

単一スピン計測を目指した STM の開発

Development of STM for single spin detection

理研 小野 雅紀, 花栗 哲郎, 高木 英典

走査型トンネル顕微鏡 (STM) は、原子レベルの空間分解能で試料表面の原子像を凹凸像として得られるだけでなく、トンネル分光を行うことにより局所的な電子状態密度を調べることができる強力な分光ツールである。STM で測定する物理量は探針試料間に流れるトンネル電流である。通常の STM では、1) スピン偏極していない、2) 弾性過程でトンネルした、3) 直流のトンネル電流を測定する。これらの条件から外れたトンネル電流を測定することで、電子状態密度以外の物理量、特にスピンに関する情報を原子レベルの空間分解能で測定する試みが近年さかんである。例えば、1) に関して、探針に強磁性体を用いてスピン偏極したトンネル電流を利用するスピン偏極 STM は、最近比較的広く用いられるようになってきている。2) に関しては、Heinrich 等は、1K 以下の極低温、数 T 以上の強磁場中で Zeeman 分裂した準位間の非弾性トンネル電流を検出することで、単一原子のスピン状態を詳細に調べている [1]。

本研究では、3)に着目する。試料表面にスピンをもつ分子等が局在している系を考える。この系に磁場を印加するとスピンは Larmor 歳差運動するが、交換相互作用、あるいはスピン軌道相互作用によってトンネル障壁が Larmor 周波数で変調を受けることが考えられる。したがって、トンネル電流の高周波成分をスペクトラムアナライザで検出することにより、スピンの位置とその g 値を決定することができる。この手法 (ESR-STM あるいは ESN(Electron Spin Noise)-STM と呼ばれる) は、Manassen 等によって創始され [2]、Durkan 等によって明瞭な信号が報告されたことから注目されるようになった [3]。しかし、信号は 1 秒程度しか持続しないとされ、その再現性の低さから、疑問の声が少なくない。これまでの実験は安定な条件で行われているとは言いがたく、本研究ではできるだけ安定した条件で実験が可能な装置を作製し、スピン信号の有無に決着をつけることを目標としている。図に本研究で作製した装置の写真を示す。本装置では、これまでに培った STM の高安定化技術を用い、4.2K の低温、超高真空環境、精密超伝導磁石を用いた安定で再現性の良い磁場中での実験が可能である。現在装置が立ち上がった段階なので、今後、スピン信号の検出に取り組みたい。また、一般に「トンネル電流の揺らぎ」測定から計測の新しい局面を開拓できないか、検討したいと考えている。



- [1] A. J. Heinrich *et al.*, *Science* **306**, 466 (2004).
- [2] Y. Manassen *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **62**, 2531 (1989).
- [3] C. Durkan *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **80**, 458 (2002).