

バルク超伝導体の新しい応用 遮蔽電流制御による高度な磁場分布デザイン

紀井 俊輝
京都大学



バルク超伝導体は 10 T を大きく超える磁場を捕捉することが可能[1][2]で、潜在的に幅広い分野での応用が期待されている。しかし、超伝導線材・超伝導薄膜・超伝導素子などと比べるとバルク応用においては大きく後れを取っており、いまだ実用化に向けて適用可能な分野の模索が続いているというのが現状である。現在想定されている応用分野としては、超伝導電動機・発電機、磁気浮上輸送、磁気ドラッグデリバリー、小型 NMR、磁気分離などがあげられている。

我々は 2005 年ころからバルク超伝導体の加速器への応用について検討を進め、2006 年に新型アンジュレータの提案[3]を行い、試験機による原理実証試験から実用化に向けた基礎研究を続けてきた[4][5]。特に、アンジュレータ応用においては格段に高い磁場分布制御が要求されるが、従来からバルク超伝導体解析に広く使われてきた有限要素法にはモデルサイズや精度に限界があった。そこで新たなモデリング手法としてバルク超伝導体内部に誘導される遮蔽電流をモデル化したループ電流モデルを考案し、開発を進めてきた。本計算モデル研究による磁場解析の進展により、高精度な磁場分布補正の手法やバルク超伝導体の電流特性の違いが磁場分布にどのような影響を与えるかが定量的に理解できるようになりつつある。

本講演では、バルク超伝導体の基礎にはじまり、ループ電流モデルに基づきバルク超伝導体内部に誘導できる遮蔽電流発生メカニズムおよび遮蔽電流分布を直感的に理解するための描像を概説し[6]、遮蔽電流制御を活用可能ないくつかの研究テーマを紹介し、その実現可能性や将来の新規分野開拓に関する議論を行う。

References

- [1] M. Tomita, M. Murakami, Nature, vol. 421, no. 6922, p. 517-520 (2003).
- [2] J. H. Durrell, et al., Supercond. Sci. Technol. 27 0820001 (2014).
- [3] T. Kii, et al., Proc. FEL2006, pp. 653-655 (2006)
- [4] T. Kii, et al, Proc. PAC09, pp. 2435-2437 (2009)
- [5] R. Kinjo, et al, Applied Physics Express Vol. 6 042701 (2013)
- [6] T. Kii, Journal of Physics Conference Series 695(1):012005 (2016)

略歴

① 1996年4月－1999年3月 日本学術振興会 DC1 (博士課程在学中)

学位：博士(理学) 東京工業大学大学院理工学研究科 応用物理学専攻

博士論文「電子・レーザー散乱ガンマ線を用いた閾値近傍での重陽子光分解反応」

天体核物理・ガンマ線原子核分光(実験系)の研究

産総研 Teras 蓄積リングで生成する準単色ガンマ線ビームを用いた光核反応の研究で学位を取得

アクティブガスターゲット反応検出器の開発

ガンマ線フラックス絶対値の高精度計測のための新しい統計的手法の考案・開発

② 1999年4月－2008年10月 京都大学エネルギー理工学研究所 助教

③ 2008年11月－現在 京都大学エネルギー理工学研究所 准教授

京都大学赤外自由電子レーザー(KU-FEL)の建設・運用

熱陰極高周波電子銃のバックボンバードメントの克服 1999年～

KU-FEL 施設・放射線遮蔽デザイン

KU-FEL 建設・調整・運用

極微弱電子線照射系の開発(単一電子照射)

全国共同利用・共同研究拠点事業の推進

小型テーブルトップ THz 自由電子レーザーの提案・開発

シード光増幅型 THz テーブルトップ FEL の提案 2008年

1.6 空洞光陰極電子銃の製作(KEKとの共同プロジェクト)

光陰極励起用モードロックレーザーシステムの概念設計・導入

バルク超伝導体を用いた新型アンジュレータの開発

新型アンジュレータの考案 2005年

放射線照射によるバルク超伝導体性能向上(特許)

有限要素法によらない新規数値計算モデルの開発・高度化

周期 10 mm ギャップ 4 mm で 2.2 T の強磁場生成に成功 2021年

レーザーコンプトン散乱ガンマ線を用いた非破壊同位体検査技術の開発

原子核共鳴散乱を用いた非破壊同位体分析

射出方向・エネルギー・エネルギー幅可変ガンマ線源の考案(特許)

ベクトルポテンシャルと電子線の未知の相互作用探索

まっすぐなベクトルポテンシャル場の生成