

Xバンド・クライストロンの開発

J. Odagiri, H. Mizuno, T. Higo, M. Akemoto, H. Sakai, H. Yonezawa*
& Linear Collider R&D Group

National Laboratory for High Energy Physics, KEK
*TOSHIBA Corporation, Electron Tube Division

Abstract

A test diode (XB50D) has been tested up to 480kV of cathode voltage with roughly $3\mu\text{sec}$. pulse duration. Diode characteristics and stability of high voltage operation will be presented. A rough sketch of 30MW class X-band klystron design will be also presented.

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・陽電子衝突型線形加速器(JLC)のR&Dが進められている。JLCでは、現在主に使用されている周波数領域のSバンドよりもさらに高いXバンドの採用が必要となり、そのための高周波源として、ピーク出力100MW以上のXバンド・パルス・クライストロンの開発が要求されている。その開発の第一段階として、ピーク出力30MWのクライストロン (XB50K)の開発を進めている¹⁾。現在までに、その電子銃部に相当する試験ダイオード (XB50D)の高電圧印加試験を行ない、絶縁セラミックを含めた電子銃部の耐電圧の評価、カソードのエミッション試験を終了している。高周波増幅部を備えたクライストロンの1号機は既に完成し、この夏に動作試験が予定されている。本稿では、XB50D (試験ダイオード)の高電圧印加試験の結果、およびXB50K (クライストロン)の設計の概要を報告する。

2. 高電圧印加試験 (XB50D 試験ダイオード)

XB50D試験ダイオードはイリジウム・コーティングを施した直径50mmの含浸型カソードを有する電子銃に、コレクターを直結した構造を持つ。絶縁セラミックはSLAC-5045クライストロン用のものを利用している。パラメーターおよび構造の詳細については、既に'89年度の本研究会で報告しているので、ここでは繰返さない²⁾。5045クライストロン用に開発されたクライストロン・モジュレーターを使用し³⁾、半値巾で約 $3\mu\text{sec}$.のパルス、2Hzの繰返しで、約50時間のエージングの後、カソード電圧は約450kVに達した。この時の電流は約180Aであった。エージング・チャートを図1に、電圧・電流波形を図2に示す。また、カソード温度をパラメーターとした電圧・電流特性を図3に示す。約1290Kのカソード温度において、450kVまで空間電荷制限領域での動作が確認でき、概ね設計値通りのパービアンスが得られた。450kV印加時のカソード・ローディングは最大、約 $10\text{A}/\text{cm}^2$ である。この後、繰返しを2~100Hzに上げ、管内放電によるフォールの頻度を見ながらエージングを進めた。380kV~480kVの範囲での動作の安定性を図4に示す。縦軸は記録された連続動作のパルス数の最大値を表す。印加電圧380kVにおいて電子銃電極上の最大表面電界強度はアノード上で約300kV/cm、収束電極上で約270kV/cmに達するが、この付近までは実用的な安定度 (10^5 パルス連続) が得られたと判断している。475kV付近において、激しい放電の後、耐電圧が著しく劣化した。再度エージングすることにより耐電圧は回復したが、その後も同様の状況が繰返され、エージングが進まなくなつたため、耐電圧の限界と判断して試験を終了した。試験終了後、電子銃部を切断し、内部を目視で検査したところ、電子銃電極上の多数の放電痕の他に、絶縁セラミッ

