

マルチキャビティ磁性フォトニック結晶を利用した欠陥深さ評価

橋本良介, 後藤太一, 高木宏幸, 井上光輝
(豊橋技術科学大学)

Estimation of defect depth using multi-cavity magnetophotonic crystal

R. Hashimoto, T. Goto, H. Takagi, and M. Inoue
(Toyohashi University of Technology)

はじめに

現在、安全性向上のために様々な非破壊検査が行われており、構造物の修理・交換の時期を確認するために欠陥の深さを定量的に評価することが求められる。そこで、目視のように高速で検査可能な、磁気光学(MO)イメージング¹⁾に着目した。我々は、磁区サイズが 50 nm 程度の多結晶イットリウム鉄ガーネットを磁性膜に利用することで、高空間分解能な MO イメージを取得した²⁾。一方、欠陥深さに応じて漏洩磁界の強度が変化することから、磁性膜の偏光面回転角が変化する。この変化は画像のコントラストとして取得できるため、欠陥深さの評価が可能である。漏洩磁界が被検体からの距離に応じて減衰するため、磁性膜を薄膜化する必要がある。我々は、薄膜で大きな偏光面回転角が得られる磁性フォトニック結晶(MPC)を用いて欠陥深さ評価を行った。しかし深さ評価に使用した MPC では、磁気飽和を回避するために印加磁界の調整が必要で検査時間を要し、MO イメージングの高速性が損なわれた。本研究では、漏洩磁界の減衰を逆に利用して、被検体から距離を離すことで、磁気飽和を回避できると考えた。つまりこの手法では、MPC を高さ方向に移動する必要がある。しかし、高速で MPC を移動させることは困難である。そこで、MPC を移動させずに欠陥深さを評価するために、MPC 中に磁性層を複数挿入したマルチキャビティ MPC を設計した。

実験方法・結果

有限要素法シミュレータ(COMSOL ver.4.3a)を用いて、試験体からの距離と漏洩磁界の強度の関係を調査し、磁気飽和することなく欠陥深さ 1 mm から 10 mm まで評価できる磁性層の位置を求めた。試験体には鉄を想定し、下方向から磁界を印加するための磁化器を想定した。被検体と磁化器の外側は空気とした。従来手法では、欠陥深さに応じて印加磁界を制御する必要がある。そこで、磁界制御を不要にするために、印加磁界を 220 Oe で固定し、MPC が磁気飽和しない位置を計算的に求めた。図 1 は欠陥深さと漏洩磁界強度の関係を示す。青の実線は、印加磁界を 220 Oe として、MPC を 3.1 μm だけ被検体から離れたときの漏洩磁界強度を示す。一方、赤の実線は従来通りに印加磁界を制御した場合の漏洩磁界を示す。この結果から、被検体から距離を 3.1 μm 離すことは、印加磁界を制御し、118 Oe 印加したときと同義であることが分かる。従って、距離を離れた位置に磁性層を 2 層有する MPC を作製することで印加磁界一定で、10 mm までの欠陥深さが評価できることが示唆された。次に、このようなマルチキャビティ MPC を設計した。高さ方向に約 3.1 μm 離れた位置に光学膜厚の異なる磁性層を 2 層配置した MPC を設計し、その光学特性を、マトリックスアプローチ法を利用して求めた。設計された構造は、基板/誘電体ミラー/磁性層/誘電体ミラー/スペーサ/誘電体ミラー/磁性層/誘電体ミラーである。計算において各磁性層の設計波長に対応した波長で MPC の局在が得られた。これは光源の波長を選択することで、高さが異なる位置の磁性層で MO イメージが得られることを意味している。以上より、本 MPC は波長を選択することで、対象物からの高さが異なる位置での MO イメージが取得でき、その漏洩磁界の空間的分布の違いから欠陥深さの評価ができると考えられる。

参考文献

- 1) Z. Zeng, X. Liu, Y. Deng, L. Udpa, L. Xuan, W. C. L. Shih, and G. L. Fitzpatrick: *IEEE Trans. Magn.*, **42**, 11 (2006).
- 2) R. Hashimoto, H. Takagi, T. Yonezawa, K. Sakaguchi and M. Inoue: *J. Appl. Phys.*, **115**, 17A931 (2014).

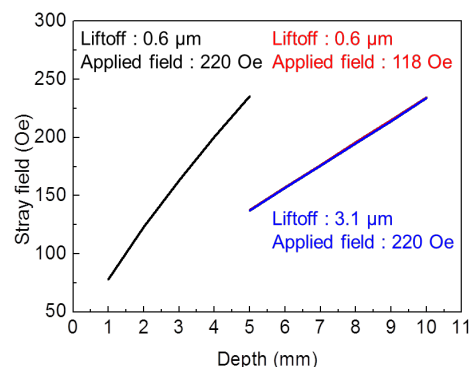


Fig. 1 The relationship between the strength of stray field and depth of defect.