

DEVELOPMENT OF X-BAND HIGH POWER PULSED KLYSTRONS

J.Odagiri, H.Mizuno, T.Higo, H.Yonezawa*, N.Yamaguchi*

National Laboratory for High Energy Physics, KEK

Oho 1-1, Tukuba-shi, Ibaraki-ken, 305 JAPAN

*TOSHIBA Corporation, Electron Tube Division

Shimoishigami 1385, Ohtawara-shi, Tochigi-ken, 329-26 JAPAN

ABSTRACT

A 30MW X-band(11.424GHz) pulsed klystron(XB50K) has been tested up to the peak power of 18MW with the pulse duration of 100ns at the beam voltage of 412kV. A new 100MW X-band pulsed klystron(XB72K) has been designed, fabricated and tested up to the peak power of 22MW with the pulse duration of 100ns at the beam voltage of 430kV.

Xバンドクライストロンの開発

1.はじめに

高エネルギー物理学研究所において、加速器将来計画の一つとして500GeV級の電子-陽電子衝突型の線形加速器(JLC)の研究開発が進められている¹⁾。JLCの主ライナックでは、Xバンド(11.424GHz)において100MV/mの加速勾配を実現するために、ピーク出力100MW以上(パルス巾500ns以上)のXバンドクライストロンの開発が必要となる。本稿では、その開発の第一段階として'90年度に試作したピーク出力30MW級のクライストロン(XB50K)の現在までの試験結果、および今年度、新たに試作した100MW級クライストロン(XB72K)の設計と試験結果について報告する。

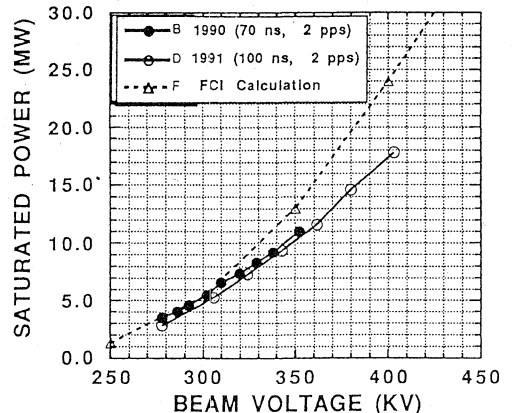
2.XB50K

XB50Kクライストロン(30MW級)は、100MW級クライストロン開発に先立って、Xバンド加速管を含む各種コンポーネントの大電力試験の高周波源として使用することを主な目的として設計、試作された^{2),3)}。表-1にその設計パラメータの概要を示す。試作1号機は約11MWのピーク出力に達するまでに、出力窓のセラミック(導波管と同一の断面寸法で半波長の厚みを持つアルミナセラミックのブロック)がエアリークに至る損傷を受けた。出力窓をピルボックス型の窓に置き換えた同機の改修機は、昨年夏に行なわれた動作試験において、ビーム電圧約403kV、約18MWのピーク出力を達成した。ビーム電圧に対する飽和出力を図-1に示す。この出力レベルにおいて出力窓のセラミックに放電によるわずかな発光が認められたため、クライストロン単体での試験を中断し、Xバンド加速管の高電界試験⁴⁾に供することにした。加速管の高電界試験は繰り返し2~100pps、パルス巾50~100nsで、約18MWのピーク出力(ビーム電圧約412kV)まで行なわれた。運転時間は総計約500時間であったが、この試験では出力窓は深刻な損傷は受けていない。今後、本クライストロンは、XバンドSLED⁵⁾の大電力試験に使用された後、再度、加速管の高電界試験に使用される予定である。その後はクライストロン単体の試験に戻し、

表-1) 設計パラメータ (XB50K)

| | |
|-------|----------------|
| 動作周波数 | 11.424 GHz |
| 尖頭出力 | 30 MW |
| パルス巾 | 100~1000 nsec. |
| 繰り返し | 100 pps |
| 効率 | 45 % |
| 飽和利得 | 53 dB |
| ビーム電圧 | 420 kV |
| ビーム電流 | 160 A |

図-1) 飽和出力 (XB50K)



- (1) 磁場分布の調整による効率改善の有無の調査
- (2) パルス巾を長くして出力窓、出力空洞の耐電力試験を行なう予定である。

3.XB72K

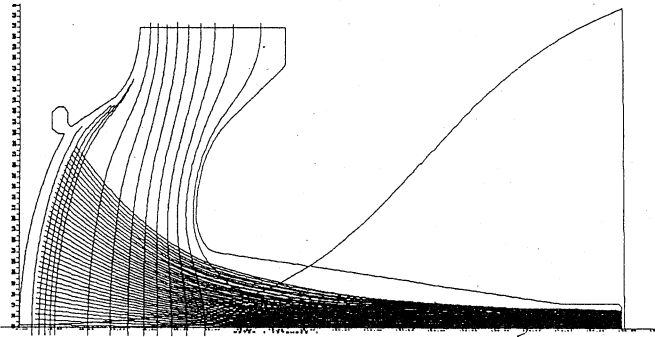
XB72Kクライストロン (100MW級) は、JLCのXバンド主ライナックの高周波源に要求される最小の出力レベルを目標として設計、試作された。表-2にその設計パラメータの概要を、図-2に試作1号機の写真を示す。

