

BEAM VELOCITY MONITOR FOR KEK 40MEV PROTON LINAC

Z.IGARASHI, E.TAKASAKI, T.TAKENAKA and K.NANMO

National Laboratory for High Energy Physics, KEK

Abstract

At KEK 40MeV Proton Linac, beam velocity monitors based on the TOF (time of flight) method were designed and constructed to measure the velocity of proton (H^+) beam or deuteron (D^+) beam, nondestructively. It consists of a pair of bunch sensor (CT or Pick-Up) and 201MHz band pass filters, and a phase detector. The results of this monitor is consistent with those of the conventional magnetic analyzing system.

1.はじめに

KEK40MeV陽子リニアックではビームエネルギーや運動量分布の測定は電磁石を用いたアナライザーにより行われてきた。しかしこの装置は大型かつ複雑であるため、40MeVラインにしか設置されていない。また測定によりビームが完全に失われるため、ブースターや主リング行のビームは測定出来ないし、測定回数が多いほど残留放射能も多くなる。

そこでTOF (飛行時間) 法によりビームを失うことなく、その速度を測定し、これよりエネルギーを求める、より簡単なモニターを開発し、アナライザーとの比較を行なった。

2. TOF (飛行時間) 法について

2つのバンチセンサー間の距離を L 、 c を光速、飛行時間を t とすると、 β ($=v/c$) は

$$\beta = L / t * c$$

となるが、飛行時間 t を直接バンチ信号より求めることは一般に難しい。そこで t の代わりに位相を測定して β を求めることにする。そこで、 T をバンチ信号の基本波 (201MHz) の周期とし、位相差を ϕ とすると、上式は

$$\begin{aligned} \beta &= L * 360 / T * \phi * c \\ &= L * 360 / \phi * \lambda \end{aligned} \quad \lambda : \text{基本波の波長}$$

となる。

3. モニターシステムについて

全体のブロック図を図-1に示す。バンチセンサーとしては20MeVラインにはCTのみ、40MeVラインはCTとピックアップ電極をそれぞれ設置している。CTは巻き線1ターンで、TDK社製、NA40型アモルファスコアーを用いている。この周波数特性、パルス応答波形を図-2、図-3に示す。

ピックアップ電極はアルミ製円筒 (内径=77、幅=30) を4分割したもので位置モニターとしても使用出来る。

信号の伝送には温度変化に対する位相の安定度が高い ($\sim 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$) ケーブル (WF-H50-4、三菱電線社製) を使用している。

位相検出器では入力信号をダウンコンバートして1MHzとし、さらにロジック信号に変換し、位相差を検出している。

4. 測定結果および40MeVアナライザーとの比較

H^+ ビーム加速時の20MeVおよび40MeVのビーム速度モニター出力を図-4に、この時のアナライザーの出力を図-5に示す。図-6は D^+ ビーム加速時のものである。図-7と図-8はタンク-1 (20MeV) のフィ

ールドを変えた時のエネルギー変化の様子を示した図である。図-9はタンク-2 (40MeV) を変えた時のもの、図-10はタンク間の位相を変えたときのものである。

5.まとめ

安価で簡単な構成のビーム速度モニターを開発しアナライザーとも一致する結果が得られた。今後は位相検出器をさらに高速なものとし、バンチセンサーを20MeVタンクの上流にも入れて、所謂、 Δt 法もやって見たい。

