

[P8-31]

BUNCH MONITOR OF THE INJECTOR FOR THE HYOGO HADRON THERAPY CENTER

K.Okanishi, K.Uno, K.Sawada, S.Hara, T.Sakata, H.Harada¹,
A.Itano², A.Higashi², T.Akagi², K.Noda³, S.Yamada³, M.Torikoshi³ and A.Noda⁴

Sumitomo Heavy Industries, Ltd. ; 5-2 Soubiraki-cho, Niihama, Ehime 792-8588, Japan

¹Mitsubishi Electric Corporation ; 1-1-2 Wadasaki-cho, Hyogo-ku, Kobe 652-8555, Japan

²Hyogo Prefectural Government ; 5-10-1 Shimoyamatedori, Chuo-ku, Kobe 650-8567, Japan

³National Institute of Radiological Sciences ; 4-9-1 Anagawa, Inage-ku, Chiba 263-8588, Japan

⁴Kyoto University ; Gokanoshō, Uji, Kyoto 611-0011, Japan

Abstract

Hyogo Hadrontherapy facility in Harima Science Garden City is a cancer therapy facility with proton, helium and carbon beams. The beams are supplied by a synchrotron with RF linacs as an injector. The facility has manufactured by Mitsubishi Electric Corporation and the injector has manufactured by Sumitomo Heavy Industries, Ltd (SHI). In order to measure the beam energy and density non-destructively two capacitive bunch monitors are set on the beam line between the injector and the synchrotron. The preliminary performance test with substituting electric pulses for the beam signal has been finished successfully at the SHI factory, and the results are reported in this paper.

兵庫県立粒子線治療センター（仮称）向け入射器のバンチモニタ

1. はじめに

兵庫県立粒子線治療センター（仮称）向け入射器に設置するバンチモニタについて報告する。このバンチモニタは、入射器からシンクロトロンへ輸送されるビームのエネルギー及強度を、ビームを破壊することなく測定することを目的として設置される。これによって、シンクロトロンへビームを入射している間もビームの状態を監視することができる。又、入射器単独運転によるビーム調整時、ビームエネルギー確認が入射器のみで行える。

バンチモニタは、入射器最下流部のビーム輸送ラインに2台一定の距離をおいて設置する。この時、2台のバンチモニタから検出されるバンチ信号の時間差（実際には位相差）からビーム速度を測定し、エネルギーを算出する。HIMAC 入射器では、同型式のバンチモニタを

用いて、ビーム速度測定に成功している。ビーム強度は、入射器最下流のファラデーカップによって測定されたビーム電流値とバンチモニタからの出力信号を予め校正しておくで測定することとした。

2. バンチモニタの設計

バンチモニタの外観図を図1に示す。バンチモニタは、ピックアップ部にリング状の電極（以後ピックアップリング）を用いている。ピックアップリングの静電容量を計算し易いように、リングの外側を同心円筒状の金属で囲んでいる。また、リングに直接ビームが当たらないよう、スリットを取り付けてある。

バンチモニタからの出力信号は、ピックアップリングのビーム軸方向の長さ、静電容量及び受信回路の入力インピーダンスに依存する。バ

ンチモニタを通過するビームの仕様を表1に、バンチモニタの設計パラメータを表2に示す。

表1. バンチモニタを通過するビーム仕様

ビーム電流値	68 μ A ~ 2 mA
ビームパルス幅	100 ~ 200 μ s
繰り返し	2Hz
β	0.103332
$\beta \lambda$	154.98mm
バンチ間隔	5 ns
バンチ長	38.75 mm

表2. バンチモニタ設計パラメータ

ピックアップリング幅	25mm
ピックアップリング内径	ϕ 60mm
ピックアップリングの静電容量	15.5 pF
バンチモニタ検出信号レベル (ビーム電流100 μ Aの場合)	9mVp-p

図2にバンチモニタの等価回路を示す。C_sはピックアップリングの静電容量である。Rは同軸フィードスルーに接続するケーブルの特性インピーダンスである。等価回路からわかるようにハイパス・フィルタ型の周波数特性を持っているため、出力信号がバンチの形を再現するためにはC_sRの時定数よりバンチ長が十分短くなければならない。このため、C_sRの時定数を大きくするため、FETプローブを用いてインピーダンスRを大きくしている。

3. 模擬信号テスト

模擬信号テストの構成ブロック図を図3に示す。ビームの模擬信号源には高速のパルスジェネレーターを用いており、パルスジェネレータの出力信号がバンチモニタ内を通過する際に生じる反射を少なくするために、ピックアップリングまでの前後を同軸管構造で特性インピーダ

ンスが50 Ω に整合が取れるような治具を取り付けた。パルスジェネレータの設定は、繰り返し200MHz、パルス幅約1.25nsとした。出力電圧設定値は、実ビーム時のピックアップリングに誘起する電荷量と同じになる電流値を計算し、負荷を50 Ω として算出した電圧値でテストを行った。図4にビーム電流100 μ Aに相当する模擬信号を入力した場合のバンチモニタ検出信号をオシロスコープで測定した結果を示す。画面上側がバンチモニタ検出信号、画面下側が模擬信号を示す。バンチモニタの検出信号が模擬信号のバンチ形をよく再現していることがわかる。検出信号レベルも9.8mVp-pと、設計値とほぼ一致している。また、模擬信号の入力レベルに対する直線性も良好であった。

