

DEVELOPMENT OF BUNCH PURITY MEASUREMENT GUI FOR SPring-8 STORAGE RING

Yasuyuki Kaji^{1,A)}, Kazuhiro Tamura^{B)}

^{A)} SPring-8 Service Co., Ltd. (SES)

2-23-1 Koto, Kamigori-cho, Ako-gun, Hyogo, 678-1205, Japan

^{B)} Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI/SPring-8)

1-1-1 Koto, Sayo-cho, Sayo-gun, Hyogo, 679-5198, Japan

Abstract

SPring-8 storage ring has been routinely operated with isolated bunches of high bunch purity. User-experiments that make use of pulse characteristics of synchrotron radiation, such as nuclear resonant scattering experiments, have been widely performed [1]. Since beam injection with small current has been repeated frequently by Top-Up operation in user-time, continuous observation of bunch purity is indispensable for guarantee of quality of synchrotron radiation. We newly developed a GUI for bunch purity measurement, and have started the automated purity measurement with the GUI in user-time.

SPring-8蓄積リングのためのバンチ純度測定GUIの開発

1. はじめに

SPring-8では、蓄積ビームの高バンチ純度特性を生かした核共鳴散乱等のユーザー実験が広く行われている。バンチ純度とは、放射光のパルス特性を表す指標であり、バンチ純度の値が大きいほど、より純粋なパルス光が得られることを意味する。

パルス光を必要とする実験では、バンチ純度の悪化は測定ノイズの増大に直結している。バンチ純度の定期測定を行っていなかった2006年3月の利用運転時には、核共鳴散乱実験を行っているビームラインから、バンチ純度悪化のため蓄積ビームの廃棄、再入射を要請される、というトラブルが起こっており、放射光の質を保証する上で、バンチ純度の監視は欠かせないものとなっている。

2006年3月以降、8時間に1度、手動で純度測定を行うことを加速器運転業務に取り入れた。しかし手動測定では、中央制御室の端末から実験ホールにある機器制御用VMEへログインし、多数のコマンドを入力して機器を制御する、という煩雑な操作が必要であった。また、機器へ誤ったコマンドを送ると機器が制御不能になる、最悪の場合は機器を壊してしまう、などの問題点があった。そのため、機器を制御してバンチ純度を自動的に測定するGUIを新たに開発し、バンチ純度の常時監視システムの構築を行った。

本稿では、純度測定用GUIの開発とバンチ純度の自動測定、およびSPring-8での高バンチ純度運転の現状について報告する。

2. 開発環境

純度測定プログラムの開発はC言語で行った。また、インターフェースの作成には(株)フジ・デー

タ・システムのGUI開発支援ツール「X-Mate」を使用した。GUIからの機器制御等はSPring-8制御グループで開発されたフレームワークであるMADOCAを使用した。

3. 設計目標

- 測定開始時、使用者が迷うこと無く操作出来るよう、簡潔なインターフェースとし、ワンクリックで測定を開始できるようにする。
- SPring-8では入射ビームのバンチ純度が悪化しない限り純度の悪化が起こらないため、直前にTop-Up入射が行われた孤立バンチを選んで測定することにより、常に最新の純度の監視を行っていく機能を持たせる。
- バンチ純度にしきい値を設定し、純度悪化によりしきい値を超えると音声アラームが発報するようにする。
- 測定値が明らかに異常な値を示した時、機器保護のため即座に測定を中止する。
- 測定データをデータベースへ登録し、SPring-8サイト内のどこからでも閲覧出来るようにする。

4. 測定の流れ

4.1 概要

バンチ不純度とは、電子が入るべきバケット(メインバンチ)の電子数に対する、電子が入るべきでない前方(フロントバンチ)あるいは後方(リアバンチ)のバケットの電子数の比で定義される。また、この逆数をバンチ純度と定義する。バンチ不純度を求めるには、メインバンチとフロントあるいはリアバンチからの光パルスの強度比を求めれば良い。測

¹ E-mail: y-kaji@spring8.or.jp

定には、SPring-8の加速器診断用ビームラインBL38B2に設置されている純度モニターを使用する。SPring-8の純度モニターは、可視光領域のマイクロチャンネルプレート内蔵型光電子増倍管(MCP-PMT)を光子検出器とする光子計数装置に、光シャッターを組み合わせたモニターである[2]。SPring-8純度モニターを図1に示す。SPring-8蓄積リングの場合、バンチ電流1mAのバンチには 3×10^{10} 個の電子が蓄積されている。隣接するバケット内の電子の有無を判断するには、 3×10^{10} 以上のダイナミックレンジが必要となる。SPring-8では、ポッケルスセルを用いた光シャッターを開発し、光子計数装置と併用することにより、 10^{10} 以上のダイナミックレンジを実現している。

