

ナノメートルオーダの機械振動子の作成方法と特性測定

Fabrication and Characterization of a Nanometric Scillator

川 勝 英 樹*・佐 谷 大 輔*・ミッシェル ドラバシエルリ**・ムサ ウマディ**

Hideki KAWAKATSU, Daisuke SAYA, Michel de LABACHELERIE and Moussa HOUMMADY

1. はじめに

ナノメートルオーダの機械振動子は、その質量が非常に小さく、固有振動数ならびにQ値が高いことが期待される。そのため、ナノメートルからサブナノメートルオーダでの力や質量の検出素子として魅力がある。本速報では、金属探針を真空中で加熱することによって得られる振動子について、その作成方法、機械特性測定の手法について報告する。

2. 背景

1987年の走査型力顕微鏡¹⁾の発明を受けて、主にシリコンマイクロ加工技術を用いたカンチレバーを力検出素子とする顕微鏡が開発されている。本研究は、数10nmから数100nmオーダの振動子を実現し、それを力検出素子として用い、飛躍的な力や質量検出分解能の向上を得ることを目的としている。振動子の形状としては、ほぼ球状のマスが細い頸部で支持されている構造(以下、こけし状と呼ぶ)を作製する。期待できる作製方法として、少なくとも3個の方法がある。第1は1969年ごろ、field-ion microscope(以下、FIM)の探針を先鋭化する過程でDrechslerらによって発見された、金属探針加熱に因る方法²⁾、第2は同じくFIM用探針のスパッタリングによる先鋭化の過程で発見された方法³⁾、第3がHoummadyらが試みた電解液薄膜によるエッチングで金属探針に頸部を形成する方法⁴⁾が挙げられる。本報告では、上記3方法の内、第1番目の加熱による方法について報告する。

3. 加熱によるナノメートルオーダの機械振動子の作製方法

走査型電子顕微鏡(scanning electron microscope, 以下SEM)の試料ステージに直接固定できるような、走査型トンネル顕微鏡(scanning tunneling microscope, 以下, STM)と走査型力顕微鏡(scanning force microscope, 以下 SFM)を作製した。さらに、走査型電子顕微鏡内で金属探針を加熱できるように、タングステンフィラメントを用いた加熱装置を設置した。STMとSFMの探針の位置決めには、Z方向粗動をDCモータ、X、Y方向粗動を、5電極式チューブ型ピエゾ素子を用いたイナーシャドライブ、XYZ方向の微動は5電極式チューブ型ピエゾ素子を用いた。このような機構を用いることにより、SEMで観察を行いながら探針の加熱を行い、次に、STMもしくはSFMの探針を作製したナノメートルオーダの振動子に位置決めすることが可能となる。

4. 加熱によるナノメートルオーダの機械振動子の作製方法及び特性評価

以下に探針がタングステンの場合の、加熱によるナノメートルオーダの機械振動子の作成方法について列挙する。

- (1) KOH水溶液中で金属探針のエッチングを行う。その際、頂角がなるべく小さくなるようにする。直径が100nm以下で、テーパのほとんどない頂点近傍が加工できれば、加熱による球体の形成の可能性が高い。液と空気との界面でエッチングが進んでしまい、その結果、液浸された部分が十分に細くなる前に探針が破断してしまう場合がある。探針をその軸方法に送るか、グリセリンを混ぜて電解液の粘性を高めるなどの手法が有効である。

*東京大学生産技術研究所 第2部

**フランス科学研究庁

(2) エッチングを行った金属探針をスポット溶接でタンゲステンフィラメントに固定する。SEMの中でフィラメントに電流を流し、探針を加熱する。探針先端の変化をSEMを用いて観察する。真空度は 10^{-5} Torrであった。 10^{-3} Torrより圧力が高いと、探針の変化がほとんど生じなかった。図1に作製した振動子の

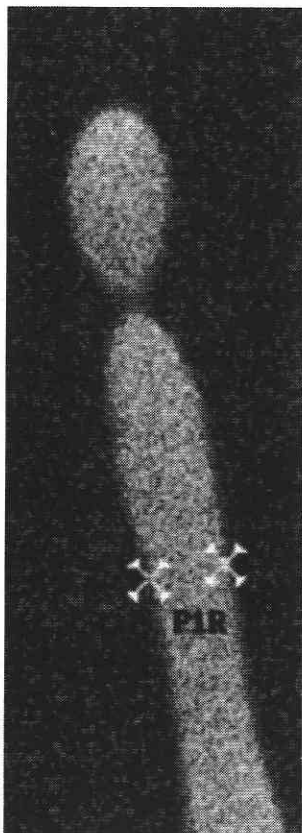


図1 走査型電子顕微鏡下で作製したナノ振動子。約4Wのパワーで1時間加熱を行った結果。加熱開始後5分程度で初めのナノ振動子が形成された。振動子形成は1回の加熱で数回繰り返して生じる場合があるが、探針直径が500nmを上回ると変化をほとんど生じなくなる。頭部直径は約300nm

例を示す。一つの探針を加熱した場合、こけし状の振動子が数回できては壊れるというプロセスを繰り返すことがある。ただし、全体の大きさが徐々に大きくなり、直径が500nmを越えると形成されにくくなる傾向があった。

これが表面の酸化によるものか、安定な形状に達したためかは確認していない。

作製したSTM・SFMの粗動機構は、XYZのすべての軸に数mmの可動範囲を有する。そのため、STM・SFM探針をSEMで観察しながらナノメートルオーダーの振動子に位置決めすることが可能となる。いままでに、予備実験として、市販のシリコンカンチレバーに金属を蒸着したものにSTM探針を近接させ、トンネル電流を検出する実験を行っている。但し、 10^{-5} Torr程度の真空度では、トンネル電流が制御できても、探針とカンチレバーとの間に力が作用してしまい、トンネル電流のスペクトラムにカンチレバーの固有振動数を反映したものが確認できなかった。今後、SFMによる静的な機械特性の評価とあわせて、超高真空におけるトンネル電流や光による振動検出を行う予定である。

謝 辞

本研究の一部は生産技術研究所選定研究費によって賄われています。ここに御礼申し上げます。

(1997年6月17日受理)

参 考 文 献

- 1) G. Binnig, C.F. Quate and C. Gerber, Phys. Rev. Lett., 12, 930 (1986).
- 2) Vu Thien Binh, A Piquet, R. Uzan and M. Drechsler, Surface Sci., 25, 348, (1971).
- 3) C. Schiller et al. Surface Sci., 339, L925, (1995).
- 4) M. Hoummady, T. Masuzawa, H. Fujita, H. Kawakatsu, J. Vac. Sci. Technol., July/August (1997). (to be published).