

第 45 回日本磁気学会学術講演会

2021/8/31 A 会場 13:00-16:45

Symposium "Recent progress of relationship between magnetism and light"

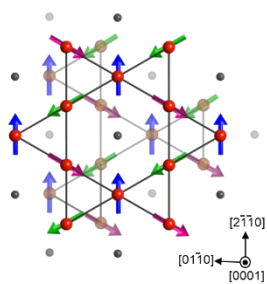
シンポジウム「磁気と光の関係の最近の進展」

31pA-1 Large magneto-optical effects in a non-collinear antiferromagnet and its application for antiferromagnetic spintronics (非共線反強磁性体の巨大磁気光学効果と反強磁性スピントロニクスへの応用)

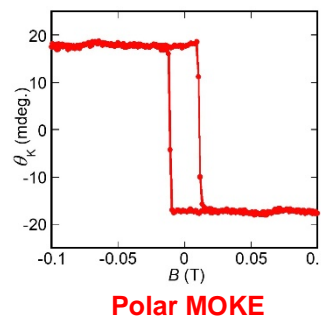


° T. Higo (Univ. of Tokyo) 肥後友也(東大)

最近、次世代スピントロニクスデバイスにおいて、強磁性体(FM)に比して操作速度が速い反強磁性体(AFM)が急速に注目を集めている。AFM は磁化を持たないため検出や操作が困難であるが、最近、いくつかのブレークスルーが報告されている。肥後



らのグループは、非共線 AFM である Mn_3Sn において、異常ホール効果、異常ネルンスト効果、磁気カ-効果を発見した。 Mn_3Sn は六方晶 D019 (空間群 $P6_3/mmc$)、Mn 原子のカゴメ層の (0001) の ABAB 積層を示す。 $T_N \sim 430$ K 以下では、幾何学的なフラストレーションによって、反転三角スピン構造と呼ばれる非共線 AF 秩序を示す。この状態はクラスタ磁気八重極子のフェロイック秩序とみることができる。

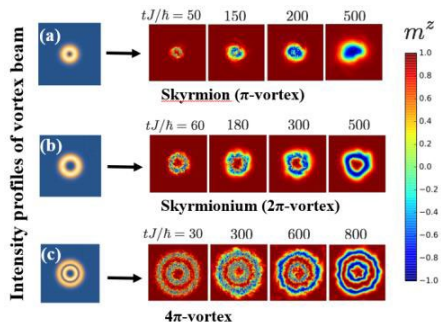


この八重極秩序が、巨視的に TR 対称性を破る主要な秩序パラメーターの役割を果たし、運動量空間でのベリー曲率の分布が有効磁場として機能し、時間反転奇数の横方向応答を引き起こす。最近の理論的および実験的進歩により、AHE は MOKE の要件と同じ対称性を持っていることがわかった。

31pA-2 -Theoretical proposal for control of spin textures and vortices with topological light waves (トポロジカル光によるスピントクスチャと渦の制御に関する理論的提案)

° M. Sato (Ibaraki Univ.) 佐藤正寛 (茨城大)

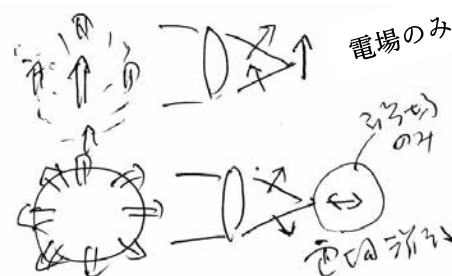
光渦 (軌道角運動量 OAM を持った光) はドーナツ状の強度プロファイルを持ち、OAM の如何に関わらず中心の強度がゼロであり、電場と磁場の方向が、集束面のゼロ強度中心の周りに角度依存性を持っているという特徴を持つ。これら 2 つの性質に基づいて、



スキルミオンやスキルミオニウム、スパイラル波面を持つスピン波などのトポロジカル磁気欠陥を超高速に作成する方法を提案した。

次に佐藤氏は、ベクトルビームの応用について述べた。OAM が +m と -m の 2 つの光渦を重ね合わせ集光すると焦点に強い高周波磁場 (または電場) を作り出すことができる。この特性を利用して、磁性半導体やマルチフェ

