

# 10KW ALL SOLID STATE RF POWER AMPLIFIER

Z. Igarashi, S. Fukumoto, Y. Mori and E. Takasaki  
National Laboratory for High Energy Physics

## ABSTRACT

A 10kW all solid state power amplifier was designed and constructed for KEK proton linac. Its characteristics are described.

### 1. はじめに

KEK-PS, 陽子リニアックでは, RF 2号機 (40MeVタンク用, 周波数: 201.07MHz, ピーク出力電力: 1.6MW) の低電力段 (50W固体増幅器, RCA7651増幅器2段→Fig. 1) を10KW固体増幅器に置き換え, 本年1月の定常運転から使用を開始した。本稿では, この固体増幅器についてのべる。

### 2. 本器の構成

本器のブロック図をFig. 2に示し, 各部について以下で述べる。

#### (1) エキサイター

本器全体の制御部を含み, 2つのトリガー信号により, パルス (振幅) 変調を行う他, 出力レベルの設定やこれに伴う位相変化を補償する。又, 過大なRF入力や繰り返しのトリガー信号に対する保護も行う。

#### (2) 電力分配器

ストリップラインで形成されたウイルキンソン型の分配器で, 初めに2分割し, 更に各々3分割して計6つの同振幅, 同位相の信号に分割する。

#### (3) 2kWトランジスター電力増幅器<sup>1)</sup>

これはFig. 3で示す様に, ほぼ3つのブロックに分けられ, 入力段はゲイン及び位相調整器, 過大入力保護用リミッター, 3段構成のA級アンプ, 第2段は電力2分配器及び2個のC級アンプ, 最終段は2組の電力6分配器, 12個のC級アンプ, 電力合成器より成っている。又, 各段間及び出力部にはアイソレーターが入り, 一部アンプの故障が他へ波及するのを防いだり, 出力の短絡, 開放に対する保護も行っている。そしてこれらの回路は中央にあるヒートシンクをはさむ様に両側に取り付けられ, 全体が一つのモジュール (→Fig. 4) と成って, 保守, 点検がやりやすい構造になっている。(高さx横x奥行き=489x119x550)

最終段に使用したトランジスター, 2SC3286M (NEC)<sup>2)3)</sup> は, VHF帯で最も大きなトランジスターのひとつであり, コモンエミッターのツイントランジスターでプッシュプル動作により, CWで140W, パルスで200Wの出力が得られる。

#### (4) 電力合成器

同軸線路を使った2合成器3台とサスペンデット基板上のマイクロストリップ線路を使った3合成器1台より成る。これらはトランスフォーマー型合成器で入力ポート間のアイソレーションはとれていない。

### (5) 電源

本器には+24V(13A), +37V(50A)の2種類の電源が各々3台ずつ使用されている。前者は2kWトランジスタ電力増幅器の入力段用, 後者は第2段及び最終段用で1台の電源で2台の増幅器に電力を供給する。これらの電源はMOS-FETを使ったスイッチング方式で, +24Vは電力効率72%で単相200V入力, +37Vは電力効率85%で3相200V入力である。

### 3. 本器の特性

基本パラメーターをTable. 1に, ゲイン最大時の入出力特性をFig. 5に, 出力レベルによる入出力間の位相特性を位相補償の無い時(Fig. 6)と, 有る時(Fig. 7)について示す。Fig. 8はビームローディングを補償する為の振幅変調がかかった時の出力検波波形と位相補償の無い時と有る時の位相波形を表す。これらより出力レベル3~9kW(定常運転での出力レベル)での位相変化は $\pm 1^\circ$ 以内であることがわかる。ただ位相補償回路が原因していると思われる位相変化がパルス前半部に見られるが, ビームが通過するのはパルス後半部であり実用上, 問題は無い。

### 4. まとめ

固体増幅器導入後, 約2200時間の運転を行ったが, この間, 大変順調に稼働し, リニアック用RF源として十分な性能を持つ事を示した。又, テレビ送信器<sup>4)</sup>やレーダー<sup>5)</sup>等の分野では数十~数百kWの物が実用化されており, 我々のRF源も少なくともドライバー段(200kW, RCA4616→Fig. 1)迄の固体化が十分可能であり, 実現したいと考えている。

### 謝辞

最後に今回の固体増幅器の導入にあたり全面的に御協力頂いた日本電気株式会社, 長島國雄氏をはじめ放送映像事業部の方々に深く感謝致します。

### Reference

- 1) 川村他; "VHFテレビジョン送信機の固体化技術", 放送技術, 6, pp.564~569, June 1983.
- 2) 塩崎他; "Siバイポーラ高出力トランジスタ", NEC技報, 36, 12, pp.40~43, Dec 1983.
- 3) NECデータブック, "マイクロ波デバイス", pp.380~383, 1986/1987.
- 4) 砂川他; "テレビジョン年報, 2-4 送信", テレビジョン学会誌, 42, 7, pp.635~638, July 1988.
- 5) K.Lee, C.Corson, and G.Mols; "A 250kW Solid-State AN/SPS Rader Transmitter" MICROWAVE JOURNAL pp.93~105, July 1983.

