

# TEST OPERATION OF THE PULSE MODULATOR OF THE 125MeV LINAC AT NIHON UNIVERSITY

K.Hayakawa, T.Tanaka, K.Sato, Y.Matsubara, I.Kawakami, I.Sato, S.Anami\* and S.Fukuda\*

Atomic Energy Research Institute Nihon University, 7-24-1, Narashinodai, Funabashi, 274

\*High Energy Accelerator Research Organization, 1-1, Oho, Tsukuba, 305

## Abstract

The test operations of the pulse modulator were performed. A necessity of the back diode was confirmed for the long pulse operation. A correlation between the voltage fluctuation of the output pulse and that of the power supply of the thylatron was declared.

## 日大125MeVリニアック パルスモジュレータの試験運転

### 1. 序

日本大学原子力研究所では、1994年以來、高エネルギー加速器研究機構、動燃、電子技術総合研究所、東北大学との共同開発研究として、理工学部船橋校舎において紫外領域自由電子レーザ施設の建設を進めている。加速管および立体回路の整備が進み、クライストロンのパワー出力試験ができるようになった。ここでは、20 $\mu$ secのロングパルス運転において明らかになったパルスモジュレータの問題点、クライストロンの挙動などについて報告する。

試験運転では、パルス幅がクライストロンの仕様を大きく越えているため、繰り返しを1ppm、直流電源電圧は20kVまで上げるのにとどめた。

### 2. バックダイオード

パルスモジュレータ放電部の概略を図1に示す。ここで特徴的なのはバックダイオードの存在で、ロングパルスのモジュレータで採用される回路であ

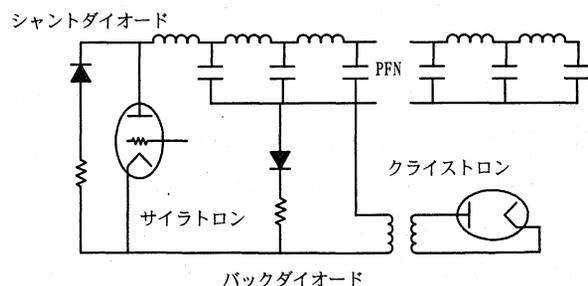


図1 パルスモジュレータ放電部概略

る。ここに使われているダイオードが当初考えていた容量ではクライストロンの管内放電などが発生した場合には不足することが明らかになった。そこで、本当にこの回路が必要であるか否かを見極めるための実験を行った。この回路が付加されない場合には、ある頻度で図2に示すように、PFNによって形成されたパルスのおよそ50 $\mu$ sec後にピークを持つような逆電圧のパルスが発生する。図は、パルストランス二次側の電圧（トレース1）と電流（トレース2）を示している。このような逆電圧が発生するとクライストロンおよびサイラトロンに悪影響を及ぼすと考えられるので、バックダイオードはやはり必要である。原因は定かでないが、後述するサ

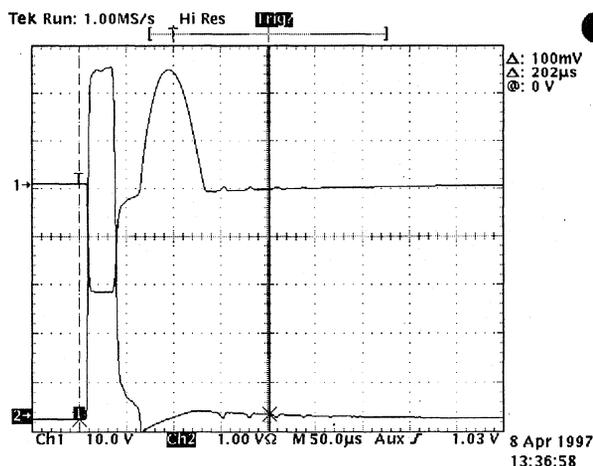


図2 パルストランス二次側の電圧（トレース1）と電流（トレース2）

サイラトロン（注）のターンオフするタイミングがパルス間で変動し、早いタイミングでオフした場合に、PFN部分に電荷が残ってしまうためと考えられる。従って、当面バックダイオードはやはり必要である。しかし、サイラトロン（注）のターンオフするタイミングをコントロールすることができればこの回路を省略することができる。