ロイック磁石の磁気共鳴の検出、トポロジカル相 (トポロジカル絶縁体、トポロジカル超伝導体など) のエッジ電流の観察、金属磁石のフェルミ面の推定など、ベクトルビームの材料への応用を提案した。



31pA-3 Metamaterials and metasurfaces with broken symmetries (対称性が破れたメタマテリアルとメタサーフェス) ° S. Tomita (Tohoku Univ.) 富田知志 (東北大)

富田氏は「光磁気カイラル (MCh) および磁気電気 (ME) 効果と呼ばれる光波の偏光に依存しない指向性複屈折」に焦点を当て、「メタマテリアルとメタサーフェスは、天然素材と比較して、MCh と ME の効果を数桁高めることができることを述べた。



光学 MCh 効果は、光磁気 (MO) 効果と旋光度 (OA) の組み合わせで、TRS の破れを通じて磁気光学効果、空間反転対象の破れを通じて光学活性をもたらす。通常、天然素材では効果は非常に小さいが、メタマテリアルを使用して効果を高めることができ、表と裏のあるマジックミラーを作ることができる。マイクロ波よりも高周波動作の場合、MCh メタ分子はひずみ駆動型セルフコイル技術を使用して小型化され、自立型パーマロイキラルメタ分子は、キャビティ FMR とコプレーナ導波路 FMR を用いて観測される。小型メタ分子は、ミリ波および THz 周波数で光学 MCh 効果を得るのに有望である。

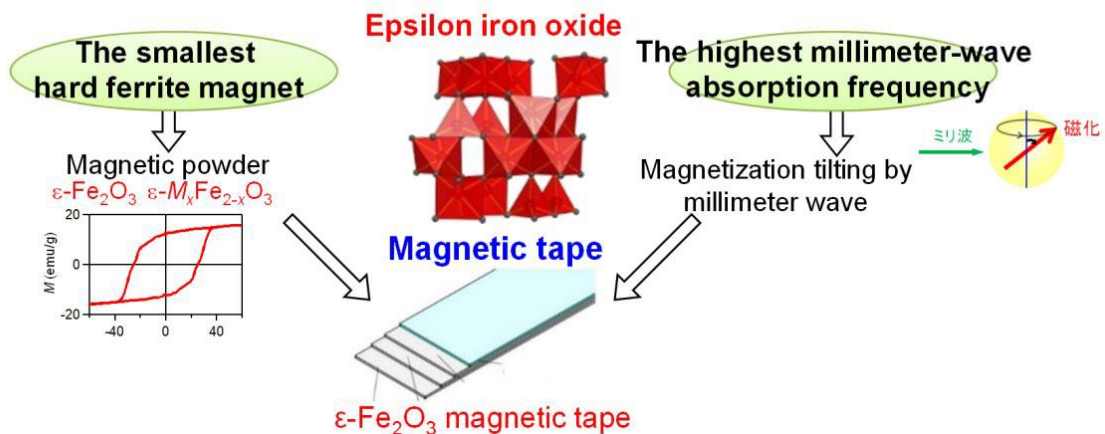
位相勾配のあるメタサーフェスでは、磁気・光・数学の協奏があり、時間的変調メタマテが設計できる。波長より短いパスで光に働く磁場はベリー曲率となり、マイクロ波の屈折を磁場制御可能となる。

31pA-4 Focused-millimeter-wave-assisted magnetic recording based on epsilon iron oxide (ε 酸化鉄を用いた集光型ミリ波アシスト記録) ° S. Ohkoshi (Univ. of Tokyo) 大越慎一(東大)

ミリ波 (30~300 GHz) は、無線通信放送や携帯電話基地局間の無線データ伝送、高度運転支援システムなどへの利用が期待されている。一方、ビッグデータ時代の持続可能なデータストレージシステムとして磁気記録が注目されており、指数関数的に増大を続けているデータ量に対して、磁気記録容量を向上させるためには、磁性粒子のサイズを小さくする必要があるが“磁気記録トリレンマ”と呼ばれる問題があり限界を迎えている。このトリレンマ問題を解決するため、ハードディスクでは、熱アシスト磁気記録やマイクロ波アシスト磁気記録などが提案されている。



