

1兆分の1秒で起こる超高速な磁性の変化を元素別に解明

分子科学研究所 山本 航平

我々は、X線自由電子レーザーSACLAの硬X線のビームラインBL3において、強磁性合金FePt薄膜の時間分解磁気円二色性(時間分解XMCD)測定に成功しました[1]。FePt薄膜は、鉄と白金の両方が磁性を示すことが知られています。硬X線磁気円二色性測定により白金サイトの光誘起磁気ダイナミクスを元素選択的な情報が初めて得られました。可視光レーザーによる時間分解磁気光学カー効果の測定との比較により、鉄の方が白金に比べて高速に消磁されることが示されました。本研究では、X線自由電子レーザーの円偏光を制御する技術をSACLAに導入することで、硬X線磁気円二色性の時間分解測定により、世界で初めて非磁性元素である白金の1ピコ秒(1兆分の1秒)以下の超高速な磁性変化を直接観測しました。

近年、光誘起スピンダイナミクスは、その非自明な過程の解明という理学的な観点からのみならず、スピンの光制御という応用の観点からも興味を持たれています。多くの磁性体の光誘起スピンダイナミクスが多くの手法により調べられてきた結果、さまざまな新奇な光誘起のスピンダイナミクス現象が発見されてきました。たとえば、光によってスピンの向きを反転・制御する全光学的磁化反転は、特に強い注目を集めている現象の一つです。この現象は、外部磁場を使わない非接触的なスピン制御をnmスケールで実現できることから、磁気記録媒体への応用も期待されています。FePtはこの現象を示す強磁性体のものとして興味

が持たれています。

今回我々が着目したFePtは白金が垂直磁気異方性の発現に重要な役割を担っています。XMCDを利用した元素選択的な時間分解測定は、主に3d元素L端の軟X線を用いて行われてきました。しかし、白金に関しては、十分なXMCD強度を示すX線領域は硬X線領域に存在するため、時間分解XMCDを利用した白金の磁性ダイナミクスに関する研究例はこれまでありませんでした。そこで、我々は数10fsの硬X線パルスが得られるSACLA BL3において、ポンプローブ法を用いた、時間分解XMCDを行いました。

測定セットアップを図1に示します。SACLA BL3のX線は直線偏光しています。ダイヤモンドX線移相子により左右円偏光に変換します。得られた円偏光X線からチャンネルカット分光器によりPt L端のX線を取りだします。試料にX線を入射し、蛍光X線をMPCCD(multi port charge coupled device)を用いて検出します。Znフィルターによる弾性X線のカット、MPCCD検出器での波高弁別により、Pt Laの蛍光X線を選択的に取得し、吸収量としました。同軸に可視光レーザーが入射するようになっています。両パルスの間隔はタイミングモニターにより測定され、ジッタが補正できるようになっており、時間分解能は50fs程度になりました。

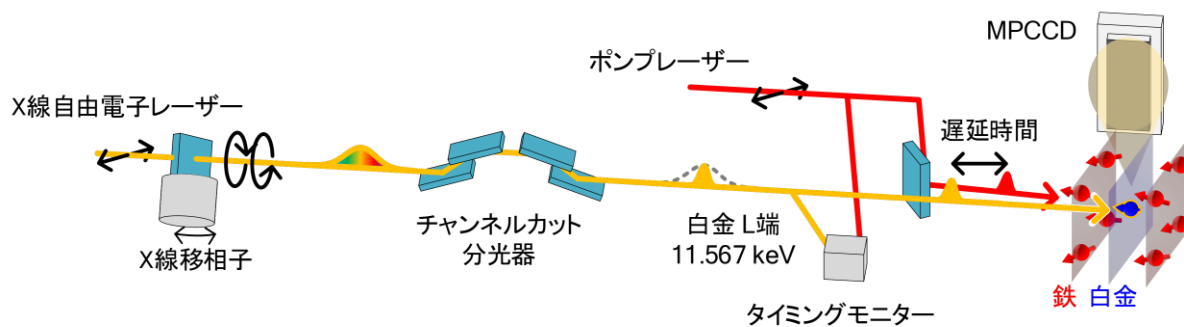


図1: 時間分解XMCD測定のセットアップ。SACLAから発生した幅10フェムト秒程度のX線(図中オレンジ色の線)と幅30フェムト秒程度のレーザー光(赤線)を用いる。

