

多磁区材料の光学的評価



研究ノート

沼田 卓久*

1. はじめに

光を用いての磁性材料の磁化特性評価法は簡単がゆえに広く利用されているが、多くの場合、結果的には特に問題がなかったもののその原理の解釈が誤ってなされていた¹⁾。正しい解釈についてふれた報告は見当たらず、逆に誤った記述の論文などが多数みられる。おおもとの誤った解釈がそのまま受け継がれたのであろうが、そのことが検討されたことはないようである。解釈について考えてみたいと思ったのが10年ほど前であるが、その後、気にはしながらもそのままであった。が、比較的最近に機会がありすっきりさせることができた²⁾。全く簡単な話であったが、その後、気もちよくこの評価法が使えるようになり、また、わずかながら副産物も得られた。

2. 問題点

磁性体の基礎特性である磁化特性すなわち磁化曲線の測定は、本来磁気的な測定手段でなされる。測定対象によっては、材料のもつ磁気光学(MO)効果を利用することにより、磁気的方法を用いるよりも手っ取り早くしかも高感度で磁化曲線もどきが測定できる。磁化曲線は磁気モーメントの磁場に対する振る舞いを示したものであるが、光を用いて測定できる物理量はもちろん磁気モーメントあるいは磁化の次元をもったものではなく、したがって、MO効果を用いて磁化曲線そのものは測定できない。もっとも、多くの場合には曲線の形としては磁化曲線とはほぼ同じものが得られる。同じ形の曲線で

あるので、曲線の形のみを云々するときには「磁化曲線と形と同じもの」の意味で「磁化曲線」と口にしてしまっている。どのような場合がこの「多くの場合」には含まれないのかであるが、材料が一様に磁化しているのではなく、磁区に分割されているような場合は要注意である。

3. 何が測られていたか

直線偏光を磁性材料に入射させたときに、磁区により偏光面が単に互いに逆に回転した直線偏光が出てくることを考える。そして、このような磁区が光の照射される面に分布している。それぞれの磁区での偏光面の回転角がMO回転角である(図1)。磁区に分割されている材

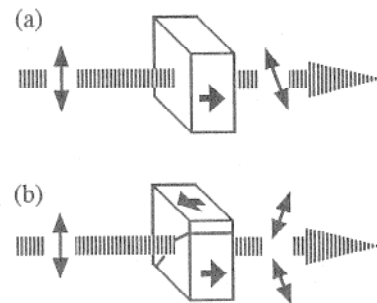


図1 単磁区材料と多磁区材料での偏光面の回転の多くでは磁界印加につれて磁区の数・形・大きさが変わるが、その磁区内の磁気モーメントの材料全体での平均値(平均磁化)が本来の磁化曲線として測定したい量である。この平均磁化に比例した信号がMO効果を用いて取り出せていけば問題はないのであるが…

おかしな量の評価している

図1(a)のように材料が一様に磁化している(単磁区)ときにはMO回転角は定義できる

* 沼田 卓久(Takuhisa NUMATA), 大阪大学基礎工学部制御工学科, 助教授, 工学博士, 磁気応用

が、(b)のように磁区に分割されている(多磁区)ときには透過光全体に対してそれを定義できない。検光子をとおして観測したときに、透過する光の全光量が最大になるときの検光子の主軸方向を測定するとき、もはやその方向角はMO回転角自身ではないが³⁾、これの磁場依存がしばしば測定され磁化曲線と等価なものとして登場してしまっている。この場合では磁界印加によって両磁区の体積比が変わり、したがって、異なる偏光の強度比が変化することにより信号となる。

