

多極成分電磁石のビームを用いた性能評価

岩崎 能尊

九州シンクロトロン光研究センター

2010年に蓄積リング長直線部2に設置された4 T超伝導ウィグラーは、40 KeV程度までの硬X線の利用を目的としたハイブリッド型超伝導ウィグラーであり、今日まで順調に稼働している。その有用性から、現在2台目の超伝導ウィグラーの設置可能性について技術的な検討を進めている。検討の一環として、多極成分電磁石による超伝導ウィグラーの励磁に伴う不整磁場の補償システムを開発中である。多極成分電磁石は複数の磁場成分を同時に生成することが原理的に可能であり、限られた蓄積リングのスペース内で効果的に多数次の磁場成分を発生させることが可能である。

超伝導ウィグラーの励磁を行うと、2極、4極、6極およびそれらのSkew成分、あるいは更に高次の磁場成分が生成される。特に、2極、4極、Skew4極、6極成分の磁場が蓄積ビームの性質に与える影響は大きい。多極成分電磁石は、これらの不整磁場成分の補償を既存の超伝導ウィグラーにより生成される不整磁場補償とは独立に補償することを目的として、蓄積リング長直線部5に設置された。蓄積ビームを用いた多極成分電磁石による補償試験を行ったところ、クロマチシティー補正、Skew4極成分によるビームサイズの調整が可能であることが確かめられた。超伝導ウィグラー励磁に伴う強いチューンシフトは、既存のウィグラー同様に超伝導ウィグラー上下流の4極電磁石を独立電源にすることで対応する予定である。多極成分電磁石は主に6極磁場成分によるクロマチシティー、Skew4極成分によるカップリングの補正に用いる予定である。

本成果報告会においては、多極成分電磁石の構造と磁場計算結果、蓄積ビームを用いたクロマチシティー補正結果、ビームサイズ調整の結果について報告する。

多極成分電磁石のビームを用いた性能評価

岩崎能尊, 金安達夫, 高林雄一, 江田茂

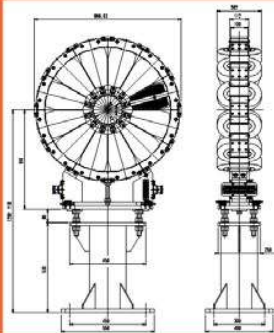
九州シンクロトロン光研究センター
加速器グループ

はじめに

2010年に蓄積リング長直線部に設置された4 T超伝導ウィグラーは、40 KeV程度までの硬X線の利用を目的としたハイブリッド型超伝導ウィグラーであり、今日まで順調に稼働している。その有用性から、現在2台目の超伝導ウィグラーの設置可能性について技術的な検討を進めている。検討の一環として、多極成分電磁石による超伝導ウィグラーの励磁に伴う不整磁場の補償システムを開発中である。多極成分電磁石は複数の磁場成分を同時に生成することが原理的に可能であり、限られた蓄積リングのスペース内で効果的に多数次の磁場成分を発生させることが可能である。

超伝導ウィグラーの励磁を行うと、2極、4極、6極およびそれらのSkew成分、あるいは更に高次の磁場成分が生成される。特に、2極、4極、Skew4極、6極成分の磁場が蓄積ビームの性質に与える影響は大きい。多極成分電磁石は、これらの不整磁場成分の補償を既存の超伝導ウィグラーにより生成される不整磁場補償とは独立に補償することを目的として、蓄積リング長直線部に設置された、蓄積ビームを用いた多極成分電磁石による補償試験を行ったところ、クロマチシティー補正、Skew4極成分によるビームサイズの調整が可能であることが確かめられた。超伝導ウィグラー励磁に伴う強いチューンシフトは、既存のウィグラー同様に超伝導ウィグラー上下流の4極電磁石を独立電源にすることで対応する予定である。

