

## 複合型SNOM/STMの開発と超構造分子観察への応用

理化学研究所 中嶋 健、木村一須田廣美、原 正彦、磯島隆史、和田達夫、雀部博之

Development of Hybrid SNOM/STM and Its Application to Observation of Hyper-structured Molecules

Ken Nakajima, Hiromi Kimura-Suda, Masahiko Hara, Takashi Isoshima, Tatsuo Wada and Hiroyuki Sasabe

The Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN)

近年、回折限界を超える光学顕微鏡として近接場光学顕微鏡 (SNOM) に多くの研究者が注目している。しかしSNOMの空間分解能は数十nmであり、超構造分子を含む有機分子観察への応用は難しい。分解能の規定要因は2つあり、1つは試料-探針間距離制御方式に関連している。多くの場合制御信号として光学信号そのものかシアーフォースを利用するが、例えば前者の場合減衰長が $\mu\text{m}$ レンジという近接場の性質のため、探針をnmオーダーの接近場に持ち込むことが困難で、結果として原子-分子レベルの分解能は得られない。もう1つのさらに深刻な問題点は、開口型SNOMではその開口サイズが達成可能な分解能の限界を与えるということである。通常どのようなプローブ作成手段も数十nm程度の開口しか与えず、この値が分解能の上限となっているのが現状である。

本研究ではこの現行SNOMの欠点を補い、分解能の向上を図ることを目的にSNOMと走査トンネル顕微鏡 (STM) の複合装置を開発した<sup>1-3)</sup>。その実現の鍵は金属二重コーティング光ファイバー探針の発明にある。この探針は「開口型」プローブの開口部に光に対しては半透明で電気伝導性のある薄膜を形成することで作製した。この探針は開口部先端でのSTM動作が可能であるため、試料と開口部の距離を1 nm程度まで接近できる。また本装置は光と電子がともに関わる現象への応用も可能である。図1に開口部近傍の電子顕微鏡写真を示す。開口サイズは約100 nmと大きいのが、Au(111)面を試料としてSNOM/STM同時測定を行った結果、空間分解能が開口サイズには規定されずに $\lambda/100$ を切る高い値を得ることが分かった。また両像の比較から、電子-光子に対して単一チャンネル輸送が実現できたことも確認している。

装置の高い性能を示す別の例として有機分子系へ応用した結果を示す。蛍光分子、フルオレセイン誘導体をPMMA内に分散させ、STM動作を可能にするためその上に金の超薄膜を蒸着したものを試料とした。この試料に励起光を遠視野照射した場合、金グレイン構造のすきまにある分子のみが励起され蛍光を発する。図2は観察結果の断面図である。STM (形状像) は一回の走査の結果であるが、SNOM (蛍光像) は3000回走査の積算結果である。熱ドリフトの影響を受けることは免れなかったが、それでも両断面図の間に期待通りの相関が確認された。形状のくぼみ部分に対応して蛍光強度の極大が存在するのである。注目すべきことは蛍光強度のピーク幅が非常に狭い (10 nm程度) ことである。ドリフトの影響がなければ、蛍光強度が増大しピーク幅もさらに狭まると期待している。開口型プローブの場合、それが単一蛍光分子からの発光でも得られる発光ピーク幅は開口サイズ程度になることを考えれば、ここで得たピーク幅の鋭さが理解できる。現在は複合型SNOM/STMが単一分子蛍光観察に耐えるべく高感度化への改良を施している。その結果については当日ポスターで報告を行いたいと考えている。

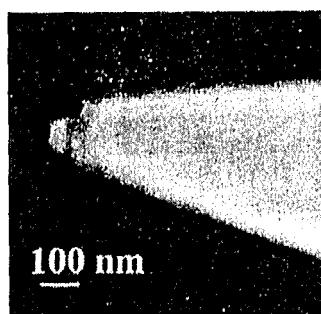
1) K. Nakajima *et al.*, Appl. Surf. Sci., **144-145**, 520 (1999).2) K. Nakajima *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., **38**, 3949 (1999).3) 中嶋 健 他、表面科学, **20**, 509 (1999).

図1 金属二重コーティング光ファイバー探針の走査電子顕微鏡像

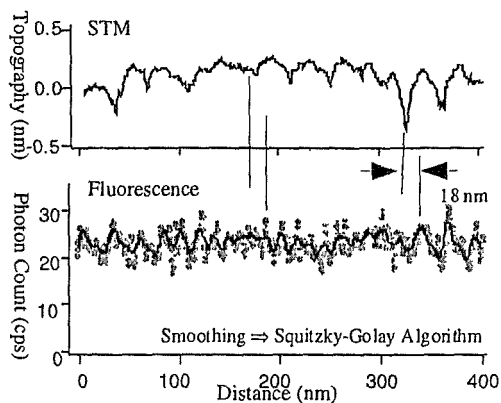


図2 SNOM/STM同時測定断面図