

構造物性Ⅱ研究分野

BL08W

高エネルギー非弾性散乱

1. はじめに

高エネルギー非弾性散乱 (BL08W) ビームラインはコンプトン散乱と磁気コンプトン散乱によるフェルミ面、軌道状態、電子スピン状態の研究を主目的としている。実験ステーションAには楕円偏光175 keV X線を入射X線とする10素子Ge半導体磁気コンプトン散乱スペクトロメータが、実験ステーションBには直線偏光115 keV X線を入射X線とするCauchois型高分解能コンプトン散乱スペクトロメータが設置されている。コンプトン散乱と磁気コンプトン散乱のほかに、同ビームラインは液体・非晶質物質の構造解析を目的としたX線回折実験に利用されている。

BL08Wでは重点パワーユーザー課題「(磁気) コンプトン散乱における汎用解析手法の確立と極端条件下の測定技術の開発」(実験責任者: 櫻井浩 (群馬大学)) が進行中で、パワーユーザー・メンバーと共にデータ解析及び解釈支援プログラムの開発と高圧下磁気コンプトン散乱観測のための要素技術開発を行っている。

2. 2006A期と2006B期の利用実験の概要

2006A, B両期では、ウラン化合物、4f及び3d系化合物の磁気コンプトン散乱実験、Ce化合物、Ru系及びCu系酸化物の高分解能コンプトン散乱実験、Te化合物及び貴金属化合物液体のX線回折実験が行われた。また、コンプトン散乱では、新しい試みである10素子Ge半導体検出器を用いた水及び重水の比較実験や液体・過冷却液体での電子状態研究が軌道に乗り出してきた。さらに、高エネルギー X線を利用したゾーンプレート集光特性評価やX線望遠鏡用多層膜ミラーの性

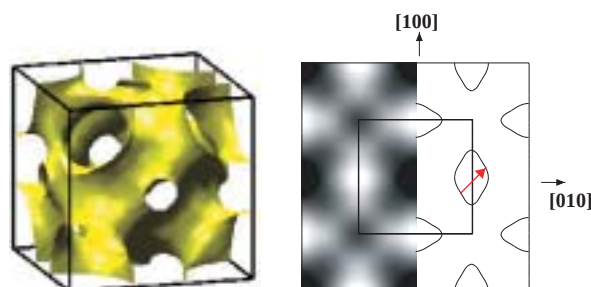


図1: (a) 高分解能コンプトン散乱実験で決定した $\text{Ni}_x\text{Al}_{1-x}$ ($x=62.5$) のフェルミ面と (b) マルテンサイト前駆現象に関連したフェルミ面ネスティング (b) [1]。

能評価も行われた。

コンプトン散乱 (磁気コンプトン散乱) を用いた利用実験では、2次元あるいは3次元電子運動密度 (スピン分極電子運動量密度) をコンプトン・プロファイル (磁気コンプトン・プロファイル) から再構成し、フェルミ面 [1] (図1) や軌道状態をより詳細かつ精密に議論するための研究課題が増えており、1課題あたりに必要なビームタイムが長くなる傾向にある。

重点パワーユーザー課題では、磁気コンプトン散乱手法の磁気多層膜のスピン構造解析 [2] (図2) への応用やキラル磁性体への応用が試みられている。

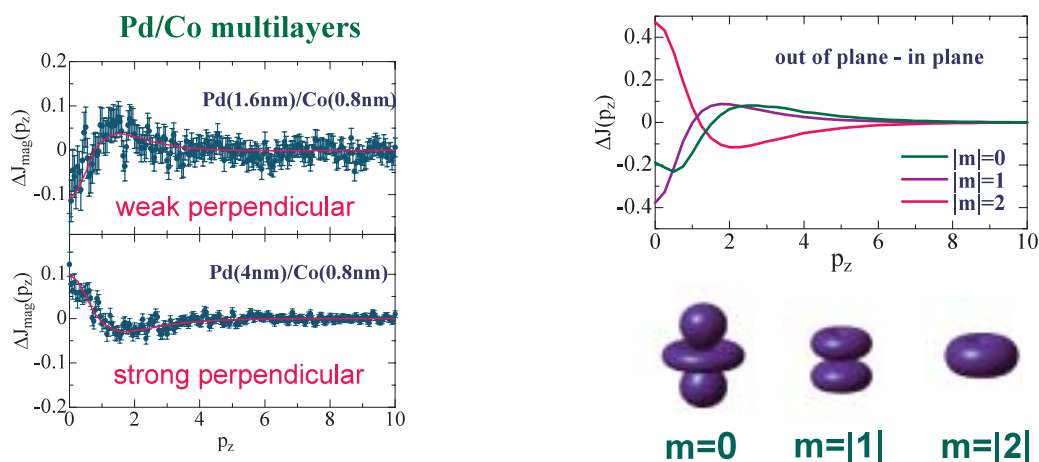


図2: (a) Pd/Co磁気多層膜の磁気コンプトン・プロファイルの異方性と (b) 磁気量子数 (m) 別のCo 3d軌道の磁気コンプトン・プロファイルの異方性。強い垂直磁気膜では $m=|2|$ の軌道の寄与が大きい [2]。

