

北海道大学工学部 ○金 東郁 下岡聡行 勇田敏夫

【要 旨】

従来のマイクロ加工技術を用いたマイクロマシンの製作の際に生ずる形状や機構の制限を抜け出すための試みとして、マイクロ加工用光造形システムの構築を行った。このシステムでは照射方法としては規制液面法を、走査方法としてはプロッタ方式を採用している。得られた最小線幅は $5\mu\text{m}$ である。

1. はじめに

近年、1mm以下のマイクロマシンの制作のために、半導体製造プロセスを利用した微細加工技術、放電加工など従来の機械的加工を用いた機械的微細加工など様々な試みがなされている。しかし、これらの技術は完全な3次元的な構造物を制作するのは困難であり、マイクロマシンを設計する時に形状や機構が制限され、マイクロマシンの多様化を大きく妨害する要因の一つであった。

光硬化ポリマに紫外線のビームを照射して3次元のモデルを制作する技術が1980年代後半から実用化された。このシステムは複雑な3次元構造物も比較的簡単に制作できることが大きな特長である。最近この加工法をマイクロマシンの製造への応用が期待されている。

本研究ではマイクロ加工用光造形システムの構築について試みた。

2. 実験装置

マイクロ加工用光造形システムの概略図を図1に示すように、XYとZテーブル、シャッター、光学系、制御用パソコンによって構成される。

光源には紫外レーザのかわりに、安価で、かつ光出力ノイズもHe-Cdレーザより少ない超高压水銀ランプを使用している。

紫外光ビームの照射方法としては、マイクロ加工用として、エレベータ(Zテーブル)の精度の範囲で層厚が設定でき、精度を確保しやすい規制液面法を採用している。また、紫外光ビームの走査方法としてはX-Yテーブルの精度の範囲で正確な位置決めが

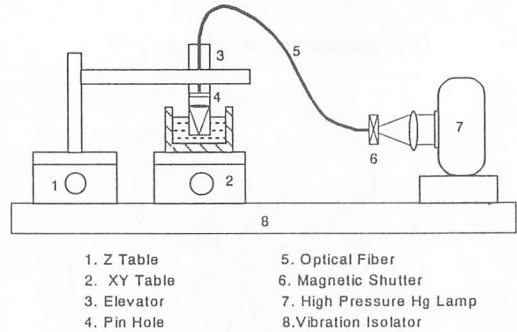


図 1. 光造形装置の概略図

可能であるため、石英ガラスファイバとX-Yテーブルによる方式を採用した。

光源から出た光は電磁シャッターによってON/OFF制御を介して石英ガラスファイバに入る。石英ガラスファイバからの光はピンホールを通過後レンズ系に入され、絞られてから、樹脂と窓ガラスの界面に焦点を結ぶ。

表 1. 加工装置の仕様

Method	Scanning, Fixed surface
Work size	30mm×30mm×10mm at maximum
Table location accuracy	XY:0.2 μm , Z:0.2 μm at minimum
Light source	High pressure Hg Lamp (100W)
Beam shutter	Electromagnetic (30Hz response frequency)
Controller	EPSON PC-286VE

表1に各構成要素の仕様を示す。

3. 実験結果

光ファイバーの出口に $20\mu\text{m}$ のピンホールを入れた場合に、レンズ系によって絞られた光の分布をBeamScan(model 2180-HR, PHOTON Inc.)を用いて測定した。

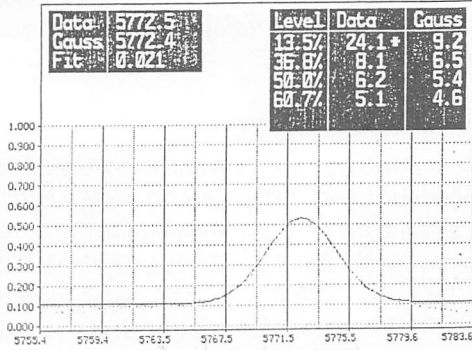


図 2. 紫外線ビームの分布及びビーム径

図2がその結果で、入射するビームの回折角は 37.9 度、ビーム径($1/e$)は $6.5\mu\text{m}$ が得られた。

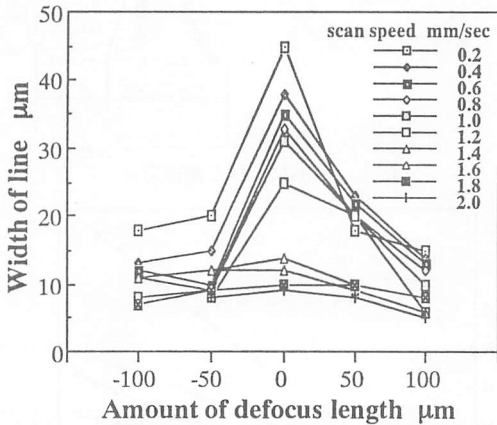
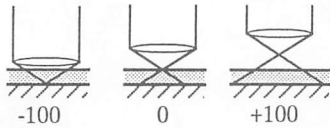


図 3. 焦点はずし量による線幅の変化

図3はカーバーガラスの表面に紫外線硬化性樹脂(SCR-200, D-MEC Inc.)を約 $100\mu\text{m}$ 塗布した面に光を照射する際、焦点はずしによって硬化する線の

幅を測定したグラフである。

スキャンスピードは 0.2mm/sec から 2.0mm/sec の範囲に渡って測定した。紫外線のパワーは 0.55mW である。スキャンスピード 1.4mm/sec 以下では焦点はずし量 $0\mu\text{m}$ を中心にして対称になる関係を示すが、スキャンスピード 1.4mm/sec 以上では対称性はあるもののほぼ変わらない線幅を示した。最小線幅はスキャンスピード 2.0mm/sec 、焦点はずし量 $+100\mu\text{m}$ で $5\mu\text{m}$ を得た。

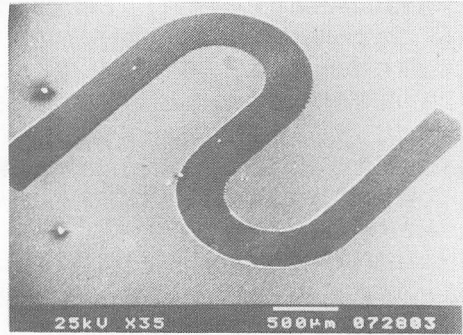


図 4. S字モデルの電子顕微鏡写真

図4はスキャンスピード 1.0mm/sec 、焦点はずし量 $+100\mu\text{m}$ 、紫外線のパワー 0.55mW の条件でS字模様を描画したSEM写真で描画精度は $8\mu\text{m}$ である。

4. まとめ

超高圧水銀ランプとX-Y-Zテーブルによって構成した小型光造形装置を用いて、入射光の強度、露光時間、集束角度、焦点位置の最適化によって最小線幅 $5\mu\text{m}$ を得ることができ、今後、この装置を利用したマイクロ構造物の製作の可能性が示唆された。

参考文献

- 高木他：光造形法による微細加工の可能性, 日本機械学会論文集C, 59, 560,(1993) 1255
- 生田他：光創成3次元マイクロファブリケーション, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会論文集(B),(1992) 545