

Abstract

Recent work on the R & D of 150 MW klystron progressed under the Japan - U.S.A. collaborative project is reported. Achieved value of No. 1 tube was a max. output power of 122 MW at 60 pps and 100 MW at 180 pps. Design and current status of No. 2 tube was also described including the latest technical progress.

1. まえがき

150 MW クライストロンの開発は日米科学技術協力事業に基づいて昭和56年4月より3年計画で開始された。この事業は米国側がSLAC, 日本側がKEK, 三菱電機及び東芝の3社であり、開発はSLACで行われた。この計画は公式的には昭和59年3月をもって終了したが、SLAC側の事情、即ちSLC計画のための50 MW クライストロンの開発と競合した事などのため大幅に遅れ、試作1号機のテストのみ終了し、試作2号機のテストは今年8月に行われる予定という進行状況である。すでに今迄のライナック研究会で過去2年間の状況については報告しているが、<sup>(1)(2)</sup> 本報告はそれに続くものである。

2. 試作1号機のテスト結果

試作1号機は試作ダイオードで電子銃関係のテスト終了後、その成果を取り入れて作られたが、完成迄に真空リークやビーターショート等のトラブルが続出し、当初の予定よりもかなり遅れ、昭和58年7月から開始された。その後のテスト経過は順調であり、次の様なテスト結果を得た。最大出力電力はビーム電圧475 kVの時  $P_0 = 122 \text{ MW}$  を得た。(但しパルス中  $1 \mu\text{sec}$ , 繰り返し60 pps.)。又パルス電源の制約により、定格の繰り返し(180 pps.)の時は450 kV迄しか印加できず、最大出力電力は100 MWであった。表Iにテストによる達成値を示す。

テストの結果次の様な事が判明した。(1). ガン突振は観測されなかった。(2). パルスRF波形は、飽和点の前後ではきれいであった。(3). 飽和点より低い点での振中変動は10%以下であった。(4). 第2高調波成分が油タンクから検出され、電源側と干渉する現象が見られた。(5). 動作は安定で、*fault free* であった。

一方試作1号機の改良すべき点として次の事が指摘された。(1)パービアンスが設計値とずれのため ( $1.84 \times 10^{-6} \text{ V}^{3/2}/\text{A}$ ) 設計値に添す。(2)効率をもう少し増やす。

(3). 中2高調波の与える影響を明らかにする。(4). 可能な限り飽和点以下の不安定を解決する。(5). リークの原因と成った溶接のつばの材料を改善する。etc. 以上の点を試作2号機へ反映される事となった。なお、図1に試作1号機のテスト風景の写真を示した。

(表1) 試作1号機テスト結果

ビーム電圧 (kV)	475	450
ビーム電流 (A)	598	552
rfパルス巾 ( $\mu\text{sec}$ )	1.0	1.0
rf周波数 (MHz)	2856	2856
パルス繰返し(pps)	60	180
尖頭出力電力(MW)	122	100
平均出力電力(kW)	7.32	18.0
効 率 (%)	43	40
利 得 (dB)	45	45

