

K7 レーザ直接描画システムによる光回路パターンの描画

山岸 正寛 西脇 力 大河 正志 関根 征士 佐藤 孝

(新潟大学工学部)

1. はじめに

光エレクトロニクスの進歩に伴い、光技術はいろいろな分野での応用が期待されている。特に光学素子を基板上に作り付ける光集積回路(Optical integrated circuits)は今後の発展が期待される有望な技術の 1 つである。これは、1 つの基板表面の屈折率のわずかに高い部分である光導波路を基本として、全体である機能をもたせたもので小型、軽量化が図れ、光軸調整などの必要がないために高信頼性、安定性が向上する。

光集積回路は一般に単一モードチャネル導波路で構成されるため、その作製や加工にはマイクロメートル・オーダーの精度が要求される。そのため高度な微細パターン露光技術が必要になってくる。これまではマスクを用いたフォトリソグラフィによる方法が広く利用されてきたが、本研究ではフォトレジストにレーザで直接露光して描画を行う方法を用いることとした。この方法は高精度で、大面積のパターニングが行え、安価にシステムが構成できる。また、マスクを用いないので容易に描画パターンを変更することができ、研究段階では向いている。

本研究では、レーザ直接描画システムの構築、制御プログラムの開発及び実際に光導波路用パターンの描画を行った。

2. レーザ直接描画システムの構築

図 1 にレーザ描画システムの構成を示す。フォトレジストの露光光源として He-Cd レーザ ($\lambda=442\text{nm}$) を用いている。レーザビームは、対物レンズ 1~レンズでコリメートされ、対物レンズ 2 によって集光され、基板に照射される。なお、露光する光強度は基板の部分にパワーメータのヘッドを入れ、減衰板で調整する。また、基板は X-Y 微動台によってスムーズに移動させることができる。導波路パターンは種々の直線や曲線を接続して描かれるため、X-Y 微動台と同調してレーザビームを ON/OFF させる必要がある。そのため、スイッチング素子としてミラー-2 と対物レンズ 1 の間に音響光学素子 (Acousto-optic Modulator) (以下 AOM) を入れている。X-Y 微動台はステージコントローラを通して RS232C でコンピュータと接続されており、AOM は、ドライバを通してコンピュー

ターの D/A 変換ボードと接続されている。コンピュータは次項に示すような制御プログラムによって導波路パターンデータを正確に翻訳し各機器に制御命令を送る。ところで、ピンホール 2 の径は、対物レンズの径に合わせてあり、ここで不必要な光が取り除かれる。また、Z 方向の調整には基板の反射光のビームスポットの大きさを観察することによって行うため、ビームスプリッタによって分岐させている。

