

マイクロ波選択加熱による非平衡動的過程を応用したナノ物質創成プロセス解明

Investigation of Crystal Structure Formation under
on-equilibrium Field of Microwave Heating

高山 定次¹⁾、 福島 潤¹⁾、 佐藤 元泰¹⁾、 武田 全康²⁾

Sadatsugu TAKAYAMA Jun FUKUSHIMA Motoyasu SATO Masayasu TAKEDA

1) 自然科学研究機構 核融合科学研究所、 2) 日本原子力研究開発機構

(概要)

マイクロ波シングルモード共振器は、電磁波の定在波を作ること、最大電界と最大磁場に分離することが出来る。このシングルモード共振器のマイクロ波磁場及び電場印可下で磁気特性の測定を試みた。そこで、シングルモード共振器を TAS-1 に設置し、最大磁場及び最大電場でライブ測定を行った。用いた試料は、マグネタイト粉末を一軸プレス成形し、マイクロ波共振器の最大磁場及び最大電場の場所に配置し、加熱前、加熱中、加熱後の磁気散乱と角散乱の回折強度の測定を行った。

キーワード：

マイクロ波その場計測、 磁性材料、 偏極中性子回折測定、 微結晶化、 磁気構造

1. 目的

マイクロ波効果と言われる、これまでの物性学では説明できない現象がギガヘルツ帯の電磁波照射実験で多数報告されている。分子内エネルギー輸送、ナノ構造形成、ローポテンシャル化学反応などである。その為、電磁波によるエネルギー供給には、触媒に准じた作用があると考えている。この作用を微視的な非平衡構造形成として捉え、その解明に取り組んでいる。

これまでの研究において、マグネタイトによる実験で温度・加熱条件を変えることで結晶状態が微結晶化し、ナノコンポジットな結晶構造に変化することを見いだしているが、これら結晶の発生条件の解明を目指した。

2. 方法

マグネタイトはマイクロ波磁場加熱で結晶状態が微結晶化し、ナノドメインに変化することを見いだしている⁽¹⁾。そこでマイクロ波の磁場加熱と電場加熱での磁気構造を、JRR-3 の TAS-1 を使って、偏極中性子回折実験により比較した。測定条件は、中性子波長： $\lambda = 0.24 \text{ nm}$ (14.7meV) の偏極中性子を使い、試料には 1 テスラの電磁石を用いて外部磁場を加え飽和状態にし、偏極中性子のスピンを平行と反平行にして入射させた場合について回折強度 I_p 及び I_v を、マグネタイトの(1 1 1)ピークについて測定した。

2.45GHz マイクロ波シングルモード共振器は、定在波を作ることにより、電場と磁場を分離することができる。この装置を図 1 に示すように JRR-3 (日本原子力開発機構) の TAS-1 (三軸型中性子分光器) に設置し、偏極中性子回折測定を行った。今回用いた粉末は高純度化学社製の磁鉄鉱粉末 (粒径 2 - 5 μm 以下、純度 99.9%) を使用した。温度測定は、サンプル端面から放射温度計を用いて行った。シングルモード共振器内部はターボポンプで真空にし、窒素置換した。



図 1 TAS-1 に設置したマイクロ波装置

3. 研究成果

図2～5に測定した中性子回折強度を示す。図2に加熱前のマグネタイトの偏極中性子回折測定の結果で、図3にマイクロ波磁場印可中の測定結果である。温度上昇に伴い、回折強度の減少が見られ、 I_p と I_v の比は磁場印可中の方が大きくなっている。一方、図4と図5に1000℃加熱後の偏極中性子回折結果を示す。図4の電場加熱試料は、 I_p と I_v ともに加熱前強度と差が見

られないのに対し、図5の磁場加熱試料は、回折強度に大きな変化が見られた。特に I_p の測定強度が3割程度減少した。このことから、マイクロ波磁場加熱は、磁気構造に変化をもたらすことが分かった。

4. 結論・考察

マグネタイトは微結晶化により、超磁性を示すことが知られている。今回のTAS-1での偏極中性子測定の結果は、この微結晶化による磁気特性の変化だと考えた。そこで、透過型電子顕微鏡による結晶観察を行った。図6に観察された結晶を示す。マイクロ波磁場加熱後の試料で均一な数ナノメートルの微結晶が観察された。一方、電場加熱の試料では、結晶ひずみは観察されたが、磁場加熱のような均一な微結晶は見つからなかった。このことから、TAS-1での偏極中性子測定の結果は、この微結晶化に伴う磁気特性の変化だと考えられる。また、この微結晶化はマイクロ波磁場加熱のみに見られることから、マグネタイトの不對電子とマイクロ波の交流磁場の何らかの相互作用に寄るものと考えられる。

