リニア駆動型回転変調磁場用配列磁石とその磁場配向 Permanent magnet arrays for linear-drive type MRF and their magnetic alignment 京都先端科学大・エ: 堀井滋, 足立伸太郎, Walid Bin Ali, 木村史子 Kyoto Univ. Adv. Sci.: S. Horii, S. Adachi, Walid Bin Ali, F. Kimura

Email: horii.shigeru@kuas.ac.jp

1. はじめに

機能性材料の実用化に3軸結晶配向制御を必要と する物質も多い。結晶配向制御法としてエピタキシー 技術に加えて、物質の3軸結晶磁気異方性を利用した 回転変調磁場(MRF)による3軸結晶配向法が存在す る。Fig.1に、MRFのうち間欠回転磁場[1]の概念図を 示す。磁場の静止・回転を繰り返すことで所望の磁場を 発生させることができ、原理的には静止磁場の方向に 第一磁化容易軸が配向し、回転磁場の垂直方向に磁 化困難軸が配向することで3軸結晶配向が実現する。 この磁場配向法は室温プロセス・非真空プロセスなる技 術的優位性をもつ一方で、間欠回転磁場の発生のた めに、磁石もしくは試料を回転させる必要がある。この 回転工程により、材料作製プロセスとしては「連続的」製 造に不向きな配向技術である、とされてきた。

最近、我々は、この連続的製造に不向きとされる回 転変調磁場配向法の位置づけを変えた。Fig. 2 に示す ように、配列した永久磁石(配列磁石)の直線往復運動 (リニア駆動)によって MRF 発生[2,3] が可能とな った。下部配列磁石の上面直上に試料を設置するだ けで、試料を動かすことなく(あるいは、直線搬送程 度の試料の移動で)粉末試料に間欠回転相当の磁場 が印加され3 軸磁場配向が実現できる。一方、配列 磁石として永久磁石を用いているため、試料に印加 する磁場強度の向上などいくつかの課題がある。

本研究では、配列磁石の磁場強度および磁場回転 速度に着目した。いくつかの配列磁石を試作し、当 グループで研究実績のある高温超伝導 DyBa₂Cu₃O_y (Dy123)粉末に対して配向実験を行った。

2. 実験方法

4つの配列磁石を製作し、リニア駆動型 MRF で Dy123 粉末の配向を試みた。Dy123 粉末とエポキシ樹 脂を1:10 の重量比で混合したものをそれぞれの直線 往復運動する配列磁石中、室温で硬化させ、配向体 を得た。ここで、Fig.1の直方体試料の互いに直交する 各側面をα、β、γ面とする。得られた配向体のα面 について(103)極点図測定を行った。比較のため、超 伝導電磁石(1T、試料回転方式、磁場回転速度 60rpm、 静止時間2s)のMRF下で配向させた試料も作製した。

3. 結果と考察

製作した複数の配列磁石のうち配列磁石Aおよび配 列磁石 B の断面模式図を示す。図の左右方向が直線 往復運動方向である。どの配列磁石も上部と下部の配 列から構成され、下部配列上面から高さ 1~2mm の位 置にシート状試料を設置し、上部と下部配列が一体の 配列磁石として直線往復運動することで試料に間欠回 転磁場が印加される。

Fig.2(a)に示した配列磁石 A の配列を基準とすると、 Fig.2(b)の配列磁石 B の配列では、上部の磁石の幅が 対向する下部磁石の幅に比べて狭くなっている。これ により、対向磁石間で上方もしくは下方に流れる磁束の 一部を隣の対向磁石(下部)に流して、下部配列磁石 にある横向き磁石を合わせて一つの磁気回路を形成し ている。結果的に、配列磁石 B では、回転磁場成分の 磁場強度が向上している。なお、配列磁石 A および B の発生磁場は以下の通りである。

- A 静磁場:1T, 回転磁場:0.6T, 最大約300 rpm
- B 静磁場:0.9 T, 回転磁場:0.9 T, 最大約 300 rpm

当日は、これらの配列磁石の詳細に加えて、他の配 列磁石について紹介するとともに、リニア駆動型回転変 調磁場における高温超伝導 Dy123 粉末の磁場配向に ついても報告する。

謝辞 本研究は、JST・研究成果最適展開支援プログ ラム(A-STEP、ステージ I)および科学研究費助成事業 (17H03235)の助成を受けて実施された。

参考文献

- Fukushima et al., Appl. Phys. Express. 1, 111701 (2008).
 Horii et al., J. Cer. Soc. Jpn. 126, 885 (2018).
- [3] 国内:特願 2018-79768, 国際: PCT/JP2019/16228.



Fig. 1. Experimental configuration in a MRF.



