



平成 20 年度委託業務成果報告書

平成 20 年度科学技術試験研究委託事業
軟 X 線の高速偏光制御による機能性材料の探究と創製

平成 21 年 5 月 28 日

大学共同利用機関法人
高エネルギー加速器研究機構

本報告書は、文部科学省の科学技術試験研究委託事業による委託業務として、大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構が実施した平成20年度「軟X線の高速偏光制御による機能性材料の探究と創製」の成果を取りまとめたものです。

1. 委託業務の目的

本委託業務は、タンデム配置の可変偏光アンジュレータとキッカー電磁石を組み合わせることで、10 Hz 程度の軟X線の高速偏光スイッチング技術を開発し、ロックイン法による円二色性・線二色性シグナル検出精度の飛躍的な向上、および波長分散型の偏光依存軟X線吸収分光法と光電子顕微鏡を組み合わせたリアルタイム位置分解分光を実現することを目的とする。さらに、新たな指針に基づく新規材料の創成を目指して、スピニエレクトロニクスの基礎研究から実用までをカバーする強相関電子系、希薄磁性半導体、磁性薄膜・多層膜の磁性を解明するとともに、表面動的過程における種々のサイトでの化学種の量と構造を実時間追跡することを目的とする。

このため、大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構、国立大学法人東京大学、独立行政法人産業技術総合研究所、および学校法人慶応義塾で共同して業務を行う。

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構では、高速偏光スイッチング技術の開発と、それを用いた微小な円二色性・線二色性シグナル検出技術の開発、およびリアルタイム位置分解分光装置の設計・製作を行う。

2. 平成20年度の実施内容

2.1 実施計画

①可変偏光アンジュレータの開発

本業務の最終的な目標である高速偏光スイッチングを実現するために必要な、可変偏光アンジュレータの製作に着手する。また、既存の可変偏光アンジュレータ(高速スイッチングはできない)を用いて、円偏光および水平偏光を安定に供給するためのノウハウを蓄積するとともに、偏光を利用した測定に供する。

②電子軌道制御技術の開発

本業務の最終的な目標である高速偏光スイッチングを実現するために必要な、電子軌道の高速制御技術を開発するために、キッカー電磁石で電子軌道を変化させることによって、蓄積リング内の電子ビーム軌道にどのような影響が生じるかを調査し、影響を最小限に抑える方法を検討する。

③測定技術の開発

偏光を利用した各種測定装置の開発を行う。磁気円二色性円および共鳴磁気散乱の測定技術に関しては、国立大学法人東京大学が行うスピニエレクトロニクス材料を用いた測定結果をもとに、必要に応じて改良を施す。波長分散型のX線吸収測定技術に関しては、高速でのリアルタイム追跡に対応したデータ取得システムを整備し、学校法人慶応義塾が行う性能評価の結果をもとに、必要な改良を施す。

④プロジェクトの総合的推進

プロジェクト全体の連携を密としつつ円滑に運営していくため、ビームタイムの配分に関する打ち合わせや技術検討会の開催等、参画各機関の連携・調整にあたる。特に、プロジェクト全体の進捗状況を確認しつつ計画の合理化を検討し、必要に応じて調査或いは外部有識者を招聘して意見を聞くなど、プロジェクトの推進に資する。プロジェクトで得られた成果については、積極的に公表し今後の展開に資する。

2.2 実施内容

① 可変偏光アンジュレータの開発

[概要] 本業務の最終的な目標である高速偏光スイッチングを実現するために必要な、可変偏光アンジュレータの製作に着手し、アンジュレータ全体の架台部分およびギャップ制御機構を製作した。また、すでに設置されている同型の可変偏光アンジュレータ(1台のみなので高速スイッチングはできない)を用いて、左右円偏光および水平垂直直線偏光を供給する技術を開発し、ユーザー運転中でも自由に偏光とエネルギーを変更できるシステムを構築した。さらに、このようにして得られる偏光軟X線を実際の測定に供した。

(1) 可変偏光アンジュレータの製作

本業務においては、放射光科学研究施設のBL-16において、2台のAPPLE-II型可変偏光アンジュレータを直列に配置し、それぞれのアンジュレータで発生される異なる偏光をもった軟X線を、交互にビームラインに導くことによって高速偏光制御を実現する予定である(詳細は②に示す)。2台のアンジュレータのうち上流側の1台はすでに設置されているので、本業務においてはまず、これと全く同等のアンジュレータの製作にとりかかった。これらのアンジュレータの基本的な仕様は以下のとおりである。

周期長： 56 mm

周期数： 44

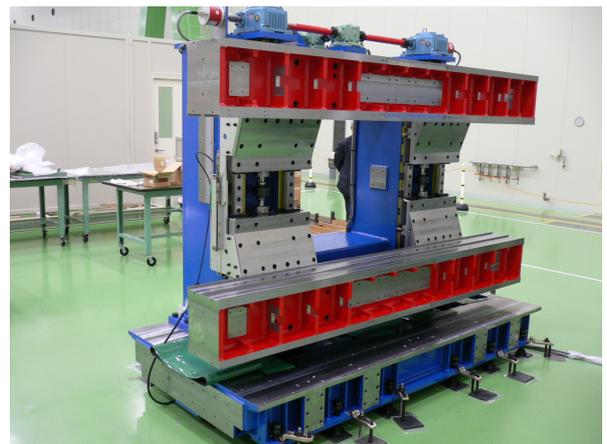
最小ギャップ： 21 mm

最大ギャップ： 150 mm

最大磁場(Kmax)： 3.12(水平直線偏光), 1.98(垂直直線偏光), 2.37(円偏光)

位相調整機構： 4つの磁石列それぞれについて±14 mm

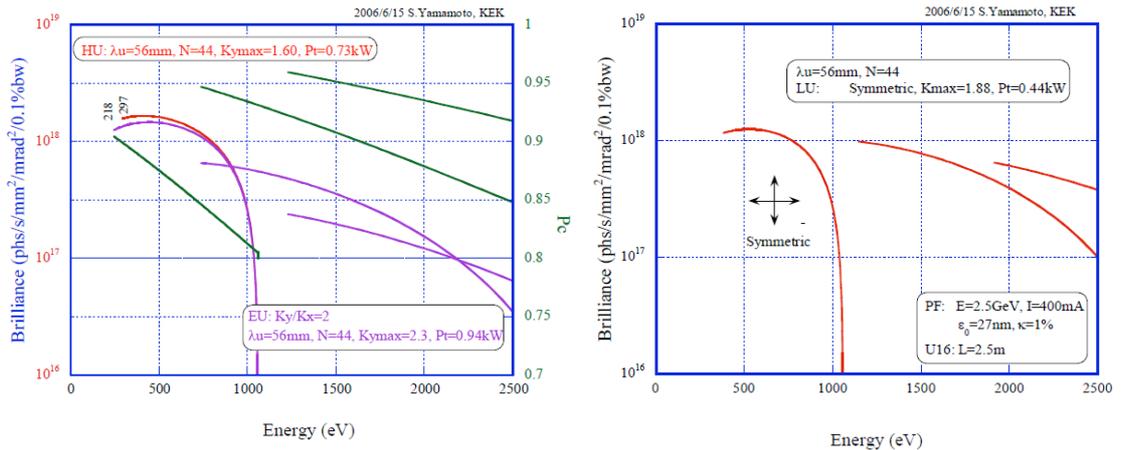
本年度はまず、アンジュレータの本体のうちの架台部分とギャップ制御機構の製作を行い、製作者である日立金属アドメットの工場において検収を行った。以下に完成した架台およびギャップ制御機構の写真を示す。なお、ギャップ制御機構については動作確認を行い、確かに仕様を満たしていることを確認した。



