

Au 球形探針-Si 試料間のカシミール力測定に関する研究

Study on measurement of the Casimir force between spherical Au tip and Si sample

○吉田尚樹, 東野一彦, 末岡和久

Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University

°Naoki Yoshida, Kazuhiko Higashino, and Kazuhisa 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じ、これがカシミール力を生じさせる。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、1997年にLamoreauxによって実験的に初めて確認された[2]。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化できることが報告されるなど[3]、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[4]。また、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支配的であるため、摩擦低減や量子浮遊への応用も期待されている。しかしながら、このような近距離では物体の表面粗さと吸着物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、単原子層レベルで平坦かつ清浄な表面を用い、物体間の接触電位差による静電気力を打ち消すといった測定上の工夫が必要とされる。

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(b))。探針-試料間の接触電位差は探針-試料間の印加電圧を変化させた時の振幅変化が最小となる点から求めた。異なる探針-試料間距離でも同じ接触電位差が得られ、接触電位差の距離依存性は確認されなかった(Fig. 1(a))。

これにより、カシミール力に対して静電気力が無視できる条件での測定が可能になった。これは超高真空中における加熱処理により単原子層レベルで平坦かつ清浄なSi表面が得られたことに起因する。Fig. 1(b)に示すカシミール力の距離依存性の結果から、近距離においても金属-半導体間のカシミール力の理論が適用可能であることがわかった[5]。

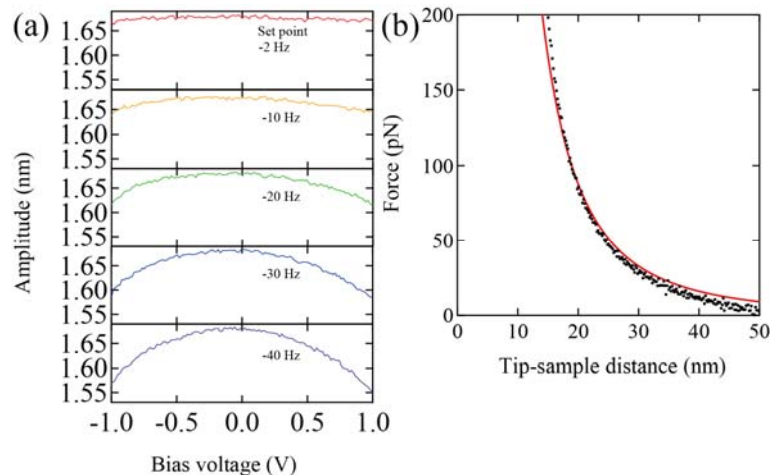


Fig. 1. (a) The amplitude shifts dependence on bias-voltage at five set points. (b) Force versus tip-sample distance curve. The square dots and the solid line show the measured curve and the theoretically calculated Casimir force, respectively.

- [1] H. B. G. Casimir, Proc. K. Ned. Akad. Wet. **51**, 793 (1948). [2] S. K. Lamoreaux, Phys. Rev. Lett. **78**, 5 (1997). [3] F. Chen *et al.*, Phys. Rev. B **76**, 035338 (2007). [4] J. Laurent *et al.*, Phys. Rev. B **85**, 035426 (2012). [5] N. Yoshida *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., in press (2016).