

平成 22 年度委託業務成果報告書

平成 22 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23年12月15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22年度「軟×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。 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、スピンエレクトロ 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22年度(報告年度)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

昨年度までに製作した可変偏光アンジュレータを放射光科学研究施設フォトンファクト リーに設置し、本業務の最終的な目標である高速偏光スイッチングの実現へ向けて、立ち上 げ、調整を開始する。また、既存および新設した可変偏光アンジュレータを用いて、円偏光 および垂直水平直線偏光を安定に供給するためのノウハウをさらに蓄積するとともに、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須な,キッカー電 磁石による電子軌道の高速制御を行い,このことが蓄積リング全体の電子ビーム軌道に生じ る影響を調査し,それを最小限に抑える方法の開発を行う。また,電子軌道を変化させたと きの,上流と下流それぞれのアンジュレータからの軟X線を観測し,それらのエネルギー, 分解能,サイズ,位置,強度をできる限り一致させるための技術開発を行う。

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とともに、参画機関と共同でそれらを用いた利 用研究を行う。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、主に国立大学法 人東京大学が行うスピンエレクトロニクス材料の研究に供するとともに、測定結果をもとに 必要に応じて測定装置に改良を施す。波長分散型のX線吸収測定技術に関しては、学校法人 慶應義塾大学が行う表面における動的過程のリアルタイム追跡に供するとともに、測定結果 をもとに測定装置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、国内外において積極的に公表し、最先端の知見を得ることで、今後の展開に資 する。 ① 可変偏光アンジュレータの開発

[概要] 昨年度までに製作した可変偏光アンジュレータを放射光科学研究施設フォトンフ ァクトリーに設置し、本業務の最終的な目標である高速偏光スイッチングの実現へ向けて、 立ち上げ・調整を行い、既存のアンジュレータと同等の偏光制御が行えることを確認した。 また、既存および新設した可変偏光アンジュレータを用いて、円偏光および垂直水平直線 偏光を安定に供給するためのノウハウをさらに蓄積するとともに、偏光を利用した測定に 供した。

(1) 可変偏光アンジュレータの設置

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、本年度はまず、昨年度までに製作した同等のアンジュレータを既存のアン ジュレータの下流に設置した。設置後の写真を図1に示す。



図1: PF リングに設置された可変偏光アンジュレータ(手前が昨年度までに本プロジェ クトで製作,本年度設置したもの,奥は既存のもの)

(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。そこで昨年度までに製作したアンジュレータに対して, 既存の可変偏光アンジュレータと全く同じ偏光(左右円偏光,水平垂直直線偏光および左 右楕円偏光)を安定に供給し,かつそれらを自由に切り替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図2に示す。 円偏光モード(図2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、図2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、図2 右に示すようになる。

夏期シャットダウン明けのマシンスタディにおいて、2 台のアンジュレータともに、こ れらすべての偏光モードをすべてのエネルギー範囲で自由に利用できる技術を確立した。



図2: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 左:円偏光(赤)および楕円偏光(紫)における輝度と楕円偏光の偏光度(緑) 右:直線偏光における輝度

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須な, キッ カー電磁石による電子軌道の高速制御を行い, このことが蓄積リング全体の電子ビーム軌道 に生じる影響を調査する。得られた情報をもとに, 通常のユーザー運転に支障を生じさせず に高速偏光スイッチングを実現するための技術開発を引き続き行う。また, 上流と下流それ ぞれのアンジュレータからの軟X線のエネルギー, 分解能, サイズ, 位置, 強度をできる限 り一致させるための技術開発を引き続き行う。

(1) システムの概要

偏光スイッチングシステムの概要と、電磁石配置を図3に示す。偏光切り替えシステムは、 2台のアンジュレータと、5台のバンプ電磁石から構成される。バンプシステムの上流と下 流には、バンプの漏れを補正するためのステアリング電磁石が2台ずつ、計4台並んでいる。