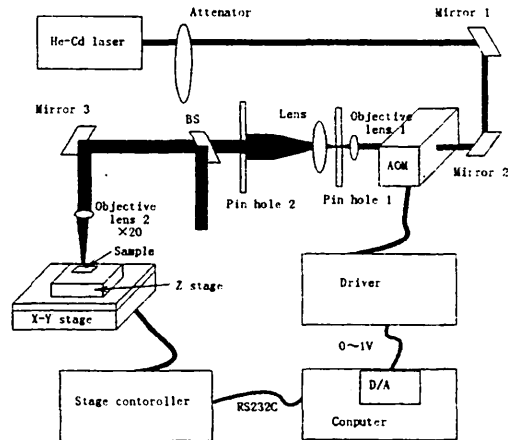


図 1 レーザ描画システム

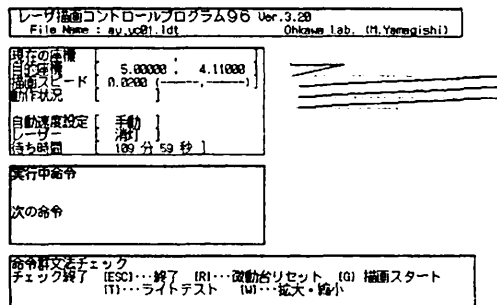


図 2 レーザ描画システム制御プログラム実行画面

3. 制御プログラムの作成

制御プログラムは PC9801 用で、C 言語で作成した。本プログラムは、描画パターンの命令を X-Y 微動台と AOM への出力コマンドにそれぞれ翻訳し、コンピュータが各機器に出力するものである。またプログラムは現在の描画位置をグラフィックを用いてビジュアル的に表示する機能を持っている。図 2 にプログラム実行画面を示す。当初のプログラムは描画の終端の処理で X-Y 微動台の移動終了命令をコンピュータが受信した後、AOM に光照射を停止する命令を送っていた。しかし、データのやりとりにならずにはあるが時間がかかり、X-Y 微動台が停止しているのに光が照射されたままとなり、終端に露光オーバによる膨らみができていた。(図 3a) そこで制御方法の検討を行い、プログラムに改良を加えた。改良後の制御は、X-Y 微動台の移動終了命令を使用せずに、コンピュータが移動距離/移動速度で算出される描画時間を AOM の光照射時間とし、これをコンピュータの時間計測機能により、1/1000 秒の精度で計測している。以上の改良により、終端の問題は解決した。(図 3b)

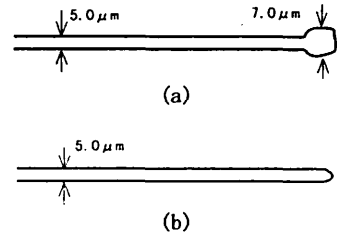


図 3 プログラム改良前・後の終端の描画

4. パターン描画

以上の改良型プログラムとレーザ直接描画システムを用いて実際の光回路パターンの描画を行った。今回の描画用基板の作製工程を図 4 に示す。それぞれ図 5, 6 の Y 分岐導波路 (Y-branching waveguide)、S 字形導波路 (S-shaped waveguide) のパターンを描画した。図 5 の Y 分岐導波路は 0.01rad で分岐させている。これにより比較的損失の少ない分岐を実現できるものと期待される。図 6 の S 字形導波路は分岐後の導波路間隔を広げるために有効である。S 字形導波路は、1° (0.017rad) づつの 45 本の直線とで構成される円弧部とななめの直線と更に 45° の円弧部とで構成されている。なお描画条件は共に、X-Y 微動台の移動速度 0.08mm/sec、基板照射光強度は 500mW とした。

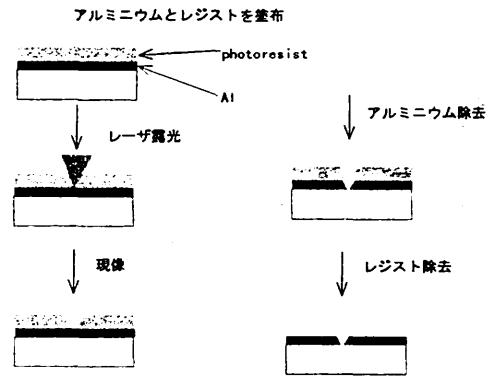


図 4 基板作製工程

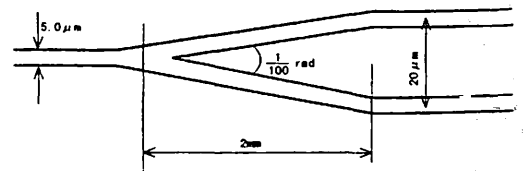


図 5 Y 分岐導波路用パターン描画

5. まとめ

以上にレーザ直接描画システムの制御方法について検討・改良を加え、直線導波路、Y 分岐導波路、S 字形導波路などの各種導波路パターンの描画に成功した。

今後は、このシステムを用いて実際に光導波路を作製する予定である。

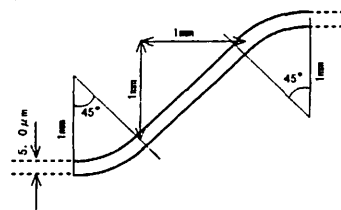


図 6 S 字形導波路用パターン描画