

Development of a Beam Measurement System of LBT for a High-energy Beam Facility

Hirofumi Tanaka and Tetsuya Nakanishi

Advanced Electrotechnology Department, Central Research Laboratory
Mitsubishi Electric Corporation

Abstract

A beam measurement system of LBT has been developed. Momentum spectra of each shots of a linac beam and emittances can be measured easily by virtue of this control system. Momentum spectra are measured using an analyzer magnet and a profile monitor of the multiwire type, and emittances are measured using a slit and the profile monitor. Measured momentum spread is $\pm 0.6\%$ at FWHM, and measured unnormalized emittances are about $1.47\pi\text{mm.mrad}$ and $1.25\pi\text{mm.mrad}$ for x and y, respectively.

SR 装置低エネルギービーム輸送系のビーム計測システムの開発

1 始めに

シンクロトロン放射光装置が当社中央研究所西部基礎研究棟に建設されている。本装置は 20MeV ライナック、1GeV 常電導シンクロトロン及び 800MeV 超電導小型蓄積リングからなる。ライナック及びシンクロトロンは既に完成し [1]、シンクロトロンのビーム加速実験を行っている。本装置の目的は、装置の研究試作を通じて装置技術を開発し、更に装置から得られる高エネルギービーム及び放射光を用いた基礎研究を行うことである。

今回、ライナックからシンクロトロンへビームを輸送する低エネルギービーム輸送系(LBT系)のビーム計測システムの開発について報告する。ライナック出射ビームのエネルギー分散やエミッタンスはシンクロトロンへの入射の条件を決定する際に正確に測定することが必要とされる。筆者らは出射ビームのショット毎のエネルギー及びその分散を簡単に測定できるシステムを開発した。本システムは偏向電磁石とショット毎のビーム強度分布が測定できるワイヤグリッドモニタからなる。また同じ型のモニタとスリット装置を使ってエミッタンスを測定するシステムを開発した。コンピュータにより、測定結果は自動的に処理されエミッタンス、ツイスパラメータ等を即座に得ることができる。以下にこれらのシステムの概要、並びにライナックのエネルギー分散測定、エミッタンス測定の結果について述べる。

2 装置と制御システム

図1にシンクロトロン放射光装置の平面図を示す。また図2にLBT系の構成図を示す。図2の左よりライナック・ビームが入射される。LBT系には、6個の4極電磁石、5個のステアリング電磁石が設置してあり、ビーム径やビーム傾き、位置の調整を行う。LBT系中の最大ビームサイズ(5σ)は $x = \pm 11.1\text{mm}$, $y = \pm 8.4\text{mm}$ (設計値) 程度である。その他の電磁石として、エネルギーと分散測定に用いる偏向電磁石(BM)がある。

モニターは蛍光板モニタ(SC)が2台、電流モニタ(CT)が3台、ワイヤグリッドモニタ

(WG) が 3 台設置してある。その他にエミッタンス測定に用いるスリット (SL) が設置してある。

WG は 1 つのセラミック・フレームに 0.15ϕ の BeCu 線を縦横 (yx) にそれぞれ 1mm 間隔で 15 本張った測定部と駆動部から構成される [2]。セラミック・フレームを 45 度方向に動かすことで、1 台の駆動装置で x,y 両方向に可動可能な構造となっている。ビームがワイヤーを通過するとワイヤから 2 次電子が放出される。等価的に正の電荷がワイヤーに流れ込んだことになり、それをコンデンサに蓄電し電圧に変換する。そのあと信号をマルチプレクサーで処理し、オシロスコープ、または CAMAC の ADC に入力し信号処理が行われる。WG を微小動かしデータを取ることで 1mm 以下の精度でビーム・プロファイルの測定が可能である。また、シンクロトロンへの入射の時のビームの軸だしも、WG を用いて自動的に行うことが可能である。

LBT 系制御システムを図 3 に示す。モニタの駆動、信号線の切り替えはすべて μVAX により制御される。 μVAX は CAMAC3 台をパラレル・バスを使って直接制御している。迅速なデータ処理が必要とされるので、WG の信号読み取り部分のみ、マイクロ・コンピュータ (PC) 上で CAMAC 制御及びデータ処理を行う。

3 測定結果

エネルギー分散測定

エネルギー分散測定は BM でビームを偏向させ、下流の WG3 で水平方向のビームサイズを測定することにより行う。オシロで観察した連続 4 ショットの WG 出力を図 3 に示す。図の上側がビーム・オン時の信号で下側がビーム・オフ時の信号である。また WG3 の位置は $\eta = 1m$ であるので、水平方向の 1mm が $\frac{\Delta P}{P} = 0.1\%$ に相当する。図より、ライナックビームのエネルギーのショット毎のふらつきは $\pm 0.1\%$ 程度、エネルギー分散は $\pm 0.5\%$ 以下であることがわかる。

エミッタンス測定

エミッタンス測定はスリットを動かしながら WG2 でビーム径を測定することで行う。WG の測定データは PC で処理され、最小 2 乗フィッティングした位相平面上の楕円がディスプレイ上に即座に描かれ、エミッタンス、 α, β 等も自動的に計算される。図 4 に中研ライナックのエミッタンス測定をした結果を示す。 $\epsilon_x = 1.47\pi mm.mrad, \epsilon_y = 1.25\pi mm.mrad$ であった。

4 まとめ

SR 装置 LBT 系のビーム測定システムを開発した。ショット毎のライナック・ビームのエネルギーと分散、エミッタンス等が容易に測定可能である。測定の結果、ライナックビームのエネルギー分散は $\pm 0.6\%$ 、エミッタンス $\epsilon_x = 1.47\pi mm.mrad, \epsilon_y = 1.25\pi mm.mrad$ であった。