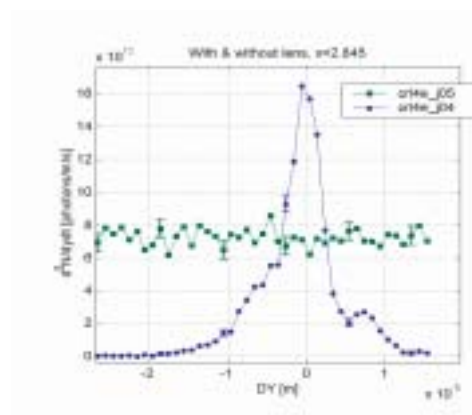
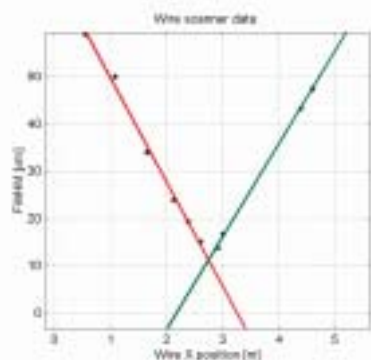


図3: (a) Ni複合屈折レンズによる175keV X線の集光特性。横軸はレンズからの距離、縦軸は集光X線ビームの半値幅。(b) レンズからの距離2.845m地点での、集光X線ビームプロファイル（青）とレンズを置かないときのX線ビームプロファイル（緑）。

3. ビームラインの高度化

(1) 複合屈折レンズの開発

BL08Wでの研究テーマを表面近傍の電子状態や磁性に拡張するために、重点パワーユーザー課題の一つのテーマとして、複合屈折レンズの開発を長峰製作所（香川県）と共同で行っている。プロトタイプは、バラボラ面を持つNi板を約500枚重ね、175keVのX線を1軸方向（縦方向）に約5ミクロンに集光するように設計されている。横方向はモノクロメータのみの集光で、そのサイズは約500ミクロンである。集光サイズの評価は、2.5ミクロン径のタングステンワイヤーのビームプロファイル・モニターで行い、10ミクロンの集光サイズを達成した（図3）。

(2) 原子のコンプトン・プロファイル計算プログラムの導入

磁気コンプトン散乱のデータ解析や解釈において、実験データへのフィッティングに用いる軌道状態別コンプトン・プロファイルは重要であり、一般ユーザーによる同実験手法の利用を促進する上で必要不可欠である。2006年度は、第1歩として、磁気量子数別軌道の原子コンプトン・プロファイルを計算するプログラムをみずほ情報総研株式会社の小玉祥生博士及びパワーユーザー・メンバーとの協力により導入した。このプログラムでは、以前に導入した第1原理バンド計算プログラム (BANDS01) の計算結果の一部を入力として利用し、より信頼性の高い原子コンプトン・プロファイルが得ることができる。

参考文献

- [1] S. B. Dugdale, R. J. Watts, J. Laverock, Zs. Major, M. A. Alam, M. Samsel-Czekala, G. Kontrym-Sznajd, Y. Sakurai, M. Itou and D. Fort, "Observation of a Strongly Nested Fermi Surface in the Shape-Memory Alloy Ni_{0.62}Al_{0.38}", Phys. Rev. Lett. 96, 046406 (2006).
- [2] H. Sakurai, M. Ota, F. Itoh, M. Itou,

Y. Sakurai and A. Koizumi, "Anisotropies of magnetic Compton profiles in Co/Pd multilayer system", Appl. Phys. Lett. 88, 062507 (2006).

利用研究促進部門 構造物性Ⅱグループ

伊藤 真義

櫻井 吉晴

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32mm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]。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分光に利用されている。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線源に適当な核種がない場合などに威力を発揮している。また、BL09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、残留応力測定などが行われている。

昨年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2009年度までの予定で採択されている。BL09XUではCREST研究に必要な仕様を満たす装置を導入するために、2006年度は冬季シャットダウン中に実験ハッチ2を新たに建設した。また、2005年度に導入された液体窒素冷却モノクロメータの高度化を進めると共に、¹⁴⁹Sm用Nestedタイプ高分解能モノクロメータの設計・製作を行い、利用実験の拡大を図った。

2. 実験ハッチ2の建設

図1に示すように、既存の実験ハッチ1の後方に実験ハッチ2が冬季シャットダウン中に建設された。これは先に述べたJSTのCREST課題の一環として、JASRIの光源・光学系部門の協力を得て実施されたもので、以下の項目を可能とし、核共鳴散乱研究の一層の発展を目指すものである。

- (1) 超伝導マグネットやレーザ加熱装置等の複合極限環境を実現するための大型装置の設置
- (2) バックスキャタリングを用いた高分解能モノクロメータの設置

- (3) 実験ハッチ1のインライン型高分解能モノクロメータの安定性の向上

建設された実験ハッチ2は長さ9m、幅4.3m、高さ4.3m、実験ハッチ1とは6m離れており、パイプによって連結されている。なお、この実験ハッチ2は2009年度まではCREST研究専用利用され、その後は共同利用に開放される予定である。

3. 液体窒素モノクロメータの振動の抑制

2005年度に導入された液体窒素冷却モノクロメータにより、ビームプロファイルや高分解能モノクロメータ後のフラックスに大きな改善が見られた^[2]。しかしながら、37keV以上のX線を利用する場合は、結晶の振動のためその性能をフルに発揮できていない状態であった。というのは、液体窒素冷却においてはシリコン結晶のひずみが少ないため、回折の幅の狭いSi333反射を使う37keV以上においては、非常に高い2結晶の平行性が求められるからである。この問題を解決するため、SPRing-8、BL35XUでの実績を参考に、2006年度夏季シャットダウン中、図2の写真の丸で示すように液体窒素配管をよりスムーズな形状に変更した。この改良により結晶

