

RESPONSE OF BEAM MONITOR USING TRANSMISSION-LINE PICKUP

A. Homma, T. Sawamura, U. Takagi, H. Yamazaki,  
J. Ohokuma,\* T. Yamamoto,\* S. Okuta,\* and S. Suemine\*\*

Department of Nuclear Engineering, Hokkaido University

\*Radiation Laboratory, The Institute of Scientific and Industrial  
Research, Osaka University

\*\*Unicon System Co.Ltd

ABSTRACT

A beam monitor using a transmission-line type pick-up, mounted inside a cylindrical boundary conducting wall, was studied. The response for the single bunch beam was measured with the Osaka University 28MeV Linac. For a extremely short bunch, the response function of this monitor was given by a simple approximation model. The simulated wave form fairly agrees with the one observed for a single bunch beam from the linac.

伝送線路形式のピックアップを用いた  
ビームモニターの応答

【はじめに】

細いワイヤーやストリップラインをビーム軸に平行に張り信号を検出する伝送線路形式のピックアップを用いた位置検出モニターについては多数の報告があり本研究会でも取り上げられてきた。(3)(4)しかし、応答の機構についての報告は少なく近年ではW. Barry のものがあるが実際の電子ビームに対しての応答は測定されておらず、また位置検出が目的であるため波形応答に関しては具体的な議論はされていない。

2) 本研究では線路解析を基礎としたダイアグラム法によりこの形式のピックアップを用いたビームモニター(以下単にモニターと呼ぶ)の応答関数の導出と波形シミュレーションを行い、シングルバンチ・ライナック電子ビームに対する測定結果との比較を行った。

【線路モデルと応答関数】

図1 a) に伝送線路形式のピックアップを用いたモニター(以下単にモニターとする)の概略図を載せる。金属円筒内部にビーム軸に平行に張った太さ0.5mmの導線により特性インピーダンス $Z_0$ ( $\Omega$ )の伝送線路を形成し、

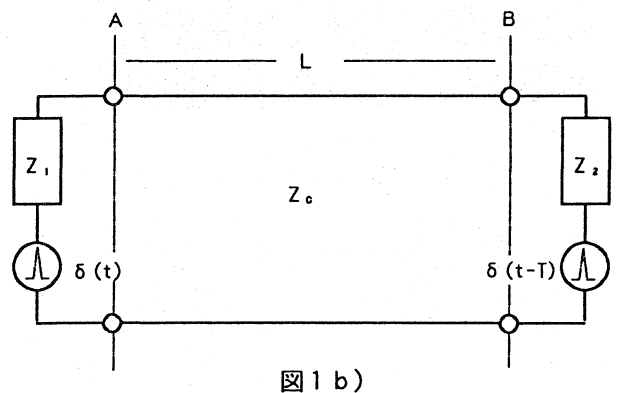
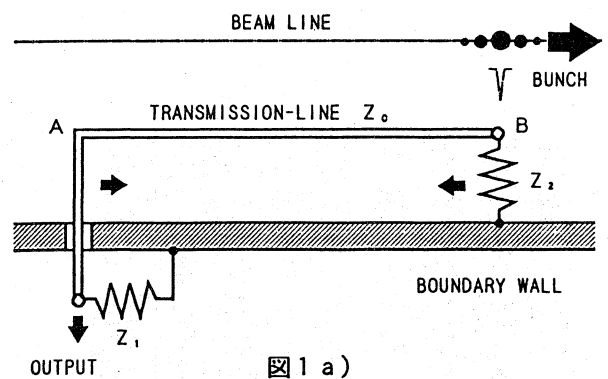


