

ゼロ磁場下スピン挙動観測のための高周波パルス磁場の開発

～純粋な光照射効果を解明するために～

理学研究科 物質科学専攻
たかはしりゅうのすけ やまだ かえで わだち ひろき
○助教 高橋龍之介、M1 山田 楓 教授 和達 大樹

キーワード

レーザー照射, 磁石, パルス磁場,



研究概要

磁石の性質は電子の持つスピンの深く関わっている。スピンは電子の運ぶ電荷と比較して、エネルギーロスが小さく、新世代の情報担体として優秀である。近年、光を照射すると、10 兆分の 1 秒以下で磁石の大きさを変化させる現象（超高速減磁）が発見され、光による超高速な磁化変化が、どのような起源で引き起こされるかが盛んに研究されている。その起源を解明できれば、超高速な情報記録への応用が期待でき、この情報社会に大きく貢献する可能性を秘めている。10 兆分の 1 秒という非常に短い時間における磁石の大きさを測定するには、同じ 10 兆分の 1 秒程度の間のみ光、超短パルス光によってストロボ写真のように各時間の磁気に関する応答（磁気光学効果）を検出する必要がある。我々は、これを時間分解測定と呼んでおり、光で変化させ（ポンプ）、光で観測（プローブ）する手法である。しかし、多くの場合、この磁気光学効果信号が小さいため、ポンプ光とプローブ光による測定を高繰り返し（1 kHz 程度）し、積算することで、初めてその変化を観測できる。ポンプ光で磁石の大きさが弱くなる効果は、半永久的に持続するため、その変化を積算するには、外部から磁石を用いて元の光照射前状態に戻す必要が生じる。そのため、どうしても外部から印加している磁石の影響を含んだ超高速過程を観測することとなる。

我々は、外部磁場の影響を含まない純粋な光照射磁化変化を観測するために、この外部磁場を非常に短い間に高繰り返し（1 kHz 程度）で印加することによって解決する手法を開発した。コンデンサへの充電と、半導体を用いた放電スイッチを備え、レーザー光源と同期させることにより、1 kHz, 10 mT 以上のパルス磁場発生コイルを完成させた。

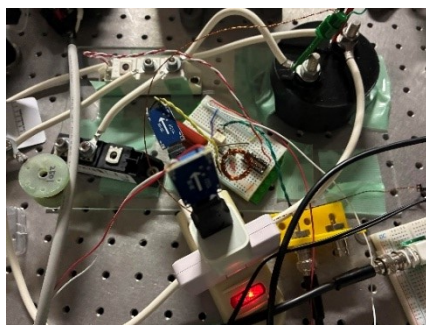


図 1. パルス磁場発生装置の写真と充電放電波形。

アピール ポイント

磁石の情報を担う「スピン」は、現在の電子機器で利用されている電荷に比べて消費エネルギーが小さく、次世代の省エネルギー情報技術を支える重要な要素として期待されています。特に、光によって磁石の状態を 1 兆分の 1 秒よりも短い時間で制御する「超高速スピントロニクス」は、将来の超高速・低消費電力メモリや情報処理技術の実現に向けた重要な研究分野です。本研究では、光によって 1 兆分の 1 秒以下で生じる磁化変化（超高速減磁）を観測するための独自のゼロ磁場で行える時間分解磁気光学測定技術を開発しています。特に、レーザーと同期した高繰り返しパルス磁場発生システムを開発し、従来は困難であった外部磁場の影響を抑えた超高速磁化ダイナミクスの観測を可能にしました。我々は、 NiCo_2O_4 薄膜における超高速減磁現象を明らかにし、その成果は *Applied Physics Letters* 誌に 2 報掲載されています（APL 119, 102404 (2021)、APL 126, 212405 (2025)）。本研究は、次世代磁気メモリやスピントロニクスデバイスなど、省エネルギー情報技術の実現に貢献することが期待されます。