

BL09XU 核共鳴散乱

1. はじめに

核共鳴散乱ビームラインは周期長32 mmのアンジュレータを有するSPring-8標準のX線ビームラインである^[1]。ビームラインモノクロメータには水冷シリコン結晶、水冷ダイヤモンド結晶を経て、2005年度より現在にいたるまで液体窒素冷却シリコン結晶が利用されている。主な利用研究として、核共鳴非弾性散乱を利用しての物質のダイナミクスの研究や時間領域でのメスbauer分光が挙げられる。放射光でのメスbauer分光は特に極端条件下や回折条件下、メスbauer線源に適切な核種がない場合などに威力を発揮している。またBL09XUでは精密ゴニオメータシステムを用いて、NEET (Nuclear excitation by electron transition) や多波回折の研究、表面研究などが行われている。

これまでの年報でも報告したようにJSTによるCREST研究、京都大学原子炉実験所の瀬戸教授を研究代表者とする「物質科学のための放射光核共鳴散乱法の研究」が2005年度から2011年度末までの予定で採択されている。ハッチの建設や大型装置の導入は終了し、2010年度は主に高エネルギー核種用モノクロメータをはじめとする装置の高度化や利用実験への応用に取り組んだ。ここでは前方散乱用¹²⁷Iモノクロメータの開発と核共鳴散乱を利用した磁性研究のために用意された電磁石について述べる。

2. ¹²⁷I用モノクロメータ

放射光においてメスbauer分光を行う利点は、ビームの指向性が高いため通常線源では困難な全反射などを利用して薄膜からの情報を得たり、ビームを小さく集光できるために高温高压等の極端条件下での実験が容易に行える点などがある。さらには、線源となる放射性同位元素を必要

としないため、線源としての寿命が短い核種に対しても、原子炉利用の制約や寿命からくる測定時間の制約を受けないため、より広範な条件での研究が進むことが期待されている。また、線源となる放射性同位元素の安全管理面でのリスクをなくすることができる。

SPring-8で利用できる50 keV以上の高いエネルギーの準位をもつ代表的な核種として57.6 keVの¹²⁷I、67.4 keVの⁶¹Ni、68.8 keVの⁷³Ge、77.7 keVの¹⁹⁷Auなどが挙げられる。高分解能モノクロメータは核共鳴非弾性散乱実験においては必須な装置であるが、前方散乱においては必要以上にフラックスを落として計測時間を長くしている。そこで¹²⁷Iに対して核共鳴散乱に寄与するフォトンに極力減らさずにS/Nの改善が行える中分解能のモノクロメータの構築を行った。10 meVオーダーの中分解能とはいえ、このエネルギーで現在得られる最も完全な結晶であるシリコン結晶を利用する場合には角度にして1/100秒オーダーの精密駆動が要求される。

光学系としては図1に示すように、Si 12 2 2, Si 12 2 2の(++)二結晶配置を用いた。出射ビームが56.5°の角度であがっていくが、前方散乱用として試料をモノクロメータの前に設置すれば実用上問題はなくなる。ふたつの非対称反射Si 12 2 2が分解能を上げるために利用された。エネルギーのスキャンにはピエゾ素子による微小回転機構を用いた。フォイルによる核共鳴前方散乱により分解能を測定した結果、図2に示すようなデータを得ることができた。ガウスフィットの半値幅は0.16 μradであり、これは単純な++配置の光学系を仮定すると18 meVに相当するが、他の条件も考慮した解析も進める予定である。

