

[2 a - 7]

A COMPACT LINAC for IR-FEL

Hanakawa K.^a, Nakamura N.^a, Oichi T.^a, Niibe M.^b, Miyamoto S.^b, Mochizuki T.^b

^aMitsubishi Electric Corporation Communications Equipment Works

1-1, Tsukaguchi-honmachi 8-chome, Amagasaki, Hyogo 661, Japan

^bHimeji Institute of Technology Laboratory of Advanced Science and Technology for Industry

2167 Shosha, Himeji, Hyogo 671-22, Japan

ABSTRACT

Himeji Institute of Technology Laboratory of Advanced Science and Technology for Industry (LASTI) and Mitsubishi Electric Corporation constructed a IR-FEL (LEENA) used a compact 2856MHz electron LINAC ($\lambda=20\sim 100 \mu\text{m}$, peak power is a few MW, average power is a few mW). The maximum energy of the LINAC is 15MeV. It consists of a 1MeV RF-gun whose cathode is LaB₆ and a standing wave accelerating tube whose length is 892mm. The RF-gun is operated with a photo-emission gun or a thermo-emission gun. We report performance of a thermal mode LINAC.

赤外域 FEL 用小型電子ライナック

1. はじめに

姫路工業大学高度産業科学技術研究所では三菱電機株式会社通信機製作所と共同で赤外域の自由電子レーザー装置 (LEENA) 用電子ライナックを製作した。1995年4月に電子ライナック、ビーム輸送系およびアンジュレータ光共振器を据付、現在、熱電子加速試験を終了し、S R光が観測されている。姫路工業大学では、現在レーザー装置を用いた光電子の加速を開始しており、本年度には自由電子レーザーを発振させる予定である。

電子ライナックにはカソードに LaB₆ を使った熱電子型及びレーザーによる光電子型の両方に対応する RF 電子銃を採用し、加速管は RF 周波数 2856MHz、長さ約 90cm の定在波型加速管を用いコンパクトにした。

本発表では電子ライナックの構成と熱電子加速でのビーム性能を報告する。

2. ライナックの性能と構成

LEENA 用電子ライナックのビーム性能は光電子加速で以下の性能を目標としている。

エネルギー	;	6~15MeV 連続可変
マイクロパルス電流	;	50A
エネルギー分散	;	1%以下
マイクロパルス幅	;	10ps 以下
マクロパルス幅	;	6 μs
自然エミッタンス	;	10 $\pi \text{mm}\cdot\text{mrad}$ 以下

LEENA は、クライストロンからのマイクロ波の一部を RF 電子銃空洞に投入し、熱電子またはレーザー装置による光電子を 1MeV まで加速し、小型定在波加速管により 6~15MeV まで加速させる。その後、MQM 電磁石で 90° 偏向させ、永久磁石ウイグラーと光共振器でレーザー光を出力させる。LEENA の外形を図 1 に示す。

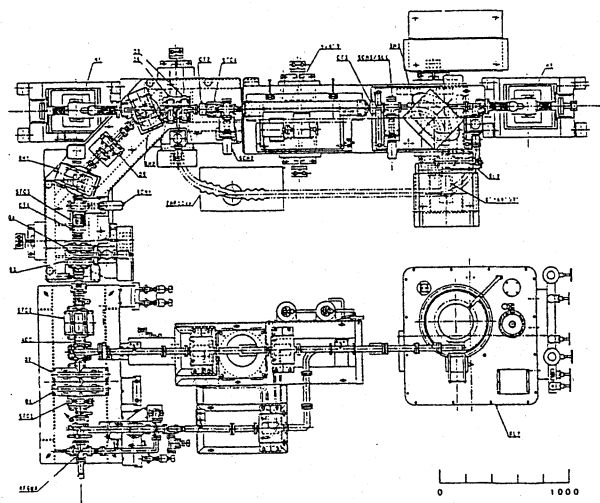


図1. 自由電子レーザー装置 (LEENA) の外形図

その中の電子ライナックは、以下の性能の機器から構成されている。

(1)電子銃

型式	;	RF 電子銃
空洞数	;	1 空洞
周波数	;	2856MHz
空洞材質	;	無酸素銅
カソード材料	;	LaBe
引出し電子	;	光電子、及び熱電子
マイクロ波電力	;	2MW

(2)加速管

型式	;	定在波型加速管
空洞数	;	17 空洞
周波数	;	2856MHz
空洞材質	;	無酸素銅
マイクロ波電力	;	6MW

(3)クライストロン

型名	;	PV2012S
尖頭 RF 波電力	;	10 MW
パルス幅	;	6 μ s
繰返し	;	1~10pps

(4)光電子放出用レーザー装置

レーザー波長	;	351nm
		Nd:YLF 3倍高調波
マイクロパルス幅	;	15ps
ピーク電力	;	1MW 以上

マイクロパルス繰返し ; 89.25MHz

マクロパルス幅 ; 10 μ s

3. ビーム性能

上記構成のライナックでカソードを熱陰極として駆動したときのビーム性能の実測値とビームダイナミクス解析コード“PARMELA”でのシミュレーション結果を示す。

(1)実験結果

加速管投入電力を調整して加速エネルギーを約5MeVに設定し、パルス電流60mA、パルス幅3 μ s、エネルギー分散 $\Delta E/E=1.8\%$ 、エミッタンス $\epsilon_x=10.2\pi$ mm \cdot mradの性能を得た。また、ビーム電流とエネルギーの関係から定在波加速管の実効シャントインピーダンスは、62M Ω /mであった。図2にエネルギースペクトルを、図3に四極電磁石と蛍光板を用いたエミッタンス測定結果を、図4にRF電力と加速エネルギーの関係を示す。

