

ERL ビームモニターシステム

平松成範 (KEK 加速器研究施設)

春日俊夫、三橋利行、山本 樹、芳賀開一、本田 融、帯名 崇 (KEK 物質構造科学研究所)

1 ビーム仕様目標

$\lambda \sim 0.1\text{nm}$ のX線を回折限界で発生可能なように5GeV ERLの目標ビーム性能を次のように想定する。

エミッタンス $\varepsilon < \lambda/4\pi \sim 8\text{pm}$ ($\varepsilon_n < 8 \times 10^{-8}\text{m}$)

バンチ長 $\sigma_z \sim 30\text{--}300\mu\text{m}$ (100fs-1ps)

ビームサイズ $6\text{--}9\mu\text{m}$ ($\beta = 5\text{--}10\text{m}$)

このようなビームをハンドリングするために必要なビームモニタを以下に列挙する。

2 ビーム位置モニタ

- ・目標分解能 $\sim 1\mu\text{m}$
- ・BPM 信号ピックアップ：ボタンまたはストリップライン (信号出力電荷量は同等)
- ・計測可能電流範囲：10 μA ~100mA 目標
- ・ビームベーストアライメント：全Q-mag独立可変 ($\Delta K/K \sim \pm 1\%$)
- ・ベータートロン位相進み v の測定
チューンメータ使用不可 BPM で測定
ビーム供給との両立不可 (軌道変位必要)
必要精度： $\Delta v/v \sim 0.01$ BPM精度1 μm 必要
- ・BPM設置台数は必要な $\Delta v/v$ からシミュレーションで決める必要あり
- ・BPMはQ-magに固定：固定不可のBPMは変位センサーにて常時BPMの変位を測定
- ・HOMノイズ：半径15mmのビームチェンバー(cutoff 5.85GHz)ではBPMの前後13cmにインピーダンス源がない構造とすることが必要
- ・信号処理：検波周波数 $2 \times f_{rf}$ (2.6GHz)
高速応答：各ボタン信号を並列処理 頻繁にビームベーストアライメントが必要
低速応答：ボタン切換方式 安定

3 ビームサイズモニタ

ワイヤーモニター&スクリーンモニタ(蛍光板、OTR): シングルパルスモードにて使用

4 ビーム強度モニタ

- ・高速タイプ：ボタン or ストリップライン電極 (バンチ信号電圧 $\sim 2\text{mV}/10\text{pC}$)
- ・低速タイプ：DCCT (DC $\sim 100\text{kHz}$ 、絶対値) 電流ランピング制御 (電子銃制御 $dI_b/dt < 100\mu\text{A}/20\text{msec}$) に使用

4台設置：ビームロスの絶対量モニタ

5 放射光モニタ

- ・SR 取出し(可視光)：Be ミラー4ヶ所
取出し場所：TBAセル中央のバンド
最低1ヶ所にX線チャンネル
- ・ σ_x 計測：弱い垂直ウィグラー設置
- ・長直線部光軸変動モニター：アンジュレーター光の低エネルギー部を利用
- ・ハルトマンマスクによるミラーの熱変形モニタ設置
- ・ビームサイズ計測(干渉計)：反射光学系採用
 $\lambda \sim 300\text{--}400\text{nm}$ 、分解能 $\Delta\sigma \sim 1\mu\text{m}$
- ・プロファイル計測
硬X線イメージング
可視光高速ゲートカメラ (0.2ns) + OTR
- ・縦方向プロファイル(バンチ長)計測
反射光学系 + ストリークカメラ
強度干渉計：短バンチ運転 (<200fs)

6 長尺アンジュレーター部ビームモニタ

- ・アンジュレーターユニット (5 or 10m) 毎に収束用Q-mag、位相調整用シケイン及びBPM & OTR & 蛍光スクリーンモニタ設置
- ・BPM：ボタン電極BPMと平行してcavity型 BPM開発 (2.6GHz、140.7mm ϕ pill-box) (cavity BPM (TM₁₁₀) @LC R&D：分解能 $\Delta x \sim 25\text{nm}$)

7 ビーム損失モニタ

- ・PIN ダイオードを全周配置 (~ 130 ch)
アナログモード：応答 < 20 μsec
カウンティングモード：DC的ロス検出
DCCT： $\sim 10\mu\text{A}$ 以上のロス判定

8 フィードバックシステム

- ・BPM：軌道制御&ビームライン光軸制御
- ・電子銃へのフィードバックはワンターンフィードバック by BPM & DCCT
- ・軌道長制御：減速ビーム位相 & BPM シケインにフィードバック
- ・必要なフィードバックと必要性能のリストアップが急務