図3: 偏光スイッチングシステムの概略図

(2) 他のビームラインへの影響の抑制

本業務においてBL-16Aで偏光スイッチングを実現する際には、図3のように電子軌道を10 Hz程度で大きく振るので、この影響がPFリングの他のビームラインに及ばないようにする 必要がある。そこで、あらかじめスイッチングによる電子軌道の変化をPFリング全周にわ たって測定し、それを補正するような交流磁場を与えて補正を行う(フィードフォーワー ド; FF)。図4にこのためのシステムの概略図を示す。

本年度,スタディを繰り返してFFの最適化を行った結果,図5に示すように水平方向,垂 直方向ともに,目標値(それぞれ30 µmおよび10 µm)を十分に達成することができた。な お,図5で補正後のデータに主として見られる振動は50 Hz成分だが,これは電源ノイズで あり,10 Hzの偏光スイッチングとは直接関係のないものである。



図4: 電子軌道補正のためのフィードフォーワードの概略図。2台のアンジュレータ (ID161, ID162)の上下流にある4台の補正電磁石(PHV1-PHV4)を用いて補正を行う。



図5:フィードフォーワードによる電子軌道補正の結果。

(3) 2台のアンジュレータからの光軸調整

本業務で行う偏光スイッチングにおいては、2 台のアンジュレータからの軟 X 線の光軸が 一致していることが本質的に重要である。そこでまず、偏光スイッチングを行っていない 状態で、それぞれのアンジュレータの光軸を確認し、補正電磁石による調整を行った。一 例として図 6 に、光軸調整前後に測定した水平方向の光軸を示す。調整前にはアンジュレ ータからの光強度のピーク位置が 0.08 mm(マスクは光源から 13.5 m 地点にあるので、角度 としては 6 µrad)ずれているのに対し、調整後には 1 µrad 以内の精度で一致している。事前 のシミュレーションから、10⁴程度の円二色性を検出するには光軸ずれを 5 µrad 以内まで 抑える必要があることがわかっているが、調整結果は十分この基準を満たしている。垂直 方向についても同様の調整を行い、必要な精度(5 µrad 以内)を満たすことができた。



図 6:2 台のアンジュレータからの軟 X 線の水平方向の光軸。左が調整前,右が調整後。

(4) 偏光スイッチングのテスト

続いて,実際に2台のアンジュレータをそれぞれ左右円偏光モードに設定し,電子軌道を 10 Hz で変化させて偏光スイッチングのテストを行った。図7に得られた波形を示す。電 子軌道の状態を示すシグナル(ref)と同期して,軟X線の強度(I0)および試料電流(I)が変 化していることがわかる。I/I0 がX線吸収スペクトルに相当するが,852 eV では ID1 か らの軟X線に対して強く,870 eV では逆に ID2 からの軟X線に対して強くなっている。こ の違いが円二色性であり,確かに偏光スイッチングがおこなえていることが確認できた。 また,通常の測定方法(DC モード)と偏光スイッチングによる測定(AC モード)の比較を図8 に示す。この時点ではまだ DC モードの方が S/N 比が高いが,全体の形は DC モードと AC モードで一致しており,正しく磁気円二色性が測定できていることがわかる。



図 7: 偏光スイッチング実施中の波形(左),および通常の方法(DC mode)で測定した Ni の 磁気円二色性スペクトル(右)。



図 8:通常の方法(DC)および偏光スイッチング(AC)を用いて測定した Ni の磁気円二色性ス ペクトルの比較。

(5) S/N比の向上

引き続き,より S/N 比を高めるために測定系にいくつかの改良を行った。具体的には,ア ナログ割り算回路の導入,ケーブルの更新と振動の除去,エレクトロメータの更新等であ る。その結果,図 8 に示すように,最初のテスト測定(図 7)に比べて格段にきれいな波形 が得られるようになった。一方,特に試料電流(I)に 100 Hz 程度のノイズが残っており, このノイズの低減が今後の課題である。

図 10 に,この状態で Ni 薄膜に対して測定した磁気円二色性スペクトルを示す。AC モード はアナログロックインアンプを使用している。0.1%よりもはるかにノイズが小さいことが わかる。