References

- [1] S.Okuda, et all. 'A High Energy Electron Beam Facility for Industrial Research', Proceedings of Particle Accelerator Conference, U.S.A(1991)
- [2] T.Nakanishi 'Measurements of Emittances and Momentum Spectra of a 20MeV Electron Linac Beam.', N.I.M., A277,313-318(1989)

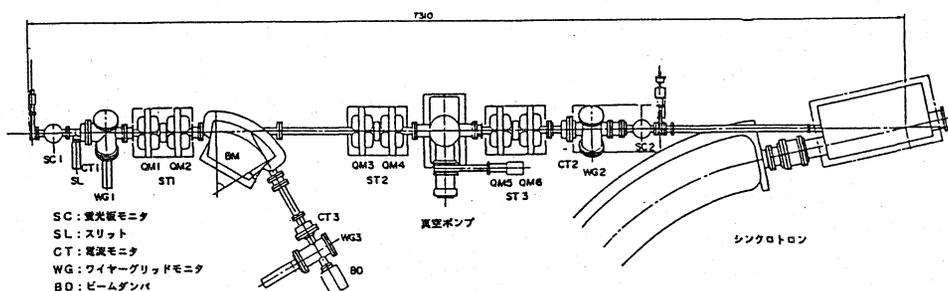


図2 LBT系機器配置図(左側よりライナック・ビーム入射)

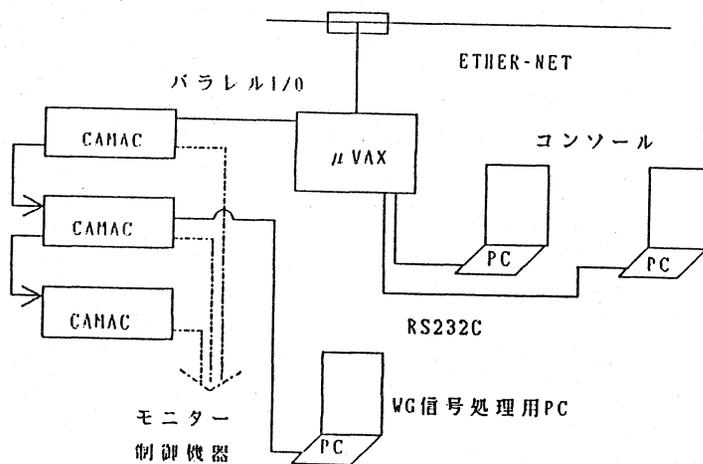


図3 LBT系制御システム図

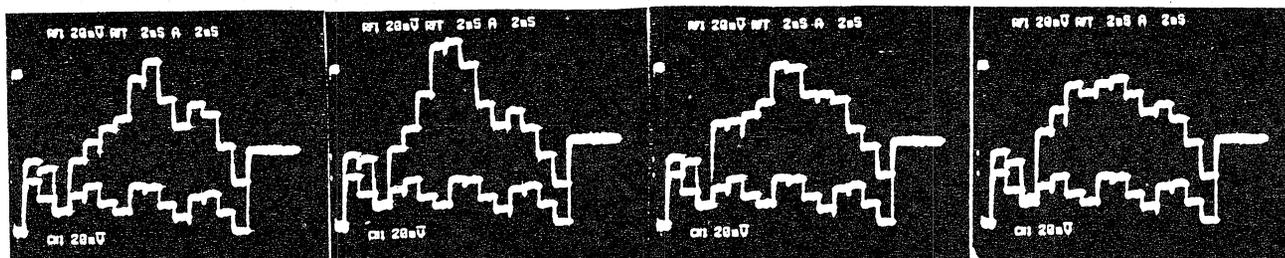


図4 WGで測定したビームプロファイル(上)ビーム・オン、(下)ビーム・オフ

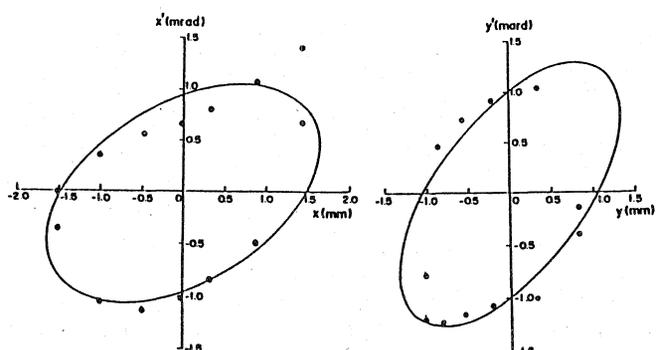


図5 エミッタンス測定の結果(左)水平、(右)垂直

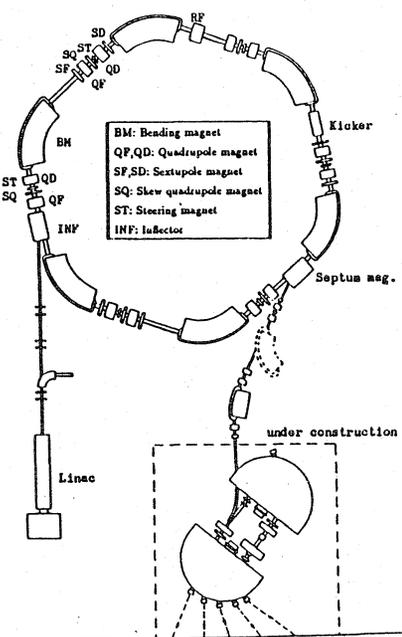


図1 高エネルギー実験装置