

高分解能スピンドル型光電子分光による表面 Rashba 効果研究の新展開

東大物性研・奥田太一

半導体ヘテロ界面の2D電子ガスでみられるスピンドル相互作用によるスピンドル偏極 (Rashba スピンドル分裂) は、空間反転対称性の破れた金属表面や界面においても発見されスピンドルエレクトロニクスへの応用という興味も相まって注目を集めている。最近の高分解能角度分解能光電子分光法 (HR-ARPES) は、この Rashba スピンドル分裂をとらえるのに適した実験手段である。実際に Au、W、Bi などの重元素表面で Rashba 効果による分裂したバンド構造が光電子分光により明瞭に観測されている。また、Si(557)面などの半導体微斜面上の Au ナノワイヤのような半導体超構造表面でもサブバンドが観測されており、その起源がスピンドル分裂によるものではないかと考えられている。

このような ARPES を用いた研究例では、対象とする重金属表面と似通った電子構造を持つ軽金属表面 (Au(111)に対し Ag(111)など) の電子構造との比較や、相対論的効果を取り入れたバンド計算などとの比較により間接的に Rashba スピンドル分裂を検証している。しかしながらスピンドルを含めた電子状態を直接観察することができれば、その電子状態の起源をより明確に検証することが可能であり、スピンドル・角度分解光電子分光 (SARPES) は Rashba 効果を研究する強力な手段となる。

スピンドル検出には、これまで Mott 型スピンドル検出器と呼ばれる高エネルギー電子の後方散乱のスピンドル依存性を利用した検出器が主に用いられてきたが、散乱確率が 10^{-2} 程度、スピンドル検出能力も 0.1 程度と小さいため、その検出効率は 10^{-4} 程度と非常に悪い。そのため SARPES 実験においてはエネルギー分解能を犠牲にせざるを得ず、高分解能での測定は事実上不可能であった。

しかし最近、各国で真空紫外領域の第三代放射光源が稼働し、光の輝度・強度があがったため分解能をあげた SARPES 実験が徐々に活発になってきており、表面 Rashba 効果の直接的な検証なども報告されつつある。我々は SARPES 実験においてさらなる高分解能測定を目指すため、新しいスピンドル分析装置を開発した。この装置は強磁性ターゲットによる低速電子線のスピンドルに依存した反射率の違いを利用する物で VLEED (Very low energy electron diffraction) と呼ばれる。我々は、スピンドル検出能力 0.4、検出効率 10^{-2} を達成し、この高効率を利用して角度分解能 ± 0.7 度、エネルギー分解能 30 meV でのスピンドル・角度分解光電子分光実験を実現した。本稿ではこの装置を紹介するとともに、金属量子薄膜の電子状態が Rashba スピンドル分裂した表面状態により変調されスピンドルを含めた電子状態に変化が生じることなどを最近観察したので、その結果などについて報告する。