クの内面に沿面放電痕が一つ認められた。

XB-50D AGING HISTORY

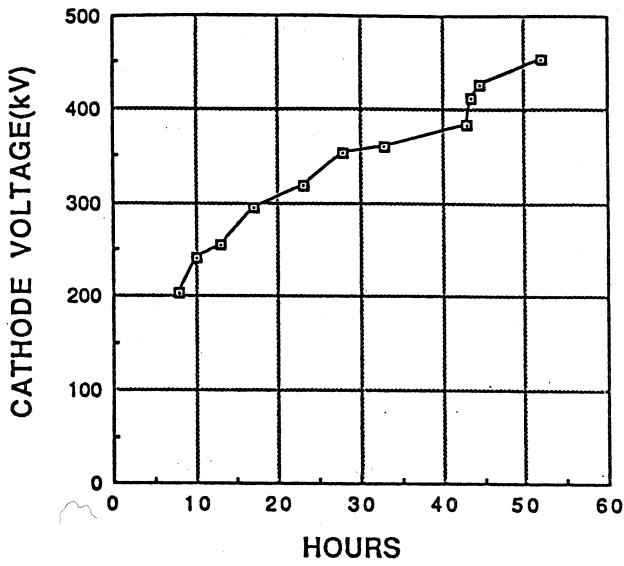
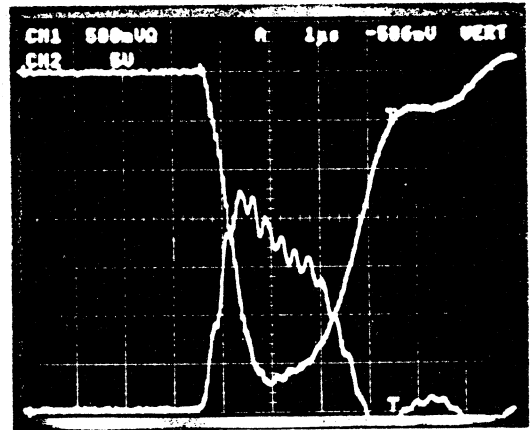


