

## Beam position monitor using high-permiability material

Kobayashi T., Kozawa T., Ueda T., Uesaka M. and Miya K.

Nuclear Engineering Research Laboratory, Faculty of Engineering, University  
of Tokyo

2-22, Shirakata-Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-11, Japan

Kobayshi H.

National Laboratory for High Energy Physics

1-1, Oho, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

Tagawa S.

The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University

8-1, Mihogaoka, Ibaraki, Osaka 567, Japan

### Abstract

A beam position monitor for an linear accelerator has been developed at NERL/UT linac. The beam position monitor is mainly composed of four rectangular high-permiability materials, four pickup coils, a monitoring housing, four SMA type output connectors and ceramic vacuum duct. The high performance of the beam position monitor using rectangular high-permiability materials is reported. And we shows the possibility of nondestructive beam profile monitor using high-permiability materials.

### 高透磁率材料を用いたビームポジションモニター

#### 1. はじめに

筆者のアモルファスコアを用いたビーム超高速電流モニターの開発（アモルファスコアモニター）により、電子線加速器のビーム電流モニターの高速応答性及びS/N比の改善に大きく貢献している<sup>1)</sup>。近年は、ビーム位置やプロファイルを正確に計測したい実験が多々あるが現状である。しかしながら、プロファイルモニターに至っては、ワイヤスキャン方式やマルチワイヤ方式及びデマルケストなどの発光体を電子ビーム通過位置に設置して光を計測し、プロファイルを求める破壊型しか使用されていない。

ビームプロファイルは、一般的にはアルミナスクリーンを用いて、ビームに同期して画像を取り込むシステ

ムが多く使用されている。しかし、このモニターシステムは、ビームを破壊する方式であり、スクリーンを適当な傾斜角から観測しなければならない欠点がある。筆者らは、超高透磁率のカットコア（例えば2mm x 5mm x 10mm）に1ターンのピックアップコイルを4箇所に取り付けた電子ビーム位置モニター（プロファイルモニター）を開発している。このモニターの特徴は、非常に小型の超高透磁率の直方体をトランスの磁心にするることにより、高速応答性を損なわずに出力電圧を大きくしたことである。現在、開発中の直方体の超高透磁率材料を用いると、ビーム位置の重心を非破壊で計測するだけでなく<sup>2)</sup>、ビームプロファイル（断面形

状)を非破壊で計測できる可能性を示す。

## 2. テストベンチによる電子ビーム位置モニターの校正

ビーム位置モニターのセンサー部の構成図をFig 1に示す。このセンサーを絶縁体のセラミックリング上に適当に配置(現在は4ヶ所)したケースを製作し、このケースを正確な角度で回転させる。そして、対になっているセンサーを演算することで、それぞれのセンサーからの出力電圧の変化をデジタル化して、信号処理を行なう。また、計測システムをFig 2に示す。超高透磁率の直方体の体積と距離による出力の変化とワイヤーに流しているパルス電流によるセンサー部の直線性を調べた結果が、Fig 3である。パルス電流位置をモニターケース内で30mm x 20mmの範囲をマッピングしたのがFig 4である。粗い計測であったが、中心付近は歪みもなく精度良くマッピングができた。ビーム位置モニターは、X方向とY方向に対応する互いに直交する2組のセンサー対を構成して、各対のセンサー出力を加減算して比をとることによって電流パルスの重心位置を計算する。パルス電流の重心位置(X,Y)は、 $X=R(V_1-V_3/V_1+V_3)$ ,  $Y=R(V_2-V_4/V_2+V_4)$ で近似できる。Rはモニターケースの半径を示す。また、パルス発生器のパルス電流100mAをモニターのセンターから5mm下側を通過させた時の水平方向の出力信号を $\theta$ -stageで360度回転させた時のパルス信号電圧の変化をプロットしたのがFig 5で、 $R(V_1-V_3/V_1+V_3)$ が綺麗にサインカーブに乗っている。この $\sin$ カーブのピーク値からワイヤー位置がモニターの中心から下方に5mmずれていることが確認できる。

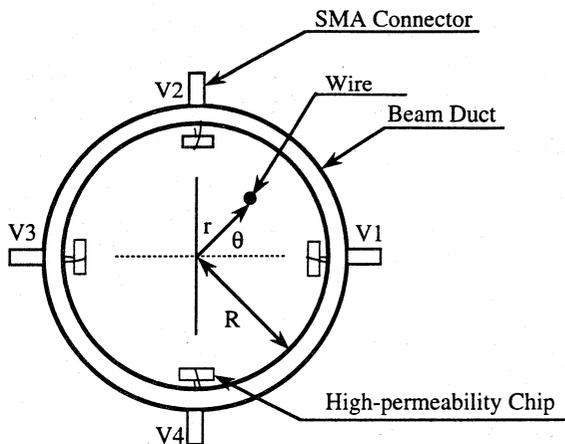


Fig. 1. Cross-sectional view of the beam position monitor.

