

21-P4

## DEVELOPMENT OF KLYSTRON DRIVER AMPLIFIER USING TRANSISTOR SWITCH

S. Abe, Y. Morii, E. Oshita and T. Tomimasu  
Free Electron Laser Research Institute, Inc.(FELI)  
4547-44, Tsuda, Hirakata, Osaka 573-01, Japan

S. Miyake and K. Tanaka  
Daihen Corporation  
2-1-11, Tagawa, Yodogawa-ku, Osaka 532, Japan

K. Nagatsuka and K. Sato  
Nihon Koshuha Co., Ltd  
1119, Nakayama-cho, Midori-ku, Yokohama 226, Japan

### ABSTRACT

FELI (Free Electron Laser Research Institute, Inc.) is constructing a free electron laser facility covering from  $20\ \mu\text{m}$  (infra-red region) to  $0.35\ \mu\text{m}$  (ultra-violet region), using an S-band linac. The linac is commissioning now.

A klystron driver amplifier of the FELI RF system was constructed by using MOS-FET modules. In this report, we describe the performance of klystron driver amplifier.

### 半導体スイッチを使用したクライストロン駆動用高周波源の開発

#### 1. はじめに

自由電子レーザー研究所(FEL研)では、電子リニアックによる波長 $20\ \mu\text{m}$ の中赤外から $0.35\ \mu\text{m}$ の紫外域までの自由電子レーザー(FEL)を発生させ、このFELを利用した技術開発をめざしている。現在リニアックの据付が完了し、赤外域のFELの発振をめざして調整中である<sup>1)</sup>。

FEL研のRF系のうちクライストロンの駆動用高周波源を製作するに当たり、

- 1) 装置のコンパクト化
- 2) メンテナンスの簡素化

を目標に掲げた。

上記の目標を満たすために、駆動用高周波源のパルス変調器部を従来のハードチューブを使用する方式から半導体素子を使用するトランジスタスイッチ方式を採用し、製作を行い性能を確認することとした。ハードチューブは基本的に真空管であるため、寿命が短く、定期的に交換を行わなければならない等の短所がある。それに対して、半導体素子ではハードチューブとは逆に寿命は長く、コンパクトであるという長所がある。また、これ

による装置の維持費用の低減もある。しかし、これまでは使用に適した高速・高電圧のタイプがあまりなかった。

#### 2. Sバンドクライストロン駆動系

駆動用高周波源は、シンセサイザ、逡倍型信号源、トランジスタアンプ、制御部、高圧電源、パルス変調器、クライストロンから構成される。ブロック図を図1に、基本仕様を表1に示す。

表1 駆動用高周波源基本仕様

パルス変調方式	トランジスタスイッチ方式
ビーム電圧	10kV
ビーム電流	1.1A (ピーク)
有効パルス幅	26 $\mu\text{s}$ (MODE1) 15 $\mu\text{s}$ (MODE2) 1 $\mu\text{s}$ (MODE3)
パルス繰返	1~10Hz
パルス電圧平坦度	0.4%p-p
パルス立上り	0.5 $\mu\text{s}$ 以下
パルス立下り	2 $\mu\text{s}$ 以下