図 1



電圧 (上) 450kV

電流 (下) 180A

図 2

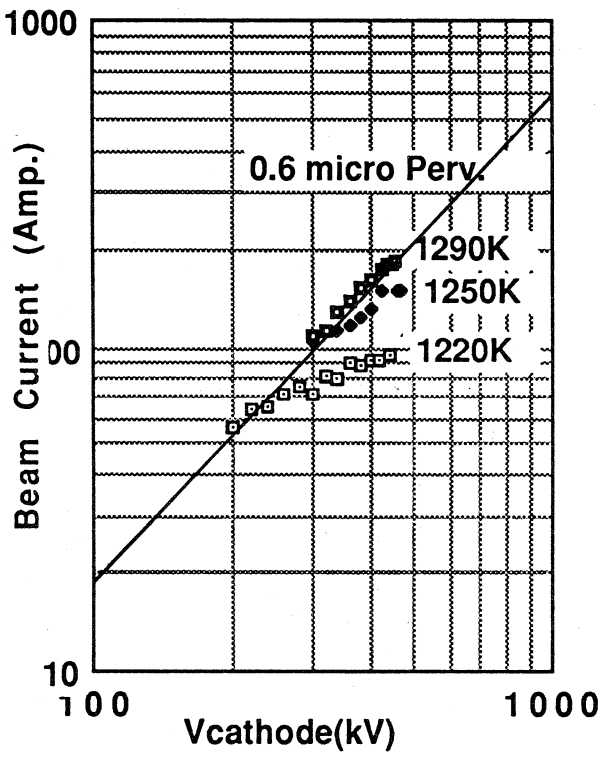


図 3

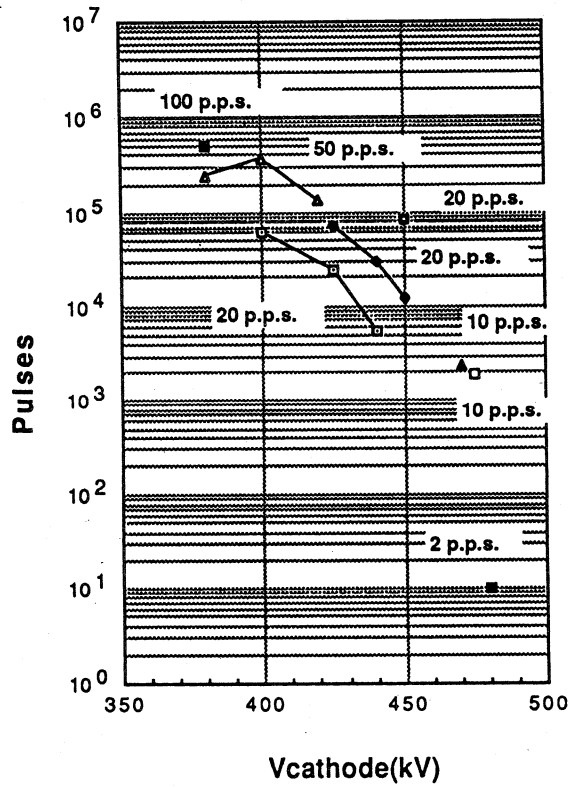


図 4

3. XB50K クライストロン

表1にXB50K クライストロンの設計パラメーターを、また図5に排気完了後のクライストロン本体を示す。

(1) 電子銃

絶縁セラミックは試験ダイオードと同様、SLAC-5045用のものを利用しているため、印加可能な最大電圧は450kV程度である。電子銃電極形状は試験ダイオード(XB50D)の設計を基に、最大表面電界強度をおよそ30%減ずるように改良した。

(2) 空洞部

2.5次元で空洞電磁界と荷電粒子の相互作用を取扱うFCIコード⁴⁾によりシミュレーションを行ない、その結果を基に空洞の配置、離調を決定した。出力空洞での最大表面電界強度は、30MW出力時でおおよそ100MV/mに設定した。

(3) 窓

出力窓は半波長の厚みの長方形セラミックで導波管を満たした構造を持つ。VSWRは、中心周波数で約1.02、±150MHz離れたところで約1.15である。

動作周波数	11.424GHz
尖頭出力	~30MW
パルス巾	~1 μ sec.
繰返し	100Hz
効率	~45%
飽和利得	~53dB
ビーム電圧	420kV
ビーム電流	160A
集束磁界	Max. 4.6kGauss

表 1

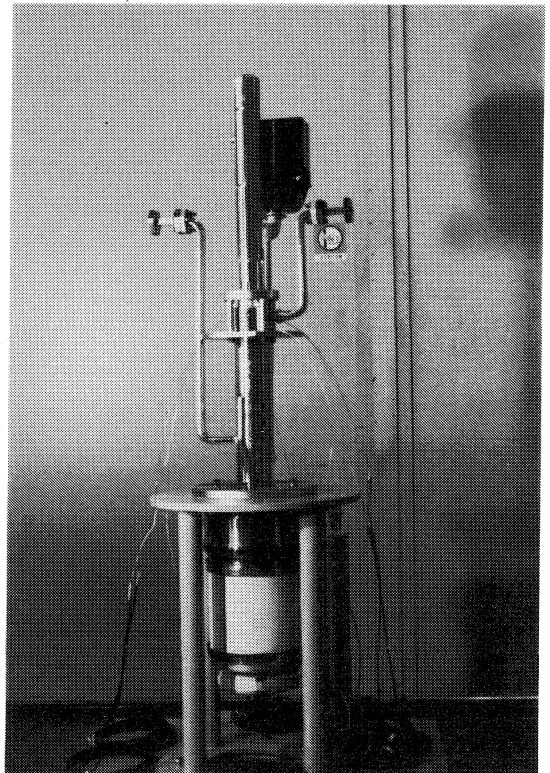


図 5

- 1) J.Odagiri and Linear Collider Study Group, Proc. 13th Linear Accelerator Meeting, September 1988, p.55.
- 2) J.Odagiri and Linear Collider Study Group, Proc. 14th Linear Accelerator Meeting, September 1989, p.243.
- 3) M.Akemoto, T.Shidara, S.Takeda and Linear Collider Study Group, Proc. 13th Linear Accelerator Meeting, September 1988, p.49.
- 4) T.Shintake, KEK Report 90-3, May 1990 A/D.