

微小物体に作用するフェムト秒レーザー衝撃力のダブルパルス効果

Double pulse effect of femtosecond laser impact force to small object

奈良先端大物質¹, 理研², ○規家 涼太¹, 田中 陽², Yalikun Yaxiaer^{1,2}, 細川 陽一郎¹

Div. Mat. Sci. NAIST¹, Cent. BDR, RIKEN²,

°Ryota Kiya¹, Tanaka Yo², Yalikun Yaxiaer^{1,2}, Yoichiro Hosokawa¹

E-mail: kiya.ryota.kj@ms.naist.jp

近年、再生医療分野の発展にともない、高速・高精度に単一細胞を分取可能なセルソーターが注目されている。これまでに我々は、水中へのフェムト秒レーザーの集光で誘起する衝撃力を利用して、100,000 event/s 以上のスループットでの細胞分取に成功している[1]。現在、その更なる機能向上を目的とし、複数の分岐路を持つマイクロ流体デバイスの中で、高速・多重選択に細胞を分取できるシステムの構築を検討している。そのためには、衝撃力の強度と位置の制御できることが望ましいが、要求されるスループットのための時間内 (< 0.01 ms) でのその制御は極めて難しい。そこで、フェムト秒レーザーの多段階照射により、微小対象の変位量を制御しようとする着想に至り、本報告では、ダブルパルスを集光し、得られる衝撃力と照射パルス間隔の関係性を、高速イメージングにより調査した。

フェムト秒 Yb レーザー (< 400 fs, 1040 nm, 4 μ J/pulse) を、20 倍対物レンズ (N.A.: 0.5) を用いて、水で満たされたマイクロ流路内に集光照射した。ファンクションジェネレーターにより、レーザーパルス列から 2 発のパルスを抽出し、その間隔を 0 (シングルパルス), 5, 10, 15, 20, 30, 60, 100, μ s に調節した。抽出した 1 発目のパルス照射で集光点近傍に発生したガスバブル (Fig. 1 (b)) が、2 発目のパルス照射で誘導される変位 (Fig. 1(c)) を高速カメラ (240,000 fps) により撮影した。Fig. 2 に、2 発目のパルス照射で観察されたガスバブルの最大変位のパルス間隔依存性を示す。パルス間隔が 5 μ s のとき、バブルの変位量が有意に増加したが、5 μ s 以外では、シングルパルス照射との有意な差は確認できなかった。このレーザー照射条件においてキャビテーションバブルの崩壊時間は 4 μ s 以下であり、その崩壊直後にレーザー照射すると流路内に大きな力学作用[2]が誘導される可能性を示唆している。発表では、このガスバブルの挙動に基づき、力学作用について議論を進め、高速・多重選択セルソーターの実現性についての展望を述べる。

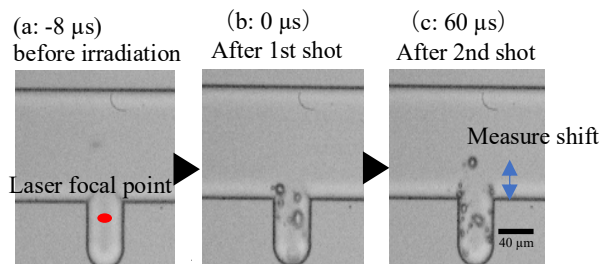


Fig.1. High-speed images of micro-fluidic channel with pocket structure. Double femtosecond laser pulses were focused in the pocket with interval of 4 μ s.

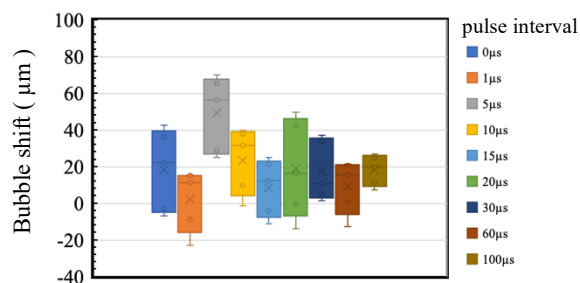


Fig.2. Pulse interval dependence of gas bubble shift induced by the 2nd pulse.

[1] Takanori Iino et al. "High-speed microparticle isolation unlimited by Poisson statistics" Lab on chip, 19, 2669-2677. (2019) [2] Bing Han et al. "Liquid jet formation through the interactions of a laser-induced bubble and a gas bubble" AIP Advances 7, 105305. (2017)