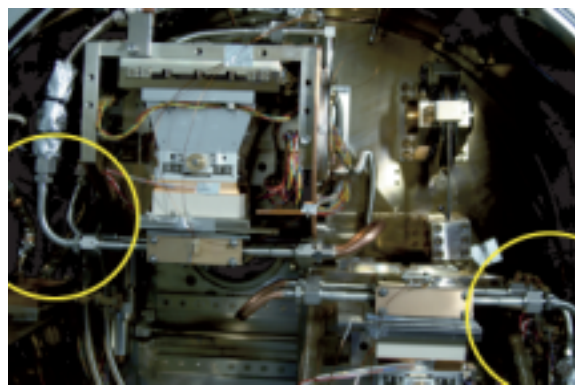


図2 液体窒素モノクロメータ。黄色の丸は変更した配管部分。

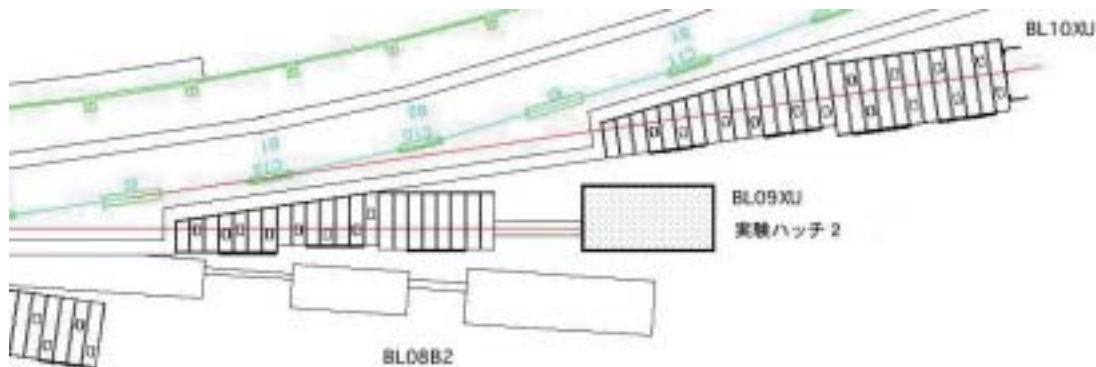


図1 上から見たBL09XU実験ハッチ2の位置関係

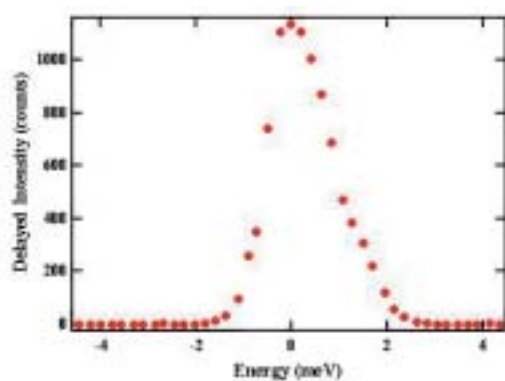
図3 ^{149}Sm 用高分解能モノクロメータ

図4 核共鳴散乱により測定された分解能関数

の振動が抑制され、37keV以上においては5割以上の平均フラックスの増加が得られている。

4. ^{149}Sm 用Nestedタイプ高分解能モノクロメータの設計・製作

BL09XUでは2005年度の ^{151}Eu 用Nestedタイプ高分解能モノクロメータに引き続き、 ^{149}Sm 用Nestedタイプ高分解能モノクロメータの設計・製作を行った。このNestedタイプはビームが平行に出射され、エネルギースキャンによる位置の変動が少ないため、応用実験が容易になる利点がある。図4に示すように分解能1.6meVが得られ、また、高分解能モノクロメータ後のフラックスは 3.3×10^9 cpsであった。

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

[2] SPring-8年報 2005年度

利用研究促進部門 構造物性Ⅱグループ
依田 芳卓

BL13XU

表面界面構造解析

1. 概要

2006年度も順調に利用研究の支援ができた。また、BL13XUを初めて利用するユーザーを多く迎えることができた。これは、SPring-8利用者懇談会の改組に伴い、新しく立ち上がった表界面・薄膜ナノ構造研究会のメンバーとの定期的な情報交換が役立ったと考えている。この新陳代謝が続くようユーザーの新規開拓を続ける一方、ユーザー研究のさらなる発展のために、過去に利用実績のあるユーザーの定常的な利用をバランスよく促していくことがますます重要になると考えている。2006年度の年報のアウトラインは活動状況、新規装置の導入、ユーザー研究の紹介である。

2. 活動状況

2006年度の実施研究課題は50課題(成果占有課題2課題を含む)に上った。このうち21課題はBL13XUを初めて利用した研究グループのものである。図1は、課題数の分野ごとの内訳とシフト数の内訳を示している。研究課題として使われた総シフト数375シフトのうち42%は新規ユーザーである。有機薄膜に関する研究が課題数ではトップタイの30%、シフト数も2番目の16%と大きく増加したことが今年度の特徴の一つである。エレクトロニクス・情報材料に関する薄膜構造研究(LSI 関連、酸化物エレクトロニクス)は、課題数は30%、シフト数も28%と共に最大を占める。これは例年と同じ傾向である。表面の研究は、課題数、シフト数ともに安定してい

る。研究課題全体として、大学、研究所、産業界を問わず、課題内容は基礎的な研究・開発から応用の明確な材料研究まで広い範囲にわたるが、応用を目指した機能と構造に関する研究が増えている。

