

[P 1-16]

DEVELOPMENT OF PICOSECOND PULSED ELECTRON BEAM MONITOR(3)

Y.HOSONO, M.NAKAZAWA, T.UEDA and M.UESAKA

Faculty of Engineering, University of Tokyo.

7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113.

A bunch-shape monitor and beam position monitor for 35MeV electron linear accelerator have been developed. Test measurements have been made under the conditions of accelerated charges of lower than 1 nc/pulse and narrow pulse width(=10 ps).

The bunch-shape monitor consists of a SMA type electric connector and a tapered Al pipe of 50 mm inner diameter. The reason why it was tapered pipe is to diminish gradually the influence of wake-field produced by Ti window of the accelerator. Using this monitor, it was successfully made in the bunch measurement of the picosecond pulsed electron beams.

The beam position monitor is being made by a N-type electric connector and an Al pipe of 100 mm inner diameter. On this design, the effectiveness was already confirmed experimentally as beam position monitor.

ピコ秒パルス電子線モニターの開発 (III)

1.はじめに

東大ライナックから発生する、パルス幅10ピコ秒以下のシングルバンチビームは、高速物理現象の解析やパルスラジオリシスおよび加速器物理等の幅広い研究に用いられてきた。現在、さらに高速のフェムト秒領域の現象解析をめざし、フェムト秒パルス電子線加速の研究が行われている。

これらの研究に際しては、ビームのバンチ状態、安定性、強度等を知ることが不可欠である。一般に、それらの情報を得る手段としては、ストリークカメラが用いられてきた。

その方法は、300フェムト秒の分解能を有し、パルス電子線の測定に有効な手段である。しかし、同方法は、物質中をビームが通過することによって生じるチェレンコフ光を利用して測定することから、真空中での測定や実験と同時のビーム測定は困難であるという問題点を持ってきた。

その問題点の解決を目指し筆者らは、構造が簡単でかつ高速時間分解能を持つモニタとして、市販の電気信号用コネクタ(SMA, BNC, N型)を電極として用いたピコ秒パルス電子線モニタを開発し報告してきた^{1, 2, 3)}。

同方法は、ボタン型モニタ⁴⁾を応用したもので、

加速ビームのバンチ状態、強度、安定性、位置情報等を知ることが可能である。なお、電極にSMAコネクタを使用した場合の応答性は、4ps程度と推定される(測定手段がないため、この点は実験的に確認されてない)。

一方、東大ライナックを用いての実験では、ビーム出口窓から数十cmの大気中で行われるケースが多く、実験者はそこにおけるビーム情報を知っておく必要があり、そこでのビーム測定が求められる。

しかし、その場所は、ビームが加速器のビーム出口窓を通過する際に生じる強烈的なwake-fieldの影響があり、実験体系によっては、ビームの作る電場とwake-fieldとの合成電場を測定することになる。その結果、正確なビーム情報が得られない時もある。

そうした影響の遞減ないしは除去するためには、ビーム出口窓とモニタとの間にある一定の距離をとるか、wake-fieldの影響を受けにくい構造のモニタとすることが必要となる。

そこで筆者らは、本間らが提案した方法^{5, 6)}を応用し、モニタのビーム入力側にテーパをつけたアルミパイプとSMAコネクタを組み合わせたモニタの試作・開発を試みた。

また、筆者らは、ビーム加速に際し必ず必要とな

るビーム位置検出器の開発も進めてきた。筆者らの方法は、アルミパイプと電極にN型コネクターを用いたものである。ここでは、これまでに得た位置検出器に関する知見についても報告する。

2. モニターの原理および実験

試作したモニターの概要をFig.1に示す。モニターは、500mm長のAlパイプの中心に電極としてSMAコネクターを用いたものである。電極は、ビームライイ上から見ると50Ωになっている。モニターは、ビーム入口径が10mmφで、100mm進んだところでの径が50mmφとなるテーパーを付けてある。こうする事でwake-fieldの除去を試みた。