大越氏は、磁気テープ用の新しい磁気記録方式の提唱を主眼として、イプシロン酸化鉄 (ϵ -Fe₂O₃) に着目した。(i)イプシロン酸化鉄は無磁場共鳴 (自然共鳴) により、金属置換量に応じて 35~222GHz の広い周波数領域で Beyond 5G 用途で期待される高周波ミリ波を吸収する。また、(ii)シングルナノメートルサイズ (8 nm 程度) まで小さくしても強磁性を維持することが可能。金属置換型イプシロン酸化鉄からなる磁性フィルムを作製し、「ミリ波磁気記録」という新しいコンセプトに立脚して、**集光型ミリ波アシスト磁気記録** (Focused Millimeter Wave-Assisted Magnetic Recording, F-MIMR) という記録方式を提案した。



31pA-5 Development of magnetic holographic memory using artificial magnetic lattice media (人工磁気格子メディアを用いたホログラフィックメモリの開発)° Y. Nakamura (Toyohashi Univ. Tech.,)

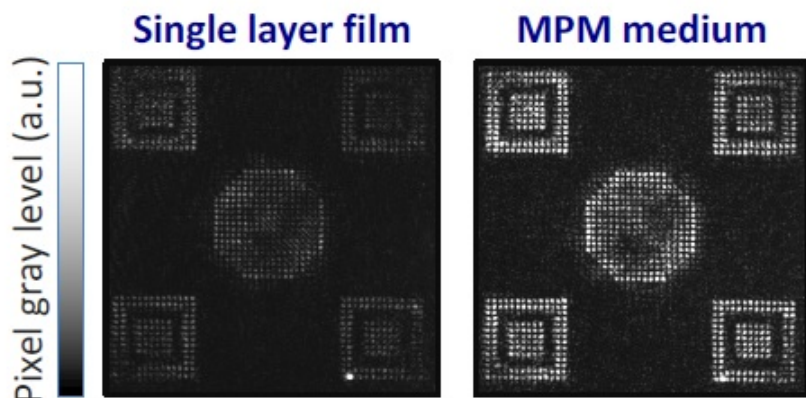
中村 雄一 (豊橋技科大)

中村らは、多結晶磁性ガーネット (Bi : RIG) 膜を用いたコリニア干渉法による磁気ホログラムメモリを研究している。磁気ホログラムの記録と再構成に成功したが、この最初に報告された共線磁気ホログラフィの再構成画像は暗く、ノイズが多く、大きなバックグラウンドノイズがあった。



中村氏らは、人工磁性格子 (AML) と呼ばれる数 nm から数百 nm のスケールで人工構造を導入し、その構造に応じて新しい磁性と機能を発揮する磁性材料も開発した。

この知識に基づいて、磁気ホログラムの再構成画像を改善するために、AML 記録媒体を含む記録条件を調査した。記録媒体の改良により、大きな磁気光学効果が得られ、明るい再構成画像が得られることを報告した。



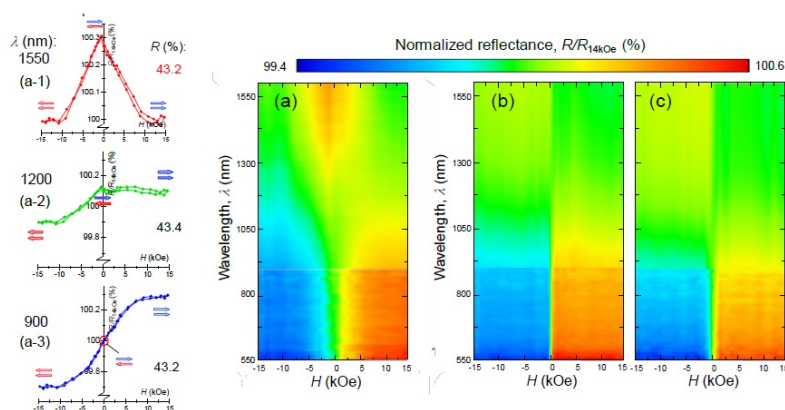
31pA-6 Near-Infrared Magneto-Refractive Effect for Magnetic Multilayer; GMR film and Ferro./Antiferro. stacked film with Surface Plasmon Resonance (磁気多層膜の近赤外磁気リフラクティブ効果：表面プラズモン共鳴を伴う GMR 膜と、強磁性/反強磁性積層膜) ° S. Saito (Tohoku Univ.) 齊藤伸 (東北大)

反射構成 (R-MRE) による磁気屈折効果は、磁化の配置に応じて光の偏光の回転ではなく、強度が変化するだけなので注目されている。この変化の大きさは約数%と小さく、



