

レーザー光多点照射による水蒸気バブル周辺の 光熱マランゴニ対流の制御に関する研究

Control of the Thermoplasmonic Marangoni Flow around a Water Vapor Bubble under Laser Irradiation at Multiple Spots

京大院・工¹, サウサンプトン大² ○今福 壮貴¹, 坂倉 政明², 名村 今日子^{*1}, 鈴木 基史¹

Kyoto Univ.¹, U of Soton² ○Soki Imafuku¹, Masaaki Sakakura², Kyoko Namura^{*1}, Motofumi Suzuki¹

*E-mail: namura@me.kyoto-u.ac.jp

気液界面に温度勾配を設けると、表面張力に勾配が生じて液相にマランゴニ対流が発生する。特に、光熱変換特性を持つ金ナノ島状薄膜へのレーザー照射より生じる局所的な発熱を用いることで、水中の薄膜上に安定な空気バブルを生成しその周辺に光熱マランゴニ対流を発生させることができる[1]。また、生成したバブル周辺でレーザー照射位置を変えると気液界面に形成される温度勾配が変化することで対流の形態が変化する。一方、作動流体に脱気した水を用いると直径10 μm 程度の小さな水蒸気バブルが生成され、バブル近傍で1 m/sを超える強い対流が発生することが示唆されている[2]。そのためこの対流はマイクロ流体の攪拌等への応用が期待される。しかし、水蒸気バブルの保持にはレーザースポット上で加熱し続ける必要があるため、バブルに対してレーザー照射位置を変えることが難しい。そこで本研究では、複数のレーザースポットを用いることでバブルを保持しながらレーザー照射位置を変え、発生する対流の向きを制御することを目指す。

動的斜め蒸着法を用いてガラス基板上に平均膜厚10 nmの金ナノ島状薄膜を成膜し、その上に厚さ約10 nmのセルを作製した。作動流体は水とし、対流の可視化のために直径2 μm のポリスチレン球を分散させた。この水を20分間真空超音波脱気しセルに満たした。次に、薄膜上に複数のレーザースポットを形成するために空間光位相変調器(X10468-02, 浜松ホトニクス)を用いてレーザー光(CW, 波長:785 nm)を空間的に位相変調した[3]。このレーザー光を40倍対物レンズを

用いて薄膜上に集光し、水蒸気バブルを生成した。

図1に生成された水蒸気バブルとその周辺の対流の様子を示す。対流の様子を分かりやすくするため、0.5秒間の画像100枚を重ねている。図1(a)にはレーザースポットが1つの場合の結果を示す。スポット直径は3.5 μm 、強度は33.9 mWである。この場合、バブルから上部に向かう対流が発生する。これは局所加熱によって基板に対して垂直な向きに温度勾配が形成されるためであると考えられる。一方、図1(b)にはレーザースポットが2つの場合の結果を示す。2つのスポットの間隔は5.4 μm であり、スポット直径と強度はそれぞれ左側が4.1 μm と18.9 mW、右側が3.7 μm と38.7 mWである。この場合、左側から右側に向かう対流が発生する。これはレーザースポットを2つにすることで基板に対して平行な向きの温度勾配成分が形成されるためであると考えられる。

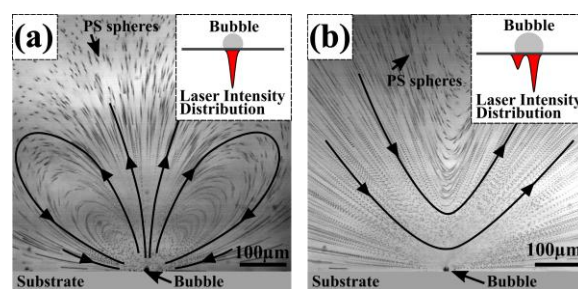


Fig.1 Water vapor bubble and Marangoni flow around it under laser irradiation at (a) a single spot and (b) two spots.

[1] K.Namura, et al., Appl. Phys. Lett. 106, 043101 (2015).

[2] K. Namura, et al., Sci. Rep. 7, 45776 (2017).

[3] M. Sakakura, et al., Opt. Express 22, 16943 (2014).