

## BEAM LOSS MONITOR FOR THE SPRING-8 STORAGE RING

Yoshito Shimosaki, Kazuo Kobayashi, Masaya Oishi, Masazumi Shoji, Kouichi Soutome  
Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI)  
SPring-8, Sayo, Hyogo, 679-5198

### Abstract

One of the major concerns in the SPring-8 storage ring (SR) is an irradiation-induced damage due to beam loss to the environment surrounding the accelerator. In order to observe turn-by-turn beam loss, to manifest its mechanism, and to handle beam losses, a beam loss monitor for beam diagnostics have been developed with PIN photodiodes and installed inside the tunnel of the SR. In this paper, the experimental results with the beam loss monitor in the irradiation experiments are reported.

### SPring-8 蓄積リングにおける、 PINフォトダイオードを用いたロスモニターの開発

#### 1. はじめに

現在、SPring-8蓄積リング(SR)では、真空封止型挿入光源(in-vac. ID)が20台インストールされている。SR内を周回している電子ビームがin-vac. ID用の永久磁石に衝突すると、永久磁石を減磁する可能性がある[1]。この為、in-vac. ID近傍のビームロス監視する必要がある。

また2003年、ビームアボートのタイミングで、周回電子ビームが真空チェンバーに衝突し、チェンバーの損傷により真空漏れを引き起こした。原因の調査と対策の為に、電子ビーム損傷試験装置がSRに設置され、バンパ軌道とRFパワーオフによるアボートシステムを利用して、周回ビームを試料に照射する実験が行われている[2, 3]。

ビームロスのメカニズムを解明する為に、またビームロスハンドリングの為に、ビームロスモニターは非常に有効であるが、SPring-8 SRにはこの目的の為に使用される全周ビームロスモニターが現在インストールされていない。

そこでPINフォトダイオードを用いたビームロスモニターを開発し、性能を評価する為に、入射時及び照射実験時のロスモニター信号を観測したので報告する。

#### 2. ビームロスモニター

ビームロス発生時の2次粒子を検出する為に、安価で高速なPINフォトダイオードを検出部として採用した。逆バイアス電圧に関しても、安価でかつメンテナンスフリーとする為、使用しないこととした。ビームロス検出部を図1に示す。アルミシャーシの中に、2次粒子を検出する為に4つのPINフォトダイオード(4PINs)を、バックグラウンドのノイズを補償する為に2つのPINフォトダイオード(2PINs)を設置した。PINフォトダイオードからの信号は、シールド付きのツイスト4芯線を用いて取り出し、アルミシャーシ及びケーブルのシールドはグラウンド

と接続した。



図1 ビームロスモニター

ビームロスモニターの性能を評価する為に、SR入射部、in-vac. ID、及び電子ビーム損傷試験装置の近傍にビームロスモニターをインストールした。セットアップ例を図2に示す。



図2 (赤丸で囲まれた部分) 電子ビーム損傷試験装置の近傍にインストールされたビームロスモニター。

ビームロスモニターで観測されるバックグラウンドノイズの原因として、クロッチ・アブソーバーなどの放射線吸収体から生じる散乱エックス線(図3(a))

黒線)、入射バンプ電磁石励磁時及びin-vac. IDギャップ駆動時に誘起される誘導ノイズ(図3(b)黒線)などが考えられる。図1でアルミシャースからPINフォトダイオードを全て外した状態でも、図3とほぼ同じ信号が観測される為、図3(a)の場合は散乱エックス線によりアルミシャースから2次粒子が発生しグラウンドを通じて観測されたもの、図3(b)は磁場の時間変化によってケーブルにノイズが誘起されたものと思われる。

これらバックグラウンドのノイズはPINフォトダイオードの数にほとんど依存しないことから、バックグラウンドノイズが問題となる場所では、4PINsの信号から2PINsの信号を差し引く事で、ノイズ補償を行っている。ノイズ補償の結果を図3の赤線で示す。

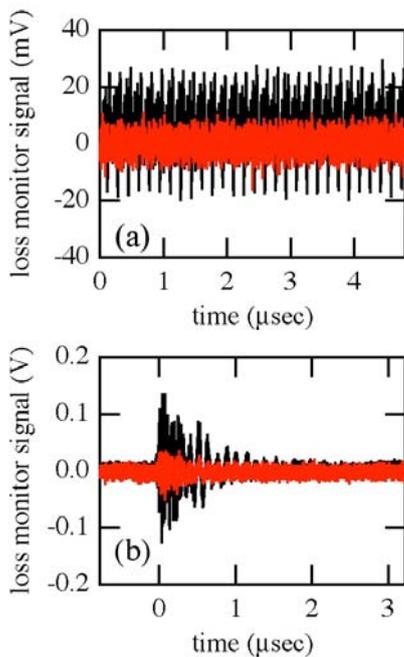


図3 バックグラウンドノイズ。(a)散乱エックス線によるもの(SR内のbunch filling(11 bunches train × 29)が構造として見えている)、及び(b)入射バンプ電磁石励磁によるもの。(黒)ノイズ補償前、(赤)ノイズ補償後。

