

# 100MW S-Band Klystron

Yoshihisa OHKUBO, Naoaki YAMAGUCHI, Katsuhiro GONPEI,  
Hiroshi YONEZAWA, Setsuo MIYAKE, Keiji OHYA, Tadashi OKAMOTO,  
Hitoshi BABA\*, Shigeru ISAGAWA\*

TOSHIBA Corporation, Electron Tube Division

\*National Laboratory for High Energy Physics(KEK)

## ABSTRACT

A 100MW S-band pulse klystron is developed for RF source of JLC(Japan Linear Collider). Three prototype klystrons are tested. Output power of 100MW of 1 $\mu$ sec pulse duration (short pulse mode) and 85MW of 4 $\mu$ sec pulse duration (long pulse mode) were achieved. The saturation efficiency is 42% at output power of 100MW and 46% at 80MW.

## 100MW Sバンドクライストロン

### 1. はじめに

JLC (Japan Linear Collider) のRF源として出力100MWのSバンドパルスクライストロン E3712の開発を行っている。このクライストロンは、直接加速管を励振する出力100MW、パルス幅1 $\mu$ sのショートパルス動作と、パルス圧縮を用いてより高いエネルギーを得るための出力80MW、パルス幅4 $\mu$ sのロングパルス動作の2つのモードでの動作を目標としている。第1号管の設計と初期の試験結果は既に報告している<sup>1)</sup>。今回は、目標性能を確認した試作第2号管の試験結果について報告する。

### 2. 設計の概要

E3712の目標性能を表1に示す。第2号管の設計は、第1号管と同じ設計パラメータを採用している。電子銃には、スカンジウム含浸型カソードを採用した。空洞配置などの相互作用パラメータは、ディスクモデルシミュレーション<sup>2)</sup> およびリングモデルシミュレーション (FCI)<sup>3)</sup> を用い最適化した。出力回路は出力空洞から対称に二つの出力導波管で引きだし、それぞれにピルボックス型出力窓がついた構成である。出力窓アルミナセラミックスには、マルチバクタ放電防止のため、両面に窒化チタン膜をコーティングした。

表1. E3712目標性能

動作モード	ロング	ショート
出力電力 (MW)	80	100
動作周波数 (MHz)	2856	2856
ビーム電圧 (kV)	375	450
ビーム電流 (A)	460	604
RFパルス幅 ( $\mu$ s)	4	1
繰り返し周波数 (pps)	50	50
励振電力 (W)	300	375

### 3. 試験結果

試作第2号管の評価試験は、KEK日光実験棟のクライストロン試験セットにて昨年10月に行った。この試験に於て、出力電力の値は、ダミーロード冷却水の温度上昇より求めている。今回の試験では、試験電源による制約のため繰り返し周波数を10ppsとし運転した。

#### 3-1. ショートパルスモード

図1は第2号管のビーム電圧に対するショートパルス動作に於ける飽和出力、利得、効率の関係を示した図である。ビーム電圧が444kVで、飽和出力100MWを確認した。この最大出力時の動作条件を表2に示す。この時の動作においてガンオシレーション等の不安定現象は起こらず安定な出力パルス波形が得られている。また、電子銃の耐圧もビーム電圧444kVでの動作に於ても問題を生じなかった。図2には、ビーム電圧が444kVの場合の入出力特性を示す。入力350W程度で飽和出力100MWが得られた。入出力特性は、滑らかなものであり不安定現象は起こらなかった。出力100MW時の出力波形を図3に示す。

#### 3-2. ロングパルスモード

図4にロングパルス動作でのビーム電圧に対する飽和出力、利得、効率の関係を示す。ビーム電圧391kVにおいて80MWの飽和出力を確認した。この最大出力時の動作条件を表2に示す。ロングパルス動作では、ショートパルス動作に比べ効率が数%高い値を示しているが、これはビーム電圧、電流の測定でショートパルスモードでの測定ではノイズの影響を受けやすく、

