

二段階フェムト秒レーザー照射による非感光性粒子集積体のライン描画

Direct laser writing of non-photosensitive materials by two-step fs laser irradiation

山形大院理工, °西山 宏昭, 松本 春加, 大森 隆史

Yamagata Univ., °Hiroaki Nishiyama, Haruka Matsumoto, Takashi Ohmori

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

我々は、非感光性材料を含む超広域材料群に拡張可能な光パターンニング手法として、機能性コロイド粒子のレーザー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、量子材料など幅広い材料群のレーザー描画を可能とする[1-3]。この集積固化機構として、集光部での二光子還元反応による Ag 析出と後続パルスによる熱バブル発生および周辺対流の駆動を提案してきた。これまでに、集光部でのマイクロバブルの直接観察とこの熱バブルに連動した強力な対流の観測に成功している。加熱された Ag の熱伝導と周辺溶液の対流駆動は ms オーダの現象であり、Ag 析出のような高速現象とは大きく時間スケールが異なる。今回、この時間スケールの違いに着目し、両者を分離した二段階照射による粒子集積ラインの形成を行い、提案しているライン形成機構の妥当性を検証した。

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、ナノ粒子が分散した AgNO₃ 溶液へと集光した。

図 1 のように、既存手法によって Ag ラインをレーザー描画し、その後、この Ag ラインをコロイド溶液に浸した上でラインに沿ってフェムト秒レーザーを再照射した。Ag ライン再照射によってライン線幅はおよそ 2 倍に増大し、これは、断面 TEM 組成分析から溶液中に分散していた粒子の集積層が形成されたためだと分かった。この二段階の工程で描画したライン断面は、Ag 光析出とナノ粒子の集積固化を一度の照射で行う場合に比べて非常に類似性の高い階層構造を有していた。この高い類似性は、ナノ粒子を分散した AgNO₃ 溶液へのフェムト秒レーザー照射による粒子集積では、一度の描画プロセス内で、Ag コアと粒子集積層の形成の 2 つの現象が進行していると、我々が提案してきた粒子集積機構の妥当性を示している。

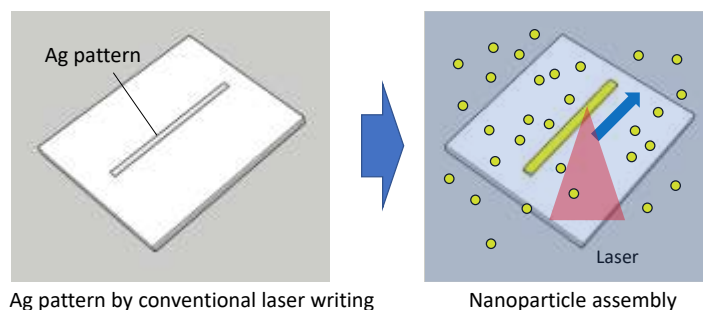


Fig.1 Two-step irradiation for functional nanoparticle assembly.

[1] H. Nishiyama, et al., Sci. Rep., 9 (2019) 14310. [2] H. Nishiyama, et al., PCT/JP2022/005217. [3] 西山ら, WO2019/078100.