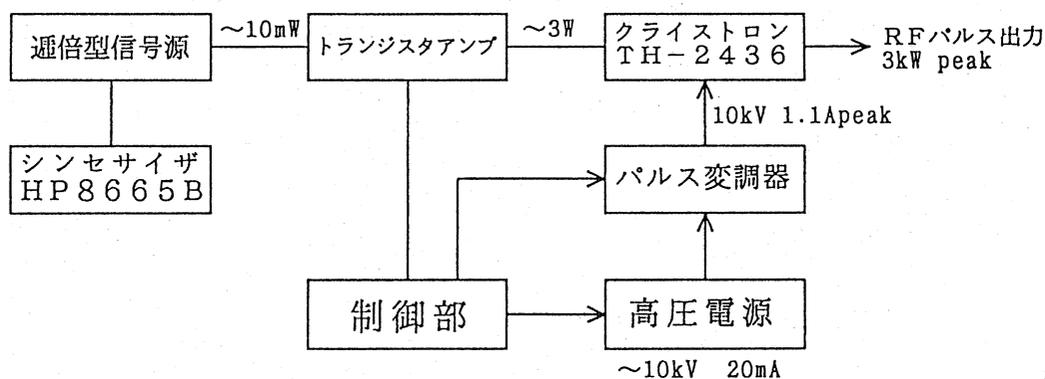


図1 クライストロン駆動用高周波源ブロック図

シンセサイザにはHP社のHP8665Bを用い、出力22.3125MHzを逡倍型信号源により2856MHzとし、出力3WのC級トランジスタアンプとクライストロンTHOMSON社TH2436により出力3kW（最大パルス幅26 $\mu$ s）まで増幅を行う。

逡倍型信号源はマイクロパルスの繰返しが178.5MHzまたは22.3225MHzであるため、電子銃のグリッドパルサーにこの周波数を、SHBには2856MHzの1/4である714MHzを、電子銃、SHB、加速管にそれぞれ必要な周波数が得られるようにシンセサイザの出力を逡倍している。

トランジスタアンプにはRF系のエージングを容易に行うためのバーストモード、及びパルス幅可変スイッチを採用している。

TH2436の電源にはSpellman社の高圧電源SL300を用いた。出力は最大で20kV、15mAである。

パルス変調器にはBEHLKE社製のMOS-FETモジュールHTS301をスイッチとして採用した。このスイッチモジュールの仕様を表2に示す。

表2 MOS-FETモジュールHT301の仕様

作動電圧範囲	0~30kVDC
絶縁耐圧	30kVDC
ピーク電流	30ADC
ターンオン遅延時間	90nS
ターンオンライズ時間	20nS
ターンオン時間	100~ $\infty$ nS
最大スイッチング周波数	5kHz
寸法	W267×D64×H39

また、この駆動用高周波源は長パルスで高安定を目的に開発した2台のクライストロン東芝E3729<sup>2)</sup>と将来設置のRF電子銃用クライストロンを

駆動する。E3729に組み合わされるクライストロン電源はパルス幅が24 $\mu$ s、12.5 $\mu$ s、0.5 $\mu$ sに対応し、ビーム電圧の平坦度が0.08%である<sup>3)</sup>。

### 3. 試験結果

性能確認を行い得られた測定結果を以下に示す。図2はハードチューブ方式を採用した電源の出力波形である。ハードチューブは4PR-1000を使用している。入力パルスは繰返し20Hz、パルス幅4 $\mu$ sである。図3~5は今回製作した駆動用高周波源の出力波形である。図3はモード2（パルス幅12.5 $\mu$ s）における出力電圧波形、図4はその電圧上がり部の拡大波形、図5はRF出力波形である。電圧は0-90%で250nSで立ち上がりしており、ハードチューブ方式での波形と比較すると若干立ち上がりは鈍いが実用上問題の得るようなものではなく十分な性能である。RF出力についても安定しており、必要なパルス幅も得られているのがわかる。

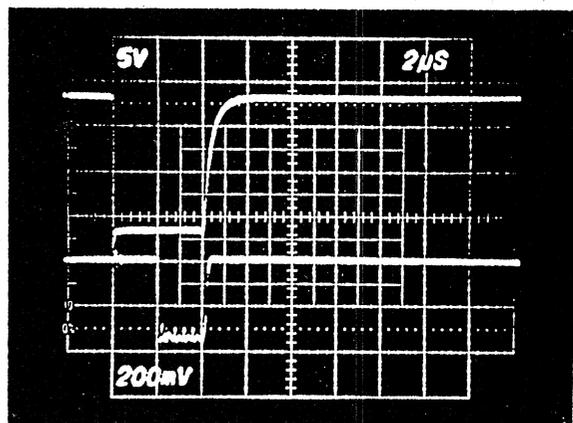


図2 ハードチューブによる電圧・RF出力波形  
上:電圧波形, 下:RF出力波形 2 $\mu$ s/div

4. まとめ

トランジスタスイッチ方式を採用したクライストロン駆動用高周波源を製作し、その性能確認を行い、ハードチューブ方式と比較して遜色のないことを確認した。ここでは、モード1 (パルス幅  $24\mu\text{s}$ ) における動作特性を示さなかったが、モード2と同様に良好な動作特性が得られている。