2007年2月19日には、平成18年度ナノテクノロジー総合支援プロジェクト ワークショップ "表界面・薄膜構造研究の回折法による新展開" (BL13XU ユーザー研究成果報告会) が実施された。17件の発表があり、利用研究の新しい展開につながる白熱した議論があった。そのワークショップの内容を117ページの報告書(JASRI図書室に蔵書)にまとめた。

2006年度に発行された学術論文等の数は14本、解説記事は2件、特許出願数は1件であった。新聞掲載は、平成18年9月22日付けの日刊工業新聞の第1面に掲載された"コンデンサーに新材料 薄膜で高誘電率確保"^[1]、及び、平成19年1月10日付けの同新聞21面(科学技術)に掲載された "次世代燃料電池触媒のルテニウム表面原子配列を解析—機能低下の仕組み確認"^[2]である。

3. 装置の高度化：超高真空中のX線回折測定用直接通電型の脱着式試料ホルダの新規作製

触媒作用といった表面の機能とその原子配列との関係を解き明かすために、原子及び分子の表面への吸着、脱離、あるいは表面における反応といった基本現象が現在、さまざまな解析手法を使って精力的に調べられている。X線回折法によ

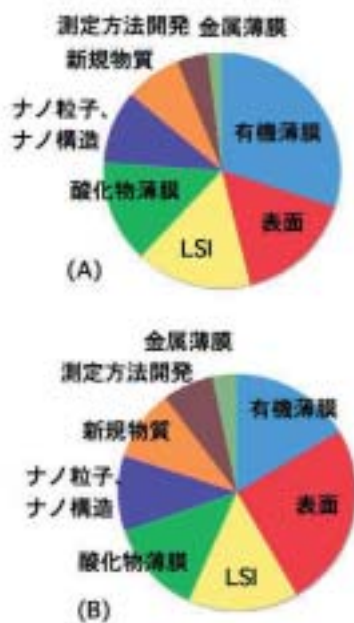


図1 2006年度の利用研究 課題数の分野毎の内訳 (A)
シフト数の内訳 (B)

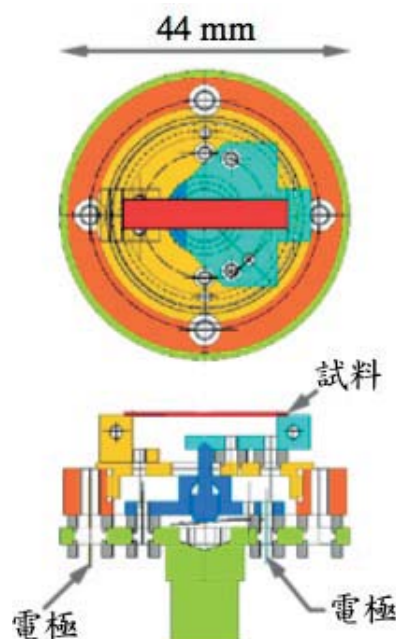


図2 直接通電型の脱着式試料ホルダ

る表面構造の観察では、超高真空環境（1ナノメートル角の領域に1時間に1個の原子、または分子が飛来する程度の真空）下で試料の温度を調整する必要がある。また、表面の不純物を取り除く清浄化作業では、試料を高温まで加熱する方法がよく利用される。特に、半導体結晶の加熱、表面清浄化では、結晶そのものをヒータに見立てて電流を流し、加熱、清浄化を行うことが可能である。この通電方式による加熱方法は、外部熱源によるものに比べ、加熱される領域を最小限に抑えることができ、余分なガスが発生しないため真空を悪化させない利点がある。

こういった経緯から、超高真空環境を保持しつつ試料を交換できる通電加熱方式の試料ホルダを製作した。図2の赤い領域が試料で、オレンジの領域と青の領域が電極になる。例えば、代表的な半導体であるシリコンを1200度程度まで容易に再現性よく加熱できる。試料を交換する際に超高真空環境を悪化させることがないので、半導体表面のその場観察を効率的に行えるようになった。この着脱式試料ホルダは今後、ユーザーの利用研究の質的向上、時間の節約に役立つと期待している。

しか起こさないのに対し、ルテニウム表面は特徴的である。ルテニウム金属の場合、ルテニウムと酸素原子の結合力が非常に強いので、深い層における金属結合にも影響を及ぼしていると考えられる。

文献

- [1] K. Takahashi, M. Suzuki, T. Kojima, T. Watanabe, Y. Sakashita, K. Kato, O. Sakata, K. Sumitani, and H. Funakubo, Appl. Phys. Lett. 89, (2006) 082901.
- [2] M. Nakamura, H. Kato, N. Hoshi, K. Sumitani, and O. Sakata, J. Phys. Chem. C, 111 (2007) 977.