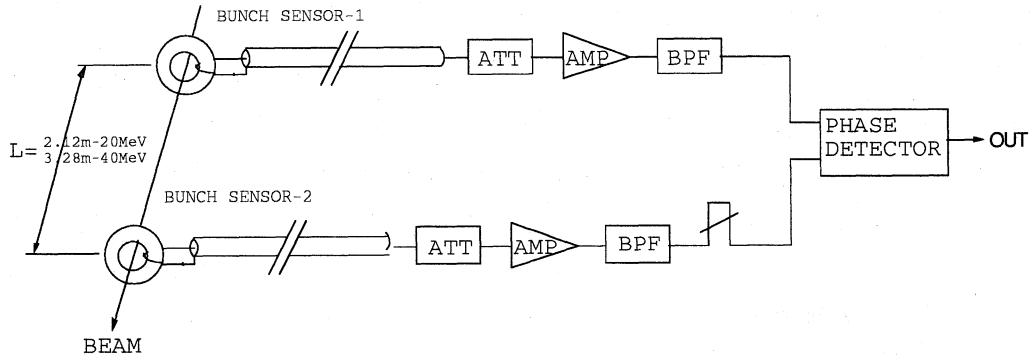


図-1 ブロック図

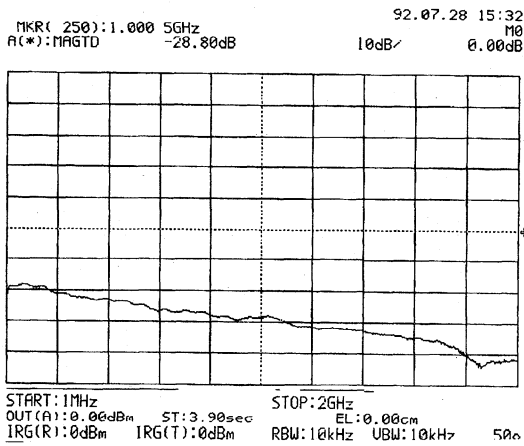


図-2 CTの周波数特性

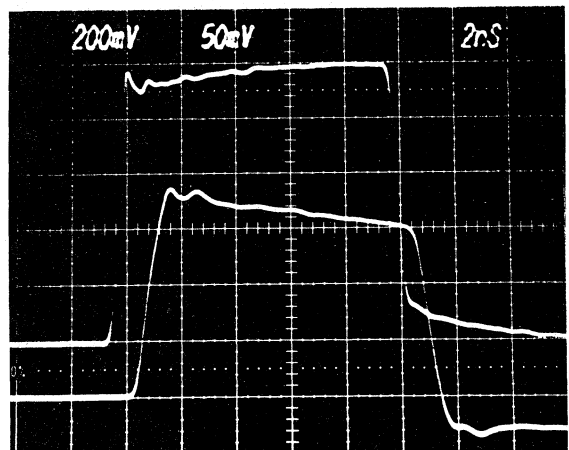


図-3 CTのパルス応答波形 (上:入力、下:出力)

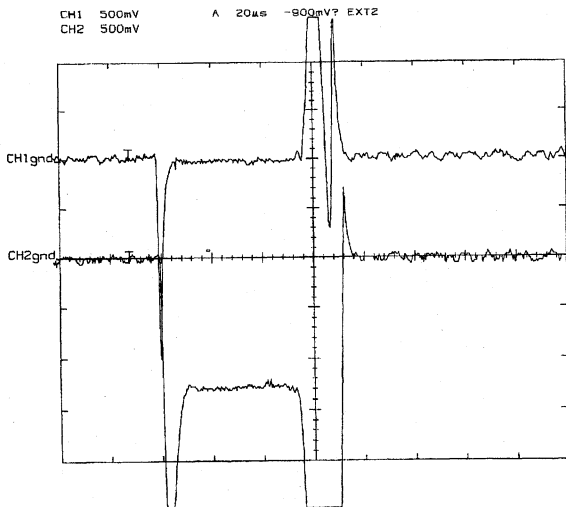


図-4 上: 20MeV速度モニター (0.34MeV/V)
(0V=20.29MeV)
下: 40MeV速度モニター (0.64MeV/V)
(0V=41.38MeV)

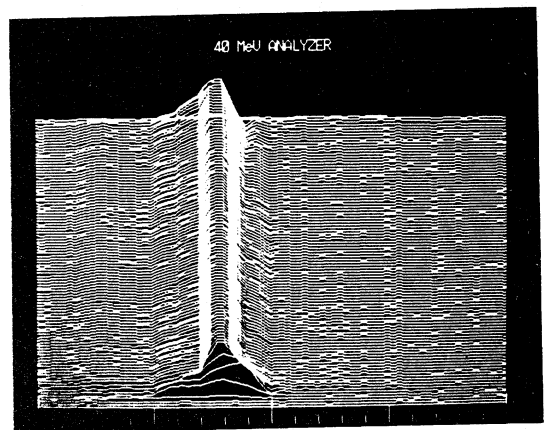


図-5 アナライザー (60keV/div)
(中心: 40.72MeV)