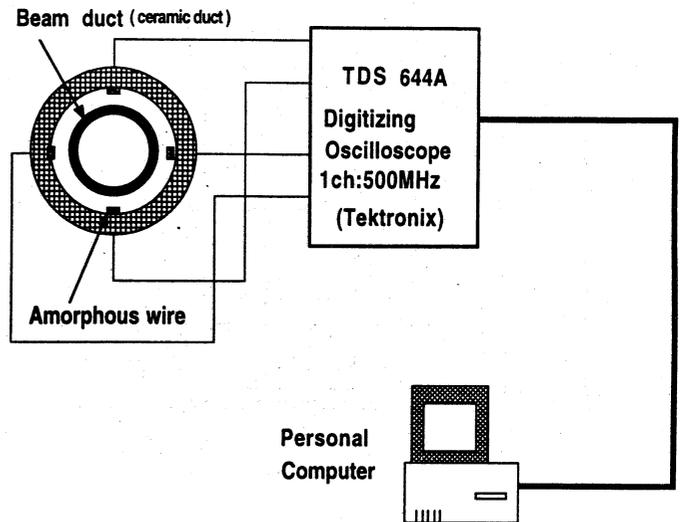


Fig.2.Measurement system

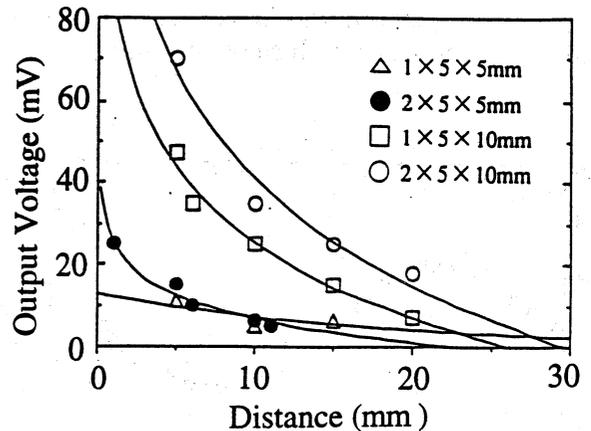


Fig. 3. (a) The change of pickup coil output voltage as a function of the volume of the HPM and distance from the pulsed current of the wire.

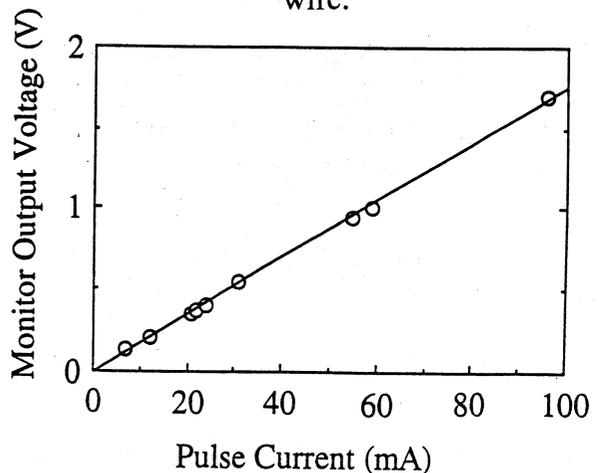


Fig. 3. (b) Correlation between position monitor output voltage and the pulsed current of the wire.

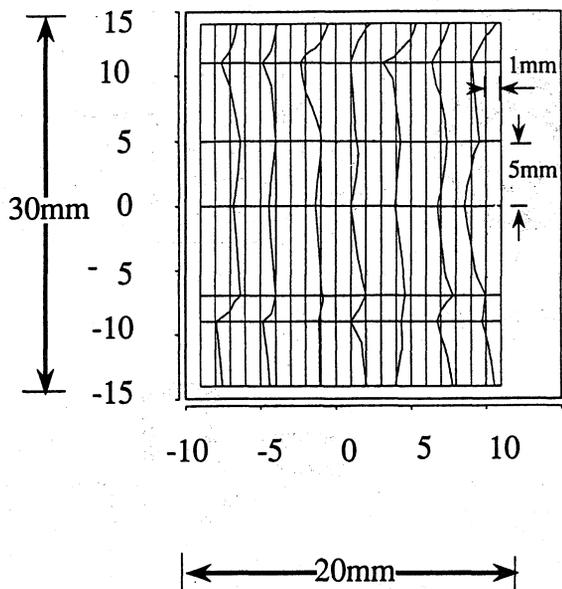


Fig. 4. Measurement of magnetic field distribution of 30mm x 20mm area in the beam monitor with steps of 1mm.

