

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 Non-equilibrium Field of Microwave Heating

利用者 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

所属 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

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、触媒に似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テスラー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。

図1位に示す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2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。

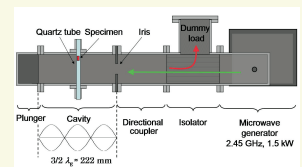


図1 2.45GHzマイクロ波シングルモード共振器

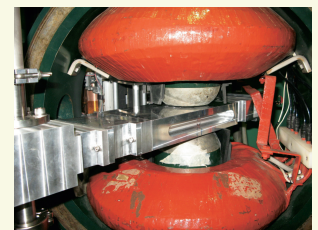


図2 TAS-1の設置写真

3. 実験結果

図3に加熱前のマグネタイトの偏極中性子回折測定の結果を、図4にマイクロ波磁場印可中の測定結果を示す。温度上昇に伴い、回折強度の減少しているが、 I_p と I_v の比は磁場印可中の方が大きくなっている。また、図5と図6に1000°C加熱のマイクロ波電場加熱後と磁場加熱後の偏極中性子回折結果を示す。加熱前と比較すると、図5の電場加熱後の試料は強度に大きな変化が見られなかったが、図6の磁化加熱後の試料については、測定強度が3割程度減少した。

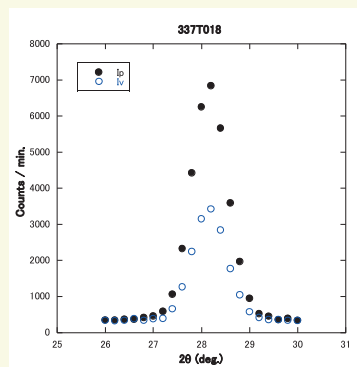


図3 加熱前の回折強度

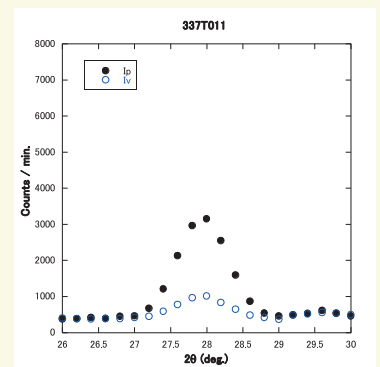


図4 450°C磁場加熱中の回折強度

4. まとめ

加熱前に対し、電場加熱後の試料よりも磁化加熱後の試料の回折強度が大きく減少したことから、これまでの実験結果で確認されているマイクロ波磁場加熱による微結晶化によるものと考えている。

5. 引用(参照)文献等

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

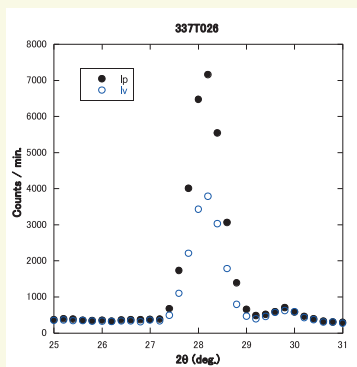


図5 1000°C電場加熱後の回折強度

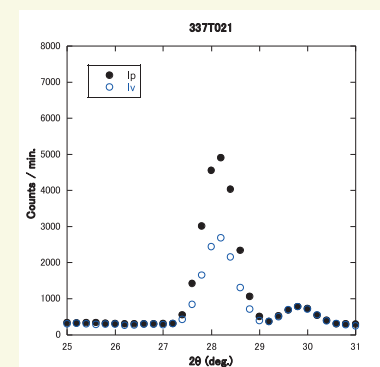


図6 1000°C磁場加熱後の回折強度