

## DEVELOPMENT OF A BEAM CURRENT MONITOR BY USING AMORPHOUS CORE (IV)

Toshiaki KOBAYASHI, Toru UEDA, Youichi YOSHIDA, Mitsuru UESAKA  
and Kenzo MIYA

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

Seichi TAGAWA  
Research Center for Nuclear Science and Technology,  
University of Tokyo

Hitoshi KOBAYASHI  
National Laboratory for High Energy Physics

### アモルファスコアを用いたビーム電流モニターの開発 (IV)

#### ABSTRACT

Fast beam current monitor has been developed by using amorphous magnetic core in several years ago. It provides a linear response, fast rise and fall time ( $T_r < 1 \text{ ns}$ ) and high sensitivity (10V/A at 50ohm load) for a beam current pulse up to submicroseconds.

#### 1. はじめに

今までにこの研究会で3回ほど、アモルファスコアを用いた電子ビームモニター（アモルファスコアモニター）の開発・研究について報告してきた<sup>1-3)</sup>。アモルファスコアを使用した電子ビームモニターは、フェライトコアモニターと比較すると高いパルス応答性がある事を報告してきた。しかし今までのアモルファスコアモニター<sup>4)</sup>は、真空ダクトの内径として16φが最も大きい形状であった。今回開発したアモルファスコアモニターは、パルス電子技術（株）との共同開発によって、図1のように内径16φから35φにすることができた。これにより、真空引きの時のコンダクタンスの問題やアモルファスコアモニター部の真空ダクトへの電子ビーム衝突による真空リーク等の問題を防止することができる。よって、設置できる場所が限定されざりだつたアモルファスコアモニターは、ほとんどの場所での設置が可能になったと思われる。

#### 2. アモルファスコアモニターの性能

アモルファスコアの選択は、角型のヒステリシスで小さい磁束保持力、高い飽和磁束密度のものを選んで実験している。経験的に保持力は小さいほうがコアのパルス応答速度も良いし、飽和磁束密度については、加速器で加速できる電流値から5 KGaussほどあれば十分であると考えられる。また2次巻線の形状は、高周波電流を扱うので平型のワイヤー、ツイスト線、単線、太い単線、太いより線が考えられるが、経験的に、より線、太いより線系統が高速性があると思われる。

アモルファスコアモニターの性能評価方法には、図2のようにパルス発生器及びマイクロ波

発生器の信号を50Ω同軸テーパー管に取り付けたアモルファスコアモニターからの信号と発振器の信号を同時にオシロスコープとスペクトルアナライザーを使用して計測した。この2つの計測の大きな違いは、モニター出力波形をオシロスコープで計測する時には、時間的な波形変化を計測して、スペクトルアナライザーで計測するときは、時間的な項は省かれて、中心周波数やスペクトル幅及び周波数による減衰量の変化を計測することができる。この2つの計測方法でモニターの性能は、図3、4から、ほぼ満足できる結果がでている。次に、16φのアモルファスコアモニターと今回開発した35φのアモルファスコアモニターで得られた実際の2nsビームを同時にオシロスコープで測定した結果を図5に示す。ほぼ同等の性能が得られることが確認できた。アモルファスコアモニターの応答性をスペアナで計測すると、例えば198MHz、235MHz、306MHz、392MHz、443MHzの発振器のスペクトルとその時のアモルファスコアモニターの出力スペクトルとが非常に良く一致しているのが判る。モニター出力はマイクロ波発振器の周波数の変化に関係なく出力強度がほぼ一定であり、図6に示すように透磁率の低下が生じていない。高速パルスによるアモルファスコアの表皮効果による表皮の厚さを求めてみると、

$$T = \sqrt{2\rho / \mu_0 \mu_s \cdot 2\pi f} \text{ より,}$$

$\mu_s = 10$ ,  $\rho = 1 \mu\Omega\text{m}$ ,  $f = 350\text{MHz}$  と仮定すると  $T = 8.5 \mu\text{m}$  となる。したがって、アモルファスコアの表面から  $8.5 \mu\text{m}$  程度しか磁界は浸透しない。また、2次巻線も  $\rho = 1.7 \mu\Omega\text{m}$ ,  $f = 350\text{MHz}$  とすると、導線の  $11 \mu\text{m}$  の部分しか高周波電流は流れない。これより2次巻線の表面積を大きくする工夫が必要である。

アモルファスコアの組成は、どんな組成が最良であるかは国内外の研究者によって、現在も探索中である。近年、Fが微量に入ったほうが、比抵抗率の増大、高周波応答が改善されるという報告がなされている。Fが微量に入っただけで、100MHzまで一定の透磁率になることが、東北大金材研の報告にある<sup>5)</sup>。

### 3. まとめ

今回までの報告をまとめると、大型のアモルファスコアでも高速応答性のある電子ビームモニターが開発できた。さらに改良を行い、磁気結合度を1に近づける開発・研究を行う。今後は、アモルファスコア自体の特性測定及び高周波特性の改善や2次巻線の最善化の検討を行う予定である。

#### 参考文献

- 1) Proceedings of the 13th linear accelerator meeting in Japan  
T.KOBAYASHI et al., ;Development of a beam current monitor by using amorphous core pp.121-123(1988)
- 2) Proceedings of the 14th linear accelerator meeting in Japan  
T.KOBAYASHI et al., ;Development of a beam current monitor by using amorphous core pp.306-308(1989)
- 3) Proceedings of the 15th linear accelerator meeting in Japan  
T.KOBAYASHI et al., ;Development of a beam current monitor by using amorphous core pp.141-143(1990)
- 4) 応用物理学会誌 小林 利明;アモルファスコアによる加速器ビーム電流モニターの開発 Vol.57, No.9, pp.1382-1386(1988)
- 5) 日本応用磁気学会誌 加茂 芳邦, 島田 寛;ポリイミド上に作製したCo系アモルファス薄膜の軟磁性 Vol.16, No.2, pp.421-424(1992)