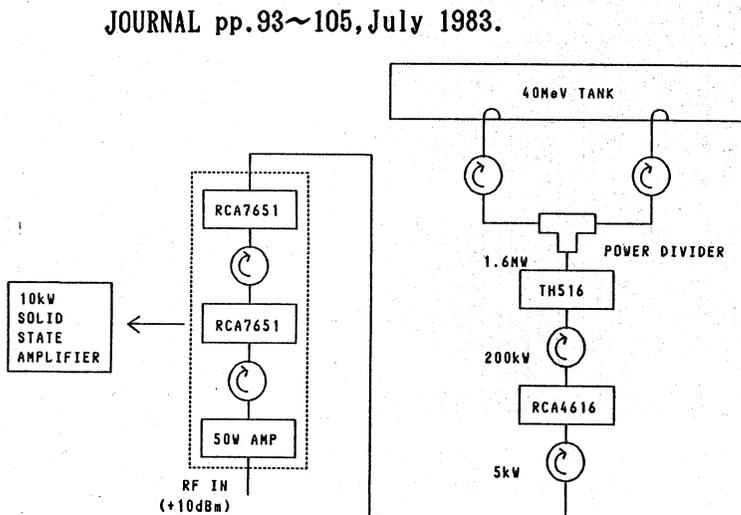


Fig.1 .Block Diagram of RF #2 System for KEK Proton Linac.

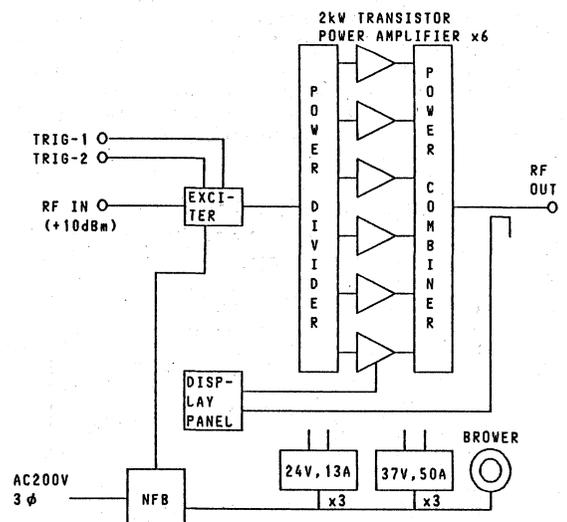


Fig.2 .Block Diagram of 10kW All Solid State Power Amplifier.

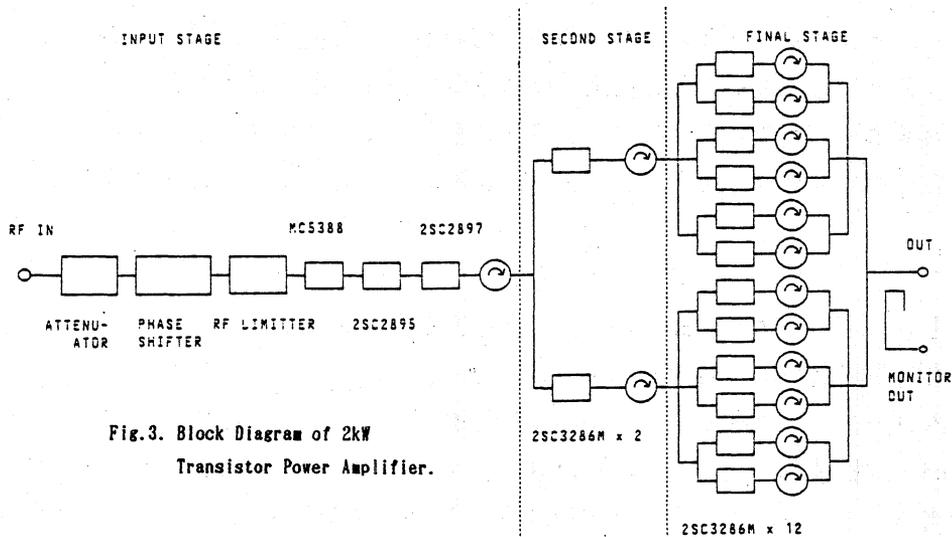


Fig.3. Block Diagram of 2kW Transistor Power Amplifier.

