

「時間分解ベクトル磁区観察装置」

～DC から MHz, GHz までの磁区の運動をベクトルで高分解能に可視化～

Time-resolved vector magnetic domain imaging system

小笠原 剛

産業技術総合研究所, つくば市東 1-1-1 (〒305-8565)

Takeshi Ogasawara

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

概要

強磁性体中の磁化の時間・空間的な動きを知ることは、モーターの磁心からスピントロニクスデバイスにいたるまで、ほとんどの磁性材料・デバイスにおいて重要な課題であり、その必要性が高まっている。本装置は、実験室で利用可能な、極めて汎用性の高い時間分解磁気イメージングを提供するものである。

特徴

◆高空間分解能

従来の磁気光学顕微鏡の欠点であった空間分解能の低下を独自技術によって補償し、レイリー限界相当の空間分解能を実現した。乾燥対物レンズ使用時で最高約 260 nm の空間分解能がえられる。

◆ベクトル磁化観察

磁区像の各点は、磁化ベクトルの3成分をすべて同時に観察可能である。適切な較正を行うことにより、磁区の形状だけでなく、磁区内の磁化の向きの変化も定量的に測定できる。

◆広い周波数帯域

ピコ秒パルス半導体レーザー光源の採用により、従来測定が困難であった 100 kHz から 10 MHz の領域を含む、最大 10 GHz までの広い周波数範囲でのストロボスコープ時間分解観察を実現した。

技術・装置の構成

装置は、高分解能磁気光学顕微鏡とパルス半導体レーザー光源からなる (Fig. 1)。従来の磁気光学顕微鏡は、照明光を斜めに入射することに起因する空間分解能の低下が避けられなかった。本装置では、照明光の入射方向を変えて撮影した多数の磁区画像を数値的に合成する方法により、レイリー限界の分解能を実現するとともに、ベクトル磁化観察を可能にしている。また、ストロボスコープ法による時間分解測定の照明光源として、パルス幅やパルスの繰返し周期を任意に設定できるパルス半導体レーザーを用いることにより、

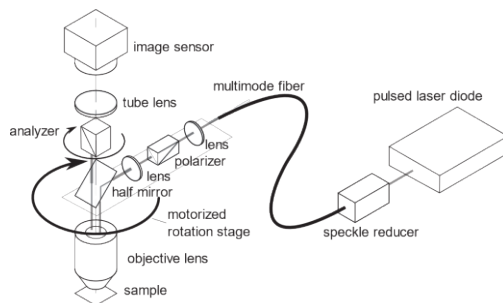


Fig. 1 Schematic configuration of the time-resolved magneto-optical Kerr microscope.

DC から 10 GHz までの広帯域において、任意の繰返し周波数での時間分解測定が可能となっている。これは、出力の小さい半導体レーザーによる照明を、光量のロスなく均一化する技術によって実現されている。

応用例

本装置によって観測した、パーマロイのストライプ中に高周波磁場 (5.6GHz) によって励起されたスピン波の伝播の様子を Fig. 2 に示す。高分解能化技術により、幅 2 μm の細線中のスピン波も観測可能である。また、軟磁性アモルファス薄帯材料を 100 kHz の交流磁場で励磁した際の磁区の変化の様子を Fig. 3 に示す。パルス半導体レーザー光源の採用により、従来困難であった帯域の現象も容易に観察できる。このように、マイクロメートルサイズの高速で微弱な現象から、ミリメートルサイズの現象まで、広範囲の現象を鮮明な画像で撮影可能である。

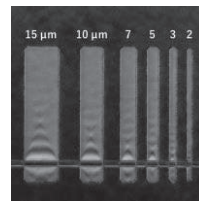


Fig. 2 Propagation of spin waves excited at 5.6 GHz in permalloy stripes.

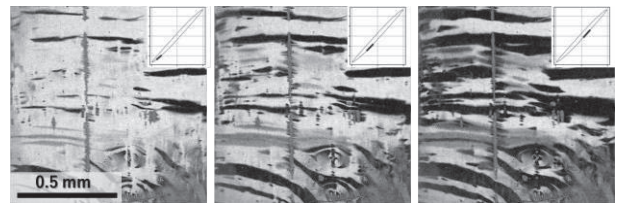


Fig. 3 The change in the magnetic domain of an amorphous ribbon excited by an AC magnetic field of 100 kHz. Insets show magnetic field regions on the B-H curve, where the magnetic domain images were collected.

謝辞 本装置の一部は、科研費 19K03757, 文部科学省 革新的パワーエレクトロニクス創出基盤技術開発事業, および文部科学省 データ創出・活用型マテリアル研究開発プロジェクトの援助を受けて開発された。

関連文献

- T. Ogasawara: *Jpn. J. Appl. Phys.* **56**, 108002 (2017).
- T. Ogasawara and A. Yamaguchi: *Jpn. J. Appl. Phys.* **61**, 018001 (2022).
- T. Ogasawara: *Phys. Rev. Applied* **20**, 024010 (2023).

関連特許

小笠原剛「磁気光学カー効果顕微鏡」特開 2018-116136.

2023年10月11日受理