利用研究促進部門 構造物性Ⅱグループ

坂田 修身

田尻 寛男

4. ユーザー研究例の紹介：次世代燃料電池触媒のルテニウムの表面原子配列

白金やルテニウムなどの貴金属は高価であり、触媒の使用量を減らす必要がある。このため少量の触媒で機能を発現させる方法の一つとして、ナノ粒子を形成し表面積を増大させることが提案されている。しかし、触媒機能には粒子サイズ効果があり、粒子径が数ナノメートル以下になると、触媒機能が低下する問題が報告されている。この原因を解明するために、平滑なルテニウム単結晶表面に酸素を吸着させた触媒モデルのX線表面構造解析を行った。その結果、表面から6層（1.5ナノメートル）以上にわたりルテニウム原子が本来もつ周期配列から乱れていることを発見した^[2]。この乱れが粒子サイズ効果の一因であることが説明できた。多くの金属では分子や原子の吸着により、表面1、2層程度の構造変化

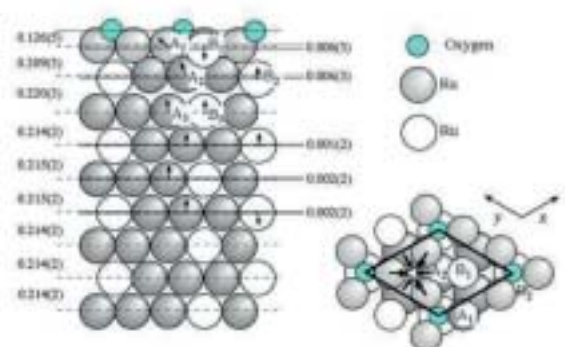


図3 原子配列モデル。原子は矢印方向に変位している。
数値の単位はnm

BL28B 2

白色X線回折

1. はじめに

白色X線回折ビームラインBL28B2は、偏向電磁石を光源とする白色放射光X線を分光することなく、そのまま汎用的に利用することが可能なSPRing-8で唯一の共用ビームラインである。したがって、研究分野や実施される実験の手法は多岐にわたっている。前年度までは、白色X線トポグラフィによる結晶欠陥などの研究、散乱トポグラフィによる回折面方位分布測定、一枚振りの分光結晶と高速シャッターを使った微小血管造影法による医学利用研究、マイクロビーム治療の基礎研究、波長分散型時分割XAFS測定による触媒等の反応過程を調べる研究、圧力媒体にヘリウムガスを使った高温高压下での構造解析研究などが行われてきた。2006年度には、新たに波長分散型ひずみ分布測定、波長分散型反射率測定の実験も行われるようになった。このように広い分野にわたる実験に対応すべくBL28B2では、構造物性Ⅱグループ、産業利用推進室、イメージンググループ、分光物性Ⅰグループのメンバーが協力してビームラインの管理、ユーザーのサポートにあたっている。

2. 主なビームラインの高度化と利用技術開発

(1) 高エネルギー白色X線を用いたひずみ分布評価技術の開発

実用材料に近い厚さの金属内部の応力を非破壊で評価することを目的として、高エネルギー白色X線を用いたひずみ分布評価技術の開発を行った。一般的な応力測定が、単色X線を用いて試料と検出器を回転させる θ - 2θ 測定により、格子定数の変化を回折角度の変化として測定し、そこから応力を算出するのに対して、本手法では散乱角を一定に保ち、白色

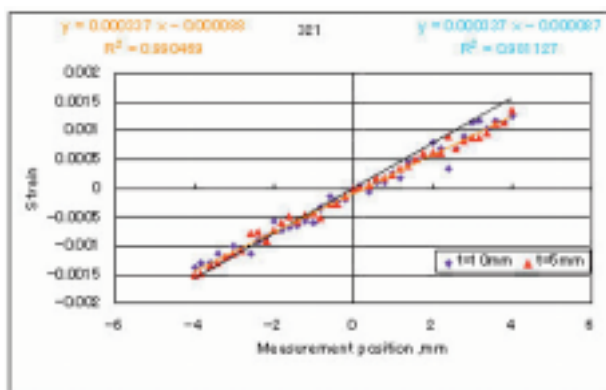


図1 高エネルギー白色X線による低合金高張力鋼内部のひずみ分布評価結果。

X線とエネルギー分解能を有する検出器を用いることで、試料の格子定数の変化を回折X線のエネルギーの変化として測定している。透過能の高い50~150 keVの高エネルギー白色X線を用いるため、mm オーダーの厚さの試料内部のひずみ測定が可能である。さらに、この測定方法は、得られるひずみの大きさが回折計の交差精度に依存しないという利点がある。手法の検証用の測定として、既知のひずみが負荷された厚い低合金高張力鋼の評価実験を行った。図1に試料の厚さが5 mm及び10 mmのときの内部ひずみ分布の評価結果を示す^[1]。負荷ひずみと測定されたひずみはよく一致しており、また、結果のばらつきが小さいことから、測定精度が十分高いことが確認された。今後は実用材料の評価に向けて、さらなる高精度化を行っていく予定である。

(2) 波長分散型反射率測定法の開発

X線反射率測定法は、物質の深さ方向におけるサブナノメートルオーダーの微小な構造変化を調べることのできる強力な手法である。しかし、従来型の測定方法では、測定に時間がかかり、また数平方ミリから数平方センチという広い領域の平均の情報しか得られないため、空間分解能が低く、実用材料の評価が困難であるという問題があった。そこで、迅速に高い空間分解能での測定するために、波長分散型反射率測定法を開発した。この方法では、後述する白色X線マイクロスリットとエネルギー分解能を有する検出器を用いており、測定中に試料や検出器を動かす必要がないという特徴がある。図2にガラス基板上的クロム層の測定結果の例を示す^[2]。測