同図に示したモニターの終端は、テーパーを付けていない。そのために、ビームがモニターを通過した時に生じる電場が、終端で反射しその反射波がモニター出力信号に現れる事になる。しかし、電極との往復の距離が500mmあることから、光速でも約1.7nsかかることになり、ピコ秒領域のビーム波形測定には、実質的な影響を与えない。

測定は、モニター出力を約10mのセミリジッドケーブル(カットオフ周波数 $f_c=34\text{GHz}$)を通して、サンプリングオシロスコープ($f_c=20\text{GHz}$)に入力し観測した。

同モニターをビーム出口近傍に設置し、測定した波形をFig.2に示し、テーパーを付けない時の測定波形をFig.3に示す。これらの実験結果から明らかのように、テーパーを付ける事は、加速器のビーム出口窓から発生するwake-fieldの影響を除去する上で有効であることがわかる。

出力波形の立ち上がり時間は、約20psであった。この時間は、使用したサンプリングスコープの応答性が約18psであることから、それによって決まっていると言える。なお実験は、パルス幅10ps以下、加速電荷量が0.22 nc/pulse (コリメーターは3mmφ)で行った。

次にビーム位置検出器について述べる。筆者らが試作開発を進めているビーム位置検出器の概要をFig.4に示す。

位置検出器は、長さが500mmで内径が100mmのアルミパイプにN型コネクターをビームラインに対称に付けたものである。その出力信号からモニター内のビーム位置を演算して求める方法である。

演算方法については、ボタン型モニターやストリ

ップライン型モニターと同様であるから、ここでは略す。

モニターは、ビーム出口窓から発生するwake-fieldの影響を少なくするため、ビーム出口窓との距離を約15cm離して設置した。

実験は、パルス幅10ps、加速電荷量1 nc/pulse (コリメーターは、3mmφ)で行った。ビームの進行方向に左右に検出器を動かした時の距離と2つの出力(左右の電極出力)との関係をFig.5に示す。

実験の結果、位置分解能は1mm以下であることと、検出器の中心からビームまでの距離を r とした時、本検出器出力は、概ね $1/r^{1.2}$ に比例することがわかった。

3. まとめ

市販されているSMAコネクターとテーパーを付けたアルミパイプによってwake-field対策を行ったピコ秒パルス電子線モニターを試作し、その特性を測定した。その結果、検出器にテーパーを付けることが極めて有効であることが確認された。今後は、電極をさらに細くし、相関法等を用いることによって、フェムト秒パルス電子線計測を試みる予定である。

また、内径100mmのアルミパイプとN型コネクターを用いて位置検出器を構成した時の特性測定も行った。その結果、位置分解能は1mm以下であり、十分実用化可能であることがわかった。今後は、読みだし回路の開発等を行い、さらに位置分解能の向上をめざす所存である。

参考文献

- (1)細野、長谷川、関口、上田;ピコ秒パルスモニター. 第27回応物学会(1980) p.10
- (2)細野、中沢:第18回ラック研究会1993年(KEK) pp.101-103.
- (3)Y.HOSONO et-al:Jpn, J, Appl, Vol.34(1995), pp.4974-4976.
- (4)C.R.CARMAN and J.P.L.PELLEGRIN: NIM 113 (1973)pp.423-432.
- (5)本間 他:第16回ラック研究会1991年(日大) pp.266-268.
- (6)A.HOMMA et al: NIM A371(1996)pp.355-357.

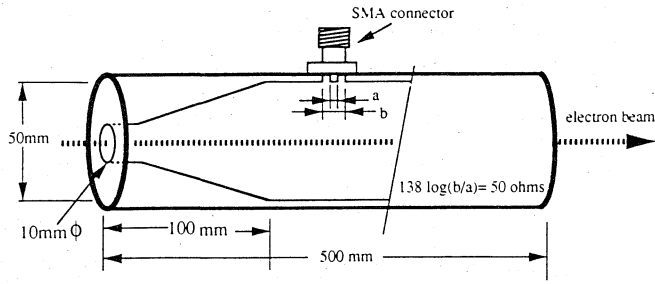


Fig.1 Schematic view of the beam monitor.