(2) 偏光制御技術の開発

高速偏光スイッチングを実現するにはまず、それぞれのアンジュレータからの偏光を自由に制御できることが必須である。そこで今年度は、既存の可変偏光アンジュレータを用いて、左右円偏光および水平垂直直線偏光を安定に供給し、かつそれらを自由に切り換えるための技術開発を行った。

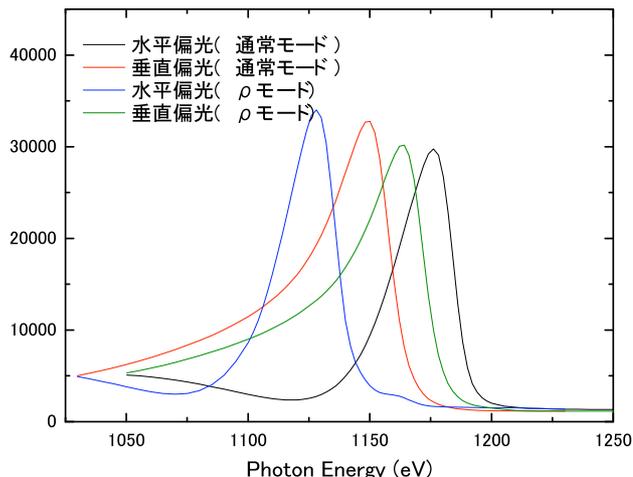
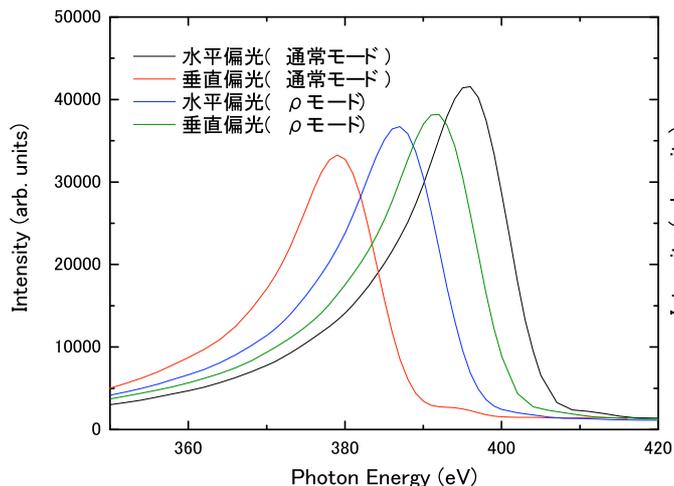
BL-16 のアンジュレータから得られる偏光とそのエネルギー範囲の計算値を下図に示す。円偏光モード(下図左、赤線)においては、297 eV から 1000 eV 程度の範囲で、ほぼ 100%の円偏光度が得られる。一方、楕円偏光モードにおいては、1 次光、3 次光、5 次光を用いることで、下図左の紫色で示したように、218 eV から 2500 eV 程度までの楕円偏光が得られ、その円偏光度は緑色で示したようになる。また、水平垂直直線偏光モードでは、下図右に示すようになる。



APPLE-II 型アンジュレータにおいては通常、得られる X 線の偏光およびエネルギーを制御するためには、ギャップと位相の両方を制御する必要がある。すなわち、ギャップ駆動に加えて 4 つの磁石列すべてを動かす必要があり、エネルギーを変えるだけで 5 軸の動作が必要になってしまう。さらに、多くのユーザーが同時に実験を行っている放射光科学研究施設においては、そのようなエネルギー、あるいは偏光の変更を行っている間にも電子ビーム軌道の変動は許されない。そのためには変更の途中も含めたすべての状態に対して補正データを準備する必要があるが、すべての偏光とエネルギーに対してこのような補正データを準備することは容易ではない。そこで我々は、最小ギャップにおいて偏光に応じた位相にセットした状態から、上下の磁石列をそれぞれ組みにしてスライドさせることで、結果的にギャップと位相を調整した場合と同等の磁場が得られることに着目した。このモード(ρ モードと呼ぶ)を用いれば、ある偏光に固定した状態でエネルギーを変えるには上下の磁石列をスライドさせるだけでよく、補正データの取得も圧倒的に短時間で行える。この ρ モードを用いることによって、今年度末までに円偏光、および水平垂直直線偏光モードの利用が、それぞれのモードに対するエネルギー範囲全体にわたって可能になった。

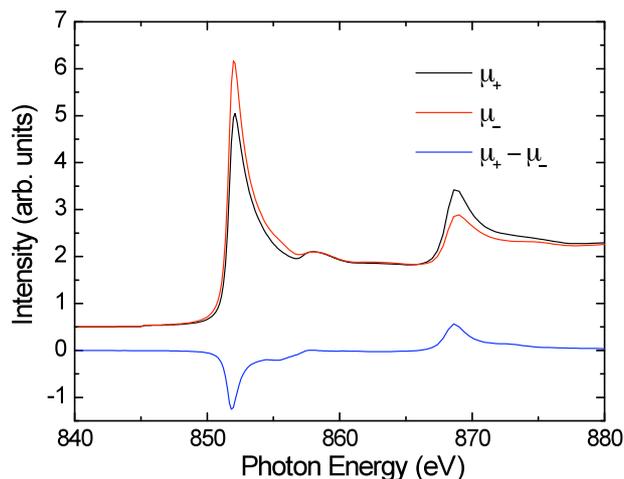
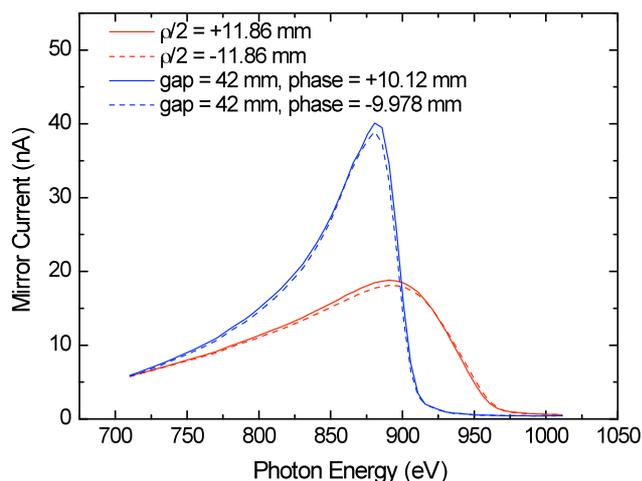
(3) ビームラインにおけるビームプロファイルの測定

上述のように開発した偏光制御技術を用いて、実際にビームラインにおいてアンジュレータ光のプロファイルの測定を行った。まず、次ページに水平垂直偏光モードにおいて、通常モード(それぞれのエネルギーでギャップと位相を調整)と ρ モードに対して、ビームライン末端の集光ミラーからの光電流強度を測定した結果を示す。左図が 1 次光、右図が 3 次光に対するものである。モードによってピークエネルギーに違いがみられるが、これはそれぞれのモードに対する設定値をさほど細かく合わせなかったためであり、本質的ではない。このように、どのモードでもほぼ同等のスペクトルが得られており、直線偏光に関しては ρ モードによる制御で全く問題ないことがわかる。



次に円偏光モードにおける測定結果を下図左に示す。青線が通常モード、赤線が ρ モードに対応するが、円偏光の場合には二つのモードで大きな違いが観測された。これは、円偏光の ρ モードにおいては、アンジュレータの中心付近における磁場の垂直方向成分が、位置によって大きく変わるためである。電子ビームの大きさを考慮した計算の結果、この測定結果は妥当であると結論できた。ただし、実用的には、 ρ モードでも十分であるので、高速偏光スイッチングが実現するまでの間は ρ モードでユーザー運転を行う予定である。これは高速偏光スイッチングが実現しない段階では偏光の切り替えがある程度の頻度で必要であり、その際の利便性を考慮した結果である。

