

光熱-局所加熱下での水蒸気バブルの非線形振動

Non-linear Oscillation of Water Vapor Bubble under Localized Photothermal Heating

京大院・工 〇名村 今日子, Kumar Samir, 鈴木 基史

Kyoto Univ., 〇Kyoko Namura, Samir Kumar, Motofumi Suzuki

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

近年、一細胞分析や DNA の塩基配列決定や合成などの発展とともに、微量液体中の物質操作に関する技術が注目を集めている。しかし高さや幅が数十 nm～数百 μm 程度の狭い流路の中では粘性が支配的となるため、流体やその中に分散している物質を操作するのは容易ではない。最近我々はマイクロバブルを用いて微小流体を駆動する方法を報告した[1,2]。金ナノ粒子薄膜の光熱変換特性を用いると、光のスポットサイズや形、強度を変化させることで、局所的でかつ空間的・時間的にフレキシブルな加熱が可能になる。この熱源を用いて脱気水を加熱すると、1 m/s オーダーの速さの流れを伴う水蒸気バブル（直径 10 μm 程度）を生成することができる。流れの発生はバブル表面に働く表面張力勾配及びバブルの振動によって説明されるが、特に水蒸気バブルの振動特性については未解明な部分が多い。その理由の一つに、水蒸気バブルおよび激しい対流の発生に伴う金ナノ粒子薄膜の剥離があげられる。そこで本研究では、可視-近赤外に光の吸収を持ち、熱に強い FeSi_2 薄膜を用いて水蒸気バブルの振動を系統的に調べたのでこれを報告する。

スパッタリング法を用いてガラス基板上に厚さ 50 nm の FeSi_2 薄膜を作製した。次に真空超音波脱気法を用いて超純水を脱気した。準備した脱気水と FeSi_2 薄膜をガラスセルに封入し、顕微鏡に取り付けた。薄膜に波長 638 nm のレーザー光を集光し、薄膜の光熱変換特性を用いて脱気水の局所加熱を行なった。レーザースポット直径は 7 μm とした。局所加熱点上で生成する水蒸気バブルの振動は、高速度カメラ及び光電子増倍管を用いて検出した。

FeSi_2 薄膜の光熱変換特性を用いて脱気水を局所加熱すると、レーザー強度が 25—35 mW の時には数十 kHz 以下の比較的遅い周期でのバブルの生成がみられた（図 1，黒丸）。一方、レーザー強度 30 mW 以上では、直径 10 μm 程度のバブルが生成し、数百 kHz オーダーで振動することがわかった（図 1，赤四角）。さらに、バブルの振動数はレーザー強度に対して線形ではなく、58 mW においてピークを示した。この結果は、バブルや対流生成に効率よくエネルギーを利用できるレーザー強度が存在する可能性を示唆している。

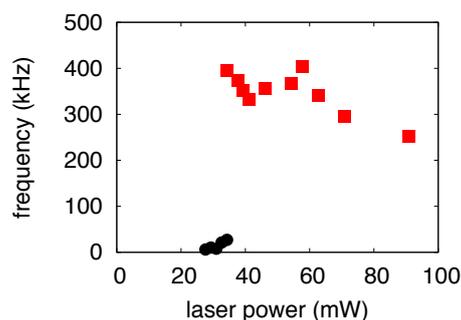


Figure 1: Frequency of the bubble oscillation as a function of the laser power.

[1] K. Namura, K. Nakajima, and M. Suzuki, *Sci. Rep.* **7**, 45776 (2017).

[2] K. Namura, S. Imafuku, S. Kumar, K. Nakajima, M. Sakakura, and M. Suzuki, *Sci. Rep.* **9**, 4770 (2019).