

FEL-SR Ring Project by 35 MeV Electron Injector Linac

Yousuke TAKAHASHI, Toshiyuki HATTORI, Masahiro OKAMURA,
Hideshi MUTO, Kouichi TAKEUCHI, Toshihiro AIDA
Kimikazu SASA and Katuhide YOSHIDA*

Research Laboratory for Nuclear Reactors,
Tokyo Institute of Technology, 2-12-1, Ohokayama, Meguro-ku, Tokyo 152 Japan

* Institute for Nuclear Study, University of Tokyo
3-2-1, Midoricho, Tamashi-shi, Tokyo 176 Japan

ABSTRACT

The CSA (Compact Storage and Acceleration)-ring for FEL project was started in 1989. Its circumference is 15 m. The lattice of the CSA-ring is a double bend double achromatic type. Although the short circumference, it has two long straight sections for the undulator. But we had not the injector for CSA-ring. In 1991 we had the 35 MeV electron linac (NELAC-4030). We propose the FEL-SR Ring project by the 35 MeV electron injector linac for studies using FEL and SR.

1. 研究計画の目的

自由電子レーザー (F E L) は赤外、可視、紫外、X線領域にわたる広い波長域における波長可変、高効率、高出力、コヒーレント光源として、医学、バイオ、光化学、同位体分離、半導体プロセッシング、物性研究等に使用されようとしているが、今だ実用化に至っていない。1977年スタンフォード大学の Madey 等により自由電子レーザー発振に成功してから10数年が経過し、近年 F E L 専用の電子加速器が建設されつつある。しかし基礎研究や医療研究に使用する程度で、F E L の発生がまだ主目的なところが有り、工学的利用、工学的基礎研究を主目的としたものは少ない。原子核エネルギー関連分野ではウランの分子法による赤外線分離、原子法による可視光分離、放射性廃棄物の群分離、をはじめ重イオン慣性核融合用X線 F E L まで F E L による利用分野は非常に多い。

それ故原子核エネルギー関連の F E L 利用の工学的、工学基礎的研究を早急に行う必要がある。原子炉工学研究所には F E L の発生及びレーザー光による基礎的及び工学的同位体分離の専門スタッフが揃っており、これら研究を展開するのに最良の条件を備えている。

3. 光量子工学実験装置による研究

入射電子線形加速器と F E L 専用超小型放射光リングと小型放射光リングによるシンクロトロン放射光を使った実験研究を行う装置を21世紀の工学である量子工学の光量子分野を象徴して光量子工学実験装置と名付ける。光量子工学実験装置による研究は小型放射光リングによる F E L 発振に関する研究、波長可変 F E L による物質分離の工学基礎的研究、シンクロトロン放射光による研究に大別することができ、以下に述べる。

A) 小型放射光リングによる F E L 研究

F E L 専用小型放射光リングによる、小型の F E L はリング全体を1つの光デバイスと見なすことができ、チューナブル (波長可変) F E L として高性能化が期待される。大学の様な小規模で色々な波長を必要とするレーザー研究に適した装置であり、これらを研究する。

(1) F E L 専用超小型リングの開発研究

(2) 可視光からX線までの F E L 研究

B) 波長可変 F E L による物質分離の工学基礎的研究

本装置より取り出される可視レーザー光を使って物質分離の実証から実用化への工学基礎、基盤研究を強力に展開する。

(1) 既成レーザー波長の F E L による分離法の工学基礎研究

- (2) 可変波長 FEL による新波長の物質分離研究
- (3) 新レーザー光励起物質の効率良い分離法の研究

C) シンクロトロン放射光による研究

小型電子蓄積放射光リングからの放射光ビームラインによる硬 X 線、軟 X 線、極紫外光、紫外光、可視光、赤外光は放射光科学の研究に使用される。

3. 装置の概要

光量子工学実験装置は入射電子線形加速器、FEL 専用超小型放射光リングと小型放射光リングにより構成されている。図 1 にその配置を示す。

A) 入射電子線形加速器

広島大学原爆放射能医学研究所から移官替えを受けた NEC-Vari an 製 NELAC-4030 型電子線形加速器はビーム強度を下げればエネルギーを 35 から 40 MeV に上げることは十分可能である。そしてこの線形加速器が FEL 超小型放射光リングと 800 MeV 小型蓄積放射光リングの低エネルギー入射器となる。主要パラメータを表 1 に示す。

