

BUNCH FILING CONTROL AT SAGA-LS STORAGE RING

Shigeru Koda^{1,A)}, Yoshitaka Iwasaki^{A)}, Yuichi Takabayashi^{A)}, Katuhide Yoshida^{A)},
Takio Tomimasu^{A)}, Hideaki Ohgaki^{B)}

^{A)}Saga Light Source 8-7 Yoyoigaoka, Tosu, Saga 841-0005

^{B)}Institute of Advanced Energy, Kyoto University, Uji, Kyoto, 611-0011

Abstract

A bunch filing control system has been developed for SAGA-LS storage ring. Purposes of the system are to control beam instability and to respond to experiments using time-resolved synchrotron radiation. Objective bunch pattern is made by bunch kick-off after full bunch filing. RF knockout was employed as bunch kick-off technique. The system can make arbitrary pattern every two bunch and generate single bunch. In addition, a betatron tune can be also measured. The system is steadily used in control of bunch instability and measurements of lattice functions related betatron tune.

SAGA-LS蓄積リングにおけるバンチフィリング制御

1. はじめに

放射光施設SAGA-LSでは蓄積リングにおけるビーム不安定性の制御及びシングルバンチ等時間分解実験のニーズに応えることを目的にバンチフィリング制御系を開発した。蓄積リングのハーモニクス、周回周波数はそれぞれ $h=126$ 、 $f_{rv}=3.97\text{MHz}$ であり、本システムはフルバンチ蓄積の状態下周回周波数に同期してRFKOによる特定バンチの蹴り出しを行い、目的のフィリングパターンを実現する。このシステムにより蓄積リングにおいて多様なバンチパターン生成を行うことが可能となった。また本システムはベータトロンチューン測定系も兼ねている。本報告では設計、システム構成、フィリング制御能力について報告する。

2. RFKOによるバンチ蹴り出し

設計にあたっては、常用を前提に簡便、小規模、維持の容易さが重要となった。蓄積リングは、入射エネルギー255MeV、蓄積エネルギー1.4GeVで運転されている[1]。高エネルギーでのRFKOは大出力のRF系が必要となる[2,3]ため、入射エネルギーでのみバンチ蹴り出しを行うこととした。

RFKOと放射ダンピングとの競合を考慮したトラッキングモデルを作り必要なキック力を見積もった。250MeV程度では放射ダンピングの効果は小さく、15W/rodでバンチを蹴りだせると見積もられた(キック力は水平、垂直それぞれで3.2、2.8 rad/turnである)[4]。

RFKO用チャンバーとしては蓄積リング四極電磁石部のアルミダクト残材を流用し、これに50Ωで整合するストリップライン4個を対抗する位置に固定した。チャンバーは蓄積リング長直線部LS6下流側

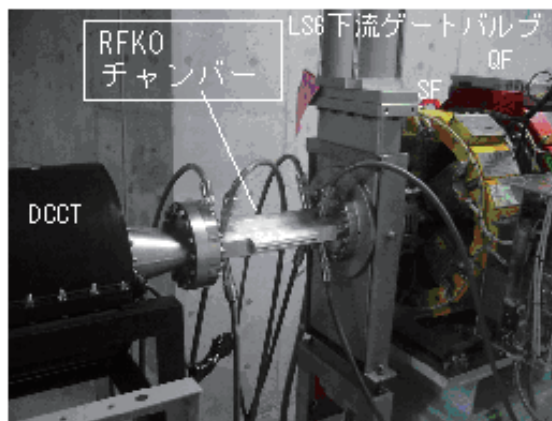


図1 RFKOチャンバー設置状況。電子ビームは左より右へ通過する。

に設置された。設置状況を図1に示す。

3. 高周波回路系及び制御系

システム全系のブロックダイアグラムを図2に示す。目的のバンチパターンの実現は、おおまかに(1)フィリングパターンの生成、(2)RFKO信号のフィリングパターンによるスイッチング、(3)スイッチングされたRFKO信号の増幅及びRFKO電極への出力という段階に分けられる。

バンチパターン生成には蓄積リング周回周波数に同期してフィリングパターン生成用パルスパターンジェネレータ(PPG)にスタートトリガーをかける。PPGには出力パルス最小時間分解能3.03nsで再トリガー可能時間がリング周回周波数よりも短いアジレント81110Aを使用し、最小2バンチまでの任意フィリングパターンの生成を可能としている。

