

先端追跡

[R-214] 表面磁性原子による伝導電子の散乱

最近、走査トンネルによって金属表面上の磁性原子による電子散乱の様子が極低温で研究されている¹⁾³⁾。

その1つは、超伝導に磁性原子が及ぼす影響の観察である。この問題は40年近く前から議論され、その磁性不純物の周囲の局所的電子状態も1960年代後半に理論的検討が行われていた。超伝導は、もっとも単純に言えば、互いにスピンの逆方向を向いている2つの電子が対を形成することにより生じている。磁性不純物による電子の散乱は電子スピンの方向に依存しているために、超伝導をになうこの電子の対形成に強い影響を与える。詳しい理論によれば、磁性原子の周囲に対を形成しない電子が束縛されることになる。Yazdani¹⁾らはこの束縛状態が確かに存在し、その広がり磁性原子を中心に1 nm程度であることと、磁性原子の種類によって束縛状態のエネルギーが異なることを明らかにした。

もう1つの話題は、近藤効果によって生じている局所電荷の観察である。正常金属中の磁性原子も伝導電子とスピンに依存した相互作用をするために、電気伝導、比熱などの物性に大きな影響を与え、これらは近藤効果と呼ばれている。この問題も1960年代に理論的検討が行われ、その基底状態ではフェルミエネルギーの極近傍の伝導電子が磁性原子の周囲に集まり磁性が消失することが明らかになっている。Li²⁾およびMadhavan³⁾らは独立にこの問題に取り組み、それぞれCe/Ag(111)およびCo/Au(111)で同様な観察結果を得ている。単純な予想では、磁性原子の周りでフェルミエネルギー付近の電子状態密度が増加し、微分電気伝導度も増加すると考えられるが、実際にはその減少が観測されている。これは、電子のトンネル確率が磁性原子があるために大きく変化していることに起因していると考えられている。また、このトンネル確率の異常は、磁性原子を中心に1 nm強の広がり生じていることも明らかにされている。

文 献

- 1) A. Yazdani et al.: Science **275**, 1767 (1997).
- 2) J. Li et al.: Phys. Rev. Lett. **80**, 2893 (1998).
- 3) V. Madhavan et al.: Science **280**, 567 (1998).

(東大物性研 小森文夫)

[R-215] 表面電荷密度波

TaS₂は、遷移金属ダイカルコゲナイド(MX₂)と呼ばれる層状物質で、古くからSTM観察の対象とされてきた。しかし、MX₂の表面では概ねバルクの場合のCDWと同様の周期構造が観察されている¹⁾。また、TTF-TCNQの電荷密度波のSTM観察の結果でも、得られた周期構造はバルクの場合と同じもので、局所的に観察された他の構造は、欠陥等の存在に起因するものとされている²⁾。

層状物質では、各層の独立性が高く、一般に表面層においてバルクとの違いが現れる必然性が低いと考えられている。しかし、ある種の層状物質では、構成要素間の電荷移動に起因して、表面の特異性が発現する可能性が高い。例えば、極性を持つ層が交互に積層している構造を持つ結晶の場合、最表面層には、特別な電荷分布(補償電荷)が導入される。BEDT-TTF系有機伝導体やグラファイト層間化合物等がこの条件に該当し、実際、これら物質のSTM観察では、表面の分子配列にバルクと異なる性質が現れたり、表面近くのインターカラント密度の減少を示唆する実験結果等が得られている。しかし、興味深い事実が存在するにもかかわらず、これら結果を表面に特異で本質的な現象として扱った研究はあまり行われてこなかった。

最近、擬一次元伝導性を持ち297 Kで金属-絶縁体相転移を起こすことが知られているβ-(BEDT-TTF)₂PF₆表面で、上記極性表面の性質を反映した表面特有のCDW相が発現することが示された³⁾。バルク相では2 kF電荷密度波の形成によって伝導軸(c軸)方向に格子の2倍の超周期構造が発生することが、確認されている。しかし、285 Kで得られたSTM像では、c軸方向に格子定数の約4~5倍の周期構造を持つだけでなく、a軸方向にも超周期構造を持つ、バルクの場合とは全く異なるCDW相の存在が確認された。表面層について行われたバンド計算・分極関数は、観察されたSTM像を良く再現し、表面特有の電荷密度波の存在を支持している。

表面超伝導など、他の物性についても同様の表面効果が発現する新たな展開が期待されるとともに、これまで他の要因によるとされてきた特異なCDW相等を統一的に見直す可能性が開けるかもしれない。

文 献

- 1) B. Burk et al.: Science **257**, 362 (1992).
- 2) T. Nishiguchi et al.: Phys. Rev. Lett. **81**, 3187 (1998).
- 3) M. Ishida et al.: Phys. Rev. Lett. **83**, 596 (1999).

(筑波大 重川秀実)