

ELECTRON BEAM CURRENT MONITORING WITH CORE AND DIGITAL OSCILLOSCOPE

Kazuyoshi MASUMOTO, Yoshinobu SIBASAKI and Masayuki OYAMADA

Laboratory of Nuclear Science, Faculty of Science, Tohoku University

ABSTRACT

A new beam current monitoring system, which were composed of a core, a digital oscilloscope and a personal computer, has been developed. The pulses induced in the core monitor by electron beam were monitored with the digital oscilloscope and wave form data were transferred to the personal computer via GP-IB in DMA mode. After a positive part of each induced pulse was integrated and converted into an average beam current, current data were graphically plotted on CRT and recorded sequentially in a floppy disk. It was ascertained that integrated area and average current had a good linear relationship from $1\mu\text{A}$ to $200\mu\text{A}$. This system can be characterized by its simplicity and flexibility.

コアモニタとデジタル・オシロスコープによるビーム電流測定

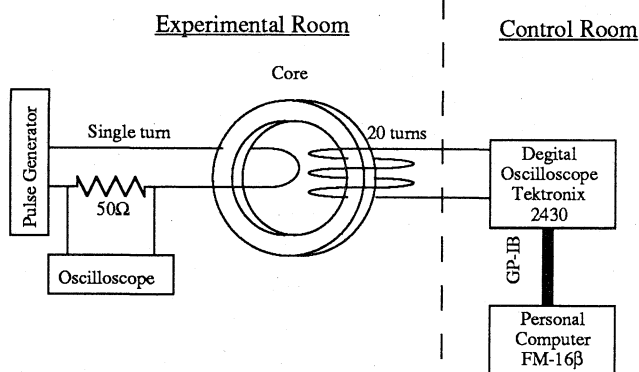
§ 1. 序

通常、加速電子の電流測定には、ビームダクトにコアを取付け、パルスビームが通過する際にコアの二次側コイルに誘導されるパルス波形をオシロスコープで定性的に観測するか、誘導電流を整流器で整流後、デジタル・カレント・インテグレータ、カウンター・タイマーを使って計数し、電流値に換算する方法がとられる。核理研ライナックでは低い電流から百数十マイクロアンペアまでの広いダイナミックレンジで測定することがしばしば必要となる。しかし、上述の測定方式では数十マイクロアンペア以下の平均電流を測定する場合、著しく計数が減少するとともに、計数と電流値に直線関係が得られず測定が難しかった。そこで、コアのコイルの巻数を少なくし、増幅器を入れて、感度と直線性の向上を試みたが、ダクト周辺の放射線レベルが非常に高くなる実験では、増幅器は放射線損傷で直ちに使用不能となった。また、ダイナミック・レンジを拡げることもできなかった。そこで、このような計数方式に換え、デジタル・オシロスコープを使いコアモニタのパルス波形をそのまま数値積分し電流値に換算する方式を検討したので報告する。

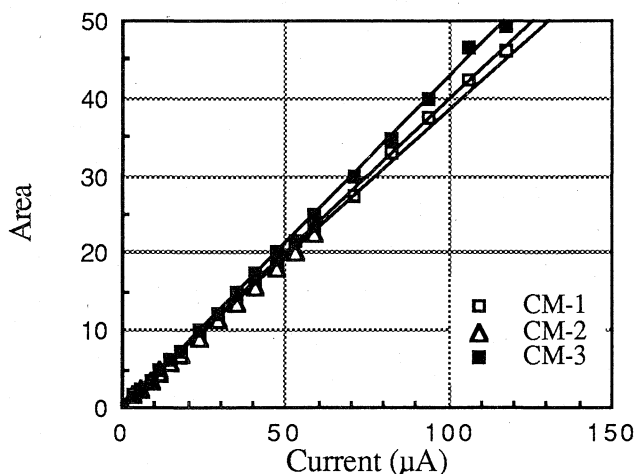
§ 2. 校正方法

コアモニタの校正方法を第1図に示した。電子ライナックの加速電子と同じ条件で校正するため、パルス発生器で幅2または3 μsec の矩形波を繰り返し数300ppsで発生させ、シングルターンでコアに通す。その際のパルス波高はオシロスコープでモニターしながら0.3~10V(尖頭電流200mA相当)まで変化させる。コアの二次側コイルの巻数は20とした。コアのコイルからの誘導パルスは制御室のテクトロニクス製2430型デジタルオシロスコープで測定する。オシロスコープ上の波形データはGP-IBインターフェースを介して富士通パーソナルコンピュータFM-16 β にDMA転送し、パルスの立ち上がり、立ち下がり自動検出し、ベースラインより正の部分を積分する。データは各チャンネル毎に1バイトのバイナリ・コードとして、合計1024チャンネル分受信する。同時に入力感度(mV/div)、掃引速度($\mu\text{sec}/\text{div}$)のデータも取り込み、面積を規格化する。取り込んだ波形はその積分値とともにCRTに表示するとともに、その積分範囲はFM-16 β のCRTとオシロス