表 1 Parameters of Injector Linac (NELAC-4030)

Energy	35 MeV (Max. 40 MeV)
Beam Current and Width	150 mA (~50 mA), 3.3 μs
Structure	2/3 mode, Traveling Wave type
No. of Cell(Bunchet)	71 (9)
Length	247 cm
Operation Frequency	2856 MHz
Repetition	100 Hz (Max.)
Klystron Power	21 MW (10 kW av.)

B) FEL 専用超小型放射光リング (FEL-CSA リング) ^{1~5)}

第 4 世代放射光リングと位置付けた超小型の FEL 専用放射光リングである。35 (40) MeV 電子線形加速器によりリングに入射される。ビームダンピング時間は 7.9 秒 (35 MeV) 5.3 秒 (40 MeV) で 1~2 Hz の繰り返し入射が可能である。電子の蓄積後 FEL の波長に合わせ電子を加速減速し最高 300 MeV まで加速できる。可視領域の FEL 用アンジュレイター挿入の長直線部を持つ。又 800 MeV 放射光リングの 300 MeV 入射器となる。

表 2 東工大光量子工学実験装置設計パラメータ

	FEL 放射光リング	蓄積放射光リング
電子エネルギー (MeV)	300	800
入射エネルギー (MeV)	35 (40)	35 (300)
蓄積電流 (mA)	100	200
リング一周長 (m)	15	40
直線部長 (m)	2.5	6
偏向電磁石半径 (m)	0.6	2.2
最高磁場 (kG)	1.6	1.2
臨界波長 (nm)	12.4	2.4
超伝導ウイグラー (10 T)		0.3
FEL 波長	可視光	可視光~ (X線)
真空度 (Pa)	10 ⁻⁷	10 ⁻⁷
寿命 (h)	(8)	8

C) 小型電子蓄積放射光リング

電子の最高エネルギーが800 MeVのレストラック型電子蓄積放射光リングで、6 mの長直線部を持ち可視からX線領域までのFEL実験用アンジュレータを挿入する。又10テスラ、3極の超伝導ウィグラーを挿入し短波長の放射光を発生する。入射器として低エネルギー入射は電子線形加速器でおこない、高エネルギー入射としてはFEL-CSAリングの300 MeV電子を入射蓄積する。このリングからのFEL及び放射光を使って研究を行う。性能、主要パラメータを表2に示す。

