

開口カンチレバープローブによる近接場光学像の観察とその問題点

(分子研¹、総研大²) ○成島哲也^{1,2}、岡本裕巳^{1,2}

[緒言]

微細構造や分子系の光学応答を微視的な空間スケールで直接観察し理解したいというのは、素朴な欲求であるが、通常の光による方法で対象物を観察すると、回折限界により、空間分解能はその波長で制限される。近接場光を利用した走査型プローブ顕微鏡である走査型近接場光学顕微鏡(SNOM)は、この回折限界を超えるひとつの方法として提案された。その中でも、近接場光を発生させる孔を先端に有した探針を利用する、開口型 SNOM は、近接場光の照明と集光のそれぞれに用いることができる利点から、改良や工夫が続けられ洗練されてきた。典型的な開口型の探針では光ファイバを先鋭化し金属膜により遮光された構造を有し、近接場光学像として 50 nm 程度までの分解能を安定して実現できるようになっている。ただし、同時に測定される形状像は、一般に分解能が十分とはいえず、微視的な構造と光学現象の比較を難しくしている。これは、探針-試料間の距離制御方法や探針先端の形状が主な原因であると考えられている。また光ファイバプローブでは、光の波長の制限やファイバによる分散が問題となる場合もある。我々は、それらの問題点を改善するために、原子間力顕微鏡(AFM)の距離制御技術を用い、探針としては開口を有するカンチレバーを用いた SNOM システムを製作している。本報告では、主にこの装置を用いて行った形状像と近接場光学像測定の実状とその問題点に関して議論する。

[実験]

我々が製作した AFM ベースの SNOM システム(SNOM/AFM)での形状像と近接場光学像測定では、探針としてドイツ Nascatec 社の開口型カンチレバー(Fig. 1 参照)を用いた。この開口カンチレバーでは、チップ側に開口、その裏面に入射光の減衰を抑制するための四角錐状のくぼみが形成されている。近接場光学測定では、このくぼみの最下部に光を裏面から集光し、開口からしみ出す近接場光を試料に近距離で照射し、その散乱光を検出した。

[結果及び考察]

開口型カンチレバーによる形状像と近接場光学像測定のテスト試料として、ガラス基板上に配列させた 500 nm 径のポリスチレン球を用いた。形状像測定では、コンタクトモードを用いた(Fig. 2a)。その結果、開口型カンチレバーを用いた形状像観察ではポリスチレン球を分解しているものの、通常のカンチレバーによる像(Fig. 2a 挿入図)と比較すると、巨大なチップ先端(Fig. 1 の SEM 像より 300 nm 程度の曲率半径と見積もられる)が原因で、球の間により広い隙間があるように観察される。観察対象によっては、この空間分解能では不十分な場合も想定されるであろう。次に、形状像と

同時に測定した近接場光の透過像を Fig. 2b に示す。本図から、数 μm 程度のスケールと sub- μm スケールの2種類の特徴的な構造を確認することができる。前者の構造では、形状像で高さの高いところで暗く、低いところで明るくなっている。従ってこの構造は、単純に形状に起因するものと考えている。一方、sub- μm スケールでは、ポリスチレン球の大きさに起因したと思われる縞状構造が入り組んで観察されている。この縞状の構造は、おそらくポリスチレン球内、球間の反射・干渉などがその起源であると考えられる。現在、この詳細な解析を行うため、より高い分解能での測定に取り組んでいる。

[結言]

今回、市販の開口型カンチレバーを利用し、自作した SNOM/AFM システムでの形状像と近接場光学像測定の現状と問題点に関して報告した。通常の高空間分解能の非開口型の AFM カンチレバーと比較すると、開口型カンチレバーは先端の曲率半径がかなり大きく、形状像は通常のカンチレバーで十分高い空間分解能で測定した AFM 像とは相当違ったものになってしまう。一方、同時に測定された透過光学像では試料の sub- μm スケールの特徴的な構造を観察することができた。しかしながら、対象によっては、より詳細な解析を行うために、より高い分解能での形状像観察が必要である。残念ながら、現状の市販の開口型カンチレバーではその巨大な曲率半径のため、これ以上の形状像の高空間分解能化は難

しいと思われる。チップ先端に貫通孔を形成する必要がある開口カンチレバーの場合、原理的に曲率半径が大きくなってしまふ。我々は現在、通常の高空間分解能の無開口型カンチレバーの先鋭なチップ先端をなるべく保持しながら、開口を形成し、形状像を高空間分解能化する方法を模索している。

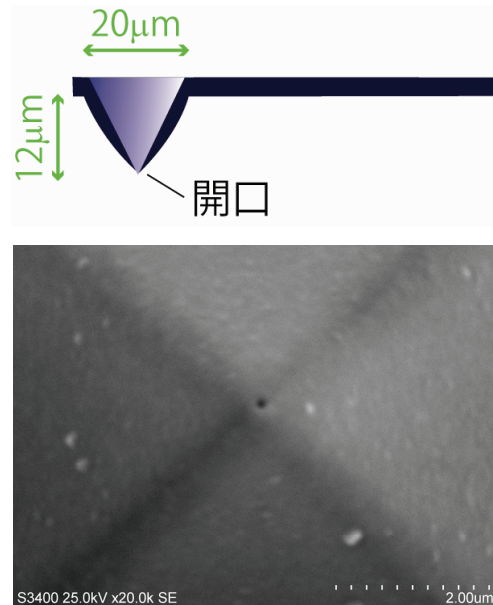


Fig. 1 開口型カンチレバーの断面模式図とその開口付近の SEM 像。

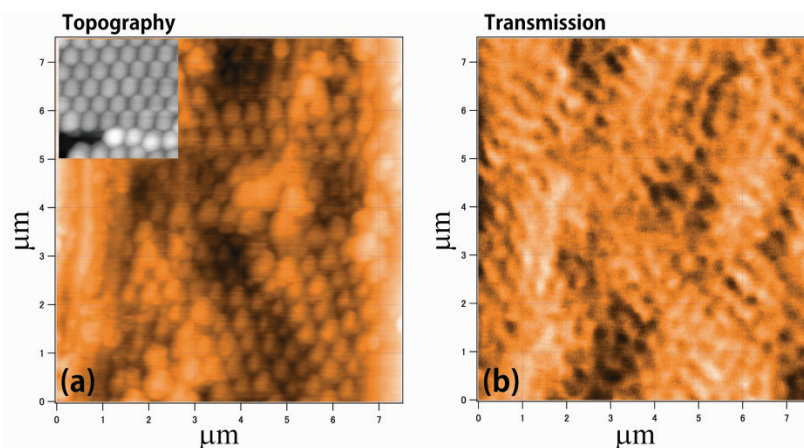


Fig. 2 100 nm の開口を有する開口型カンチレバーで取得した形状像と近接場光学(透過)像。試料は 500 nm のポリスチレン球。挿入図は 15 nm の先端曲率半径を有する通常(非開口型)カンチレバーによる AFM 形状像。透過光学像測定時の開口への入射光の波長、出力はそれぞれ 532 nm, 10 mW。