

# Study of Beam Monitor by Using Single Bunch Linac

A.Homma, K.Tsumori,\* S.Takeda\* & H.Yamazaki

Department of Nuclear Engineering Hokkaido University

\* The Institute of Scientific and Industrial Research Osaka University

## Abstract

To develop a beam monitor for bunched electron, we adopted a small pick-up loop which was mounted inside a cylindrical boundary wall. The response of this monitor was measured by mounting it in the Osaka Univ. L-band Single Bunch Linac and the Hokkaido Univ. S-band Linac. The response function of the pick-up loop for a extreme short bunch of electrons was given using the transmission-line analysis with a simple approximation model. Simulating wave forms composed by the response function agreed well with those observed for 8 ns pulsed beam from the L-band linac.

## 一 序 一

本研究はサブナノ秒以下に応答するビーム波形モニターの開発を目的とし、その応答の原理について基礎的研究を行ったものである。モニターとしては空芯のピックアップループを採用、応答測定にはL-バンド シングルバンチライナック（阪大産研）、S-バンドライナック（北大）を用い、さらに応答関数評価の為に近似モデルを用い解析を行った。

## 一 実験 1 一

実験に用いたモニターは図1に示すように境界条件を設定するための金属円筒（銅製）と、ビームの作る電磁界を検出するピックアップループ（一辺が1cmの正方形で太さ0.8mmの錫メッキ線を用い、電子ビームの作る磁界の主モードとループの作る面とが直交するように配置）そしてビームウィンドウで発生する散乱電子線を阻止するための電子シールド（ポリエチレン厚さ15mm）より構成されている。信号はインピーダンス 50Ωの低損失同軸ケーブルで測定器へと伝送される。（大日本電線AF-50-4, 20m 北大/同WF-H-57, 14m阪大）

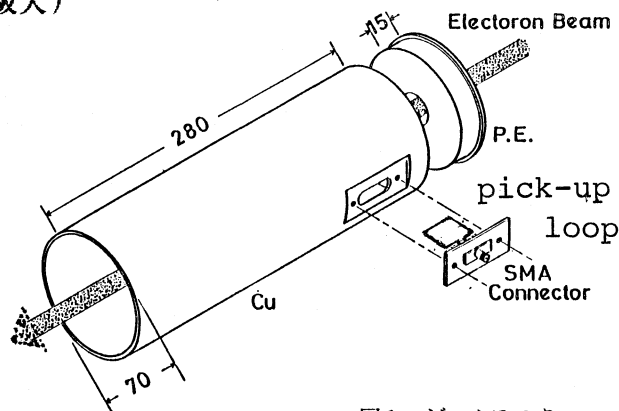


図1 ビームモニター

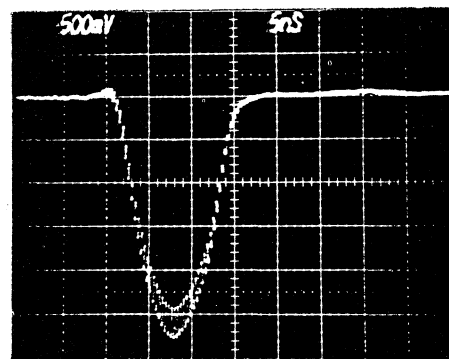


図2 a) 測定波形 (7A29)  
S-バンド, 10 ns パルス

図2 a) はS-バンドライナックによる10 ns 加速の測定波形であり、微細構造パルスのエンベロープとして観測されている。次にL-バンドライナックで同様の測定を行った。加速モードのパルス幅は8 ns である。図2 b)、2 c) は測定系の立ち上がり応答(Tr)を変えて測定したものである。以上の測定にはテクトロ7104型オシロスコープを用い垂直プラグインには、7A29(Tr=0.38 ns)、7A11(Tr=1.4 ns)をそれぞれ用いた。S-バンド測定時とは異なり共振のような波形になり、Trによって著しく変化する。しかも、オシロ自身の立ち上がり応答を越えた波形を描いている。次に単バンチ応答より求めたこれらの等価的立ち上がり応答をもちい、解析によるシュミレーションを試みる。

— 応答の解析 —

S-バンド、L-バンドの応答の違いを説明するために近似モデルを用いて応答関数を導出してみる。ビームが通過するとループの端 X=0, L にフィールドが誘起されループ内の空間一線路インピーダンス  $\alpha Z (\Omega)$  と出力部一線路インピーダンス  $Z (\Omega)$  の

接合部で透過反射をくりかえし、出力端へと分岐する。図3参照。扱うモードはレッヘル線の作る主モードとし、線路は理想線路、フィールドはループの内側でのみ振る舞うと仮定する。単位パルス(対象とする系の内部を伝搬する時間より充分短い時間幅をもち振幅が1のパルスと定義する)が線路に誘起されたときの応答、すなわち応答関数は、次のように求められる。<sup>1)</sup>

$$E(T) = \frac{2}{2\alpha + 1}$$

$$E((2n+1)T) = - \left( \frac{2}{2\alpha + 1} \right)^2 \left( \frac{2\alpha - 1}{2\alpha + 1} \right)^{n-1} \quad n = 1, 2, \dots$$

ここでTは線路の端から中央(L/2)、出力端接合部までの伝搬時間であり、用いたループは  $\alpha = 5$  である。上式を用いてS-バンド加速、立ち上がり応答0.35 ns 測定系での波形シュミレーションを図4 a) に、L-バンド加速時Tr=0.25 ns、0.7 nsの測定系を用いたときの波形シュミレーションを図4 b) 4 c) に示す。

