

APPLE-II 型可変偏光アンジュレータのビーム試験

金安達夫, 高林雄一, 岩崎能尊, 江田茂

九州シンクロトロン光研究センター

SAGA-LS では 2008 年冬季のシャットダウン期間中に, 蓄積リング長直線部 LS3 へ APPLE-II 型可変偏光アンジュレータを設置した. APPLE-II 型アンジュレータでは, 四列の磁石列のうち斜めに対向する二列を長手方向に変位させることで任意の偏光(水平・垂直直線偏光, 左右円偏光等)を得る. したがって, 他のビームラインへ影響を与えずにユーザー運転中に光子エネルギーや偏光状態を変更するためには, 磁極ギャップに加えて磁石列の位相変化が電子ビームへ及ぼす影響を調査し, それらを補償するシステムの構築が必須である. そこでアンジュレータの設置後にギャップ・位相変化に対するビームの応答を観測した.

ビーム試験ではビーム軌道の変位, チューンシフト及びカップリング変化を測定した. その結果, 不整磁場(ダイポール, スキュー四極)はアンジュレータ設置前の磁場測定結果と整合すること, チューンシフトはアンジュレータ固有の集束効果で説明できることがわかった. 不整ダイポール磁場に関してはフィードフォワード方式の補償システムを開発し, 任意の位相・ギャップ設定に対して十分な精度で軌道補償を実現した. 一方, カップリング補償に関しては SAGA-LS 蓄積リングの動作点が差共鳴に近いとため, 不整スキュー四極磁場に加え, チューンシフトの寄与も無視できない. そこで, ギャップ・位相に連動してチューンシフトとスキュー四極磁場の補償をフィードフォワード方式で行っている. スキュー補償にはアンジュレータダクトへ取り付けられたワイヤー型スキュー四極電磁石を採用した. チューンシフトとスキュー四極磁場の補正により, 垂直ビームサイズの変動は 2%以下へ抑制された.

APPLE-II型可変偏光アンジュレータのビーム試験

金安達夫, 高林雄一, 岩崎能尊, 江田茂

九州シンクロtron光研究センター

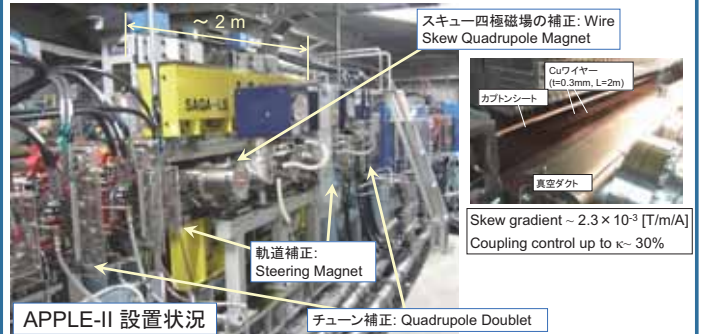
Introduction

SAGA-LSでは2008年冬季のシャットダウン期間中に、蓄積リング長直線部LS3へAPPLE-II型可変偏光アンジュレータを設置した。APPLE-II型アンジュレータでは、四列の磁石列のうち斜めに対向する二列を長手方向に変位させることで任意の偏光(水平・垂直直線偏光, 左右円偏光等)を得る。他のビームラインへ影響を与えずにユーザー運転中に光子エネルギーや偏光状態を変更するためには、磁極ギャップに加えて磁石列の位相変化が電子ビームへ及ぼす影響を調査し、それらを補償するシステムの構築が必須である。ビームへの影響調査[1]と補償システムの概要を報告する。

ビーム試験と補償システムの構築

1. 磁石列ギャップ・位相の変更に対するビームの応答を観測
ビーム軌道の変位, ベータトロンチューンシフト, カップリング(垂直ビームサイズ)
2. ビームへの影響補償
・フィードフォワード方式を採用(二次元の補償電流テーブル)
・ビーム試験結果に基づき, ギャップ・位相変更に関連してアンジュレータの不整磁場と収束力を補正

