

# 光電子顕微鏡 (PEEM) の現状と将来展望

東京大学物性研究所

谷内 敏之

光電子顕微鏡 (PEEM) は紫外～X 線領域の光を試料に照射することによって放出される光電子・二次電子を、電子レンズによって拡大・結像する投影型の顕微手法である。PEEM は光電子を検出するという特徴から物質の電子状態に敏感なコントラストを得ることができ、表面科学はもちろんのこと幅広い分野で利用されている。もっとも広く利用されているのが放射光を利用した軟 X 線 PEEM である。これは適切な光子エネルギーを選択することにより、元素識別・価数識別が可能であったり、円偏光を使うことでスピンの情報を得ることも可能である。最近では放射光のパルス性を活かした時間分解観測も盛んに行われてきた。また高 X 線を利用することで高い検出深さが得られるため、表面だけでなく界面に埋もれたナノ構造も可視化することが可能になっている。さらには空間分解に加えて、電子レンズ系のエネルギー分解・角度分解の機能を強化することで微小領域の角度分解光電子分光を可能にした顕微分光手法 (モメンタム PEEM) も近年開発されている。

一方、この 10 年あまりで大きく広がっているのがレーザーを光源としたレーザー PEEM である。こちらはフェルミ準位付近の電子を検出することで各種化学状態を反映したコントラストを得ることができる。この特長を利用して特にフェムト秒レーザー光源を使った実験では、ポンプ・プローブ法を利用して表面プラズモンを観察したり、半導体中に励起されたキャリアの空間的な移動を観察したりすることが可能になっている。また軟 X 線領域と同様に紫外領域においても円偏光を使えば磁気情報を得られることが報告されたことからレーザー PEEM の適用範囲がスピントロニクス等にも広がっている。

一方、装置性能としては最近 10 年ほどで電子レンズ技術・光源技術が大幅に進み、高い空間分解能を得られるまでに至った。具体的にはこれまで空間分解能を制限していた電子レンズの収差とスペースチャージ効果を抑制する方法が実験的に証明され、レーザー PEEM を使うことで最高 3 nm の空間分解能が得られるようになった。これによって表面科学における微小な基礎物性を詳細に観察できるようになっただけでなく、電子ナノデバイスのような応用分野での利用も期待されるようになった。

本講演では他の顕微手法との比較を通して放射光 PEEM・レーザー PEEM の各特長と実験例を紹介しつつ、両分野における新手法開発と将来の可能性について議論する。