

[A18a01]

## FIRST LASING AND FUTURE PROGRAM OF THE JAERI HIGH POWER FEL DRIVEN BY THE SUPERCONDUCTING RF LINAC

E.J. Minehara, M. Sugimoto, M. Sawamura, R. Nagai, N. Kikuzawa, N. Nishimori  
and T. Yamanouchi

Free Electron Laser Laboratory, Advanced Photon Research Center, Kansai Research  
Establishment, Japan Atomic Energy Research Institute  
2-4 Shirakata-shirane, Tokai, Naka, Ibaraki, 319-11 JAPAN

### Abstract

First and stable laser oscillation has been obtained at a wavelength of 24 $\mu$ m using the JAERI (Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai) superconducting rf linac based FEL driver. Electron beam energy and resolution are about 16MeV, and 0.6% respectively, the beam current and pulse width 4 mA and 0.9ms or less, respectively. The near concentric optical resonator with a 52 period hybrid planer undulator ( $K=0.7$ ) is 1.7m long and uses Au coated Cu mirrors of 120mm diameter. The optical axes and distance of the mirrors is adjusted by remotely controlled actuators in order to coincide with the electron beam and micro pulse repetition rate, respectively, before the oscillation. The power is scattered from  $10^7$  to  $10^8$  times higher than that of the spontaneous emission. During the first successful operation, the highest FEL power was measured and estimated to be about a hundred watts in average. The FWHM of the FEL spectrum is around 0.1  $\mu$ m, which corresponds to  $\Delta\lambda/\lambda=0.4\%$ . The tuning range of the cavity is about 15 $\mu$ m.

### 原研超伝導リニアックによって駆動される高出力FELの最初の発振と将来計画

#### 1.はじめに

電子線リニアックに使用する超伝導空洞 (Nb) と常電導空洞 (Cu) を500MHzで比較するとNbはCuの約10万分の1の表面抵抗になる。例えばNbはCuに比べて10万倍程度の高い出力を容易に取り出せることになる。この差は冷凍機の効率があまり高くない事で少し割り引かねばならないが、高出力の制限にはならない。超伝導リニアックをドライバーとして用いることにより初めてFELの高効率、高出力という長所が現実のものとする可能性が出てきた。この超伝導リニアック型FELは、低出力のものがドイツダルムシュタット工科大学と米国スタンフォード大以外ではまだ実現されておらず、世界のいくつかの研究施設にて準備されているか、計画中である。日本原子力研究所東海研究所、自由電子レーザー研究室においてこの超伝導リニアック型FELの建設が進んでいる。これは赤外線領域のFELで、本格的な利用施設のプロトタイプとして開発されたものである。高エネルギー物理の加速器と比較して小型で、扱い易く、高出力を可能とする連続波 (CW) 加速可能な超伝導リニアックの実現及びこれを用いた高出力FELへの応用を目標としている。

#### 2.冷凍機

原研自由電子レーザー駆動用超伝導リニアックの冷凍機系は、1995年の冷凍機系改造以後、それ以前に頻発していた無蒸発型ヘリウム冷凍機の故障が根絶されたため、昨年度も冷凍機保守、計画停電、断水、落雷等による停止を除いてほとんど無故障で年間約8500時間の連続運転を専門の運転員無しで行う事ができた。

#### 3.超伝導リニアック

原研自由電子レーザー駆動用超伝導リニアックは、大強度電子ビームによる中性子発生を少なくするために14~16MeVの電子エネルギーでの加速を行っている。最大エネルギーは~23MeVまで得られている。通過率は主加速器及びアンジュレータにおいてそれぞれ100%を得た。微弱なビーム損失の低減と加速器からの逆流ビームの影響を低くするため、

また昨年中頃より電子銃 (パルス電流、パルス時間幅、加速電圧) 及び高周波電源 (位相振幅) の準CWまたは超長マクロパルス運転時の安定性を確保するために種々の改善を行った。電子銃のグリッドパルサーの振り込み電圧振幅及び時間幅、時間ジッタの安定させ、電子ビームのパルス電流、

パルス時間幅、時間ジッタを大幅に改善することができた。高周波電源は、フィードバック回路最適化により1ミリ秒から数秒以上連続までの非常に安定な振幅と位相制御が可能に成ったと期待される。

又、ストリークカメラによる時間中の計測を行ったところアンジュレーター中心で<20psであった。尖頭電流値は、20A~5Aが得られた。図1に示すように昨年度末に、安定で強力な発振が確認された。

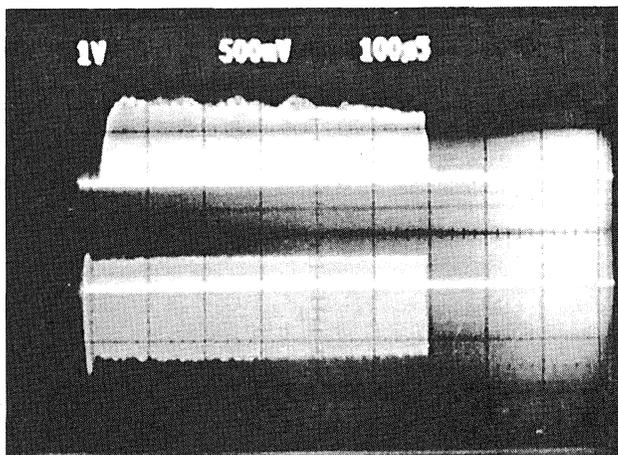


図1、赤外線パルス（上）及びビーム電流（下）。高周波源と電子銃の改善後に、より安定な発振、さらには大強度の発振実験を試みる予定である。図2は測定小屋でのビームスポット、図3は、実験室鳥瞰図である。

