

Installation of a solid state RF driver amplifier
for the main klystron at the JAERI linac

K.MASHIKO N.ISHIZAKI H.TAYAMA * K.SHINOHARA * H.MATSUMOTO * K.NAGATSUKA

Department of Physics JAERI * NIHON KOSHUHA Co.,LTD.

ABSTRACT

A new solid state RF driver amplifier has been developed for the main klystrons (ITT-8568 20MW s-band) at the 120 MeV JAERI linac. This amplifier was installed at the #1 RF power supply in March, 1989 and is now being operated successfully.

The output power of the amplifier is 630 W with a pulse width of $5\mu\text{s}$ and repetition rate of 600 pps. It consists of 4 set of modules with an output power of 200 W. Each module is built with 2 sets of 100 W Ga-As type solid state circuits.

The development works have been carried out in cooperation with Nihon Koshuha Co.,Ltd. aiming to obtain the kW class amplifier. Some detailed descriptions about the driver amplifier will be presented at the meeting.

<はじめに>

原研では、120MeV電子線型加速器(JAERI-LINAC)に使用している主クライストロンITT-8568(20MW, 2856MHz)のRFドライバー回路の1系統を、600W固体素子増幅器に改良した。この増幅器は、1989年3月LINAC No1 RF系統に実装し、4月よりビーム加速を行って良い結果を得ている。

増幅器は、シリコンバイポーラタイプの100Wクラスのトランジスタ2個を1つのモジュールとし、4モジュールで630W($5\mu\text{sec}$, 600pps)を出力した。この前段増幅器は出力100W2ユニットで入力、POWER \sim 80W以下である。

マイクロ波Sバンド帯のRF出力がkWクラスを目指して原研と日本高周波(株)が協力して開発した。

本報告は、主としてRFドライバー増幅器について詳報する。

[1] 主要性能

周 波 数	2856MHz
出 力 電 力	500W peak (目標600W peak)
パ ル ス 幅	$5\mu\text{S}$
パルスくり返し	600pps

[2] 構 成

装置は電源部と増幅部の2ユニットより構成されている。

電源部は、増幅部に供給する直流電源を内蔵し、十分なノイズ対策を行ない、スイッチングノイズをさけるため、シリーズ方式の電源を採用した。

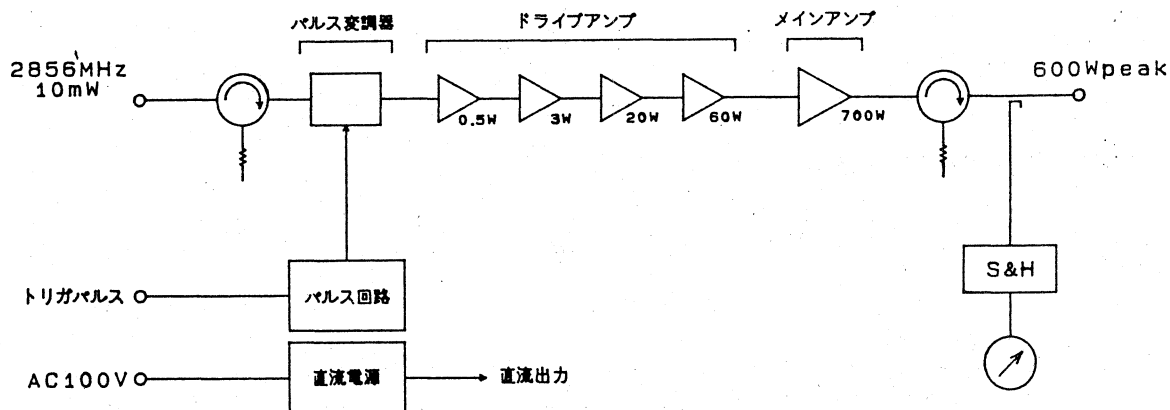
増幅部は、クライストロンの近くにおくことを想定して、コンパクト化をはかり、外形サイズは $300\times 200\times 150$ (H)である。

