

An Application of a Slot Antenna to Electron Beam Monitor

Hiroto Miura, Takeaki Enoto, Satoshi Tomioka, Yasuhiro Ito

Department of Nuclear Engineering, Hokkaido Univ.

Kita 13-jo, Nishi 8-tyoume, Kitaku Sapporo, Hokkaido, Japan

Abstract

As the advance of application of electron beam accelerator, the application field of this facility has been more broad. To broaden this field, it is now required to get more accurate information about beam position, intensity, and energy. Since now, there are some devices to determine it, but they do not offer enough function to user. Slot antenna has some advantages, such as high S/N ratio, wide band, and high speed responsibility, so we have been studying on an application of a slot antenna as beam monitor. A good waveform of the electric field made by the electron beam was obtained by the beam monitor with a slot antenna, and frequency spectrum of this field was obtained using MEM.

スロットアンテナを用いた電子ビーム周囲電界測定

【目的】

最近の電子ビーム加速器の応用領域の拡大にともない、この装置の応用領域はより拡大してきている。よりこの応用範囲が拡大するにともない、電子ビームの位置、波形をより正確に得ることが望まれている。今日までそのようなビーム情報を得る幾つかの装置が使用されているが、その性能には改善すべき課題が残されていた。本研究室では高S/N比、高帯域、高速応答性、等て有利さを持つスロットアンテナのビームモニターへの応用について研究してきた⁽¹⁾。今回はこのスロットアンテナを用いた非接触型のビームモニターを用いて電子ビームの波形及び、周波数スペクトルからそのビームについての位置、及び波形情報を得ることを目的にスロットアンテナによりその周囲電界測定を行なった。

【実験体系、方法】

スロットアンテナは、薄い導体板に細長い間隔を設けた磁流ダイポールと等価なマイクロ波アンテナで、近年衛星放送受信等で用いられている。本アンテナはFig.1の様なアンテナ要素間の結合にマイクロストリップラインを用い、このマイクロストリップラインを2枚の誘電体基板で挟む構造になっている。アンテナ要素の数はTable.1に示したように1, 2, 3, 4, 5個のアンテナについて実験を行った。Fig.1、Fig.2はアンテナ要素数5個のアンテナの構造を示している。

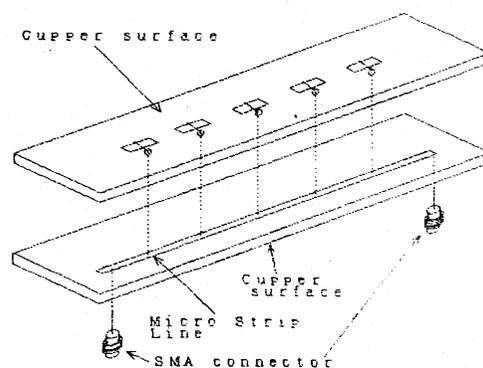


Fig.1 アレイアンテナ構造

実験体系はFig.3 の様になっており、上述の様なスロットアンテナを、ライナック電子ビームから約20cmのところに設置し、その出力波形を約20mのセミリジット同軸ケーブルで中性子実験室に引き込み、さらにトリガーに対

要素数	要素間隔 (mm)
1	-
2	20
3	20
4	20
5	20/15

Table.1 要素数、要素間隔

してディレイをかけるために20mの同軸ケーブルを經由してHP54120Aデジタイジングオシロスコープ（帯域20GHz）に取り込み、その波形データをGP-IB（IEEE488）を經由してHP3000に取り込んだ。さらにこのデータをGP-IB（IEEE488）を經由し、PC-9801にデータ転送し波形処理を行なった。

デジタイジングスコープのトリガー信号として、ライナック電子ビーム取り出し口に設置したピックアップコイルからの信号を用いた。このような体系で波形を70回とり、それぞれの波形を、周波数を詳細に決められる特徴を持つMEM（Maximum entropy method）（データ点数1024点、最大モデル次数500）を用いて時間空間から周波数空間に変換し、そのパワースペクトルの加算平均をとった。また実験に際しては、伝送線路上からのノイズの進入を考慮しその両端において接地を行い、周囲からの反射電界の影響を軽減するためにアンテナ系全体を電波吸収材で覆った。

【実験結果】

Fig.5 に得られた波形データ例を示す。この波形はアンテナ要素数2個の場合の波形データの一つである。これより電子ビームの極微細構造パルス列 (Fig. 4) の作る電界が観測されていることがわかる。このような波形をMEMを用いて得られるパワースペクトルを加算平均して得られるスペクトルをFig.6 に示す。これより6.0GHz、18.9GHz、24.7GHzにそのピークがあることが分かる。別の方法で同様な測定を行った吉田等の報告と観測方法から考えてより詳細、直接的な測定であると考えられる。

