

近接場熱輻射の応用のためのサブミクロンギャップ形成

Submicron gap formation for near-field thermal radiation

○伊藤晃太¹²、三浦篤志¹、西川和孝¹、飯塚英男¹、年吉洋² (1. 豊田中研、2. 東大 RCAST)

○Kota Ito¹², Atsushi Miura¹, Kazutaka Nishikawa¹, Hideo Iizuka¹, Hiroshi Toshiyoshi²

(1. Toyota Central R&D Labs., Inc, 2. RCAST, Univ. of Tokyo)

E-mail: kotaito@mosk.tytlabs.co.jp

ウィーンの輻射波長以下に近接した二物体の間には、熱輻射のエバネッセント成分がトンネリングし伝達する（近接場熱輻射）ことが知られている。特に、合成石英などの表面フォノンポラリトンを有する材質を用いた場合、共鳴的に大きな熱輻射が伝達し、黒体輻射よりも大きな熱伝達が期待できることが球・平板間の熱伝達の実測などにより示されてきた[1]。この共鳴的な近接場結合は、熱光発電や熱マネジメントの課題を解決する技術として期待されている。一方で、大きなエネルギーの伝達のためには均一なギャップを大面積で形成する必要がある。二枚の基板のアラインメントは容易ではなく、ピエゾアクチュエータを用いた形成法ではギャップは $1\ \mu\text{m}$ 程度であった[2]。

今回、精度よくサブミクロンギャップを形成し、伝達する熱流を測定したので報告する[3]。二枚の合成石英基板の表面にスペーサ構造をリソグラフィにより製作し、二枚の基板を重ねた上から圧力を印加してギャップを形成する（図1）。圧力印可により、基板のたわみ（典型的には $200\ \text{nm}$ 程度）を補正し、均一なギャップを形成する。スペーサの間隔は $1\ \text{mm}$ とし、スペーサを介した寄生熱伝導を抑制することを狙った。また、基板上四点で反射光スペクトルを測定し、ギャップの均一性を評価した。

熱流の評価結果について図2に示す。 $0.5\ \mu\text{m}$ 、 $1\ \mu\text{m}$ 、 $2\ \mu\text{m}$ のギャップを四個ずつ形成し、それぞれを流れる熱流を定常法により測定した。その結果、熱輻射理論値の二倍よりも小さな熱流値を観測することができた。これはつまり、寄生スペーサ熱伝導を熱輻射よりも小さく抑制できたことを意味している。次に、測定した熱流を等価熱回路を用いてモデル化した。寄生スペーサ熱伝導をスペーサ上面と対向基板の間の接触熱抵抗とスペーサ内部の熱抵抗に分解し、接触熱抵抗についてフィッティングを行ったところ、熱輻射成分について理論と一致した。

口頭報告においては、熱輻射の整流に関する実験結果[4]も併せて報告する。

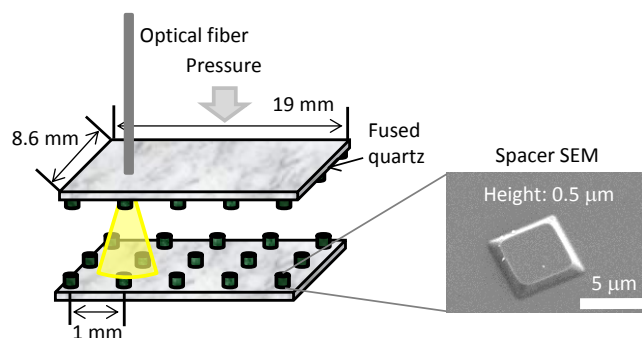


図1 サブミクロンギャップ形成法

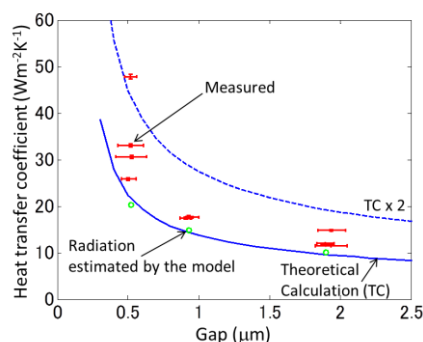


図2 熱流測定結果

[1] E. Rousseau, A. Siria, G. Jourdan, S. Volz, F. Comin, J. Chevrier, J. J. Greffet, Nat. Photo. 3-9 (2009), 514-517.

[2] R. S. Ottens, V. Quetschke, S. Wise, A. A. Alemi, R. Lundock, G. Mueller, D. H. Reitze, D. B. Tanner, B. F. Whiting, Phys. Rev. Lett. 107-1 (2011), 014301.

[3] K. Ito, A. Miura, H. Iizuka, H. Toshiyoshi, Appl. Phys. Lett. 106-8 (2015), 083504.

[4] K. Ito, K. Nishikawa, H. Iizuka, H. Toshiyoshi, Appl. Phys. Lett. 105-25 (2014), 253503.