また、下図右に示したのは、BL-16のアンジュレータを用いて、円偏光(ρ モード)でX線磁気二色性(XMCD)を測定したものである。試料は真空中で蒸着したNiの薄膜であり、この薄膜を磁氣的に飽和させるのに十分な磁場を印加している。このような測定結果をすでに知られているデータと比較することにより、円偏光度は少なくとも90%以上であることが確認された。



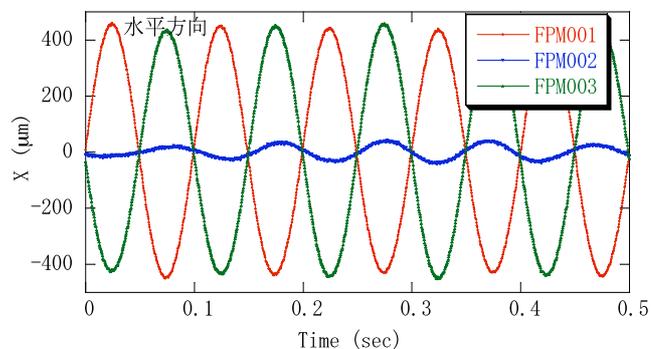
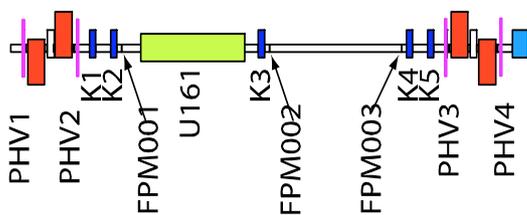
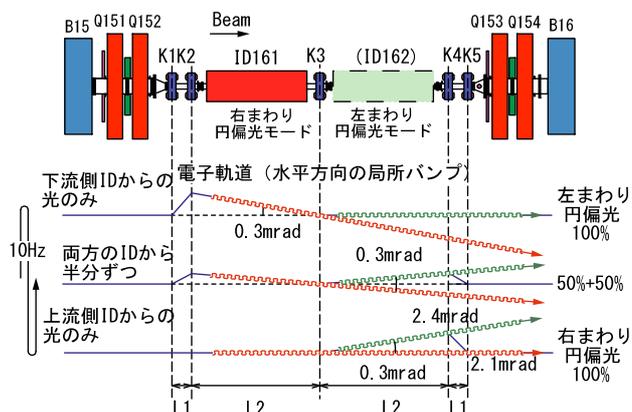
② 電子軌道制御技術の開発

〔概要〕 本業務の最終的な目標である高速偏光スイッチングを実現するために必要な、電子軌道の高速制御技術の開発のために、すでに設置されている5台のキッカー電磁石を用いて、実際の偏光スイッチング時と同様に電子軌道を変化させ、蓄積リング全体の電子ビーム軌道にどのような影響が生じるかを調査した。さらに、蓄積リングの他の部分におけるビーム変動を許容範囲内に抑える方法を検討し、そのテストを行った。

(1) キッカー電磁石によるビーム制御

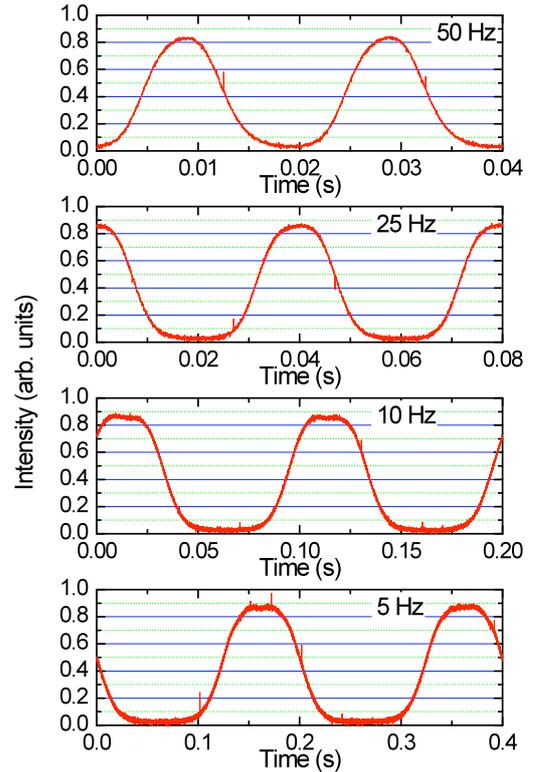
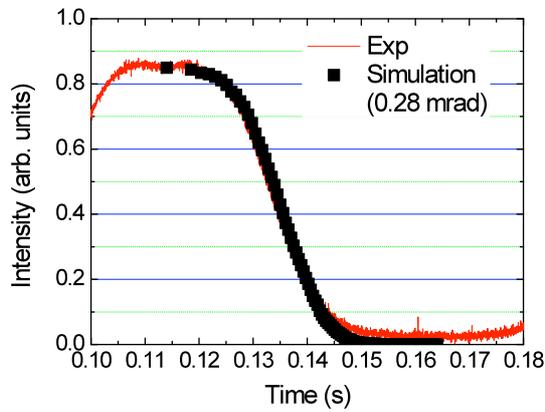
本業務では、右図に示すように2台の可変偏光アンジュレータ(ID161; 既存およびID162; 製作中)を直列に配置し、5台のキッカー電磁石(K1-K5)を用いて電子軌道を変動させることによって偏光のスイッチングを行う。一方のアンジュレータからの光がビームラインに到達しなくなるための電子軌道の振り角は図に示した通り約0.3 mradであり、これだけの大きさの軌道制御を10 Hz程度で行う必要がある。

現時点ではまだID161しか設置されていないので、偏光そのものの制御は行えないが、電子軌道を制御する技術は今のうちに確立させておく必要があるため、下図左のように3台の高速ビームモニター(FPM001-FPM003)を設置し、キッカー電磁石による電子ビーム制御のテストを行った。その結果、下図右に示すように、それぞれのモニター位置で期待通りの変化が観測された。なお、図には10 Hzでの測定データを示したが、実際には50 Hz程度でも電子軌道の制御が可能であることを確認している。



(2) ビームラインにおける光強度の変化の確認

上述のとおり現時点では電子軌道を変化させても偏光は制御できないが、この方式のそもそものアイデアは、電子軌道の制御によって2台のアンジュレータからの光の強度を変化させるものである。アンジュレータが1台でもそこからの光強度の変化を観測することで、偏光スイッチングシステムのテストを行うことができる。そこで、アンジュレータおよび分光器をある条件に固定し、ビームライン末端の集光ミラーからの光電流を観測しながら、5-50 Hzで電子軌道を変化させた。その結果、次ページ右図に示すような光強度変化が観測された。これらのうち10 Hzの場合のデータを、光線追跡法によるシミュレーション結果と比較したのが次ページ左図である。このように、山の頂上および谷に見られる平らな部分も含めて、期待通りの光強度変化が観測された。なお、谷の部分で実験値が完全にはゼロにならないのは、偏向電磁石からの放射光が入っているためと考えられるが、これは実験装置の前にスリットを設置することでほぼ除去できることがわかっている。また、たとえ残ってしまっても、その分は偏光の変化には寄与しないので、実験上は問題にならないと考えている。



