

ガリウム系液体金属の電氣的移動特性と表面光沢を活用した 光学デバイスの応答速度評価

Evaluation of Response Time of Optical Devices Using Gallium-Based Liquid Metal Droplet Transportation

工学院大院, ◯(M1)田澤 礼旺, 工藤 幸寛, 高橋 泰樹

Kogakuin Univ, Graduate school of Engineering., Reo Tazawa, Yukihiro Kudoh, Taiju Takahashi

E-mail: cm24028@g.kogakuin.jp

1. はじめに

NaOH 水溶液を始めとした電解液中においてガリウム系液体金属は”高い表面張力”と”金属光沢による優れた光学特性”を維持し、更に電圧印加による”電氣的移動特性”を有することから、マイクロ流体デバイスや光学デバイスへの転用が期待されている[1-3]. 我々の研究室ではこれまでに、ガリウム系液体金属の特性を活用した新たな光学デバイスのコンセプトを提案し報告してきた[4]. 本稿では過去に提案した液体金属光学デバイス (Light Beam Control Device : LBCD) の応答速度の測定結果について報告する.

2. 液体金属光学デバイス

Fig.1 に、我々が提案した LBCD の概略図を示す. 透明なアクリル板によって構成された本デバイスの中央には NaOH 水溶液 (0.5mol/L) で満たされた幅5mm, 深さ2mm, 全長20mm のチャンネルが並列に配置されている. 各チャンネル内に注入された液体金属液滴 (約0.5g) の液滴-チャンネル壁間の接触面を一つの鏡面として利用し、電圧印加によって液滴配置パターンを制御することで流路全体が可変面積ミラーとして機能し、照射された光の反射光形状パターンを制御することが可能となる. また、液体金属液滴を遮光素子として活用することで光の透過/遮光パターンの制御も可能である. 今回は本デバイスの応答速度 (液滴移動が完了するのに要する時間) を確かめるために、Duty 90%, 周波数 20Hz の交流パルス波形を 1.8~6.0V_{p-p} の範囲で印加、液滴をチャンネル内で2往復移動させ、往路復路を合わせた計4回分の液滴移動を実施、その際の応答速度の平均値を測定した.

3. 実験結果および考察

Fig.2 に各印加電圧値における本デバイス内の応答速度を示す. 印加電圧を高くしていくにつれて応答速度が向上する傾向が確認できる. 4.0V_{p-p} 以上の電圧値を印加した際の応答速度の変動は 0.07~0.1s の範囲で収まったが、2.0V_{p-p} 以下の電圧値を印加した際の応答速度には 1s 以上の変動が確認された. 全ての印加電圧値の場合において応答速度の最大値は電圧印加直後の液滴移動の際に観測されており、この 1s 以上の応答速度の差は、低電圧印加によって電圧印加前の液滴-流路壁間の

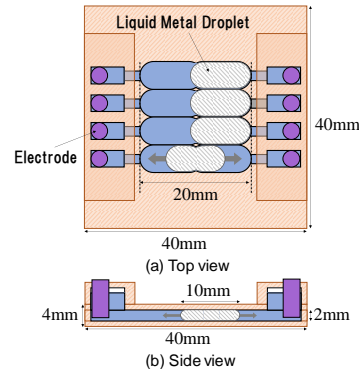


Fig.1. Schematic diagram of the LBCD

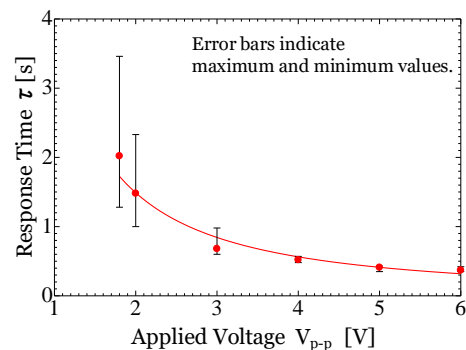


Fig.2 Average response time characteristics of droplets under 20Hz pulse voltage with 90% duty ratio.

癒着状態を解消するのに時間が掛かったことが要因と考えられる.

4. 結論

本デバイス内の液体金属液滴の応答速度は、印加電圧の上昇に伴い高速化し変動も小さくなる傾向が確認された. 一方で液体金属デバイスの低電圧駆動の安定化を実現させるためには、初期の液滴-流路壁間の癒着の解消手段を模索する必要性が示唆された.

5. 参考文献

- [1] Keisuke Nakakubo, *et al.*, Optical Materials Express, 11, 7, pp.2099-2108 (2021).
- [2] Faingxia Li, Jian Shu, *et al.*, Applied Materials Today, 19, 100597 (2020).
- [3] Limeng Zheng, Stephan Handschuh-Wang, Zhicheng Ye, Ben Wang, Applied Materials Today, 27, 101423 (2022).
- [4] Reo Tazawa, Yukihiro Kudoh, Taiju Takahashi, Proc. of the 31st International Display Workshop 2024, EPp1-6L (2024).