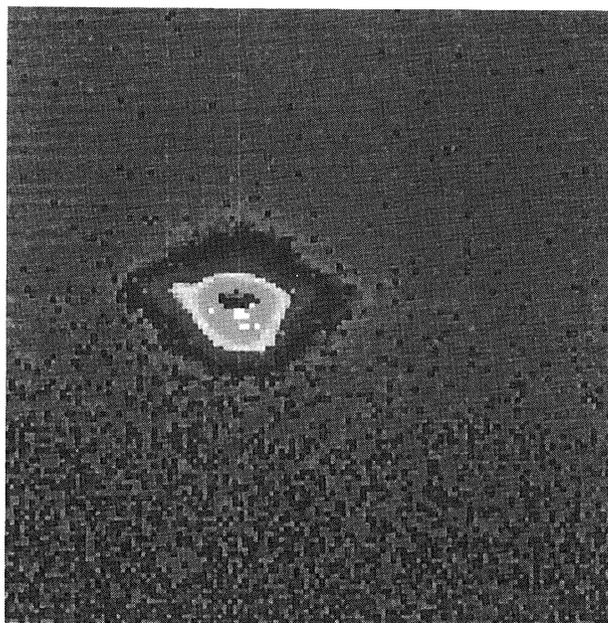


図2、パイロカメラによる実験室でのビームスポット、半径0.4~0.5mm程度。

#### 4.将来計画

産業応用を念頭に置いた10kWまでの外超伝導リニアック遠赤FELとこれ以上の100kW以上の基本性能を持つ可視または近赤外FEL利用研究施設を計画している。このため必要な要素技術としてエネルギー回収技術を開発する予定である。

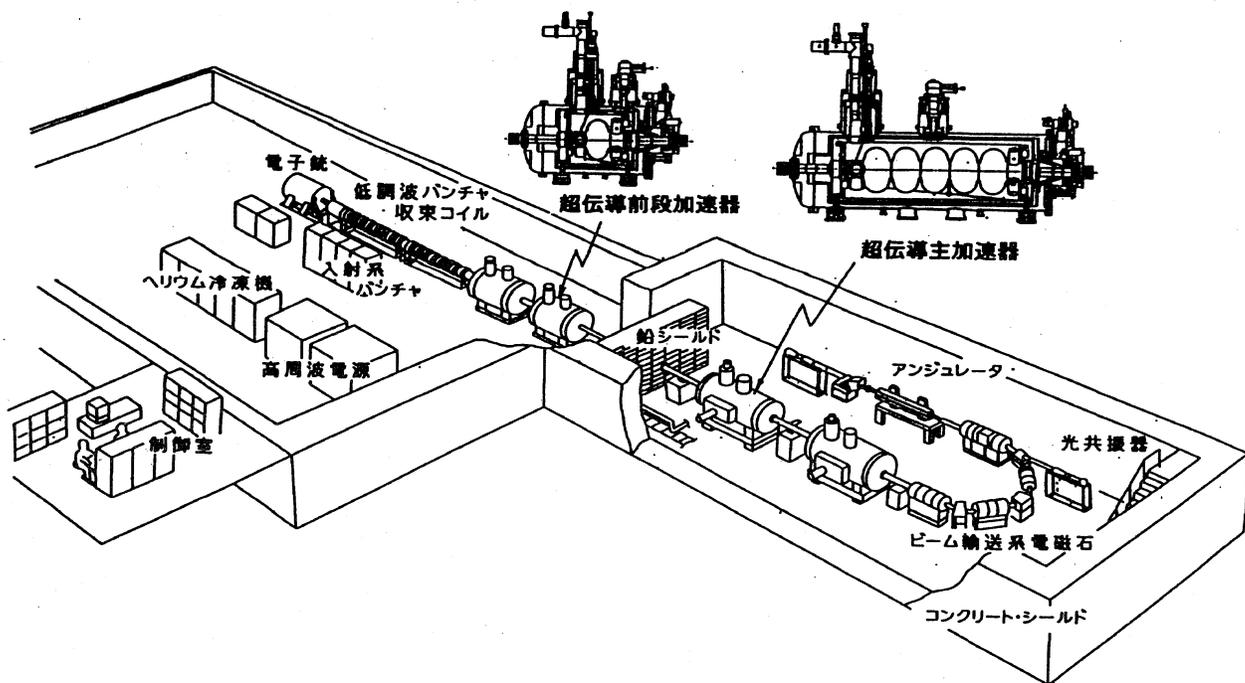


図3、FEL実験室鳥瞰図。