

異なる相転移温度をもつサーモクロミック薄膜を用いた 水蒸気バブル周辺の温度分布の可視化

Temperature Distribution around a Water Vapor Microbubble Visualized by Thermochromic Thin Films with Different Phase Transition Temperatures

京大院・工¹, 高島 直之¹, [○]名村 今日子¹, 鈴木 基史¹

Kyoto Univ.¹, Naoyuki Takashima¹, [○]Kyoko Namura^{*1}, Motofumi Suzuki¹

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

マイクロバブルの気液界面に温度勾配を設けると、マランゴニ対流が発生する。特に、脱気水中で薄膜を局部的に加熱することで、薄膜上に強い対流を伴う水蒸気バブルを生成することができる[1]。最近我々はこの水蒸気バブルが 500 kHz 程度の振動数で振動していることを発見した[2]。しかし、水蒸気バブルの振動のメカニズムは現在明らかにされていない。水蒸気バブルの振動は蒸発と凝縮を伴う熱的現象である。水蒸気バブルの平均温度等を定量的に評価できれば、振動現象および対流発生により深い理解につながる。温度測定の手段として、およそ 70°C で誘電体から金属へ可逆的に相転移する VO₂ の利用が考えられる。これまでに我々は、VO₂ 薄膜上で光熱変換を行うことで、70°C 以上に昇温した相転移範囲を可視化しながら、空気バブル周辺のマランゴニ対流を観察した。しかし、VO₂ 薄膜を用いた方法では、70°C 以上か以下かしか判別できないため、バブル周辺の温度分布を詳細に測定するのに不十分である。近年の研究で、VO₂ への W のドーパ量を増やすにつれて、VO₂ の相転移温度が低下するということが報告された[3]。様々な温度で相転移する薄膜上で水蒸気バブルを観察して、それぞれの薄膜の相転移範囲を比較することで、温度分布がわかることが期待される。そこで、本研究では、W のドーパ量を変えて相転移温度を変えた W_xV_{1-x}O₂ 薄膜を用いて、水蒸気バブル周辺の平衡温度や、バブル生成時の過渡的な温度変化を調べることを目的とした。

酸素雰囲気中で V と W ターゲットを同時に共スパッタして、W_xV_{1-x}O₂ 薄膜を作製した。その際、W ターゲットへの印加電力を制御して、VO₂ への W の添加量を変えた。作製した薄膜の相転移温度は、温度を制御しながら反射率を測定するこ

とで評価した。作製した薄膜を脱気水とともに厚さ 10 mm のセルに封入し、水蒸気バブル観察用の試料を作製した。その試料の薄膜表面にレーザー光を集光し、水蒸気バブルを生成した。水蒸気バブル、および W_xV_{1-x}O₂ 薄膜の相転移範囲は、落射型顕微鏡を用いて観察した。

図 1 に 58.8 mA のレーザー光を照射して、(a) VO₂ 薄膜上、(b) W_xV_{1-x}O₂ 薄膜上で作成した水蒸気バブルの画像を示す。水蒸気バブルの外側に異なる大きさの相転移範囲が広がる様子が分かる。それぞれの薄膜の相転移温度を考慮すると、それぞれ黒い部分と白い部分の境界は、(a) 80 ± 1°C、(b) 62 ± 1°C であることが分かった。この相転移範囲の中心がバブルの発生位置と異なっているのは、レーザー強度の分布や周辺の対流の非対称性から生じると考えられる。伝熱の計算を用いることで、可視化して求めた 2 箇所の温度から、水蒸気バブル周辺の詳細な温度分布を求めることができる。

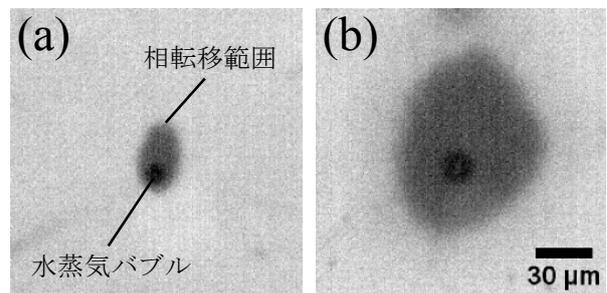


Fig.1 Water vapor bubble under laser irradiation on (a) VO₂ thin film and (b) W_xV_{1-x}O₂ thin film.

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

[2] 島田雄策等 第 65 回応用物理学会 春季学術講演会, 20a-B203-6, (2018).

[3] M.A. Sobhan, et al., Sol. Energy Mater Sol. Cells 44, 451-455 (1996).