

放射光干渉計によるビームサイズ測定 II

高林雄一，金安達夫，岩崎能尊，江田茂
九州シンクロトロン光研究センター

昨年度の成果報告会では，放射光モニタ用ビームライン BL20 に放射光干渉計を構築してビームサイズの測定を行い，計算値とほぼ一致した結果が得られたことを報告した．本年度は，常時ビームサイズがモニタできるように，ビームサイズ測定の自動化を行ったので報告する．

放射光干渉計は上流から，ダブルスリット，アクロマティックレンズ，ND フィルター，拡大レンズ，偏光フィルター，バンドパスフィルター，CCD カメラから構成されている．CCD 上に結像された干渉縞の画像は，フレームグラバードを通してパソコン(サーバー)で取得した．得られた干渉縞を理論式とフィットすることにより，ビームサイズを導出することができる．画像取得・フィット解析のソフトウェアは，LabVIEW を用いて作成した．サーバーパソコンで求められたビームサイズは，制御室にあるパソコン(クライアント)上で 1 秒ごとに表示されるようになっている．サーバー-クライアント間の通信には，当センターの加速器制御で実績のある ActiveX CA プロトコルを採用した．本ビームサイズモニタシステムは，日常の加速器運転におけるビーム状態の確認にとどまらず，アンジュレータ・超伝導ウイグラー等の挿入光源がビームに与える影響を調査する際にも重要な役割を果たしている．

放射光干渉計によるビームサイズ測定II

高林雄一, 金安達夫, 岩崎能尊, 江田茂
九州シンクロtron光研究センター

目的

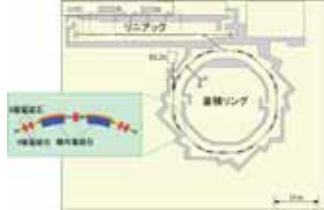
蓄積ビームの診断

⇒ ビームサイズ測定システムの開発

放射光モニタ用ビームライン

SAGA-LS電子蓄積リング

周長	75.6 m
エネルギー	1.4 GeV
蓄積電流値	300 mA
臨界エネルギー	1.9 keV
放射パワー	32 kW
放射パワー密度	5.1 W/mrad



BL20 (5°ポート)

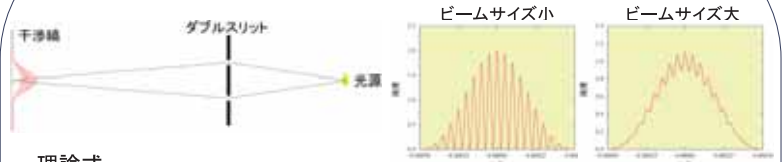
ベリリウムミラー

33.6 (横) × 70 (縦) × 45 mm (厚さ)
面精度: λ/4

取出窓	ICF152, 合成石英, φ100 mm, 厚さ: 10 mm 面精度: λ/10 大気側: anti-reflection (AR) コーティング 真空側: ARコーティング無
大気中のミラー	φ100 mm, 面精度: λ/10 2軸回転 ステッピングモーターによる遠隔制御

光路は暗箱と黒色パイプで覆われている

放射光(SR)干渉計

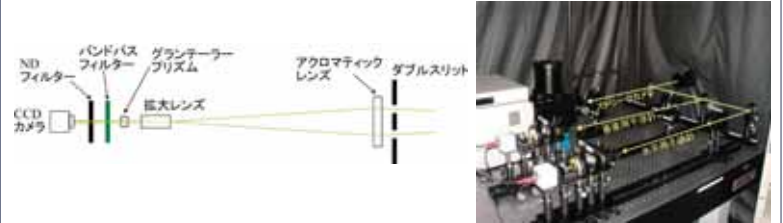


理論式

$$I(z) = I_0 \left[\sin c \left(\frac{\pi w}{\lambda R} (z - z_1) \right) \right]^2 \left[1 + \gamma \cos \left(\frac{2\pi D}{\lambda R} (z - z_2) \right) \right]$$