図 9: ノイズ対策後の波形。Ni L3 ピークトップで測定。



図 10: DC および AC モードで測定した Ni の磁気円二色性スペクトル。

[概要] 偏光を利用した各種測定装置の開発を行うとともに、参画機関と共同でそれらを用いた利用研究を行った。磁気円二色性および共鳴磁気散乱に関しては、主に国立大学法人東京大学が行うスピンエレクトロニクス材料の研究に供するとともに、ピコアンメータの更新や割り 算回路の導入など、主にデータ取得システムに改良を施した。波長分散型のX線吸収測定技術に関しては、学校法人慶應義塾大学が行う表面における動的過程のリアルタイム追跡に供する とともに、高速データ取得システムを改良し、1秒間に30フレームでの連続測定を実現した。

(1) 実験装置の配置

BL-16のビームライン全体図を図11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。F1には波長分散型X線吸収分光装置(稼働中), F2には配置・角度依存磁気円二色性装置(稼働中),F3には深さ分解磁気円二色性 装置(稼働中)および常伝導磁気円二色性装置(稼働中),そしてFmには3次元顕微 磁気円二色性装置(立ち上げ中)が設置されている。

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、いくつかの装置について 本年度の成果を報告する。



図 11: BL-16 の全体図(上)および実験装置付近の拡大図(下)

(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、図12左のように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。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。

本年度は昨年度に引き続き,装置を F2 ポートに常設した状態で,軟 X 線円偏光を用いた実験を行った。詳細は東京大学の成果報告書に記す。





図 12: 配置・角度異存 XMCD 測定の模式図(左)および装置の写真(右)

(3) 常伝導磁気円二色性装置

本装置は本年度より稼働を開始したものであり,常伝導電磁石によって最大1.2 Tの磁場を印加した状態で,比較的手軽に磁気円二色性を測定することができる。また,液体Heによって 20 K 程度までの冷却が可能なクライオスタットを備えており,多くの試料に対応している。図13 左に装置の写真を示す。

本年度は、可変偏光アンジュレータからの軟 X 線を利用して定常的に磁気円二色性を測 定できるシステムを構築し、偏光スイッチングとの組み合わせに向けた準備を行った。図 13 右に本装置を用いて測定した磁気円二色性スペクトルの例を示す。比較的弱いシグナル であるが、明瞭に観測できている。今後、偏光スイッチングを利用することで、飛躍的に S/N 比が向上すると期待される。



図 13: 常伝導磁気円二色性装置の写真(左)および測定した磁気円二色性スペクトル(右)。

(4) 深さ分解磁気円二色性装置

本装置は図 14 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_d)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、磁気的状態の深さ 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でビームを利用している。本装置を BL-16 に設置した際の写真を図 14 に示す。この真空チェ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。



図 14: 深さ分解 XMCD 測定の模式図(左)および装置の写真(右)

本装置はすでに立ち上げを終了しているので、本年度は主に Ni/Cu (100) および Fe/Ni 多 層膜に関する研究を行った。また、この実験手法を偏光スイッチングと組み合わせるため には、高速で応答する角度分解型の電子検出器が必須となるので、マルチアノード型の検 出器と偏光スイッチングを組み合わせたテストも行った。

本装置を用いて測定した、異なる検出深度を持つ一連の XMCD スペクトルを用いて、 0/Ni (5.5 ML)/Cu (100) 薄膜の表面層と内部層の XMCD スペクトルを分離した結果を図 15 に 示す。内部層(inner Layers)のスペクトルは通常の金属 Ni 薄膜に類似しており, XMCD が 明瞭に観測されることから内部層が強磁性Ni 金属であることがわかる。一方,表面層 (Surface)のスペクトルはNi0のものに似ているが、細かい構造はNi0ほどははっきりと はしていないため、表面にはNi0に類似した構造ができていると考えられる。また、表面 層の XMCD シグナルは小さいながらも内部層とは逆符号となっており、表面の NiO 類似構 造に誘起されたわずかな磁化は、内部層とは反強磁性的に結合していることがわかる。さ らに、図 15 右には、3 つの異なる方向の直線偏光に対する、表面層の X 線吸収スペクトル を示す。これも本装置を用いて内部層のスペクトルと分離したものである。偏光ベクトル が薄膜の表面に水平の場合(xおよび y で示す)には、 偏光に依存したスペクトル変化は見 られない。これは表面のNi0類似層がたとえ反強磁性秩序を有していたとしても、それぞ れの磁気モーメントがx方向もしくはy方向に偏ってはいないということを示している。 一方で z 方向にはわずからながらスペクトルの違いが見られる。ただしこれは、磁気的な 起源というよりは、薄膜であるがゆえに面内方向と面直方向で環境が違うことに起因する と考えられる。



