

スピン分解光電子分光、最近の進展と今後の展望

奥田太一

広島大学 放射光科学研究センター

スピン分解光電子分光法は、強磁性体のスピン交換分裂状態を直接観測することの出来る実験手法として表面磁性研究などで 1980 年~1990 年代にかけて活躍したが、その後磁気円二色性などの強力な実験手法が開発されたこともありその利用は下火になっていた。ところが近年トポジカル絶縁体やラシュバ効果などスピン軌道相互作用と空間反転対称性の破れに起因するスピン縮退の破れた電子状態が発見され、基礎物性の新たな舞台としてだけではなくスピンを利用した次世代デバイス開発の期待もあり、にわかに注目を集めるようになってきている。そして、これらの物質の電子状態はスピン分裂が波数に依存する為、バンド構造を直接観測できる光電子分光にスピン検出能力を具備したスピン分解光電子分光がその研究のツールとして再び脚光を浴びる様になって来ている。

それに呼応する様にして 2000 年代ごろから新しい実験手法の開発や検出器の革新も進められ、スピン分解光電子分光法を用いた新しい物性研究の時代が始まっている。例えばスイスライトソースに建設された COPHEE と呼ばれるスピン分解光電子分光装置は、二台の Mott 検出器を用いることにより電子のスピン偏極度の x,y,z 成分を全て観測することができる装置である。スピン量子化軸が容易磁化軸方向にそろっている強磁性体とは異なり、波数によってスピン量子化軸が複雑に変化するトポジカル絶縁体などのスピン電子状態を正確に知る為にはこのようなスピンベクトルの三次元測定が不可欠であり、多くの重要な実験データがこの装置を用いて得られている。一方我々は、従来のスピン検出器の検出効率の悪さを改善し、Mott 検出器の 100 倍近く高効率な VLEED 型スピン検出器を実用化することに成功した。その結果、これまで低分解能・長時間測定が常識だったスピン分解光電子分光の分解能が格段に向上し、また短時間での観測も可能となった。これらの開発により最近では詳細なスピン電子状態を明瞭に観測できる様になって来ている。

一方、これらの新しいスピン分解光電子分光装置の性能を遺憾なく発揮する為には光源の性能向上も重要である。真空紫外・軟 X 線高輝度光源は価電子帯のスピンに依存したバンド構造を観測する上で最も適した光源であり、これからのスピン分解光電子分光実験には必要不可欠である。日本国内でも早期に建設されることが切望される。一方でスピン分解光電子分光測定的光源としての紫外線レーザーの利用も始まっている。レーザーの利用は、その高輝度性による高分解能化の実現だけではなく、低エネルギーによるバルク敏感測定や、パルス性を利用した時間分解測定、二光子過程による非占有状態の観測など新しいスピン分解光電子分光実験の可能性を多いに広げる可能性がある。

さらに、装置開発に於いても更なる高効率・高分解能化に向けた努力が行われている。これまでのスピン分解光電子分光装置は全てシングルチャンネル測定（一つの角度方向に放出される光電子のエネルギースペクトルを観測する）であったが、通常角度分解光電子分光実験で一般的なマルチチャンネル測定（角度分布とエネルギー分布を二次元的に一度に取得する）をスピン分解測定に於いても実現する試みが始まっており、さらに高精細な観測が近い将来実現される可能性がある。講演ではこれらの新しい展開についても紹介する。