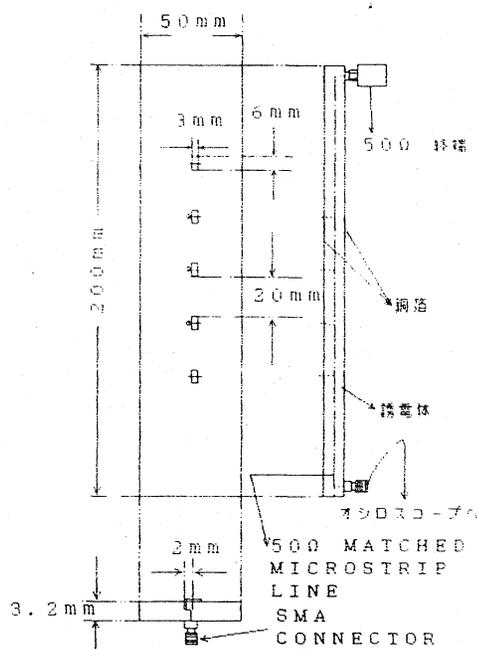


Fig.2 アレイアンテナ

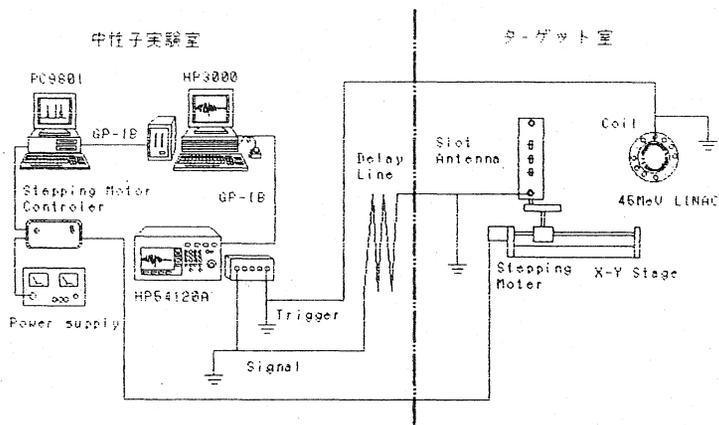


Fig.3 実験体系

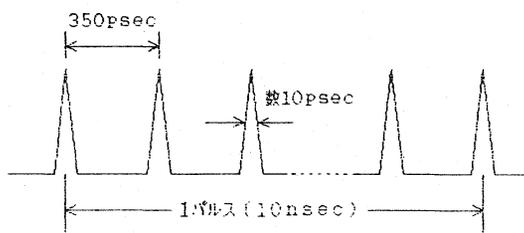


Fig.4 ライナック極微細構造パルス列

と比較して今回はそのデータ点数、

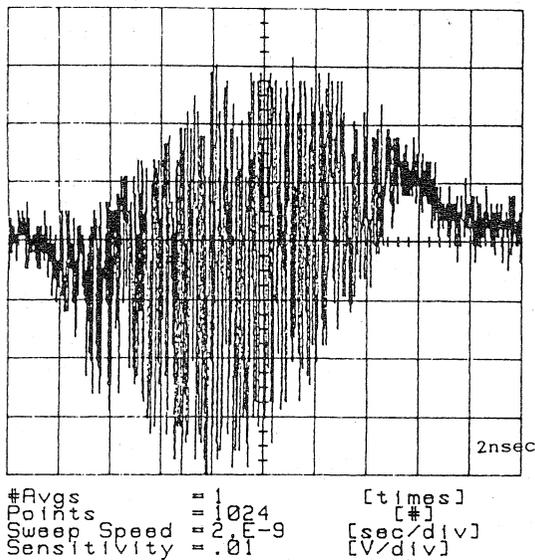


Fig.5 出力波形

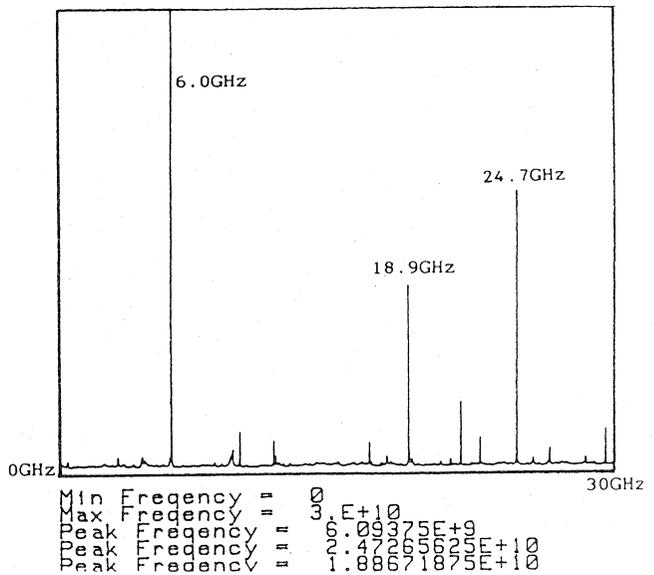


Fig.6 パワースペクトル

【考察】

それぞれの周波数に対応する周期は166.7psc、64.2psc、40.5pscである。アンテナの帯域を20GHzとして制作しているので、6GHzというのは18.9GHzと24.7GHzの差周波数であることが考えられる。先に報告された吉田等の行った同様な実験においてはライナックの周囲電界に対して定在波を立てその電界の空間分布より、周囲電界の周波数スペクトルを求めていたが、この手法と併用した新しい測定法として確立を目指す。今後は同軸ケーブルを導波管に換え、高周波出の減衰を抑える必要がある。

【結論】

スロットアンテナを用いることによって、電子ビーム周囲電界を計測することに成功した。またこのデータを元にその波形データの周波数変換をMEMを用いて行ない、その周波数についての解析を行なった。今後はさらにこの電子ビームモニターの問題点である、S/N比の向上、データ処理の高速化、空間的な電界波形の分布情報の測定法の確立等を克服し、ここから得られる電界波形データを用いて、その逆問題として得られるであろう電子ビームの波形、位置を得る方法を確立することが目的となるであろう。

参考文献

- (1) 遠藤他、”スロットアンテナを用いた電子ビームモニター検討”
電子通信学会技術研究報告vol.86, No.180
- (2) T.Yosida et.all ”Measurement of Electron beam characteristics of LINAC
by slot antennas” Proceedings of the 12th LINAC Meeting in Japan
- (3) 吉田他、”ホーンアンテナによる電子線形加速器ビームからの放射電磁界に関する研究”