図1 伝送線路形式のモニターの概略図と線路モデル

ビームの下流方向の端Bを  $Z_2$  ( $\Omega$ ) の抵抗で終端する。今回はB点を短絡し  $Z_2$  ( $\Omega$ ) = 0 とした。出力はビームの上流端Aに接続したインピーダンス  $Z_1$  ( $\Omega$ ) のケーブルを經由して得る。信号は図1 a) でビームが線路の端A、B点に近づくとき、あるいは離れるときにこの部分に発生する。これを二つの信号源を有する等価回路で表したのが図1 b) である。上流端Aで発生した信号が線路内を往復し、出力ケーブルへと伝搬する様子を計算するためのダイアグラムが図2である。縦軸の目盛りは線路内の信号伝搬時間  $T$  を単位にした時刻である。 $\Gamma_1$  は線路からA点をみたときの電圧反射係数、 $\Gamma_2$  は同様にB点をみたときの反射係数である。今回は  $Z_2=0$  を扱っているので  $\Gamma_2=-1$  である。また  $\rho_1=1+\Gamma_1$ 、 $\kappa_1=Z_c/Z_1+Z_c$  である。下流端Bで発生した信号に対しても同様のダイアグラムを用い、これら信号源からの信

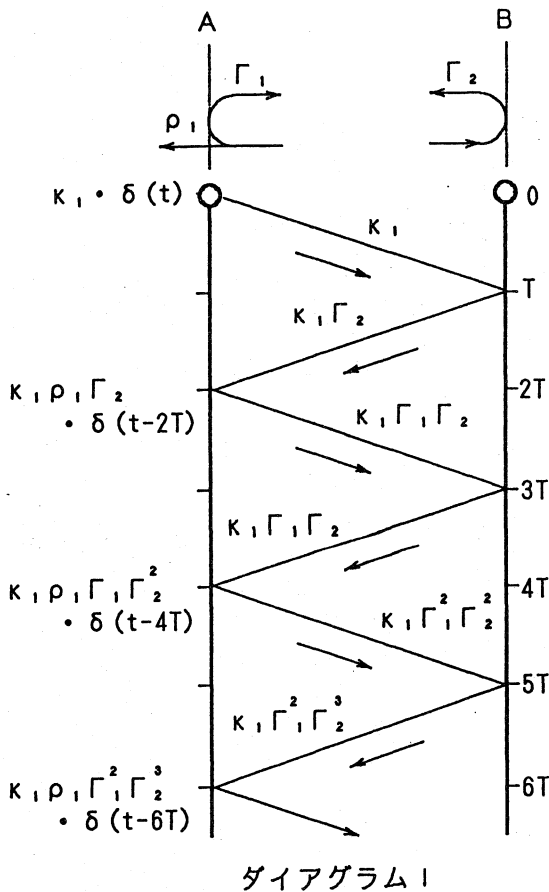


図2 出力応答を計算するためのダイアグラム (ビーム上流端信号源のみ)

号を出力端で加算する。またビームは光速で進行し、線路内の信号も同じ早さで伝搬するとした。ビームを  $\delta$  関数入力としたときの応答は以下の式のように表わされる。<sup>1)2)</sup>

$$G(t) = \kappa (\delta(t) + (1 - 1/\Gamma_1\Gamma_2) \sum_{n=1}^{\infty} (\Gamma_1\Gamma_2)^n \delta(t - nT))$$

$$\Gamma_1 = Z_1 - Z_c / Z_1 + Z_c$$

$$\Gamma_2 = Z_2 - Z_c / Z_2 + Z_c$$

$$\kappa = (Z_1 Z_2 / Z_1 + Z_2) g$$

ここで  $g$  はモニターの感度を支配する因子であり、ループの幾何学的形状等で決まる。

【シミュレーションとシングルバンチ応答】

図3は  $G(t)$  を用いて計算したガウス型シングルバンチ入力に対する応答波形のシミュレーションである。測定系分解能 (使用した伝送ケーブルの立ち上がり応答実測値より) はおよそ 200 ps と見積もった。線路のインピーダンスは計算から約 200 ( $\Omega$ ) でありケーブルのインピーダンスは 50 ( $\Omega$ )、 $R=Z_c/Z_1=4$  である。また線路長  $L=4$  cm に対し  $T=133$  ps である。

