超短パルスレーザ照射時の材料表面膨張過程のナノスケール計測

Nano-scale observation of the surface expansion of material in ultra-short pulse laser processing

東大院工　°WEI CHAORAN，伊藤 佑介，服部 隼也，孫 慧傑，北村 章吾，杉田 直彦

Univ. Tokyo　°Chaoran Wei, Yusuke Ito, Junya Hattori, Huijie Sun, Shogo Kitamura, Naohiko Sugita

E-mail: wei@mfg.t.u-tokyo.ac.jp

ガラス材料に微細かつ精密な加工を施す技術が，光導波路，バイオチップ，ソーラーセルなど多様な応用先において求められている．超短パルスレーザ加工は，微細加工手法として注目されているが，精密性や加工能率に課題がある．こうした課題の解決には，レーザ照射時の基礎過程を明らかにすることが大切である．特に，材料の膨張過程は，電子-フォノンの相互作用を反映しており，ミクロとマクロを繋ぐ重要な過程である．しかしながら，従来から行われてきた側面方向からの観察では，回折限界のためにマイクロメートルスケールで変形が進んだ後（即ち，数百ピコ秒以上経過した後）の挙動しか捉えることができず，膨張の最初期を捉えられない．そこで本研究では，時間分解計測法とマイケルソン干渉計を組み合わせることで，超短パルスレーザ照射後の材料表面の変形過程を，ピコ秒かつナノメートルの時空間スケールで計測する．

Fig. 1(a)に実験の光学系を示す．波長 1030 nm，パルス幅 180 fs の超短パルスレーザを用いた．レーザパルスをビームスプリッターにより分岐させ，それぞれ加工用のポンプ光と観察用のプローブ光とした．ポンプ光を焦点距離 30 mm のレンズによりガラス試料の表面に集光した際の現象を，波長 515 nm に変換したプローブ光で観察した．さらに，プローブ光を分岐することでマイケルソン干渉計を構築し，表面変形に伴う干渉縞の歪みの時間分解計測を実現した．Fig. 1(b)に，パルスエネルギー50 μJ のポンプ光を試料表面に集光した後のピコ秒スケールの現象を示す．干渉縞の歪みを解析することで，各時刻における材料変位分布を取得した．最大変位量の時間変化を Fig. 1(c)に示す．これらの結果は，光照射後最初期の過程の解明と，超短パルスレーザ加工の高性能化に貢献すると考えられる．

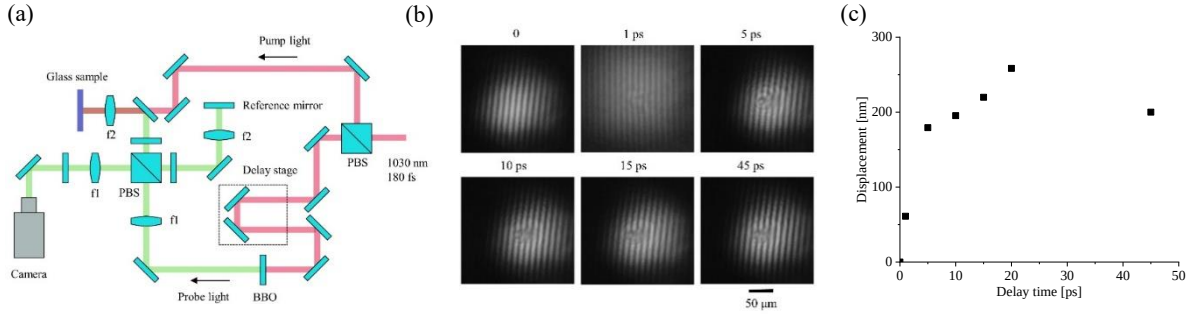

Fig.1 (a) Experimental setup. (b) Image of pump-probe observation. (c) Max displacement in different time delay.