

21-P17

DEVELOPMENT OF PICOSECOND PULSED ELECTRON BEAM MONITOR(II)

Y. HOSONO, M. NAKAZAWA, T. UEDA, T. KOBAYASI, T. KOZAWA, M. UESAKA
 J. OHKUMA*, S. OKUDA*, T. YAMAMOTO*, and S. SUEMINE*
 Faculty of Engineering, University of Tokyo.
 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113.

ABSTRACT

A picosecond pulsed electron beam monitor for a 35 MeV linear accelerator has been developed. The monitor consists of an electric SMA connector and aluminium pipe (inner diameter of 50mm). The following characteristics of this monitor were obtained, (a) the rise time is less than 17.5 ps (b) linearity of the monitor output voltage is proportional to the peak current of beam.

It is shown that this monitor can be successfully used for bunch measurements of picosecond pulsed electron beam of 35 MeV linac.

ピコ秒パルス電子線モニターの開発(II)

1. はじめに

ピコ秒パルス電子線(シングルバンチビーム)を用いた実験は、パルスラジオリシスや高速の物理現象の解析をはじめとする多くの研究分野で利用されてきた。それらの実験では、ピコ秒パルス電子線のバンチ状態、サテライトパルスの発生、ビーム強度の安定性等が重要なパラメータとなる。

それを知る有効な手段として、ストリークカメラ(時間分解能=500fs)が用いられてきた。しかし同方法は、チェレンコフ光を利用するため、真空中での測定が不可能であったり、照射と実験の同時観測が難しい等の欠点があった。そのため、真空中でも使用できる高速応答性を持つ非接触型モニターの開発が求められてきた。

筆者らは、その要求に応えるため、アルミニウムパイプとSMA型やBNC型およびN型コネクターを用いた高速応答性を持つ、ピコ秒パルス電子線(以下ビームと略)モニターの開発を行ってきた^{1,2,3)}。その方法は、ビーム位置検出器用に開発されたボタン型モニター⁴⁾の応答性を改善したもので、導体のパイプとSMAやBNCおよびN型コネクターを組み合わせたものであり、ps領域の応答性を持つものである。ここでは、SMAコネクターを用いたモニターを中心に述べる。

2. モニターの原理

モニターの概要をFig.1に示す。モニターは、内径5cmのアルミニウムパイプに、SMAtypeコネクターをつけたものである。ビームライン上から見た電極の特性インピーダンスは50Ωとなっている。

ビームがモニターを通過すると、電場が変化し電極に信号が誘起される。光速で運動する電荷 q の作る電場 E は、ビームからの距離を r 、誘電率を ϵ 、 $E = (q/2\pi r)(1/\epsilon)$ で表され、ビーム強度分布(バンチの状態)に比例した円盤状の分布となる。また、距離 $(1/r)$ に比例することになる。

Fig.1に示すモニターは電極の直径が約1.1mmであるから、そこを光速で通過する時間 T は $T \approx 4$ psとなる。したがって、ビーム進行方向のバンチ幅を T_b ($T_b = 10-30$ ps(FWHM))とすると、 $T_b > T$ の条件下において、電極には微分波形が誘起される。その信号を10mのセミリジッドケーブル($f_c = 34$ GHz)を通してサンプリングスコープ($f_c = 20$ GHz)で測定した。測定系の応答性は立ち上がり時間で17.5psであり、系の時定数で積分された波形を観測することになる。セミリジッドケーブルが10mの場合、ピコ秒パルス信号は約15dB減衰する。

今、ビームがモニターを通過したとすると、立ち上がり時間を T_r 、立ち下がり時間を T_f 、モニター出力波形の下部波高値を H_l 、上部波高値を H_u とすると、ビーム波形が $T_r = T_f$ の時は $H_u/H_l = 1$ となり、 $T_r > T_f$ の時は $H_u/H_l < 1$ となり、 $T_r < T_f$ の時は $H_u/H_l > 1$ となる。

3. 実験結果

実験は、ビーム取り出し口(ビーム径は直径3mm)近傍の空気中で行った。電荷量が0.42nC/pulse、パルス幅6psのビームをストリークカメラ(時間分解能=500fs)で測定した結果をFig.2(a)に示し、本モニターによる測定結果をFig.2(b)に示す。(b)は(a)の波形を微分し、それを測定系の時定数で積分した波形となっている。振動しているのは、反射やウエークフィールドの影響と思われる。ビームがほぼガウシアン波形であるか

*Radiation Laboratory, The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University.
 8-1 Mihogaoka, Nishi-ku, Osaka 550.

