

スピン偏極 STM による原子レベルでの磁性探索

Atomic-scale magnetism by means of spin-polarized STM

千葉大院融合¹ ○山田 豊和¹

Chiba Univ.¹, °Toyo Kazu Yamada¹

E-mail: toyoyamada@faculty.chiba-u.jp

スピン偏極 STM (走査トンネル顕微鏡) による原子レベルでの磁気イメージングが 2000 年に発表されてから約 16 年が経過した。スピン偏極 STM では、非磁性 STM 探針先端に磁性原子や磁性薄膜を真空蒸着することで磁性探針とする。磁気力顕微鏡 (MFM) との違いは、磁気力を検出するのではなく、試料・探針間に流れる「スピン偏極トンネル電流」を検出する点である。トンネル電流を用いるため、探針は試料に 0.5-1.0nm まで接近し原子レベル(~0.5nm)の磁気分解能が得られる。技術的困難は、探針先端の原子がスピン偏極しなくてはならない点にある。つまり、磁性探針であっても表面が不純物で覆われスピン偏極度がゼロであればスピン偏極トンネル電流を検出できない。そのため、全てのスピン偏極 STM 測定は超高真空環境で行われてきた。また、強い漏れ磁場を発生する磁性探針も使用できない。測定対象のナノ磁石材料の保磁力は極めて小さいため、漏れ磁場の極めて小さい磁性探針が必要となる。探針先端という非常に不安定な対称性領域で、如何にして再現よく安定なスピン偏極度ベクトルを得るかの探求は、磁性試料の研究と並行して行われてきた。特に、試料のスピン偏極度をスピン偏極 STM より得るためには、探針のスピン偏極度が定量的にわからなければならない。スピン偏極 STM 研究成果と共にスピン偏極探針の開発・発展に関して報告する。

スピン偏極 STM が誕生した後、測定環境は、超高真空、高磁場、極低温～室温とバラエティに富んできた。測定手法もスピン偏極トンネル電流中の弾性散乱を計測する STM 分光法 (つまり、フェルミ準位近傍の試料表面スピン偏極電子状態密度を計測) だけでなく、非弾性散乱をとらえることで 1 個の磁性原子や分子内のスピン励起をとらえられるようになった。2016 年現在、2 次元磁性膜上のスカーミオン、原子層間の磁気結合、1 個の磁性原子・分子の量子スピン状態等の研究が盛んに行われてきている。

スピン偏極 STM 技術は、今後、磁性材料だけでなく超電導・マルチフェロイクス・グラフェンベース炭素材料、トポロジカル材料等の幅広い分野での利用が期待される。特に、ナノエレクトロニクスの発展に伴い原子欠陥や表面界面がデバイス特性を決定する上で重要なファクターとなる。スピン偏極 STM 技術は、原子レベルの欠陥や表面界面の原子・電子スピン構造を直接観察することのできる唯一の手法であり、今後ますますニーズは高まっていくことが予想される。