今後は、FEL研での赤外域における自由電子レーザーの発振実験を通して、さらに性能向上に努めていきたい。

5. 謝辞

FEL研のRFシステムの検討・設計・製作に関して、下記の方々のご指導ご協力をいただきました。Sバンドクライストロンについて(株)東芝の大久保良久氏、吉直正毅氏、米澤宏氏、Sバンドクライストロン電源について日新電機(株)の宮井裕三氏、伊藤勲氏にお世話になりました。ここに厚くお礼申し上げます。

6. 参考文献

- 1) 富増, 他 “FEL研電子リニアックと赤外～紫外域FEL施設” in this proceedings
- 2) 森井, 他 “Sバンド長パルスクライストロンの大電力試験” in this proceedings
- 3) 大下, 他 “Sバンドクライストロン用長パルス高平坦度パルス電源の開発” in this proceedings

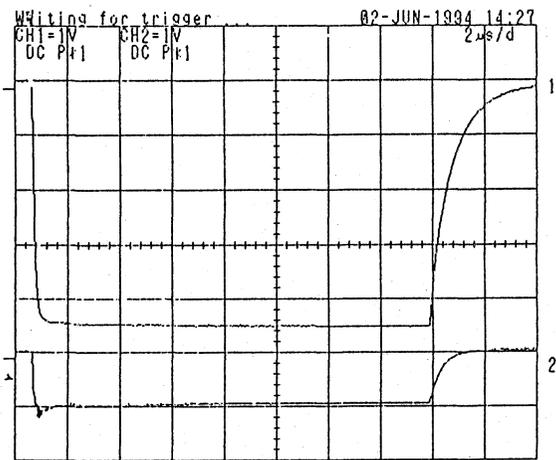


図3 トランジスタスイッチによる電圧波形 (モード2)  $2\mu\text{s}/\text{div}$   
上: 電圧波形、下: 電流波形

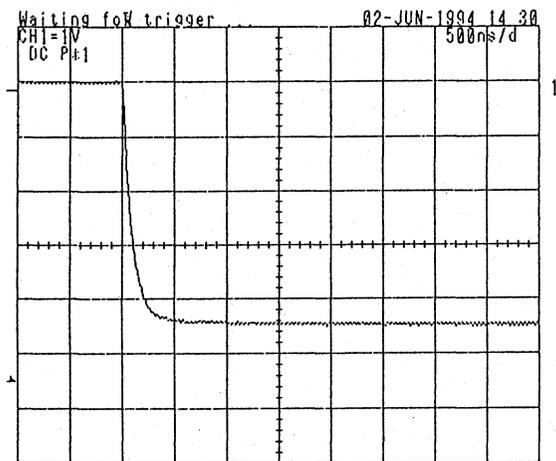


図4 図3の電圧立上り部拡大波形  
 $2\text{kV}/\text{div}$ ,  $500\text{ns}/\text{div}$

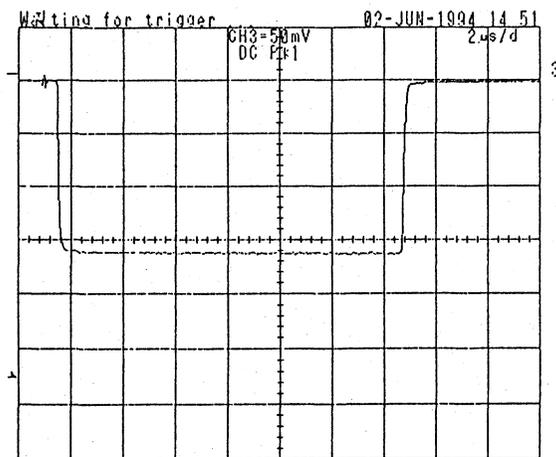


図5 RF出力波形 (モード2)