

High-Brightness Microwave Electron Gun System

M.Takabe, *H.Sakae, M.Ogoshi, Y.Miyauchi

Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.
6-2, Marunouchi 1-chome, Chiyodaku, Tokyo 100, Japan

ABSTRACT

A high-brightness microwave electron gun system is being developed. It consists of a s-band microwave electron gun and a magnetic buncher with the function of energy selection. The design and beam simulation result of the system will be presented.

高輝度高周波電子銃システムの開発

1.はじめに

高輝度、低エミッタンス電子ビームの発生装置として、高周波電子銃とエネルギー選択機能を備えたマグネティックバンチャーを組み合わせた入射装置の設計検討を行なっている。本講演では、本装置の設計概要およびビームシミュレーション結果について報告する。

2.高輝度高周波電子銃システムの原理と構成

高輝度高周波電子銃システムの概略図を図1に示す。本装置は大きく分けて、高周波電子銃とバンチ圧縮およびエネルギー選択機能を備えたビーム輸送系からなる。全体の大きさは0.89 m × 0.64 m とコンパクトなものである。

(1)高周波電子銃

高周波電子銃の概略図を図2に示す。高周波電子銃はSバンド 2856 MHz の高周波加速空洞と熱陰極型カソード (LaB₆) を組み合わせたものであり、高周波加速空洞は0.5セルと1セルの二空洞から構成される。設計ビームエネルギーは0.9 MeV (高周波入力3 MW)、平均ビーム電流は2.5 A である。現在本装置は運転調整試験の段階である。

(2)ビーム輸送系

高周波単体でも高輝度のビームが得られるが、ビームバンチ幅が長く、エネルギー拡がり大きいといった欠点がある。このため高周波電子銃の下流に、図1に示す2個の偏向電磁石および5個の四重極電磁石からなる180度偏向のアクロマティックビーム輸送系を設置しバンチ圧縮を行う。アクロマティックビーム輸送系を構成することによりエネルギーの拡がった電子ビームを輸送することができ、またビーム輸送系の二つの偏向電磁石の中央にスリットを設けてエネルギー選択を行いエネルギー拡がりを抑えている。

3 予想性能

高輝度高周波電子銃システム設計においては、ビームシミュレーションを用い、ビームのエネルギー分散を低減し、かつ本装置の出口でピーク電流を増大し高輝度ビームが得られるように本装置のパラメータの最適化を行なった。なおシミュレーションにおいては、電子ビームの初期条件をエミッタンス $1.95 \text{ mm mrad} (= \epsilon_x, \epsilon_y)$ 、ビームエネルギー 0.16 eV ($kT: T$ は 1800 K) とした。

(1) ビーム軌道

図3に本入射装置内のビーム軌道およびエネルギー拡がりを示す。エネルギー選択用スリット部では、水平方向のスリットによりビームが削られるとともにエネルギー拡がりが 2.9% と小さくなっている。また水平方向と垂直方向のビーム径は本装置出口で同時に絞られるように設計を行ない、本装置出口でビーム径は水平、垂直方向とも 0.5 mm 以下となった。

(2) ビーム特性

図4に電子銃出口および本入射系出口でのビーム位相、エネルギー分布およびビーム拡がりを示す。電子銃では加速空洞内部の電界分布を、電子銃出口で位相とビームエネルギーの関係が高エネルギー部でほぼ直線になり、下流のアクロマティックビーム輸送系でのバンチングが効果が大きくなるように調整した。電子銃の出口ではビーム位相拡がり、エネルギー拡がりともに大きい。アクロマティックビーム輸送系およびエネルギー選択用スリットの付加により、本入射装置出口で位相拡がりは 1.9° 、ビームエネルギー拡がりは 2.9% と圧縮できることが分かった。本入射装置のシミュレーションによる予想性能を以下にまとめる。これにより規格化輝度は $1.9 \times 10^{-12} \text{ A/m}^2\text{rad}^2$ となる。

ビームエネルギー	0.9 MeV
エネルギー拡がり	26 KeV
位相拡がり	1.9°
平均電流	245 mA
ピーク電流	46 A
電荷量	84 pc
水平方向の規格化エミッタンス	$1.9 \pi \text{ mm mrad}$
垂直方向の規格化エミッタンス	$1.3 \pi \text{ mm mrad}$
高周波入力パワー	3 MW

4. まとめ

高周波電子銃とエネルギー選択機能を備えたマグネティックバンチャーを組み合わせた入射装置を構成することにより、従来の入射装置を上回る高輝度ビームが得られることが分かった。この高輝度特性を持つ本装置は高輝度、低エミッタンスビームを必要とする自由電子レーザーや放射光設備等の高エネルギー線形加速器の入射装置としての利用が期待できる。本装置は本年度に製作、調整を行ない、来年度運転試験を実施する予定である。

