

原子間力顕微鏡におけるバンド励振法を用いた表面下構造の可視化



Visualization of subsurface structures by using band excitation method in atomic force microscopy

○(PC) 八尾 惇¹, 小林 圭^{1,2}, 木村 邦子¹, 山田 啓文¹ (1. 京大院工, 2. 京大白眉セ)

○(PC) A. Yao¹, K. Kobayashi^{1,2}, K. Kimura^{1,2}, H. Yamada^{1,2}

(1. Dept. of Electronic Sci. & Eng., Kyoto Univ., 2. The Hakubi Center for Adv. Res., Kyoto Univ.)

E-mail: yao@piezo.kuee.kyoto-u.ac.jp

【はじめに】最近, 原子間力顕微鏡 (AFM)を用いて表面下構造を可視化できることが報告されており, 生体分子の内部構造観察等, 幅広い応用が期待されている[1, 2]. しかしながら, 可視化メカニズムが明らかになっておらず, またメカニズム解明のための詳細な研究もほとんどなされていない. われわれは, カンチレバーの接触共振特性の変化が可視化メカニズムに関わっていると考え, 表面下の構造とカンチレバーの接触共振スペクトルとの相関を調べている[3]. 励振周波数の掃引を行って接触共振スペクトルを取得する場合, 準静的に励振周波数を変化させる必要がある. しかしながら, 計測に長大な時間が必要となった場合, 探針位置及び接触圧のドリフトが問題となる. そこで, 本研究では, AFMによる表面下構造の可視化メカニズム解明のために, バンド励振法[4]を用いて過渡応答を取得し, 接触共振スペクトルを導出する方法について検討を行った.

【実験と結果】図1に実験の概要を示す. ポリイミド膜 (125 μm)上にAuナノ粒子 (直径40 nm)を散布し, その上にフォトポリマー (300 nm)を塗布した試料を作製した[2]. カンチレバー (接触共振周波数: 約100 kHz, Q値: 約100)を試料表面に接触させ, AFMの走査中の各点において, 試料下の圧電素子にチャープ信号 (周波数が線形に変化する正弦波信号, 振幅: 12 mV_{pp})を印加し, カンチレバーの振動応答の時間波形 (1 MHzサンプリング)を記録した. その後, 印加波形及び振動応答の時間波形を高速フーリエ変換 (FFT)処理し, 各点の振幅位相スペクトルを得た.

図2に, 掃引時間が5 msの時間波形を示す. チャープ信号の周波数成分はカンチレバーの共振周波数を含むため, 時間波形は強制振動系の過渡応答を示す. 図3に, 振動応答の時間波形より導出した振幅スペクトルを示す. 時間波形には過渡応答が現れているが, バンド励振法により, 定常状態の振幅スペクトルが求められることが分かる. 本研究で用いたカンチレバーは, Q値が約100, 共振周波数が約100 kHzのため, 半値幅が約1 kHzである. したがって, 半値幅内に約5点程度, すなわち, 周波数分解能が約200 Hz程度あれば, 振幅スペクトルを導出可能であることが分かった. なお, 接触共振スペクトルは探針-試料間の非線形相互作用がある場合に歪むことが知られているが, ロックインアンプを用いて共振スペクトルを取得する場合, 過渡応答の影響が共振スペクトルにあらわれるため, 共振スペクトルに生じた歪みが高速掃引の過渡応答によるものか非線形相互作用によるものかを判断することが困難である. 本手法を用いれば, 5 msと非常に短い掃引時間でも, 過渡応答の影響のないスペクトルを取得できており, 表面下構造の可視化のメカニズム解明へ資すると期待できる.

【文献】[1] G. S. Shekhawat and V. P. Dravid, *Science*, 310, 89 (2005). [2] K. Kimura *et al.*, *Ultramicroscopy*, 133, 41 (2013). [3] 木村邦子他, 本学術講演会. [4] S. Jesse *et al.*, *Nanotechnology*, 18, 43 (2007).

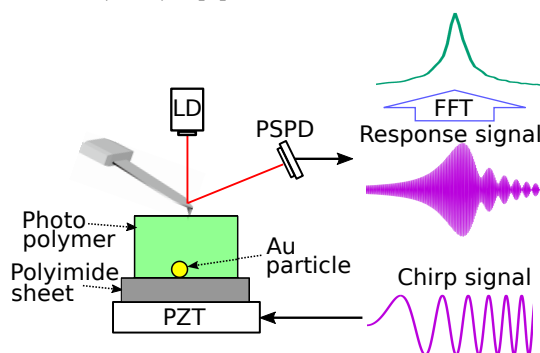


図1 バンド励振法を用いた測定系.

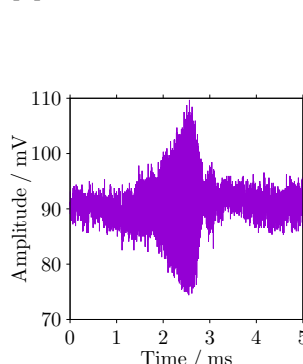


図2 応答の時間波形.

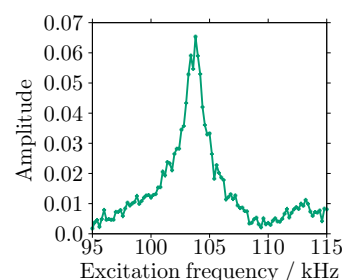


図3 時間波形より導出した振幅スペクトル.