

6. マグネタイト低温相における誘電的性質

岸 上 順 一

1. はじめに

キュリー温度 858 K のフェリ磁性体マグネタイト (Fe_3O_4) は室温で良く電気を伝える (電気伝導度 $\sigma \sim 2.5 \times 10^2 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}^{-1}$)。しかし温度を下げていくと $T_V = 120 \text{ K}$ 附近で所謂 Verwey 相転移を起こし電気伝導度は 2 桁も下がる。またヘリウム温度附近になると ME 効果 (Magnetoelectric Effect) を持つことが知られている。我々は高次 ME 効果 (2 次の ME 効果), 即ち誘電率 ϵ の印加磁場による変化 ($\epsilon \sim H$ 効果) を測定した。

2. 実験方法 ($\epsilon \sim H$ 効果)

試料として Bridgeman 法で育成された単結晶を用い円板状に整形した。

(Fig. 1) 測定は 3 種類の試料 (円板の主面が夫々 (100) (110) (111) のもの) について行なった。誘電率測定は, 3 端子ブリッジ法を用い 10 KHz で行なった。印加磁場は試料面内にあり, 面内で回転できる様にした。測定温度は 5 ~ 20 K, 印加磁場は 0 ~ 9 KOe である。

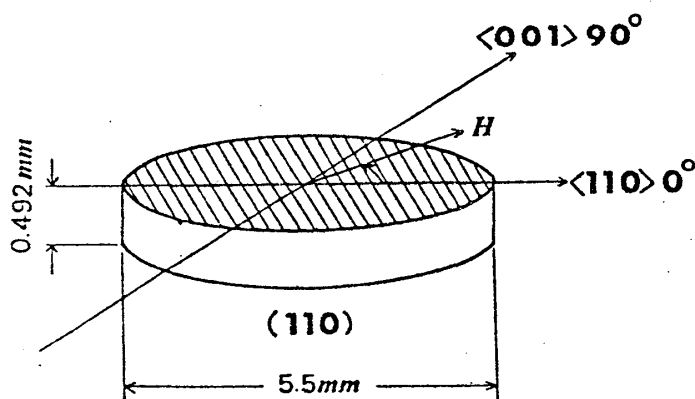


Fig. 1

3. 実験結果

◦ Field Cooling しない場合

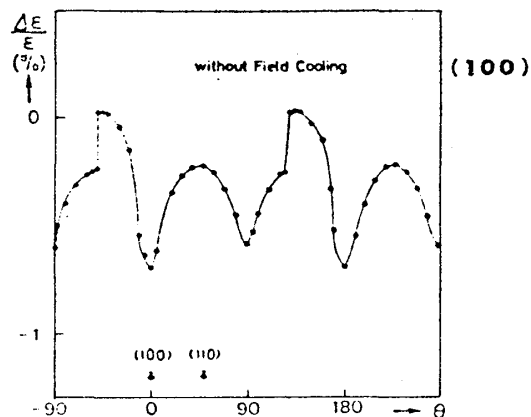


Fig. 2

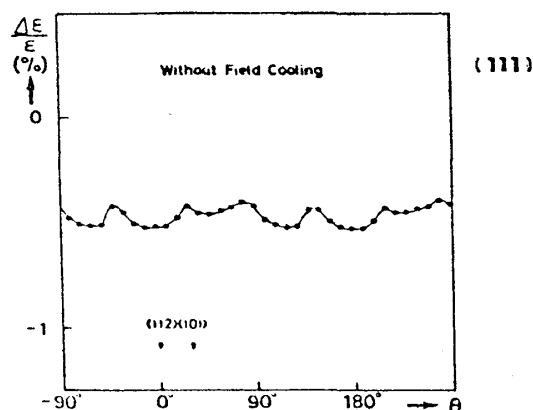


Fig. 3

Fig. 2, 3 に示すように各面の対称性を反映している。

○Field Cooling した場合

Field Cooling 処理の方向に従って特有の変化が現われる。

(Fig. 4, 5) それぞれの角度での磁場強度による影響は Fig. 6, 7 に示している。変化率は最大約 1 % であった。

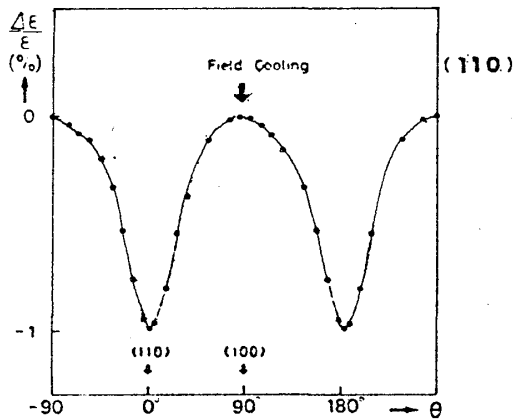


Fig. 4

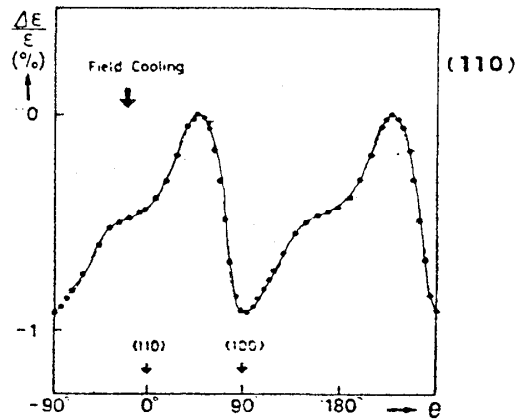


Fig. 5

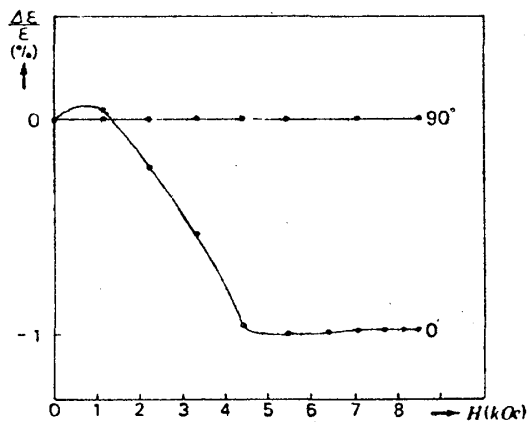


Fig. 6

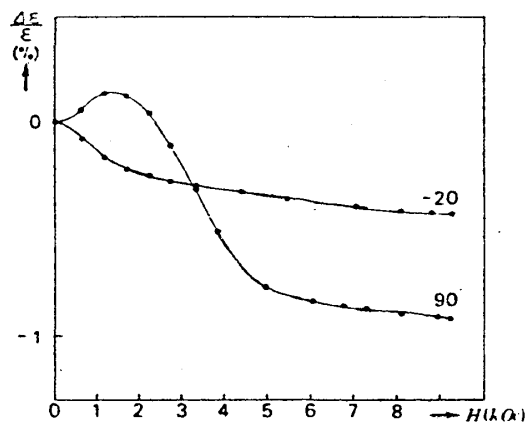


Fig. 7

4. 考 察

Field Cooling 処理の, $\epsilon-H$ 効果に及ぼす影響もかなり大きいことが分かった。これは誘導磁気異方性によるものと考えられる。このような変化は異方性エネルギーの異方性定数 K_1 が電場依存すると仮定して説明できる。誘電率の磁場依存についての測定例は殆んどなく、僅かに YIG についての簡単な報告があるだけである。(110)面 $\langle 110 \rangle$ 方向に Field Cooling した場合の様に誘電率の変化が 9 kOe でもまだ飽和していない例がある。より強磁場での実験が今後の課題として必要であろう。