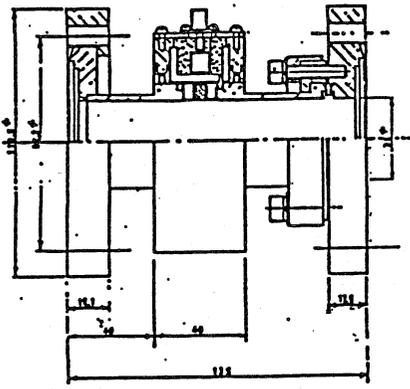


図1. 35°アモルファスコアモニターの断面図

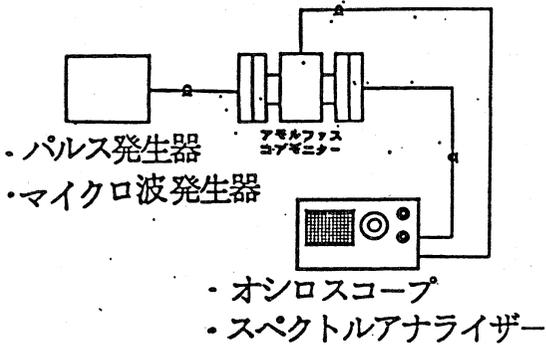
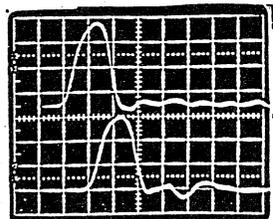
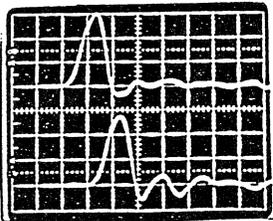
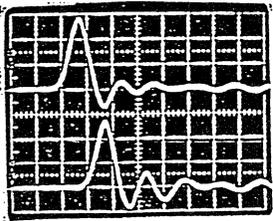
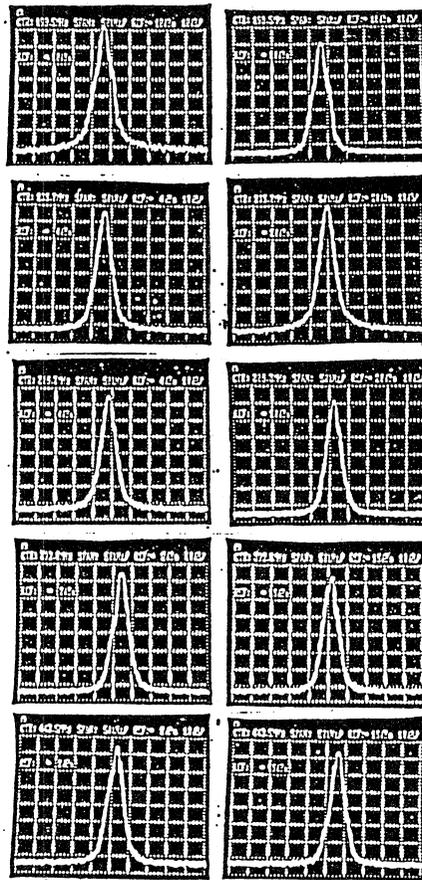


図2. アモルファスコアモニターの性能計測方法



2 ns/div



198 MHz

235 MHz

306 MHz

392 MHz

443 MHz

図4. マイクロ波発振器による信号をアモルファスコアモニターで計測 (スペクトルアナライザを使用)

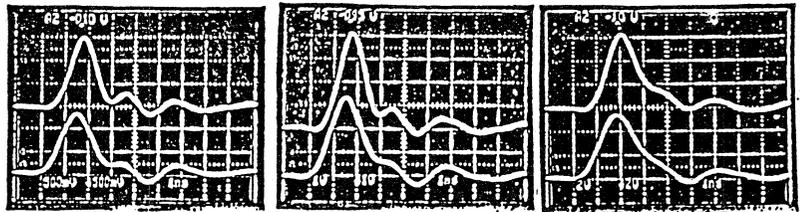


図5. 16°及び35°アモルファスコアモニターによる2 nsビーム電流波形の計測結果 1 ns/div

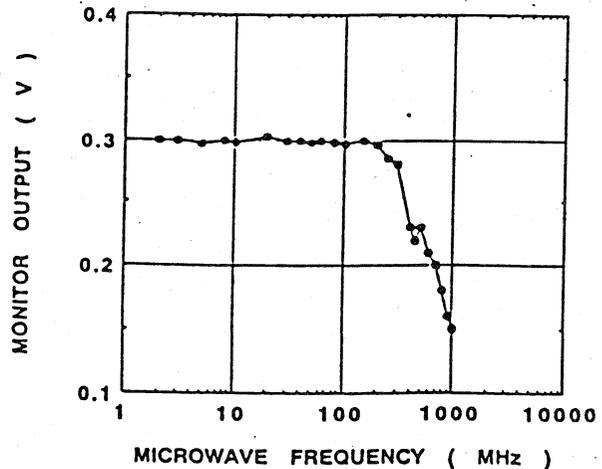


図6. マイクロ波をスイープしてアモルファスコアモニターの出力電圧を計測

図3. パルス発生器による信号をアモルファスコアモニターで計測 (オシロスコープを使用)