### 3. パルス出力変動

パルス電圧の平坦度は前回報告したようにPFNのインダクタンスを遠隔操作で調整できるようにしたため、0.1%以下にできる見通しができた。と

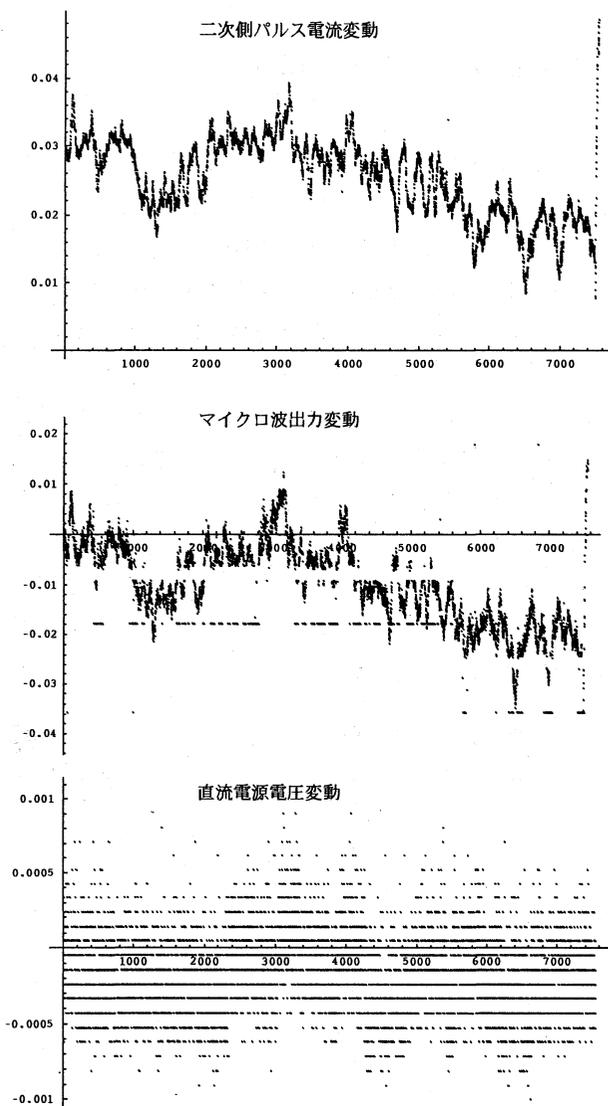


図3 入力及び出力変動、横軸は秒、縦軸は変動の割合を表している。

ころがパルス間の変動はこれよりもかなり大きくなっていることが確認された。図3にこの様子を示す。横軸は秒で計った時間である。上から、二次側パルス電流変動、マイクロ波出力変動、直流電圧変動の割合のを示している。この図からわかるように、直流電源電圧は非常に安定しており、変動は振幅でノイズレベルと同程度の0.05%以下となっている。従って、この変動の原因は直流電源電圧以外の所に求めなければならない。マイクロ波出力は、検波器をほぼ振幅に比例する領域で使用しているため、この変動が加速電場の変動と見なすことができる。変動幅は7000秒間にほぼ $\pm 2\%$ にも及んでいる。これはたとえ、FELの発振が実現できたとしても光の波長が同じように変動することを意味し、非常に不都合である。少なくともパルスの平坦度に匹敵する程度には安定化しなければならない。これら三種類のグラフは、明らかに相関の存在することを示唆している。最も疑わしいのは、商用電源であるが、具体的にどの部分が大きな影響を受けるかを特定する必要がある。

図4に商用電源電圧とPFN充電電圧、マイクロ波出力の変動を20分間にわたって記録したものを示す。この間に商用電源電圧は2%変化し、充電電圧は4%、マイクロ波出力は6%変動している。パルス電圧は充電電圧に比例しており、マイクロ波出力は電力にして約12%の変動に相当するので、上記の変動の割合の間の関係はクライストロンの動作特性と矛盾しない。

前節で触れたように、パルス終了後に大きな逆電圧が生ずるのはサイラトロン（注）の動作条件が変動するためだと考えられる。これと同じように、サイラトロン（注）の特性の変動が出力に反映していると考えられる。サイラトロン（注）の動作特性を決めるのはカソードアノード間の電圧と統計的な変動を除けば、ヒーター、リザーバー、トリガー電圧である。この中で、最も簡単に安定化できるヒーター及びリザーバーの電源に $200\pm 30V$ の入力に対して $200V\pm 0.5\%$ の安定度を持つAVRを挿入して同じ測定を行った結果が図5である。安定化した効果は歴然としている。この測定中商用電源電圧は1.5%変動したがPFNの充電電圧は0.3%の変動にとどまっている。マイクロ波出力波形はこの測定の時から大きなノ

イズが重畳されるようになり、正確な値が求めにくくなったが、およそ0.5%程度であることが読みとられる。二種類のグラフを比較してわかることは、商用電源電圧変動に対して、他の変動が、ヒーター・リザーバーを安定化する前後で位相が逆になっていることである。これは、AVRが過剰補償しているのではなければ、ヒーター・リザーバーの変動の陰に隠れていた現象が見えるようになったのであろう。この場合、他の不安定要因を探り出さなければならない。