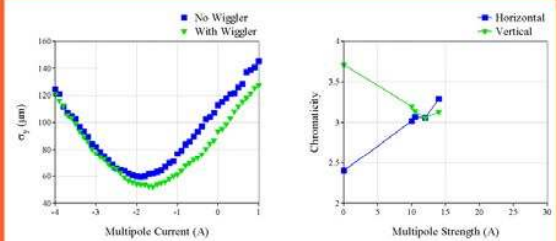
12極多極成分電磁石



12極の磁極を持つ12極多極成分電磁石は、2, 4, 6, 8, 10, 12極およびそれらのSkew成分を任意に生成可能な電磁石である。通常、これらの成分を持つ電磁石は独立に蓄積リングに設置されることが多いが、設置スペースの関係上、これらの磁場成分を同時に生成する多極成分電磁石が用いられる[1][2][3]。
SAGA-LSでは、主に、2, Skew4, 6極電磁石として使用する予定である。
ボア径が大きく、漏れ磁場の影響も考えられるため、ビームを用いた試験を行った。

定格: 30 A
ターン数: 180 ターン
ボア径: 168 mm
ヨーク長: 100mm

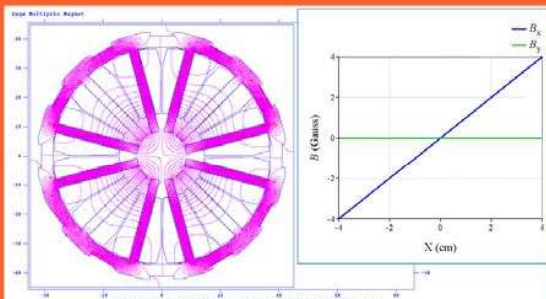
多極成分電磁石による垂直方向ビームサイズ調整、クロマチシティー補正



多極成分電磁石により、垂直方向ビームサイズを調整した様子(左図)、最小で52 μmまでビームサイズが調整できることがわかった。

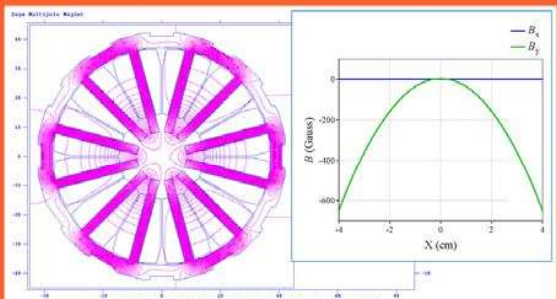
多極成分電磁石により、クロマチシティーが通常使用している(3.0, 3.0)に補正できる。

磁場計算 - Skew Quadrupole -



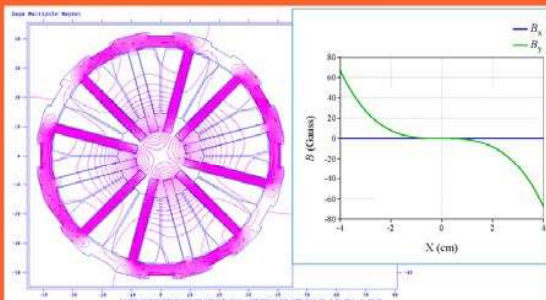
最大で、2T/mのSkew 4極磁場成分が生成され、ビームサイズ調整に十分である。

磁場計算 - Sextupole -



最大で、40 T/m²の6極成分が生成され、クロマチシティー補正に十分な能力がある。

磁場計算 - Octupole -



最大で、105 T/m³の8極成分が生成される。

まとめ

新規の挿入光源設置に向けた各種取り組みを始めている。その一環として、多極成分電磁石による、ビームサイズ調整 (Skew4極成分)、クロマチシティー補正 (6極成分) のビームを用いた性能調査を行った。調査の結果、期待されていた通りの補正効果があることが確かめられた。

多極成分電磁石は、8極以上の磁場成分の生成も可能である。ビームサイズに対する影響を調べたところ、下図のような結果が得られた。今後、ビームダイナミクスに対する影響等、高次の磁場成分がビームに与える影響についても調査していきたい。

[1] F. Y. Lin, et al., "DESIGN AND FABRICATION OF MULTIPOLE CORRECTOR MAGNET," in Proc. of the 2005 European Particle Acc. Conf., Genoa, 2005, pp. 803-805.

[2] M. Fedarin, et al., "MULTIPLE DESIGN FOR CAMD STORAGE RING," in Proc. Of the 2005 PAC, Knoxville, 2005, pp.3161-313163.

[3] R.P. Walker, "DESIGN AND TESTING OF MULTIPOLE MAGNETS FOR THE DARESBURY SYNCHROTRON RADIATION SOURCE", IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETS, VOL. MAG-17, NO. 3, SEPTEMBER 1981.