図 15: 深さ分解 XMCD 法によって分離した, 0/Ni (5.5 ML) /Cu (100) の表面層 (Surface) および内部層 (Inner Layers) の Ni L 吸収端 XMCD スペクトル(左), および, 3 つ の異なる方向の直線偏光に対する表面層の吸収スペクトル(右)。

これらの結果を説明することが可能な磁気構造モデルを図 16 に示す。このモデルでは表面層の磁化が内部層とおよそ 45 度の角度をなしており,その回転方向によって二つの等価な領域(磁区)にわかれている。図 16 左のように内部層との間で磁気的な結合がなければ表面層の磁化はキャンセルしてしまい XMCD は観測されない。一方で表面層と内部層との間で反強磁性的な結合があると、図 16 右のように表面層の磁気モーメントがわずかに回転し、ベクトル平均としてわずかながら磁化(*M*_{top})を有するために XMCD シグナルが観測される。しかしこの場合でも直線偏光を用いて測定すると x 方向と y 方向は等価になってしまい、違いは観測されない。この研究は、BL-16A において円偏光および縦横直線偏光を利用できることを活用した成果である。



図 16: 実験結果を説明可能な磁気構造モデル。表面層と内部層の間に磁気的な結合がない場合(左)と反強磁性的な結合がある場合(右)。

もう一つの例として, FeNi 薄膜における磁気異方性を元素選択的かつ深さ分解して決定 した研究を示す。磁気記録媒体の高密度化のためには, 膜に対して垂直方向に磁化を持つ, 「垂直磁化」が必須であるが, 垂直磁化を安定に実現するには高い磁気異方性定数が必要 である。すでに, Fe/Pt, Co/Pt といった多層膜においては, 比較的高い磁気異方性定数が 報告されているが, どちらもレアメタルである Pt を用いていることが難点である。最近, レアメタルフリーの垂直磁化膜の候補として, Fe/Ni 多層膜が注目されているが, この多 層膜の中で, Fe と Ni それぞれがどのような磁気異方性をもっているのか, また, Fe や Ni が表面にある場合とサンドイッチされた場合とでどのように異なるのか, といった情報は 明らかではない。そこで本研究では, Cu(001)単結晶に Fe/Ni 薄膜が成長する初期段階に おける表面, 界面の磁気異方性を, 深さ分解 XMCD 法を用いて明らかにした。

図 17 に得られた XMCD スペクトルを示す。直入射条件(NIA)で測定したスペクトルと斜 入射条件(GIA)で測定したものの差が、それぞれの元素の磁気異方性定数に対応するが、 図 17 から明らかなように、Fe, Ni ともに NIA と GIA で大きな差はなく、磁気異方性定数 が小さいことがわかる。実際、定量的な解析によって求めた磁気異方性定数は図 17 の通 りであり、Fe の場合はほぼゼロ、Ni の場合は小さい正の値(正の値は垂直磁化が安定であ ることを示す)となっている。一方、表面のFe, Ni は、図に示した通りそれぞれ大きな正 の値とわずかな負の値を示す。つまり、Fe は表面では強い垂直磁化志向を示すのに Ni に 覆われることでそれを失い、Ni は逆に表面ではわずかな面内磁化志向を示すが Fe に覆わ れることで小さいながらも垂直磁化志向を示すことがわかる。つまり、垂直磁化を実現す るためには、Fe を表面に近い環境におくような工夫が有効であることがわかる。



