

STUDY ON FEL USING 35 MeV LINAC AT NERL UNIV. OF TOKYO

H. Kobayashi, H. Ohashi, T. Ueda, T. Kobayashi
M. Washio and Y. Tabata

Nuclear Engineering Research Laboratory,
Faculty of Engineering University of Tokyo

ABSTRACT

Free electron laser (FEL) is one of promising light sources for laser isotope separation because its wavelength is tunable and high output power can be expected. Many studies are necessary for its application to isotope separation. At NERL, Univ. of Tokyo, research of FEL started using 25 MeV, 4.5 μ s beams. Beam qualities of this linac are very poor for studies of FEL. Improvements of beam qualities of the linac is the first step of research of FEL. Problems and parameters of FEL are reported.

1. 序

自由電子レーザーは、波長可変とその大出力の可能性より非常に大きな注目を集めている。特に1つの期待される分野として原子力分野では同位体分離があげられる。本施設においては35 MeVライナックを用いてのFELの研究がスタートしている。一方、通常用いられているパルスライナックをFEL発振に利用した場合に非常に多くの問題があり、研究の第1歩であるFELの発振そのものがすでにかかなり困難なものであることは容易に理解できる。いわんやウラン濃縮に必要とされる波長の純度を得ることなどはかなり先の問題と言わざるを得ない。すべての研究が1つ1つの積み重ねによって成立つことを考えると第1歩として通常広く用いられている、パルスライナックでFELの基本パラメータをもし研究できれば、それは将来のFELの応用にとっても幸いなことと言える。東大原子力工学研究施設の35 MeVライナックは、現状では必ずしもFEL研究用に適したライナックとは言えないが、逆に問題点を明らかにしていきたいと考えている。ここでは計画の概要と初歩的実験による問題点について述べる。

2. 計画の概要

ライナックのエネルギーが25 MeV (200 mA加速時)と低いことより当面の発振波長は $10.6\mu\text{m}$ を目指している。このように波長を長くとることのメリットは、電子ビームのエネルギースペクトルが多少悪い場合でもゲインが高くなり、現状のライナックでも発振の可能性を有していることである。一方、デメリットは発振に至る迄の基礎データの取得に対しこの領域での光の検出が簡便でないため計測の困難さが伴うことである。周期が数mmと非常に小さいウィグラーマグネットを真空中に配置し可視域の光を出し基本的なパラメータを押えていく方法か又は、高い電子エネルギーを用いる等の適当な方法で可視域での基本的なパラメータを押さえるか、いずれにしてもライナックのビームのパラメータ及びウィグラーによる自発放射光の測定等の基礎パラメータを積み重ねつつ最終的なウィグラーの設計につなげる方針となっている。基礎パラメータ計測のために製作したウィグラーは永久磁石 (NEOMAX-35) で、ウィグラー波長4 cm、磁場強度0.5T、周期数10である。

3. ビーム上の問題点

3-1. エネルギースペクトル

現在のライナックビームのエネルギースペクトル幅は約2%である。 $4.5\mu\text{s}$ ビームをエネルギー分析器で偏向させて、パルス内のエネルギーを測定すると明らかに $4.5\mu\text{s}$ のパルス幅内でのスペクトルに違いがみられる。それはフィリングタイム内のみではなく、定常状態でもそのパルス内の場所によるエネルギーの違いとスペクトルの違いが計測される。このことは、FELの発振にとって好ましいことではない。シングルバンチ内のエネルギースペクトルとパルス幅内のスペクトルの両方共に改善を必要とするが当面パルス内のエネルギーの変動を縮小したい。そのためには、パルサーの平坦度の大幅な向上を計りパルス内でのクライストロン出力の位相のモジュレーションを少なくする必要がある。通常FELでは、エネルギースペクトルは $\sim 0.1\%$ 以下が要求されることを考えると現在より更に1桁の改善を必要とする。従来のもを画期的に改善する必要がありEnergy Compression等の新しい方法も必要となろう。

3-2. エミッタンス

現在のライナックのエミッタンスを簡便に2点でのビームの大きさより計測すると $\sim 5\pi\text{cm}\cdot\text{mrad}$ ($\sim 40\text{mA}$ 時)となり、要求されると考えられるエミッタンスよりも約1桁悪いことになる。現在の電子銃が短パルスビーム大電流を志向したものであることを差し引いてもやはりかなり根本的な解決策を探求する必要がある。

4. まとめ

以上述べただけでも、FELを通常のパルスライナックで発振させるということがかなり困難であることがわかる。この他に長波長を計測する光学的な諸問題も多くあり、1つ1つの積み重ねが重要となるが今スタートしたところである。