

ナノスケールの光の制御技術を開発、空間極限の分解能を持つ顕微分光に期待

JST 戦略的創造研究推進事業において、マックス・プランク協会フリッツ・ハーバー研究所の研究チームは、走査プローブ顕微鏡で用いられる探針に集束イオンビーム（FIB）でナノ加工を施し、探針の先端に発生するナノスケールの光を精密に制御する技術を開発しました。

不均一触媒の反応機構を解明するには、固体表面において反応の活性点となる局所的な構造と分子の動的挙動を調べる必要があります。光の回折限界を超えたナノスケールのイメージング手法と微小領域からのスペクトルが取得できる顕微分光法の開発が必要とされています。このような空間極限における計測法として、鋭く尖った金属探針の先端に発生できるナノスケールの光「近接場光」を使った走査型近接場光顕微鏡が知られています。金や銀などでできた探針の先端に局在表面プラズモンの励起を介して発生する強い近接場光の制御は、ナノイメージングやナノ顕微分光における本質的な技術です。

研究チームは金の探針の鋭く尖った先端に、FIBを用いて微細構造を作製しました。すると、ファブリー・ペロー型干渉によって針先に生じる近接場光のスペクトルを変調でき、伝搬型表面プラズモンの共振器となることを示しました（図1）。

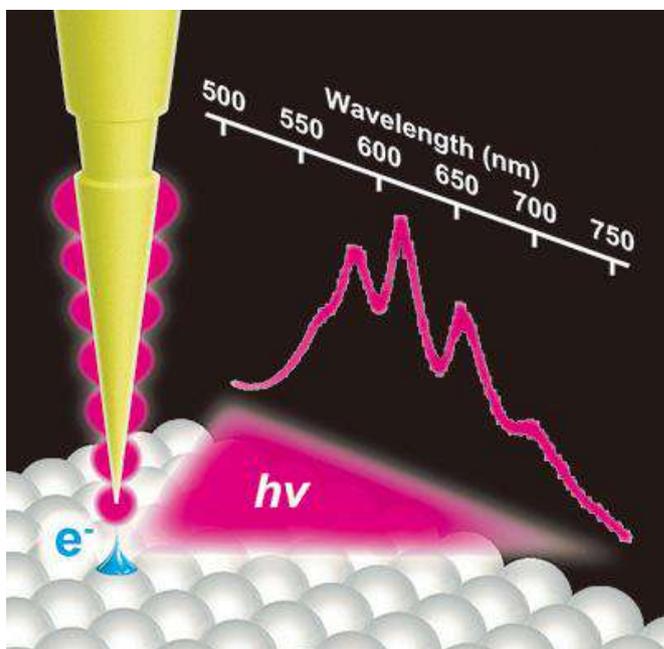


図1 実験の模式図

図2 aはFIBによるナノ加工を施した金探針の電子顕微鏡の写真です。非常に鋭く、

かつ表面がナノスケールで平坦な探針を成形した後、針の先端から数マイクロメートル離れた位置に溝構造を形成しました。このナノ加工を施した探針と、原子レベルで平坦な銀の単結晶表面とでナノ接合を形成しました。そして、独自に開発した高精度のフォトンSTMでSTM発光を計測し、ナノ空間に発生する近接場光のスペクトルを直接観察しました（図2b）。

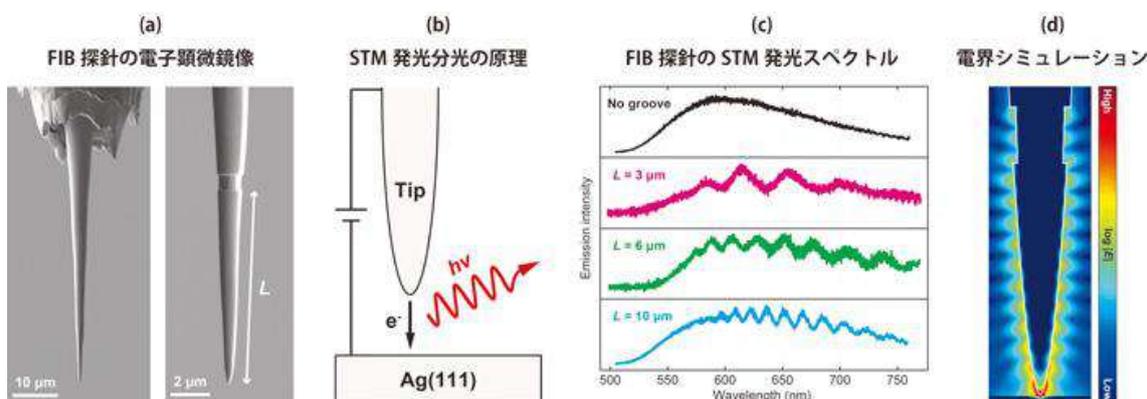


図2 FIBでナノ加工したSTM探針の発光スペクトル

図2cはFIB加工を施した探針で得られたSTM発光スペクトルです。溝構造を形成した場合にはスペクトルが周期的な変調を受けていることが分かります。このスペクトル変調は図2dの電界シミュレーションの結果で見られる、伝搬型表面プラズモンのファブリー・ペロー干渉（定在波の発生）によるものです。溝の位置に依存してスペクトル変調が変化していることが分かり、探針の構造を制御することによって発光スペクトルを操れることが示されました。このような近接場光のスペクトル制御は物質表面に吸着した分子の顕微分光を高精度に行うために不可欠な技術です。

研究チームは今後この新しい技術を応用して、物質表面に吸着した分子の構造や反応ダイナミクスを直接観察できる先端計測技術を開発し、不均一触媒やプラズモニック触媒の機構解明を目指します。

（日文发布全文 <https://www.jst.go.jp/pr/info/info1376/index.html> ）