ら、 $H_U/H_L = 1$ となっている。

次に、立ち上がり時間が速く、立ち下がり時間が遅い時の測定結果をFig. 3に示す。この時、ビーム電荷量は約 0.14nC/pulse 、パルス幅 32ps であった。同図(a)はストリークカメラで測定した結果で、(b)は本モニターによる測定結果である。ビーム波形は、 $T_r > T_f$ であるため、モニター出力は $H_U/H_L < 1$ となり、その上下比は 0.828 となった。

Fig. 4 (a)に東大ライナックでの H_U/H_L の実験結果を示す。同図は、加速器のプリバンチャーの位相を変化させ、バンチの状態を変えた時のモニター出力波形の上下比である。同図から明らかなように、本モニターを使えば、簡単にピコ秒パルスのバンチ状態が測定できることがわかる。同図(b)に阪大産研ライナックでの実験結果を示す。同図もバンチの状態を変化させ、 H_U/H_L を求めたものである。阪大ライナックの場合は、加速したビームを 90 度に曲げて使用しているため、位相をどちらに振っても立ち上がり時間が速くなる結果となった。

Fig. 5に位置検出器とした時の測定結果を示す(Nタイプコネクター使用、パイプ径は 100mm)。この測定結果は、本モニターが位置検出器としても使用できることを示している。この信号は、モニター出力信号を検波回路と2段のストレッチャー回路で直流化した信号で測定した。この時のビーム電荷量は、 0.32nC/pulse であった。

4. 結論

SMAコネクターを利用した非接触型のピコ秒パルス電子線モニターを試作し、その特性測定を行った。その結果、

- ①ピコ秒パルス電子線のバンチの状態測定が可能
- ②モニターの立ち上がり時間は測定系の立ち上がり時間で決まり、約 17.5ps
- ③ポジションモニターとして使用可能等がわかった。

今後の課題としては、自己相関法によるパルス幅測定や位置検出器への応用を試みることである。

参考文献

- 1)C.R.Carman et-al: Nucl. Instr. Meth. 113,423(1973)
- 2)細野 他: 第40回応物関係連合講演会 No.1(1993)P.32
- 3)細野 他: 第18回ライナック研究会、(1993, 筑波KEK)pp.101-103.
- 4)細野 他: 第27回応物連合講演会(1979)

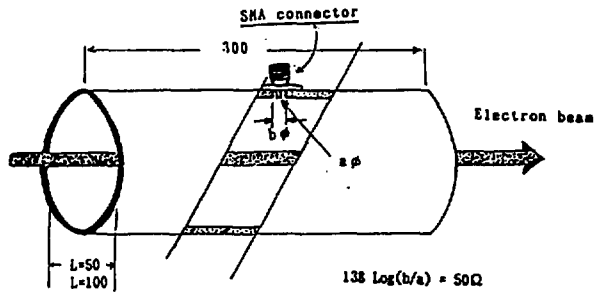
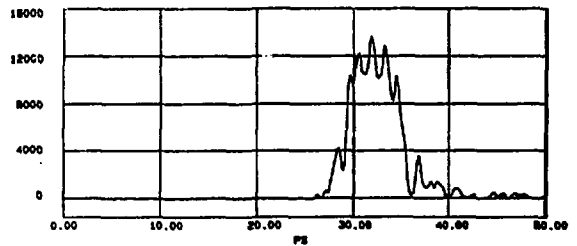
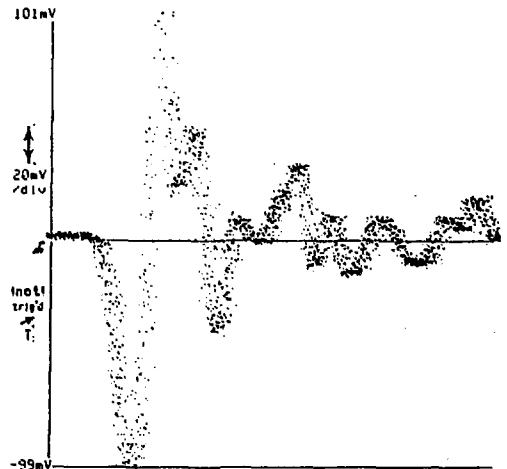


Fig.1 Schematic view of the present picosecond pulsed electron beam monitor.

