

カシミール力測定のための球形探針の作製方法

A study on fabrication methods of spherical tip for Casimir Force measurement.

北大院情報科学¹, 学振特別研究員 DC²

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

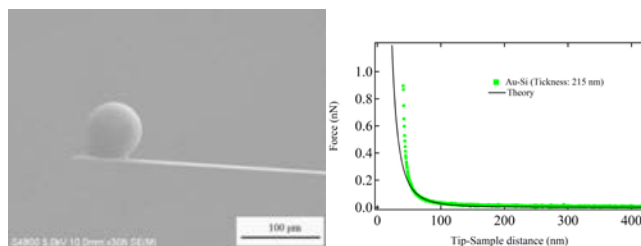
Graduate School of IST, Hokkaido University¹, JSPS Research Fellow²

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

E-mail: k-higashino@nano.ist.hokudai.ac.jp

ナノスケール領域で働く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である[1]。金属-金属間に働くカシミール力に関する先行研究では、主に NC-AFM(Non-Contact Atomic Force Microscope)が測定に用いられている[3]。また近年では、Si など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が変化すると報告もあり[4]、微小な領域に働く力が無視できなくなる NEMS(Nanoelectromechanical systems)などでは、カシミール力の影響を評価する必要がある。ナノスケールにおいては、探針や試料の表面粗さの影響が顕著になり、カシミール力の評価は困難になる。そこで、本研究では凹凸の少ない球を用意し、その球をカンチレバーに接着することで、表面粗さをおさえた球形探針の作製を試みた。

凹凸の少ない球は、ガラス球をバッファードフッ酸で洗浄し作製した。具体的には、ガラス球をバッファードフッ酸と水を 1:22 で混合した溶液で、超音波洗浄機中にて約 10 分間洗浄した。その後、走査型電子顕微鏡と大気中 AFM を用いてガラス球表面を観察した。洗浄したガラス球の接着には、エポキシ系接着剤を用いた。ガラス球の移動や接着剤の塗布には、大気中 AFM を用いる方法とマイクロマニピュレーターを用いる方法を試した。大気中 AFM を用いる方法では、ステージにエポキシ系接着剤を敷き、そこにカンチレバーを接触させ、カンチレバーと敷いた接着剤を一度離した。次に、ステージに洗浄したガラス球を敷き、そこに先ほど接着剤を付着させたカンチレバーを接触させた。この接触させた状態で 5 分程度放置し、その後カンチレバーをステージから離した。カンチレバーとガラス球の接着ができたかどうかを走査型電子顕微鏡で確認した(Fig.1)。マイクロマニピュレーターを用いる方法では、ステージ上にカンチレバーと洗浄したガラス球、エポキシ系接着剤をそれぞれ置き、マイクロマニピュレーターのアームを使ってエポキシ系接着剤をカンチレバーの上に塗布した。ガラス球をアームを使って吸い上げ、接着剤を塗布したカンチレバーの上に置いた。この状態で 5 分程度放置し、表面を観察した。作製した球形探針表面に Ti を蒸着し、その上に続けて Au を蒸着した。Ti 膜と Au 膜の厚さの合計は約 215nm であった。Si 試料については、 10^{-8} Pa 程度の超高真空中において 833K で約 40 時間脱ガスを行い、その後、1453K で 10 秒フラッシングをし、ステップテラス構造を示す清浄な表面をつくった。SEM 像観察結果と、各試料表面の高分解能 AFM 測定結果から、カシミール力を評価するのに必要な平坦性は得られていると期待できる。カシミール力の測定には NC-AFM を使用し、取得した周波数シフトの距離依存性の結果から、カシミール力を見積った。以上の条件下で得られた測定結果から、今回示したいずれの球形探針作製方法のどちらでも Au-Si 間に働くカシミール力の距離依存性を測定することができる。



(Fig.1) (a) SEM image of the Au sphere on AFM cantilever.

(b) Force curves as a function of the Tip-Sample distance.

[1] H.B.G. Casimir, Proc. K. Ned. Akad. Wet. **51**, 793 (1948)[2] S. K. Lamoreaux, Phys. Rev. Lett. **78**, 5 (1997).

[3] U. Mohideen and A. Roy, Phys. Rev. Lett. **81**, 4549 (1998). [4] F. Chen *et al.*, Phys. Rev. B **76**, 035338 (2007).