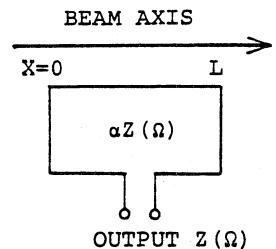


図3 ピックアップ ループとモニターの位置関係

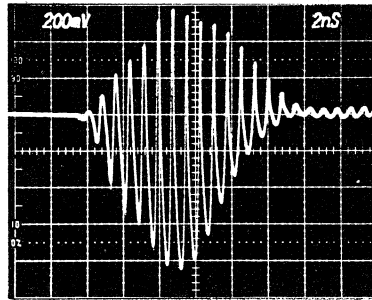


図2 b) 測定波形 (7A29) L-バンド, 8 ns パルス

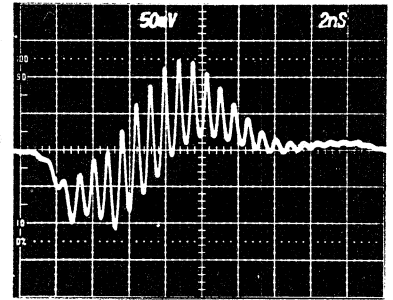


図2 c) 測定波形 (7A11) L-バンド, 8 ns パルス

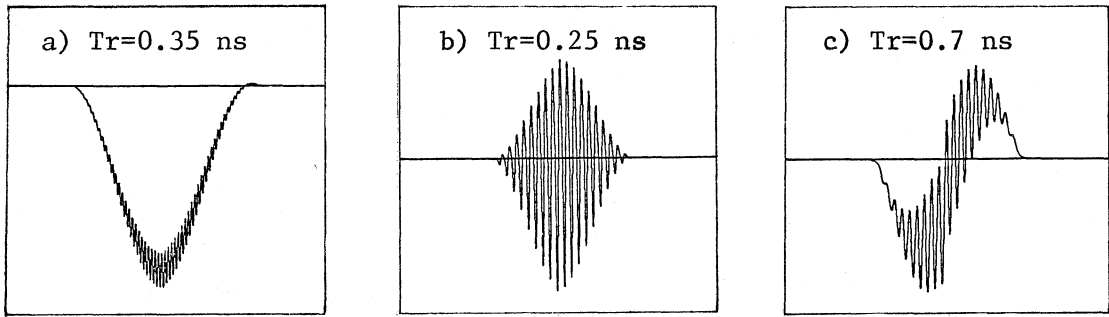


図4 シュミレーションによる応答波形 a) S-バンド、b) c) L-バンド

— 実験 2 —

次に単バンチ応答の測定を行う。図5 a) は  $Tr=0.38\text{ ns}$  (テクトロ7104)、図5 b) は  $Tr < 30\text{ ps}$  (同7904, 7S11+S6 サンプルヘッド) の立ち上がり応答をもつ測定器を用いた。図5 b) の波形をレコーダ出力し、測定された  $Tr$  は  $50\sim 100\text{ ps}$  である。

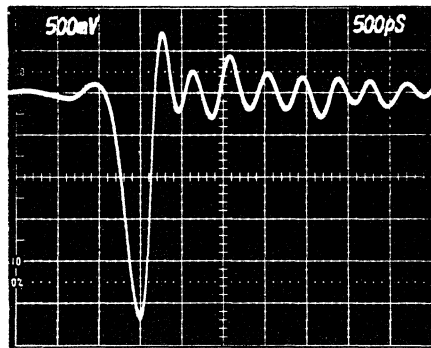


図5 a) シングルバンチ測定波形 (7A29)

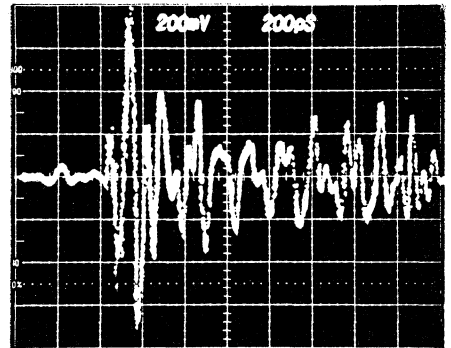


図5 b) シングルバンチ測定波形 (7S11+S6)

— おわりに —

試作モニターはSバンドライナックに用いる限

り、測定系の分解能によって生ずる波形歪みが小さく、良好なフィデリティを期待できる。測定波形は微細構造のエンベロープとして観測されるため、 $\mu\text{-sec}$  以上のパルスをも測定できる。<sup>2)3)</sup>しかし、L-バンドライナックでの測定においては応答波形主信号に対する逆方向の成分が大きく、また系の分解能によっても著しい影響を受け、モニターとしての実用性は乏しい。単バンチによる応答実験では得られたデータが複雑なため、これを応答関数として用いるには困難が伴う。現在のところ解析の結果との対応は得られていない。

マルチモードに対する解析、実験結果との一致と単バンチに対するその不一致は矛盾する。これは何故か？ 解析に取り入れなかったモードや他のモード、例えばウエークフィールドなどがどのように影響しているのでしょうか？ これらを明らかにすることは今後の重要な研究課題となる。一方、用いた単バンチは電荷量数十ナノクーロンと強力なものであり、これに対する応答の重ね合わせがマルチモードを形成するかどうかとも検討せねばならない。現在、単バンチ応答の測定データをもとにマルチモード加速波形合成のシュミレーションを計画中である。

— References —

- 1) A.Homma, et al. "Reflection Diagram & Its Applications" N.E.L.-A Report 07 85.
- 2) A.Homma, et al. "Development of Bunched Electron Beam Monitor" N.E.L.-A Report 06 85.
- 3) A.Homma, et al. "Detection of Signal from Bunched Electrons in a Linac Beam by Using a Pick-Up Coil Monitor", Bulletin of the Faculty of Engineering Hokkaido Univ., 127('85).in press.