で実際のデバイスに R-MRE を適用することは困難である。一般に、金属磁性多層膜の場合、MRE の支配的な要因は伝導帯のスピン依存散乱であると考えられ、その光学特性は磁化状態に対応する拡張ドルーデモデルによって表される。したがって、R-MRE を強化するための材料の物理的特性として金属磁性多層膜の散乱時間とスピン依存散乱係数の評価が重要であるこの研究では、反強磁性的に交換結合された Co / Ru 多層膜の IR 領域における磁気光学特性の測定を行った。図 1 は、入射角 70 度の実験反射率のカラーマップを示す。(a) [Co(4)/Ru(0.7)]₁₀、(b) [Co₈₈B₁₂(4)/Ru(0.7)]₁₀、および (c) [Co₈₀B₂₀(4)/Ru(0.7)]₁₀ の波長と磁場に対してプロット。磁場はフィルム面と反射面の法線方向に沿って印加された。

サンプル (a) の H = 14 kOe の反射率の大きさを正規化された反射率曲線が、(a-1) 1550 nm、(a-2) 1200、および (a-3) 900nm の波長について示されている。(a) に示すように、長波長領域では、反射率は磁場に対して偶関数で



変化するが、短波長領域では、磁化の方向に対応して奇関数で反射率が変化する。これは、R-MRE と横カー効果 (TKE) の両方が同じサンプルに現れ、それぞれバンド内およびバンド間遷移のために異なる波長領域に現れることを意味します。一方、(b) と (c) に示すように結晶性 Co 層とアモルファス CoB 層を交互に配置すると、すべての膜で反強磁性層間結合が実現されますが、R-MRE は完全に消失する。この事実は、強磁性層での伝導電子の散乱が抑制されるため、結晶対称性が MRE に必要な条件であることを明確に示している。

31pA-7 Faraday effect of nanogranular films (ナノ倉乳ラー膜のファラデー効果) ° N. Kobayashi (DENJIKEN) 小林伸聖 (電磁研)

光アイソレーター材料としては Bi:YIG を超えるものが報告されていない。小型化のため多くのファラデー効果の大きい薄膜が研究されたが、その特性はバルクの Bi-YIG より劣っている。



小林氏らは、FeCo フッ化物ナノ粒子膜の新しい磁性透明材料を提案した。

ナノメートルサイズの磁性金属 (Fe、Co、または FeCo 合金) 顆粒とセラミック絶縁マトリックス (窒

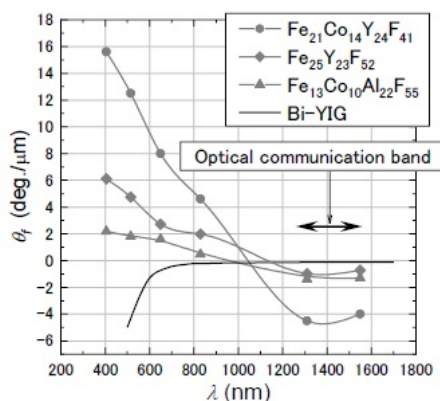


Fig.1 Relationship between the wavelength of incident light and the Faraday rotation angle of Fe₂₁Co₁₄Y₂₄F₄₁, Fe₂₅Y₂₃F₅₂ and Fe₁₃Co₁₀Al₂₂F₅₅ films. The films were deposited on substrates of 600 °C, 550 °C and 680 °C.

化物、酸化物、またはフッ化物) からなるナノ粒子膜は、顆粒とマトリックスの組成比に応じた透磁率、トンネル磁気抵抗、磁気誘電効果、磁気光学効果などのさまざまな機能特性を示す。

小林氏は、ナノグラニューラーフィルムの巨大なファラデー効果を紹介した。これらのフィルムのファラデー回転角は、光通信帯域の波長 (1500 nm) で Bi-YIG の 40 倍もある。

図 1 に Fe₂₁Co₁₄Y₂₄F₄₁、Fe₂₅Y₂₃F₅₂ Fe₁₃Co₁₀Al₂₂F₅₅ フィルム、バルク Bi-YIG のファラデー回転角の波長依存性を示す。

図 1 に示されているすべてのナノグラニューラーフィルムは、Bi-YIG よりもはるかに大きなファラデー回転角を持っている。