- 図 17: Ni に挟まれた Fe(左)および Fe に挟まれた Ni に対する XMCD スペクトル。直入射 条件(NIA)と斜入射条件(GIA)のスペクトルを,それぞれ面直磁化,面内磁化を有 する試料に対して測定することで,磁気異方性エネルギーを求めた。
- (5) 波長分散型 X 線吸収分光装置

本装置は図18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、本装置はBL-16のF1ポートにおいて立ち上げを完了し、現在は共 鳴磁気散乱装置と交代で実験を行っている。



図 18: 波長分散型 XAFS 測定の模式図

本年度は引き続き,ビデオレート(33 ms)でのスペクトルの連続測定を活かした表面化 学反応の追跡を行った。図 19 に一例として, Ir 表面に酸素原子を吸着させ, C0 に暴露す ることでおこる C0 酸化反応をリアルタイム追跡した結果を示す。また,垂直水平偏光の スイッチングと組み合わせることで,分子の種類と量だけでなく配向の変化をも一度にリ アルタイムで測定できる。本年度は実際に偏光スイッチングと組み合わせたテスト測定も 行った。

なお,詳細な解析結果については,表面における動的過程のリアルタイム追跡を担当し ている慶應義塾大学の成果報告書に記載する。



図 19: Ir 表面における CO酸化反応中に測定した酸素 K 吸収端 X 線吸収スペクトル

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 ンファクトリーの運転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。

2010年6月30日

スイッチング実施時のリング全体の軌道補正法の開発について 秋からの運転の予定について

2010年9月21日

2台目のアンジュレータの偏光モードの優先順位について

- 2010年9月27日,12月1日,12月15日,2011年2月9日, 偏光スイッチングの試行について
- (2) 検出器の開発に関する打ち合わせ

本プロジェクトにおいては、偏光スイッチングシステム自体だけでなく、高速のスイッ チングに対応した検出器の開発が必須である。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。

