

K6-75

FIB の基本特性に関する研究 溝加工を用いた加工特性の評価

The Study on Fundamental characteristics of FIB system

Evaluation of processing characteristics based on the machining of nano-scale slots

○小宮佑貴¹, 関根務², 星野倫彦²*Yuuki Komiya¹, Tsutomu Sekine², Michihiko Hoshino²

Abstract: Focused ion beam (FIB) systems are one of the most important pieces of equipment in nanoscale machining, and these systems can etch material and deposit 3-D nanoscale structures with high aspect ratios. However, despite considerable research effort, the evaluation of processing characteristics has been immature. In this paper, the machining of nanoscale slots was performed to evaluate the processing characteristics of FIB system. Then, nanoscale characters were machined based on the evaluated characteristics.

1. 緒言

Focused Ion Beam (FIB) system は、ナノスケールでの三次元構造の製作が可能であり、次世代の微細加工技術におけるキーテクノロジーとされている。そのため、FIB system の持つ優れた特性を活かした微細加工に関する研究が活発に行われてきた¹⁾。しかしながら、FIB system の性能や信頼性を評価方法に関しては未だに未成熟であり、装置の各機能の特性が微細加工時にどのように影響を及ぼしているのかは定かでない。

そこで本研究では、微細溝加工を行うことによって、FIB system の加工方向とビーム径が加工後の溝幅に及ぼす影響について検討した。微細溝を製作する際には加工方向とビーム径を変更することによって生じる傾向を調査した。また、その結果より得られた傾向を考慮して加工条件を選定し文字の製作を試みた。

2. FIB system

本実験では FIB system として日立ハイテクノロジー社製 FB2200 を用いた。FIB system の外観を Figure 1 に示す。

FIB system は、液体の Ga を電界蒸発させることで Ga イオンビームを生成し、それを加速させたものを静電レンズを用いて集束させる。さらにビーム径を絞るために、集束させたイオンビームをアパーチャと呼ばれる微細な穴に通す。そして、径を絞ったイオンビームを試料に当てながら走査していくことで、試料の原子が弾き飛ばされるスパッタリング現象を用いて加工を行う。

また、イオンビームを照射することで試料から発生する 2 次イオン、2 次電子を検出器を用いて結像した



Figure 1. FIB system

Scanning Ion Microscope (SIM) 像が得られ、SEM のように観察を行なうことができる。

3. 実験方法

本実験では試料に A2017 を用いて、Figure 2 に示すパターンの溝加工を行ない、2 種類のイオンビームを用いて設定した溝の幅になるように加工を行い、その結果について検討した。その後、実験結果より選定したイオンビームを用いて、 $21.1\ \mu\text{m} \times 8.8\ \mu\text{m}$ の範囲で文字加工を行なった。

溝加工における実験条件は Figure 2 に示すように右側から 0.5, 0.4, 0.3, 0.2, $0.1\ \mu\text{m}$ の溝幅とする。イオンビームは 40-1-150, 40-1-300 の 2 種類を用いた。イオンビームの数字の意味は、40 が加速電圧[kV], 1 がコンデンサーレンズに電圧を印加しているか (0 は電圧を印加しない観察モード, 1 は電圧を印加する加工

1 : 日大理工・学部・機械 2 : 日大理工・教員・機械

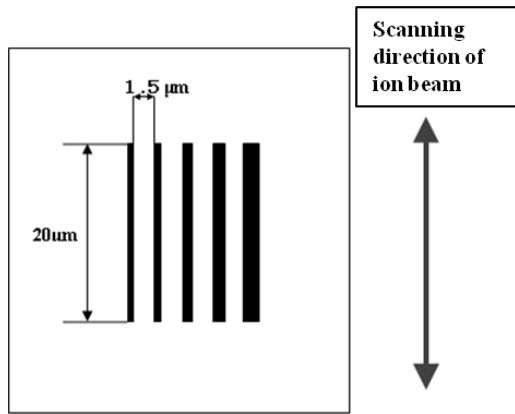


Figure 2. A schematic of slot machining

モード), 残りの数字がアパーチャ径を表している. このイオンビームを溝加工では各溝に 1 分間ずつ, 文字加工では文字全体で 2 分間だけ図形に対して縦方向に走査させた.

