２波長ダブルパルスを用いたレーザー誘起ナノ周期構造形成のダイナミックス解析

Dynamics of Laser Induced Periodic Surface Structures Produced by Two Color Double Pulse Beam

京大化研, ○橋田昌樹

ICR Kyoto Univ., °Masaki Hashida

E-mail: hashida@laser.kuicr.kyoto-ac.jp

材料の破壊閾値を越えるレーザーフルエンス（単位面積あたりのレーザエネルギー：J/cm^2）に調整されたフェムト秒レーザーを固体に照射すると、表面の一部がアブレーション（飛散・剥離）し照射痕を形成する。照射痕の底面にはレーザー波長 λ よりも短い格子間隔（以下、大きさと呼ぶことにする）の微細周期構造(Laser Induced Periodic Surface Structures: LIPSS)が自己組織的に形成される。フェムト秒レーザアブレーション特有の LIPSS の形成には、レーザーと物質の相互作用が重要な役割を果たしている。1997 年以降、LIPSS 形成について多くの研究報告がなされてきたが、レーザー照射された表面状態変化を高速に実時間計測（その場計測）する手段がなく形成機構に関係する相互作用物理の技術基盤は構築されていない。形成機構については、いくつかの物理モデルが提案されいるがいずれも表面状態変化（表面プラズマの挙動、特に電子密度の時間変化）に関する知見がなく解明には至っていない。このため構造物のサイズとレーザー照射条件の関係は実験により得られたレーザー照射前後の表面状態の情報をもとにまとめられてきた。これまでに筆者らのグループでは、相互作用物理を明らかにするため役割の異なる複数のパルスからなる複合レーザー照射方式を採用することで周期的微細構造の均一性を λ/13 程度まで微細化（以下、ultrafine LIPSS と呼ぶ）することに成功[1]している。また極めて高い周期性（均一な周期性）のナノ周期構造が形成されることも見出[2]している（Fig.1(b)）。プラズマ形成パルスが材料に照射されることで表面が剥離し、プラズマが形成され経過時間とともにその状態（特にプラズマ密度）が変化し、微細構造のサイズに影響を及ぼすと考えられている[3]。実験では構造形成パルスを表面プラズマのある固体へ照射し、アブレーションが抑制すること、そして表面プラズマの密度が表面構造の周期を決めていることが分かってきた[4]。表面プラズマの密度がどのように変化しているかを計算したのでその結果を報告する。

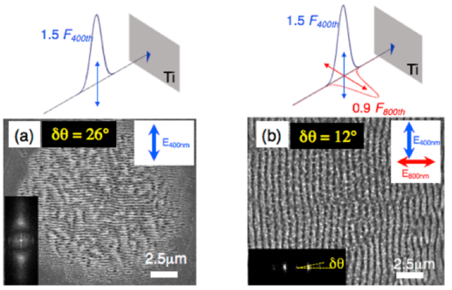

Fig.1 High periodicity LIPSS on titanium surface irradiated by two-color double pulse beam

参考文献

1) L. Gemini *et. al*, Appl. Surf. Sci. **336**(2015) 349-353.
2) M. Hashida, *et. al*, J. Laser Appl. **32** (2020)022054.
3) M. Hashida, *et. al*, J. Laser Micro/Nano Eng. **9** (2014) 234-237.
4) A. M. Gouda, *et al*, Plasma Fusion Res. **11** (2016) 2401071.

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）、及び科学(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」、H30-R2 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）JPMXS0118070187、大阪大学接合科学研究所の共同研究により実施されました.

© 2021年 応用物理学会