

共鳴軟 X 線散乱用シリコンドリフト検出器の開発

Silicon drift detector developed for resonant soft X-ray scattering measurements

中尾 裕則

KEK、物質構造科学研究所、放射光科学研究施設・構造物性研究センター
〒305-0801 つくば市大穂 1-1

1 はじめに

強相関電子系では、電子の局在状態と遍歴状態の狭間で、通常の金属では見られない高温超伝導、巨大磁気抵抗効果といった特徴的な物性が頻繁に発現する。例えば、強相関電子系で発見された超伝導体は、スピン・電荷の秩序状態(局在相)が抑制され消失する量子臨界点近傍に一般に位置していることが知られている。つまり、局在性と遍歴性の競合した電子状態の研究が、新奇物性発現メカニズムの解明の上で極めて重要となっている。ここで局在性と遍歴性を支配しているのが、原子間での電子軌道の混成状態であり、単純には電子軌道の混成が大きくなることで金属状態が出現すると考えられる。特に、局在性の強い電子(遷移金属 3d 電子, 希土類 4f 電子)と遍歴性の強い電子(酸素 2p など)の混成した電子が作り出す局在相での”軌道混成秩序状態”や、局在相から遍歴相への転移に伴う局在的電子・遍歴的電子のそれぞれの役割解明が望まれているものの、これらの電子を区別して観測することが難しいため、未解決の問題となってきた。そこで我々は、共鳴 X 線散乱(RXS)手法を用いることで軌道混成状態の定量的な解明を目指している。特に、この混成に寄与している電子軌道の吸収端エネルギーは、遷移金属 3d (0.4 -1.0 keV), 4d (1.0-4.0 keV), 希土類 4f (1.1 - 2.2 keV), 軽元素(C,N,O,S,P) (0.5 - 2.5 keV)であり、軟 X 線を用いた RXS 実験により、これらの電子軌道を直接的に捉えることが可能となる。この共鳴軟 X 線散乱(RXS)実験は、この数年で世界的に行われるようになったものの、微弱な信号を捉えるための回折計や検出器の整備は、我々がやってきた硬 X 線領域での RXS 実験と比較すると相当遅れている。そこで物性変化に伴う微弱信号を捉えるために硬 X 線領域では当たり前だが軟 X 線回折装置では出来ていない 1 光子検出可能な検出器の整備を、今回目指した。

2 実験

1 光子検出、さらにはエネルギー分解の性能を持つ、軟 X 線領域での X 線検出器としてすでにシリコンドリフト検出器(SDD)が知られており、蛍光 X 線測定などでは利用が始まっている。しかしながら、共鳴軟 X 線散乱実験では、真空中に設置された 2θ 軸上に検出器を設置する必要があり、検出器全体が真空チャンバー内に設置できる必要がある。そこで今回、真空チャンバー内に設置可能な検出器の作製を試みた。さらに検出器の性能を、BL-11B, 16A にて確認した。

3 結果および考察

図 1 に、作製した SDD を真空チャンバー内に設置した様子を示す。RXS 実験で原理的に避けることのできない蛍光 X 線のバックグラウンドの寄与を軽減するため設置した 4 象限スリットの下流側に SDD を取り付けている。入射 X 線(2400 eV)で $Y_2Nb_2O_7$ からの蛍光をこの配置にて測定した結果を、図 2 に示す。弾性散乱(λ)だけでなく試料の構成元素に対応して、Nb, Y, O の蛍光が観測出来ているだけでなくコールドヘッドの Cu の蛍光が観測されていることがわかる。またこの時、エネルギー分解能は 100 eV 程度である。

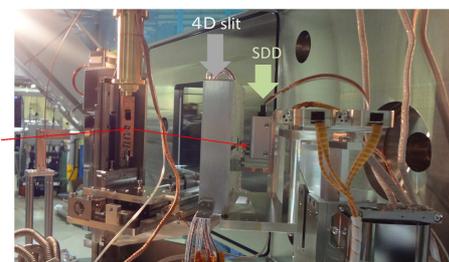


図 1: 軟 X 線用 2 軸回折計内に設置した SDD。赤矢印で入射 X 線と散乱 X 線の方向を示す。

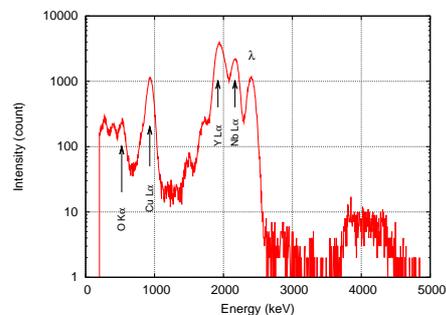


図 2: 入射 X 線(2400 eV)で測定した $Y_2Nb_2O_7$ からの発光スペクトル。

4 まとめ

今回、共鳴軟 X 線散乱実験用シリコンドリフト検出器を開発し、ほぼ期待通りの性能を持つ検出器を作製することに成功した。本検出器は、これまで我々が実験に用いてきた検出器と比較して格段に感度良く信号検出ができており、今後の構造物性研究で活躍することが期待される。

* hironori.nakao@kek.jp