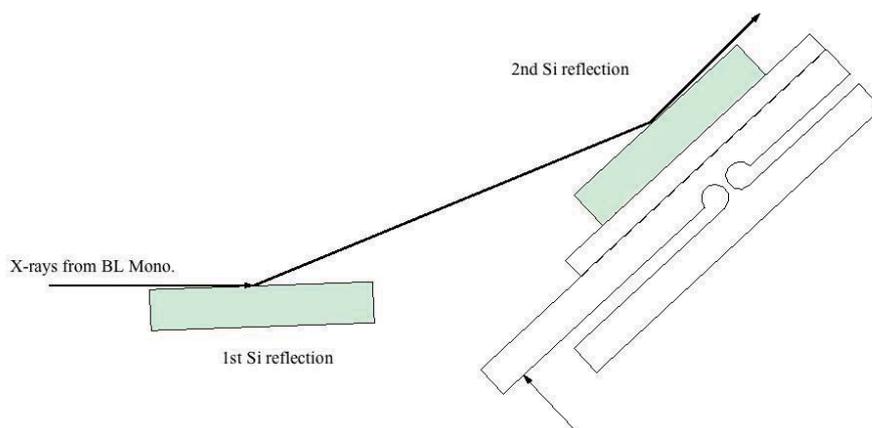


図1 ¹²⁷I用モノクロメータ

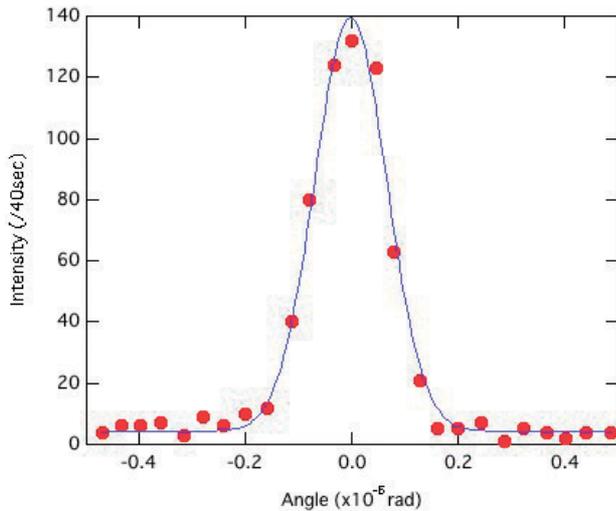


図2 核共鳴前方散乱により測定された ^{127}I 用モノクロメータの分解関数

参考文献

- [1] Y. Yoda et al.: Nucl. Instrum. Methods A, **467-468** (2001) 715-718.

利用研究促進部門、構造物性Ⅱグループ
依田 芳卓

3. 磁性研究のための電磁石の導入

デバイスの高集積化、低消費電力化や磁石の高性能化が求められる中、ナノ領域の磁性やスピントロニクスの研究はますます重要度を増している。核共鳴散乱は特定の同位体だけをプローブできるため、一層ドーブなどによるユニークな評価手法として磁性研究に利用されている。2010年度は、磁場に対する応答を調べられるよう、核共鳴散乱に利用できる電磁石を用意した。玉川製作所製水冷常伝導の電磁石で最大磁場は2200 Oe、磁極間隔は30 mm、中心φ20 mmでの均一性は±3%以内である。磁極の中心に穴が空いている為、X線に対して垂直及びX線方向に磁場を印可でき、X線方向に印可しての測定の場合、±5°までの全反射、小角散乱を測定できる。図3にその電磁石と磁性薄膜測定用のゴニオメータと組み合わせた場合の写真を示す。

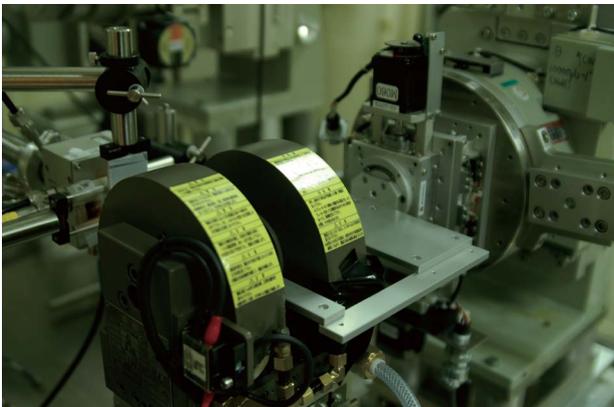


図3 電磁石と磁性薄膜測定用ゴニオメータ