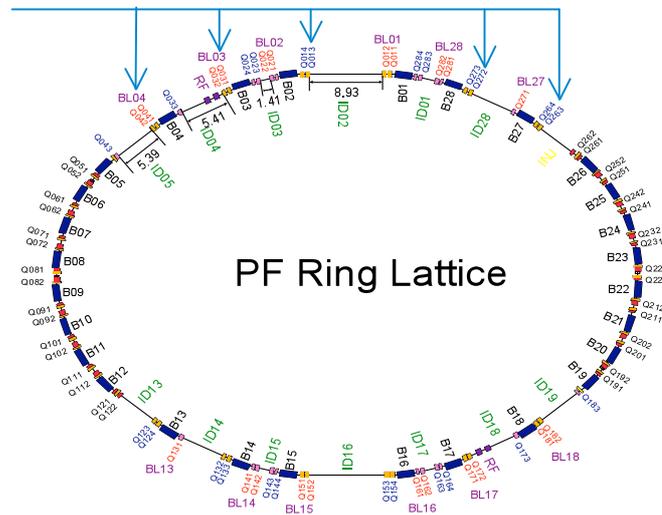
(3) 他のビームラインへの影響の調査

以上のように、BL16 付近での電子軌道の制御が行えることは確認できたが、多くのユーザーを抱える放射光科学研究施設では、BL-16 で偏光制御を行っても他のビームラインでビーム位置が変動してしまわないことが重要である。そこで、ビーム全周に設置してあるビーム位置モニター(0.1 Hz 程度まで観測可能)に加えて高速ビーム位置モニター(FPM)を5台、右図のように設置してビームの変動を観察した。

その結果、0.1 Hz の軌道変調において水平方向に最大 $25\text{--}30\ \mu\text{m}$ 、垂直方向に最大 $20\text{--}25\ \mu\text{m}$ 程度の変動が確認された。PF リングにおけるビーム変動抑制の目標値は、ビームサイズの $1/10$ 程度、すなわち水平方向に $30\ \mu\text{m}$ 、垂直方向に $10\ \mu\text{m}$ 程度であるので、垂直方向の変動が目標値におさまっていないことになる。そこでアンジュレータ上下流に設置されている補正電磁石を用いて垂直方向の電子軌道補正を行った結果、ビーム変動は垂直方向に最大でも $5\ \mu\text{m}$ 程度となり、目標値を十分に達成することができた。

一方、10 Hz 以上のビーム変調を行った場合については、上述の5台の高速ビーム位置モニターでビーム変動を観測したところ、基本的には周波数の増加に従ってビーム変動も増加するものの、40 Hz 程度までであれば1個所をのぞいてほぼ目標値を達成することができた。現在、このビーム変動を抑制するためのさらなる補正方法の準備を行っている。

FPM設置位置



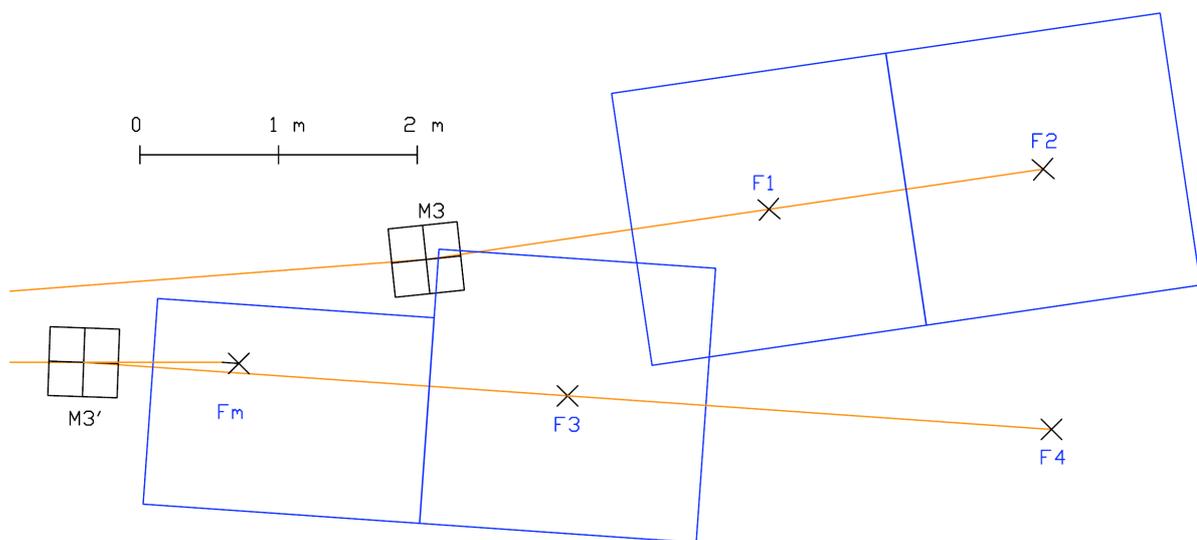
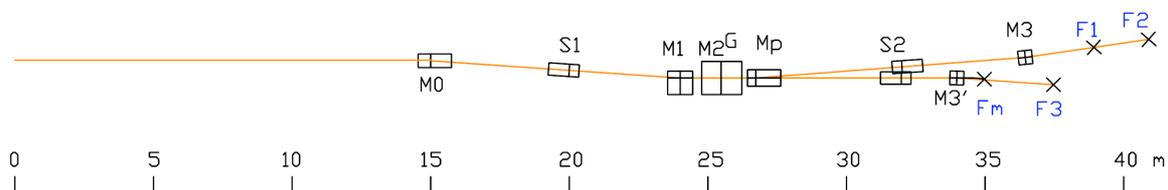
③ 測定技術の開発

[概要] 偏光を利用した測定技術の開発として、超伝導電磁石を用いた配置・角度依存磁気円二色性装置、永久磁石を用いた共鳴磁気散乱装置、イメージング型の電子検出器を用いた深さ分解磁気円二色性装置、および電子エネルギー分析器を用いた波長分散型X線吸収分光装置の開発を行った。磁気円二色性円および共鳴磁気散乱の測定技術に関しては、スピニエレクトロニクス材料に対する測定を開始し、偏向電磁石からの余分なX線を取り除くシステムを設置するなど、装置の改良を行った。波長分散型のX線吸収測定技術に関しては、高速でのリアルタイム追跡に対応したデータ取得システムを整備し、ほぼビデオレートでの連続測定を可能にするとともに、これを用いて表面化学反応の実時間追跡を開始した。

(1) 実験装置の配置

BL-16のビームライン全体図を下図に示す(下段は拡大図)。このビームラインは2つのブランチを有しており、平面ミラーMpによって切り替えることができる。それぞれのブランチには複数の実験装置が配置でき、それらのうち本業務に直接関連するのはF1, F2, F3, Fmである。現在のところ、F1では共鳴磁気散乱装置および波長分散型X線吸収分光装置が立ち上げ中、F2では配置・角度依存磁気円二色性装置が稼働中、F3では深さ分解磁気円二色性装置が稼働中、そしてFmでは3次元顕微磁気円二色性装置が立ち上げ中である。