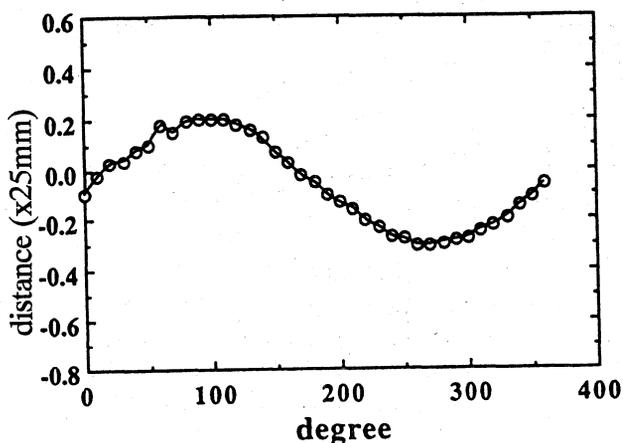


Fig. 5. Sensitivity curve of signals coming from two pairs of pickup coils using  $\theta$ -stage. (wire position  $x=0, y=-5\text{mm}$ )

### 3. メッシュ分割方法による電子ビーム位置（プロファイル）モニターの校正

モニターの校正方法は、メッシュ分割方法のように、空間をメッシュ状に分割し、各センサーについてパルス電流  $I$  が流れた時の距離  $R$  でピックアップコイル出力  $V$  を予め計測しておく。比例定数を  $K$  とすると、 $K = V \times R / I$  となる。ポイント  $(i, j)$  を流れる電流を  $I_{ij}$  とするとセンサーの出力  $V_m$  は、 $V_m = K(I_{ij} / \sqrt{(X_i - X_s)^2 + (Y_j + Y_s)^2})$  で表す事ができる。実際の電子ビームによる実験

では、 $\theta$ 及びX,Y-stageを用いた電子ビーム位置モニターの実験で沢山のデータが得られている。そのデータの一部は、昨年のライナック研究会で報告している。しかし、まだ $\theta$ -stageを360度回転させて電子ビームの位置（プロファイル）を計測する実験を行っていない。また、メッシュ分割方法により、違う2点をワイヤーパルス電流が通過した時の $\theta$ -stageを360度回転させて計算してプロットしたのが、Fig. 6である。今後、このシステムでの信号の有効桁数の増大と $\theta$ -stageを360度回転させて電子ビームの位置（プロファイル）を計測する実験を行う。

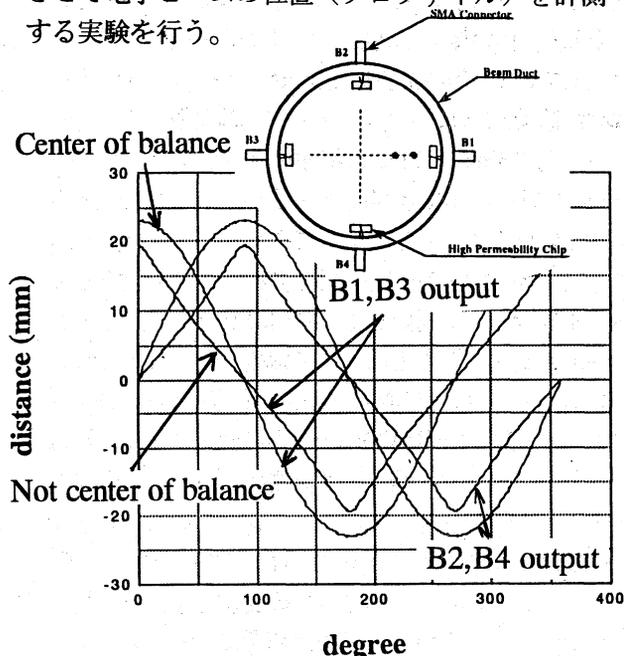


Fig. 6. Simulation results of the beam position (profile) monitor with two wires. ( $x=+20\text{mm}, +26\text{mm}, y=0$ )

### 4. まとめ

モニターを正確に回転させ、データを取り込んで、更に回転させるという方法で電子ビームのビーム位置はもとより、プロファイルを計測できると考えている。試験的に $\theta, X, Y$ -stageを用いたモニターシステムを試作して、ベンチテストでデータ取得が可能であることを確認し、ベンチテストのデータと計算結果を比較した。計算とベンチテストの結果は、定性的に一致していることが確認できた。

### 5. 謝辞

(株)パルス電子技術の芝田、油浦各氏の研究ご協力に対して深く感謝致します。

### 参考文献

- 1) T. Kobayashi et al., Nucl. Instr. and Meth., B79 (1993) 785.
- 2) T. Kobayashi et al., Nucl. Instr. and Meth., A361, 3 (1995) 436.