電子線真空リソグラフィ装置による 回転角エンコーダの加工*

内田 悦行**・松井 圭司***・佐合 祐稔****
羽根 一博****・森田 慎三****・服部 秀三****

(昭和62年1月12日 受理)

Total Dry Electron-Beam Vacuum Lithography System for a Rotary Encoder

Yoshiyuki UCHIDA**, Keiji MATSUI***, Masatoshi SAGO****
Kazuhiro HANE****, Shinzo MORITA**** and Shuzo HATTORI****

** (Department of Electronic Engineering, Aichi Institute of Technology, Yakusa-cho, Toyota 470-03)

*** (Okuma Machinery Works Ltd., Ohkuchi-cho, Niwa-gun, Aichi 480-01)

**** (Department of Electronic-Mechanical Engineering, Nagoya University, Chikusa-ku, Nagoya 464)

(Received January 12, 1987)

1. はじめに

本研究の特徴は、プラズマ重合レジストと電子ビーム描画装置との組み合わせによる真空リソグラフィ法によって、円形平面板以外の部品表面に超精密加工を可能にするところにある。真空リソグラフィ法は、VLSI用マスク製造法を完全ドライ化する目的で、服部らにより名古屋大学において実現した。これを発展させ、ロボットの高性能化に不可欠な回転角エンコーダ等集積機械部品に応用する。

本研究は、円形平面板以外の物体に $1\mu\text{m}$ 以上の精度の加工を施す一方法を試み、これを発展させることを目的とする。LSIの加工に用いられた光リソグラフィ工程は、従来も回転角エンコーダ等の機械計測部品の加工にも応用された。この場合、ガラス円板等に目盛図形を光リソグラフィによって加工した後、回転軸に取付けた。この方法では、目盛板の偏心 $10\mu\text{m}$ (角精度 5×10^{-4} ラジアン)以上に精度を上げることは困難であり、また目盛面の傾きのために、干渉モアレを用いることも不可能

であった。本研究では、あらかじめ軸と一体に加工された目盛面にリソグラフィ加工しうる装置を試作し、その加工精度の向上について検討し、1回転3万パルス、角精度 5×10^{-5} ラジアンの絶対番地干渉モアレ回転角エンコーダを試作する。

試作開発した電子線描画装置を組込んだ4槽回転型プラズマ成膜現象転写真空リソグラフィ装置の概要は、第1報で報告した¹⁾。この装置は、ウェハのような単一平面だけでなく、非平面形状部品に対する超微細加工の研究用に開発されたもので、まず回転角エンコーダの開発^{2,3)}に利用する。本報告では、この装置を改良し、回転角エンコーダの加工へ利用した結果について述べる。

2. 電子線真空リソグラフィ装置

4槽回転型プラズマ成膜現象転写電子線真空リソグラフィ装置は、本体、操作部、電算機部、ポンプ排気系で構成している。Fig. 1に、装置本体とポンプ排気系の外観構造図を示す。本体は大きさ $W\times D\times H=1.6\text{m}\times 1.5\text{m}\times 1.4\text{m}$ の真空槽部分と駆動・回転部分からなり、上部プレート(直径 1.14m)には、試料出入口、プラズマ成膜用電極、電子線描画鏡筒、プラズマエッチング用電極、が90度毎に取付けてある。真空槽部分は、外側に一つの円筒型の真空槽があり、その内側に中心軸回りに

* 昭和61年11月13日 第27回真空に関する連合講演会で講演(13p-17)

** 愛知工業大学工学部電子工学教室(豊田市八草町)

*** 株式会社大隈鉄工所(愛知県丹羽郡大口町)

**** 名古屋大学工学部電子機械工学教室(名古屋市中千種区)

Fig. 1 The structure of main part in the total dry electron-beam vacuum lithography system. 1, 2, 3: Rotary Pump, 4: Mechanical Booster Pump, 5: Diffusion Pump, 6: Upper Plate, 7: Door for Loader and Unloader, 8: Plasma Polymerization Head, 9: Electron-Beam Gun, 10: Reactive Ion Etching Head, 11: Cylindrical Vacuum Chamber, 12: Separated Chamber, 13: Conductance Valve, 14: Air Cylinder for Guide Roller, 17: Motor, 18: Gear, 19: Shaft.

回転できる4つに分割された扇型の分割槽がある構造となっている。

真空リソグラフィ装置では、試料挿入→分割槽回転→プラズマ重合によるレジスト成膜→分割槽回転→電子線によるパターン描画・現像→分割槽回転→プラズマエッチングによる転写→分割槽回転→試料取出し の順でプロセスが進められる。試料挿入から取出しまでのすべてのプロセスを真空中で行うことができる。

Fig. 2 Cross-sectional view of electron-beam delineation chamber. 21: Rotary Sample Stage, 22: Rotary Encoder, 23: Sample Holder, 24: Current Terminal, 31: Liq. N₂ Trap.