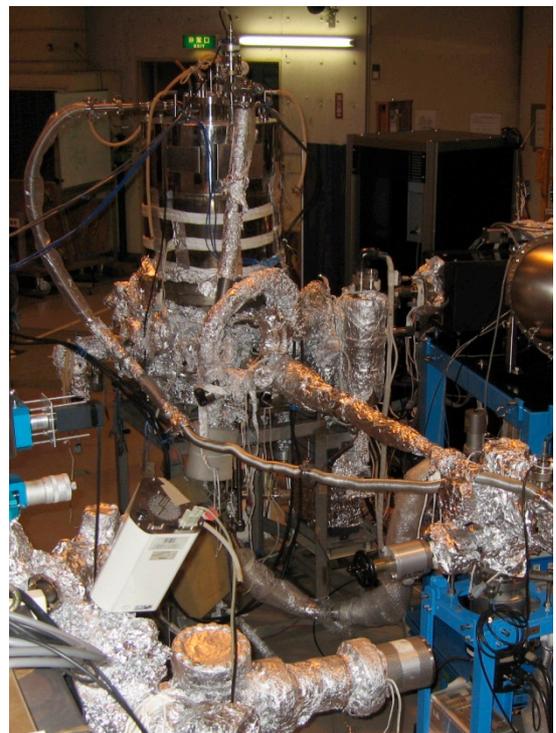
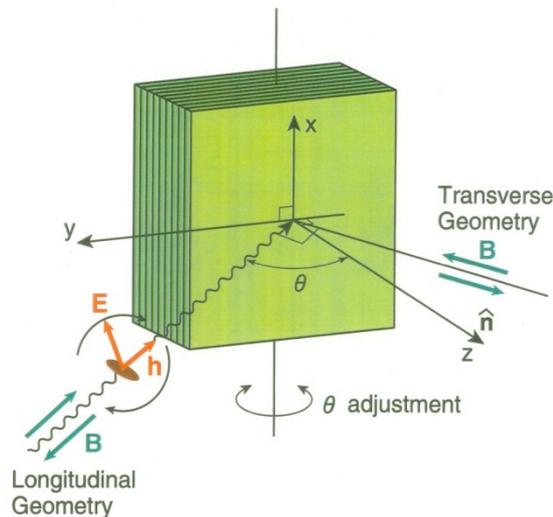
ブランチラインの切り替えは制御コンピュータより誰でも簡単に行うことができ、2,3分しか要しないので、これらの実験装置の立ち上げおよび利用実験を並行して行うことで、実験の効率を高めている。以下、それぞれの装置について本年度の成果を報告する。



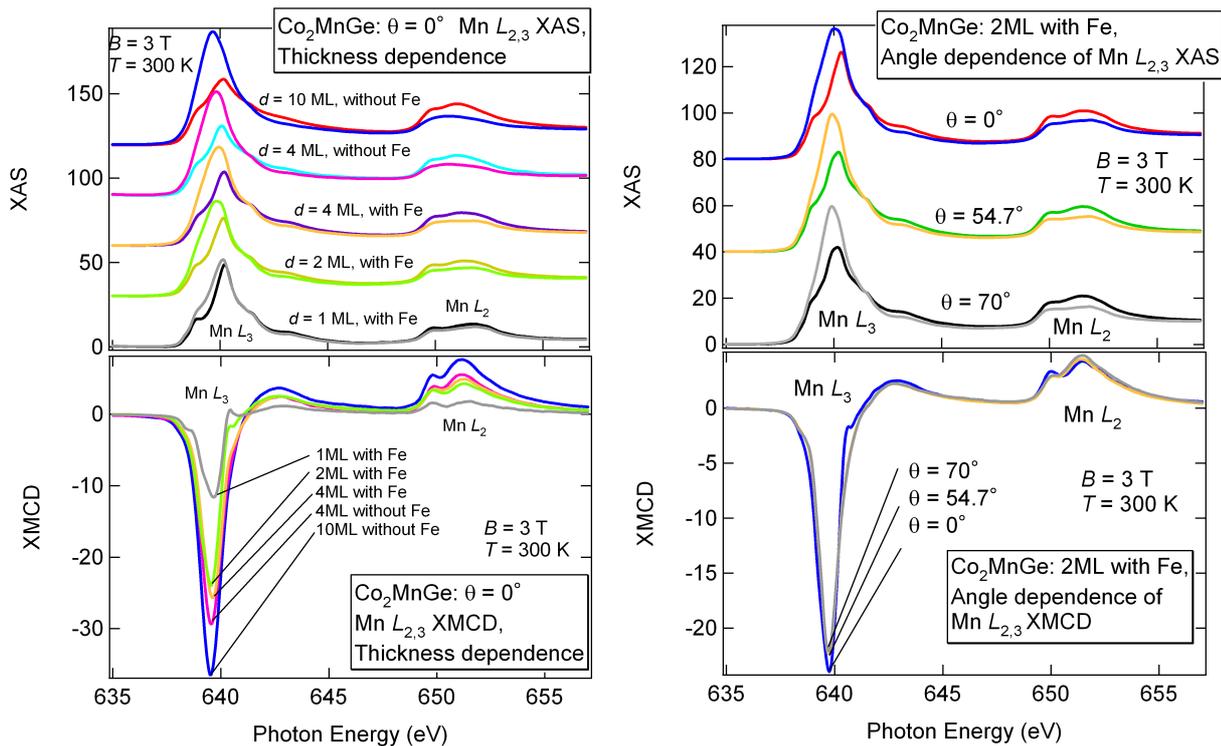
(2) 配置・角度依存磁気円二色性装置

本装置は高磁場・低温下で X 線磁気円二色性 (XMCD) を測定することによって、磁性体のスピンおよび軌道磁気モーメントを、元素選択的かつ定量的に決定することができるものである。さらに本装置の最大の特色として、左下図のように X 線の入射方向と磁場が平行な Longitudinal 配置とそれらが直交する Transverse 配置の違い (配置依存) および試料の回転による入射角の違い (角度依存) を測定できることである。

本年度はこの装置を BL-16 の F2 ポートに常設し、軟 X 線円偏光を用いた立ち上げおよび実験を行った。右下に装置をビームラインに接続した状態の写真を示す。ビームラインで単色化された軟 X 線は、集光ミラーによって本装置の中心の試料位置に集光されるが、まず、ミラーおよび装置の微調整によってビームの位置を調整した。さらに、そのままではアンジュレータからの軟 X 線の他に下流の偏向電磁石からの軟 X 線が弱いながらも混入してしまうため、装置の上流にスリットを設置してそのような余計な光をカットして実験に用いるようにした。



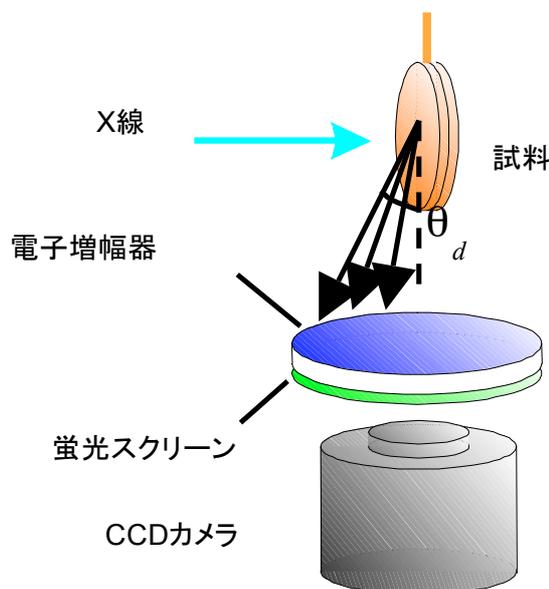
本装置を用いて測定した XMCD スペクトルの一例を次ページに示す。測定はすべて、軟 X 線のビームと磁場の方向が平行な Longitudinal 配置で行った。印加磁場の大きさは ± 3 T、試料の温度は室温 (300 K) である。まず、左の図は入射角を直入射条件 (試料に対して垂直な方向から軟 X 線を入射) に固定して、試料の厚さを変えながら XMCD スペクトルを測定したものである。このように、厚さ 1 ML (原子層) という極めて薄い試料においても、スペクトルが測定できることが明らかになった。また、膜厚の厚い試料と薄い試料とでは吸収スペクトル (XAS) の形状および XMCD スペクトルの形状とその強度が大きく異なっており、界面付近における試料の化学的、および磁気状態が、内部とは全く異なっていることを強く示唆している。