4. 実験結果と考察

40-1-300 のイオンビームで溝加工をしたときの加工後の試料表面の状態を Figure 3 に示す. また 40-1-150, 40-1-300 の 2 種類のイオンビームにおける溝幅の設定値と測定値の関係を Figure 4 を示す. Figure 4 における点線は理想値を表している. Figure 4 より 2 種類のイオンビーム共に, 初めは理想値と同じ溝幅となったが, 溝幅を小さくすると理想値からずればじめ, ある一定の溝幅に収束することがわかった. また, 2 種類のイオンビームを比較すると 40-1-150 のイオンビームの方が, より小さい溝幅まで設定値通りに加工できることが確認できたので, 文字加工には 40-1-150 の方が適していると考えられる.

以上の結果より, 40-1-150 のイオンビームを用いて文字加工を行った後の試料表面の状態を Figure 5 に示す. Figure 5 より文字の加工を行うことができたが, 文字の周りに白い跡が残ってしまった. この跡はスパッタリング現象で弾き飛ばされた試料の原子が, 再付着したことが原因ではないかと思われる.

5. まとめ

本研究では, ナノスケールでの三次元構造を製作するために, 微細溝加工を行うことによって FIB system の加工特性を評価した. 実験ではアパーチャ径の異なる 2 種類のイオンビームを用いて溝加工を行った. 実験結果は, アパーチャ径を小さくしていくことで, 極めて小さな溝幅をイオンビームによって加工できる可能性を示している.

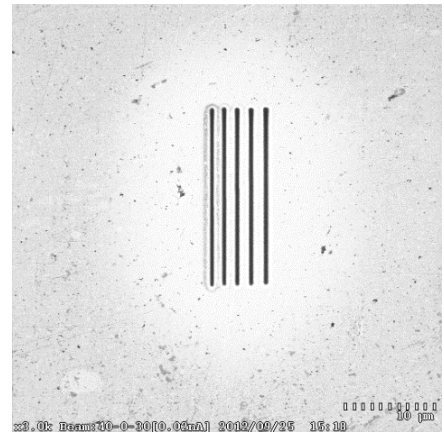


Figure 3. Slot machining (Experiment)

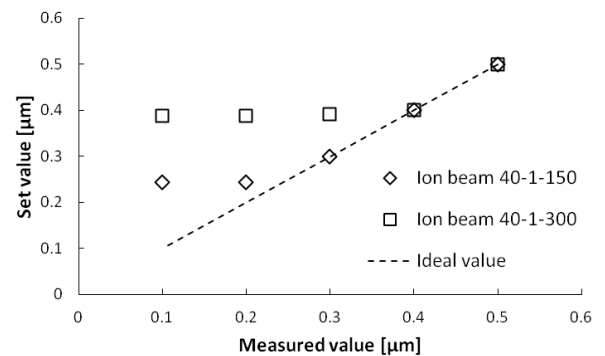


Figure 4. Relationship between set and measured value

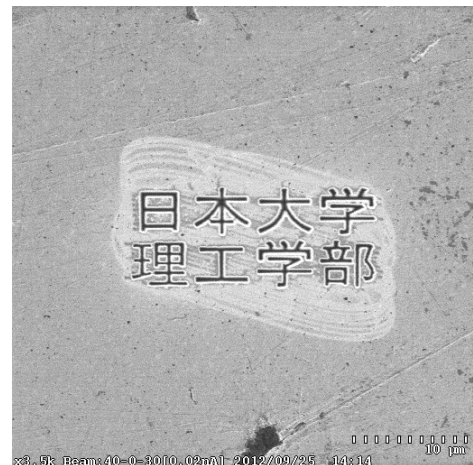


Figure 5 Character machining (Experiment)

また, 実験によって得られた加工特性を考慮することで FIB system によってナノスケールにおいて精密な微細加工が可能である.

6. 参考文献

- [1] Kang, H.W. and Cho, D.W.: "Design and measurement of nanopatterns for FIB reliability assessments", Micro Elec. Eng., Vol.84, pp.818, 2007