¹ E-mail: koda@saga-ls.jp

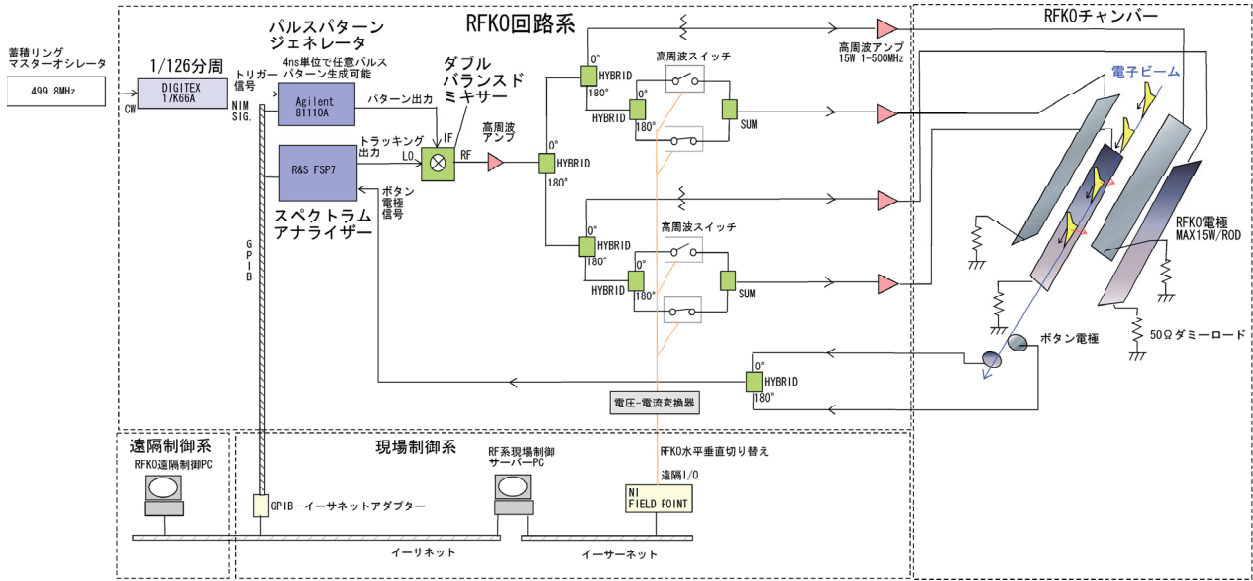


図2 バンチフィリングシステムブロックダイアグラム。

RFKO信号源としてスペクトラムアナライザのトラッキング出力の正弦波を使用している。RFKO周波数 f_{RFKO} はベータートロンチューンと共鳴させるため、 $f_{RFKO} = f_{rv}(n + \Delta \nu)$ の条件を満たす。ここで $\Delta \nu$ ベータートロンチューンの小数部で、 n は任意の整数である。本システムでは $n \sim 6$ (周波数にして27MHz)程度で運用している。スペクトラムアナライザ入力には蓄積リングボタン電極を接続し、これによりバンチのベータートロンチューンをモニターしながらRFKOを行う。

RFKO信号のスイッチングはPPGのフィリングパターン出力によってダブルバランスドミキサー(DBM)によってスイッチングする。図3にPPG出力信号とDBMによってスイッチングされたRFKO信号を示す。スイッチングされたRFKO信号は、設定された蹴り出し方向 (水平、垂直) に応じて高周波スイッチによって切り替えられ高周波アンプで増幅されRFKO電極に出力される。

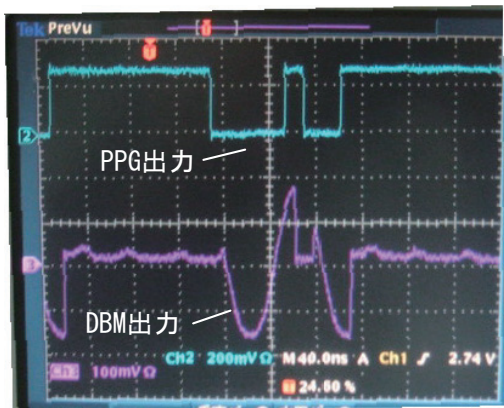


図3 パルスパターンによってスイッチングされたRFKO信号。

ベータートロンチューン測定時にはトラッキング出力を下げ、全バンチにRFKOをかけ、スペクトラムアナライザによってチューンを計測する。

制御系はPPG、スペクトラムアナライザ、高周波スイッチの制御を行う。ソフトウェアはLabView上に構成され、パルスパターンの生成編集、出力、RFKO出力、RFKO蹴り出し方向、ビーム振動スペクトル測定を制御する。図4はPPG、スペクトラムアナライザ制御画面である。図中のランプ1つが2バンチに対応し、これのON・OFFによりパターン設定を行う。



図4 バンチパターン制御画面。

4. フィリング制御

バンチ蹴り出し能力は概ね見積もりと一致し、15W/rodの高周波パワーでは十分な蹴り出し能力を有している。RFKO電極当りのパワーに対するビーム寿命($i\tau$ 積)を図5に示す。水平、垂直方向それぞれ0.1、1W/rod以上のパワーがあれば実用上問題ない程度までビーム寿命は小さくなる。モデル計算では水平、垂直の蹴り出し能力には大きな差はなかつ

