

The FELI 6-MeV Electron Injector for UV FEL Oscillation Experiment
 T. TOMIMASU, Y. MORII, E. OSHITA, S. OKUMA, S. Nishihara and T. TAKII
 Free Electron Laser Research Institute, Inc.

The FELI 6-MeV electron injector consists of a pulsed thermionic gun, a 0.5 ns wide grid pulser, a 714-MHz subharmonic prebuncher, a standing-wave type 2856-MHz buncher and five focusing coils. The gun is a Pierce type one with a thermionic dispenser cathode (EIMACY646B) triggered by a 0.5 ns wide grid pulser (Kentech Instruments Ltd. England).

The gun emits 0.5 ns wide pulses of 2.3 A at frequencies of 22.3125 MHz and 89.25 MHz. These pulses are compressed by the injector to 60 A x 10 ps. In order to keep the radius r constant at the bunching process, the axial field B_s of our focusing coils is calculated from the K-V equation. Their field distribution gives very severe effect on FEL lasing. The electron beam current is monitored with a dust core monitor and button type current monitors at the inlet of the prebuncher and at the inlet and outlet of the buncher. The beam size and position are also monitored and controlled to pass through the center of the buncher with screen monitors and button type current monitors at the inlet and outlet of the buncher. The beam emittance is estimated to be $12 \mu\text{m} \cdot \text{rad}$ using two screen monitors installed between the injector and the first accelerating waveguide, where the two monitors are 0.96 m apart. The energy spread (FWHM) is 150 keV (2.5 %) for a 5.8 MeV electron beam.

紫外 FEL 発振実験用 FEL 研 6 MeV 電子加速器

1. はじめに

FEL 研の電子入射器は、熱陰極型電子銃、0.5 ns グリッドパルサー、714 MHz プリバンチャー、2856 MHz バンチャー、5 個の集束コイルからなる。熱陰極型電子銃を用いる入射器では beam-emittance が大きくなりやすいので、波長の短い紫外域での FEL 発振は不可能とされていた。1980 年代から低 emittance-beam の発生が可能な光陰極型電子銃の開発が進み、LANL, Grumman-Princeton では赤外域 FEL 発振に成功しているが、1988 年に開発を始めた BNL, UCSB, 1992 年に開発をはじめた Boeing ではまだ発振に成功していない。その原因 photocathode の寿命の短さにあり、紫外域 FEL の発振も達成されていない。1991 年 3 月に設立された FEL 研では、年間 3000 時

間の FEL 利用を実現するために、それまで注目されていなかった長寿命で安定な熱陰極型電子銃による低 emittance-beam を発生できる電子入射器を開発し、278–370 nm FEL 発振に成功した[1]。ここで FEL 研の 6 MeV 電子入射器の概略と FEL 発振時における動作特性を報告する。

2. 6-MeV 電子入射器の構成

図 1 に 6-MeV 電子入射器の構成図を示す。陰極型電子銃は EIMAC-Y646B で、0.5 ns グリッドパルサーは Kentech Instruments Ltd. 製の特注品、714-MHz プリバンチャーはステンレス製の特注品、2856-MHz バンチャーは 9 空洞の定在波型で市販 (三菱電機) の物を、5 個の集束コイルのうち 4 個は Maxwell

社製の物を使用した。電子銃の入射電圧は 120 kV で、これは電子銃を SF₆ ガスタンク内に入れずにすむこと、また電子銃のエージング時間を短くできる。

プリバンチャーの周波数を 714 MHz とした理由は、(1) 476 MHz よりは小型にできること、(2) 電子ビームの 120 keV-0.5 ns バンチ長が 9 cm で圧縮しやすいこと、(3) 2856 MHz の 1/4 であること、による。材質としてステンレスを使用したのは電子銃からの ns ビーム電流によつて空洞内に誘導される強力な電磁界の影響を少なくするためである。

バンチャーのピーク電場は、rf 2MW 入力で 14 MeV/m、長さは 46 cm なので、約 6 MeV の電子ビームが得られる。図 2 に、2 mm スリットを通して測定された電子入射器からの電子ビームスペクトルを示す。スペクトルの半値幅は 5.8 MeV ビームに対して 150 keV(2.5%)である。

また、ビームエミッタンス ($\epsilon_n = \gamma r_0 \theta$) は、バンチャー直後に 0.96 m 間隔で設置された 2 個のビーム位置モニターを使用して測定し、 $12\pi \times 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{rad}$ であつた。

