

FREE ELECTRON LASER EXPERIMENT WITH THE ISIR LINAC

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
Mihogaoka 8-1, Ibaraki Osaka 567, Japan

ABSTRACT

Infrared free electron laser (FEL) experiments have been made with the 38-MeV L-band electron linac at the Institute of Scientific and Industrial Research in Osaka University. Single-bunch and multi-bunch beams generated by the linac have been used for FEL-amplifier and FEL-oscillator experiments, respectively. The spontaneous emission at a wavelength of 20 μm from a multi-bunch beam has been measured for an oscillator configuration.

産研ライナックによる赤外自由電子レーザー実験

1. はじめに

新たな加速器の利用分野を開くために、産研38MeVL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。その主なテーマの一つが自由電子レーザー (FEL) で、遠赤外コヒーレント光 (本研究会4a-6) と併せて、広い波長領域で特徴ある放射光源を開発する。そのために比較的高輝度の単バンチビームおよびマルチバンチビームを用いて次のような2種類の赤外FEL実験を行う。

- (1) 単バンチビームによる自発放射光増幅実験および入射レーザー光増幅実験
- (2) マルチバンチビームによる発振実験

これまでにFEL実験システムを設置するとともに¹⁾加速器システムの最適化を行いながら放射光測定実験を行った。ビーム特性、装置および得られた実験結果について報告する。

2. 加速器システムとビーム特性

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, 216MHz 1台) によりビームをバンチし (図1)、²⁾これによって高輝度の単バンチビームが得られる。バンチングの際に強い空間電荷効果を抑えるように最適化されている。この効果が比較的弱いマルチバンチビームの場合は、計算の結果から第1番目のものは動作させない。SHPBの動作条件を最適化することによりマクロパルス幅にわたってほぼ均一にマ

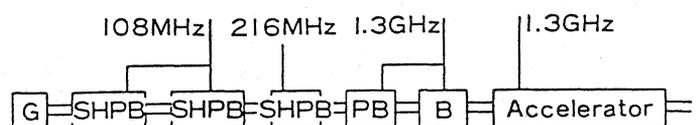


図1 Lバンドライナック加速器システム

マイクロパルス列が形成された(本研究会3a-9)。

ビーム特性の測定結果を表1に示す。2種のビームとも高いピーク電流が特徴である。エミッタンスはQマグネットおよびビームプロファイルモニターを用いる方法により測定した。電子銃におけるビームのエミッタンスに対しては特別の配慮がなされていない。目標値の 160π mm-mradはエミッタンスのセレクトによって得る予定であるが高いピーク電流を維持するため、光共振器のround-trip timeを周期とする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3-32p)。FELの重要な要因としてのマイクロパルスの時間幅およびその時間間隔の変動の精度良い測定が課題として残されている。

3. FEL特性

ウィグラーパラメータとFELの特性を表1に示す。ウィグラーIIは気体封入型FELの基礎研究やこれまでの予備実験に用いた。ウィグラーIは現在実験システムに設置されている。FELの利得は、レーザー光の広がり考慮した1次元のシミュレーションによって求めた。

表1 FEL実験パラメータ

Electron Beam		
Beam Mode for Bunch	Single	Multi
Maximum Energy (MeV)	38	
Accelerator Freq. (GHz)	1.3	
Micropulse Spacing (ns)	9.2	
Charge/Micropulse (nC)	70	>1
Peak Cur./Micropulse(A)	3000	>50
Micropulse Length (ps)	≥ 9.5	20-30
Macropulse Length (μ s)	2.5	
Energy Spread	0.02	
Norm. Emittance (π mm mrad)	200~700	
Wiggler		
	I	II
Length (cm)	192	48
Period (cm)	6	4
Period Number	32	12
Magnet Material	Nd-Fe-B	Sm-Co
Optical Cavity		
Cavity Length (m)	5.5	
Mirror	Au Coated	
Mirror Radius (mm)	30	
Estimated Gain		
Wavelength (μ m)	Ampli.	Oscil.
10	2310	0.38
30	21600	0.87

4. FEL実験と今後の課題

単バンチビームからの波長 11μ mの自発放射光の測定実験については既に報告を行った。¹⁾新しく設置されたFEL実験装置は、アクロマティックなビームトランスポートシステムおよび光共振器で構成されている(図2)。金コート凹面鏡は真空中に設置し、共振器長および

