

GHz バーストモードフェムト秒レーザーを用いた Ti 表面への新奇 2 次元表面微細周期構造の形成

Formation of novel two-dimensional periodic surface nanostructures on titanium by GHz burst mode femtosecond laser pulses

理研 光量子¹, 東京農工大², 河北科技大³

○川端 祥太^{1,2}, 小幡 孝太郎¹, 白石^{1,3}, 宮地 悟代², 杉岡 幸次¹

RIKEN Center for Advanced Photonics¹, Tokyo Univ. of Agri. and Tech.²,
Hebei Univ. of Sci. and Tech.³

○Shota Kawabata^{1,2}, Kotaro Obata¹, Shi Bai¹, Godai Miyaji², and Koji Sugioka¹

E-mail: ksugioka@riken.jp

近年、パルス間隔が数百ピコ秒程度の超高繰り返しフェムト秒 (fs) レーザーパルス列 (バーストパルス) で構成される GHz バーストモード fs レーザーは、従来の fs レーザーの照射方式 (シングルパルスモード) と比較して、熱損傷の少ない高品質なアブレーション加工が可能であることが実証されている[1,2]。我々は、GHz バーストパルスを Si のレーザー誘起表面周期構造 (Laser-Induced Periodic Surface Structure: LIPSS) 形成に応用し、GHz バーストモードによる新しい表面微細周期構造形成の可能性について検討を行った。その結果、GHz バーストモードは、シングルパルスモードで形成される偏光方向に垂直な LIPSS に加えて平行な方向にも周期性を有する 2 次元 (2D) LIPSS を形成することを初めて見出した[3]。また、幅広い用途で利用されている金属材料である Ti においても GHz バーストモードを用いることにより、シングルパルスモードで形成される LIPSS とは異なる新奇な LIPSS を形成できることを明らかにした[4]。本研究では、Ti 表面に GHz バーストパルスで形成される新奇表面微細構造の加工パラメータの依存性および最適化、物理的メカニズム、表面に付与される機能について検討を行った。

Fig. 1 は、Ti 基板表面に (a) シングルパルスモード fs レーザー、および (b) GHz バーストモード fs レーザーにより形成した LIPSS の走査型電子顕微鏡 (SEM) 画像である。レーザーパワー 16 mW の直線偏光の fs レーザー (中心波長: 1030 nm、パルス幅: 230 fs、繰り返し周波数: 10 kHz) を、焦点距離 50 mm のアクロマティックレンズにより約 20 μm に集光照射し、ステージを 5 mm/s の速度で走査した。Ti 表面には、シングルパルスモードでは、偏光方向に垂直方向に周期約 730 nm の 1D LIPSS が形成された (図 1 (a))。一方、バーストパルスを構成する fs レーザーパルス (イントラパルス) 数を 7、イントラパルスの間隔 205 ps (4.88 GHz)、イントラパルス列における個々のパルスエネルギーの強度分布を Fig. 1 (b) 右に示すように調整した場合、偏光方向に対して垂直方向に周期約 980 nm に加えて、偏光方向に平行方向に周期約 1600 nm の 2D LIPSS が形成された (図 1 (b))。以上の結果は、加工パラメータを最適化した GHz バーストモードを用いることにより、シングルパルスモードの fs レーザーによる加工結果とは大きく異なる規則正しい 2 次元の表面微細周期構造を形成できることを示している。

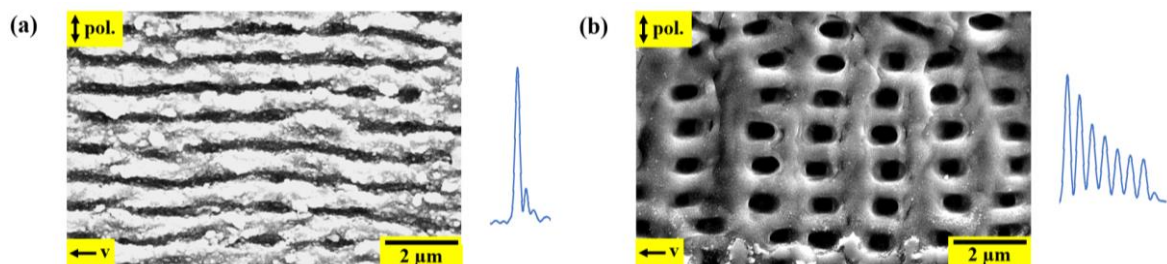


Figure 1. SEM images of LIPSS on titanium substrates formed with (a) single-pulse mode fs laser pulses and (b) GHz burst fs laser pulses each having 7 intra-pulses of 16 mW at a scanning speed of 5 mm/s. The irradiated pulse shapes are shown on the right side of each SEM image.

- [1] F. Caballero-Lucas *et al.*: “Enhanced ablation efficiency for silicon by femtosecond laser microprocessing with GHz bursts (BiBurst)”, *IJEM*, vol. 4, 015103 (2022).
- [2] K. Obata *et al.*: “Material Processing at GHz Burst Mode by Femtosecond Laser Ablation”, *JLMN*, vol. 16, pp.19-23 (2021).
- [3] S. Kawabata *et al.*: “Two-dimensional laser-induced periodic surface structures formed on crystalline silicon by GHz burst mode femtosecond laser pulses”, *IJEM*, (in press).
- [4] S. Kawabata *et al.*: “GHz バーストモードフェムト秒レーザーによる金属への表面微細周期構造の形成”, 第 83 回応用物理学会秋季学術講演会, 22p-C301-14.