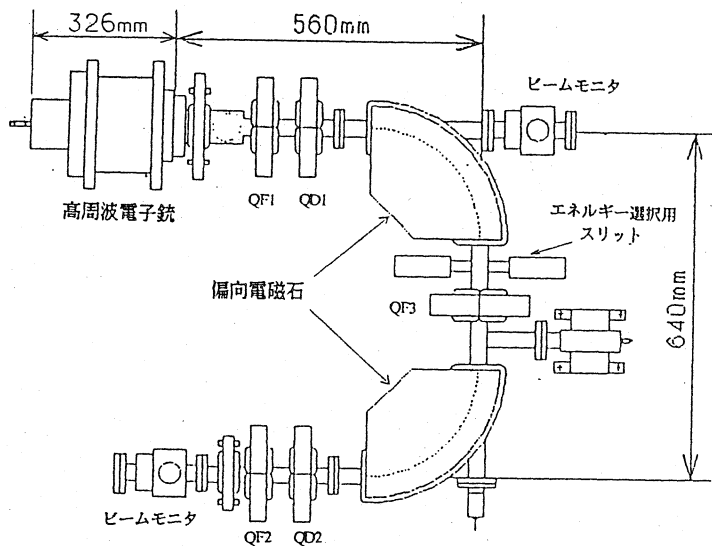


図1 高輝度高周波電子銃システム概略図

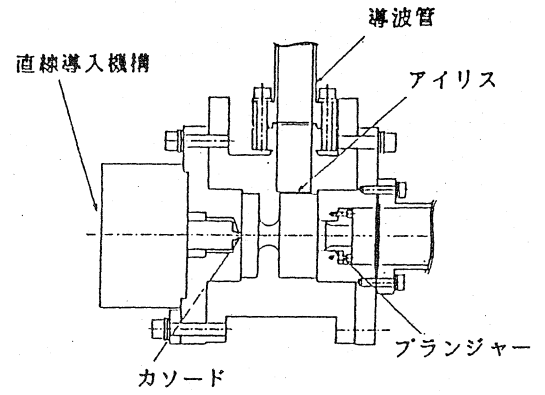


図2 高周波電子銃概略図

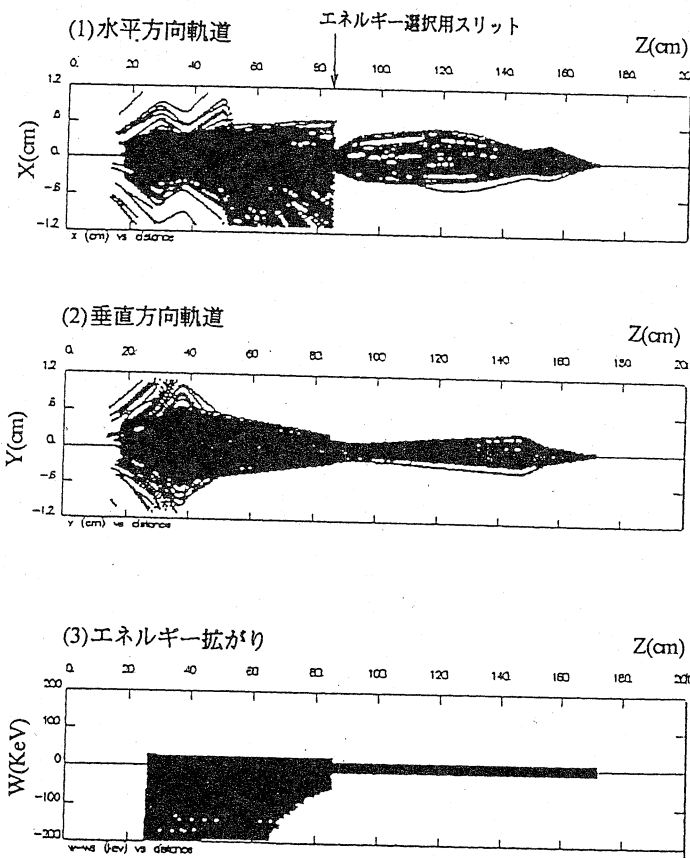


図3 ビーム軌道およびエネルギー拡がり

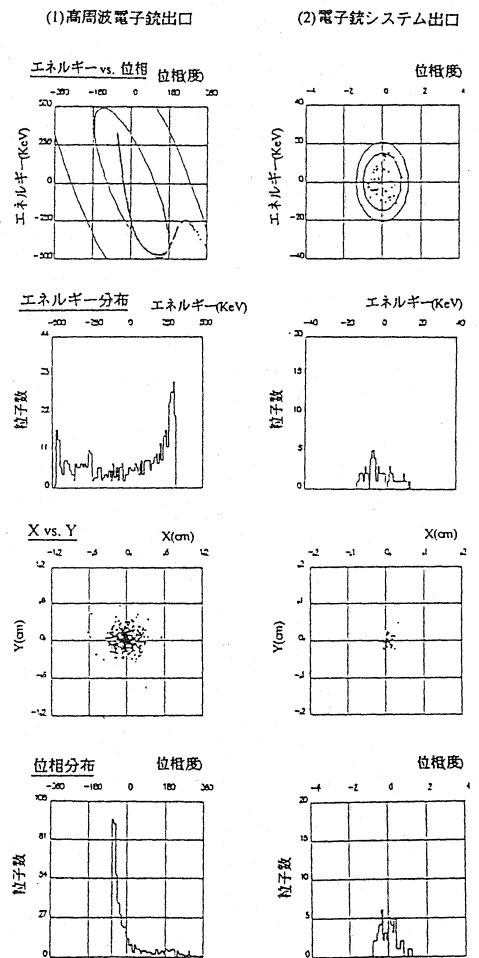


図4 ビーム位相およびエネルギー分布