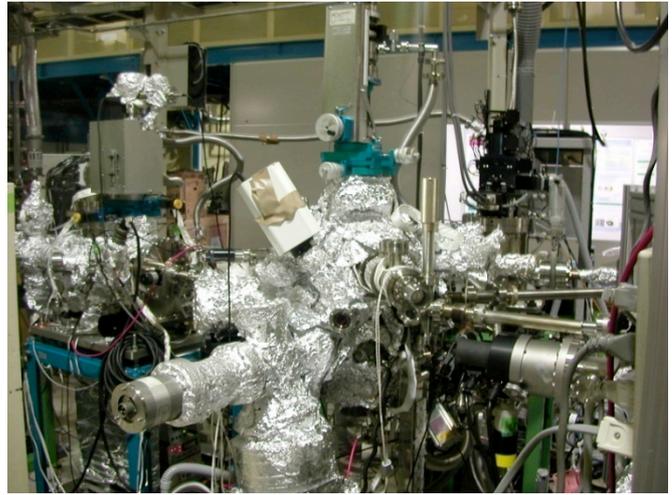
次に、厚さ 2 ML の試料に対して、軟 X 線および磁場の方向は固定して、試料の角度 (θ) を変えて測定したスペクトルを右上に示す。ここで $\theta = 0$ が上述の直入射条件に相当する。このように、基本的にはほぼ同じようなスペクトルが得られているが、特に XMCD スペクトル (下段) を詳細にみても、 θ を 0, 54.7, 70 と変化させた時に、640 eV 付近のピークが少しずつ弱くなっていることがわかる。このような変化は、試料の軌道磁気モーメントなどの異方性を反映しており、このデータを解析することによって試料の磁気異方性に関する情報を得ることができる。2 ML という極めて薄い試料に対して、そのような高度な解析に耐えるだけの質の高いデータが得られることが明らかになった。

(3) 深さ分解磁気円二色性装置

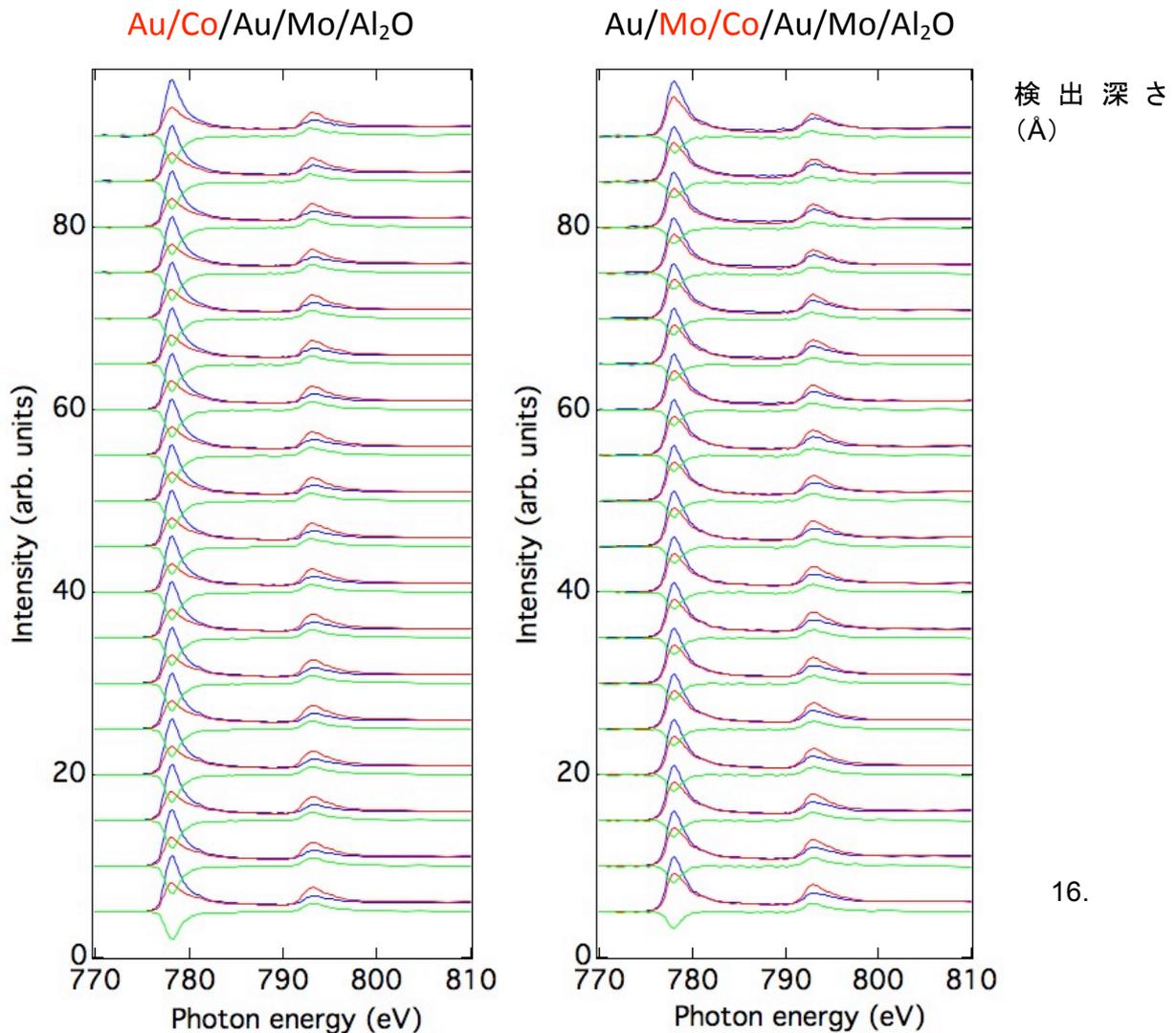
本装置は右図に示すように、XMCD 測定の際に、X 線の吸収に伴って放出される電子を角度分解して取り込み、電子の出射角 (θ) によってその実効的な脱出深度 (検出深度; probing depth) が異なることを利用して、さまざまな検出深度を持つ XMCD スペクトルを一度に得るものである。これを解析することによって、試料の化学的、磁気状態の深さ方向の情報を得ることができる。なお、本装置は比較的簡便なために常設の必要はなく、通常は F3 ポートにおいて、他の装置と入れ替えてビームを利用している。本年度はこの装置の立ち上げおよび実験を行った。



本装置を BL-16 に設置した際の写真を右に示す。この真空チャンバーの中に上述の角度分解型の電子検出器が組み込まれている。また、装置は超高真空に対応しているが、試料によっては超高真空が必要のない場合も多く、その時はビームラインに接続して数時間で測定を開始することができる。超高真空が必要な試料の場合にはベーキングを行うが、いずれにしても BL-16 はブランチャインを有するため、そのような時間はもう一方のラインで実験を行うことができる。

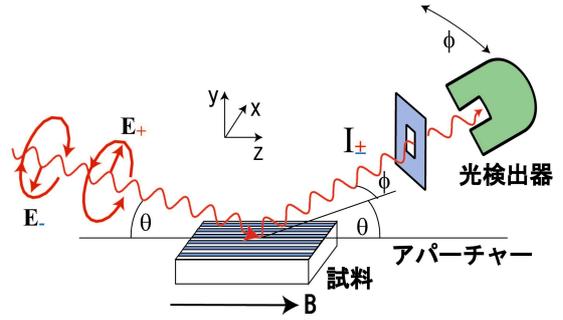


本装置を用いて測定した、6 ML の Co 薄膜に対する深さ分解 XMCD スペクトルを下図に示す。左が Au で被覆したもの、右が Mo で被覆したものであるが、Mo で被覆したものの方が明らかに XMCD 強度が弱く、しかも検出深さが浅くなるほど(表面敏感になるほど)、XMCD 強度が減少している。これは、Mo との界面において、Co の磁気モーメントが減少していることを直接的に示している。



