

Development of a Beam Current Monitor by Using Amorphous Core

Toshiaki KOBAYASHI, Toru UEDA, Youichi YOSHIDA, Masakazu WASHIO
and Yoneho TABATA

Nuclear Engineering Research Laboratory
Faculty of Engineering, University of Tokyo

ABSTRACT

Beam current monitors are very important for daily operation of a linac. But the ferrite core-monitor does not have enough wide time response. For example, its inductance is increased for measurement of long pulse beam and usually that large inductance deteriorates fast pulse response. The current monitor which have very wide time response (ps - μ s) have been desired. Some results of the monitor using amorphous core will be reported.

アモルファスコアを用いたビーム電流モニターの開発

1. はじめに

電子ビーム電流のモニターの重要性は、近年増々高まっている。その要引としては、高品質の電子ビームを作り出す事で、放射線化学の初期過程における実験の高度化、高エネルギー物理学、自由電子レーザー等の研究に重要な役割を担うものと思われる。

最近アモルファス金属も数年前と比べて格安となり、品質も安定したものが作られるようになった¹⁾。アモルファス金属のリングコアの使用法²⁾は、主にスイッチング電源のトランスだった。アモルファス金属の高透磁率、高周波特性を利用すると、フェライトリングを用いたコアモニターの替りにアモルファス金属コアリングを用いる事でコアモニターの性能がいちじるしく改善されたので報告する。

2. 実験

実験方法は、図1の形状のビームモニターにバキュームシュメルツ社の6025Fというアモルファスコアに電子ビームとビームを模擬したパルス電流を通過させて計測した。実験に用いた電子ビームのパルス幅は2 nsと4 μ sの2種類である。また、電子ビームを模擬したパルス電流はパルス発生器(岩通PG-230)で発生させた。2 nsビームをビームキャッチャーで測定した時の波形が図2である。ピーク電流に換算すると143 mAとなる。図3はフェライトコアに1ターン導線を巻いて2 nsビームを測定した。ピーク電流に換算すると34 mAとなる。また、図4はアモルファスコアに1ターン巻いた時の波形でピーク電流値に換算すると114 mAとなる。ビームキャッチャー、フェライトコアモニター、アモルファスコアモニターの3種類のモニターの比較をすると波形の立ち上がりはほぼ同程度であるが、立ち下がりにはアモルファスコアモニターの方が早い³⁾。しかも電流値的にもビームキャッチャーにちかいはアモルファスコアモニターで、フェ

ライトコアモニターにするとかなり下まわる。図5のように2 nsビームをサンプリングオシロスコープ7844 (7T11, 7S11 S-4) で測定すると350 ps 毎にビームパルスの測定ができた。次に4 μ s ビームの測定を行った。図6のように1ターンのアモルファスコアモニターでは、droopは大きい。しかしフェライトと比べると非常に長く、時定数は1 μ s 程度である。次にアモルファスコアモニターのターン数を10ターンとすると、図7のように十分に長い電子パルスビームの測定にも活用できる。出力は電流200 mAで0.5 V (25 Ω) 程度の出力電圧が得られるのでS/N比もフェライトコアモニターに比べ非常によくなる。時定数は10ターンで436 μ s となり、5 μ s ビームでも1%以内のdroopになる事が予想できる。実際の電子ビームでは都合により計測できなかった。しかし、パルス発生器によるパルス電流では、図8-10のように10 ns (5ターン), 100 ns (5ターン), 5 μ s (10ターン) でパルスレスポンスが非常に良く、高出力であることが確認できた。さらにアモルファスコアモニターを使い安くするためにはリングコアの半割化が非常に重要となってくる。現在、いろいろな方法を検討中である。

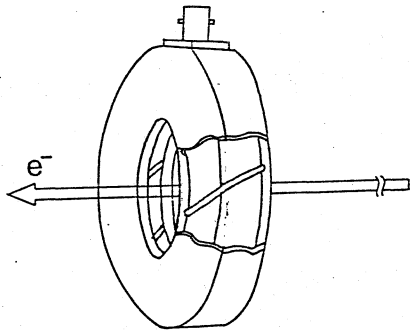


図1 アモルファスビームモニターの概略図

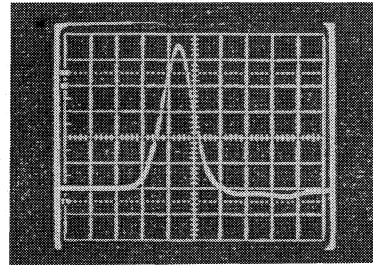


図4 2 ns ビームの計測 (1ターンアモルファスコアモニター)
0.5V/div. 1ns/div.

