

フェムト秒レーザーの高速走査による温度応答性ハイドロゲル内部の 多光子還元

Multiphoton photoreduction by high-speed scanning of femtosecond laser in a temperature-responsive hydrogel

慶大理工¹, 慶大院理工² ○(B) 柏川 健¹, 尾上 弘晃^{1,2} 寺川 光洋^{1,2}

Keio Univ.¹, Grad. Sch. Keio Univ.², ○Ken Kashikawa¹, Hiroaki Onoe^{1,2}, Mitsuhiro Terakawa^{1,2}

E-mail: terakawa@elec.keio.ac.jp

フェムト秒レーザーを用いた多光子還元法により、温度応答性ハイドロゲル内部に金属微細構造を作製可能であることがこれまでに報告されている¹。金属微細構造は波長選択的な光吸収特性を示し、光照射によるハイドロゲルの体積相転移を利用してアクチュエータやマイクロバルブ等への応用が可能である。高繰り返しフェムト秒レーザーを用いた多光子還元法において、金属微細構造の作製中に生じる熱蓄積による温度上昇を抑制できれば、ハイドロゲルの相転移を生じさせることなくより精密な構造が作製できる。本研究では、ガルバノスキャナーを用いた高速走査により Poly(N-isopropylacrylamide) (PNIPAM) ハイドロゲル内部に金構造作製を試みた。

塩化金水溶液に浸漬させた PNIPAM ゲルへフェムト秒レーザーパルス (波長 522 nm, 繰り返し周波数 63 MHz) を集光照射することで構造作製を行った。ガルバノスキャナーを用いて金細線 41 本からなる格子構造を描画した。レーザーパルスを同一走査経路で照射することで複数回描画した。顕微鏡画像より、走査速度 50000 $\mu\text{m/s}$ 、描画回数 250 回では走査速度 50 $\mu\text{m/s}$ 、描画回数 1 回と比較して細線が直線状に作製された (Fig. 1 (a))。また、ハイドロゲル表面へ格子構造を作製した時の構造の中心における温度変化をサーモカメラによって測定したところ、高走査速度では低走査速度の場合と比較して到達温度が低かった (Fig. 1 (b))。走査速度が高い場合では、レーザーパルスのオーバーラップ率が低いため、レーザーパルス照射による熱蓄積が低減し、ハイドロゲルの体積相転移に伴う収縮が抑制されたと考えられる。

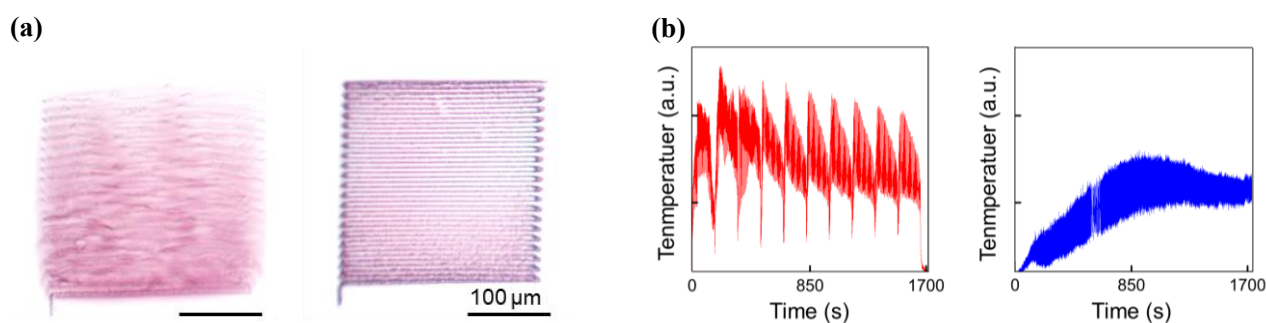


Fig. 1 (a) Microscopic images of the fabricated gold structures inside a PNIPAM hydrogel. The scanning speeds and the numbers of scans used for fabrication were (left) 50 $\mu\text{m/s}$ and 1 scan, and (right) 50000 $\mu\text{m/s}$ and 250 scans, respectively. (b) Temperature changes at the surface of a PNIPAM hydrogel during femtosecond laser irradiation with (left) 100 $\mu\text{m/s}$ and 10 scans, and (right) 50000 $\mu\text{m/s}$ and 5000 scans.

¹ K. Mizuguchi, et al., Opt. Mater. Express **10**, 1931-1940 (2020).