今後、この相互作用の解明を目指す予定である。

5. 引用(参照)文献等

- (1) S. Takayama, K. Kakurai, M. Takeda, A. Matsubara, Y. Nisihara, J. Nishiho, S. Sano, N. Nishi, M. Sato, “Investigation of crystal structure formation under microwave heating” Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A (N IM A) 600(2009)246-249

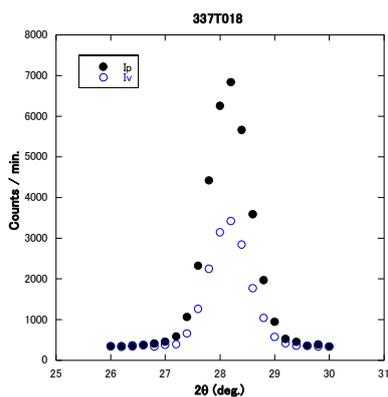


図2 加熱前の回折強度

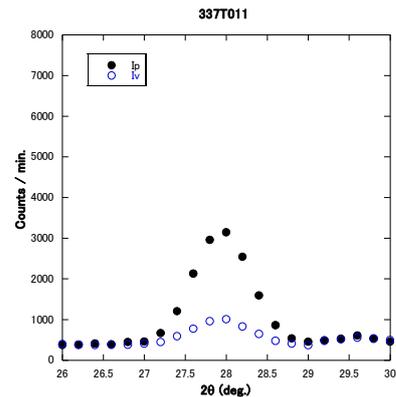


図3 450℃加熱中の回折強度

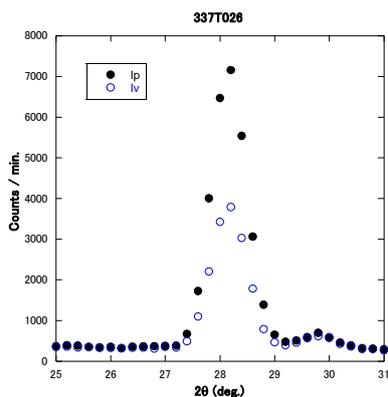


図4 電場加熱後の回折強度

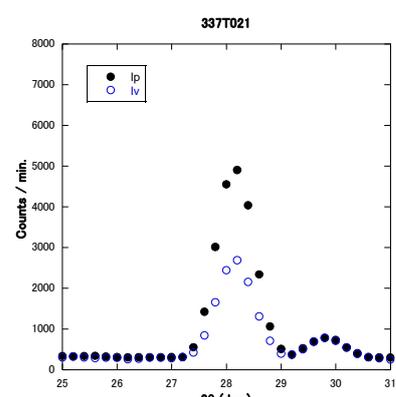


図5 磁場加熱後の回折強度

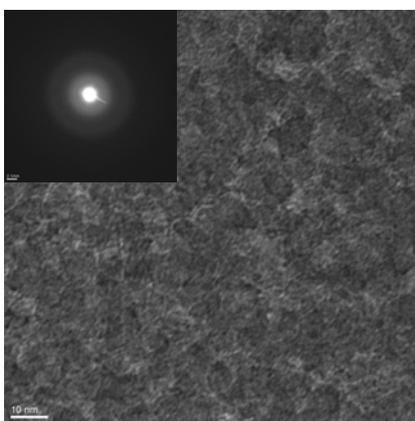


図6 磁場加熱後の回折強度

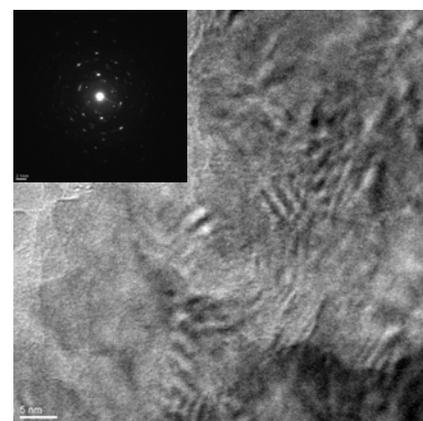


図7 電場加熱後の回折強度