電子線描画室 (Fig. 2) に設置した電子線描画装置の特性は、電子ビームのビーム形状が丸型、電子線分布がガウス分布、加速電圧が1 kV ステップ 1~30 kV、また走査方式がベクタ走査、走査領域 0.5 mm×0.5 mm において最小図形幅が 0.1 μ m である。電算機制御により対話形式でパターンプログラムを作成し、実行する。今回、走査領域 2 mm×2 mm において最小図形幅を 0.5 μ m に設定して描画する。この描画装置は走査電子顕微鏡の機能もあり描画後のパターンを確認することができる。

試作時の問題点は、振動による影響で描画パターン線幅に限界があることであった。これは、本装置に組込まれている電子線描画鏡筒が上部プレートに直接取付けられている構造のためである。Fig. 1 の破線で示す排気系によるポンプの振動、モータの浮遊磁場の影響で、描画時のパターンの蛇行、SEM 観察時の画面の振れ、などがあり高倍率での描画並びに観察が困難であった。

今回、排気系を本体装置つまり電子線描画部から離すことで、微細パターンの描画や SEM での高倍率の観察

も可能になった。コンダクタンスの変化による立ち上げ時間の差は現われていない。Fig. 3 に描画パターンの顕微鏡写真を示す。

3. 回転角エンコーダの加工

回転角エンコーダの開発用に角度割出し回転試料ステージが分割槽に設置されている。この回転角度割出しは外部の電算機で制御する。加工試料としてあらかじめ軸にガラス円盤を一体組付けし、この軸を角度割出し回転試料ステージの軸に合わせ、回転角度を割出しながら、ガラス円盤上に内径 18 mm、外径 20 mm の間に 1 周 30,000 パルスの格子をリソグラフィ加工により刻む。こ

1 μm

Fig. 3 A microscopic picture of pattern delineated by electron-beam.

の加工に際して、角度割出し回転試料ステージの回転信号を電算機のパターン描画信号にフィードバックし、補正を加え、図形のつなぎ合わせを精度よく実現する。

Fig. 4 に、1 周 3,600 パルス、1 パルス毎にステージを回転し、描画したリソグラフィ加工例を示す。(a) は内径 18 mm 近傍、(b) は外径 20 mm 近傍。1 パルスの描画幅は約 16 μm である。

本装置で作製した回転角エンコーダの軸ずれ、即ち回転角エンコーダの軸とパターンの中心軸との軸ずれの影響を調べる。まずサンプルは、Fig. 5 に示す目盛板と軸を一体加工した金属で作製する。目盛板上のケガキ線を基準に軸ずれを調べる。このサンプルを数回ランダムに回転試料ステージの軸に固定し、SEM でサンプルの軸ずれを測定した。回転角度に対する軸ずれの平均値を Fig. 6 に○印で示す。回転試料ステージの軸に対してサンプルの軸が一樣に偏心して取付けられていることがわかる。

次に、このサンプル上にウェットによりレジスト成膜したシリコン基板を取付けてパターンニングする。パターンニングは、1 周 3,600 パルス、1 パルス毎にステージを回

Fig. 5 Outside drawing of metallic rotary sample.

(a)

(b)

Fig. 4 Microscopic pictures of rotary encoder delineated by the electron-beam vacuum lithography system. (a) the inner part and (b) the outer part.

Fig. 6 Displacement in the radial direction vs angle of rotation for marking-off line (○) and electron-beam pattern (□).

転し、半径 19 mm の円周に 1 パルスの描画幅約 $16\text{ }\mu\text{m}$ で行った。そして回転試料ステージから取外し、別の軸受に取付け、顕微鏡でサンプルの軸を中心に回転させて、パターンニングされた位置のずれを測定した。結果を Fig. 6 に□印で示す。サンプル軸の偏心量とパターンニングされた位置のずれ量との和が略 0 となっている。このことは、回転試料ステージの回転中心に対して正確にパ

ターンが描画されていることを示している。

なお顕微鏡でサンプルのケガキ線の軸ずれ量を観察したが、Fig. 6 に示すような偏心は観察されなかった。そしてサンプルの軸とケガキ線を中心軸は一致して作製されているという結論が得られた。

4. おわりに

4 槽回転型プラズマ成膜現像転写電子線真空リソグラフィ装置は、非平面形状部品の超微細加工に利用することを目的として試作された。今回の実験で、角度割出し回転試料ステージの回転中心に対して正確にパターンが描画されていることが確認された。しかし、ステージの軸にサンプル軸を固定する時における軸ずれ量を小さくするように、ホルダー機構の改良が残された問題である。

本研究は、民間との共同研究の成果の一部である。また本研究には、文部省科学研究費補助金一般研究 A の援助も受けている。試作に当り、装置本体は(株)昭和真空、電子線描画部は(株)エリオニクス、の協力を受けた。

〔文 献〕

- 1) 内田, 蟹江, 佐合, 堀, 服部, 松井, 大塚, 永松: 真空 **29** (1986) 424-428.
- 2) 松井, 蟹江, 佐合, 羽根, 内田, 服部: 第 47 回応用物理学会学術講演会講演予稿集 (1986) p. 318.
- 3) 佐合, 松井, 羽根, 内田, 服部: 電気関係学会東海支部連合大会講演論文集 (1986) p. 327.