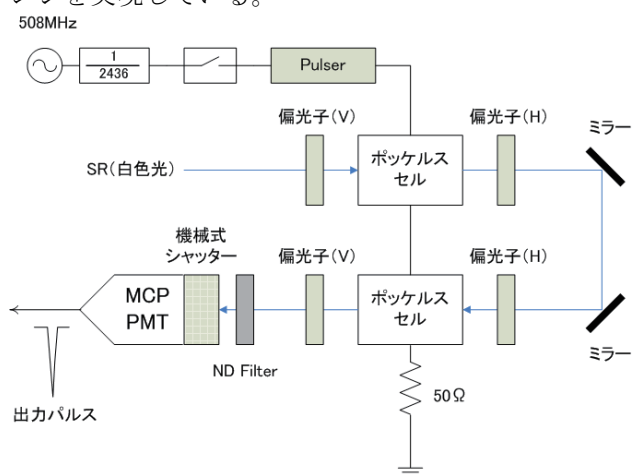


図1: SPring-8純度モニター

4.2 測定準備

光シャッターは、メインバンチ測定時には閉、フロント及びリアバンチ測定時には各バンチにタイミングを合わせて開、として使用する。これによりメインバンチとフロント、リアバンチからの光パルスの強度比を弱める事ができる。光シャッター閉時の漏れ光と開時に透過する光の強度比を消光比と定義する。純度測定に先立ち、消光比をあらかじめ求め、GUI上で入力しておく必要がある。また、入射バケットを決定する蓄積リングのRF系のタイミング信号と、純度モニターの回路系のタイミング信号との時間的相対関係をGUI上で入力する必要がある。

4.3 GUI動作の流れ

1. GUIの起動
2. GPIBボードの初期化
3. MCP-PMTへ高圧を印加
4. 測定パラメータの設定 (消光比の入力、信号処理回路および光シャッターのタイミング設定、フィリングパターンの選択)
5. 測定条件の設定 (測定モード、測定時間、自動測定時のインターバル、アラーム監視状態)
6. メインバンチ測定開始 (光シャッター閉)

7. フロントバンチ測定開始 (フロントバンチのタイミングで光シャッター開)
8. リアバンチ測定開始 (リアバンチのタイミングで光シャッター開)
9. バンチ不純度の計算
10. 測定結果をデータベースへ登録
11. 設定インターバル間待機
12. 測定モードに従い測定アドレスを変更し、メインバンチの測定開始

純度測定GUIのメインパネルを図2に示す。各バンチ測定中は、GUI上では5秒毎にデータを更新する。メインバンチ部のカウンティングレートを監視し一定値以下になれば、測定しているバンチのタイミングがずれていると判断して測定を自動停止する。

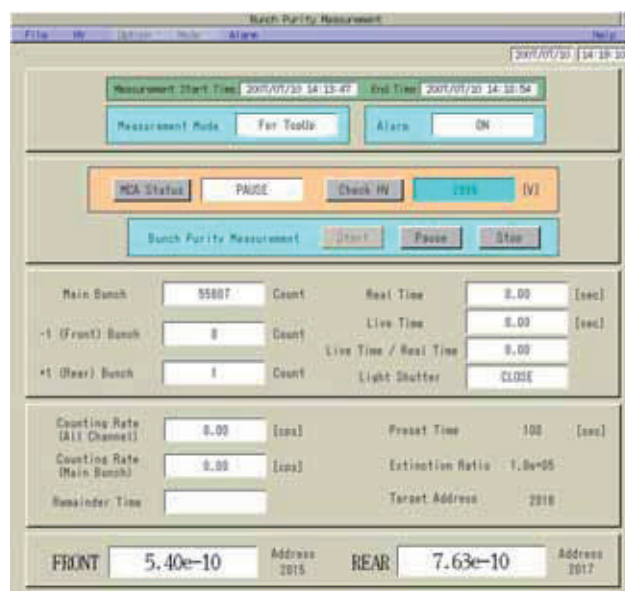


図2: 純度測定GUIメインパネル

5. 測定結果

図3のデータは、1/7filling + 5孤立バンチ (蓄積リングを7等分した位置にある7個のバケットうち、5個に大電流の孤立バンチを蓄積し、残りの2個とその間のバケット全てに小さなバンチを蓄積する) とよばれるフィリングパターンで蓄積リングを運転し、ある孤立バンチについて測定した時間プロファイルである。この時、各孤立バンチのバンチ電流は2.8mAであった。横軸はデータ収集を行うマルチチャンネルアナライザ (MCA) のチャンネルで、時間に対応する (左側が時間的に後)。縦軸はカウント数で、測定時間内に検出した光子の数を表す。各バンチの測定時間は100秒とした。データ処理の際には、MCAの14チャンネル分の範囲を積分して各バンチのカウント数を求めている。各バンチの積分開始チャンネルは、まずメインバンチのカウント

数が最大となるチャンネル位置を求め、そこから161チャンネル（蓄積リングのバケット間隔1.97nsに相当）前後にずらしたチャンネルをフロント、及びリアバンチの積分開始チャンネルとしている。

