

プロトンマイクロビームとレンジシフターを利用した 3次元加工技術の開発

Development of 3D Micromachining Technique Using Proton Microbeam and Range Shifters

原子力機構量子ビーム¹, 原子力機構高崎研², [○]酒井卓郎¹, 飯倉寛¹, 安田良¹,
江夏昌志², 佐藤隆博², 石井保行²

JAEA QuBS¹, JAEA TARRI², [○]T. Sakai¹, R. Yasuda¹, H. Iikura¹, M. Koka², T. Satoh², Y. Ishii²

E-mail: sakai.takuro@jaea.go.jp

MeV 級プロトンビームの直接描画による微細加工技術 (Proton Beam Writing, PBW) は、アスペクト比の高い加工が可能であり、光導波路の作成などに応用されている¹⁾。加工の深さ方向は入射プロトンの飛程により一義的に決まるため、深度制御が必要な場合は、入射ビームのエネルギーを変更する必要があるが、調整には長時間を要し、位置再現性にも問題がある。そこで、プロトンビームの飛程を調整するレンジシフターを導入し、短時間で3次元的な加工が可能な技術開発を行ったので報告する。

薄膜を通過させることで飛程を調整するレンジシフターを用いる場合、ビームは多重散乱により発散してしまう。このため、 $1\ \mu\text{m}$ 程度まで集束したマイクロビームに適用することは、従来までは行われていなかった。一方、原子力機構 TIARA の軽イオンマイクロビーム装置においては、プロトンビームを大気中に取り出すためのビーム窓があり、この膜厚を可変にすることで、レンジシフターとして利用することが可能である。窓材としては、 $1.5\ \mu\text{m}$ 厚 Mylar、 $7.5\ \mu\text{m}$ 厚 Kapton、 $12.5\ \mu\text{m}$ 厚 Kapton、 $20\ \mu\text{m}$ 厚 Mylar、 $50\ \mu\text{m}$ 厚 Kapton の 5 種類を用いた。加工を施すレジスト材料は、感度の高い紫外線硬化樹脂 (EO 変性ビスフェノール A ジアクリレート) を利用し、5 種類の深度 (高さ) に対応するパターンをそれぞれ照射した。照射後の試料をエタノールで現像し、走査電子顕微鏡 (SEM) で観察した結果を右図に示す。想定した通りの構造に加工できているのが判る。また、この加工に要した時間は 10 分以下であり、新たな 3 次元加工技術としての応用が期待できる。

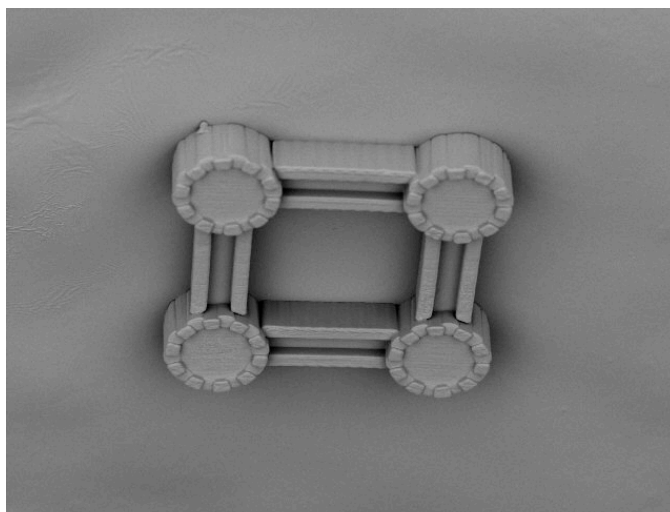


図 3次元加工を施した試料の SEM 写真 (Scale bar: 1mm)

1) T.C. Sum, A.A. Bettiol, H.L. Seng, I. Rajta, J.A. van Kan, F. Watt, Nucl. Instr. Meth. B 210 (2003) 266, [http://dx.doi.org/10.1016/S0168-583X\(03\)01028-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0168-583X(03)01028-0).