

ナノ秒パルスレーザーを照射したチタン表面のナノドット構造形成

Nanodot structure formation on titanium surface irradiated with nano-second laser

東海大院理¹, 東海大院工², 東海大総科研³, 核融合科学研⁴ ○關 一樹¹, 岡崎 未来瑠², 坂上 仁志^{3,4},
山口 滋¹, 橋田 昌樹³

Dept. Sci. Tokai Univ.¹, Dept. Eng. Tokai Univ.², RIST Tokai Univ.³, NIFS⁴, °Kazuki Seki¹,

Mikuru Okazaki², Hitoshi Sakagami^{3,4}, Shigeru yamaguchi¹, Masaki Hashida³

E-mail: 2csnm011daigaku@gmail.com

1. はじめに

レーザーフルエンスが材料の破壊閾値を超えると、飛散・剥離（アブレーション）が起こり、加工痕跡が残る。破壊閾値については、融解閾値とアブレーション閾値が知られている。融解閾値は材料の融点とレーザーの反射率などの値から求められる。ナノ秒レーザーを用いたチタンの微細周期構造形成に関する報告は数例¹⁾あるものの、融解閾値 ($0.30\text{J}/\text{cm}^2$)²⁾以下での報告についてはない。このため、融解閾値以下のレーザーで照射した場合の表面形態に関する知見はない。本研究ではナノドット構造形成を目的とし、融解閾値以下で照射を行い、その表面形態を調べたので報告する。

2. 実験と解析

Nd:YAG レーザーから発振したナノ秒パルス（波長 532 nm、パルス幅 10 ns、繰り返し周波数 10 Hz）は、シリンドリカルレンズ（ $f=300\text{ mm}$ ）を用いてチタン表面に入射角度 0° で集光照射した。照射位置でのビーム径 ($FWe^{-1}M$) は水平方向 8.8 mm、垂直方向 $18 \pm 1\text{ }\mu\text{m}$ であった。垂直方向のレーザー光の空間形状はガウス分布を示した。一方、水平方向はトップハット形状の分布を示した。レーザーエネルギーは偏光子と 1/2 波長板からなるエネルギー減衰器によって 172 μJ から 5.55 mJ に変化させ、レーザーフルエンスは $F = 0.11\text{ J}/\text{cm}^2$ から $3.30\text{ J}/\text{cm}^2$ に制御した。照射パルス数 N は、レーザーの繰り返し周波数 R 、掃引方向（水平方向）のビーム径により求められ、 $N=100$ パルスとなるようにチタンを水平方向に速度 0.88 mm/s で掃引した。レーザー照射はハッチング距離を 16 μm にし、2 往復した。

照射し表面改質したチタン表面を FE-SEM を用いて観察した。Fig.1(a)は大気下における融解閾値以下のレーザーフルエンスで照射した場合の表面形態と(b)未照射の表面形態の FE-SEM 観察像を示す。

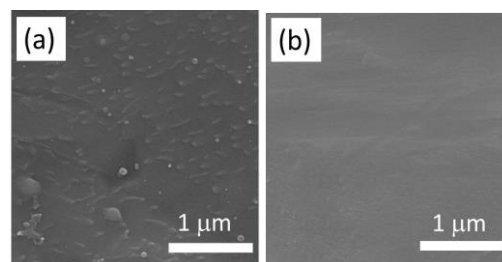


Fig.1 FE-SEM images of titanium surface irradiated by nano second laser at the fluence of $0.22\text{J}/\text{cm}^2$ (a) and nonirradiated titanium surface (b).

融解閾値以下のフルエンスでは、約 100 nm の大きさのドット構造が形成された。

3. 終わりに

大気において、融解閾値 ($0.30\text{J}/\text{cm}^2$) 以下及び、以上のレーザーフルエンスで照射されたチタンの表面形態と未照射の FE-SEM 観察像を比較した。融解閾値以下のフルエンスでは、約 100nm の大きさのドット構造が形成された。一方、融解閾値以上のフルエンスにおいて大気中で照射された表面は融解に伴う亀裂が発生した。

謝辞:本研究の一部は、H30-R9 年度文部科学省光・量子飛躍フラッグシッププログラム(Q-LEAP)基礎基盤研究「先端ビームによる微細構造物形成過程解明のためのオペランド計測」JPMXS0118070187, 天田財団重点研究開発助成(課題番号 AF-2018203-A3), NIFS 共同研究(NIFS22KIIS004)及び大阪大学接合科学研究所「接合科学共同利用・共同研究拠点」共同研究員制度の支援を受けて行われた。

4. 参考文献

- 1) A.F. Pan, W.J. Wang, X.S. Mei, B.X. Zheng, Z.X. Yan, Appl. Surf. Sci. **387** (2016) 1046-1053.
- 2) 關 一樹, 山口 滋, 橋田 昌樹, “ナノ秒パルスレーザーによるチタンの破壊閾値フルエンス”, レーザー学会学術講演会第 43 回年次大会(2023 年) P01-19p-P-13.