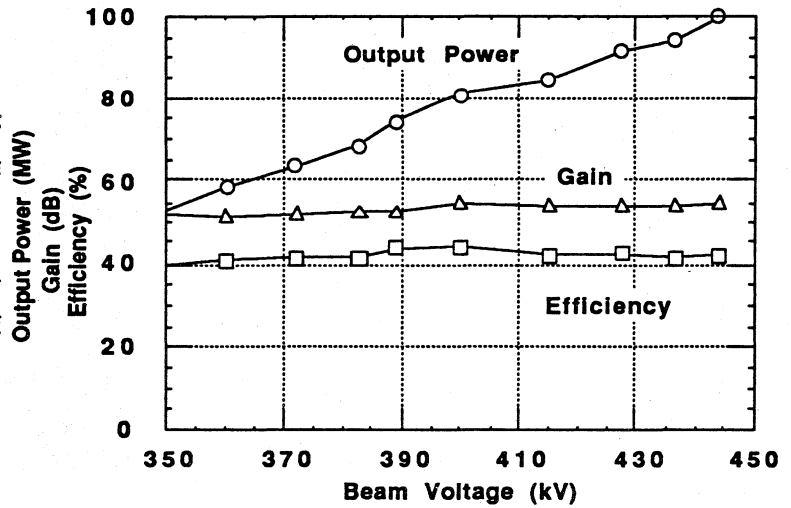


図1. ショートパルス動作での飽和出力、利得、効率のビーム電圧に対する変化

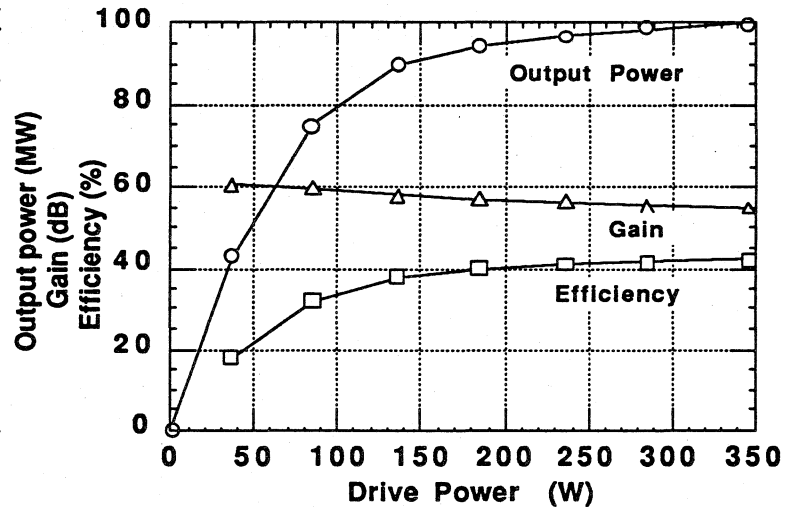


図2. ショートパルス動作での入出力特性 (V<sub>k</sub> = 444 kV)

表2. 第2号管動作条件

モード		ショート	ロング
出力電力	(MW)	100	81
ビーム電圧	(kV)	444	391
ビーム電流	(A)	535	440
ビームパルス幅	(μs)	3.5	6.6
RFパルス幅	(μs)	1	4
繰り返し	(pps)	10	10
励振電力	(W)	346	351
利得	(dB)	54.6	53.6
効率	(%)	42.1	46.8

電圧電流を高め測定する事に起因するものと考えている。ビーム電圧391kVでの入出力特性を図5に示す。ロングパルス動作に於てもショートパルス動作同様、不安定現象は起こらず、ビームパルス幅が6.6 $\mu$ sと比較的長いにもかかわらず電子銃の耐圧も問題なかった。さらにビーム電圧391kVで集束磁場を調整することにより出力85MW、効率49%を確認した。

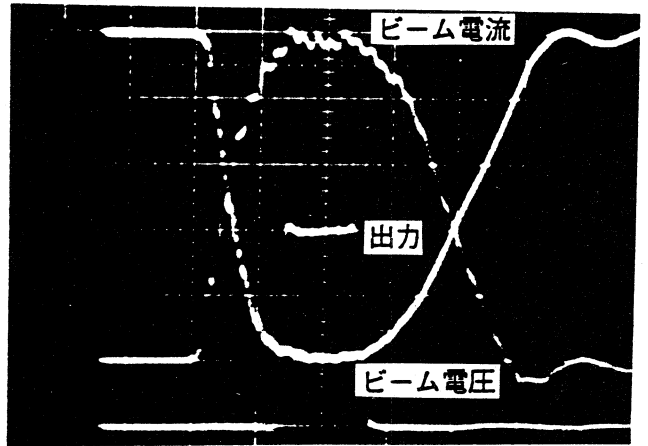


図3. 出力波形 (100MW、444kV)