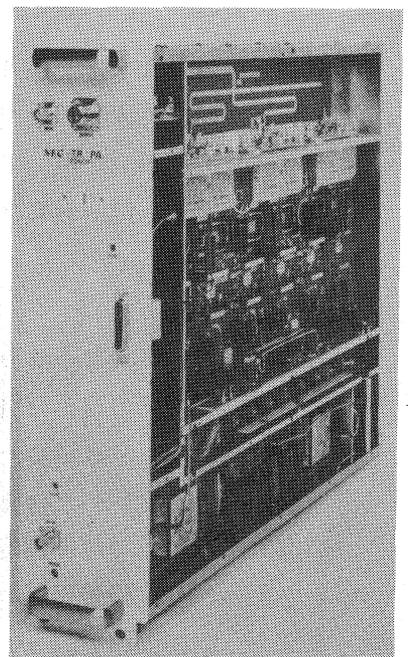


Fig.4. 2kW Transistor Power Amplifier Module.

Table. 1

• 周波数	201.07±3MHz (±0.1dB以下)
• ピーク出力電力	10kW
• パルス幅	400μs (但し、ビームローディング補償の為に振幅変動が可能)
• パルス平坦度	0.8%以下
• // 毎の出力変動	1%以下
• // 内の位相平坦度	±1°以内 (但し、パルス立ち上がり50μs以後且つ、出力レベル3~9kWの範囲内で)
• // 毎の位相変動	±1°以内
• 繰り返し	20Hz
• 効率(DC→RF)	50%以上(2kW増幅器の第2段及び最終段) 1%以下( // の入力段:DCバイアスの為)

Fig.5. OUTPUT POWER versus INPUT POWER

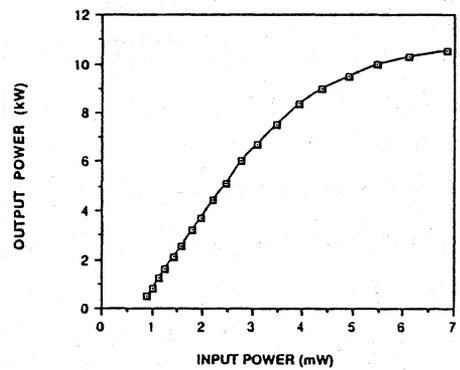


Fig.6. PHASE versus OUTPUT POWER (without compensation)

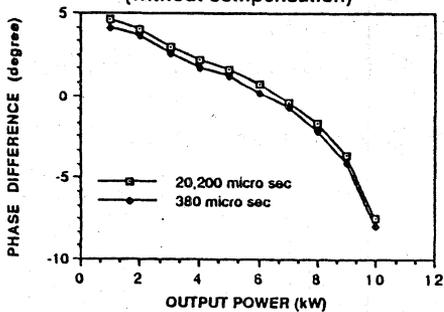
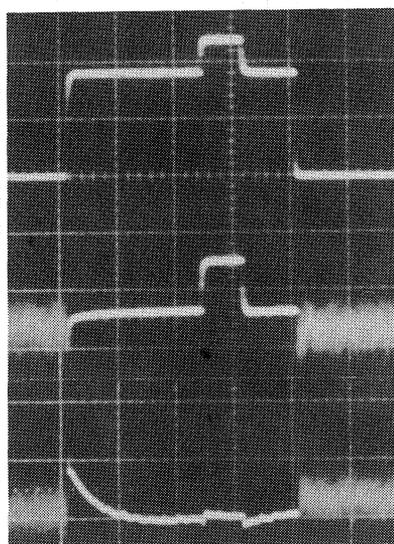
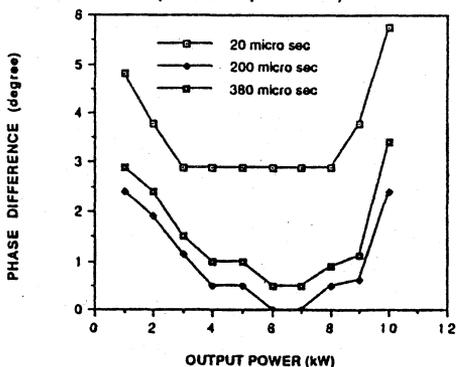


Fig.7. PHASE versus OUTPUT POWER (with compensation)



← Output (8kW)

← // (5kW)

← Phase (without compensation.)  
(4.8°/div)

← // (with compensation.)

Fig.8. Waveforms of Output Power(upper trace) and Phase(middle and lower traces).