3-1.設計の概要

(1) 電子銃部

カソードはXB50K同様、イリジウムコートをした含浸型で直径72mmである。約110対1のビーム収束比を実現するために、曲率半径は53mmと小さい。このためカソードローディングは周辺部が高く、ビーム電圧550kVにおいて平均で約10A/cm²、周辺部で約17A/cm²である。このときのカソードの動作温度は摂氏1050度前後と推定される。収束電極形状の設計にはE-GUN[®]コードを使用した。ビーム軌道の計算結果を図-3に示す。ビーム電圧約550kVにおいて収束電極上の表面電界強度の最大値は約275kV/cm (アノード上) である。

図-3) ビーム軌道の計算結果 (550 kV, 490 A)



(2) 空洞部

XB72Kクライストロンの特筆すべき特徴は、表面電界強度を軽減するためにノーズコーンのないビルボックス型の空洞⁷⁾を採用していることである。これにより出力空洞における同一空洞電圧に対する表面電界強度は、XB50Kの場合の50%程度となっている。出力空洞は対向する2つのカップリングアイリスを持ち、高周波は2本の独立な出力導波管から対称に取り出される (図-4)。空洞部のパラメータの最適化にはFCIコード[®]を使用した。

図-4) 出力空洞の形状

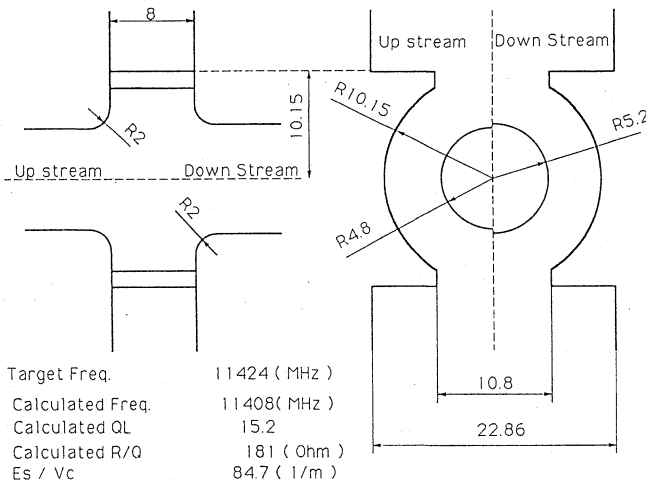
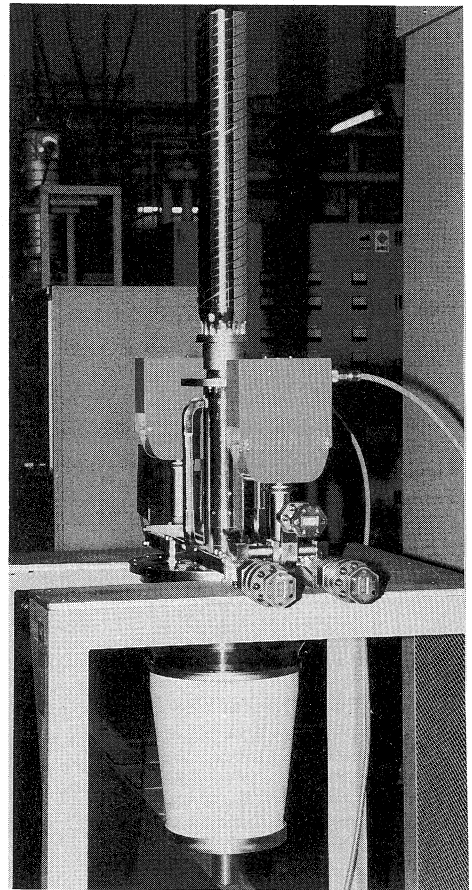


表-2) 設計パラメータ (XB72K)

| | |
|------------|------------|
| 動作周波数 | 11.424 GHz |
| 尖頭出力 | 120 MW |
| パルス巾 | 400-500 ns |
| 繰り返し | 200 pps |
| 効率 | 45 % |
| 飽和利得 | 53-56 dB |
| ビーム電圧 | 550 kV |
| ビーム電流 | 490 A |
| マイクロパービアンس | 1.2 |