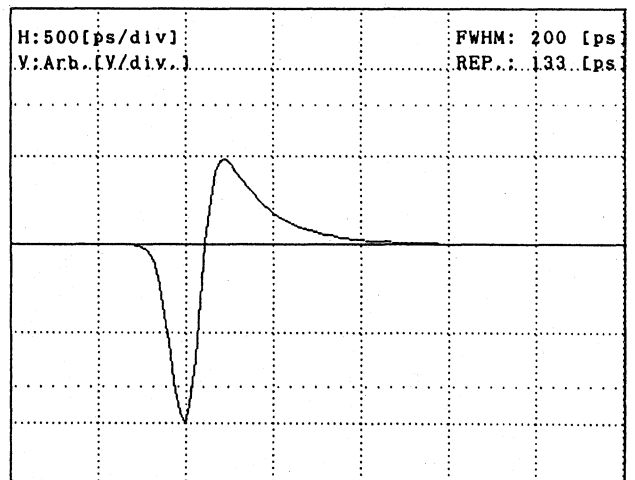


図3 ガウス型バンチ入力に対する応答のシミュレーション波形

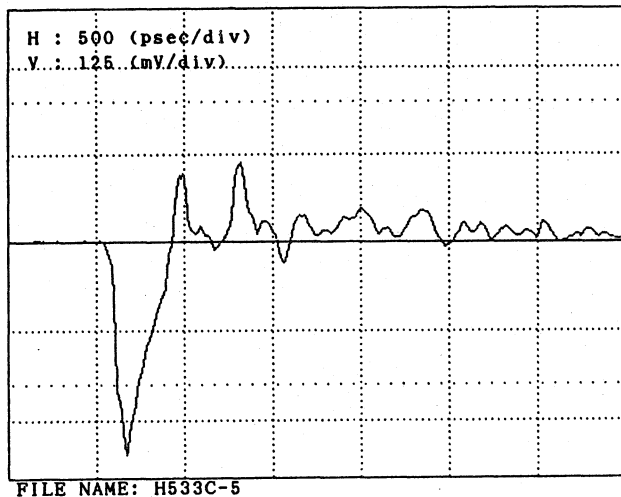


図4 シングルバンチビーム応答波形

図4はこのモニターを用いて観測したシングルバンチビームに対する応答である。主信号の他に正極性の信号波形が観測される。線路内の多重反射の時間間隔に比較するとこの時間間隔は大きく、更にケーブルの立ち上がり応答などを考慮するとこの信号の発生源は①ビームが通過した後円筒境界内部に残存した場の影響、②オシロ入力部と延長ケーブル接続部分の変換コネクタ間の反射の影響などが考えられる。

観測にはサンプリングオシロスコープを用い(テクトロ: 7S11+S6HEAD)モニターからの信号は伝送ケーブル(潤工社DGM224-1500A)14mを經由し、更にトリガーとの時間差調整のために約3mのセミリジッドケーブルを接続し、アッテネータ(WEINSCHL-4T型 20dB×2)を用いて減衰してある。

#### 【おわりに】

伝送線路を利用したモニターの応答に対し時間領域の応答について実験との間に対応を得ることができた。本報告では感度を支配する因子 $g$ についてふれなかったがこれについては検討中である。<sup>5)</sup> 現在テストベンチによる実験も平行して行っており実際のビームによる実験と併せて線路モデルの有効性を確認して行きたい。今後は更に $Z_2$ や $R$ の値による応答の依存性も調べる予定である。

#### 【参考文献】

- 1) A.Homma, K.Tsumori et al., "Study of Beam Monitor by Using Single Bunch Linac" 10th Meeting on Linac in Japan (1985) 79.
- 2) W.Barry, "A general analysis of thin wire pickups for high frequency beam position monitors" Nucl. Instrum. Meth. A301(1991)407-416.
- 3) T.Suwad, T.Urano et al., "Development of Beam Position Monitor for the KEK Electron/Positron Linac" 17th Meeting on Linac in Japan (1992) 216.
- 4) H.Hayano, T.Naito., "Strip Line BPM for ATF" 17th Meeting on Linac in Japan (1992) 219.
- 5) 沢村 晃子 他、"ループ型モニターの相対論的電子ビームに対する応答の一般的解析" 日本原子力学会春の年会(1993)166.