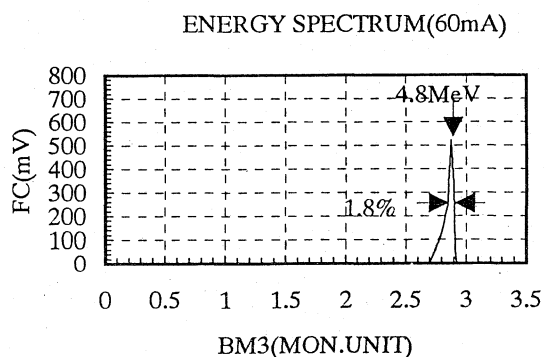


図2 エネルギースペクトル

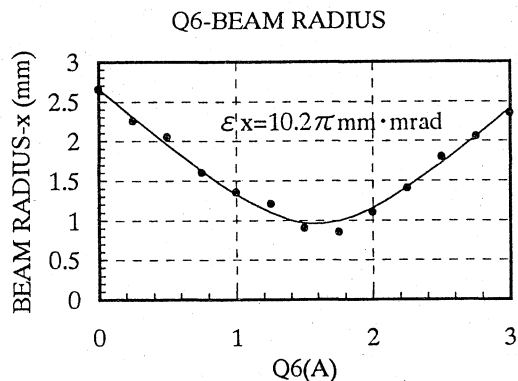


図3 エミッタンス測定

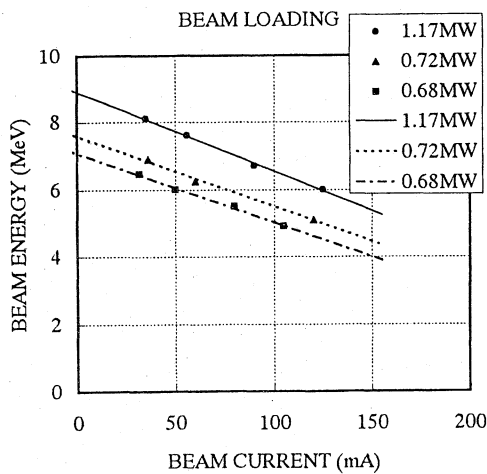


図4 RF電力と加速エネルギー

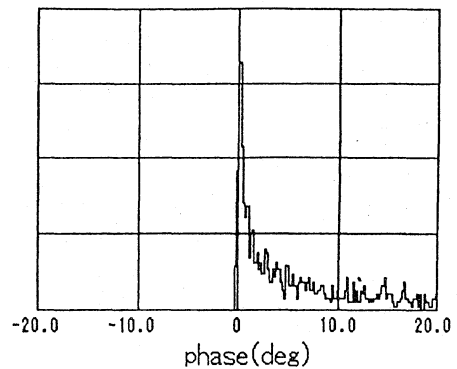


図6. バンチング特性

(2)シミュレーション結果

エネルギーの分散が最小となるように“PARMELA”でシミュレートした結果を図5(エネルギースペクトル)、図6(位相スペクトル)に示す。エネルギー分散は半値幅で0.1%で、バンチ幅は半値幅で約1.4°、90%エミッタンスは11.2 π mm·mradである。また電子銃からのエミッション電流に対する加速ビーム電流、すなわちビームの透過率は22%である。

しかし、シミュレーションでは最大ビーム透過率(26%)は上記に対して、加速管への入射RF位相が約17°進んだところにある。このときのエネルギースペクトルを図7に示す。これより、実験のRF位相は最適でないことも考えられるので、研究会までに追試験を行う予定である。

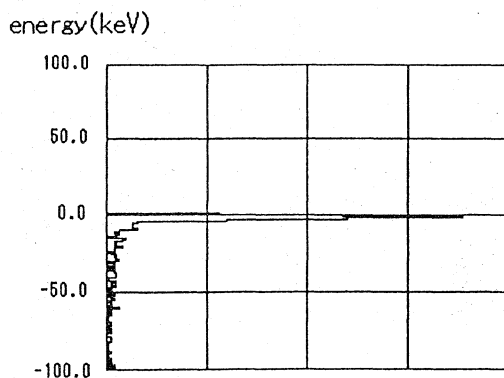


図5. エネルギースペクトル

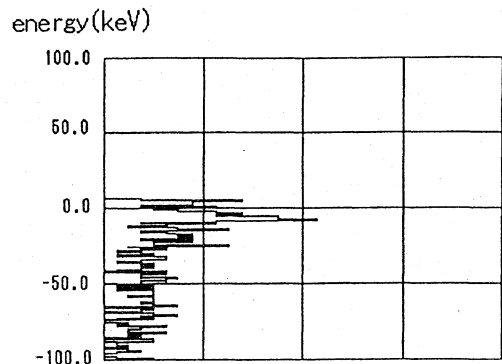


図7. 最大透過率でのエネルギースペクトル

4. まとめ

ほぼねらいどおりの遠赤外FEL用小型LINACが完成し、熱陰極での性能が確認された。現在、姫路工業大学ではレーザーを使い光陰極で加速実験を開始しており、秋には遠赤外域でレーザー発振を確認する予定である。また、西播磨地区に建設を進めている小型放射光施設“ニュースバル”が完成し、同施設に移設完了後には、加速エネルギーも15MeVまで上げることができ、広範囲の波長域でレーザー発振が確認されるであろう。

尚、ビーム輸送系、アンジュレータ光共振器は姫路工業大学高度産業科学技術研究所と三菱電機株式会社神戸製作所で製作したものである。