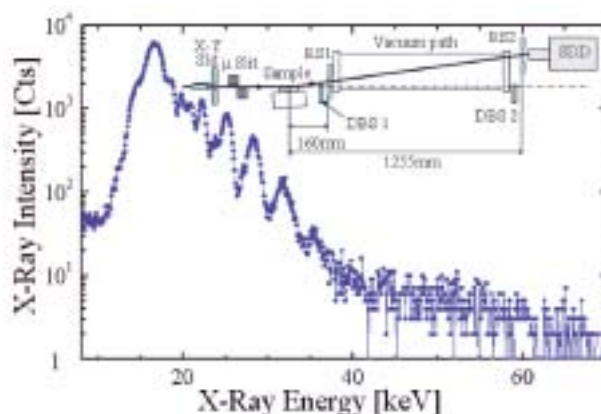


図2 波長分散型反射率測定で得られたスペクトル。図中の模式図は測定の光学系（RS1, RS2: 受光スリット、DBS1, DBS2: ダイレクトビームストッパー、SSD: シリコンドリフトディテクター）。

定時間は2分間である。エネルギースペクトルに試料の構造に起因する振動パターンが明瞭に観測され、この手法の有効性が確認された。試料にもよるが、0.1秒程度での測定も可能と考えられる。今後は、実用材料への応用を図っていく予定である。

(3) 白色X線マイクロスリットの開発

2005年からマイクロビーム放射線治療の研究がBL28B2で開始され、このための装置開発を進めている。この治療法では一例を挙げれば、50～200keVの白色X線を200 μ mの間隔に並んだ縦幅25 μ mの多重スリット状コリメータを通して、すだれ状の白色ビームをガン組織に照射することを特徴とする。この方法の特長は、ガン細胞だけが選択的に死滅するが、ガン組織周りの正常細胞はほとんど損傷を受けないことである。すだれ状の白色ビームを生成するコリメータの開発は、昨年度の年報で報告した。さらに進んでこの治療法では、ビームが照射されている部分と照射されない部分との強度差が大きいたが必要である。このため、すだれ状の白色ビー

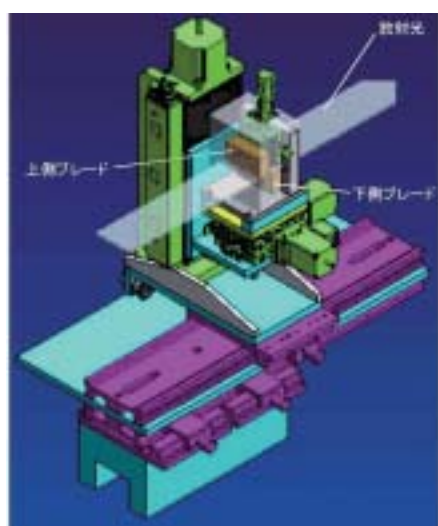


図3 白色X線スリットの構造。



図4 脳腫瘍移植ラットでの腫瘍部照射位置決め画像。

ムを生成するコリメータとは別に、タングステンブロック（高さ30mm×幅60mm×厚さが20mm）を2個使い、スリットブレードの厚さが20mmで、スリット間隔が可変の図3に示す白色X線用マイクロスリットを開発した。これを使い、新たなすだれ状コリメータを開発するための予備実験を実施する予定である。

(4) 腫瘍部照射位置決め装置の開発

マイクロビーム放射線治療の研究で、現在は培養細胞やラット・マウスでの実験が行われている。放射線医学総合研究所とJASRIの共同チームがマルチスリット状コリメータを2005年に開発し、このコリメータを使って合計4グループが実験を進めている。ここで、脳腫瘍移植ラットモデルを使用する実験のために、大脳深部に移植した腫瘍へ正確にマイクロビームを照射する位置決め装置を開発した。図4に示すように、3方向からの位置合わせ画像に、照射ビームの位置及び経路を重ねて表示した。これにより、臨床の場での放射線治療に近い方法での照射実験が可能となる。

(5) 湾曲量可変型ブラッグ配置用結晶分光器の改良

波長分散型時分割XAFS測定においては、12keV以下の低エネルギー領域の測定用に湾曲量可変型のブラッグ配置用結晶分光器を開発し使用してきた。しかし、ビームの集光状態が分光結晶の湾曲量を調整後徐々に変化し、24時間後には測定が困難になるといった問題があった。これは、分光結晶が横滑りしてしまうことによって湾曲状態が変化していたことが原因であった。そこで、図5に示すように結晶の端をバネで押す機構と止め板を取り付けた。これにより、湾曲量調整後の集光状態が安定に保持できるようになった。

(6) ガス供給排気システムの改良

これまで、触媒等の反応に対するin-situ実験に対応するた

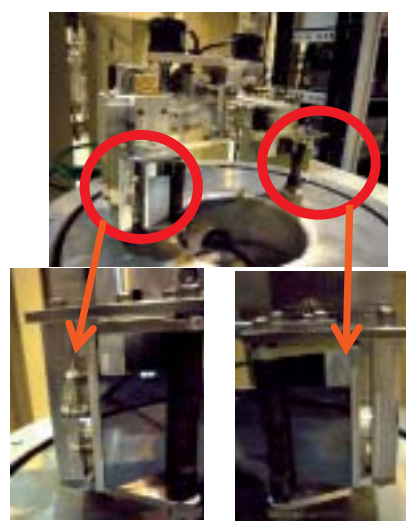


図5 結晶横滑り止め機構を取り付けた湾曲量可変型ブラッグ配置用結晶分光器。

め、ユーザー利用が多いガス種に対してガス除害設備の整備を行ってきた。2006年度は、前年度までに整備した水素ガス用の設備に加えてNO、H₂S、及びNH₃についても使用できるようにガス設備の改良を行った。排気ラインに吸着剤を用いたドライタイプの除害装置を導入し、反応装置からの排出ガスを連続的に無害化処理しながら屋外に排出できるように整備した。また、インターロックについても改良を行い、従来のガス漏洩や装置異常時におけるガス供給の緊急停止設備に加えて、近隣ビームラインへの自動通報設備を追加整備した。

参考文献

- [1] Jun-ichi Shibano, et al., proceedings of MECASENS IV (submitted).
- [2] K. Sakurai, et al., Journal of Physics: Conference Series 83 (2007) 012001.