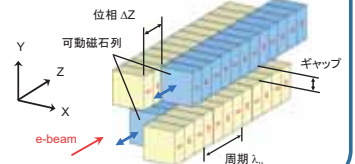
APPLE-II Undulator



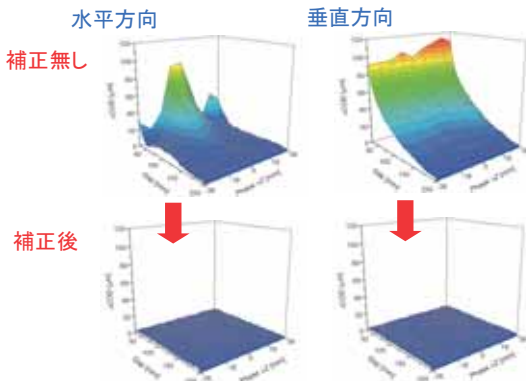
主要パラメータ

磁石材質	NdFeB
周期	28
周期長 λ _u [mm]	72
磁極ギャップ [mm]	30 - 200
位相 ΔZ [mm]	-36 - +36

APPLE-II 磁気回路

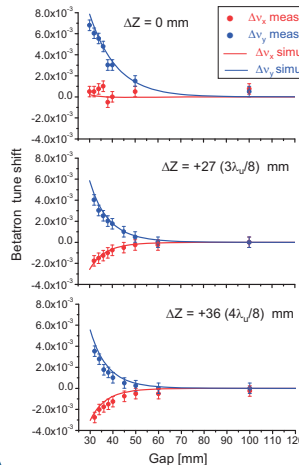


電子ビーム軌道の変位



位相・ギャップ変更に対して軌道変動を4 μm以下へ抑制

Betatron Tune Shift



・任意の位相・ギャップ設定においてベータトロンチューンシフトは 1 × 10⁻³以下へ抑制

・チューンシフトは1/B_ρの二次の効果[2]として解釈

・磁場計算コードRADIA[3]を用いたシミュレーションはチューン測定結果を再現

アンジュレータ磁場による収束力

$$\frac{1}{F_{x(y)}} = -\frac{1}{2} \left(\frac{1}{B\rho} \right)^2 \int \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x(y)^2} ds$$

$$\Phi = \left(\int B_x ds' \right)^2 + \left(\int B_y ds' \right)^2$$

➡ チューンシフト $\Delta v_{x(y)} = \frac{\beta_{x(y)}}{4\pi} \frac{1}{F_{x(y)}}$

カップリング補償

・SAGA-LS蓄積リングの動作点は差共鳴に近く, カップリングは不整スキュー四極磁場とチューンシフトに鋭敏

・位相・ギャップ設定に関連して, チューンシフトと不整スキュー四極を補正

・垂直ビームサイズの変動は2%以下へ抑制

・不整スキュー四極のビーム試験結果は, アンジュレータ設置前の磁場測定結果と一致

まとめ

・APPLE-II型アンジュレータのビームへの影響調査

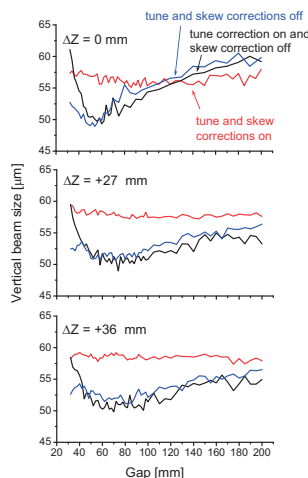
・ギャップ・位相変更に対するビームの応答を観測(不整磁場と収束力による理解)

・フィードフォワード方式の補償システム

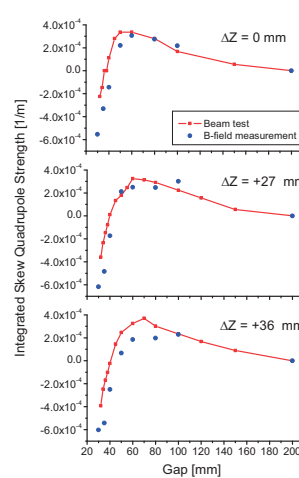
Reference

- [1] T. Kaneyasu et al., IPAC10, p.3162 (2010).
- [2] P. Elleaume, EPAC92, p.661 (1992).
- [3] D. Chubar et al., J. Synchrotron Radiation 5 481 (1998).

垂直ビームサイズの変動



不整スキュー四極磁場



カップリング補償