図-2) XB72K 試作1号機



(3) 出力窓

XB50K1号機の改修機に搭載されたものと同一設計のピルボックス窓を各出力導波管に1個ずつ、計2個搭載している。

3-2. 試作1号機の試験結果

XB72K試作1号機の動作試験は、新規に製作されたモジュレーター⁹⁾を使用して本年3月に行なわれた。図-5に試験時のセットアップを示す。2つの出力導波管には独立に水負荷が接続されている。試験は、巾約2micro-sec.のビーム電圧、2ppsの繰り返しで、巾100nsの高周波出力を取り出しながら行なわれたが、ビーム電圧が約430kVに達した時点でガンセラミックにエアリークを生じたため中断された。このときまでに到達した尖頭出力は約22MW (100ns)であった。高周波出力は-60dBの方向性結合器でピックアップした信号を検波して電氣的に測定した。ビーム電圧に対する飽和出力および効率を図-6に示す。本クライストロンはすでに電子銃部の改修がなされ、8月上旬から試験を再開する予定である。なお、改修時にドリフト管内部の目視検査をファイバースコープを使用して行なったが、アノード入り口から出力空洞下流までの間において、ドリフト管内部の表面に目に見える損傷は見られなかった。

図-5) 試験時の状況

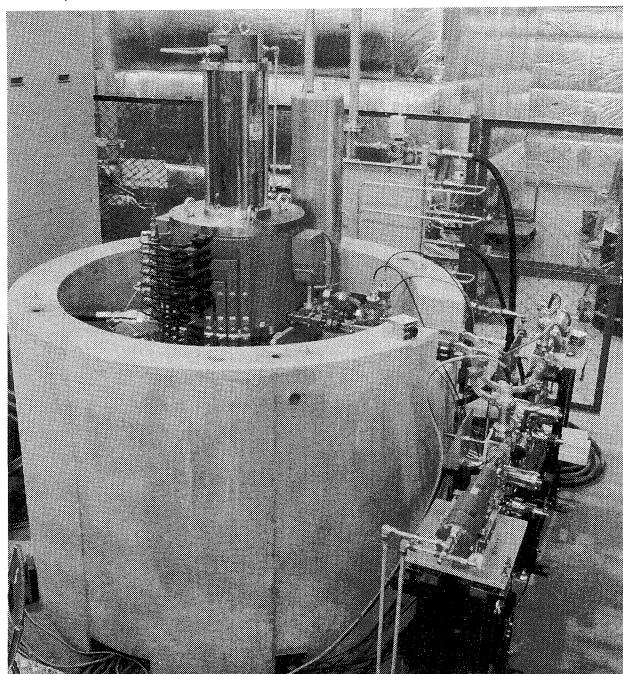
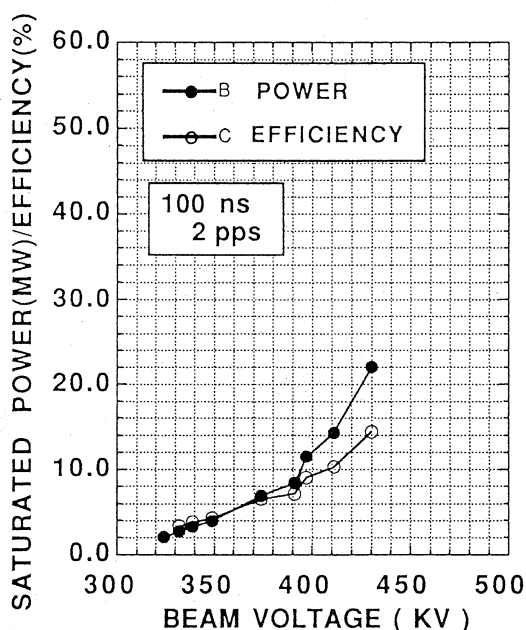


図-6) 飽和出力および効率 (XB72K)



References

- 1) K.Takata, "RECENT PROGRESS IN R&D WORK FOR THE JAPAN LINEAR COLLIDER", 15th International Conference on High Energy Accelerators, July 1992.
- 2) H.Mizuno, et al., "X-BAND KLYSTRONS FOR JAPAN LINEAR COLLIDER", 15th International Conference on High Energy Accelerators, July 1992.
- 3) J.Odagiri, et al., "DEVELOPMENT OF X-BAND HIGH POWER PULSED KLYSTRON", Proc. 16th Linear Accelerator Meeting, September 1991, p.28.
- 4) T.Higo, et al., "HIGH GRADIENT EXPERIMENT ON X-BAND ACCELERATING STRUCTURE", this meeting.
- 5) S.Tokumoto, et al., "X-Band(11.424GHz) SLED", 16th Linear Accelerator Meeting, September 1991, p.31.
- 6) W.B.Herrmannsfeldt, "ELECTRON TRAJECTORY PROGRAM", SLAC-226 UC-28(A)
- 7) T.Shintake, "Nose-Cone Removed Pillbox Cavity for High-Power Klystron Amplifiers", IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES. VOL.38. NO.4 APRIL 1991.P917
- 8) T.Shintake, KEK Report 90-3, May 1990 A/D.
- 9) M.Akemoto, et al., "X-BAND KLYSTRON MODULATOR OF THE ACCELERATOR TEST FACILITY FOR JAPAN LINEAR COLLIDER" Proc. 16th Linear Accelerator Meeting, September 1991, p.91.