

[07-P03]

## JAERI SUPERCONDUCTING RF LINAC BASED FREE ELECTRON LASER PROJECT

○E J. Minehara, T. Yamauchi, M. Sugimoto, M. Sawamura, R. Hajima, R. Nagai, N. Kikuzawa, T. Hayakawa, N. Nishimori, and T. Shizuma

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

Abstract : The JAERI superconducting rf linac based FEL has successfully been lased to produce a 0.1kW FEL light and 70kW electron beam output in quasi continuous wave operation in February 1998. The 1kW class output as our present program goal will be achieved to improve the optical out coupling method in the FEL optical resonator, the electron gun, and the electron beam optics in the JAERI FEL driver. As our next 5 year program goal is the 100kW class FEL light and a few tens MW class electron beam output in average, quasi continuous wave operation of the light and electron beam will be planned in the JAERI superconducting rf linac based FEL facility.

Conceptual and engineering design options needed for such a very high power operation will be discussed to improve and to upgrade the existing facility.

### 原研超伝導リニアック駆動自由電子レーザー計画

#### 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事になる。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、昨年原研の成功後、米国TNJAFがさらに高出力のものを、数カ月遅れで発表させた。(図1,2参照)このように日本原子力研究所関西研究所、自由電子レーザー研究GとTNJAFにおいて超伝導リニアック型FELの開発が進んでいる。これは赤外線領域のFELで、それぞれ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、平成7年度の冷凍機系改造によって、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、平成8年度は冷凍機保守、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あった。昨年度も年間約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。エネルギー回収をおこなうため、CW運転が可能な現状の3-5倍程度冷却能力に増強する予定である。

#### 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。最大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。

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、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巾の計測を行ったところアンジュレーター中心で<20-40psであった。尖頭電流値は、最大15-30A程度が得られた。図1に示すように平成10年2月に、安定で強力な発振が確認された。光共振器外部結合と電子銃、高周波源等の加速器系の改善により、安定な発振、さらには1 kW程度の発振実験を試みる予定である。

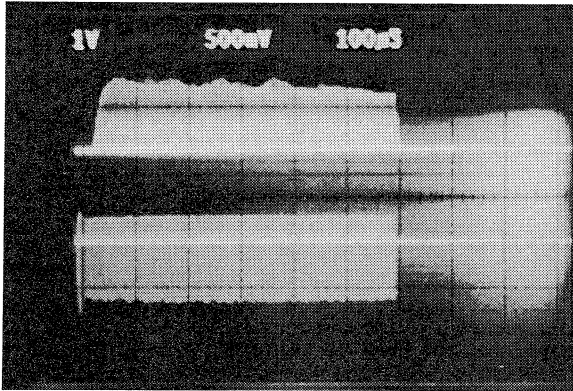


図1、赤外線パルス（上）及びビーム電流（下）。

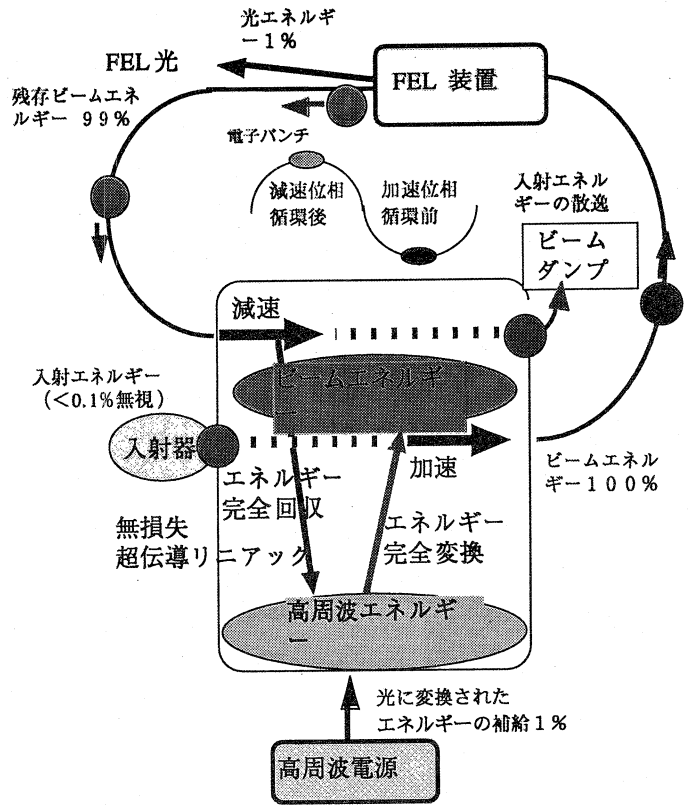


図3、エネルギー回収説明図

図2はFEL平均出力の向上、図3は、エネルギー回収説明図である。

超伝導リニアックFELの高平均出力性能の向上

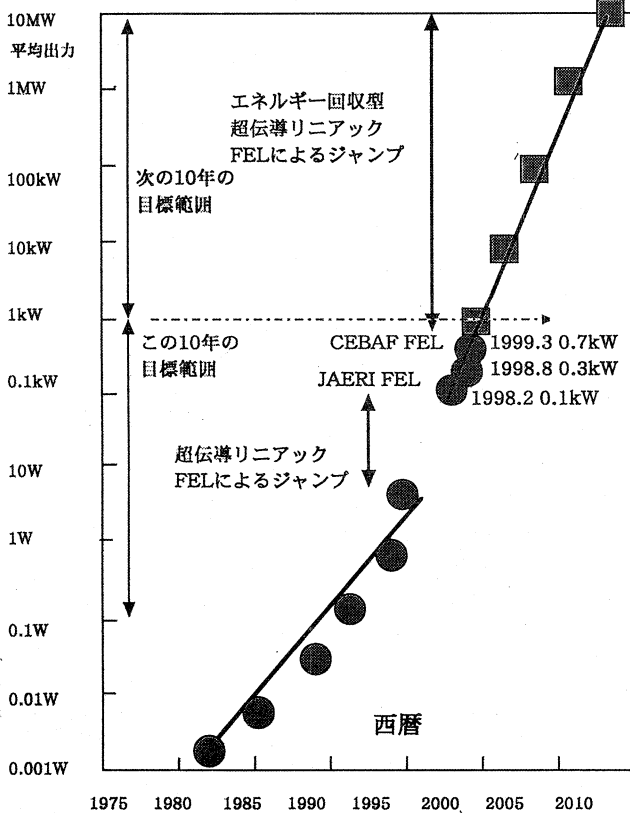


図2、FEL平均出力の向上。

4. 将来計画

産業応用を念頭に置いた10 kWまでの外超伝導リニアック遠赤FELとこれ以上の100 kW以上の基本性能を持つ紫外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。