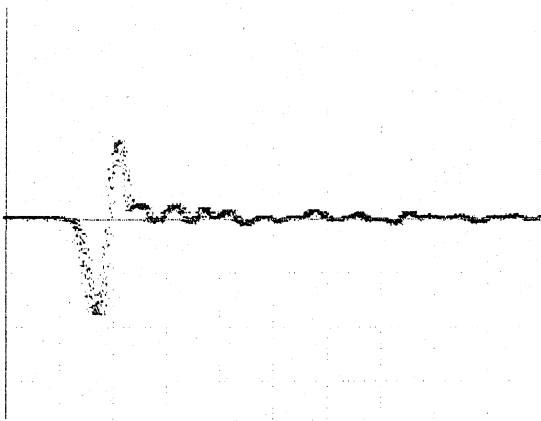


Fig.2 Output waveform(using tapered pipe)
horiz.: 100 ps/div., 70mV/div.

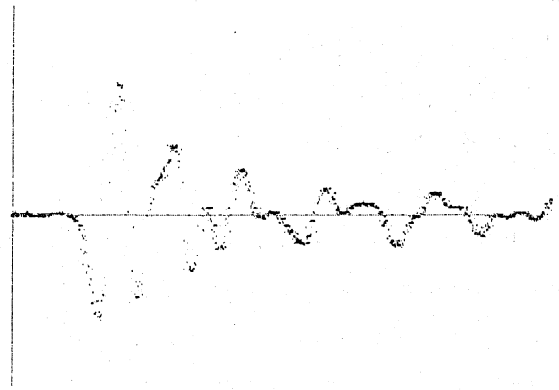


Fig.3 Output waveform(not using tapered pipe).
horiz.: 100 ps/div., 70mV/div.

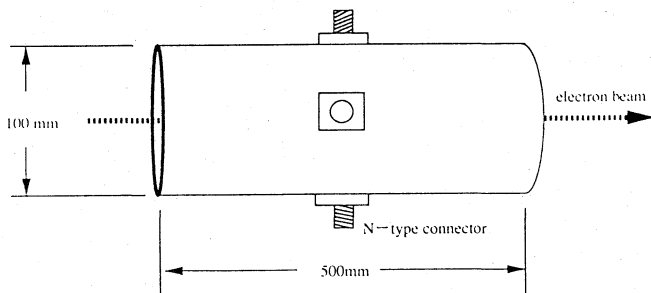


Fig.4 Schematic view of the beam position monitor(BPM).

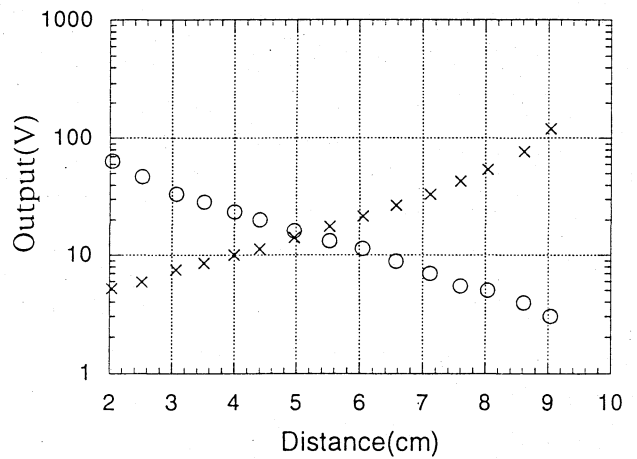


Fig.5 Output of the BPM. Vs. distance.