

短波長フェムト秒レーザーによる合成石英の アブレーション閾値のパルス幅依存性

Pulse duration dependence of ablation threshold for fused silica in visible femtosecond regime

早大理工総研¹, 産総研², 東大光量子セ³ ○(M1) 寺澤英知^{1,2}, 佐藤大輔², 澁谷達則²,
盛合靖章², 黒田隆之助², 田中真人², 坂上和之³, 鷲尾方一¹

WISE¹, AIST², UT-PSC³ ○Eichi Terasawa^{1,2}, Daisuke Satou², Tatsunori Shibuya², Yasuaki Moriai²,
Ryunosuke Kuroda², Masahito Tanaka², Kazuyuki Sakaue³, Masakazu Washio¹

E-mail: wisdom_terasawa@akane.waseda.jp

【はじめに】

次世代レーザー加工技術として超短パルスレーザーは非熱的加工ができると期待されており、その加工特性の理解が必要になっている。基本的な加工特性の一つであるアブレーション閾値は、パルス幅に依存することが知られており、より短いパルス幅において減少する。フェムト秒領域のパルス幅依存性について多くの研究が行われてきたが、赤外線領域の波長を用いたパルス幅依存性の研究が多く、より短波長領域のパルス幅依存性の研究は少ない。本研究では、近紫外領域(波長 400nm)における合成石英のアブレーション閾値のパルス幅依存性(フェムト秒領域)について、定量的検討を行う。

【研究内容】

実験には Ti:sapphire レーザーの第2高調波を採用し、合成石英の単一ショット加工を行った。このアブレーション閾値は、単一ショットの加工痕の直径と照射フルエンスの関係を外挿する[1]ことで算出した。数値計算では、合成石英のアブレーション閾値は、パルスレーザー入射時の物質中の自由電子密度の時間変化をシングルレート方程式[2]およびマルチレート方程式[3]を用いて計算することで求める。アブレーション閾値は計算上、臨界自由電子密度を基準としてそのパルス幅依存性を求めた。以下に、計算に用いたシングルレート方程式を示す。

$$\frac{\partial n_e}{\partial t} = w_{PI}(E) + n_e w_{II}(E) - \frac{n_e}{\tau}$$

n_e : 自由電子密度、 $w_{PI}(E)$: 光電離率

$w_{II}(E)$: 衝突電離率 ($w_{II} = \alpha I(t)$)、 τ : 再結合率 (≈ 150 fs)

【参考文献】

- [1] A. Yakar, R. Byer, Journal of Applied Physics 96, 5316 (2004).
- [2] B. Chimier, O. Utéza, N. Sanner, M. Sentis, T. Itina, P. Lassonde, F. Légaré, F. Vidal, J. C. Kieffer, Phys. Rev. B 84, 094104 (2011).
- [3] B. Rethfeld, Phys. Rev. B 73, 035101 (2006).

【謝辞】

本研究の一部は、NEDO「高輝度・高効率次世代レーザー技術開発」プロジェクトの一部として行われました。