ヘリウム温度附近における誘電率は各面とも60~70程度である。最近報告された10 Kでの比熱の異常に関連して誘電率も10 Kで異常を示した。しかしその再現性は悪く更に研究を続ける必要がある。

7. 重水素核磁気共鳴及びラマン散乱による強誘電体亜セレン酸三水素ルビジウムの相転移の研究

酒 井 彰

1. 序

亜セレン酸三水素ルビジウム $\text{RbH}_3(\text{SeO}_3)_2$ は -120°C 近くに相転移点を持つ間接型強誘電体である。相転移の際にキューリー・ワイス則に従わない非常に小さな誘電率の異常が現われる。強誘電相で、単位格子は結晶の c 軸方向に沿って、常誘電相の2倍になる。重水素置換しても、転移点が変わらない事と、熱的・弾性的性質が変わらない事から、 $\text{RbH}_3(\text{SeO}_3)_2$ と $\text{RbD}_3(\text{SeO}_3)_2$ は相転移の機構が同じと考えられる。常誘電相と強誘電相との間に中間相(不整合相)が存在するらしい事が報告されている。相転移の機構を調べる目的で $\text{RbD}_3(\text{SeO}_3)_2$ の重水素核磁気共鳴と $\text{RbH}_3(\text{SeO}_3)_2$ のラマン散乱の研究を行なった。

2. $\text{RbD}_3(\text{SeO}_3)_2$ の重水素核磁気共鳴

実験は、磁場掃引法で共鳴周波数 8 MHz, 磁場変調 2 Oe, 温度範囲 $14^\circ\text{C} \sim -165^\circ\text{C}$, 温度制御 $\pm 0.1^\circ\text{C}$, 試料の上下の温度差 0.5°C 以内, で行なった。常誘電相で重水素核磁気共鳴より, 3種の共鳴線が得られた。これは単位格子中に等価でない位置にいる重水素が3種ある事と対応している。常誘電相で a, b, c 軸及び結晶軸と平行でない軸の回転パターンから電場勾配テンソルと四重極結合定数を求めた。水素結合中の重水素核磁気共鳴に関する経験則を用いて, 重水素はすでに常誘電相で規則構造をしている事が確かめられた。磁場を c 軸方向にかけて共鳴線の温度変化を調べると, 中間相と思われる領域では共鳴線を実験的に観測することができなかった。しかし, -123°C 付近から相転移による共鳴線の分離が現われた。相転移の機構が $\text{Se}(2)\text{O}_3$ 四面体のみ剛体的な回転運動に起因していると考えた事で, 強誘電相における3種の重水素共鳴線の振舞(図1)は, 説明できる。

3. $\text{RbH}_3(\text{SeO}_3)_2$ のラマン散乱

実験は, 光源として Ar^+ レーザー 5145 Å, 試料に当たるレーザーパワー $\sim 40\text{ mW}$, 分解