

150MW KLYSTRON

H. Yonezawa* Y. Okazaki* M. Watanabe**
 S. Fukuda+ Y. Saito+ S. Anami+ J. Tanaka+
 T. Lee++ G. Konrad+++

* Toshiba Corp. ** Mitsubishi Electric Corp.
 + National Laboratory for High Energy Physics
 ++ Stanford Linear Accelerator Center
 +++ SLAC (currently at Los Alamos National Laboratory)

ABSTRACT The development work of the 150MW pulse klystron for linac, based on Japan - USA collaboration project, was closed with much improvement on technology of klystrons. This report summarizes the design and the test result of the klystron which successfully delivered 150.4MW at S band.

1. まえがき

日米両政府によって1979年5月に調印された日米科学技術協定のもとに、米国側からSLAC (Stanford Linear Accelerator Center)、日本側から高エネルギー物理学研究所、三菱電機(株)、(株)東芝の4者によって標題クライストロンの開発がおこなわれた。筆者らは、1981年4月より1984年3月までSLACに於いて開発プロジェクトに参加し、Sバンドにおいて最大出力150MWのライナック用パルスクライストロンの開発に成功した。

表1 パルスクライストロン特性 (SLAC)

名 称	XK-5	50MW	150MW
動作電圧(kV)	265	315	450
周波数(MHz)	2856	2856	2856
ビーム電流(A)	286	354	600
空洞数 (ギャップ数)	5 (5)	6 (6)	5 (6)
尖頭出力(MW)	36	50	150
繰り返し周波数(pps)	360	180	180
効 率	0.47	0.45	0.55
飽和利得(dB)	50	50	50
RFパルス幅(μs)	2.5	5.0	1.0
カソード形式	酸化物	含浸型	酸化物
集束磁界	永久磁石	電磁石	電磁石

2. 設計

表1に150MW クライストロンの概要をSLACで開発されたXK-5、および50MW クライストロンと比較して示す。50MWクライストロンは、同所で建設中のSLC計画で使用される。

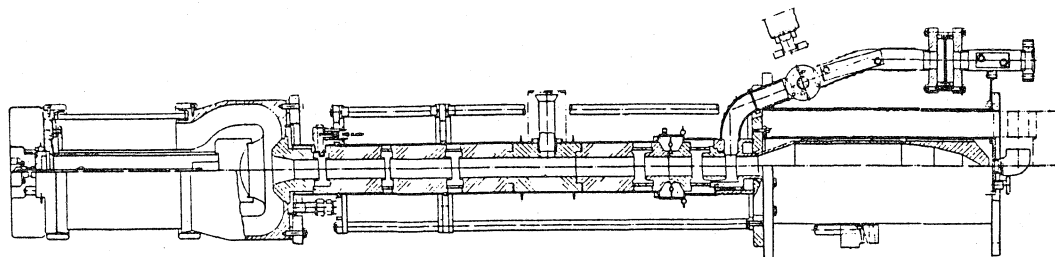


図1 150MWクライストロン

2-1 電子銃

酸化物エミッタを用いた集束型電子銃である。基本的な構成はXK-5の電子銃と同一であるが、ウェネルトとアノードの先端部の曲率半径を大きく採ることによって電界強度の上昇を押さえている。

ライナック用パルスクライストロンでは、電子銃のパービアンスが比較的高く、かつ大電圧を印加するために、ビームアドミタンスが大きくなり、いわゆるGun Oscillation と呼ばれる発振が生じ易い。実際に発振に至るか否かは、電子ビームに対するRF負荷特性によって決まり、電子銃の構造、寸法に大きく左右される。共振周波数、及びインピーダンスは電子銃の形状を入力することによって数値計算が可能である。本電子銃は、耐電圧上の要求もあり、可能な限り滑かで、かつ不要な共振を生ずる無駄なスペースを省いた形状とした。

2-2 相互作用領域

空胴ギャップの配置及び共振周波数は、この目的のために新たに作成した1次元ディスクモデルのプログラム(JPNDISK)を用いて最適値に選んだ。高調波周波数での空胴間の結合を避けるために各空胴の内径、高さ等は全て異なる寸法にしている。

出力空胴にはダブルギャップ構造を新規に導入し、発生する電界の軽減を試みた。2つのギャップ間の動作モードは、結合孔による電界強度分布の偏りが少ない 2π モードを採用した。図2に出力空胴の断面図を示す。