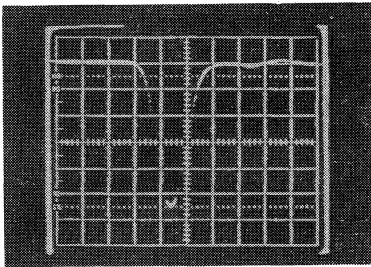


図2 2 ns ビームの計測 (ビームキャッチャー)
0.5V/div. 1ns/div.

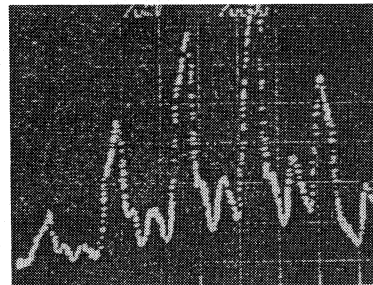


図5 2 ns ビームの計測 (1ターンアモルファスコアモニター)
1V/div. 200ps/div.

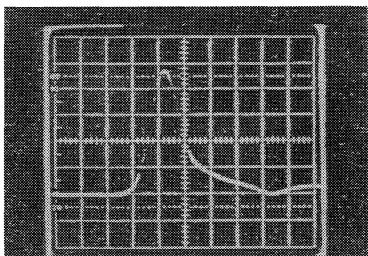


図3 2 ns ビームの計測 (1ターンフェライトコアモニター)

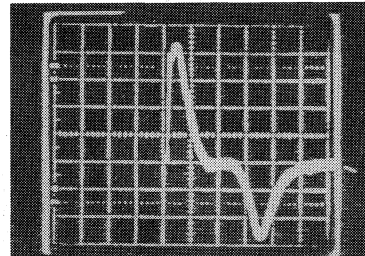


図6 4 μ s ビームの計測 (1ターンアモルファスコアモニター)
0.1V/div. 1 μ s/div.

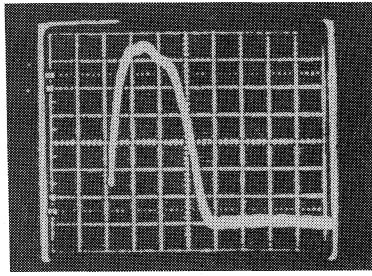


図7 4 μ sビームの計測(10ターンアモルファスコアモニター)
50mV/div. 1 μ s/div.

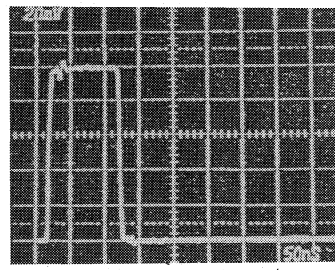


図9 模擬パルスビーム電流による計測(5ターンアモルファスコアモニター)
100mV/div. 50ns/div.

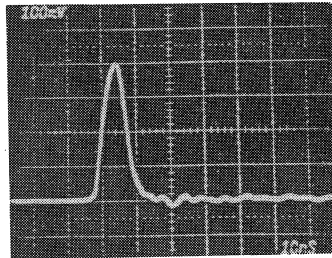


図8 模擬パルスビーム電流による計測(5ターンアモルファスコアモニター)
100mV/div. 10ns/div.

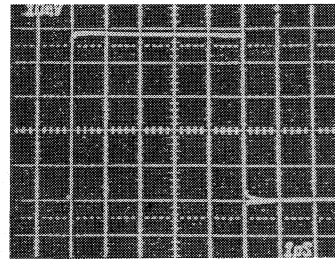


図10 模擬パルスビーム電流による計測(10ターンアモルファスコアモニター)
50mV/div. 1 μ s/div.

3. まとめ

今回の実験でアモルファスコアを用いたビーム電流モニターは、よい性能を示している。実験に使用した三井石油化学工業(株)が輸入している6025F(組成(CoFe)70(MoSiB)30)がパルス透磁率が高くアモルファスコアモニターに適している材料と思われる。しかも、近年アモルファス金属の技術、製造面において比較的安価に均一の製品が入手できるようになりつつある。アモルファスコアにより電子ビーム電流モニターは、コアの巻数を大幅に削減できるので、飛躍的なモニター出力の増大、高速化、長パルスビームのモニター時のdroopの低減化が可能となる⁴⁾。また、文献によるとアモルファス金属の耐放射線損傷性は高い事が報告されているので、加速器の電子ビーム電流モニターとしての応用も可能である。実用上、リング状のアモルファスコアをセラミックで絶縁されたビームダクト取り付けの上で半割にする技術を押し進める必要がある。

参考文献

- 1) 増本 健、深道 和明：アモルファス合金のその物性と応用 アグネ社
- 2) 三井石油化学工業(株) 技術資料(1987)
- 3) 小林 利明：月刊アイオニクス No. 47(1988) 1.
- 4) 小林 利明：応用物理学会誌 研究紹介投稿中