増幅ユニット内の接続は、セミリジットケーブルを用い、熱、振動などによる位相ジッタを極力少なくしている。

また、出力側に用いられているサーキュレーターについては、ピーク電力に十分耐えるものであり、広帯域化とし温度変化に対する位相変動が極めて少ないものを採用した。

全体システムを図-1に、又メインアンプブロック図を図-2に示します。

図-1 全体システム図



[3] 増幅ユニット

<ドライブアンプ>

トランジスタは、シリコンバイポーラタイプのパルス用のトランジスタである。

このトランジスタはマイクロ波の位相特性を保つため広帯域用を使い、RFパルスの立上り特性を早くする為にマイクロストリップライン入出力整合の多段数化を行なっている。

使用したプリント板は、低レベル部ではAl-cladアルミナ基板、高電力部分は耐電圧を考慮し、Al-cladフロークラス基板を採用した。

Al-clad付の基板のため、マイクロストリップラインの整合計算は実動作とかなりよく一致した。

このようなマイクロストリップ回路により作られた増幅ユニットは、4段のパルス増幅器により60Wレベルまで増幅される。

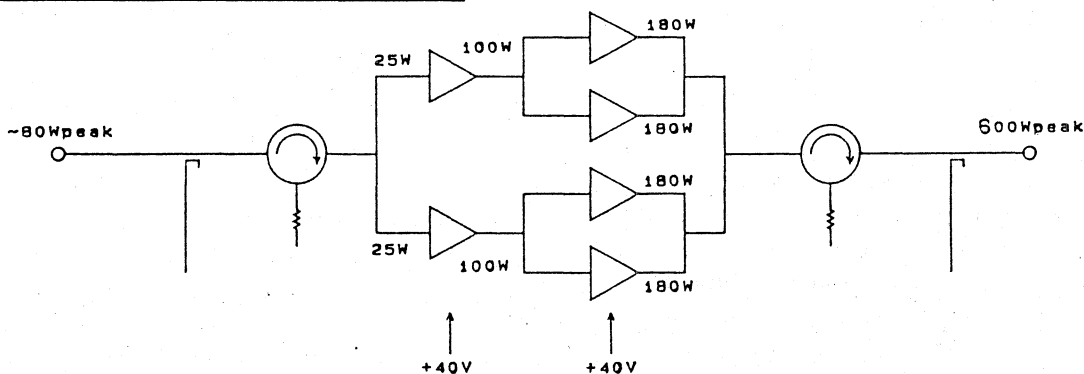
ここでの帯域幅は、広帯域化整合により、100MHz以上とれた。

<メインアンプ>

最終段の増幅ユニットは100Wクラスのトランジスタと3dB電力合成器により構成される。

この100Wアンプ2個を3dBカップラーで合成し、180Wを1ユニットとし、更に4個のユニットをそれぞれ合成し、出力500W以上を目指した。

図-2 メインアンプ ブロック図



基本ユニットである100Wアンプは、Al-cladフロークラス基板のマイクロストリップ回路により入出力整合が行なわれている。

本装置ではこのアンプ8台を合成して使用するが、それぞれのアンプ間の電力レベルおよび位相差のバラツキは許容範囲であった。

合成方法については、各アンプ間の位相差が生じないように実装方法についても考慮した。

3dBカップラーの位相エラーは5°以内とし、アイソレーションは15dB目標とした。

100Wアンプの入出力特性、周波数帯域特性、電圧特性を図-3に、又回路の実装の様子をPHOTO-1に示す。

図-3 100Wアンプデータ

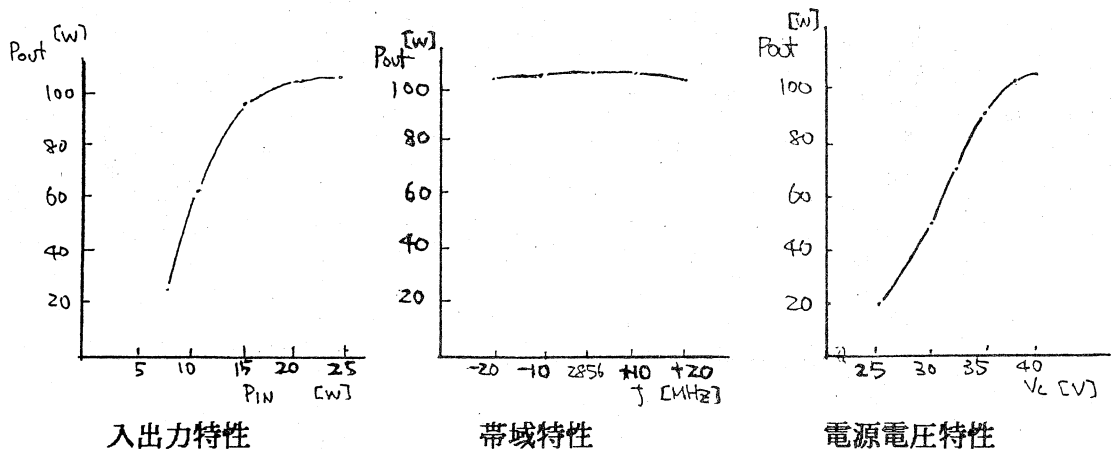
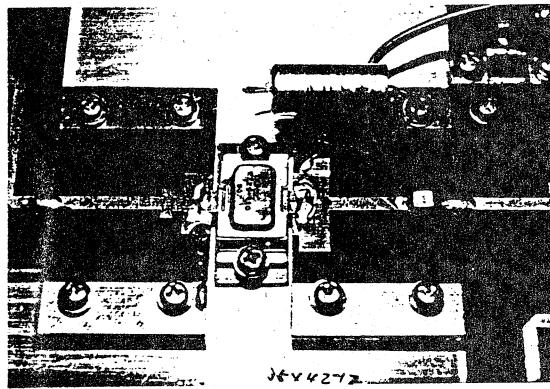


