フェムト秒レーザーダブルパルス照射による金属表面への酸化膜形成によるドット着色

Dot coloring on metal surface with oxide film formed by femtosecond-laser double-pulse irradiation

京大院理 [1]，京大化研 [2]，京大院工 [3]，阪大院工 [4]，阪大接合研 [5]

○西野　将伍 [1,2]，橋田　昌樹 [1,2]，清水　雅弘 [3]，古川　雄規 [1,2]　小島　完興 [2]，井上　峻介 [1,2]，

竹中　啓輔 [4]，塚本　雅裕 [5]，阪部　周二 [1,2]

GSS, Kyoto Univ. [1], ICR, Kyoto Univ. [2], GSE, Kyoto Univ. [3], GSE, Osaka Univ. [4]

JWRI, Osaka Univ. [5], ◦Shogo Nishino[1,2], Masaki Hashida[1,2], Masahiro Shimizu [3]

Sadaoki Kojima [2], Shunsuke Inoue [1,2], Keisuke Takenaka[4]

Masahiro Tsukamoto [5], Shuji Sakabe [1,2]

E-mail: snishino@laser.kuicr.kyoto-u.ac.jp

レーザーによる金属着色法には酸化膜形成による干渉もしくは表面に形成される微細な構造を利用する方法がある。いずれの方法も表面の構造を均一にするためレーザーもしくは試料のいずれか一方もしくは両方の走査が必要である。そのため所望の色に着色するには様々な加工条件（フルーエンスと走査速度の組み合わせ）が必要である。本研究ではレーザーを用いてインクジェットプリンターのような三原色ドット着色を目指し実験を行った。本論文ではフェムト秒レーザー二波長ダブルパルス照射（時間差Δt をつけて波長の異なる二つのパルスを照射する方法）によりドット状（数十μm）の着色に成功し,着色に寄与している酸化膜の定量的な測定に成功したので報告する。

使用したレーザーは波長 800 nm、繰り返し 1 kHz、パルス幅 150 fs（IFRIT, Cyber Laser）であり、ターゲットにはチタン基板を用いた。レーザーパルスはハーフミラーで分岐し、一方のパルスは BBO 結晶を用いて波長 400 nm に変換した。二つのパルスの偏向を直交させ、ビーム径をともに 25 μm とし、時間差やフルーエンスの組み合わせ、照射回数を変えてこれらをチタン基板上に集光照射した。また比較のため基本波、二倍波のみを照射するシングルパルス照射も行った。Figure. 1 にダブルパルス照射により着色された照射領域を示す。シングルパルス照射では着色されなかったがパルス間に適切な時間差を設けてダブルパルス照射することで着色に成功した。ドット着色について、その着色機構を調べるため EPMA（JXA-8100, JEOL）を用いて元素分析を行ったところ褐色と青色のいずれも照射領域全体が一様に酸化されており酸化膜形成による着色の可能性が示唆された。また AES（PHI-700, ULVAC-PHI）を用いて酸化膜の厚みを定量的に測定したところ褐色の方が青色の 3 倍程度大きいことがわかった。今後は形成される酸化膜の厚みを決める加工条件を明らかにし酸化量を制御することで三原色（シアン、マゼンタ、イエロー）を用いたドット状の着色を目指す。

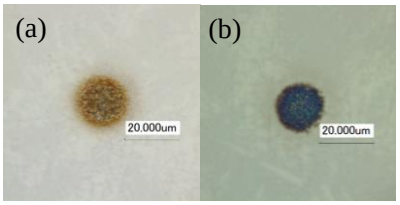

Fig. 1 Laser microscope image of irradiated area
(a) Brown, 140 mJ/cm^2 (λ = 800 nm)
+ 47 mJ/cm^2 (λ = 400 nm), Δt = 60 ps, 150 pulses
(b) Blue, 150 mJ/cm^2 (λ = 400 nm)
+ 31 mJ/cm^2 (λ = 800 nm), Δt = 200 ps, 30 pulses

謝辞：本研究の一部は、科学研究費補助金（基盤研究（C）課題番号 JP16K06745）、及び（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「エネルギー・環境新技術先導プログラム／新機能材料創成のための高品位レーザー加工技術の開発」、大阪大学接合科学研究所の「接合科学共同利用・共同研究拠点」の支援を受けて行われた。