

# Diode Simulation of X-band klystron

Jun-ichi ODAGIRI and Linear Collider Study Group

National Laboratory for High Energy Physics  
Oho, Tukuba-shi, 305 Japan

## Abstract

High peak power X-band klystron is required for the R&D activities of Japanese Linear Collider(JLC). Design study of 20MW tube has started as a first stage. Diode simulation showed that 450kV 170A beam emitted from  $\phi 50$ mm cathode could be focused down to less than 3mm radius.

## 1. はじめに

JLCのR&Dでは S-band の 1.5GeV ライナックの建設と並行して、周波数 11.4GHz (X-band) , 加速電界 100MW/m における試験加速が行われる。ここでは高周波源として出力 100MW 以上の X-band クライストロンが必要とされる。そこで、その開発のための中間段階として 20MW、60MW 出力を目標としたクライストロンの開発が計画されている。各出力段階ではダイオード試験、高周波出力試験が行われる。現在、20MW 級のピアース型電子銃部の設計に着手しており、ダイオード試験の準備が進行中である。このピアース型電子銃の電極形状の設計にあたり、SLAC の H.B.Herrmannsfeldt により開発された電子軌道解析プログラム (E.T.P.-Code) を用いたダイオード・シミュレーションを行ったので、その概要について報告する。

## 2. 設計パラメーター

E.T.P.-Code は 2次元 (通常、R-Z Plane) の相対論的電子軌道解析プログラムであり、電子ビームの軌道計算 (空間電荷分布計算) と 静電場の計算を交互に繰り返しながら両者の相互作用を取り入れている。電磁場は系の対称性から除かれるもの以外は外場・自己場ともにほぼ、すべて考慮している。ただし、今回のシミュレーションは外部集束磁場のない場合について行った。

クライストロンの出力空洞での電力変換効率を考慮するとき、電子ビームの半径は高周波の波長に比べて十分小さくする必要がある。したがって X-band の場合、ビーム径は数ミリメートルのオーダーになり、出力を上げるためには電流より電圧を上げ、ビームの Convergence Ratio を増大させることが必要となる。

また、カソード・ローディングは、カソード寿命を考慮し  $10\text{A}/\text{cm}^2$  以下とした。出力空洞での電力変換効率を 40% と仮定し、高周波出力 20~30MW を想定して

決められた設計パラメーターを表1にまとめておく。

Beam Power	50 ~ 75	MW
Beam Voltage	350 ~ 450	kV
Beam Current	140 ~ 170	A
Micro Perveance	0.56 ~ 0.68	
Minimum Beam Radius	< 3	mm
Cathode Loading	< 10	A/cm <sup>2</sup>

表1 ピアース型電子銃の設計パラメーター

以上の要求を満たすため、カソード直径は 50mm とした。また、電極形状については SLAC の 8.57(2.86×3)GHz の電子銃設計を参考にした。カソードの曲率半径、集束電極の形状を変えながら Convergence Ratio を最大にすることを目標にシミュレーションを行った。その結果得られた電子銃の形状を図1に示す(これを以下 XB-50 と呼ぶ)。また 350~450kV の場合について行ったシミュレーションの結果を表2および図2に示す。

Micro Perveance	0.57		
Beam Voltage (kV)	350	400	450
Beam Current (A)	120	140	170
Beam Power (MW)	41	58	76
Minimum Beam Radius (mm)	2	2	2
Axial Position of			
Beam Waist from Cathode (mm)	110	110	110
Maximum Surface Field Strength (kV/cm)			
Cathode Side	250	290	320
Anode Side	280	320	360

表2 XB-50 ダイオードのシミュレーション結果

### 3. Discussion

Convergence Ratio が高くなるにつれ、Laminar flow の実現は容易ではなくなる。実際、XB50 では、カソード径の 1/2 付近を境にして周辺部から中心部へのトラジェクトリーのクロス・オーバーが見られる。この傾向は集束電極形状、カソードーアノード間距離などの多少の修正では改善されない。この点は今後の課題として残

されている。

XB50試験ダイオードは現在設計中であり、年度内の試験開始を予定している。耐電圧についてはSLACの5045クライストロンなどのデータを参考にし、300 kV/cmを目安とした。したがって、表2より、ダイオード試験では350～400kVは実現可能であると考えられる。

また、既に、次のステップである60MW級のダイオードの設計も並行して進められている。

#### References

- [1] K.Takata, "RESEARCH AND DEVELOPMENT FOR THE JAPANESE LINEAR COLLIDER JLC" 第2回「TeV領域の物理」研究会 Proceeding(KEK) 印刷中
- [2] W.B.Herrmannsfeldt, "ELECTRON TRAJECTORY PROGRAM" SLAC-226 UC-28(A)

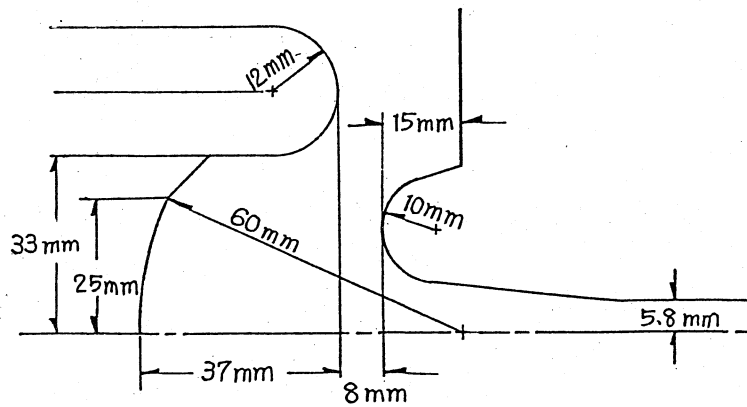


図1 XB-50 試験ダイオードの形状パラメータ

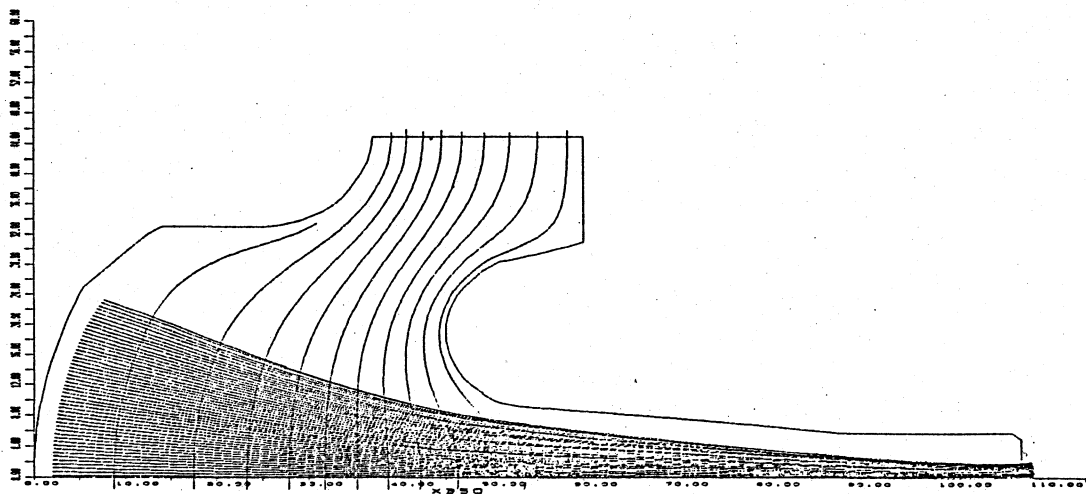


図2 ビームのトラジェクトリ(450kV)