### 3. ビームロスハンドリング

真空チャンバーの電子ビーム照射損傷を調べる為に、電子ビーム損傷試験を用いた照射実験が行われている[2, 3]。ビームロスモニターのパフォーマンスを評価するため、SR入射部及び電子ビーム損傷試験装置近傍(SS48)にインストールしたビームロスモニターで、照射実験中の信号を観測した。

まずSRの水平方向及び垂直方向のクロマティシティ( $\xi_x, \xi_y$ )を(2, 2)及び(8, 8)にし、入射ビームロスの様子を比較した。シンクロトロンからSRへ電子ビームを1パルス入射した時の、SS48で観測したロスモニター信号を図4に示す。電子ビーム損傷試験装置

内にセットした試料がスクレーパーの役割を果たし、入射直後からターン毎の、クロマティシティに依存したビームロスを観測することができた。クロマティシティ(2, 2)及び(8, 8)ともに、入射後1~2ターン間隔でビームロスが出続けるが、(2, 2)の場合は約40  $\mu$ 秒で出力が無くなるのに対し、(8, 8)ではその後も出力が続く結果となった。クロマティシティに依存し、また入射直後に生じている現象なので、ダイナミックアパーチャーに起因した横方向運動によるものではないかと思われる。図4において、ロスモニター信号の立ち上がり時の時定数は約1  $\mu$ 秒であった。

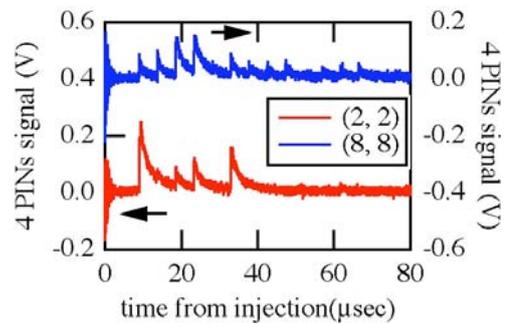


図4 入射ロスのクロマティシティ依存性。ビームの周回時間は4.8  $\mu$ 秒である。

次に、RFパワーオフにより蓄積ビームをアボートさせ、SS48に設置した電子ビーム照射試料にビームを当てて、ビームロスモニターからの信号を観測した。照射位置はローカルバンプを作って制御した。

SUS試料について、クロマティシティとバンプ軌道のパラメータを変えながら、100mAの電子ビームの照射を行ったところ、ビーム/マシンパラメータによっては、SS48以外に入射部でもビームロスを生じていることが確認された(図5参照)。

ビームロスモニターの信号を観測する事で、ビームロスハンドリングによる効果的な電子ビーム照射が期待できる。

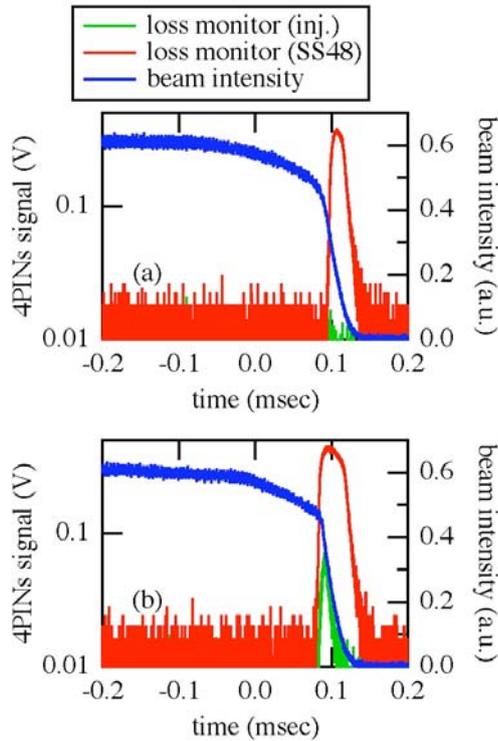


図5 ビーム／マシンパラメータを変えた時の  
ビームロスモニター信号。SUS試料を用い、SS48及  
び入射部で観測。(a)  $(\xi_x, \xi_y) = (1, 2)$ 、SS48でのx方向  
及びy方向のローカルバンプを(-2mm, +3mm)に設定。  
(b)  $(\xi_x, \xi_y) = (8, 8)$ 、ローカルバンプを(-3mm, -1mm)に  
設定。

## 5. まとめ

安価でメンテナンスフリーとするため、PINフォトダイオードを逆バイアス電圧無しに用いるビームロスモニターを開発中である。

ビームロスモニターの性能を評価する為、電子ビーム損傷試験装置を用いた真空チェンバーへの電子ビーム照射実験時のビームロスモニター信号を観測した。放射線損傷の監視の為、ビームロスのメカニズムを解明する為、ビームロスハンドリングの為、またビーム物理学的観点からビーム挙動を調べるモニターの一つとしても、ビームロスモニターは期待できる。

PINフォトダイオードを用いるロスモニターに関してKEKBの池田仁美氏より助言を頂きました。深く感謝致します。

## 参考文献

- [1] T. Bizen, Nucl. Instr. and Meth. A 574, 401 (2006).
- [2] 大石真也、他、SPring-8 スタディレポート SR06-007。
- [3] 依田哲彦、他、「SPring-8電子蓄積リング真空チェンバーの8GeV蓄積電子廃棄時における損傷の調査」、真空 Vol. 48 (2005), pp.103-105.