

# BL25SU 軟X線固体分光

## 1. 高密度刻線回折格子の導入

BL25SUは、ヘリカルアンジュレータからの高輝度軟X線を利用し、固体の電子状態及び表面構造の先端的高精度研究を目指して建設されたもので、明るさを稼ぐため少ない刻線本数の不等間隔回折格子(600本/mm及び1000本/mm)を用いながらかつ光エネルギー1keV付近でエネルギー分解能10,000を上回ることが目標であった。平成10年2月の放射光導入からビームラインの調整作業を行い、平成11年春に1keV付近で分光器分解能16,000、光電子全分解能80meVを達成し、目標性能をクリアした<sup>[1]</sup>。これは現在でも世界最高の性能である。引続き行われた、Ce化合物のCe 3d-4f共鳴光電子分光の実験では、Ce 4f状態のスピン・軌道分裂の観測のみならず近藤温度の低い物質について近藤共鳴のすそを観測することに成功した。また近藤温度の高い物質については不純物アンダーソンモデルの適用限界を超えていることを明らかにした。このようにCe化合物で真のバルク電子状態の高精度測定に初めて成功した結果は世界的にもきわめて大きなインパクトを持って受け入れられた<sup>[2]</sup>。現在、BL25SUは、光エネルギー0.22~1.5 keVの全範囲で分光器分解能が10,000を越える実験が定期的に行えるビームラインとなっており、このビームラインの利用に世界中の関心が高まっている。

今回の高度化は、より高密度刻線(2000本/mm)の不等間隔溝刻線回折格子を新たに導入し、さらなる光エネルギーの高分解能化を目的とする。具体的には、現在の2~3倍の分解能を目標とする。固体のフェルミ準位近傍の電子状態を観測するのに必要十分な分解能の上限は無く、世界最高レベルの研究を維持し続けるためにはさらなる高分解能化の努力が必須である。高密度刻線回折格子はBL25SUの分光器に導入され、調整をはじめている。

## 2. 光電子分光測定用電源の改良

上述のように、BL25SUでは光エネルギー1keV付近で100meVを上回る分解能での光電子分光が可能になり、固体の内部(バルク)の電子状態を反映した測定を高分解能で行うことが可能となった。次に我々が目標としたのは軟X線領域での角度分解光電子分光である。従来の角度分解光電子分光は100eV以下の励起光を用いて行われてきた。これは、電子エネルギー分析器の角度分解能が軟X線領域での測定に耐えなかったことと、軟X線領域では入射光子の運動量が無視できないために角度分解光電子分光は困難であると信じられていたことが主な原因である。BL25SUで使用している光電子エネルギー分析器はGAMMADATA-SCIENTIA社製SES200であるが、この分析器は角度分解能0.2°を達成しており、原理的には軟X線領域での角度分解測

定が可能である。しかも±6°の取り込み角を持つので、軟X線領域の励起光を用いればプリルアンゾーンを一度に測定することができる。この分析器をBL25SUの分光器と組み合わせれば、軟X線領域での角度分解光電子分光を高いエネルギー分解能で行うことが可能となる。我々はこの点に着目し、光電子分光用電源を角度分解測定が可能なものに改良した。グラファイトの価電子帯に対しテスト実験を行った結果、明確なバンド分散を観測することに成功し、軟X線領域でも角度分解光電子分光が可能なることを証明した<sup>[3]</sup>。

## 3. 二次元光電子分光実験ステーションの改良

BL25SUに設置されている二次元光電子分光装置は立ち上げがほぼ完了して、円偏光光電子回折パターンの種々のデータ、磁気二色性光電子回折パターンのドイツとの共同研究など、種々のデータが出始めている。これらは、「世界最高輝度の軟X線円偏光を用いた二次元光電子分光が行える」という、世界的にここでしかできない研究装置としての性能をいかに発揮しているもので、価値の高い研究となっている。しかしながら、データの質については未だ向上が必要であり、また、一般の研究者に使いやすいものにするには、設置当時には予算の都合でつけられなかった種々の装置をつける必要があるため、それらの一部について高度化を行った。

内容は大別して、二次元分析器電源、回転モーターに分けられ、全てデータの質を向上するためのものである。「二次元分析器電源」は、種々のレンズの電位調整を容易にし、かつ検出立体角を現在の±60°から±80°に増大させるためのものである。種々のレンズの調整には実際に接続されている状態で電位を測定する必要があるが、従来の電源は対応していなかった。また、この分析器には検出立体角を増加するためのレンズが当初から組み込まれていたが電源が対応していなかったため、その電源を作成し、電位調整を進めている。「回転モーター」は、画像のバックグラウンドを測定するために、従来人間が30分以上付ききりで1分ごとに数度ずつ回転導入機を回転させている作業を自動化するためのものである。これにより、滑らかでノイズの少ないバックグラウンド画像が得られるようになり、測定効率が向上した。

(室 隆桂之)

## 参考文献

- [1] Y. Saitoh et al. : Rev. Sci. Instrum., **71** (2000)3254.
- [2] A. Sekiyama et al. : Nature **403** (2000)396.
- [3] T. Matsushita et al. : to be published in Surface Review and Letters.