4. まとめ

模擬信号テストはまだ途中であるが、現状までのテスト結果は設計値と良く一致しており満足行く結果が得られている。引き続き、バンチ長が変化した場合の特性試験及び、2個のバンチモニタの個性差確認等を行う予定である。今後は、これらの測定データをもとに信号処理回路系の設計を行い、エネルギーモニタ、ビーム強度モニタとして完成させていく予定である。

参考文献

- [1] OHO '91 ビーム計測
- [2] T.Katoh, et "Non-Destructive Velocity Monitor for the HIMAC Injector" 第11回加速器科学研究発表会 proceeding

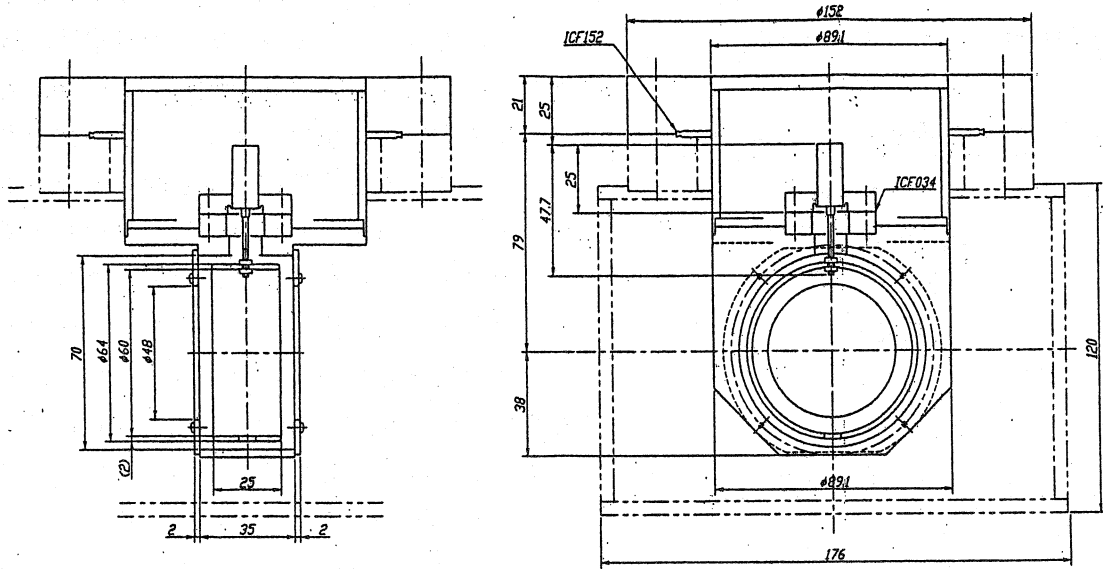


図1 バンチモニタ外形図

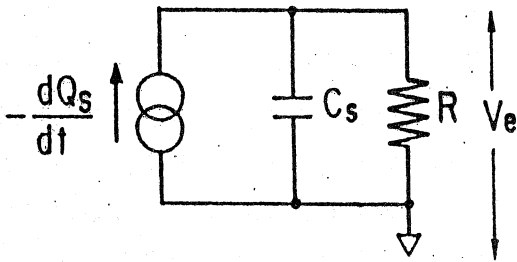


図2 等価回路

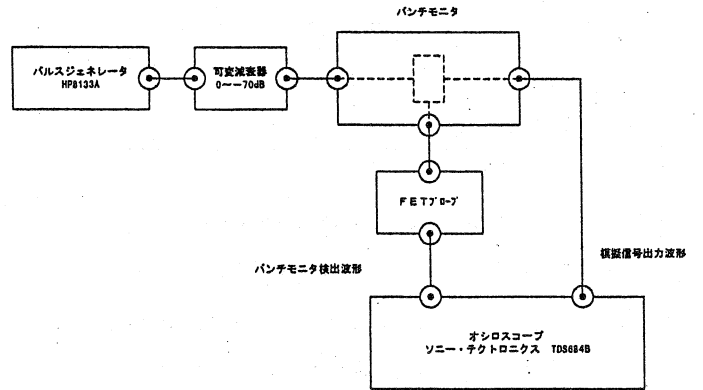


図3 模擬信号テストブロック図

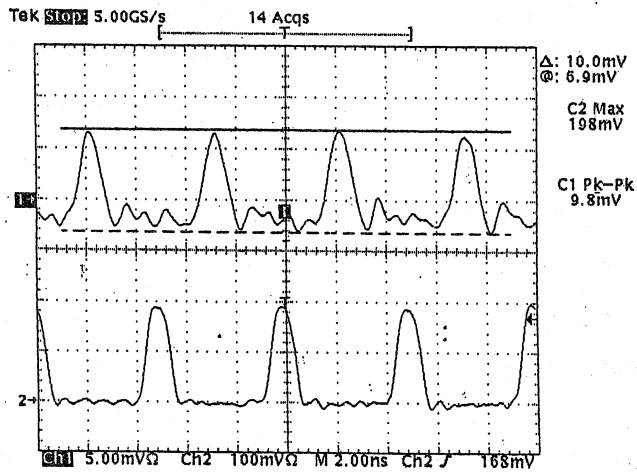


図4 バンチモニタ検出信号