利用研究促進部門

構造物性Ⅱグループ 表面構造チーム

今井 康彦

産業利用推進室

産業利用支援グループ 産業利用支援チーム

梶原堅太郎

利用研究促進部門

イメージンググループ イメージングチーム

梅谷 啓二

利用研究促進部門

分光物性Ⅰグループ XAFS・分析チーム

加藤 和男

BL35XU

High-Resolution Inelastic X-Ray Scattering

1. Introduction

During FY 2006 (April of 2006 - March of 2007) most experiments at the beamline were supported by S. Tsutsui, A. Baron, as J. Sutter had moved to Diamond Light Source and D. Ishikawa was primarily doing work away from the beamline. In December of 2006, H. Uchiyama arrived at SPring-8 as JASRI staff. Beamline improvement proceeded on several fronts, including installation of a KB setup for (beam size $< 20 \text{ } \mu\text{m}$) and a plan to upgrading the BL35 undulator.

2. KB Setup

For many experiments, a small beam spot is desirable. The optimized beam spot at BL35 using the bent cylindrical mirror, about $50 \text{ } \mu\text{m} \times 70 \text{ } \mu\text{m}$ ($V \times H$, full-width at half-maximum (FWHM)), is good, given that the focusing setup accepts the full beam from the undulator and that the beam divergence remains $0.1 \times 0.3 \text{ mrad}$, FWHM, after focusing. However, for some experiments, a smaller size would be highly desirable. This includes experiments with very small samples (e.g. high pressure work with samples in a diamond anvil cell (DAC)) and also measurements at extreme grazing incidence, though, in both cases, one needs to be careful about the increase in divergence with focusing.

We have been pursuing a compound optical scheme with a the goal of achieving a focus of $< 20 \text{ } \mu\text{m}$ diameter, while retaining good throughput. The upper limit on the size is set by typical sample sizes for DAC experiments, and noting that most

experiments are count-rate limited, making thick samples highly desirable. The final system was then a reasonable compromise between performance, flexibility and cost. The main issues were preserving space near the sample (for diffractometer motion) and, of course, achieving the desired focal spot size without large losses (throughput $> 50\%$). The essential optical scheme is shown in figure 1. The large (1m) main cylindrical mirror is used to over-focus the beam and then followed by smaller (15 and 20 cm) mirrors generating the final focus. The short mirrors, especially the horizontal focusing, mirror require elliptical shapes (cylindrical is not sufficient). Fixed curvature mirrors (SESU, JTEC) were considered, and also bent flat mirrors from Xradia. However, as the final mirror had to be 20 cm (too long for JTEC) and as the bender setup took too much space near the sample, we chose fixed elliptical mirrors from SESU. Some flexibility for

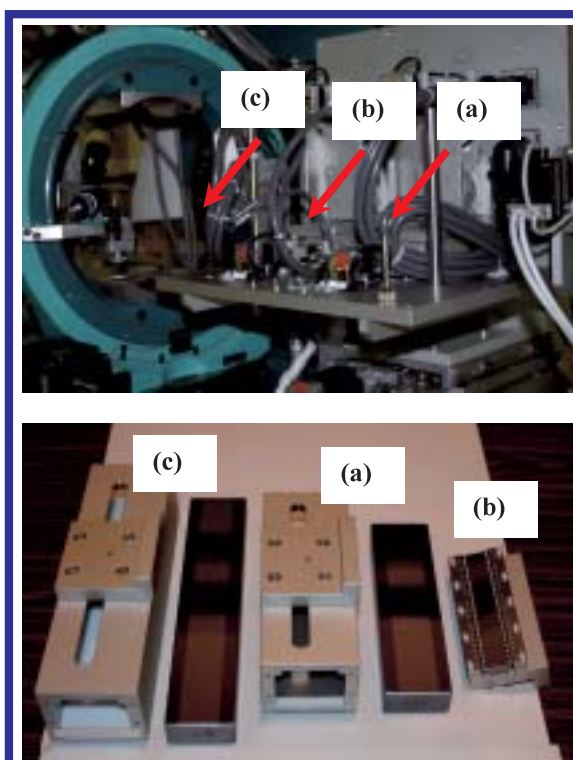
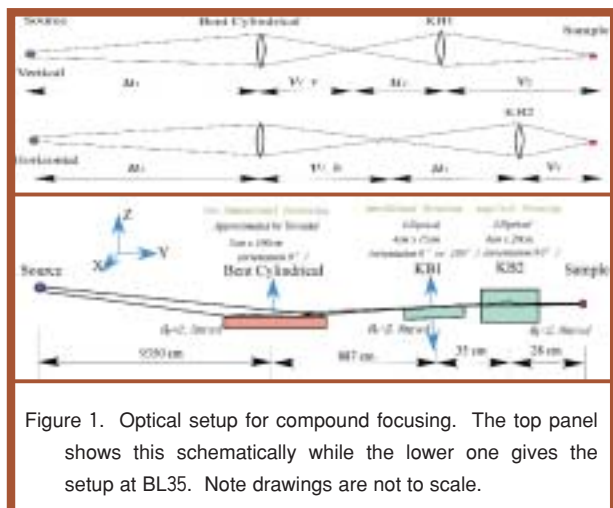


Figure 2. KB Mechanics and Mirrors

The top panel shows the mounting scheme (see text) with arrows showing mirror locations. The lower panel shows the mirrors and holders. Letters (a-c) correspond to the vertical focusing, vertical deflecting and horizontal focusing mirrors and mounts.