PHOTO-1



100Wアンプ単体の写真を示す。

[4] 結 果

RF 出力電力	630W peak
RF パルス	パルス幅; $5\mu S$
	立上り; $110nS$
	立下り; $20nS$
RF ON/OFF 比	-50dB
帯域特性	(図-4)
RF 検波波形	(PHOTO-2, 3)
スペクトラム波形	(PHOTO-4)

PHOTO-2 RF 検波波形

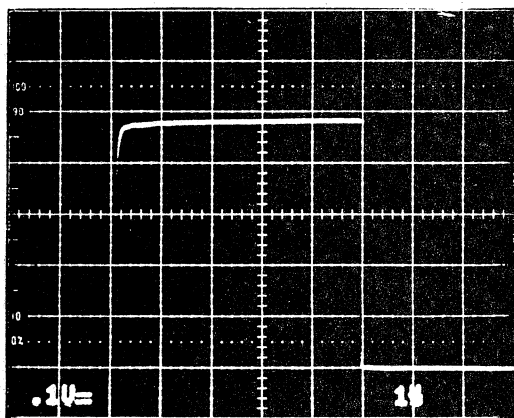


PHOTO-3 RF 検波波形 (立上り)

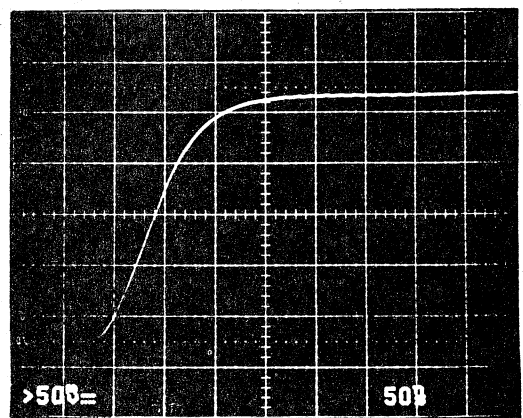
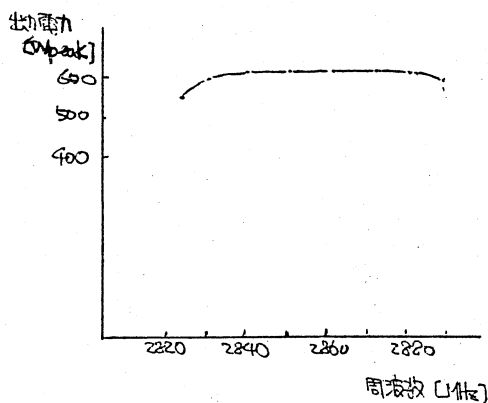


図-4 帯域特性



出力電力は目標値の600Wを上まり630W出力が確認され、立上り時間についても帯域を広くとったので、110nSとなった。

RFパルス中の位相変化量は約 10° 程度であった。(PHOTO-5 参照)

PHOTO-4 スペクトラム波形

SCAN.W 1MHz/div
BAND.W 30kHz
SCAN.T 0.5sec/div

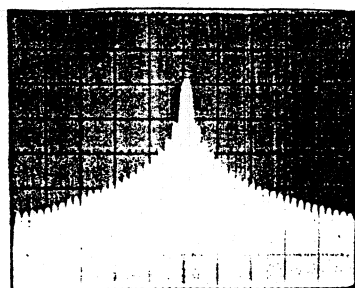
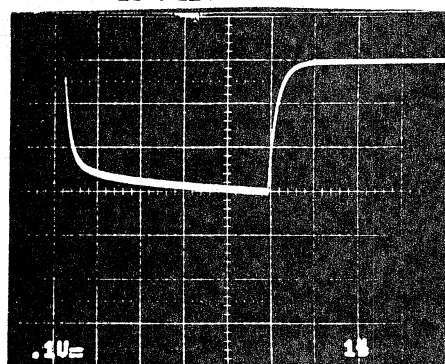


PHOTO-5 RFパルス中の位相変化量

13°/div



[5] 結 論

試作した増幅器は、JAERI-LINACの主クライストロンNo.1 RFブースター回路に挿入して評価テストを実施中であるが、RF出力の立上り $0 \sim 2.5 \mu\text{sec}$ 内では加速ビームに影響していると思われる位相変調や位相スリップが認められるが、現在詳細データを収集中である。(本研究会で一部報告)また、連続運転について現在まで200時間以上の実績で異常なく動作しており、小型SORへのビーム打込みも順調で小型SORはビーム蓄積に入っている。

これらの諸データにより、Sバンドにおいて固体素子方式の励振器は従来のクライストロン方式と同等であり、リプレースできることが立証され、RFドライバーシステムの小型化、メンテナンスフリーが可能となった。今後は、マルチ合成器の開発と共にアンプのユニット数を少数化しコンパクト化、低コスト化を行うつもりである。

最後にご指導下さった関係各位に深く感謝致します。