

AOS に用いる光学系における照明光の偏光回転現象と入射位置依存性

A polarization rotation phenomenon of the illumination light
in the optical system to use for AOS and incident position dependence

○堀口隆弘¹, 大谷昭仁²Takahiro Horiguchi¹, Akihito Otani²

Abstract : We examined outbreak of All-optical light magnetization switching(AOS) in Mode locking fiber laser(MLFL), but cannot produce AOS. As a cause, the energy of the pulse of MLFL doesn't reach the outbreak threshold of AOS. It is necessary to increase an energy density of the pulsed light, and it is a purpose to observe a small spot system. In this report, an optical system to use for AOS observation is suggested. Because a turn of the polarization occurred in the suggested optical system, I examined the problems of the turn of the polarization and the solution.

1. はじめに

近年、デジタル技術が発展したため、デジタル情報の生成容量が増加し、磁気記録媒体などのストレージの記録容量が全く追いついていない状況である。さらに、デジタル情報の生成容量は増加する一方であるため、各ストレージの高速化、大容量化が必要となる。

磁気記録の高速化の方法として、外部磁場なしで偏光回転面に対応した磁区形成が可能となる偏光依存全光型磁化反転現象 (All-optical light helicity-dependent magnetic switching : AO-HDS) が注目されている。この現象を用いることで現行磁気記録速度の約 1 万倍の速度をもつ超高速磁気記録システムが実現できる可能性があると期待されている。

先行研究では、モード同期ファイバレーザ (MLFL) の出力のみで、偏光の制御が行えないため AO-HDS の発生を確認するのではなく、偏光依存性がなく励起光エネルギーのみで磁化反転可能な全光型磁化反転現象 (All-optical light magnetization switching : AOS) を発生の検討をしており、その AOS 発生には、MLFL とファイバ光学系を用いることを提案している。しかし、MLFL の出力のみでは AOS を発生させることができない。原因として、MLFL のパルスのエネルギーが AOS の発生閾値に達していない可能性がある⁽¹⁾。また、パルス光のエネルギー密度を増加させる必要があり、AOS 観測に用いる光学系が提案されている。しかし、提案されている光学系 (単一レンズ方式) には偏光子を通った光がレンズを通る際、偏光が回転するという問題がある。

本研究では、偏光が回転するとどのような現象が起きるのかを示し、AOS に用いる光学系での問題点とその解決策を検討した。

2. 屈折による偏光の回転

2.1 平面での屈折

屈折とは、媒質 1、媒質 2 と屈折率の異なる物質の境界面を光が通過するとき、境界面で光の進む向きが変化するることである。

媒質 1 と媒質 2 の境界面に垂直で入射光を含む面を入射面と呼び、この入射面に電界成分が平行な直線偏光を P 偏光、直交している直線偏光を S 偏光と呼ばれている。

光の屈折に関して、P 偏光または S 偏光のみの場合、偏光の回転は発生しない。しかし、P 偏光または S 偏光以外の偏光では偏光の回転が発生する。また、偏光の回転が最大になるのが、偏光の方位が 45° のときであり、入射角が 20° 付近から偏光の回転が大きくなっている⁽²⁾。

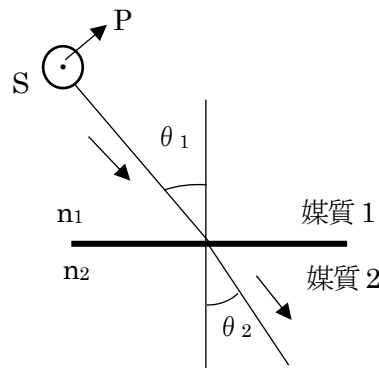


図 1 光の屈折

2.2 レンズ球面での屈折

例えば、球面レンズに直線偏光を入射した場合、レンズの光軸を通る入射した光は、全て共通の入射面となるため P 偏光または S 偏光となり屈折による偏光の回転は起きない。しかし、X 軸および Y 軸以外の場所を通過する光は通過点とレンズ光軸を含んだ面が入射面となるため、P 偏光成分と S 偏光成分を持つことになり、屈折による偏光の回転が起きる。

