

## 強く集光した径偏光ビームによるレーザー微細加工 の材料依存性

### Material Dependence of Laser Microfabrication by Using Tightly Focused Radially Polarized Beams

東北大多元研 佐藤 柁, °小澤 祐市, 佐藤 俊一

IMRAM Tohoku Univ., Masaki Sato, °Yuichi Kozawa, Shunichi Sato

E-mail: y.kozawa@tohoku.ac.jp

はじめに：レーザー光断面において放射状の偏光分布を持つ径偏光ビームは、開口数が大きな対物レンズで強く集光されると、軸方向電場が焦点に強く発生する性質を持つ。この時の集光スポットは軸方向電場が支配的となり、同条件で直線・円偏光を集光する場合に比べて、スポット径が小さくなることが知られている。現在我々は、このような特異な性質を持つ径偏光ビームをレーザー微細加工に応用し、加工サイズの縮小化や高精度化を目指した研究を進めている。しかしながら、試料に対して径偏光ビームを垂直に集光する場合において、焦点に生ずる軸方向電場が材料のアブレーション過程にどのように寄与するかは不明な点も多い。前回我々は、銅表面に対して径偏光ビームを強く集光し、シングルショットでのアブレーション加工を行ったところ、焦点での強度分布を反映した加工痕が得られることを実験的に明らかにした[1]。今回は、このようなアブレーション加工における材料依存性を詳細に検証した結果を報告する。

実験方法および結果：波長 1040 nm のフェムト秒パルスレーザー（パルス幅~300 fs, 最大パルスエネルギー40  $\mu$ J）を開口数 0.85 の対物レンズで試料表面に集光した。液晶分割波長板を用いてレーザー光を径偏光および軸方向電場が発生しない方位偏光に変換した。さらに、焦点での軸方向電場を相対的に強く発生させるために、反射型の液晶空間光変調器(SLM)を用いて 6 重リング状の強度分布を持つ高次ラゲールガウスモードビームに変換した。本条件において鏡面研磨した銅、アルミニウム、チタン、鉄、ジルコニウム、およびシリコン基板、ガラス（この場合のみ SLM は不使用）のそれぞれについて、アブレーションが確認されるエネルギー閾値の 2 倍のパルスエネルギーでシングルショット加工を行った。得られた加工痕を走査型電子顕微鏡で観察した結果を図 1 に示す。本条件では、銅およびアルミニウムについては、方位偏光・径偏光で焦点での強度分布(図 1 左)を反映した加工痕が確認された。一方で、それ以外の材料では、照射偏光状態に依らずいづれも加工痕中心部においてドーナツ状あるいはピラー状の構造物が形成された。このように、得られる加工痕形状と焦点での偏光状態の間には材料依存的な関係が確認された。詳細な実験結果については当日報告する。

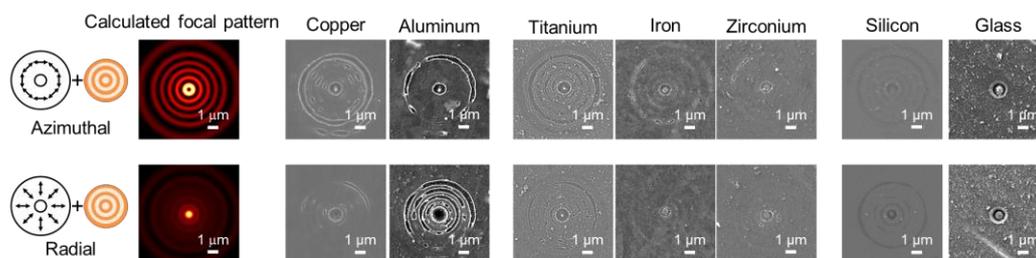


Fig. 1 Observed images of craters fabricated on Cu, Al, Ti, Fe, Zr, Si substrate, and glass surfaces by using tightly focused, azimuthally polarized (top row) and radially polarized beams (bottom row).

参考文献：[1] 佐藤, 小澤, 佐藤: 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会, 18pN304-11 (2019).