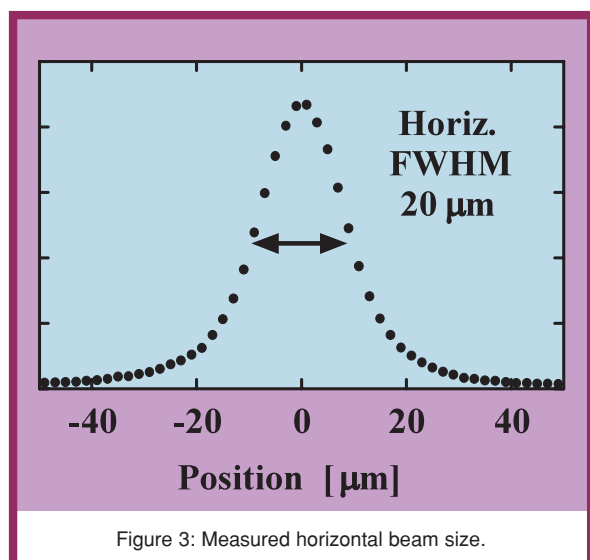


Figure 3: Measured horizontal beam size.

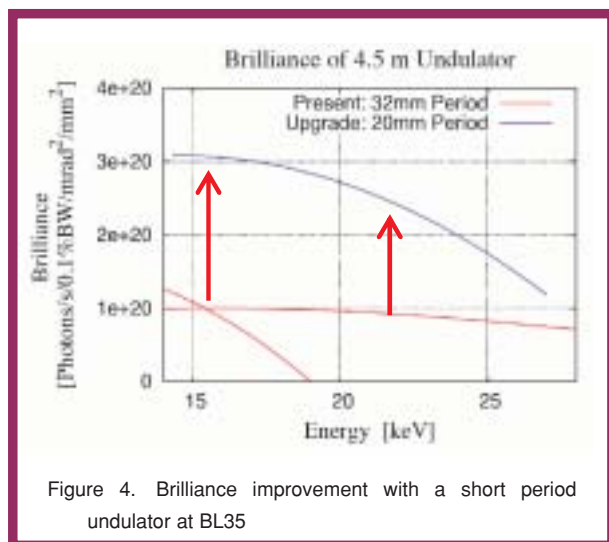


Figure 4. Brilliance improvement with a short period undulator at BL35

optimization is then insured by the varying focal length of the bent cylindrical mirror. One notes that under-focusing with the cylindrical mirror was also considered, however, companies did not have experience with the required hyperbolic figure, so over-focusing was the more conservative choice.

The mirrors (and holders) are shown in the lower panel of figure 2, with the longest (20 cm) mirror for the horizontal focus and the 15 cm for the vertical focus, and also a short (10 cm) mirror designed to allow the beam to be deflected, e.g., to allow grazing incidence onto a liquid surface. The mechanical setup is shown in the upper panel of figure 2, with the mounting for the first two mirrors (vertical focusing, and vertical deflecting) visible in the figure. The mount for the final, horizontal focusing, mirror is not installed in the photo. In fact, the removal of the last mirror and mount was an important design parameter of the system: the end of the horizontal mirror is only 18 cm from the sample, so it limits the motion of the diffractometer omega circle in one direction. It is therefore only installed when used. The other

mirrors can be left in place and simply moved slightly out of the beam path.

The final mirrors were delivered late by SESO, so testing took place in stages. Figure 3 shows a 20 micron measured horizontal spot size, using a slit scan, so the real size is a bit better (~15 μm).

In the vertical, our tests showed a similar size, <20 μm , but we must improve our measurement system to determine the final value (the vertical slit scan for that test was not stable). The expected size from ray-tracing (including the slope error of the large mirror) is 5 x 12 μm^2 . (VxH, FWHM) The main setup time is now the re-alignment of the upstream optical components to allow installation of the KB mirrors while keeping the sample position fixed in the center of the spectrometer. Presumably this will improve with experience.

3. Toward Flux Improvement at BL35

Many experiments at BL35 remain flux limited. Considerations last year (see the 2005 annual report) of an optimized long-undulator beamline showed that a short-period small-gap undulator could be chosen to improve the flux/unit heat load by working only in the fundamental. This reduces the tuning range of the beamline, but, given that most experiments at BL35 occur between 14 and 22 keV, this is a feasible. Notable enabling points at SPring-8 are the high, 8 GeV electron beam energy, the expertise with in-vacuum undulator technology and the very good emittance, which combine to make it possible to consider such an insertion device, with a minimum gap of 6.5 mm. For a long, 22m, undulator, gains of a factor of 20 were calculated. An immediate corollary is then that even a short 4.5m device can yield improved performance compared to the present beamline, as seen in figure 4. An upgrade is now (FY2007) in progress with the very strong support of JASRI and RIKEN.

Alfred Q. R. BARON

Daisuke ISHIKAWA

Satoshi TSUTSUI

Hiroshi UCHIYAMA