2010年5月12日

物構研「計測システム開発室」の発足について 開発項目と目標の決定

2010年6月10日,8月9日,9月1日,10月25日 マルチアノードMCP検出システムの開発について

2010年11月1日

マルチアノードMCP検出システムのソフトウエア開発について

2011年2月16日

マルチアノードMCP検出システムのテスト結果について

(3) 参画機関との打ち合わせ

本年度の参画機関である東京大学および慶応義塾大学と,ビームタイムの配分や実験装 置の開発に関して打ち合せを行った。

2010年4月3日

XMCD実験の計画に関して

2010年5月24日

波長分散型XAFS法のデータ取得に関して

2010年7月6日

2010年度第2期のビームタイムに関して

2010年8月10日

共鳴散乱実験の計画に関して

2010年10月31日

2010年度第3期のビームタイムに関して

2011年2月2日

次年度の予算と研究計画に関して

2011年2月9日

垂直・水平偏光のスイッチングと波長分散XAFSの試行について

(4) 研究会等の開催

本プロジェクトの成果を公表するとともに、今後の研究目標についての議論を行うため に、研究会等を開催した。

2010年12月7,8日

物構研シンポジウム つくば国際会議場 「量子ビーム科学の展望」

2011年3月11,12日

PF研究会 高エネルギー加速器研究機構 小林ホール

「磁性薄膜・多層膜を究める:キャラクタリゼーションから新奇材料の創製へ」 ※ 東日本大震災により、3月11日の午後までで中止

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
Tuning of the Fast Local Bump System for Helicity Switching at the Photon Factory, ポ スター	K. Harada, Y. Kobayashi, T.Miyajima, S. Nagahashi, T. Obina, M. Shimada, R. Takai, and S. Matsuba	International Particle Accelerator Conference (IPAC'10)	2010 年 5 月	国内
Magnetic Field Adjustment of a Polarizing Undulator (U#16-2) at the Photon Factory, ポ スター	K. Tsuchiya and T. Aoto	International Particle Accelerator Conference (IPAC'10)	2010 年 5 月	国内
Sub-nm resolution depth profiling of the magnetic structure of thin films by the depth-resolved X-ray magnetic circular dichroism technique, 口頭	K. Amemiya	International Symposium on Advanced Magnetic Materials and Applications (ISAMMA 2010)	2010 年 7 月	国内
PF リング 16 番直線部における 高速偏光スイッチング用バン プシステムの現状,ポスター	原田健太郎,長橋進也,帯 名崇,高井良太,宮島司, 島田美帆,小林幸則,松葉 俊哉	第7回日本加速器学 会年会	2010年 8月	国内
Surface and interface magnetic properties of Fe/Ni/Cu(100) ultrathin films investigated by the three-dimensional micro XMCD, 口頭	K. Amemiya and M. Sakamaki	The Joint European Magnetic Symposia (JEMS 2010)	2010 年 8月	国外
Depth-resolved XMCD study of Mo/Co/Au □films, ポスター	M. Sakamaki, K. Amemiya, A. Wawro, L. T. Baczewski, Z. Kurant, and A. Maziewski	The Joint European Magnetic Symposia (JEMS 2010)	2010 年 8月	国外
高速偏光スイッチングによる超 高感度深さ分解 XMCD/XMLD 測定(1):角度分解型の高速電子 検出器の開発,口頭	雨宮健太,岸本俊二,酒巻 真粧子,小菅隆,濁川和幸, 田中真伸,内田智久,仲吉 一男	第 13 回 XAFS 討論 会	2010年 9月	国内
FeNi 多層膜の作製と XMCD に よる磁気異方性の研究, ロ頭	酒卷真粧子,雨宮健太	第 13 回 XAFS 討論 会	2010 年 9月	国内

