

## GHz バーストモードフェムト秒レーザーパルス照射による感光性樹脂の 多光子光硬化特性

### Multi-photo polymerization of photo-sensitive polymer by GHz burst mode femtosecond laser irradiation

理研 光量子 〇小幡 孝太郎, カバジェロ ルカス フランセスク, 杉岡 幸次

RIKEN RAP, °Kotaro Obata, Francesc Caballero-Lucas, and Koji Sugioka

E-mail: kobata@riken.jp

近年、数百 ps の極短い間隔で、ひと続きの連続したパルス列を構成する GHz バーストモードによる材料加工法は、同じ平均出力、繰り返し周波数を持つ通常モードのレーザー加工とは異なる除去効率（単位時間あたりの材料加工除去量）、アブレーション閾値を示すことが報告されている[1,2]。本研究では、この GHz バーストモードでのパルス列を感光性樹脂に照射することにより、非線形吸収によって光硬化を誘起するレーザー照射強度、GHz 領域の超高速繰り返し周波数レーザーに対する光硬化反応の応答特性を検討した。

実験は、Yb:KGW 高出力フェムト秒レーザーパルス（波長 1025 nm, パルス幅：216 fs）を、ビーム径、パルスエネルギー、照射パルス数を調整して試料へ集光照射した。試料は、Zr をベースとした有機・無機ハイブリッド型感光性ポリマー（重合開始剤：4,4'-bis(diethylamino) benzophenone\_1 wt%）を用いた[3]。ポリマー試料は2枚のカバーガラスにはさみ込むことによって均一な厚さを維持し、XYZ ステージで試料を走査してレーザー光を照射した。GHz バーストモード動作時は、パルス間隔 205 ps（周波数 4.88GHz）の5パルス列を生成し、パルス列の全てが、ほぼ均一なパルスエネルギーになるように光源のパラメーターを制御して試料へ照射した。図1に、(a)GHz バーストモードと(b)通常モードでレーザーを走査することによって、Line and Space パターン状に光硬化した試料の光学顕微鏡による

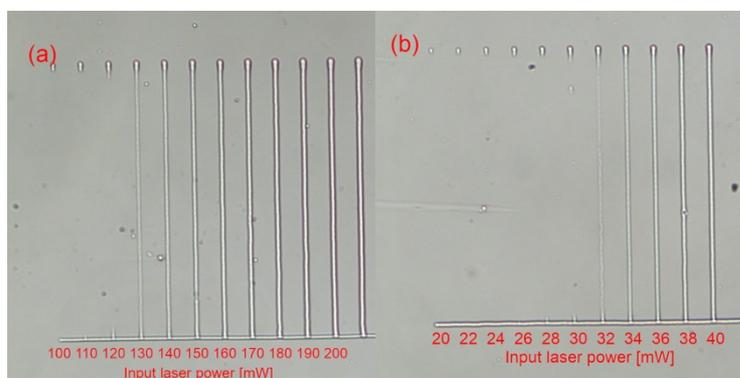


Fig.1 Optical microscope images of multi-photon polymerization with (a) 5 pulses burst pulses and (b) single mode laser pulses.

表面観察像を示す。入力レーザーパワーを変化させて光硬化反応が誘起する閾値を求めたところ、GHz バーストモードの場合、閾値は通常モードでのレーザー照射に対して約5倍大きな入力レーザーパワーが必要であった。これは、バーストモードパルス列の各パルスのエネルギーが、シングルモードのパルスエネルギーと同一であることを意味し、各パルスで独立した光硬化反応が誘起されているためと考えられる。

#### 参考文献

- [1] C. Kerse, H. Kalaycıoğlu, P. Elahi, B. Çetin, D. K. Kesim, Ö. Akçaalan, S. Yavaş, M. D. Aşık, B. Öktem, H. Hoogland, R. Holzwarth, and F. Ö. Ilday: Nature 537 (2016) 84.
- [2] 小幡孝太郎, 杉岡幸次, " GHz バーストモードフェムト秒ベッセルビーム穴あけ加工時におけるエネルギー付与の時空間制御", 第80回応用物理学会秋季学術公演会, 北海道, 9月 (2019) .
- [3] A. Ovsianikov, J. Viertl, B. Chichkov, M. Oubaha, B. MacCraith, L. Sakellari, A. Giakoumaki, D. Gray, M. Vamvakaki, M. Farsari, and C. Fotakis, ACS Nano 2(11), 2257–2262 (2008).