#### 4. おわりに

100MW SバンドパルスクライストロンE3712は、今回報告した試作第2号管に於て目標性能を達成することが出来た。このクライストロンの増幅動作は、極めて安定であり不安定現象は生じなかった。ビーム電圧444kV、100MW動作に於ても耐電圧は良好であった。この第2号管は現在KEK日光実験室での加速実験に供されている(積算RF時間約600時間)。また、既に第2号管とほぼ同設計の第3号管の評価を終え目標とする出力電力を確認している。第3号管の増幅動作も第2号管同様極めて安定であった。現在は、空洞部を改良した第4号管の評価試験を行なっている。

#### 謝辞

本クライストロンの実験にあたりご協力いただいたKEKのJLCスタディグループおよび放射光入射器グループの各位に深く感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 米澤、三宅、他、第14回ライナック研究会(1989)pp.228 (V<sub>k</sub>=391kV)
- 2) H.Yonezawa, Y.Okazaki: SLACTN-1984-5(1984)
- 3) T.Shintake: 1989 Particle Accelerator Conference(Chicago)1989D-3

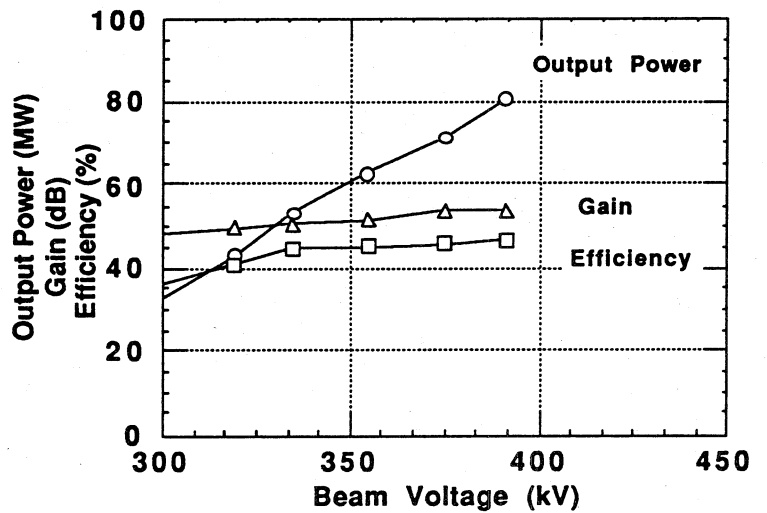


図4. ロングパルス動作での飽和出力、利得、効率のビーム電圧に対する変化

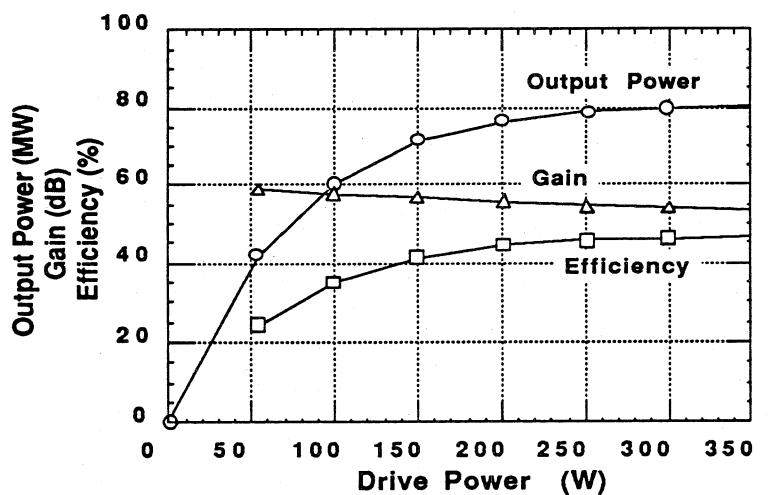


図5. ロングパルス動作での入出力特性 (V<sub>k</sub>=391kV)