収束高速原子線 (F-FAB) の収束特性*

畠山 雅規**・長濱一郎太***・中尾 政之***

畑村洋太郎***・一木 克則**・小畑 忠輔**

(受理1994年11月28日, 掲載予定1995年3月4日)

Evaluation for Focused Fast Atom Beam (F-FAB) Density

Masahiro HATAKEYAMA**, Ichirota NAGAHAMA***, Masayuki NAKAO***

Yotaro HATAMURA***, Katsunori ICHIKI** and Tadasuke KOBATA**

**(Micro Technology Lab., Ebara Research Co., Ltd., 4-2-1 Honfujisawa, Fujisawa-shi, Kanagawa 251)

*** (Dept. of Engineering Synthesis, Faculty of Engineering, The Univ. of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113)

(Received November 28, 1994, Accepted March 4, 1995)

1. はじめに

小面積もしくは局所のビームプロセスを行うことは、複雑な3次元微小構造物の作製が可能となるなど、マイクロマシニング技術の有効な一手段として期待できる^{1,2)}。

本研究では、このようなビームプロセスを効率良く行うため、ビームを収束し局所的に粒子密度を高める事ができる収束高速原子線源の開発を行っている。放出されるビーム収束特性の評価を行うために、エッチング特性実験を行った結果、ビームの収束性が確認されたので報告を行う。

エッチング特性実験では、塩素ガスによる収束高速原子線によってGaAs基板をエッチングし、そのエッチング領域におけるエッチング深さの分布を測定する事によって、ビームの収束特性の評価を行った。又、エッチングされた領域・深さ・異方性等の特性を簡単に効率よく評価するため、直径数ミクロンの微粒子を基板表面に付着させてエッチング実験を行った。この微粒子法では、微粒子によってビームの照射が妨げられた部分とビームが照射されエッチングされた部分が形成され、エッチン

グされた壁面や深さの判定が容易にできるため、サブミクロン～ミクロン形状領域のエッチング特性の評価が可能となる。微粒子を用いた加工特性評価法は、従来よく用いられているリソグラフィ技術によるフォトリソマスク形成プロセスに比べ大変簡単な工程で行える。

2. ビーム収束特性評価実験

ビームの収束特性実験では、ビームが照射された領域におけるエッチング深さの分布・形状を測定して、ビームの収束特性を評価する。Fig. 1にビーム収束特性実験の概念図を示す。ビーム収束点を基点 ($L=0$) とし、収束点からビーム中心軸方向に距離 L (mm) 離れた位置に試料基板を設置し、収束高速原子線を照射する。ビーム照射領域におけるエッチング深さの分布と形状を観察し、 L の違いによるエッチング深さ分布の比較を行う。エッチング深さの分布より高速粒子密度の分布を評価する。

本実験では、試料基板上の局所的なエッチング深さを測定するために、新たに考案した微粒子法を用いた。微粒子法は、ビーム照射時に、微粒子下部の非照射部がエッチングされない特性を利用しており、エッチングされた壁面の形状や深さを評価することが簡単に行える。実験では、試料基板上に粒径数 μm の微粒子を $100 \mu\text{m}^2$ に数個の割合で散布・付着させて用いた。微粒子形状は球

* 平成6年10月27日 第35回真空に関する連合講演会において講演

** 銲庄原総合研究所 (〒251 神奈川県藤沢市本藤沢4-2-1)

*** 東京大学工学部産業機械工学科 (〒113 東京都文京区本郷7-3-1)

Fig. 1 Conceptual diagram of etching experiment.

Fig. 2 SEM photograph of etched GaAs structure with micron sized particle.

形であるが、分散状態により、複数の微粒子が接合した状態で試料基板上に付着している場合もある。又、材質はZn/Cd/Agの含有物で、通常、蛍光粒子としてよく用いられている。

Fig. 2に微粒子法によるエッチング例を示す。微粒子の影部がエッチングされないで、ビームの照射を受けた底面のみが選択的にエッチングされており、なめらかな表面となっているのが観察される。又、微粒子の形状がビームにより直接投影されたエッチング領域と、垂直にエッチングされた側壁状態が観察され、異方性エッチン

Fig. 3 Etched depth distribution at $L=0, +20, -20$ (mm).

グが達成されている事がわかる。尚、本実験条件下では、エッチング前後で、微粒子の形状変化は認められなかった。エッチング深さの判定は、エッチング形状評価と同様に、電子顕微鏡写真より測定した。エッチング特性は、入射するビームの指向性やラジカル供給量・ラジカル種に強く依存し、ビームの指向性が悪く、供給ラジカル粒子と試料の反応性が高い場合には、等方的なエッチング特性となる。微粒子法を用いて高速原子線による

エッチング特性評価を行う場合に、上述したように、異方性・エッチング深さ・エッチング面の状態等の評価を簡単に行うことが出来る。

Fig. 3 は、収束高速原子線が照射された領域におけるエッチング深さ分布特性を評価するため、微粒子法を用いてエッチング実験を行った結果である。実験条件は、ビームエネルギー：4 keV，真空チャンバ圧力：0.013 Pa，ビーム収束角度：6.4度，エッチング時間：3 時間，である。試料の設置位置は、収束点 $L=0$ と $L=\pm 20$ mm であり、 L の違いによるエッチング深さ d (μm) の分布特性の比較を行った。試料基板の各設置位置において、ビーム中心軸 ($R=0$) から径方向に距離 R 離れた位置でのエッチング深さを測定し、エッチング深さ分布特性を得た。得られたエッチング深さ分布特性では、ビーム中心軸に近い程エッチング深さが深くなっている。又、異なる L の場合で比較すると、収束点に近い程ビーム中心のエッチング深さが深く、エッチング領域も狭くなっている。この結果より、収束高速原子線は収束点に近い程ビーム中心付近の高速粒子密度が高くなっていることがわかる。

3. ま と め

開発した収束高速原子線源のビーム収束特性を評価す

るため、GaAs のエッチング実験を行い、以下のことがわかった。

1) エッチング深さの分布や形状評価を簡単に行うため、微粒子法を考案し、開発された収束高速原子線のビーム収束特性実験に用いた。この方法は、エッチングされた領域・深さ・異方性等、局所的なエッチング特性評価が可能であり、ビームの特性評価に有効であることがわかった。

2) 開発された収束高速原子線源のビーム収束特性評価より、ビーム収束点付近において高速粒子密度が高くなっていることが確認された。

〔文 献〕

- 1) Y. Hatamura, M. Nakao, T. Sato, K. Koyano, K. Ichiki, H. Sangu, M. Hatakeyama, T. Kobata, and K. Nagai, "Construction of 3-D Micro Structure by Multi-Face FAB, Co-Rotational Robot and Various Mechanical Tool", Proceeding of the 7th IEEE International Workshop on MEMS, pp297-302, Jan (1994).
- 2) M. Hatakeyama, K. Ichiki, T. Kobata, M. Nakao, and Y. Hatamura, "Fast atom beam (FAB) processing with separated masks", IEICE Transactions on Electronics vol. E77-C No. 2. pp174-179, Feb (1995).