



Title	ピックアップコイルモニターによる電子ライナック微細構造パルスの検出
Author(s)	本間, 彰; Homma, Akira; 山崎, 初男 他
Citation	北海道大學工學部研究報告, 127, 77-80
Issue Date	1985-07-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/41942
Type	departmental bulletin paper
File Information	127_77-80.pdf



ピックアップコイルモニターによる電子ライナック 微細構造パルスの検出

本間 彰 山崎 初男

(昭和 60 年 3 月 30 日受理)

Detection of Signal from Bunched Electrons in a Linac Beam by Using a Pick-Up Coil Monitor

Akira HOMMA and Hatsuo YAMAZAKI

(Received March 30, 1985)

Abstract

A signal induced by pulsed electrons of a linac output beam with a 2855MHz microstructure was detected with a small 3-turn pick-up coil mounted inside a cylindrical boundary conducting wall. Using the HOKUDAI 45MeV LINAC a bunch train signal, 350ps in period, the envelope of which composed the approximate waveform of a 10ns beam pulse was observed. Discussion is made on the applicability of this equipment for non-interceptive monitoring of beam position, current and waveform.

1. はじめに

線型加速器 (以下ライナックと略す) で加速される電子は、数ナノ秒から数マイクロ秒の幅をもつパルス状ビームであり、加速に用いるマイクロ波の周波数に一致したくりかえしをもつ微細構造パルス (幅 30 ピコ秒程度) より構成されている。近年、微細構造パルス一個のみを加速する単一バンチライナックの出現とあいまって、ライナックを用いた実験の時間領域も、ナノ秒からサブナノ秒、そしてピコ秒へと移り、これに見あう時間分解能の向上がビーム波形の測定技術に対し要求されるようになってきた。

本研究はこの要求に答えるためにサブナノ秒以下に応答するビーム波形のモニターを開発することを目的としている。以下に本報で論じるモニターに要求される性能を列挙すると、1) パルス幅 10 ナノ秒 (ns) に応答すること、2) 立ち上がり 500 ピコ秒 (ps) に応答すること、3) ビームの電流値が測定できること、4) オシロスコープ等の測定器で直接観測できる程度の感度を有すること、等が電気的特性として挙げられるが、さらに、5) 真空容器内で使用可能なこと、6) ビームの流れに影響を与えないこと、7) ビームの位置を検出できること、8) 構造が単純で、かつモニターの占める空間が小さいこと、などが実用上の面から要求される。

現在までのところ、これらの要求をすべて満たすモニターの報告例は、著者等の知るところでは存在しないと思われるが電気的特性から優れたものはいくつか発表されている¹⁾²⁾³⁾。例えば、田中⁴⁾による "one-turn core monitor" はトロイダルコアモニターを改良、発展させたもので、2.1

ns のパルスビームを構成する微細構造パルス列の観測に成功している。

著者等は、上に列挙した性能を満たすモニターを開発するため、ピックアップコイルを用いたビームモニターについて研究を進めてきたが、微細構造パルスの検出に成功し、実用的なビームモニター実現の可能性が示された。本報では、これまでに得た実験結果について述べるものである。

2. 実 験

実験に用いたビームモニターは、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コイル、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線シールド（ポリエチレン，厚さ 15 mm）より構成されている。ピックアップコイルは、太さ 0.8 mm のフォルマル線を用いた一辺が 1 cm の正方形コイルである。円筒の境界内で電子ビームの作る磁界のモード（周方向）とコイル面が直交するように配置されている。巻数は 3 回であり、これに負荷抵抗として 1Ω を接続してある。出力端には SMA 型接栓を用いており信号はインピーダンス 50Ω のケーブル（長さ 20 m）でオシロスコープへと伝送される。このケーブルは大日本電線 AF-50-4 で、構造は誘電材に発泡ポリエチレンを外周導体にアルミ管を使用しており、輻射，誘電体損失による高周波特性の劣化については通常と同軸ケーブルに比べ極めて少なく 10 m 当たりの減衰量はおよそ 1.5 dB (2 GHz) である。オシロスコープはテクトロニクス社製 7104 型で、これの立ち上がり応答は 350 ps，周波数帯域は 1 GHz である。ライナックの運転条件は、パルス幅 10 ns，シングルショット加速である。

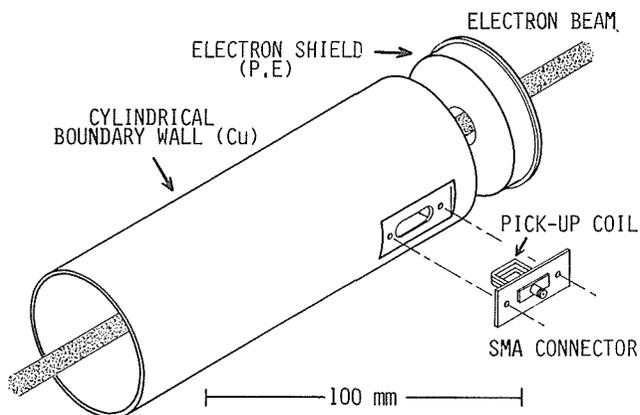


図 1 ピックアップコイル型ビームモニター

3. 結果と考察

図 2-a は測定されたパルスビーム全体のプロファイルであり、図 2-b は立ち上がり部分の拡大図である。図 2-b より、パルス列の間隔は、350 ps と読まれる。これは北大 45 MeV ライナックの加速周波数 (2855 MHz)，すなわち微細構造パルスの間隔に一致したものである。微細構造パルスがベースラインまで切り込んで観測されていないのは、信号伝送ケーブルの高周波損失，オシロスコープの周波数応答の限界などによるものであり、ビームモニター自身はこれより早い応答をもつものと考えられる。また微細構造パルス列のエンベロープが形成する幅 10 ns の