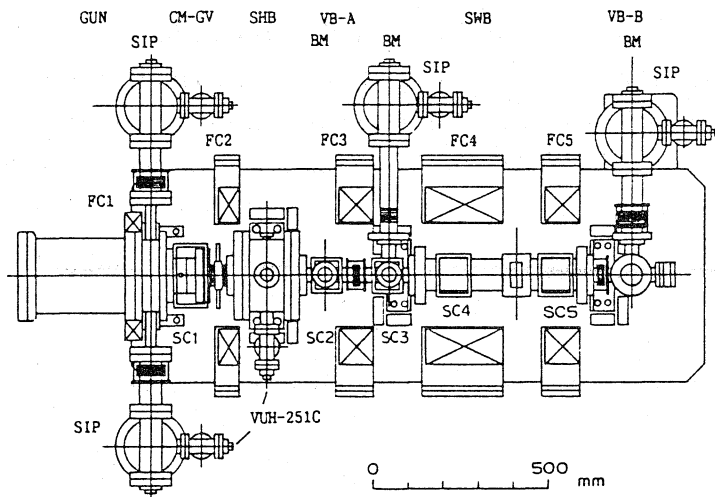


図 1 6-MeV 電子入射器の構成図

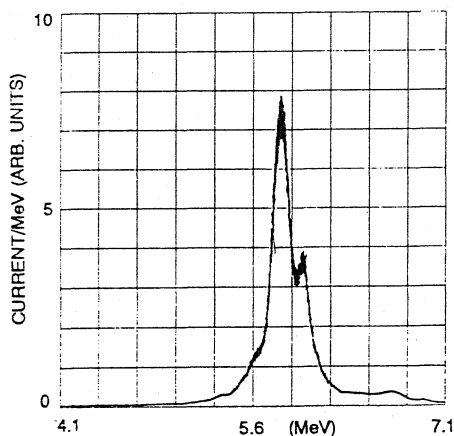


図 2 6-MeV 電子入射器電子ビームのエネルギースペクトル

電子ビームはプリバンチャーの zero-cross 電場によって圧縮されてバンチャー入口で約 1.5 cm 長になる。電子ビーム径を一定に保つための磁場 B_s と電流 I との関係は、Kap-chinsky-Vladimirsky の式から導かれる [2, 3]。

$$B_s = 3.69 \times 10^{-5} (I/\beta\gamma)^{1/2} / r, \quad (1)$$

3. FEL 発振可能な磁場範囲

図3に、電子入射電圧が80-120kVにおけるIR-FEL発振可能な磁場範囲を示す。UV-FEL発振の場合、入射電圧範囲は110kV以上である。電子銃とプリバンチャーのほぼ中間には5mm径のスリットがあり、8mm径の電子銃カソードからの電子ビームを絞り込むために約0.05 Tが必要である。ビーム圧縮の過程では磁場強度を約2.4倍にしている。当初磁場強度を3倍に強められるようにしたが今のところ必要はなかった。

4 おわりに

熱陰極型電子銃での紫外域FEL発振は困難とされていたが、EIMAC-646B、0.5ns グリッドパルサー、714-MHz

プリバンチャー、2856-MHzバンチャー、K-V式の関係を満たす電流と磁場分布を実現することにより278-370nmの紫外域FEL発振に成功することができた。この記録は1年8ヶ月破られていない

参考文献

- 1) T. Tomimasu, et al.
Nucl. Instr. Meth. A383, 337 (1996)
- 2) M. Kapchinsky and V.V. Vladimirovsky, Proc. 2nd Int. Conf. on High Energy accel. And Instr. (CERN, 1959) P. 274
- 3) 入門自由電子レーザー (日本原子力学会 (1995年8月) p. 128

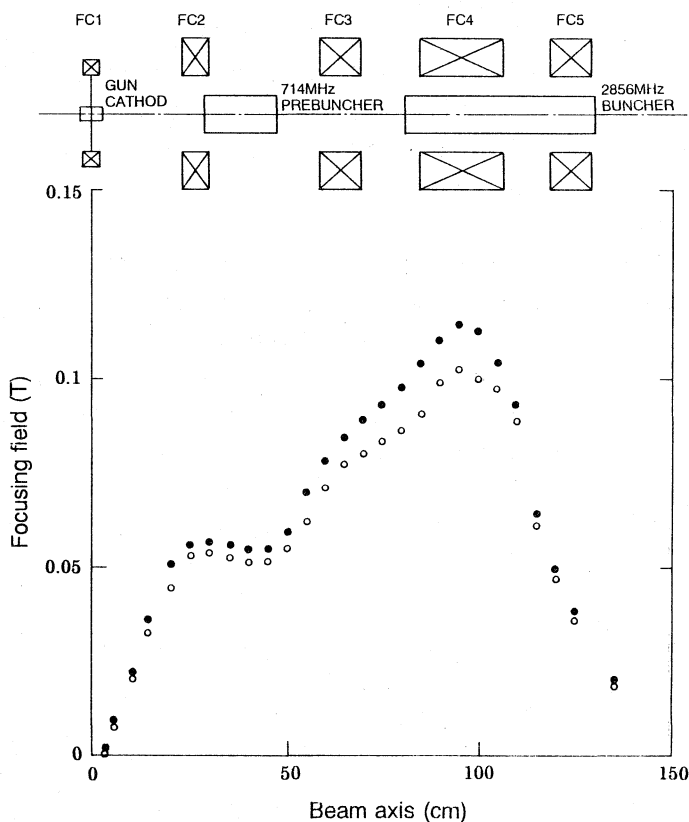


図3 6-MeV 電子入射器の部品配置と磁場分布