

中赤外線自由電子レーザーパルス列を用いた 微細周期構造形成のポンププローブ計測

Pump-probe measurement of the periodic surface structure formation with mid-infrared free-electron-laser pulse train

京大化研¹, 東海大総科研², 京大エネ研³

○升野 振一郎¹, 橋田 昌樹^{1,2}, 全 炳俊³, 時田 茂樹¹

Kyoto Univ.¹, Tokai Univ.²

○Shin-ichiro Masuno¹, Masaki Hashida^{1,2}, Heishun Zen¹, Shigeki Tokita¹

E-mail: masuno.shinichiro.3z@kyoto-u.ac.jp

加工しきい値近傍のフルエンスを持つ短パルスレーザーを繰り返し照射すると、いくつかの固体材料では照射部表面に周期的微細構造(LIPSS)が形成されることが知られている。LIPSS の形成機構を解明するため、中赤外線レーザーにより LIPSS を形成し、可視光で LIPSS 形成の様子を時間分解観察した。

LIPSS 形成の時間分解観察のため観察光源(プローブパルス)として波長 532 nm の Nd:YAG レーザー(パルス幅 5ns, FWHM)、撮像装置として拡大光学系を取り付けた CCD カメラを用いた。LIPSS の周期は一般にレーザー波長よりも短く、空間分解能の点で可視光や近赤外線による観察が困難であるが、波長 11.4 μm のレーザーによる LIPSS であれば、周期が十分大きくなり可視光で観察できる可能性があるため、中赤外線の自由電子レーザー(KU-FEL)を使用した。また、用いたレーザーは 350 ns 周期で発信し、それらパルス列のパルスエネルギーの時間変化を包絡線で表した際に半値全幅が 2 μs となる。このため照射されたパルス数依存性を観察するために時間分解観察を行った(Fig. 1)。光軸に垂直な面で直径 55 μm (ピークから e^2 となる位置)に集光された波長 11.4 μm 、総パルスエネルギー 2 mJ のパルス列を入射角 55° で単結晶シリコンの表面に照射したところ LIPSS が形成した(Fig.2)。この場合 LIPSS は中央部分に形成されないが周囲のフルエンスの低い部分に形成された。パルス列のうち、ピークパルスの照射時刻を 0 として、観察光源(プローブパルス)の遅延時間を -2 から 2 μs の範囲で変更して観察した。マイクロボロメータアレイを撮像素子とするカメラを用いて 11.4 μm レーザーのビームプロファイルを観察した。この実験により、パルス列の初期に形成した LIPSS はパルス列の後半部分が到達するころには消失したことが分かった。過渡的に LIPSS の形成した材料表面が何らかの原因で再度、形状変化していることを示唆している。

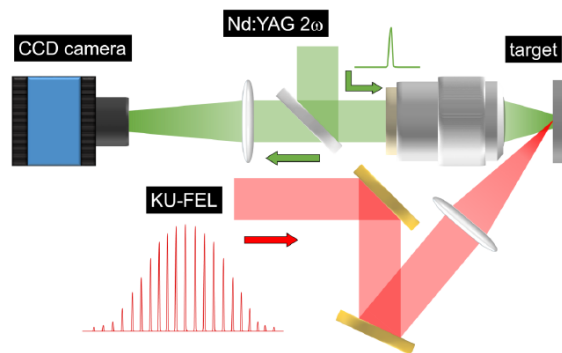


Fig. 1 Experimental set-up for pump-probe measurement of LIPSS.

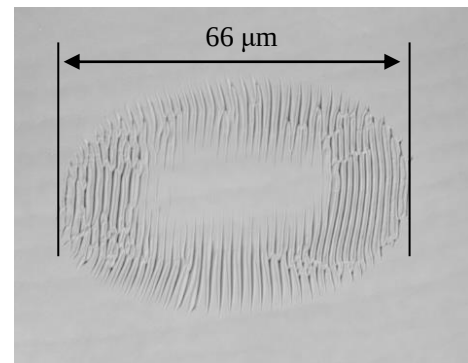


Fig. 2 LIPSS produced by 11.4 μm laser pulses.

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, (独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)「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」, 京都大学エネルギー理工学研究所ゼロエミッションエネルギー研究拠点 (課題番号 ZE31B-27, ZE2021A-38), 天田財団一般研究開発助成 (課題番号 AF-2022233-B3), NIFS 共同研究 (NIFS17KNTS053, NIFS20KNTS067) の支援を受けて行われた。