

2017/05/29 (Mon.)

1. 複素磁化率について

- 一般的に、振動する外部磁場 $H = H_{ac} \sin(\omega t)$ に対して磁化の振動成分 $M = M_{ac} \sin(\omega t + \delta)$ に位相遅れ δ が生じる場合がある

- これを理解するために複素磁化率を導入する。

まず、振動磁場および振動磁化を複素数で考える。

$$H = \underline{\hspace{2cm}}, \quad M = \underline{\hspace{2cm}}$$

(実際の値を得るためには(上の定義の場合は)虚部をとる)

すると、複素数 H と M の間には複素比例係数 χ を用いた比例関係

$\underline{\hspace{10cm}}$

が成り立つ。

ここで、 χ は $\chi = \underline{\hspace{3cm}}$ のように表され、複素磁化率という。

- この実部は通常の意味の磁化率にほぼ等しい。
- 虚部については、以下のようなことを考える必要がある。

虚部が有限の値のとき、 M は H に対して位相が遅れている。これを M - H 平面上に図示すると

つまり、 δ が有限の時、 M - H 曲線は有限の $\underline{\hspace{2cm}}$ を囲むようなループを描く

一方、熱力学によると、磁性体に外部磁場を印加した場合の磁性体へなされる単位体積当たり仕事は

$$d'W = \underline{\hspace{2cm}}$$

→ 従って、 M - H 曲線の $\underline{\hspace{2cm}}$ は磁性体になされる仕事の総量になる。

→ これを $\underline{\hspace{2cm}}$ という。

※これは応用の観点でも重要

より具体的に、 $d'W$ を時間の一周で積分する($\int d'W = \int (d'W/dt) dt$)と

$$\int (d'W/dt) dt = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$\underline{\hspace{10cm}}$$

$$\underline{\hspace{10cm}}$$

→ $\underline{\hspace{10cm}}$ に比例している！

まとめると、磁化率の虚部は $\underline{\hspace{10cm}}$ と対応する。

☆ 一般的に、誘電率など他の物理量も複素量に拡張できる。

※虚部の符号について

M や H の時間依存性を考えると

従って、虚部 χ'' はマイナスの符号になる。

※虚部が負なので $\chi = \chi' - i\chi''$ と書いてしまうほうがよい。

※ ロックインアンプのシグナルを磁化率に変換するときの位相に注意。

$V = V_x + iV_y \propto i(\chi' - i\chi'') = i\chi' + \chi''$ なので、 V_x は χ'' に、 V_y は χ' にそれぞれ比例する。(またはつなぎ方によっては V_x は $-\chi''$ に、 V_y は $-\chi'$ にそれぞれ比例する; マイナスはつくとしても両方につく。)