銅のナノ秒レーザ加工における表面微細形状の生成過程の高速観察

High-Speed Observation of the Generation Process of Surface Microstructures in Nanosecond Laser Processing of Copper

°松田 和也，長藤 圭介，伊藤 佑介，鈴木 裕明，陳 黎玮，服部 隼也，
杉田 直彦，中尾 政之　　東大院工
Kazuya Matsuda, Keisuke Nagato, Yusuke. Ito, Hiroaki Suzuki, Liwei Chen, Junya Hattori,
Naohiko Sugita, Masayuki Nakao　Univ. Tokyo
E-mail: matsuda@hnl.t.u-tokyo.ac.jp

レーザ加工はその精密さや加工能率の高さから，金属の穴あけ加工，溶接，微粒子生成，表面の微細加工など，幅広い用途で利用されている．その中でも後方パルスレーザ堆積法[1]はレーザアブレーションによってナノ粒子を生成し，金属表面に再付着させることで表面微細加工を行う手法であり，より効率的にナノ粒子の生成及び微細加工を行うためには，ナノ粒子，微細形状が生成する過程を明らかにする必要がある．

先行研究において K. Koda らは対象をニッケルとして実験を行い，レーザフルエンスや雰囲気ガスの酸素濃度を変化させることで微細構造が枝構造や層構造をとることを確認し，それらがレーザアブレーションにより生じ，金属表面に再付着するナノ粒子のエネルギに依存していることを示唆した[1]．S. S. Harilal らは対象を銅として実験を行い，銅の加工時の衝撃波挙動の高速観察およびプルーム挙動の連続体流体力学シミュレーションに基づき，アブレーション初期過程の現象を示した[2]．しかしながら，表面形状の生成メカニズムを高速ダイナミクスに基づき評価した研究は少なく，銅のナノ秒レーザ照射後の表面形状生成過程は明らかとなっていない．そこで本研究では，ナノ秒からマイクロ秒に至る高速現象の観察と，加工後の静的な表面状態の観察に基づき，レーザアブレーションによって生じたナノ粒子が金属表面に再付着して形成される微細構造生成メカニズムを考察した．

具体的には，まず観察用レーザとしてフェムト秒レーザを用いて高速現象を影絵として撮影する形で観察し，加工痕や微細形状の生成の様子を捉える．次に加工時に生じるプルームの発光を撮影し，プルームの生成及び消滅の過程の観察を行う．これらの 2 種の高速現象の観察によってレーザアブレーションによる表面微細形状の生成過程を視覚的に示した．

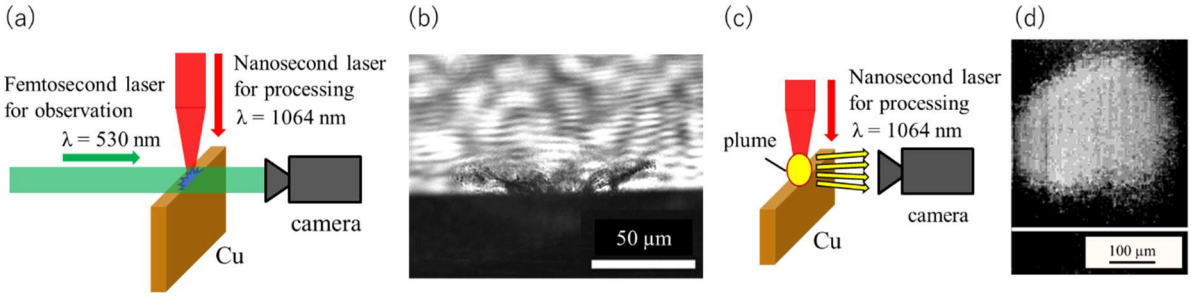

Fig. 1 (a) Punch picture of an experiment to capture shadow pictures. (b) An example of observation results of an experiment to capture shadow pictures. (c) Punch picture of an experiment to capture plume. (d) An example of an observation from an experiment to shoot plume.

[1] K. Koda , and M. Tsukamoto, “Oxygen concentration dependence of microstructure formed on Ni by backward pulsed laser deposition” , Applied Physics A, Vol.126, No.114, 2020.
[2] S. S. Harilal, G. V. Miloshevsky, P. K. Diwakar, N. L. LaHaye, and A. Hassanein , "Experimental and computational study of complex shockwave dynamics in laser ablation plumes in argon atmosphere", Physics of Plasmas 19, 083504 (2012)