入射位置がレンズの辺縁部に近づくにつれ入射角が大きくなるため辺縁部の屈折による偏光の回転が大きくなる。また、入射角が 20°以上では偏光の回転が大きく、曲りのきついレンズほど偏光の特性が悪い²⁾。

2.3 ブリュースタ角

ブリュースタ角とは、入射角を変化させたとき、P 偏光の反射率が 0 になる角度のことである。P 偏光が反射しないのは、ブリュースタ角で透過光と反射光のなす角が 90° となる。そのとき、透過光の双極子の振動方向は反射光の進行方向と平行になり、反射光の進む方向に光を放出しないためである。このとき、反射光は S 偏光のみとなる。

3. AOS に用いる光学系

AOS に用いる光学系を図 2 に示す³⁾。磁区観察の一般的な光学系は分離レンズ方式であり、光源、レンズ、偏光子という順番で構成されている。光はレンズを通り、偏光子で直線偏光だけ取り出し試料に当てる。だが、提案されている光学系は単一レンズ方式であり、レンズの手前に偏光子がある。そのため、CW レーザから出る照明光が偏光子で直線偏光だけ取り出され、レンズを通過して試料に当てる。この時、2.2 に示したように、レンズを通る際、偏光の回転が起きる。X 軸または Y 軸を通る光は、偏光の回転は起きないがそれ以外では偏光の回転が起きる。また、集光用レンズの辺縁部を使用するため、照明光の入射角が大きくなると偏光の回転が大きくなってしまふ。

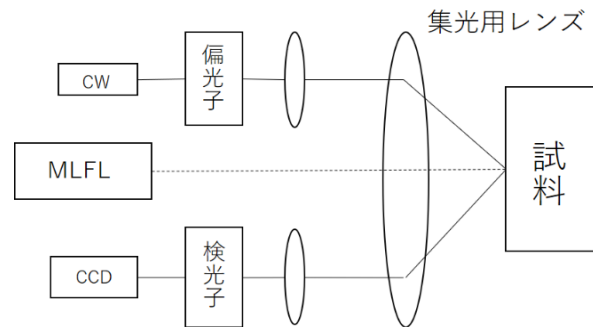


図 2 単一レンズ方式による磁区観察

このような問題点を解決するには

- ・照明光（入射光）を入射偏光の方位と平行または直角方向の入射面を持つ入射位置に入射する。
- ・集光用レンズは曲りのゆるいレンズを用いる。
- ・集光用レンズへの入射角を 20°以下にする。
- ・レンズを多く用いると屈折が多くなるため偏光の回転が多くなってしまふ。よって、レンズを少なく簡単な構成にする。

上記に示したような条件について従い、レンズを決めると偏光の回転を制御できる。また、レンズによって大きさ、形、特徴が異なることも、考慮しなければならない。

4. まとめ・今後の展望

AOS に用いる光学系の問題点について議論し、レンズによる偏光の回転現象について示した。また、解決策を提案し、入射位置に依存していることを示した。

今後、レンズを決め、シミュレーションを行い、偏光の回転を制御できるか確認する。そして、最終的にそのシミュレーションの結果を用いてレンズを決定し、実際に偏光の回転を制御できるか確かめ、シミュレーションと実際のレンズの結果を比較し、考察を行っていく。

文 献

- (1) 相川遼・大谷昭仁：「超短パルスを用いた磁化反転現象の計測およびシステム構築の検討」, 電気学会計測研究会試料, IM-17-002 pp.7-12 (2017 年)
- (2) 目黒栄：「磁気カー効果を用いた一括撮像法による局所磁化方向検出と磁区観察への応用に関する研究」, 東北大学大学院工学研究科電子工学専攻, 博士学位論文, (2016 年 9 月)
- (3) 石井悠太郎・大谷昭仁：「モード同期ファイバレーザを用いた磁化反転現象計測システムに関する検討」, 平成 30 年度電気学会基礎・材料・共通部門大会資料, 4-P-16 (2018 年)