(4) 共鳴磁気散乱装置

本装置は右図に示すように、試料に軟 X 線を入射し、そこから散乱されてくる軟 X 線の方向と強度から、試料の nm オーダーの周期的構造についての情報を得るものである。この際、軟 X 線のエネルギーを特定の元素の吸収端に合わせる(共鳴させる)ことによって、元素選択性が得られる。また、本装置は、試料に対して 0.2 T 程度までの磁場を印加し、アンジュレータからの円偏光軟 X 線と組み合わせることによって、磁気的な周期構造を明らかにすることができるのが大きな特長である。

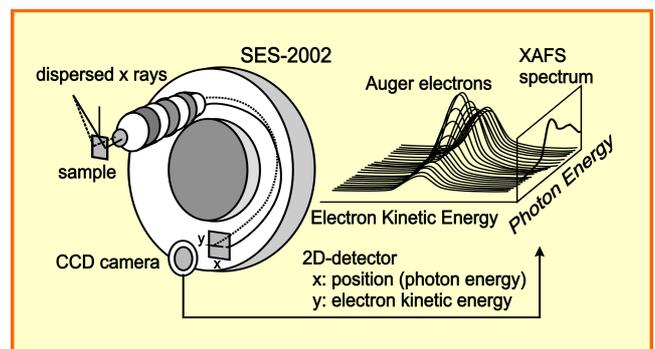


装置の写真を下に示す。試料および光検出器は、ともに回転導入機によって真空外から回転されることが可能である。また、装置内には永久磁石が組み込まれており、間隔を変えることによって最大 0.2 T 程度までの磁場を試料に印加することができる。本装置は現在、F1 ポートにおいてのちに述べる波長分散型 X 線吸収分光装置と交代で立ち上げを行っており、すでにフォトダイオードを用いて実際に軟 X 線の散乱が検出できることを確認している。



(5) 波長分散型 X 線吸収分光装置

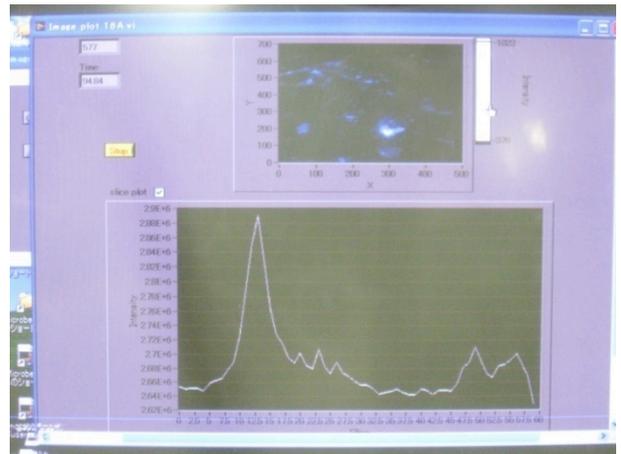
本装置は右図に示すように、試料上に位置によって波長の異なる(波長分散した)軟 X 線を照射し、試料上のそれぞれの位置における X 線の吸収に伴って放出される電子を、位置分解して一度に取り込むことによって、波長掃引をすることなく、X 線吸収スペクトルを一度に測定するものである。このような波長分散型の測定法を用いることによって、測定時間を大幅に短縮でき、表面化学反応のような高速現象をリアルタイムで観測することが可能になる。なお、この上述のとおり、本装置は BL-16 の F1 ポートにおいて、共鳴磁気散乱装置と交代で立ち上げを行っている。



本年度は測定の高速度化を行った。これまで本装置は偏向電磁石ビームラインで利用してきたが、解析に耐えるだけのデータを得るためには 1 スペクトル当たり数秒程度の測定時間を必要としていた。これに対して BL-16 ではアンジュレータ利用によって光強度そのものが大幅に増加したこと、およびビームサイズが小さくなることで電子エネルギー分析器

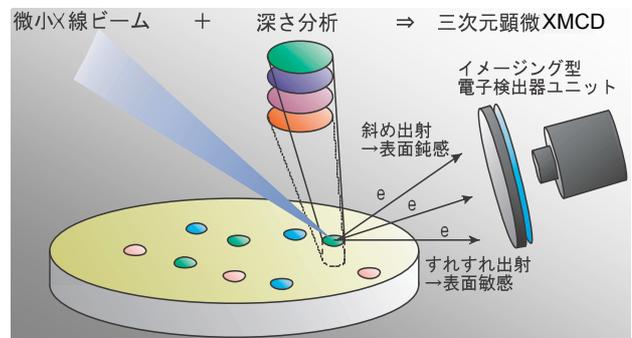
の視野からはみ出してしまふ分がなくなったことによって、シグナル強度の面からはほぼビデオレートでの測定が可能になった。

一方、それだけの高速測定を行うためには、連続的にデータを取得するシステムが新たに必要となった。これまでは、電子エネルギー分析器の連続測定機能をそのまま利用していたが、これではビデオレートでの測定は不可能であるため、検出器である CCD カメラからの信号を直接測定用コンピュータに取り込み、高速で処理するシステムを作成した。右図は測定画面であるが、下に見えているのが X 線吸収スペクトルに相当する。このシステムの開発によって、ビデオレート(1 スペクトル当たり 33 ms)に近い速度での測定が可能になった。

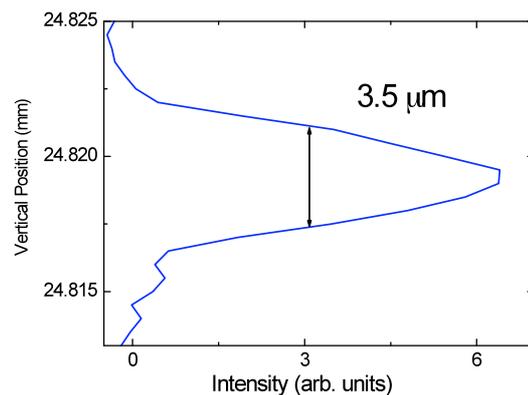
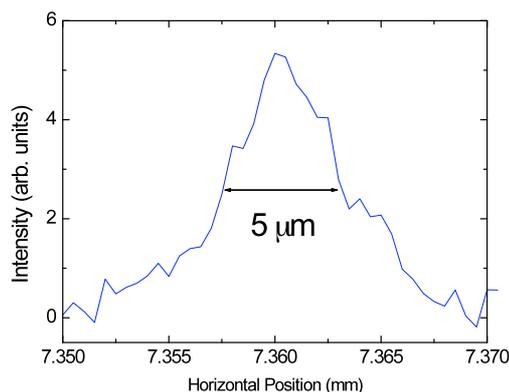


(6) 三次元顕微磁気円二色性装置

本装置は、(3)で述べた深さ分解 XMCD 法に、微小 X 線ビームを組み合わせることによって、3 次元的な顕微分光を実現するものである。これによって、面内方向には数 μm 、深さ方向には原子層レベルの分解能の達成を目指している。この手法にはマイクロビームが必須であるため、BL-16 では専用ポート (Fm) を設置し、マイクロビーム光学系と深さ分解 XMCD 用検出器を常備している。



