

[A17a02]

## Measurements and Simulations of Beam Characteristics of an RF gun

Masatsugu Kishimura, Kai Masuda, Hisayuki Toku, Masami Ohnishi, Kiyoshi, Yoshikawa

Institute of Advanced Energy, Kyoto University, Gokasho, Uji, Kyoto, 611, Japan

### Abstract

Production of a relativistic electron beam with high brightness is necessary for developments of many electron beam devices such as a short wavelength free electron laser. The object of this study is to produce such an electron beam by use of an RF gun. For this object, we have prepared an S-band klystron and a side-coupled 4+1/2-cell RF gun. The klystron performance was measured, and an RF power of 10MW, 5  $\mu$  sec, 10pps, with quite high flatness was successfully obtained. Also, simulations of the electron beam characteristics in the RF gun were carried out for comparison with experiments.

### 高周波電子銃のビーム特性の解析及び測定

#### 1. はじめに

電子銃で生成されるビームの高輝度化は、あらゆる電子ビームデバイスの高性能化につながる非常に重要な課題である。本研究の目的はこのように高輝度の相対論的電子ビームを生成するための基礎研究を行うことである。

我々はこれまで電子ビームの高輝度化を目的に高周波電子銃 (RF gun) 内の電子の振る舞いや空胴内の電界の様子をシミュレーションしてきた[1-4]。また実際に高輝度ビームを生成し、その特性とシミュレーション結果を比較するためにSバンド-サイドカップル4+1/2空胴RF gun及び、Sバンド-クライストロンを整備した。

ここではまず、クライストロンの初期の性能を確かめるためにRF gunの代わりに無反射終端を用いてクライストロン、及びその試験を行ったので、主にその結果を報告する。

#### 2. RF gun

準備したRF gunはサイドカップル定在波型4+1/2空胴(AET社製)で5MWのRF入力において電子ビームを4MeVにまで加速することができる(表1、写真1)。

これまで行ったシミュレーション結果ではRF gun出口においてビーム半径が0.6mm程度の5.8MeVの電子ビームが生成され、平均ビーム電流は1.67A、規格化エミッタンスは $3.55\pi$  mm mradになることが予測される[1,2]。出力ビームのエミッタンス図を図1に示す。

表1 RF gun仕様

加速空胴数	4 +1/2
周波数	2856.0 MHz
加速エネルギー	4 MeV
RF パワー	5 MW
パルス幅	3 $\mu$ sec
加速器電流	500 mA
カソード	熱陰極型
カソード直径	6mm

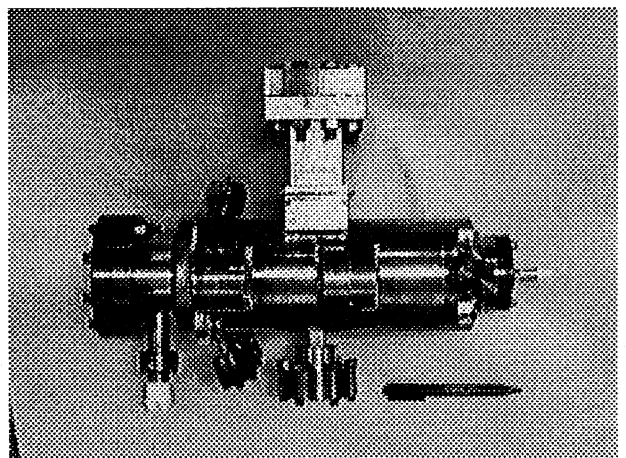


写真1 RF gun (全長 25cm)

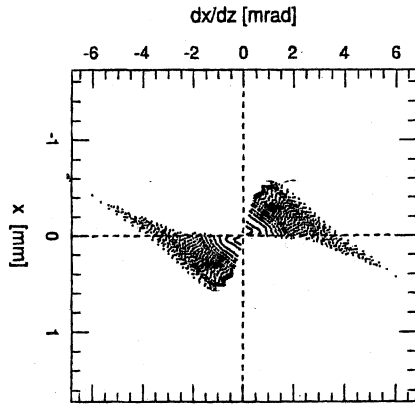


図1 出力ビームのエミッタンス図

表2 クライストロン管仕様

管名	トムソン TV2019B6
周波数	2700-3100MHz
ピーク出力	最小 10MW
マイクロパルス幅	最大 10 $\mu$ sec
ピーク高周波入力	200W
バンド幅 (-1dB)	最小 10MHz
効率	40%以上
ゲイン	55dB

表3 高圧パルス形成装置仕様

出力パルス電圧	170kV
出力パルス電流	140A
有効パルス幅*	10 $\mu$ sec 以上
半値幅	14 $\mu$ sec 以上
適合クライストロン管	トムソン TV2019B6
パルス電圧平坦度	0.3% p-p 以下 (リップル含む)
電圧安定度	約 0.5%p-p 以下
パルス立ち上がり時間**	約 1.5 $\mu$ sec
パルス立ち下がり時間	約 3.0 $\mu$ sec
パルス繰り返し周波数	10pps

