

レーザー・集束イオンビーム複合加工機の開発

精密・電子技術部門

経済産業省の地域新生コンソーシアム研究開発事業（平成17年度～平成19年度）により、「機械・レーザー・イオンビーム複合加工による超微細デバイス開発」の研究を行いました。本稿ではその成果のひとつである「レーザー・集束イオンビーム複合加工機」とそれによるデバイス開発の一端について報告します。

■はじめに

超精密・微細な表面構造を持つ光学部品や、マイクロ医療用部品などの超微細デバイスを作製するには、ミリメートルからセンチメートルスケールのデバイス形状の全体に亘って、ナノメートルからマイクロメートルスケールの超精密微細三次元構造を高効率で加工する「マイクロ・ナノ部材加工装置」が必要です。そして、微細化を可能にする「装置精度」と、生産の経済性を可能にする「高スループット」の両立を図る必要もあります。

そこで、これらの課題を解決するため、複数のレーザー加工技術、集束イオンビーム加工技術及び機上計測技術を摺り合わせ、工作物の脱着無しで、機上計測しながら、広面積・自由形状の工作物に超精密微細三

次元構造を加工する「レーザー・集束イオンビーム複合加工機」を開発しました。そして、加工機を用いデバイスの試作を行いました。

■装置の概要

図1に、開発したレーザー・集束イオン

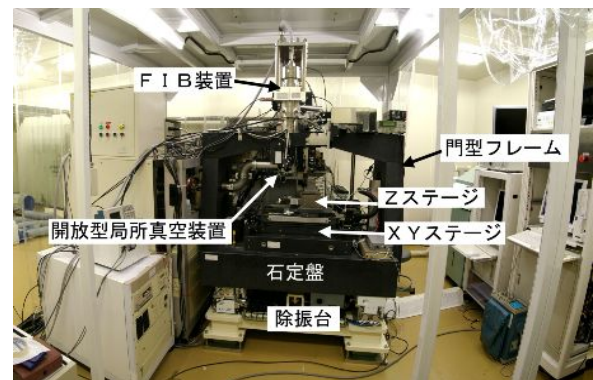


図1 レーザー・集束イオンビーム複合加工機

表1 仕様

加工用エネルギービーム	レーザー	ファイバー	波長1064nm、パルス幅10～100ns、最高出力20W、繰り返し周波数20～100kHz
		UV	波長266nm、パルス幅50ns、最高出力300mW、繰り返し周波数1～10kHz
		フェムト秒	波長1560nm、パルス幅900fs、最高出力300mW、繰り返し周波数200kHz
	集束イオンビーム (FIB)		最大加速電圧40kV、ビーム径3μm
測定装置	原子間力顕微鏡 (AFM)		最大走査範囲550×550μm、深さ方向レンジ15μm
	デカミクロン形状測定装置 (レーザー変位計)		垂直分解能0.01μm
	輪郭形状測定装置 (接触式粗さ計)		ダイヤモンド製接触針(半径2μm以下)、深さ方向レンジ1.2mm
ステージ	X-Y		ストローク250×250mm、分解能10nm
	Z		ストローク20mm、分解能10nm

ビーム複合加工機の外観、表1にその仕様を示します。装置は、除振台の上に1300×1900×250mmの石定盤を載せ、それに高さ800mmほどの石の門型フレームを組み付けた構造です。そのフレームに加工装置として、UVレーザー、ファイバーレーザー、フェムト秒ファイバーレーザーの三種類のレーザー装置と、集束イオンビーム装置（FIB）を組み込みました。さらに測定装置として、原子間力顕微鏡（AFM）、デカミクロン形状測定装置（共焦点型レーザー変位計）、輪郭形状測定装置（接触式粗さ計）を搭載しました。それらの加工ヘッドや測定ヘッドの下には高精度XYZステージがあります。

また、真空中で動作するFIBと、大気中で加工するレーザーおよび測定機で、XYZステージを共用させるため、局所真空装置を開発してFIBの下部に組み付けました。これは、局所的に真空環境を作り出す装置で、一般的なFIB装置における真空チャンバーに代わるものです。これにより、ステージに取り付けた工作物を脱着することなく連続して加工や測定ができますので、ミリメートルからセンチメートルスケールの広面積に、ナノメートルからマイクロメートルスケールの三次元構造が加工でき、またミリメートルからナノメートルスケールでの機上計測が可能です。

■加工事例および今後の展開

本装置により、数種類のデバイス試作を行いました。その一例として、図2に穴径 $\phi 2\mu\text{m}$ 、穴ピッチ $2\mu\text{m}$ で30万素子(640×470)のマイクロレンズアレイ金型の加工結

果を示します。また、図3に穴径 $\phi 20\mu\text{m}$ 、穴ピッチ $20\mu\text{m}$ で2万素子(150×150)の加工結果を示します。

今後は三種類のレーザー・FIB・機上計測装置のさらなる連携動作を検討し、次世代デバイスの開発を行います。

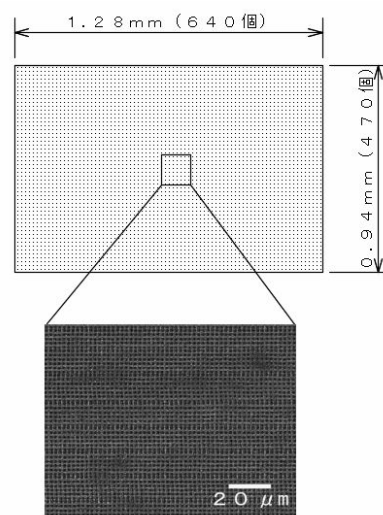


図2 $\phi 2\mu\text{m}$ マイクロレンズアレイ金型

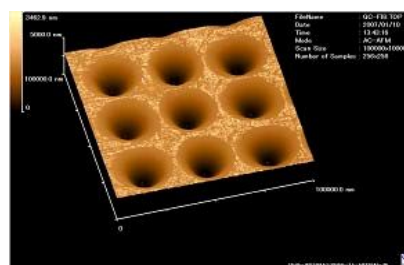


図3 $\phi 20\mu\text{m}$ マイクロレンズアレイ金型

工業技術総合センター 精密・電子技術部門
 加工部 山岸 光
 TEL 0266-23-4000 FAX 0266-23-9081
 E-mail : seimitsushiken@pref.nagano.jp