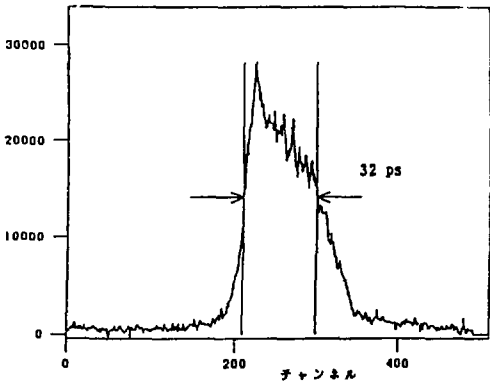


(a)

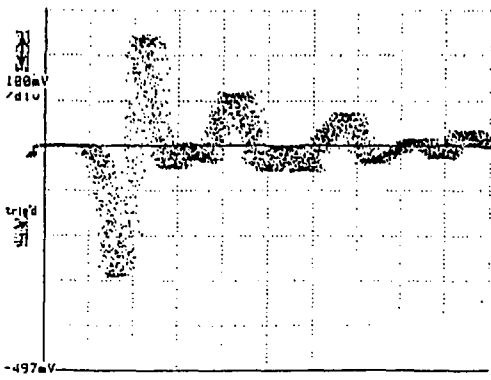


(b)

Fig.2 Output waveform (a) measured Cerenkov radiation using streak camera. ver.:arb.unit., horiz.:10ps/div. (b)monitor out-put 20mv/div.(att=10dB), horiz.50ps/div.

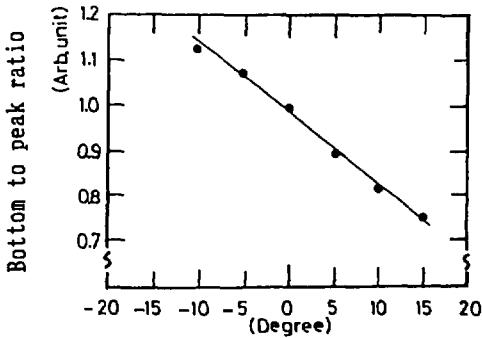


(a)

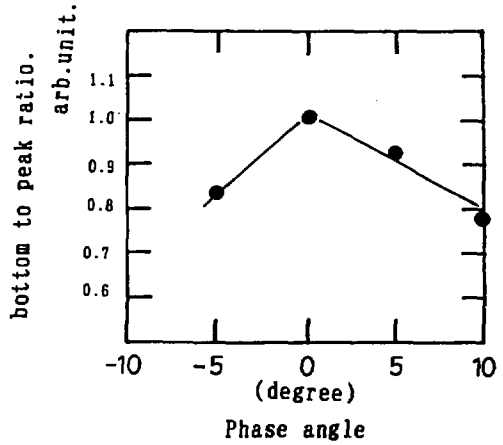


(b)

Fig.3 Output waveform (a) measured Cherenkov radiation using streak camera. ver.: arb.unit.horiz.:arb.unit.(b)monitor output ver.: arb.unit.,horiz.: 50ps /div.



(a)



(b)

Fig.4 Measurement of beam bunch condition by present monitor using the ratio of its bottom to its peak in the output waveform. (a)linac of Univ. of Tokyo. (b)linac of ISIR of Osaka Univ.

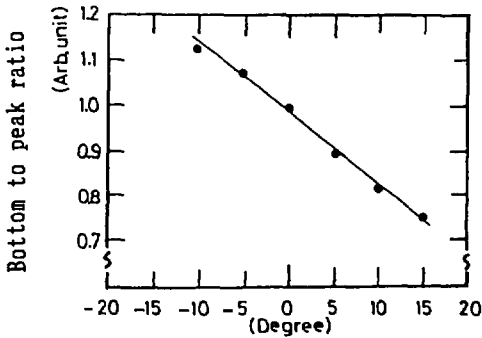


Fig.5 Output voltage of the monitor Vs. Beam position.