

A STUDY OF BEAM POSITION MONITOR BY SLOT ANTENNAS

Akira ENDOH Takahiko YOSHIDA Takeaki ENOTO

45MeV ELECTRON LINAC LABORATORY

DEPARTMENT OF NUCLEAR ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING, HOKKAIDO UNIVERSITY

Abstract : Beam Position Monitor by the slot antennas can be made easily and at low cost, and be used for the electron beam with duration from 10ns to 3 μ s. Changing the slot length the size and shape of beam transit hole, the relation between output voltage of the slot and beam position was improved. Then, beam position could be calculated accurately using output voltage of both right and left slot antenna. It seems that slot antenna is excited by not only electromagnetic field but also electrostatic induction by the electron beam.

【 序 】

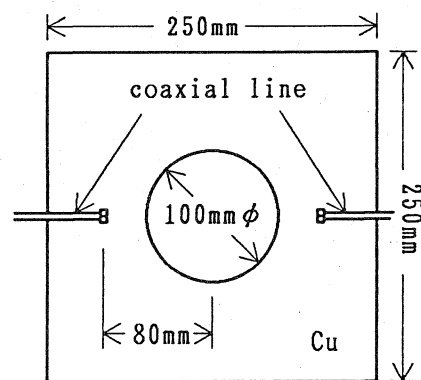
スロットアンテナは、薄い導体板に細長い隙間(スロット)をあけたもので、磁流ダイポールアンテナと等価なマイクロ波アンテナである。このスロットアンテナを用いた電子線ビームモニターは、製作の容易さ・安価、コンパクトでノイズにも強い、広帯域であるなどの利点を持つ。

前回の報告においては、スロットアンテナをビームポジションモニターとして用いる検討を行い、実用性が確認された。¹⁾ 今回、アンテナの寸法及びモニターの形状を変えることにより、出力特性の改善を図った。また、スロットアンテナはビームの作る放射電磁界の他に静電誘導をも検出していることが予測された。そして、その詳細な測定を行い、その効果を考慮することにより、精度良くビーム位置を求めることができることがわかった。

【 実験 】

モニターの形状をFIG-1に示す。以前のモニターに対し、1)スロットの寸法の短縮[6mm*3mm]、2)ビーム通過口の形状変更・拡大[100mm ϕ 円形]、3)モニター中心とスロットとの距離の延長[80mm]、および4)モニター寸法(銅板)の拡大[250mm*250mm]なる変更を施した。

モニターをアクリル製の枠にはめ込み、XYステージに載せ、水平方向に移動させながら、ビーム位置とその点での出力電圧を測定した。スロットからの出力は、クリスタル検波器を通して20m離れたストレージオシロスコープ(岩通 TS-8123 [帯域100MHz])に記録され、ホストコンピューターに取り込まれた。また、出力波形が直接オシロスコープ(テクトロニクス 7104+7A29 [帯域1GHz])によって観測された。



Slot size : 6mm*3mm

FIG-1

【 結果 】

1. 出力波形

ビーム幅10ns、3 μ sの電子ビームに対する出力波形を、PHOTO-1、PHOTO-2に示す。いずれもノイズ・反射のない、きれいな波形が得られた。また、1GHz オシロスコープでは350psの微細構造パルスが観測できている。これから、本ビームモニターは、広帯域な波形モニターとしても期待が持てる。

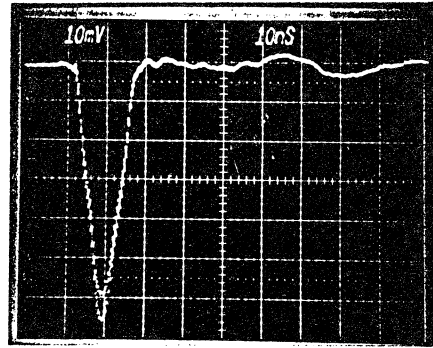


PHOTO-1

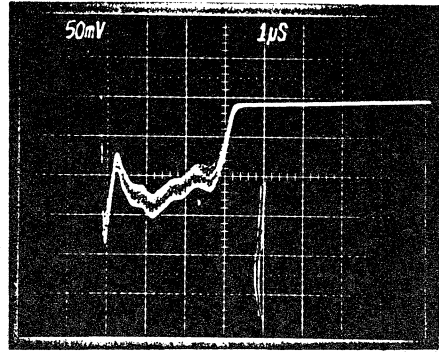


PHOTO-2

2. ビーム位置の算出

ビーム位置と左右のスロットの出力との関係を FIG-2に示す。出力電圧は、 $1/r^2$ 特性(r:ビーム中心とスロットの距離)に近いことがわかった。

これらのデータをもとに実験式を求め、左右の出力電圧からビーム位置を計算により求めた。その位置(Estimated Position)と実測位置(Experimental Position)との関係を、FIG-4に示す。ビームの大きさ(5mm程度)を考慮すれば、精度良く求められたと言える。