コープ画面上にカーソルで表示させる。データ処理時間は数秒である。2 μsec 幅のパルスで校正した際の、誘導パルスの面積を平均電流に対してプロットしたのが第2図である。コアによってその勾配には若干の個体差はあったが、いずれも数 μA から百数十 μA まで相関係数0.999以上の直線関係が得られることが分かった。また、3 μsec 幅のパルスでも同様の結果が得られた。



第1図 コアモニタの校正方法



第2図 誘導パルスの波形積分法による平均電流校正曲線

§ 3. 電流測定

上記の電流校正プログラムはそのまま電流測定にも利用できるが、実際の加速電子ビームのパルス波形は理想的な矩形波とはならないために幾つかの工夫を行った。

ひとつは300ppsのパルスの中には波形の異なるものが混在しているため、8ないし16パルスのアベレーシング処理したものを取り込むことにした。さらに、今回は15秒毎に1回電流値を記録することにしたため、その間に2~3回同様のデータ取り込みと処理を繰り返し、更にその平均値をとることにした。

次に、取り込んだパルス波形の積分のスタートとストップチャンネルの判定は実験者が行うようにした。オシロスコープに表示される波形を実験者が見て2本のカーソルでパルスの前後をおおまかにはさむようにし、計算機側はそのカーソルの位置を波形データと同時に読み込みそのカーソル間の正の部分を積算するようにした。このため複雑な判定プログラムが不要で、DMA転送後必要なチャンネルの積算するだけとなったためデータ処理時間が短縮できた。

また、実験者はパルスを観測しやすくするために時々入力感度や掃引速度を変える場合があることから、これらのデータも同時に取り込むようにした。取り込みデータは1バイト/1チャンネルで1024チャンネルと少ないため、精度良く測定するにはパルス波形がオシロスコープ上に大きく表示されように入力感度、掃引速度を設定するのが望ましい。

§ 4. 測定データの表示と記録

測定データは計算機の画面上に15秒毎にプロットされ、常に2時間分の経時変化が表示される。放射化学実験ではビーム位置モニターとしてPtモニターを設置しているため、同時にそのデータも表示するようにした。Ptモニターに流れる電流はデジタイザ、カウンターで計数し、15秒おき計数をGP-IBを介して計算機に取り込むようにした。画面にはグラフとともに、その時点でのオシロスコープの入力感度、掃引速度、積分のスタート、ストップ・チャンネル、電流値、Ptモニターの計数、現在時刻、ビームのON、OFFの時間が表示される。モニターの測定値は測定時間とともにシーケンシャル・ファイルとしてディスクに保存される。同時に、ビームのON、OFFを検出した場合には、その時刻を記録したファイルも別に照射記録として作成される。ただし、15秒おきにON、OFFの判定を行うことにしたため、実際の時間との誤差は最大で15秒と

なるが、実験上は問題とはならなかった。

§ 5. まとめ

コアモニターによる電流測定法としてデジタル・オシロスコープで得られる波形の数値積分を行う方法を試みた結果、数 μA から200 μA にわたって直線性良くビーム電流を測定できることが確かめられた。この方式はコアとオシロスコープおよびパーソナルコンピュータのみで電流測定が行え、従来使用されてきた増幅器、整流器、デジタイザ、カウンタを必要としないためメンテナンスが容易になる。とくに、高線量率となる照射装置周辺に放射線損傷を受けやすい電気回路を一切置く必要がないという利点がある。

本研究で用いたデジタルオシロスコープは種々の制御コマンドと測定データの処理能力を有している。このため、簡単なプログラムによって実験で必要なデータの収集、計算処理、表示、保存などが自在にできるという利点もある。今回はその機能の一部を用いただけであるが、ビーム電流測定にも大いに活用できることが確かめられた。今後、この種のオシロスコープの低価格化が望まれる次第である。