

時間依存偏光フェムト秒レーザーパルス照射により誘起される ジルコニアセラミックス表面の周期構造

Femtosecond laser-induced periodic surface structure on yttria-stabilized zirconia
by irradiation of time-dependent polarization pulses

○欠端雅之、屋代英彦（産総研 電子光）

○Masayuki Kakehata, Hidehiko Yashiro (Electronics and Photonics RI, AIST)

E-mail: kakehata-masayuki@aist.go.jp

[背景] レーザーを固体表面に複数ショット照射するとレーザー誘起周期的表面構造(Laser-Induced Periodic Surface Structure: LIPSS)が形成され誘電体材料では照射条件に依存する傾向がある [1]。イットリア安定化正方晶ジルコニア多結晶体(3mol% Y_2O_3 添加 ZrO_2 : 3Y-TZP)は優れた機械的特性を有するセラミックスであり医療部材や機械部材に用いられる。3Y-TZP に形成される LIPSS は、偏光に平行で周期 Λ が波長 λ (343~1030 nm) よりわずかに大きい[2]。これまで LIPSS 形成機構解明のため、異なる偏光を持つパルス対照射を行い、パルスが時間的に重ならない遅延条件では先行パルスの偏光に平行な LIPSS が形成され、パルスが時間的に重なる遅延条件ではパルス間の相対位相に依存する振る舞いを示した[3]。今回、パルスが重なる遅延領域における相対位相への依存性を詳細に調べた。この遅延条件では、時間的に偏光状態が変化する時間依存偏光パルスを照射していることに相当する。

[実験方法] 中心波長 810 nm、パルス幅約 100 fs、繰り返し 570Hz のチタンサファイアレーザーを使用した。マッハツェンダー型干渉計に 1/2 波長板と偏光子を挿入し、直交する偏光を有するパルス a, b を発生する（鉛直偏光を v、水平偏光を h で表す）。更に 1/4 波長板 (QWP) の調整により互いに逆回りの円偏光のパルス対も発生できる (Fig.1)。a が b より先に入射する場合を正の遅延とした。今回、遅延を高分解能化し（位置再現性カタログ値 ± 20 nm）位相精度でのパルス合成を行った。3Y-TZP 基板は材料粉末 (TZ-3YB-E, Tosoh) を成型後 1350°C で焼結し鏡面研磨した。基板表面にパルス対を 570Hz で 40 ショット照射した。a のみを 40 ショット照射した際にアブレーション閾値をわずかに超えるフルエンスに設定し、フルエンス比 $F_a:F_b$ を 1:1 とした。LIPSS の縞方向 θ_{LIPSS} は水平 (x 軸) 方向を 0 度、鉛直 (y 軸) 方向を 90 度とした、 $0 \leq \theta_{\text{LIPSS}} \leq 180$ の領域で表した。

[実験結果] 直交偏光パルスの組み合わせの場合の結果を Fig.2 に示す。遅延 $\tau \leq -200$ fs では θ_{LIPSS} は水平方向となり、遅延 $\tau \geq 200$ fs では垂直方向となった。パルスが重なる $-200 \text{ fs} \leq \tau \leq 200 \text{ fs}$ において 20 fs の遅延刻みで観察した場合 (●) θ_{LIPSS} は遅延とともに水平から垂直へと二つのブランチを持ち変化するように見えるが[3]、0.27 fs の遅延刻みで観察すると (▼■▲) ほぼ光振動周期に対応する周期性を有することを確認できた。今後、時間依存偏光パルスへの依存性と形成機構について検討する。

本研究の一部は JSPS 科研費 19K05320 の助成を受け、文部科学省「ナノテクノロジープラットフォーム」事業の支援により AIST-NPF において実施した。

1. S. Höhm *et al.*, J. Appl. Phys. 112, 014901 (2012).
2. M. Kakehata *et al.*, Procc. LAMP2015, #15-017 (2015); Proc. SPIE LASE2016, 9740, 97401G (2016); Proc. LPM2016, #16-08 (2016); Proc. LPM2016, #16-11 (2016).
3. 欠端 他, 春季応用物理学会 15a-512-1(2017), 19p-A404-5(2018), Proc. LPM2018, #18-037 (2018).

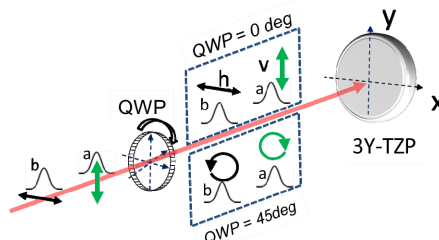


Fig. 1 Schematic of pulse irradiation setup. The polarizations of the pulse pair are controlled by a quarter-wave plate (QWP).

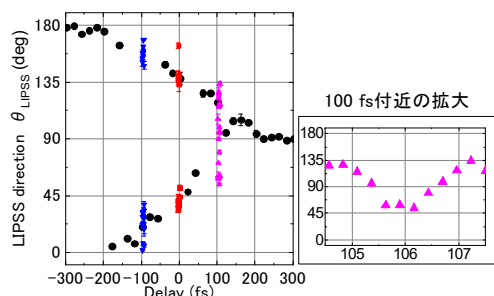


Fig. 2 LIPSS direction as a function of the delay. Measured with 20 fs step (●) and with 0.27 fs step (▼■▲)