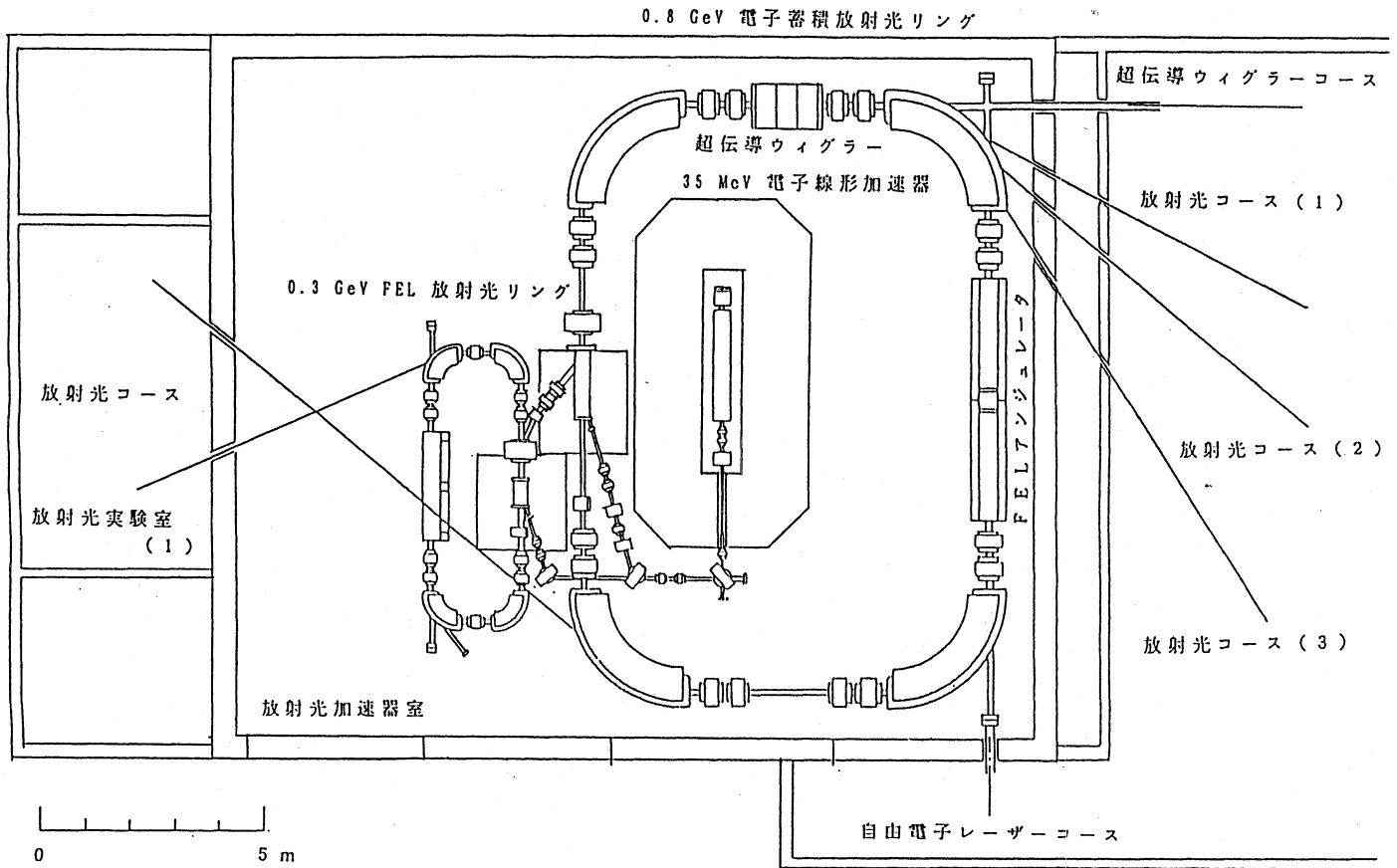


図1 東工大原子炉工学研究所光量子工学実験装置配置

REFERENCES

1. T.Hattori, Y.Takahashi, H.Muto, A.Okamoto, Y.Ishii, M.Okamura and T.Hirata. Proc. 14th Linear Accelerator Meeting, 14(1989)212
2. T.Hattori.; Proc. Tokyo International Symposium '90 on Free Electron Lasers, Tokyo, Japan, JAERI-M 91-141(1991)p92-93.
3. Y.Takahashi, T.Hattori, Y.Ishii, M.Okamura, T.Hirata, H.Muto, Y.Honda, F.Fujimoto and K.Yoshida.; Proc. 16th Linear Accelerator Meeting, 16(1991)61-63.
4. Y.Takahashi, T.Hattori, H.Muto, Y.Oguri, Y.Ishii, M.Okamura, T.Hirata and K.Yoshida. Proc. of 8th Symposium Accelerator Science and Technology, 8(1991)419-421.
5. T.Hattori.; Proc. of Institute of Laser Technology, Japan, ILTJ No67(1991)55-61.