

磁気光学効果測定を目的としたコリニア位相干渉光学系の設計

高木宏幸, 高木田 耕作, 橋本良介, 後藤太一, 井上光輝
(豊橋技術科学大学)

Design of Collinear Interference Optical System for Magneto-optic Effect Measurement

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

はじめに

磁気光学効果は磁性体の磁化方位に応じて直線偏光が回転する現象である。これは磁化状態によって左右円偏光の位相差が生じるためである。位相差を高感度で測定する手法にマイケルソン干渉計があるが、参照光と物体光が別の光路を通るため、空気の揺らぎや振動等の外乱の影響を受けやすい。本研究では、参照光と物体光を同軸とすることで外乱に対して影響を受けにくいコリニア位相干渉光学系を提案し、その原理実証としてシミュレーションを用いて磁性体の位相変調の検出を行った。

実験方法および結果

本研究で提案するコリニア位相干渉光学系を図1に示す。参照光と物体光が同軸上を伝搬するため、外乱に対して影響を受けにくい。参照光と物体光の生成にはフレネルゾーンプレートを用いる¹⁾。参照光は、試験体表面(焦点距離 $f=45\ \mu\text{m}$)の一点に集光して位相の基準値となる。物体光は、フレネルゾーンプレートで回折せずに透過し、試験体に垂直に入射する。両者の反射光は、再びフレネルゾーンプレートを通じた後、同一のベクトルを伝搬することで位相干渉を起こし、試験体表面で生じる位相変調を測定する。コリニア位相干渉光学系の原理実証として、有限要素法解析ソフト(COMSOL Multiphysics ver.4.3a RF Module)を使用して電界計算を行い、干渉光強度の変化から位相差を検出できることを検討した。シミュレーションモデルはビームスプリッター、フレネルゾーンプレート、試験体、光強度測定面から構成され、入射光として同一平面の2箇所から波長 $532\ \text{nm}$ 、幅 $4\ \mu\text{m}$ の光を平行に入射する。試験体はアルミニウムの一部を鉄に置き換えた構造とし、光源の片側の入射位置に幅 $5\ \mu\text{m}$ の鉄を設けた。磁性体の磁化の大きさは、鉄の飽和偏光面回転角である $0.34\ \text{deg}$ まで段階的に設定した。物体光と参照光の干渉光強度は、光強度測定面で測定した。鉄の磁化方向は膜厚方向上下の2通りとし干渉光強度の差分値を取得した。

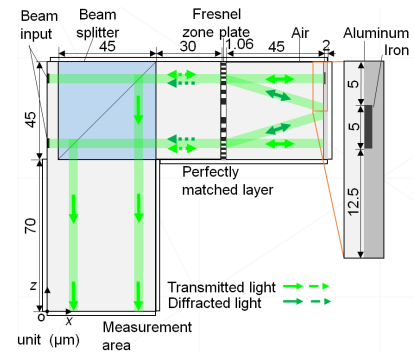


図1 コリニア位相干渉光学系

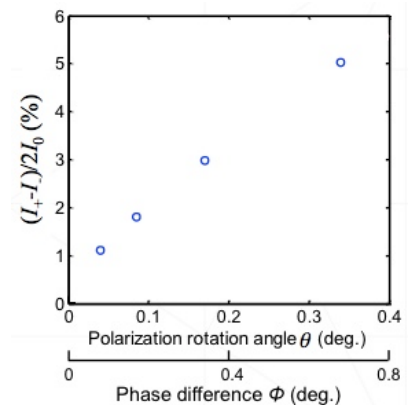


図2 位相変調検出のシミュレーション結果

磁気光学効果による位相変調のシミュレーション結果を図2に示す。図2は鉄による偏光面回転角 θ (左右円偏光の位相差 ϕ)に対する $(I_+ - I_-)/2I_0 \times 100$ の大きさである。ここで I_+ と I_- は鉄の磁化が膜厚方向上下の時の干渉光強度、 I_0 は鉄の偏光面回転角が 0 の時の干渉光強度である。図2より、干渉光強度は鉄の偏光面回転角によって変化しており、干渉光強度から磁性体の磁気光学効果を検出できることが示された。

以上より、本光学系を用いて数 μm オーダかつ、 $0.3\ \text{deg}$ 程度の位相差(偏光面回転)の磁性体の磁気光学特性を測定できると考えられる。

参考文献 1) H. Tashiro, et al., JSPE, vol. 62, (1996) 393