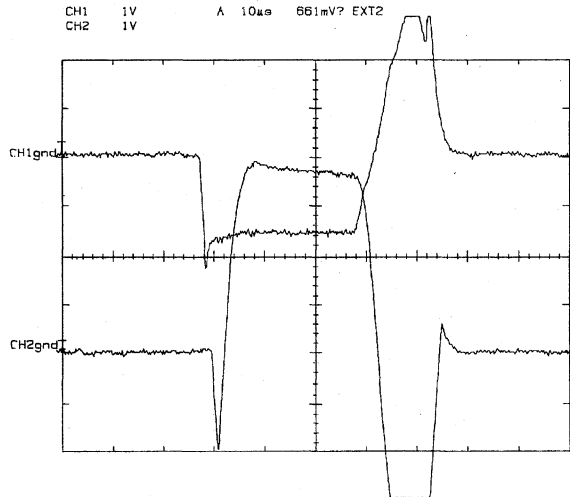


図-6 上：20MeV速度モニター (0.08MeV/V)
 (0V=9.837MeV)
 下：40MeV速度モニター (0.14MeV/V)
 (0V=18.78MeV)

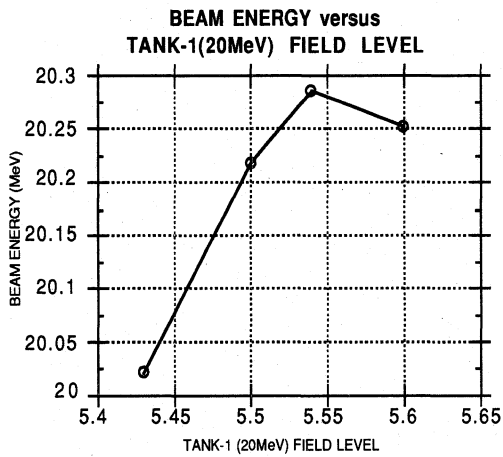


図-7 20MeV速度モニター
 対 TANK-1

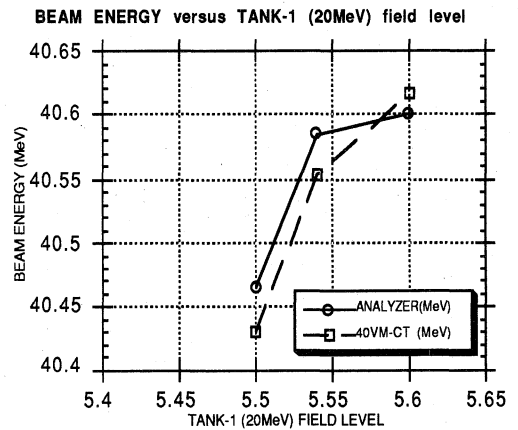


図-8 40MeV速度モニター&アナライザ
 対 TANK-1

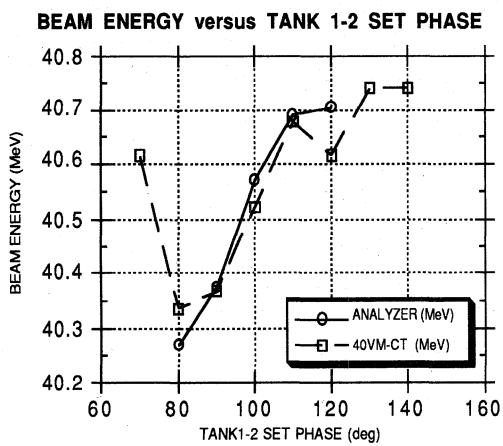


図-9 40MeV速度モニター&アナライザ
 対 TANK-2

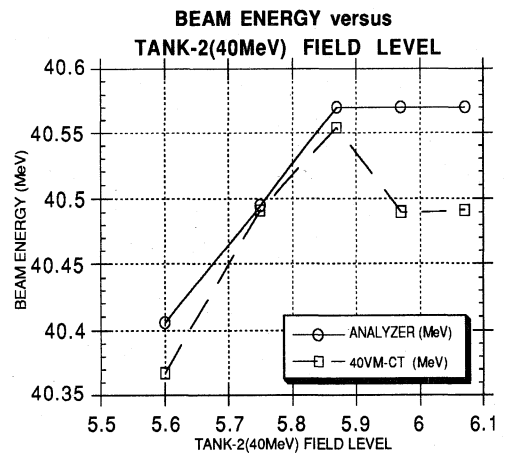


図-10 40MeV速度モニター&アナライザ
 対 TANK 1-2位相