

# DEVELOPEMENT OF AN INFRARED FEL WITH THE L-BAND LINAC OF ISIR, OSAKA UNIVERSITY

S. Okuda, K. Tsumori, J. Ohkuma, N. Kimura, T. Yamamoto, T. Hori and S. Takamuku

Radiation Laboratory, The Institute of Scientific and Industrial Research,  
Osaka University, Ibaraki, Osaka 567, Japan

## ABSTRACT

The 38-MeV L-band linac of ISIR, Osaka University which generates high current single- and multi-bunch beams with an SHPB system, is used for developing infrared free electron lasers (FEL). A new beam transport system was designed and will be completed in this autumn. Beam characteristics were measured and these beams were found to be applicable to an FEL amplifier and an oscillator, respectively. Spontaneous emissions were measured in preliminary experiments, which are available for pulsed infrared light sources.

## 阪大Lバンドライナックによる赤外自由電子レーザーの開発

### 1. はじめに

自由電子レーザー (FEL) は、Stanford大やUCSBでは、既に得られた赤外光が基礎研究に利用されている。さらにアメリカで、赤外FELの医療、生物、物性研究への利用を目的とした計画が進められている。そして、波長約10nmをめざした短波長FELの開発研究が行われている。研究が遅れているわが国では、まず、赤外域のFELの利用のために、既存の加速器による発振実験を早急に行わなければならない。

阪大産研ではLバンド電子ライナックの特徴を生かして、赤外から遠赤外にわたる強力なパルス光源の開発と基礎研究への利用を計画している (本研究会11a-6)。その中心となるFEL研究の計画と現状について報告する。

### 2. ビーム特性と計画の概要

阪大産研Lバンドライナック (1300MHz) は、サブハーモニックプリバンチャー (SHPB 108MHz 2台, 216MHz1台) によりビームを圧縮し、<sup>1)</sup>これによって得られる高輝度のシングルバンチビームが利用されてきた。また電子銃からロングパルスで電子を入射すると、バンチ当りの電荷量の多いマイクロパルス列からなるマルチバンチビームが得られることが明らかになった。<sup>2)</sup>これらのビーム特性の測定結果を表1に示す。2種のビームとも高電流密度が特徴であるが、これは強力な放射光を得るために最も重要なビーム条件の一つである。シングルバンチビームのブライトネスは他のrfライナックと比較して特別に高く<sup>3)</sup>インダクションライナックのビーム条件に近いので、増幅実験のためにすぐれた特性である。マルチバンチビームでは、類似のLANLの初

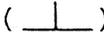
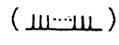
期の赤外 FEL 装置の条件<sup>4)</sup>に近い。ただしエミッタンスに対しては特別な配慮がなされていないので条件が良くない。

これらのビームを用いて、次のような赤外 FEL 実験を行う。

- (1) シングルバンチビームによる自発放射光増幅実験 (波長: 9~60  $\mu\text{m}$ ) および入射レーザー光増幅実験 (10.6  $\mu\text{m}$ )
- (2) マルチバンチビームによる発振実験 (9~60  $\mu\text{m}$ )

数mm以下の長波長域はシングルバンチビームの特性を生かした、遠赤外コヒーレント光源の開発を行い (本研究会11-2P)、全体として広く赤外域をカバーできる放射光源を確立する。

表1 Lバンドライナックのビーム特性

Beam mode	Single (  )	Multi (  )
Maximum energy	38 MeV	
Accelerator frequency	1.3 GHz	
Micropulse spacing	--	9.2 ns
Charge/micropulse	70 nC	>1 nC
Peak current/micropulse	3 kA	>50 A
Micropulse length	< 20 ps	
Macropulse length	2.5 $\mu\text{s}$	
Energy spread	2%	
Normalized emittance ( $\pi\text{ mm.mrad}$ )	200~700	

### 3. 実験システムと FEL の特性

光共振器を設置し、ビームの集束条件が制御できるようにするためのビームトランスポートシステムは設計が完了し (本研究会12p-6)、また光共振器は準備中である。両者は秋に完成する予定である (図1)。

ウィグラーパラメータを表2に示す。増幅型では、増幅率やウィグラー中のビーム輸送について調べる実験を行い、基礎研究用パルス光源として利用する。発振型では、本実験のビーム