パルスは、電子銃のグリット制御パルス波型と類似しており、電子ビーム波形と一定の関係を持つ波形と考えられる。この関係づけはビームモニターとしての性能を保証する上で必須であるが、詳細は今後の研究に待たなければならない。

一般に、ビームモニターはビームの立ち上がりを忠実に表現するための高い周波数特性と、ビーム幅に対する応答から要求される低い周波数領域に及ぶ良好な特性を同時に要求される。後者の要求を満足させようとするとな前者の要求を犠牲にせざるを得ないと言う困難があった。しかし、ライナック電子ビームの測定に対象を限定するならば、微細構造パルス列の測定がなされる時、ビーム波形はそのエンベロープより得られることになる。すなわち、高い周波数領域での良好な特性を実現することで目的を達することになる。このような観点から著者等は数少ない巻数で高周波特性の良好な、微細構造パルスを検出することを主眼に置いた検出器を試作した。

今後、理論、実験の両面から詳細な検討が必要であるが、このモニターの特徴、応用面での可能性などを述べてみると、1) 磁性材を用いないので電流測定時の直線性が期待できる。2) 出力はビーム軸とコイルの距離に依存するので、位置検出が可能となる。3) 空芯であるため媒質による周波数特性への依存性がない。4) 周方向のディメンジョンが微小であるため、モニター中での信号伝搬時間による立ち上がり応答の低下が無視できる。などがあり、はじめに述べた要求を満たすモニターの実現性は高い。

最後に本実験で用いた散乱電子線シールドについて言及する。ビームモニターは、その目的にもよるが、ビームトランスポートチューブ（真空中）内に配置されるか、あるいはビームウィンドウのすぐ後方に置かれる。一般に実験時に用いる場合、後者の場合が多い。このようなときにはビームウィンドウチタン膜からの散乱ビームに対する配慮が重要である。散乱電子が直接ピックアップコイルにヒットすること、あるいはこの散乱電子が主電子ビームと別のモードの電磁界を発生すること、等があるとこれらが測定結果に著しい影響を及ぼし、測定すべき主ビームに対応しない信号が検出されることになる。著者等はポリエチレン板を用いた極めて簡単な散乱電子線シールドを用いることにより、これらの影響を取り除くことに成功し、再現性の良い測定を行うことができた。

本稿を終るにあたり、研究全般に渡り、絶大な支援を賜った片山明石教授（本学科放射体応用学講座）、沢村貞史助教授（同講座）に深く感謝の意を表す。沢村晃子助手（本学科基礎原子核工学講座）には終始有益な助言をいただいた。また45 MeV ライナック研究室の榎戸武揚助教授、谷田弘明技官には実験に際して多大な協力をいただいた。あわせて謝意を表したい。

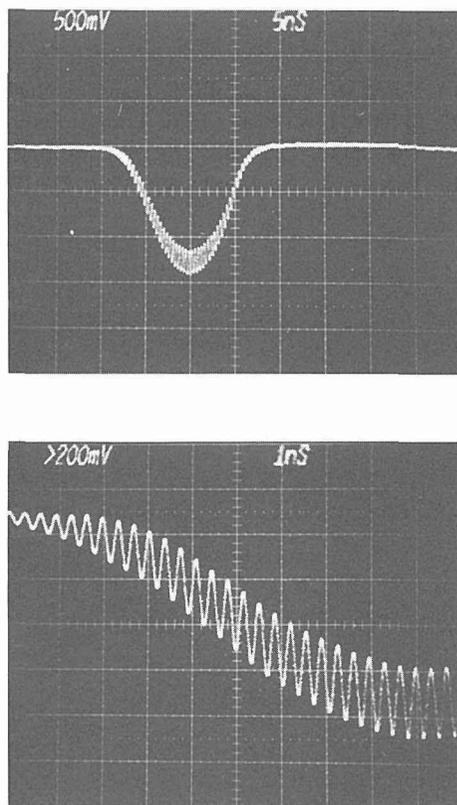


図2 ビームモニター検出波形
a) 10 nsパルスの全波形
b) 同、立ち上がり部分の拡大

参 考 文 献

- 1) Norris, N. J., et al. : IEEE Trans. on Nucl. Sci NS-16 3 (1969)927-929
- 2) Millard, J. K., et al. : IEEE Trans. to Nucl. Sci NS-18 3 (1971)929-931
- 3) Yamamoto, T., et al. : Proc. 9th. Meeting on Linear Accelerator in Japan(1984)60-62
- 4) Tanaka, J. : Nucl. Instr. and Meth. 177(1980)83-89