### 3. 試作2号機の設計と現状

試作1号機の成果を踏まえて2号機

には次の点が考慮された。(1) 本計画当

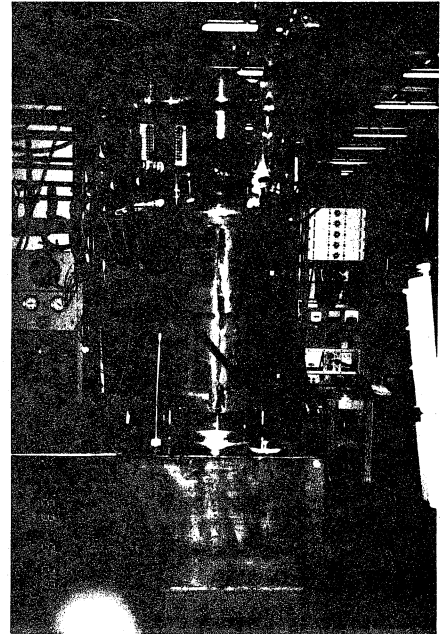
初から検討されていた *double output gap* を採用する。<sup>(1)(2)</sup> これを採用する事により効率を向上し、又出力 gap 間の電圧を減らす事が期待できる。coupling mode としては  $2\pi$ -mode を採用する。<sup>(2)</sup> (2). 検討していた数種の設計の中からの gap impedance が高く、より効率が高くなるものを採用した。(3). 中々空洞の gap nose 先端電界強度を下げるため、gap nose 先端の径を大きくする。(4). 必要なパービアンスを確保するため、アノードカソード間の距離を1号機より近づける。(目標値  $2.0 \times 10^{-6} \text{ V}^{3/2}/\text{A}$ ) (5). RF窓は整合ポストなしの標準XK-5型窓を用いる。但し大口径窓(125φ)はクライストロン出力窓にタンデム接続してテストを継続する。(6). 溶接用のつばは大口径にし且つ材料を吟味し不純物混入による溶接不良を防ぐ。(7). 全長は4インチほど長くなる。

その他検討されている事柄として、SLC計画用50MWクライストロンの開発研究で明らかとなった色々な成果を試作2号機に反映する事である。その例としてはより耐圧の高い電子銃を作るための集束電極の材料の吟味及び真空処理の改善、高研磨集束電極の使用等が上げられる。(次章参照) 但し試作2号機に使用する陰極は今迄と同じ酸化物被覆陰極である。現在パーツはほぼマシンショックで製作され、7月中旬~下旬にかけて排気及びバーキングにかかり、8月下旬からテストに入る予定である。

### 4. その他の技術的成果

本計画はSLACの将来計画であるSLC計画のRF源の開発の一環として行われ  
 ものであり、並行して50MWクライストロンの開発も進められた。従って製造スケジ  
 ュールに競合した面もあり、共通問題として技術的に成果の上がった面もある。その一つとし  
 て、より信頼性の高い電子銃の開発がある。それは低電界型電子銃の開発という事以外に  
 材料や処理過程から検討し直したという事である。具体的には放電によるガス放出の問題  
 を減らすため、電子銃アセンブリの真空処理に対する  
 温度(600~650°C)や時間を管理し集束電極表面への  
 結晶析出及び結晶境界への不純物の析出を減らす事、  
 電極材料として真空溶解のSUS-316Lを使用し炭素そ  
 の他の不純物を排除した事、そしてダイヤモンドパー  
 ストにより表面粗度 $\mu\text{m}$ 前後の高研磨を電極表面に施  
 した事等が上げられる。これにより放電等による  
*fault rate*が激減された。(参考迄に、50MWク  
 ライストロンはBa含浸型陰極—特にOsやSeコーテ  
 ィングした陰極を使用している。)

又大電力出力窓についても精力的にテストが行われ  
 TeNのコーティング等に多くの試みが成されている。  
 現在SLACで直面している窓の問題は、ある閾値を  
 越えたい所で窓が破損するという問題である。この現象  
 はRFパルス中 $5\mu\text{sec}$ 、出力50MWの時に、繰返し  
 $120 \rightarrow 180\text{pps}$ の問題となり、しかも *resonant ring* のテストでOKであつてもクライス  
 トロンに組込んだ時生ずると言うトラブルである。SLACではこの主因を他の実験結果  
 も踏まえ、出力空洞から生じた迷走電子が窓へ衝突や帯電するものと考え、2出力窓型  
 のU字型導波管の設置等による実験を考慮している。平均電力的には150MWクライス  
 トロンの方が小さいので、次回のテストには影響ないと思われるが、本質的な意味での解  
 明に7つの手掛りを与えるかも知れない。



(図7) 150MWクライストロンのテスト

#### Reference

- 1) S. Anami, "Development of 150 MW S-band Klystron", Proc. 7th. Meeting on Linear Accelerator 42, (1982) (in Japanese)
- 2) S. Fukuda, "Development of 150 MW S-band Klystron", Proc. 8th. Meeting on Linear Accelerator 138, (1983) (in Japanese)