条件でパルス幅が比較的短く、エミッタンスが高い問題がある。発振実験で十分な利得を得るために発振波長を50  $\mu\text{m}$ 付近とする。より利得を大きくし安定な条件を得ることと短波長化のために、バーストモード入射用電子銃パルサーの開発を行っている (本研究会12a-6)。

表2 ウィグラーパラメータ

	Wiggler I	II
Length	192 cm	48 cm
Period	6 cm	4 cm
Number of periods	32	12
Magnet material	Nd-Fe-B	SmCo <sub>5</sub>

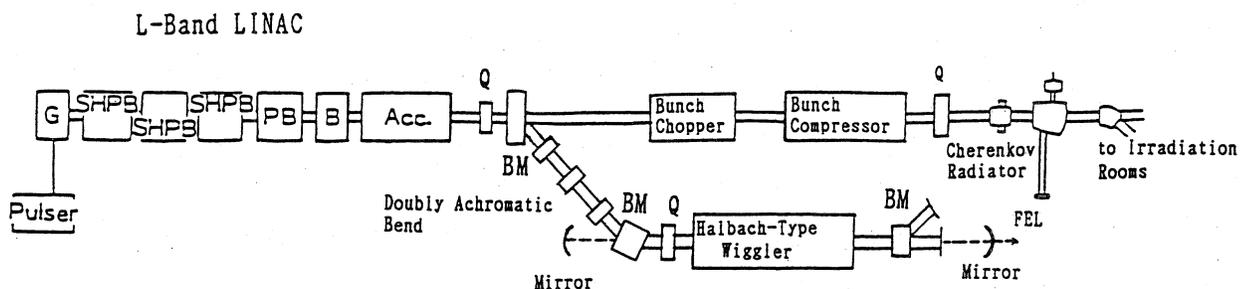


図1 FEL 実験システム

#### 4. 放射光測定実験

FELの予備実験および、自発放射光のパルス光源としての特性を調べるために、2台のウィグラーによるシングルバンチビームからの放射光測定実験を行った。

32MeVのシングルバンチビームからの自発放射光の測定実験を、ウィグラーIを加速管のビーム軸上にセットして行った。放射光をZnSe窓をとおして凹面ミラーで反射させ、照射室外へ導いて測定を行った。検出器は液体窒素冷却のHgCdTeを用いた。K=1に対して計算で得られる基本波長 $1\mu\text{m}$ をピークとして、約10%の半値幅を持つ放射光スペクトルが得られた。この広がりには主に、ビームのエネルギー広がりや測定分解能等による。

ウィグラーIIによる実験では、シングルバンチビームを一旦真空外に取り出し、アルミフォイルの窓を持つウィグラーダクトに導いた。ウィグラーダクトには、水素を封入し、気体圧力を調整できる。この結果、放射光のピーク波長は水素ガス圧に依存して変化した。比較的容易に波長を変えることができる赤外パルス光源となりうることが明らかになった。

これらの結果の詳細は、研究会において報告する。

#### 5. おわりに

当面FELの予備実験を行うとともに、自発放射光の光源としての利用特性を調べ、FEL実験システムが完成する秋以降に本格的な実験を行う。より短波長およびより安定した赤外光源を確立するために、140MeV Sバンドライナックを用いて、rf電子銃を利用したFELシステムを検討している。

本研究を行うにあたり実験にご協力いただいた末峰昌二氏に感謝致します。

#### 参考文献

- 1) S. Takeda, K. Tsumori, N. Kimura, T. Yamamoto, T. Hori, T. Sawai, J. Ohkuma, S. Takamuku, T. Okada, K. Hayashi and M. Kawanishi, IEEE Trans. Nucl. Sci., NS-32 (1985) 3219.
- 2) S. Okuda, K. Tsumori, J. Ohkuma, T. Sawai, N. Kimura, T. Yamamoto, T. Hori, S. Takamuku and S. Sueine, Proc. 7th Symp. on Accel. Sci. Technol., (1989) 32.
- 3) C. A. Brau, IEEE J. Quantum Electron., QE-21 (1985) 824.
- 4) B. E. Newnam et al., IEEE J. Quantum Electron., QE-21 (1985) 867.