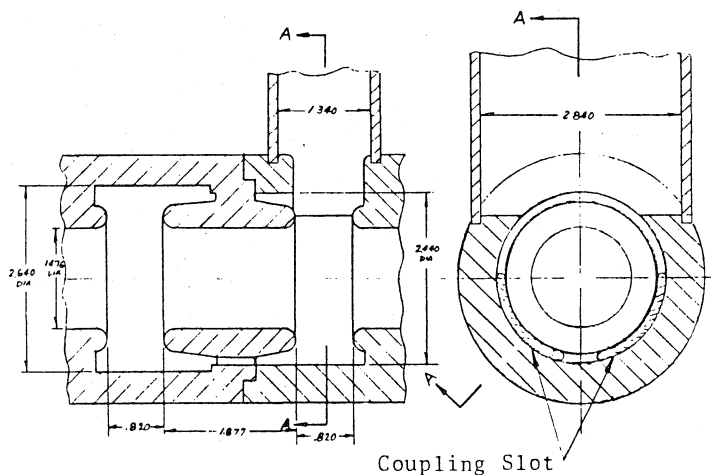


図2 ダブルギャップ出力空胴

2-3 出力窓

最終的に使用された出力窓の概略寸法は、従来SLACで使用されていたピルボックス形とほぼ同様である。厚さ 0.125inch、直径 3.33inch の純度99.5% のアルミナセラミックに、本プロジェクトで新たに制作したDCスパッタ装置を用いてTiNの薄層をコーティング、マルチパクタを抑制している。

その他、検討、実験を行った技術としては次があげられる。

- ・大口径のセラミックを用いて電界値を下げる。
- ・出力窓の前後にポストを立てて意図的に局部反射波を作り、電界強度の弱くなったところにセラミックを設置する。
- ・円偏波を使用して、尖頭電界値を $1/\sqrt{2}$ に減らし、同時にマルチパクターの起こり難い条件を作る。
- ・クライストロンの高調波と出力窓のゴーストモード周波数をずらす。
- ・セラミックの温度分布の数値解析

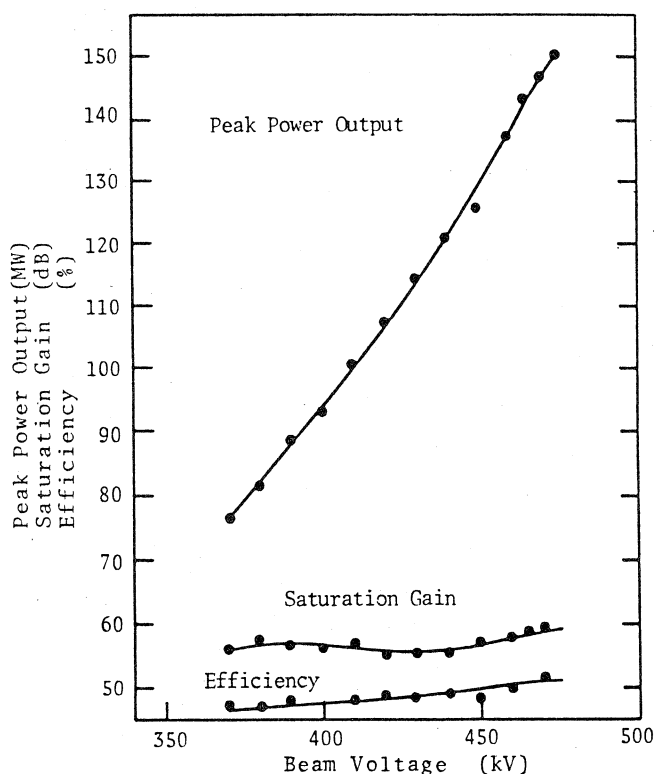
3. 実験結果

図2に150MWクライストロンの出力特性を示す。

ビーム電圧475kV で、ピーク出力 150.4MW、能率51%、利得59.3dBが得られた。RFパルス巾は、 $1.0\mu s$ である。モジュレータ容量の制限をうけ、465kV、470kV では60ppsを475kV では40ppsを使用した。

電子銃の耐電圧はビームパルス巾 $2\mu s$ 程度では問題にならない。出力窓のマルチパクタはほぼ完全に抑制することができ、温度上昇は極く少なかった。

飽和レベル付近での出力の安定度は良好であり、ライナック用クライストロンとして十分に実用可能であると思われる。



参考文献

- S. Anami: KEK 82-14, p.42, Jan. 1983
S. Fukuda: 第8回リニアック研究会報文集
p.138 July, 1983
G.T. Konrad: Proc. of 1984 Linear
Accelerator Conference, p.293, 1984
T. Lee, et al: SLAC-PUB-3019, Apr. 1985
H. Yonezawa, Y. Okazaki:
SLAC-TN-1984-5, 1984
米澤, 岡崎, 渡部: 電通学会技報,
ED85-115, Dec., 1985

図3 150MWクライストロンの出力特性
($f_0 = 2870\text{MHz}$)