

シングルナノスケールにおける金接点弾性の寸法効果

Size Effect of Au Nano-Contact in Single-Nano-Scale

北陸先端大先端¹, 金沢大院自然²

○石塚 慧介¹, 村上 拓², 富取 正彦¹, 新井 豊子², 大島 義文¹

School of Advanced Sci. and Tech., JAIST¹, National Sci. and Tech., Kanazawa Univ.²,

○Keisuke Ishizuka¹, Taku Murakami², Masahiko Tomitori¹, Toyoko Arai², Yoshifumi Oshima¹

E-mail: s1530003@jaist.ac.jp

種々の機械や電子デバイスの微細化・集積化が進む中、ナノスケール物質特有の性質や現象（寸法効果）の理解は重要な課題である。しかし、力学物性の寸法効果には未知の部分も多い。実験的には、銀や鉛のワイヤーは、その直径が数十 nm になると、ワイヤー軸方向のヤング率がバルクと異なる値をとると報告されている[1]。一方、理論計算では、材料寸法が数 nm になって初めて、ヤング率が変化すると報告されている[2]。この差異の原因や寸法効果の解明には、後者のスケール（数 nm）での材料寸法とヤング率の相関を実験から明らかにする必要がある。

ヤング率は、実験的には、試料に印加した力とそのときの試料変形を計測してばね定数を求め、試料寸法で規格化し得られる。但し、試料寸法が数 nm になると、この方法によるヤング率測定は容易ではない。そこで我々は、周波数変調原子間力顕微鏡 (FM-AFM) を透過型電子顕微鏡 (TEM) に組み込んだ。そして、FM-AFM のセンサー部に金ナノ接点を形成し、センサー振動によりばね定数を測定しながら、ナノ接点の形状を TEM 観察することでヤング率を測定した。

金ナノ接点 (Fig.1.a) は、TEM に内蔵した FM-AFM のセンサーと対向板にそれぞれ取り付けられた 2 本の金ワイヤーを、FM-AFM の駆動機構で接触させることで形成した。この接点の寸法は、金ワイヤーの押し付けや引き離しにより変化させられる。センサーは縦振動水晶振動子（共振周波数 1 MHz）であり、振動振幅は TEM 観察に影響しない値（90 pm）に保った。この状況では、センサーの共振周波数変化が接点のばね定数に相当する。ばね定数測定と同時に TEM 観察でナノ接点の寸法を求めた。測定は、表面コンタミネーション除去のため、超高真空中で行った。

先行研究におけるワイヤー軸方向のヤング率とワイヤー直径の關係に倣い、ヤング率とこれに垂直な方向の寸法の相関に注目した。このために、金接点を、弾性特性が直径に依存する円盤の組み合わせにより構成されていると仮定し (Fig.1.b) 解析を行った。複数の金接点の形状と、これらが示すばね定数の關係から、各円盤のばね定数を見積もり、直径とヤング率の相関を調べた。

参考文献

- [1] S. Cuenot et al., Phys. Rev. B **69** (2004) 165410.
- [2] R. Dingreville et al., J. Mech. Phys. Solids **53** (2005) 1827.

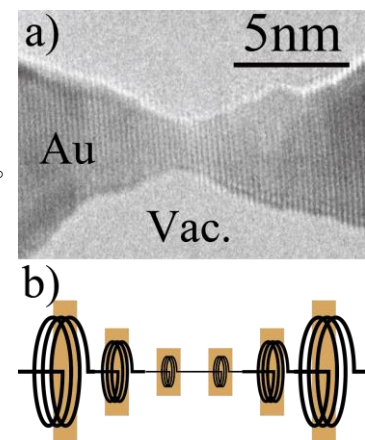


Fig. 1. a) TEM image of nano-contact. b) Model of nano-contact with slice.