Cu(100)単結晶上に作製した交互 積層 FeNi 多層膜の磁気異方性, 口頭	雨宮健太,酒巻真粧子	第71回 応用物理学 会学術講演会	2010 年 9月	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	雨宮健太,酒巻真粧子	日本物理学会 2010 年秋季大会	2010 年 9月	国内
Mo/Co/Au 薄膜の界面磁気異方性 に関する考察,口頭	酒巻真粧子, 雨宮健太, A. Wawro, L. T. Baczewski, Z. Kurant, and A. Maziewski	日本物理学会 2010 年秋季大会	2010 年 9月	国内
PF-BL-16A における偏光スイッ チングの現状,ポスター	雨宮健太,酒巻真粧子,豊 島章雄,小出常晴,伊藤健 二,土屋公央,青戸智浩, 塩屋達郎,山本樹,原田健 太郎,帯名崇,小林幸則	第24回日本放射光 学会年会・放射光科 学合同シンポジウ ム	2011 年 1月	国内
高速偏光スイッチング実験用マ ルチアノード MCP システム, ロ 頭	雨宮健太,岸本俊二,酒巻 真粧子,小菅隆,濁川和幸, 田中真伸,内田智久,仲吉 一男,斉藤正俊,池野正弘	第24回日本放射光 学会年会・放射光科 学合同シンポジウ ム	2011年 1月	国内
PF における BL16 高速偏光スイ ッチング光源の開発状況, 口頭	土屋公央, 原田健太郎, 帯 名崇, 青戸智弘, 塩屋達郎	第24回日本放射光 学会年会・放射光科 学合同シンポジウ ム	2011 年 1月	国内
PF における可変偏光アンジュレ ータ (U#16-2)の磁場調整と運転 状況,ポスター	土屋公央,青戸智弘,塩屋 達郎	第24回日本放射光 学会年会・放射光科 学合同シンポジウ ム	2011 年 1月	国内
In-situ XMCD 法による Cu(100)単 結晶上 FeNi 多層膜の磁気異方性 の研究,ポスター	酒巻真粧子,雨宮健太	第 58 回応用物理学 関係連合講演会	2011 年 3月	国内
Ni 薄膜上における1原子層の NiO 類似構造の作製,ポスター	雨宮健太,酒巻真粧子	第58回応用物理学 関係連合講演会	2011 年 3 月	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
Tuning of the Fast Local Bump System for Helicity Switching at the Photon Factory	K. Harada, Y. Kobayashi, T. Miyajima, S. Nagahashi, T. Obina, M. Shimada, R. Takai, and S. Matsuba	Proceedings of IPAC'10	2010 年5月	国内
Magnetic Field Adjustment of a Polarizing Undulator (U#16-2) at the Photon Factory	K. Tsuchiya and T. Aoto	Proceedings of IPAC'10	2010 年5月	国内
Commissioning of a Soft X-ray Beamline PF-BL-16A with a Variable-Included-Angle Varied-Line-Spacing Grating Monochromator	K. Amemiya, A. Toyoshima, T. Kikuchi, T. Kosuge, K. Nigorikawa, R. Sumii, and K. Ito	AIP Conf. Proc. 1234, 295	2010 年 6 月	国外
STATUS OF THE FAST LOCAL BUMP SYSTEM FOR HELICITY SWITCHING AT THE PF RING	K. Harada, Y. Kobayashi, T. Miyajima, S. Nagahashi, T. Obina, M. Shimada, R. Takai, and S. Matsuba	Proceedings of the 7th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan	2010 年 8 月	国内
Magnetic states of Mn and Co atoms at Co2MnGe/MgO interfaces: A soft x-ray magnetic circular dichroism study	D. Asakura, T. Koide, S. Yamamoto, K. Tsuchiya, T. Shioya, K. Amemiya, V. R. Singh, T. Kataoka, Y. Yamazaki, Y. Sakamoto, A. Fujimori, T. Taira, and M. Yamamoto	Phys. Rev. B 82, 184419	2010 年 11 月	国外
NiO-like single layer formed on a Ni/Cu(001) thin film revealed by the depth-resolved x-ray absorption spectroscopy	K. Amemiya and M. Sakamaki	Appl. Phys. Lett. 98, 012501	2011 年1月	国外
Sub-nm resolution depth profiling of the magnetic structure of thin films by the depth-resolved X-ray magnetic circular dichroism technique	K. Amemiya and M. Sakamaki	J. Phys. D 44, 064018.	2011 年1月	国外
Effect of surface roughness on magnetism of ultrathin Co films	M. Sakamaki and K. Amemiya	J. Phys.: Conf. Ser. 266, 012020	2011 年1月	国外

2.4 活動(運営委員会等の活動等)

2010年6月21日 光源・放射光科学系合同打ち合わせ

高エネルギー加速器研究機構 放射光科学研究施設 研究棟2F会議室 アンジュレータおよび偏光スイッチング開発の進捗状況の確認,今後の予定

2010年6月30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 研究棟2F会議室 2010年度の研究開発の予定について

2010年9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 研究棟2F会議室 2010年度後半の研究開発の予定について

2010年11月17日 光源・放射光科学系合同打ち合わせ 高エネルギー加速器研究機構 放射光科学研究施設 研究棟2F会議室 偏光スイッチング開発の進捗状況の確認,今後の予定

2011年2月23日 光源・放射光科学系合同打ち合わせ 高エネルギー加速器研究機構 放射光科学研究施設 研究棟2F会議室 偏光スイッチング開発の進捗状況の確認,今後の予定

2.5 実施体制

平成22年度に於ける実施体制

研究項目	担当機関等	研究担当者
 可変偏光アンジュレータの開発 アンジュレータグループの統括 可変偏光アンジュレータの開発 	物質構造科学研究所 加速器研究施設 加速器研究施設 加速器研究施設	〇山本樹 土屋公央 青戸智裕 塩屋達郎
 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 	加速器研究施設 加速器研究施設 加速器研究施設 加速器研究施設 加速器研究施設 加速器研究施設 加速器研究施設	○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 小野寛正人 四子 四子 四子 四子 小野田 王 人 四 四 一 四 一 四 一 四 一 四 一 四 一 四 一 四 一 四 一
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