

カシミール力測定における接触電位差に関する研究

Study on the contact potential difference on measurement of the Casimir force

北大院情報科学¹, 学振特別研究員 DC²

○吉田尚樹^{1,2}, 東野一彦¹, 樋浦諭志¹, Subagyo Agus¹, 八田英嗣¹, 末岡和久¹

Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University¹,

Research Fellow of Japan Society for the Promotion of Science²

°N. Yoshida, K. Higashino, S. Hiura, A. Subagyo, E. Hatta, and K. Sueoka

E-mail: n-yoshida@nano.ist.hokudai.ac.jp

近年の微細加工技術の発展に伴い、NEMS(Nano Electro Mechanical System)への応用としてナノスケールで働く力の研究が盛んに行われている。この領域で特に注目を集めている力の一つにカシミール力がある。カシミール力は真空中の電磁場の揺らぎに起因して物体間に働く相互作用力と考えられ、1948年に Casimir によって予測されたものである[1]。平板間の領域で電磁場が制限され、平板間とその外部の領域で電磁場のモード数と零点エネルギーに差が生まれることで、カシミール力が生じる。1948年当初に理論計算による金属-金属間に働くカシミール力の予測がなされ、近年では Si 等の半導体を用いることで光照射によりカシミール力の大きさを変えられることが報告されるなど[2]、金属-半導体間に働くカシミール力の研究が行われている[3,4]。カシミール力はナノスケールにおいて他の相互作用力に対して強くなり、摩擦低減や量子浮遊への応用も期待されている。しかし、このような近距離では接触電位差に起因する静電気力の影響が顕著となるため、カシミール力の評価は容易ではない。このため、カシミール力の測定では物体間に接触電位差相当のバイアス電圧を印加し静電気力の打ち消しを行う。接触電位差を求める測定法は、FM-KPFM(Frequency modulation Kelvin probe force microscopy)や AM-KPFM(Amplitude modulation KPFM)など複数存在しており、FM-AFM(FM-Atomic force microscopy)を用いたカシミール力の測定において、接触電位差の決定に適した測定法を明らかにする必要がある。

本研究では FM-AFM により取得した周波数シフトの距離依存性の結果から Au 球形探針-Si 試料間に働くカシミール力を算出した(Fig. 1(a))。測定は探針-試料間に印加するバイアス電圧を変えて行った。力の合力が最小となる時のバイアス電圧は 0.3 V であり、このとき静電気力の影響が最小になっている。一方、接触電位差の測定はバイアス電圧を変化させた時の振幅変化および周波数が最小となる点から求める手法を用いた。それぞれの手法から 0.5 V、0.3 V が得られた(Fig. 1(b))。以上から、周波数シフトから求めた電圧は振幅変化から求めた電圧よりもカシミール力測定時の静電気力の影響を最小にする電圧に近いことがわかった。これは振幅変化から求める手法はエネルギー散逸の影響を含むためと考えられる。

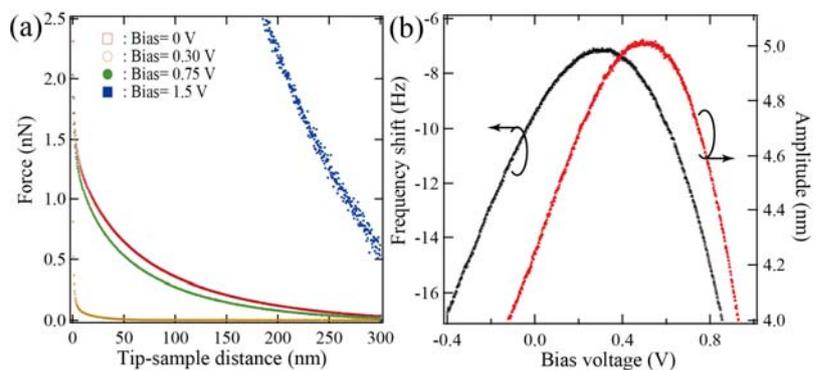


Fig. 1. (a) Force versus tip-sample distance curve in the various bias voltages. (b) Bias voltage dependence of the amplitude and frequency shifts.

[1] H. B. G. Casimir, Proc. K. Ned. Akad. Wet. **51**, 793 (1948).

[2] F. Chen *et al.*, Phys. Rev. B **76**, 035338 (2007).

[3] J. Laurent *et al.*, Phys. Rev. B **85**, 035426 (2012).

[4] N. Yoshida *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., **55**, 08NB20 (2016).