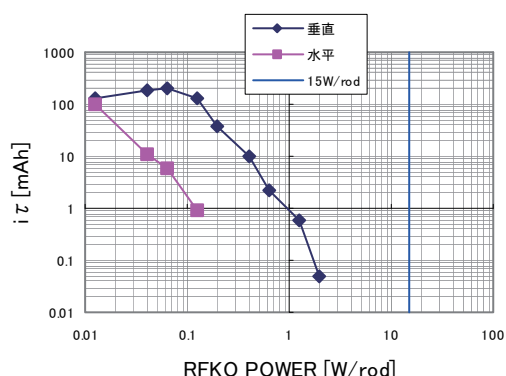
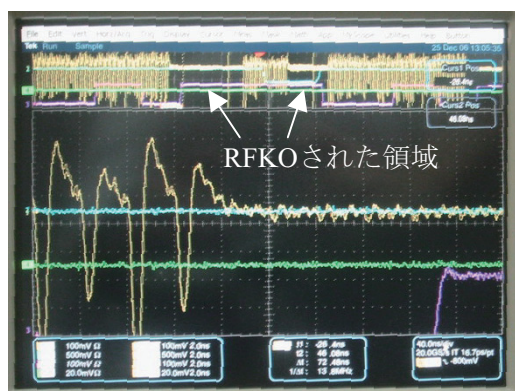


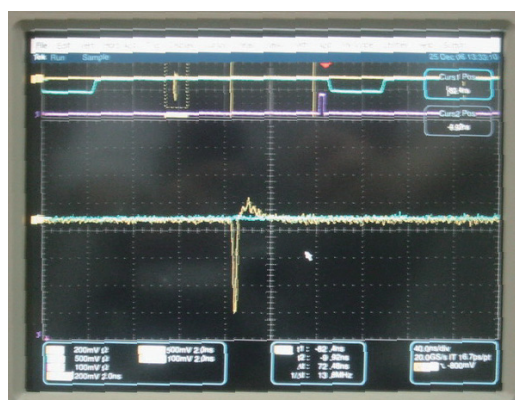
図5 RFKOパワーに対する $i\tau$ 積。

たが、測定ではビーム寿命という観点では垂直方向は、水平方向の10倍程度の高周波パワーが必要な結果となった。RFKOによるビーム蹴り出し過程を理解する上での課題である。

バンチパターン制御能力についてデモンストレーション結果を図6(A)に示す。図は離れた二つのバンチ領域に対しRFKOを行っている。また図6(B)にシン



(A) 2領域のバンチ蹴り出し



(B) シングルバンチ

図6 バンチフィリング制御デモンストレーション。蓄積リングボタン電極信号を15GHzオシロで観測。オシロ画面内上側がリング全体のバンチ。下側が拡大画像。

グルバンチ試験の結果を示す。シングルバンチを実現するためには、2バンチのみ残すフィリング制御を行った後、パターンをディレイして1バンチをさらに蹴り出す。現システムでは残すべきバンチのビームロスが見られた。原因として回路系のタイムジッター、帯域不足が考えられる。実用上の課題である。

前述のように本システムはベータートロンチューン測定系を兼ねている。チューン測定は255MeV、1.4GeVとも可能で、1.4GeVでは水平、垂直それぞれ1, 10W/rod以上あればスペクトラムアナライザによるベータートロン振動の観測が行える。

現在、本システムはユーザー運転におけるビーム不安定性抑制のためのパーシャルフィリングに定常的に使用されている。またマシンスタディにおいてベータートロンチューンに関係したラティス関数測定[5]においても常用されている。

6. まとめ

SAGA-LS蓄積リングにおいてシングルバンチを含む多様なバンチパターンを生成するバンチフィリングシステムを開発した。キック能力はほぼ見積もり通り255MeVで十分な蹴り出し能力があり、またチューン測定では全エネルギー領域で使用可能である。現在、本システムはユーザー運転におけるビーム不安定性抑制及びマシンスタディにおけるベータートロンチューン測定において定常的に使用されている。

参考文献

- [1] S. Koda, *et al.*, "Present Status of Synchrotron Radiation Facility SAGA-LS", in these proceedings
- [2] k. Haga, *et al.*, "A New Purification Method for Single Bunch Operation at the Photon Factory Storage Ring", Proceedings of the 1999 Particle Accelerator Conference, New York, 2310-2312, 1999
- [3] H. Suzuki, *et al.*, "Formation of a single-bunch beam in the booster synchrotron at SPring-8", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, A444, 515-533, 2000
- [4] S. Koda, *et al.*, "Development of RF-KO system SAGA-LS", Proceedings of the 2nd Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan and the 30th Linear Accelerator Meeting in Japan, Tosu, 693-695, 2005
- [5] Y. Takabayashi, *et al.*, "Measurement of Lattice Functions of the SAGA-LS Storage ring", in these proceedings