

高強度レーザーによる機能性材料の表面改質

Surface Modification of Functional Materials by Intense Laser

西村靖彦^{1,2}, 北川米喜², 森 芳孝², 石井勝弘², 花山良平², 東 博純³, 日置辰視⁴, 元廣友美^{4,5},
西 哲平⁵, 米田 修⁶, 関根尊史⁷, 佐藤伸弘⁷, 栗田隆史⁷, 川嶋利幸⁷, 菅 博文⁷,
砂原 淳⁸, 千徳靖彦⁹, 三浦永祐¹⁰

Y. NISHIMURA^{1,2}, Y. KITAGAWA², Y. MORI², K. ISHII², R. HANAYAMA², H. AZUMA³,
T. HIOKI⁴, T. MOTOHIRO^{4,5}, T. NISHI⁵, O. KOMEDA⁶, T. SEKINE⁷, N. SATO⁷,
T. KURITA⁷, T. KAWASHIMA⁷, H. KAN⁷, A. SUNAHARA⁸, Y. SENTOKU⁹, and E. MIURA¹⁰

TTDC¹, 光産業創成大学院大学², あいちSRセンター³, 名大GREMO⁴, 豊田中研⁵,
トヨタ自動車⁶, 浜松ホトニクス⁷, レーザー総研⁸, ネバダ大リノ校⁹, 産総研¹⁰

TOYOTA Technical Development Corp.¹, GPI², Aichi Synchrotron Radiation Center³, GREMO,
Nagoya Univ.⁴, TOYOTA Central R&D Inc.⁵, Advanced Material Div. TOYOTA Motor Corp.⁶,
Hamamatsu Photonics K.K.⁷, ILT⁸, Dept. of Phys. Univ. of Nevada., Reno⁹, and AIST¹⁰

[はじめに]

我々研究グループは、高強度レーザーを用いた各種材料表面の結晶構造の改質について研究を進めている。最近の研究において、超高強度レーザー（ピーク強度： $I=10^{17}$ W/cm², エネルギー： $E=0.4$ J, パルス幅： $t=110$ fs）を単結晶のイットリウム安定化ジルコニア（YSZ, 10 mm 四方, 厚さ 0.5 mm）にシングルショットで対向照射した。その結果、YSZのレーザー照射深さ方向 100 μ m に、大きさが数百 nm ~ 数 μ m の多結晶粒が多層に形成されることがわかった [1]。現在、本研究結果を基にセラミックスと炭素材料について研究結果を行っている。

[結果と考察]

エネルギーの異なる 3 種類のレーザー光，“ns-Beam” ($I=10^{12}$ W/cm², $E=1.3$ J, $t=15$ ns), “ps-Beam” ($I=10^{13}$ W/cm², $E=0.57$ J, $t=300$ ps), “fs-Beam” ($I=10^{17}$ W/cm², $E=0.42$ J, $t=110$ fs) を直径 65 μ m に集光し、イットリア安定化ジルコニア（YSZ, 10 mm 四方, 厚さ 0.5 mm）にシングルショットで照射した。レーザー光圧力 [2, 3] がサンプルに圧縮圧力を与えた仮定すると、YSZ に与えられた圧力はそれぞれ 170 MPa, 3.8 GPa, 7.6 TPa と推定された。レーザー照射面を光学顕微鏡観察した結果、レーザーエネルギー（光圧力）に依存したアブレーション痕と特有の縞模様が形成された。そこで熱輸送を考慮した STAR2D [4] を用いて考察と試料の解析を行った結果、縞模様は生成された高密度プラズマによって形成されることがわかった。

次に、高配向熱分解黒鉛（HOPG, 10 mm 四方, 厚さ 5 mm）に直径 2 mm, $I=0.55 \sim 1.1 \times 10^{14}$ W/cm² のフェムト秒レーザーをシングルショットで照射した。照射した HOPG の最表面を、あいち産業科学技術総合センターのレーザーラマン分光光度計（日本分光株式会社製: NRS-5100）を用いて観察した結果、元の HOPG とは異なる結合状態が出現していた。そこで、あいちシンクロトロン光センターの BL5S2 を用いて X 線回折によるレーザー照射深さ方向の結晶構造解析を行った結果、深さ数百 μ m まで改質された結果が得られた。

講演では、詳細結果を交えて報告する。

[謝辞]

本研究におけるサンプルのコーティングに際し、支援頂いた豊田中央研究所 西川和孝氏 他、関係各位に謝辞を呈する。

[1] Y. Nishimura et al., J. Phys. D: Appl. Phys. **48**, 325305 (2015)

[2] S. C. Wilks et al., Phys. Rev. Lett. **69**, 1383 (1992)

[3] Y. Sentoku et al., Fusion Sci. Technol. **49**, 278 (2006)

[4] A. Sunahara et al., Laser and Particle Beams **30**, 95 (2012)