GUIでは、フロント、もしくはリアバンチのカウント数が10以上の場合は次式に従ってバンチ不純度を求める。

$$\frac{N}{N_0 * Ex_Ratio}$$

ここでNはフロント、もしくはリアバンチのカウント数、 N_0 はメインバンチのカウント数、Ex_Ratioは消光比である。フロント、もしくはリアバンチのカウント数が10以下の場合、

$$\frac{3 * \sqrt{(N+1)}}{N_0 * Ex_Ratio}$$

を用いて統計誤差の最大値を求め、それを不純度の上限值としている。

図3では、メインバンチが137404カウント、フロントおよびリアバンチがそれぞれ10、43カウントであった。事前に求めておいた消光比 2×10^5 を用いると、フロントおよびリアバンチの不純度はそれぞれ 4×10^{-10} 、 2×10^{-9} となる。

なお、メインバンチの直後に現れている構造は、MCP-PMTの時間応答や、ポッケルスセル内で多重散乱した光が遅れて検出されるなど、測定系の時間応答特性が現れたもので、実際のバンチがこの様な時間構造をしているわけではない。

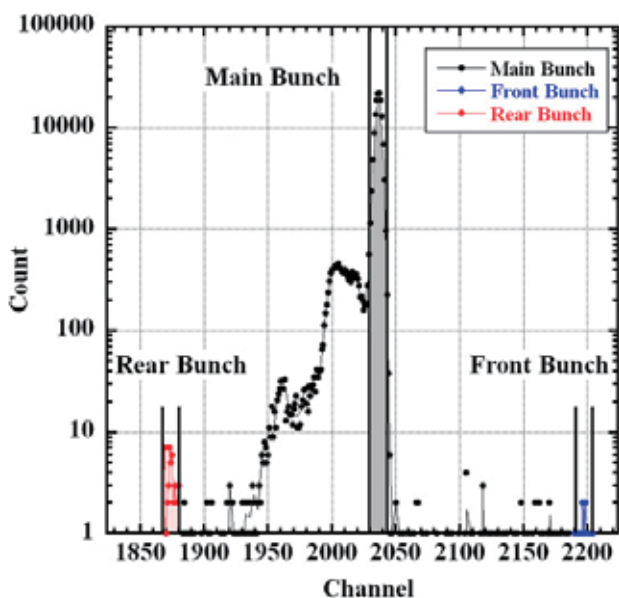


図3：各バンチのカウント数

図4は2007年4月12日10:00から2007年4月19日10:00までのバンチ不純度の時間変化である。この期間、蓄積リングは、図3と同じ1/7filling + 5孤立バンチで

運転され、Top-Up運転が継続されていた。フロント、及びリアバンチの不純度は6分毎にプロットされている。図4から、トップアップ入射を繰り返しているうちに、リアバンチの不純度が増加していることがわかる。これはTop-Up入射時に、シンクロトロンRF-KOで完全に純化されなかったビームが入射されていることが原因と考えられる。

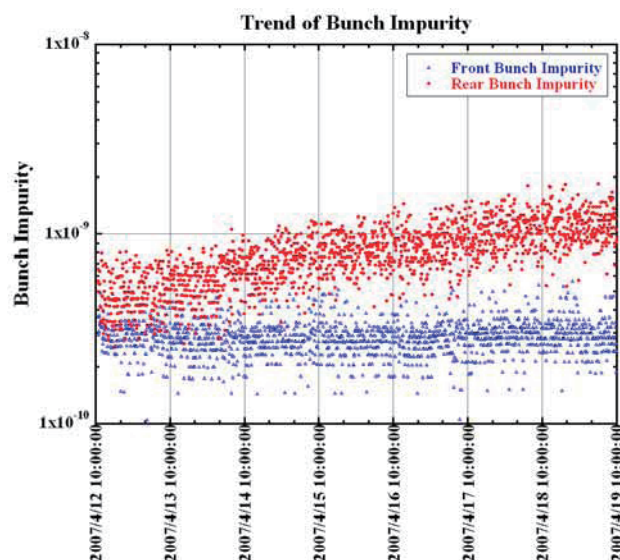


図4：バンチ不純度の時間変化

6. まとめ

純度測定GUIを開発することによりバンチ純度の自動測定が可能となった。本GUIに、直前にTop-Up入射が行われた孤立バンチを選択して測定する機能と、バンチ不純度がしきい値を超えた場合に音声アラームを発報させる機能を持たせたことにより、バンチ純度測定の完全自動化に成功した。この結果、ユーザー運転時に蓄積リングのバンチ純度の常時監視が可能となり、バンチ不純度の詳細な時間変化を把握出来るようになった。測定データをデータベースに登録することにより、SPRING-8サイト内の端末からバンチ純度データを閲覧出来るようになった。

謝辞

純度測定GUIの開発にあたりご協力をいただいた、SPRING-8制御グループの福井達博士、増田剛正博士、山下明広博士に深く感謝いたします。また、GUIの開発についてアドバイスをいただいたSPRING-8加速器運転員の吉岡正倫氏に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 青木毅、田村和宏：放射光 July 2006 Vol.19 No.4 (p.223)
- [2] K. Tamura, T. Aoki, Proc. of the 1st Ann. Meet. of Part. Acc. Soc. of Japan 2004, p.581.