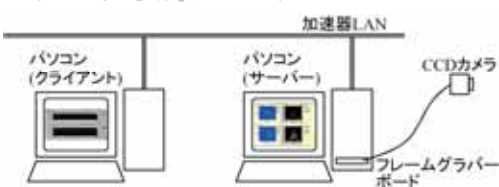
⇒ ビームサイズ $\sigma = \frac{\lambda L}{\pi D} \sqrt{\frac{1}{2} \ln \left(\frac{1}{\gamma} \right)}$

$\sin c(z) = \frac{\sin z}{z}$
 z : x (水平) or y (垂直), γ : visibility
 w : スリット幅, λ : 波長, R : ダブルスリットと焦点間の距離,
 D : ダブルスリットのスリット間距離, L : 光源とダブルスリット間の距離



ダブルスリット	スリットの幅: 1 mm スリット間の距離: 4 mm (水平), 15 mm (垂直)
アクロマティックレンズ	焦点距離 $f = 500$ mm
グランテラープリズム	σ 偏光を選択, 消光比: 5×10^{-6}
バンドパスフィルター	500 nm \pm 5 nm (緑色)
CCDカメラ	アナログ, 白黒, 高感度

データ収集システム



- ◆ Windows/パソコン
- ◆ CCDカメラで測定した干渉縞の画像はフレームグラバードを通してパソコンで取得
- ◆ ActiveX channel access (CA) プロトコル

サーバー

Visibility: γ

ビームサイズ

◆ LabVIEW

◆ 干渉縞のプロファイルはLevenberg-Marquardt法を用いて理論式にフィット

2乗平均平方根(RMS)

平均値

平均時間

クライアント

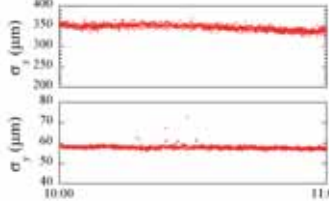
◆ LabVIEW

◆ 1秒ごとにビームサイズを表示

◆ ビームサイズの経時変化も表示

結果

ユーザー運転中のデータ



垂直ビームサイズ(σ_y)において、数点のデータが平均値から大きくずれていた。これはフィットのエラーによるものである(フィットエラーの低減が今後の課題)。
 垂直ビームサイズは、計算値(58 μ m)とよく一致していた。

水平ビームサイズ(σ_x)は計算値(203 μ m)と一致していなかった。

Emitance: ϵ	25 nm-rad
Coupling: κ	1.4% (差共鳴周辺のチューン差測定により決定)
$\Delta p/p$	6.73×10^{-4}

BL20 (5°ポート)

β_x	1.13 m
η_x	0.17 m
σ_x	203 μ m

$$\sigma_x = \sqrt{\beta_x \epsilon \frac{1}{1+\kappa} + \left(\eta_x \frac{\Delta p}{p} \right)^2}$$

β_y	9.76 m
η_y	0 m
σ_y	58 μ m

$$\sigma_y = \sqrt{\beta_y \epsilon \frac{\kappa}{1+\kappa}}$$

- 電子ビームのエネルギー幅が、不安定性等により蓄積電流値とともに増加した。
- ベリリウムミラーが熱負荷により変形し、ビームサイズの測定に影響を与えた。

まとめ

- 放射光モニタ用ビームラインの整備
- 放射光干渉計の構築
- ActiveX CAプロトコルを採用したクライアント-サーバーシステムの開発
- 取得されたビームサイズは1秒ごとに制御室のパソコン上に表示
- 日常の加速器運転におけるビーム状態の確認にとどまらず、アンジュレータ・超伝導ウイグラー等の挿入光源がビームに与える影響を調査する際にも重要な役割を果たしている。

謝辞

放射光モニタ用ビームラインBL20及び放射光干渉計の構築にあたりご指導いただきましたKEKの三橋利行教授に深く感謝いたします。
 また、本研究を行う機会を与えて下さった吉田勝英氏、富増多喜夫氏に感謝いたします。