

中性子極小角散乱によるパワーエレクトロニクス用 ナノ結晶磁性材料の磁区構造分析

Magnetic Domain Structures in Nanocrystalline Magnetic Materials
for Power Electronics Using Small-Angle Neutron Scattering

間宮 広明¹⁾ ガウタム ラビ¹⁾ 平本 尚三²⁾

Hiroaki MAMIYA Ravi GAUTAM Shozo HIRAMOTO

¹⁾ 物質・材料研究機構 ²⁾ 東北大学

(概要)

2050年までの二酸化炭素ネット排出量ゼロ（カーボンニュートラル）を実現するには、パワーエレクトロニクス開発のボトルネックでとなっているインダクタの飛躍的性能向上が望まれる。そこで我が国で開発された FeCuSiB 系のナノ結晶軟磁性材料のメソスケールにおけるバルク内部磁区/磁壁の情報の取得するため、2024年度の原子力機構施設供用利用制度を利用して、研究用原子炉 JRR-3 に設置された集光型偏極中性子超小角散乱装置 SANS-J-II、精密中性子光学装置 PNO を用いて中性子小角/極小角散乱実験を行った。その結果、極小角領域で磁区の変化によると思われる変化を確認した。

キーワード：ナノ結晶軟磁性材料、中性子小角散乱、パワーエレクトロニクス

(1行あける)

1. 目的

現在、パワーエレクトロニクスの分野では、トランス/インダクタの電力損失の低減が喫緊の課題となっており、そこでは我が国で開発された FeCuSiB 系ナノ結晶軟磁性材料内部のヘテロ構造を調整してマイクロスケールで磁気損失を引き起こす磁区/磁壁を制御し、バルク形状の素子内部の磁気損失を低減することを目指した研究が進められている。これまでに、磁性体の磁区/磁壁情報に関し、光を用いたカー顕微鏡や電子線を用いるローレンツ顕微鏡などを用いた観察を行ってきたが、これらは鉄を含む磁性体への透過力に乏しくそこから得られる情報はその表面あるいは超薄試料内部からのものに限られてきた。しかしながら、磁気異方性が小さい軟磁性材料では、表面磁極からの静磁場や加工による歪の変化などのによって磁区構造が簡単に乱されてしまうため、カー顕微鏡やローレンツ顕微鏡で観測された情報をバルク形状で使われる際の磁区/磁壁にそのまま当てはめて良いかどうかは明らかではなかった。そこで我々は、バルク形状試料内での磁区構造/磁壁分布に関する知見を得るために、集光型偏極中性子小角散乱装置 SANS-J-II、精密中性子光学装置 PNO を用いて中性子小角/極小角散乱実験を行った。

2. 方法

ナノ結晶軟磁性材料 FeSiBPCu 系の急冷薄帯 (20mm 幅 25 μ m 厚) 及び熱処理を行った薄帯の合計 4 種の試料について、まず、ゼロ磁場及び磁場中 (1T) で SANS-J-II で中性子小角散乱実験を、続いて Bonse-Hart 配置 PNO でゼロ磁場中の極小角散乱実験を行った。

3. 結果及び考察

SANS-J-II の 2 次元検出器で捉えられた急冷直後のナノ結晶軟磁性薄帯の小角散乱強度は散乱ベクトルの 4 乗で減衰し内部にナノ構造を持たないことが示された。一方、熱処理後のプロファイルには、こぶが出現しナノ結晶が析出していることがわかった。PNO で測定したこれらの試料の極小角散乱強度には、熱処理による変化が現れた。この変化は磁区構造の変化によるものと考えられた。