

吸着分子におけるスピン物性の理論

Spin in molecules on surface

東大工 °南谷 英美

Univ. Tokyo, °Emi Minamitani

E-mail: eminamitani@cello.t.u-tokyo.ac.jp

分子の持つ磁性は、スピントロニクスデバイスや有機物による磁性材料への応用が注目され研究が進められている。分子をデバイスに応用する際には、電極等の表面に接合させることが必須であるため、吸着状態での分子スピン物性とその調節可能性を探ることが重要である。本講演では特に、金属表面上の吸着分子において、そのスピン物性を大きく変える現象として近藤効果に着目し、遷移金属フタロシアニン分子にて生じる近藤効果のメカニズムやその制御について走査トンネル顕微鏡 (STM) による実験と共同で進めた理論研究の例として以下の2つを紹介する。

1. 対称性が生み出す新奇な近藤効果[1]

Au(111)表面上に Fe-phthalocyanine(FePc)が吸着した系では Fe のスピンと Au 表面の伝導電子の相互作用によって近藤効果が生じる。特に、Fe が Au 原子の直上に配位するような吸着構造では、Fe 原子周りの4回対称性が保たれるため、Fe の磁性の一部を担う d_{zx}/d_{yz} 軌道が縮退する。この軌道縮退によって生まれた軌道自由度がスピン自由度と結びつくことで、異方的な磁場応答を持つ近藤効果が生じることを明らかにした。

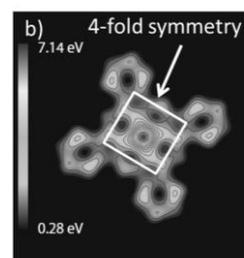


図1 FePc/Au(111)の
静電ポテンシャル

2. 近藤効果の単一分子レベルでの力学的制御[2]

FePc 分子単体は、スピン軌道相互作用によって $S_z=0$ と $S_z=\pm 1$ の状態間にエネルギーギャップ (ゼロ磁場分裂) を持つ $S=1$ のスピン状態を取ることが知られている。スピン軌道相互作用と近藤効果は競合し、近藤状態を取るかゼロ磁場分裂状態を取るかは2つの相対的な大きさによって決まる。そこで、FePc/Au(111)において STM 探針のアプローチによって近藤効果を制御し、2つの異なる状態間をスイッチングすることを試みた。探針のアプローチに伴い、Fe が上方に動くことによって Fe-Au 表面間の相互作用が弱まり、近藤効果も弱まる結果、スピン軌道相互作用が支配的となる。この過程は実験的には dI/dV スペクトルの形状が近藤効果に由来するものから、ゼロ磁場分裂した状態間の非弾性スピン反転トンネル過程に由来するものへと移り変わる現象として観測された。

これらの成果は、平岡諒一、塚原規志、高木紀明、川合眞紀 (東大新領域)、荒船竜一(NIMS)、金有洙、渡邊聡 (東大工) の各氏 (敬称略) との共同研究によって得られたものである。

[1] E. Minamitani et al., Phys. Rev. Lett., 109, 1086602 (2012).

[2] R. Hiraoka et. al., submitted