産学官共同によって行われた大阪府地域結集型共同研究事業(平成9年~平成14年)において、研究用として開発された装置であり、現在、当研究所にて開放試験機器として利用可能となっています。

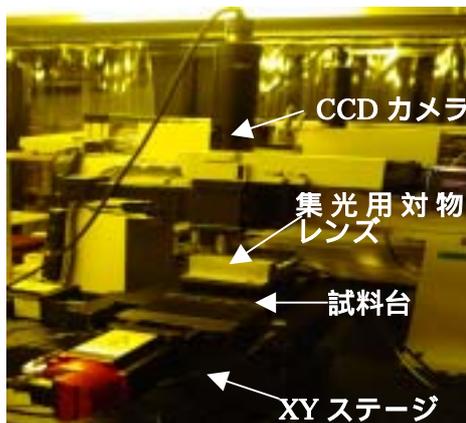


図1 レーザビーム描画装置の外観

レーザービーム描画装置の仕様と動作原理

レーザー光源(波長442nmのHe-Cdレーザー、出力120mW)、露光量を制御するオートパワーコントロール装置、描画面に焦点を合わせるオートフォーカス装置、レーザー光を描画面に集光する集光光学系、描画位置を制御するステージ、描画状態を確認するためのCCDカメラ画像表示装置、および制御用コンピュータで構成されています。オートパワーコントロール装置は、音響光学変調器(AOM)によりレーザー光を設定された光量に減光します。減光されたレーザー光は、2つに分岐され、一方は対物レンズに入射し、絞られて基板上に照射されます。他方は、光電変換を利用した光量モニタに入射し電気信号に変換され、AOMの操作により光量を一定に保つためのフィードバック用制御信号として、オートパワーコントロール装置に入力されます。オートフォーカス機構は対物レンズで集光されたレーザースポットを描画面に追従させます。フォーカス検出は波長670nmの赤色半導体レーザーを利用しています。この波長ではレジストの感度はほとんど無いが、長時間照射すると露光することがあるので注意が必要です。DCサーボモーターでXYステージを駆動しています。ステージの速度は、毎秒50μmから1mmまで任意に指定できます。エンコーダに分解能10nmのリニアスケールを用いることにより、高精度な位置決めが可能となっています。描画用のパターンデータは、機械系CADの業界標準であるDXF形式と、ビットマップ(白黒)形式が利用できます。DXF形式では、直線、円(弧)、ポリゴンラインを利用できます。ポリゴンラインは、光量を任意に制御することにより描画されます。描

画線幅すなわち露光される線の幅に関係するのは、露光量です。露光量は、レーザーパワーとステージの速度により決まります。露光量が大きくなるほど、すなわちレーザーパワーが大きいほど、ステージ速度が小さいほど線幅は太くなりますが、基板の種類、レジストの種類および塗布厚さにより、描画線幅と露光量の関係は異なります。表 1 に標準使用で描画可能な最小線幅(1 μm)、最大線幅(4 μm)における条件を示します。標準使用とは、レーザー光の焦点位置に基板があるときに描画を行うことです。しかし、故意に焦点位置からずらした位置で照射する(デフォーカス)ことにより、より太い線幅を描画することも可能です。

表 1 最小、最大描画線幅の条件

	最小線幅	最大線幅
レジスト膜厚(μm)	1	4
描画速度(mm/s)	1	0.5
レーザーパワー(μW)	1	40

#### レジストパターンの基板への転写方法

レジストパターンの転写方法には、基板およびレジストの種類に応じて、ドライエッチング、ウェットエッチング、めっきがあります。石英基板の場合は、フッ素系のガスによるドライエッチングを用います。シリコン基板の場合は、塩素系のガスによるドライエッチングか、ウェットエッチングを用います。Cr マスク基板の場合は、ウェットエッチングを用います。銅基板の場合は、ウェットエッチングかめっきを用います。

#### 適用事例 1 加工用炭酸ガスレーザーのビームシェーパー

レーザー光の反射および集光ミラー(銅製放物面鏡、最大深さ 1mm、面粗さ 60nm、サイズ約 20mm 四方)上に微細な 80 μm 四方の凹凸形

状を有した微細パターン(ホログラムパターン)を施します。この微細パターンに光が当り反射する際に、回折現象を引き起こし、任意の集光パターンを形成することが可能となります。このような素子をビームシェーパーと呼んでいます。図 2 にレーザービーム描画装置およびめっきにより試作した炭酸ガスレーザー用ビームシェーパーを示します。20mm 角の領域を描画します。線幅が最小のところ 80 μm なので、描画時間の短縮を考慮して、標準状態の最大線幅 4 μm で描画したところ約 2 日間かかりました。そこで、デフォーカスによる倍の線幅で描画を行うことで描画時間を半分に短縮しました。図 3 にビームシェーパーによる炭酸ガスレーザー光の集光画像を示します。

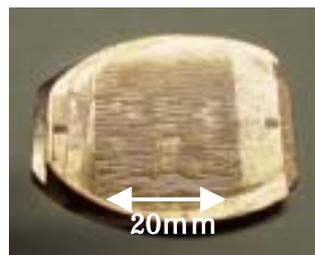


図 2 ビームシェーパー

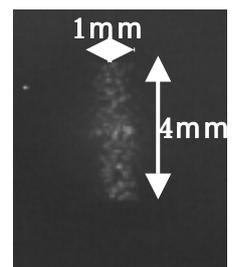


図 3 集光画像

#### 適用事例 2 STM用カンチレバーの作製

図 4 にレーザービーム描画装置と犠牲層エッチングにより試作した力制御型原子間力顕微鏡用カンチレバーの探針の SEM 写真を示します。底面の形状(10 μm 角)の精度が必要なので、1 μm の最小線幅で描画を行いました。

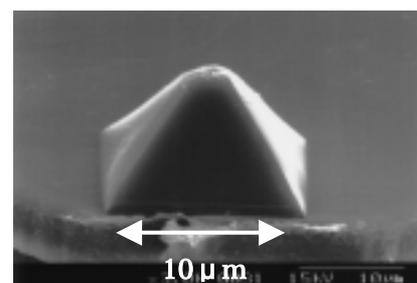


図 4 カンチレバーの探針