

フェムト秒レーザー照射チタン表層の吸収係数深さ分布のアブレーションによる測定

Depth directional distribution of the absorption coefficient at a femtosecond laser irradiated titanium surface measured by additional ablation

京大化研¹, 京大院理² °古川 雄規^{1,2}, 井上 峻介^{1,2}, 橋田 昌樹²

Institute for Chemical Research, Kyoto Univ.¹, Graduate School of Science, Kyoto Univ.²,

°Yuki Furukawa^{1,2}, Shunsuke Inoue^{1,2}, Masaki Hashida²

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

金属表面にアブレーション閾値 (F_{th}) 近傍のフルエンス (F) のフェムト秒レーザーが数回から数百回繰返し照射されると、表面にレーザー波長以下の周期性を持つナノ構造が形成される。ナノ構造形成により反射率などの光学的な特性に加えて、摩擦や撥水性、生体親和性などの材料特性が制御（または付与）できるため、 $F \sim F_{th}$ のフェムト秒レーザーアブレーションによる表面加工は、物質表層の形状をナノレベルで制御し新たな材料特性を付与する手法としてその実用化が期待されている。ナノ構造の形状はレーザーの波長やパルス幅、標的、雰囲気など非常に多くの条件に依存するため、“網羅的に” ナノ構造形成実験を行い最適な加工条件を見出すことは難しい。ナノ構造の形成機構を解明することが実用化の鍵であると考えられる。形成機構解明のためには、レーザーエネルギー吸収[1]や周期構造形成の起因となるプラズマ波励起[2]を司ると考えられている電子の運動（電子密度分布の時間変化）を明らかにすることが重要である。実験的には、「レーザーが照射された後アブレーションが進展するフェムト秒～ナノ秒の時間領域」かつ「エネルギーが吸収される標的表層から数十 nm の深さ領域」における、電子密度と相関のある光学特性（屈折率や吸収係数、反射率など）の時間変化を測定することが求められる。しかし、レーザーが照射された金属表層の光学特性の深さ分布を測定する手法は提案されていなかった。

本研究では、 $F \leq F_{th}$ であるフェムト秒レーザー（ポンプレーザー）が照射された金属表層の吸収係数深さ分布の時間変化を求める新たな手法を開発した（図 1）。ポンプレーザーが照射されたチタン標的に時間差 (Δt) をつけてプローブレーザー ($F = F_{probe}$) を照射することで加工痕を形成しその深さ (d) を測定する。 F_{probe} が増加するとより深部までプローブレーザーのエネルギーが供給され d が増加する。 F_{probe} 増加に対する d の増加率を詳細に調査することで、各深さにおけるフルエンス減衰率（＝吸収係数）が求められる。 $F = 0.9F_{th}$ のポンプレーザーが照射されたチタン表層の吸収係数分布を $\Delta t = 0.3\text{ps} \sim 1000\text{ps}$ にかけて時間分解測定したところ、 $\Delta t \sim 100\text{ps}$ では表層 (<10nm) の吸収係数が未照射チタンの 2 倍に増加することなどが明らかになった。

[1] B.N. Chichkov et al. Appl. Phys. A 63, 109-115 (1996)

[2] S. Sakabe et al. Phys. Rev. B 79, 033409 (2009).

※本研究は、日本学術振興会特別研究員奨励費 (19J14818)、Q-LEAP (JPMXS0118070187)、科研費(C) (JP16K06745, 25420728)、NEDOの支援を受け実施された。

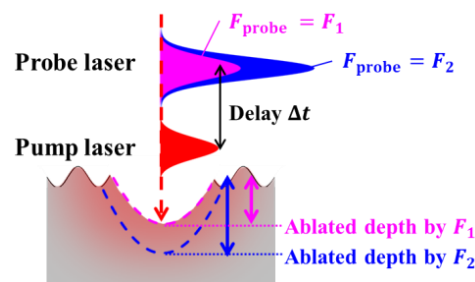


Fig. 1. schematic chart of our new method to measure the transient absorption coefficient. As F_{probe} become larger, ablated depth gets deeper depending on the absorption coefficient.