

二段階レーザー照射によるバブル駆動粒子集積プロセスと 集光部周辺対流の直接観察

Direct observation of laser-induced convection in two-step ultrashort pulse laser
assembly process

山形大院理工, °青山 昌央, 沼田 洸, 西山 宏昭

Yamagata Univ., °Masaharu Aoyama, Hiroshi Numata, Hiroaki Nishiyama

E-mail: nishiyama@yz.yamagata-u.ac.jp

我々は、超広域材料群に拡張可能な光パターニング手法である超短パルスレーザー駆動粒子集積固化プロセスの開発に取り組んでいる。同プロセスは、材料の感光性に制限されることなく、セラミックスや金属、半導体、生体親和性材料など幅広い材料群のレーザー描画を可能とする[1,2]。この集積固化機構として、集光部での二光子還元反応で析出した Ag を起点とした熱バブル発生と周辺対流の駆動を提案するとともに、この機構に基づき、光化学反応過程と流体现象を分離した二段階照射による粒子集積体パターン形成を報告してきた。本研究では、この二段階照射による粒子集積体パターン形成における集光部周辺対流の直接観察とその評価を行うとともに、これまで我々が取り組んできた一段階照射による集積体形成の場合との比較を行った。

光源として近赤外フェムト秒レーザー（中心波長 780 nm、繰返し周波数 100 MHz）を用い、微粒子が分散した AgNO_3 溶液へと集光した。対流は PS ビーズ（粒径 2 μm ）を分散した AgNO_3 溶液を用い高速度カメラで観察した。

図 1 は、二段階照射における集光部周辺対流の光学顕微鏡像を示している。集光部でのバブルとともに、レーザー走査方向に対して前方及び後方から集光部に向かう対称性の高い流れが観察された。これまで、我々が報告してきた一段階照射での粒子集積固化プロセスでは、レーザー走査方向の後方から前方にかけた対流であり、なおかつ、その流れには大きな傾斜が生じていた。伝熱解析から、このような一段階照射と二段階照射での対流挙動の差異は、集光部で生じるバブル表面温度分布の違いに起因していることが分かった。

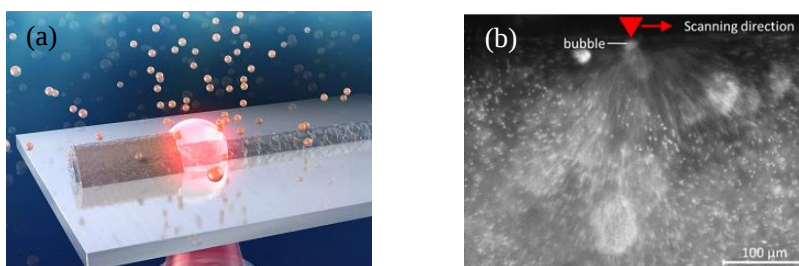


Fig. 1 (a) Schematic illustration of two-step bubble-based assembly process and (b) optical microscope image around the laser focus.

[1] H. Nishiyama, et al., Sci. Rep., 9 (2019) 14310. [2] H. Nishiyama, et al., PCT/JP2022/005217.