### 3. まとめ

パルス幅の長い運転条件では、サイラトロンのターンオフするタイミングによっては大きな逆極性のパルスが発生することが明らかとなった。これはバックダイオードを挿入することにより取り除く

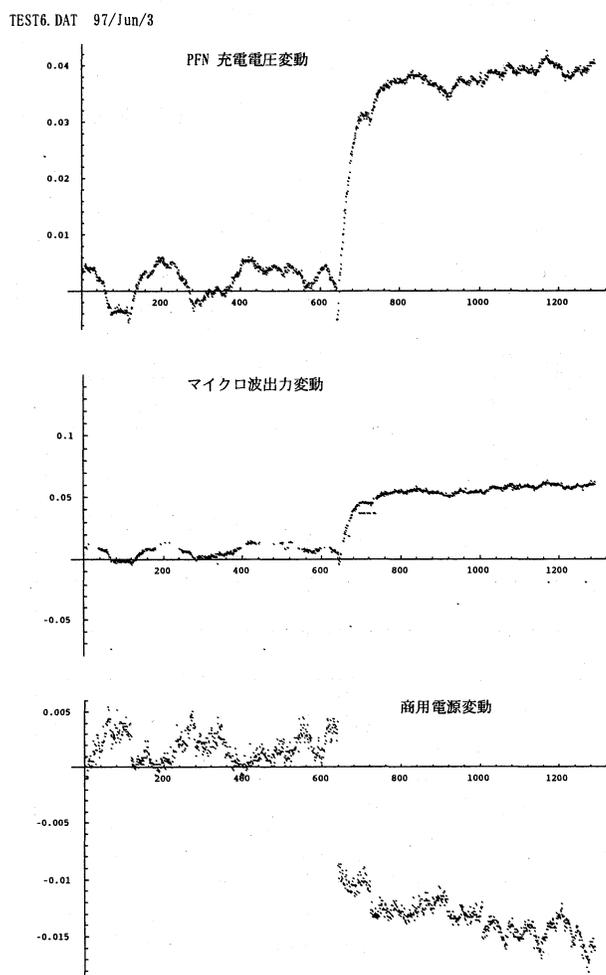


図 4 商用電源電圧変動と充電電圧及びマイクロ波出力の変動との相関。

ことができる。サイラトロンをコントロールすることができれば、バックダイオードは不要となる。

パルス電圧の変動はサイラトロンのヒーターあるいはリザーバーの電源電圧の変動に依存していることが明らかとなった。

### 参考文献

[1] K.Hayakawa, et. al., Proc. of 21<sup>st</sup> Linear Accelerator Meeting in Japan 20(1996)

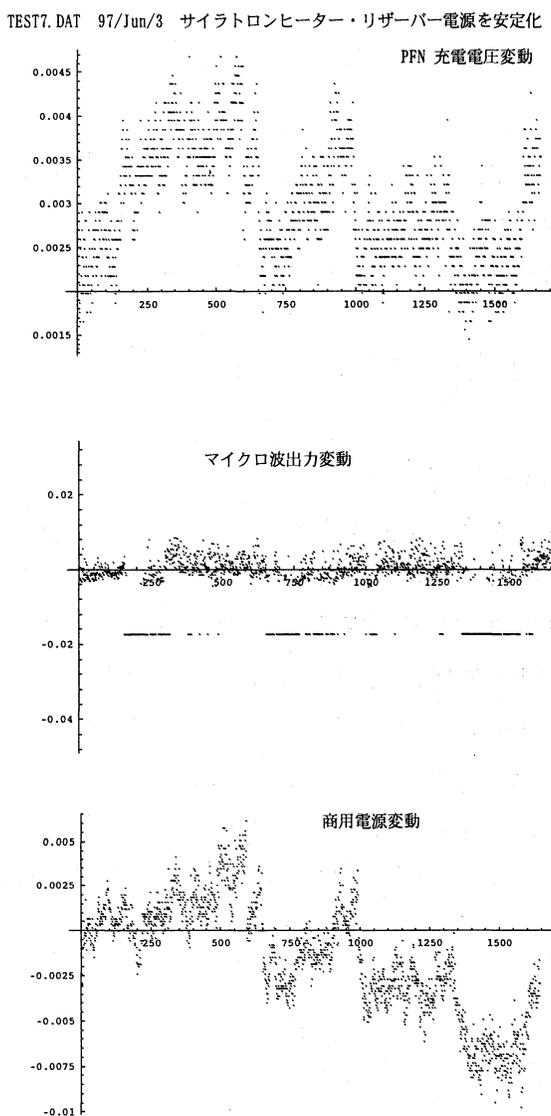


図 5 サイラトロンのヒーターリザーバー電源を安定化した場合の商用電源電圧変動と充電電圧及びマイクロ波出力の変動との相関。