\*有効パルス幅：パルス平坦度を満足する時間

\*\*10%~90%値

### 3.高周波電源

RF gun 駆動用電源として、Sバンド-クライストロン管（トムソン社製）、高圧パルス形成装置（日新電機社製）を整備した。表2、表3にその主要性能を示す。

また、S-バンドの導波管、サーキュレーター等を整備し図2に示すように、RF gun へのRF電力電送系を準備した。

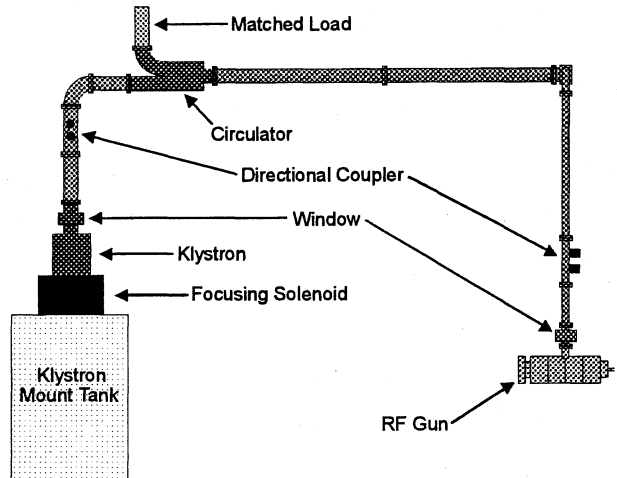


図2 RF電力電送系

### 4. RF電力測定

整備したSバンド-クライストロン管、及び高圧パルス形成装置の性能を確かめるために、図2においてRF gunの代わりに無反射終端を取り付けて、RF電源の試験を行った。図3はクライストロンの入出力特性、図4はクライストロン出力波形を示す。

現在までのところ、パルス繰り返し周期5pps、パルス幅5 $\mu$ sec、でピーク出力8.8MWが得られた。また高圧パルス形成装置の変りアクトルを調節することにより、図3のBに示されたようにリップル率が3%以内の高い平坦度の出力パルス波形が得られた。

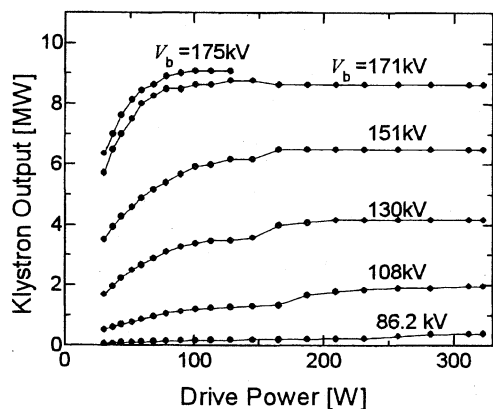


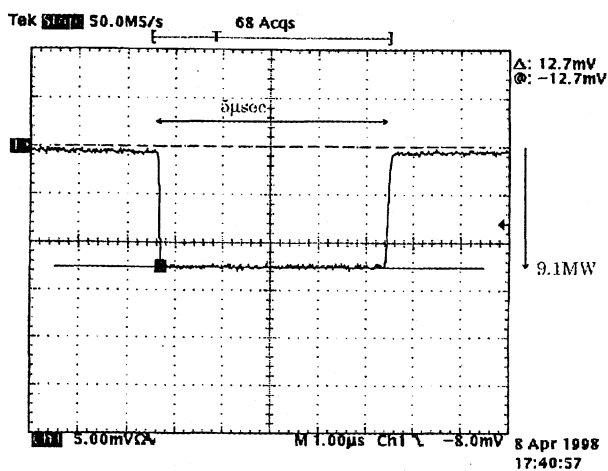
図3 クライストロン入出力特性

## 5. まとめ

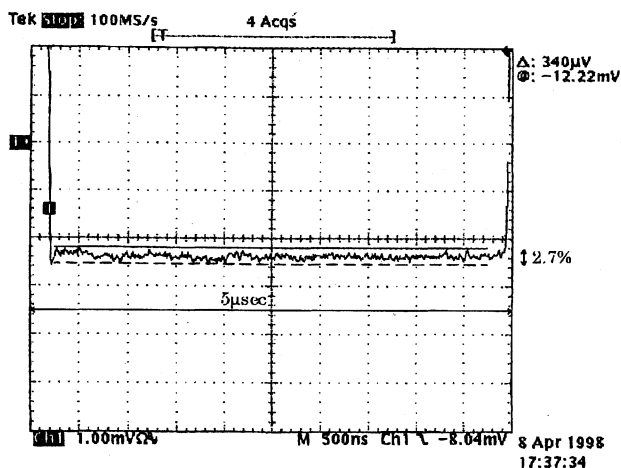
クライストロン、及び高圧パルス形成装置にもほぼ仕様どりの結果を得ることができた。今後はRFパワーを実際RF gunに入れ、電子ビームを生成してビーム特性を測定し、シミュレーション結果との比較、検討を予定である。

## 参考文献

- 1) T. Inamasu, 京都大学工学部学士論文 「高周波電子銃における電子ビーム特性解析」、(1996).
- 2) Y. Yamamoto, et. al., "Simulations of Electron Backstreaming in a Microwave Thermionic Gun", Nucl. Instr. and Meth. A 393 (1997) 443-446.
- 3) M. Masuda, et. al. "Short Pulse Electron Beam Characteristics in an RF Gun with Photocathode", Towards X-ray Free Electron Laser (1997) 307-312.
- 4) K. Yoshikawa, et. al., "Study of the Performance Characteristics of a Travelling-Wave RF-Gun", Nucl. Instr. and Meth. A 407 (1998) 364-369.



(a)



(b)

図4 クライストロン出力波形 (bはaの平坦部を拡大したもの。)