下図に、Fm で得られたビームプロファイルを示す。まだ調整の段階であるが、数 μm 程度のスポットサイズが得られていることがわかる。



④ プロジェクトの総合的推進

[概要] プロジェクト全体の連携を密としつつ円滑に運営していくため、ビームタイムの配分に関する打ち合わせや技術検討会の開催等、参画各機関の連携・調整にあたった。特に本プロジェクトの根幹となるアンジュレータを用いた偏光制御技術に関しては、フォトンファクトリーの各運転期間の開始に合わせて技術検討のための会合を行い、技術開発の経過と予定を議論した。プロジェクトで得られた成果については、放射光学会などで積極的に公表した。

(1) 偏光制御技術の開発に関する打ち合わせ

本プロジェクトにおいて根幹となるのは、可変偏光アンジュレータの開発と電子軌道の制御による偏光スイッチングシステムの開発である。そこで以下のように高エネルギー加速器研究機構内のメンバーによる技術打ち合わせを行い、技術開発の現状と方針について議論を行った。

2008年9月19日

偏光モードの優先順位，通常モードと ρ モードの比較，電子軌道の高速制御，PCによるアンジュレータの制御

2008年11月21日

直線偏光モードの追加，通常モードと ρ モードの違いに関する検討，偏光スイッチングへ向けたスタディ

2009年1月22日

楕円偏光モードの追加，アンジュレータ制御ソフトのスケジュール

(2) ビームタイム配分

上述の通り，BL-16は2つのブランチラインを有し，4-5種類の実験装置を設置することができる。したがって，これらの装置を使ったビームタイムをどのように配分すれば効率的な開発及び研究が行えるかに留意してビームタイムの配分を行った。この際には，高エネルギー加速器研究機構だけでなく，他の参画機関との間でも緊密な打ち合わせを行い，実験装置とメンバーのスケジュールの調整にあたった。

(3) 実験手法の開発

BL-16において開発を行っている実験手法について，高エネルギー加速器研究機構内のメンバーおよび参画機関のメンバーによる実験の際に生じた問題点をフィードバックし，実験装置に必要な改良を施した。

2.3 成果の外部への発表

学会等における口頭・ポスター発表

発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表した場所（学会等名）	発表した時期	国内・外の別
KEK-PFにおける高速偏光切り替え光源の開発-II(口頭発表)	山本樹、土屋公央、塩屋達郎、小林幸則、原田健太郎、本田融、谷本育律	第22回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム	2009/1/12	国内
KEK-PFにおける高速偏光切り替え光源の開発(口頭発表)	山本樹、土屋公央、佐々木洋征、塩屋達郎、小林幸則、原田健太郎、本田融、谷本育律	第5回日本放射光学会年会・第33回リニアック技術研究会	2008/8/7	国内
MgOバリアと界面を形成するCo ₂ MnGe薄膜のXMCD測定(ポスター発表)	朝倉大輔、小出常晴、片岡隆史、坂本勇太、山崎陽、藤森淳、石川貴之、平知幸、山本眞史	日本物理学会 2008 年秋季大会	2008/9/21	国内
MgOバリアと界面を形成するCo ₂ MnGe薄膜のXMCD(ポスター発表)	朝倉大輔、小出常晴、片岡隆史、坂本勇太、山崎陽、藤森淳、平知幸、石川貴之、山本眞史	第22回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム	2008/1/11	国内
Cu/Ni/Cu(100)薄膜の界面および内部層における磁化の温度依存性(口頭発表)	雨宮健太、酒巻真粧子、阿部仁	日本物理学会年次大会	2009/3/30	国内
深さ方向 XAFS 解析(口頭発表)	雨宮健太	第28回表面科学学術講演会	2008/11/14	国内
Magnetic and Atomic Structures Studied by Soft X-ray Spectroscopies(口頭発表)	雨宮健太	物構研シンポジウム '08	2008/10/16	国内
金属表面および内部層における磁性と原子構造の温度依存性(口頭発表)	雨宮健太、酒巻真粧子	日本物理学会 秋季大会	2008/9/20	国内
Cu/NO吸着によるFe/Cu(001)の表面反強磁性結合の深さ分解 XMCD 観測(口頭発表)	阿部仁、雨宮健太、酒巻真粧子	日本物理学会年次大会	2009/3/30	国内
深さ分解 XMCD 法で見る Fe/Cu(001)のNO吸着誘起表面反強磁性(口頭発表)	阿部仁、雨宮健太、酒巻真粧子	放射光/表面電子顕微鏡とナノ精密材料科学シンポジウム	2008/12/24	国内
NO吸着によるFe/Cu(001)の表面反強磁性結合及びCO吸着との比較(ポスター発表)	阿部仁、雨宮健太、酒巻真粧子、宮脇淳、佐古恵理香、松村大樹、大槻匠、坂井延寿、太田俊明	第28回表面科学学術講演会	2008/11/14	国内
CO adsorption effects on the magnetism and surface structure of Fe/Cu(001) (ポスター発表)	阿部仁、雨宮健太、宮脇淳、佐古恵理香、酒巻真粧子、松村大樹、大槻匠、坂井延寿、太田俊明	The 5th International Symposium on Surface Science and Nanotechnology	2008/11/10	国内

学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載した論文（発表題目）	発表者氏名	発表した場所（学会誌・雑誌等名）	発表した時期	国内・外の別
三次元 XAFS 法による薄膜研究の可能性	雨宮健太	表面科学	2009 年 1 月	国内

2.4 活動（運営委員会等の活動等）

2008年9月19日 プロジェクト会議

高エネルギー加速器研究機構 放射光科学研究施設 実験準備棟2F輪講室
プロジェクト全体の方針の確認，技術開発のスケジュールに関して

2008年11月21日 プロジェクト会議

高エネルギー加速器研究機構 放射光科学研究施設 実験準備棟2F輪講室
開発の進捗状況の確認，今後の予定に関して

2009年1月22日 プロジェクト会議

高エネルギー加速器研究機構 放射光科学研究施設 実験準備棟2F輪講室
進捗状況の確認，今後の予定，次年度の予算に関して

2009年2月27日 サイトビジット

高エネルギー加速器研究機構 放射光科学研究施設 実験準備棟2F輪講室
今年度の進捗状況の確認，今後の方針に関して，実験施設の見学

2.5 実施体制

平成20年度に於ける実施体制

研究項目	担当機関等	研究担当者
1. 可変偏光アンジュレータの開発 (1) アンジュレータグループの統括 (2) 可変偏光アンジュレータの開発	物質構造科学研究所 物質構造科学研究所 物質構造科学研究所 物質構造科学研究所	○山本樹 土屋公央 青戸智裕 塩屋達郎
2. 電子軌道制御技術の開発 (1) 電子軌道制御グループの統括 (2) 電子軌道の高速制御法の開発	物質構造科学研究所 物質構造科学研究所 物質構造科学研究所 物質構造科学研究所 物質構造科学研究所 物質構造科学研究所	○小林幸則 帯名崇 原田健太郎 宮島司 上田明 長橋進也 島田美帆
3. 測定技術の開発 (1) 測定技術グループの統括 (2) 測定装置の開発 (3) ビームラインの開発	物質構造科学研究所 物質構造科学研究所 物質構造科学研究所 物質構造科学研究所 物質構造科学研究所 物質構造科学研究所 物質構造科学研究所	○小出常晴 小野寛太 久保田正人 隅井良平 朝倉大輔 伊藤健二 豊島章雄 菊地貴司
4. プロジェクトの総合的推進	物質構造科学研究所	◎雨宮健太

本報告書は、文部科学省の科学技術試験研究委託事業による委託業務として、大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構が実施した平成20年度「軟X線の高速偏光制御による機能性材料の探究と創製」の成果を取りまとめたものです。