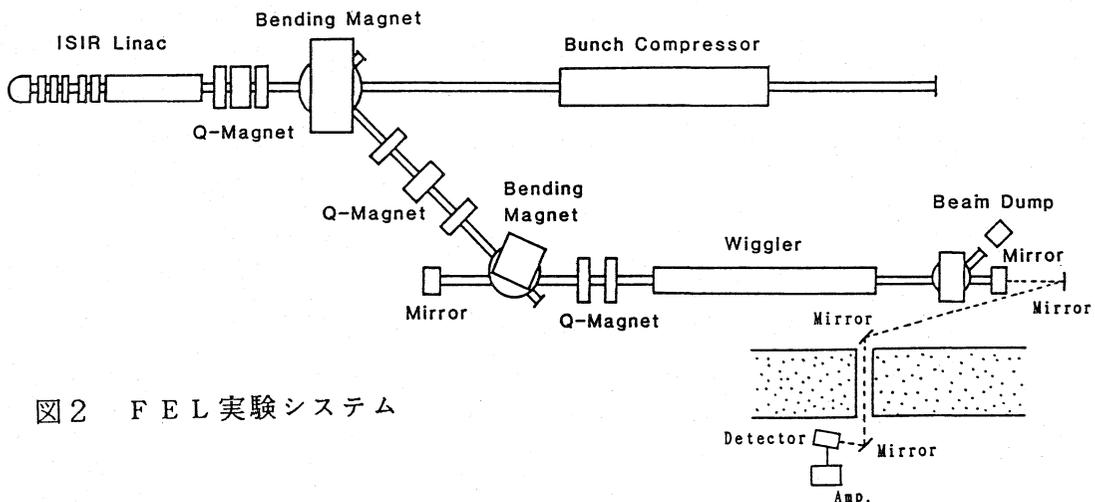


図2 FEL実験システム

2方向のおおりを高精度で制御する。下流側のものはステップモーターにより遠隔駆動できる。部分透過鏡は中心に穴を設け、 $20\mu\text{m}$ の波長に対し2%の透過率とした。FEL取り出しのための真空窓として、波長条件に応じて、ZnSe、KRS-5、CsIを用いる。

発振型FELの予備実験として、コンプレックスモードで $0.6\mu\text{s}$ のマクロパルス幅のビームを入射し、共鳴波長 $20\mu\text{m}$ の放射光の強度を応答時間 $0.1\mu\text{s}$ の液体窒素冷却MCT検出器で測定した。光共振器は、共振条件を満足していない。ウィグラー出口での電子ビームのパルス波形（マイクロパルス波形は、正確に表していない）および測定した放射光の波形をそれぞれ図3(a), (b)に示す。共振器内での放射光の損失は、光が1往復する間に約7%と計算された。波長 $30\text{--}40\mu\text{m}$ の放射光はヘリウム冷却Ge:Be検出器で測定した。この実験の結果については、研究会で報告する。

エミッタンスの影響を含めてエネルギー広がり4%を仮定した利得は波長 $30\mu\text{m}$ に対して0.5と計算されるが、この条件を実現するためには、上述のエミッタンスセレクトが必要である。また技術的には、共振器鏡の粗調整の方法が課題である。

5. おわりに

これまでに波長 $10\text{--}40\mu\text{m}$ で、単バンチおよびマルチバンチビームからの自発放射光の測定実験を行った。今後単バンチビームによるレーザーおよび自発放射光の増幅実験、マルチバンチビームによる波長 $20\text{--}40\mu\text{m}$ での発振実験を行う。より短波長のFELおよび安定した赤外FELを得るために、rf電子銃を用いたSバンドライナックによる発振型FELシステムを検討している。また単バンチビームからの遠赤外コヒーレント光とあわせて、広い赤外領域での特徴ある放射光源として基礎研究に利用する計画である。

本研究を行うに当たりご協力いただいた末峰昌二氏に深く感謝致します。

参考文献

- 1) S. Okuda, K. Tsumori, J. Ohkuma, N. Kimura, T. Yamamoto, T. Hori and S. Takamuku, Proc. 15th Linear Accel. Meet. (1990) 215.
- 2) 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.

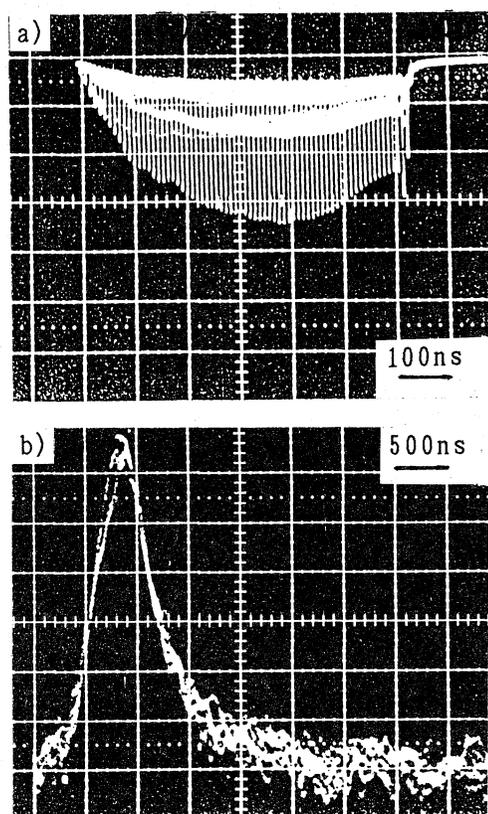


図3 マルチバンチビーム波形(a)と放射光パルス波形(b)