ビーム位置は、左右の出力電圧の比によって求められるため、上下方向のずれ(FIG-3)、ビーム電流の変化に対して依存することなく求められる。

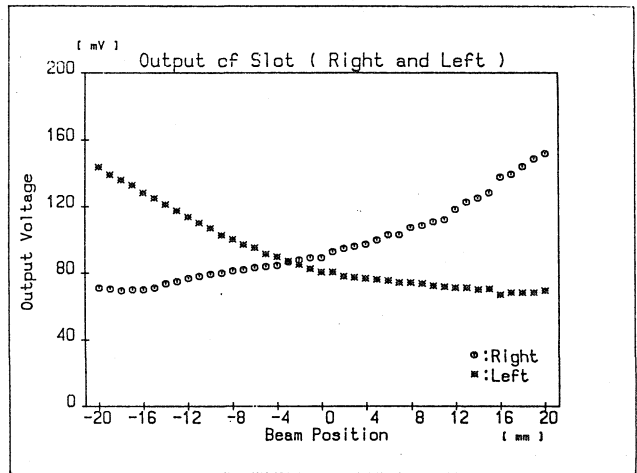


FIG-2

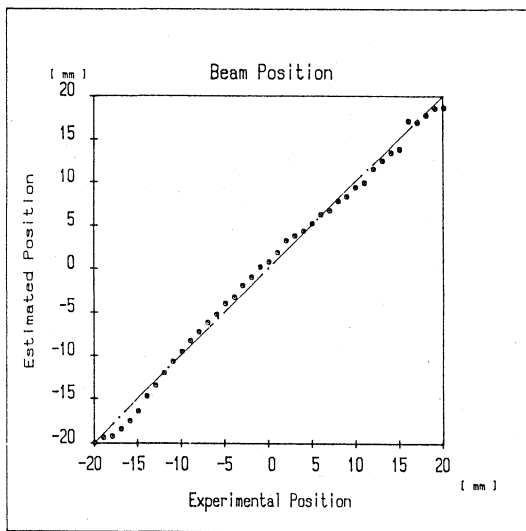


FIG-4

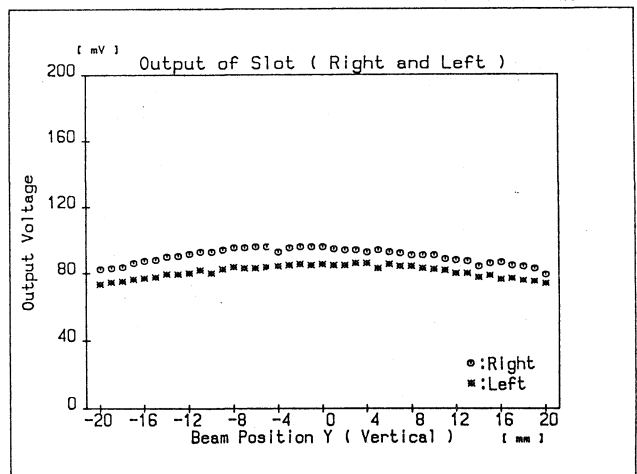


FIG-3

3. 出力特性

ビーム通過口が、50mmφ、75mmφの円形、50mm×50mmの四角形、それぞれの場合についてのビーム位置と出力電圧の関係を、FIG-5に示す。ビーム通過口が小さい方が出力電圧が高く、円形の方が傾斜が急なことがわかる。これらの違いは、電子ビームによるビーム通過口への静電誘導に関係があると考えられる。

また、スロット長の違いによるビーム位置と出力の関係を、FIG-6に示す。検波器の特性から、検波器への入力電圧レベルがほぼ同じになるように、減衰器をその前に挿入した。スロット長が長いほど出力が高く、ビーム中心との距離依存特性にも違いが見られる。

【 結論 】

ビーム位置が、実験式を用いることによって左右の出力電圧の比から精度良く求められた。これは、パルス幅10ns~3μsのいずれの電子ビームに対しても適用できる。また、ビームの広がりによる出力への影響はほとんどないことが、解析的に確かめられた。これより、このモニターの実用性が高められた。

しかし、ビーム位置と出力電圧の関係は、理論的にはまだ明確ではない。スロットアンテナの出力には、電子ビームによる放射電磁界の他にビーム通過口への静電誘導が寄与していると考えられる。これは、アンテナの指向性等を利用して分離測定し、解明する予定である。また、周囲の金属の影響も見出だされているが、それは特定の形状の境界条件を設定することによって取り除き、ポジションモニターの精度を高める予定である。

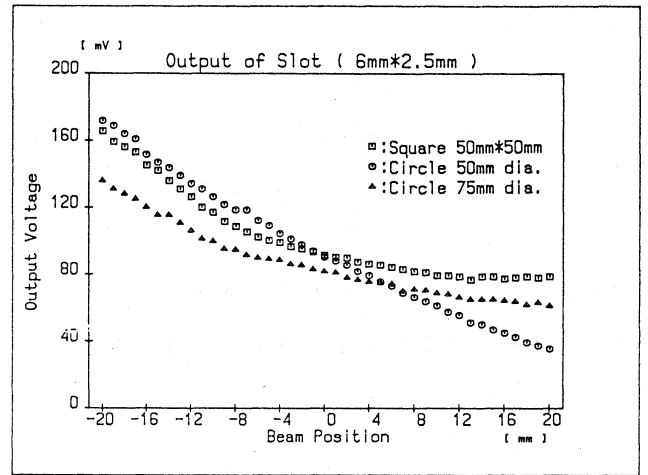


FIG-5

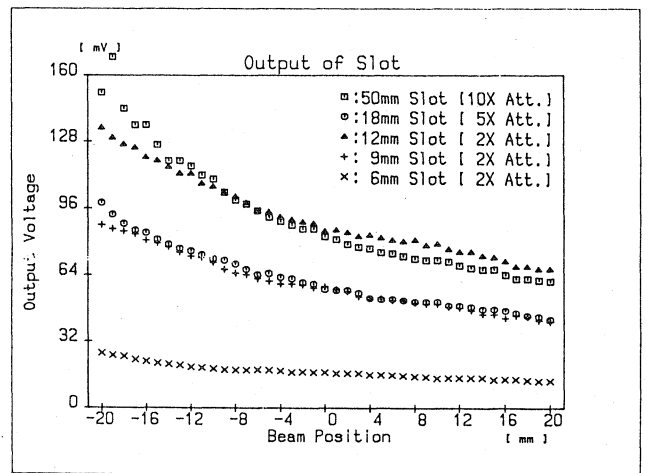


FIG-6