光源としてレーザーがよく用いられるが、磁区での回折もまた問題となる。図2は測定光学系

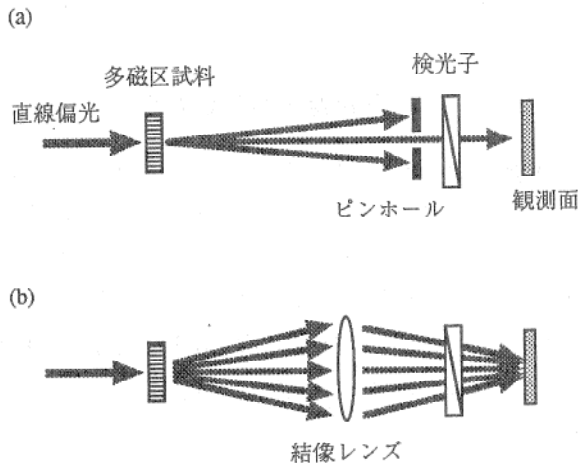


図2 多磁区材料では回折光が観測の対象

の典型的なケースを示しているが、(a)は光軸からはずれる回折光を遮断して観測するとき、(b)は磁区の像を観測するときである。一般にはこれらの中である。検光子を介して測定される光強度最大方向 ϕ は、それぞれの場合に $\tan \phi_a = m \cdot \tan \theta$ 、 $\tan 2 \phi_b = m \cdot \tan 2 \theta$ である。 θ は磁区内のMO回転角であり印加磁界に依存しない定数、 m は測定対象の平均磁化である。したがって、 ϕ_a 、 ϕ_b とも m に比例しないが、 θ が十分に小さいときには近似的に m に比例する。その近似の度合いは光学系の構成により異なる。

解釈のみが間違っており、測定は近似ではなく正確なものだった

前項の光量最大方向を見つける方法はやや装置が複雑になる。簡単な方法としては固定され

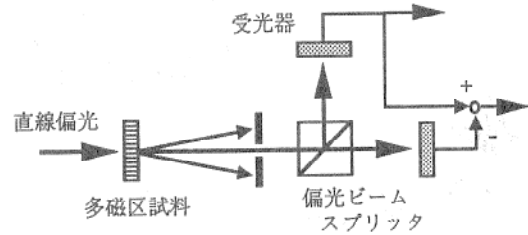


図3 差動構成のありふれた測定系

た検光子をぬけてくる光の光量の変化を観測する方法である。図3は偏光ビームスプリッタを検光子として用いると同時に、差動出力が得られるようになっている。この場合にも、レンズを用いて像を結ばせる場合や、回折光がいろいろと含まれる場合がある。片側の受光器出力は m の2次式となる。像を観測するときには1次式になり、また、一般の場合には、磁区模様依存するため簡単には表せない。 m の1次式になるときは平均磁化に比例した出力が得られるので問題はないが、多くの場合にわざわざレンズを用いて結像させているとは思えない。 θ が小さいときには再び近似的に比例関係が成り立ち、特に問題はない。注目すべきは、両受光器出力の差をとるときには、レンズの有無や θ の大小にかかわらず、近似ではなく厳密に平均磁化に比例することである。差動構成は従来からよく用いられているが、その目的は、光源光量の変動などへの対ノイズ性を高めるためであって、平均磁化に対する出力の直線性は近似のもとで成り立つとされてきた。

4. 正しく解釈すると応用に発展

$\theta = -65^\circ$ の材料について図3に示した方法での観測値の磁場依存性としては、片側の受光器については図4(a)の曲線が、両受光器出力の差では(b)の曲線が得られる。いわゆる磁化曲線は(b)の向きを変えたものに等しい。レンズで結像させて観測したときには、差をとってもとらなくても(b)図のものが得られる。これらの意味するところは、回折しないで直進する光と回折光とでは、多磁区材料の磁化状態に関しての互いに打ち消し合う非線形な情報を担っていることである。したがって、これらの光を別々に観測して、その情報を加算的に取り出す

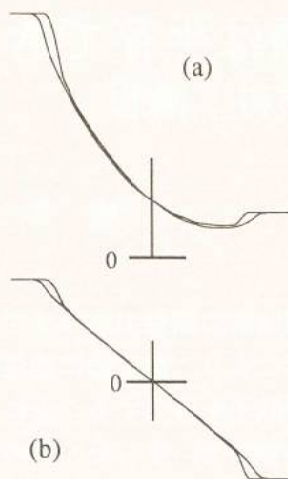


図4 磁気光学ループ

ことにより、多磁区材料の磁化状態の変化を感度よく測定できることになる。我々はこれを磁界センサとして応用することを考えている。

5. おわりに

結局のところ、簡便でありよく利用されてい

る方法では、解釈こそ正しくなされていなかったが、多磁区材料を対象としての得られる測定結果は、何の心配の必要なく安心できるものであった。変に疑問を抱かなかつた方が結果的に楽であったようだ。しかし、研究とはいえないものの、気になっていたことが一つなくなり、同じ測定をするにしてもこれまでと違った安心感でできるのはうれしい。

参考文献

- 1) 例えばC. D. Mee, IBM J. Res. & Dev., Vol.11, pp.468-476 (1967).
- 2) 沼田ほか, 応用磁気学会誌, Vol.14, pp.642-652 (1990).
- 3) T. Numata et al., IEEE Trans. Magn., Vol.26, pp.1358-1360 (1990).
- 4) T. Numata et al., 5th Joint MMM-Intermag Conf., MP-03, Pittsburgh (1991).

