

# A COMPACT SIZE FEL MICROTRON

Y.Torizuka, K.sato, K.Hayakawa, T.Tanaka and H.Nakazawa\*

Atomic Energy Research Institute , Nihon University

\* College of Science and Technology , Nihon University

## Abstract

We describe a compact size microtron for infrared free electron laser ( FEL ) which produces a time average output power of 400 W . The machine would have an operation wavelength range  $1.3\mu\text{m}$  to  $10\mu\text{m}$  . The output radiation is in the form of a continuous train of micropulses 41 ns apart ( which means repetition frequency 24.5 MHz ) with a pulse width of 2ps at which corresponding peak power would be 8 MW .

## FEL用小型マイクロトロン

自由電子レーザー ( FEL ) を実用化する場合、まず興味のあるのが  $1\mu\text{m}$  から  $10\mu\text{m}$  の赤外領域である。医学利用、宇宙通信、物質の電子状態の研究等の応用が考えられる。この場合、例えば wiggler の周期を  $2\text{cm}$  とすると、電子ビームのエネルギーとして  $20$  から  $50\text{MeV}$  が必要である。ここでは FEL 用として、マイクロトロンをとりあげている。

表1の条件のもとに設計を行った。

表1 設計条件

入射エネルギー	4.55 MeV
加速周波数	2450 MHz
RF電力 (ca)	100 kW
エネルギー	20~50 MeV

マイクロトロンの特長は、ビームを多数回リサーキュレーションして加速の効率をあげると共にRFからビームへの変換効率が高いところにある。その関係は次の式で与えられる。

$$P_{\text{RF}} = \frac{V^2}{r L n^2} + P_{\text{beam}}$$

$$P_{\text{beam}} = V I_{\text{ave}}$$

$$P_{\text{RF}} : \text{RF電力}$$

- $V$  : エネルギー /  $e$  (電荷)  
 $n$  : リサーキュレーション数  
 $r$  : シャント抵抗 /  $m$   
 $L$  : 加速管長  
 $I_{ave}$  : 平均電流

即ち、最初の式の第1項は、リサーキュレーション数が  $n$  の場合、 $L \cdot P_{RF}$  が  $n^2$  分の1になることを示している。例えば  $n$  を 25 に選ぶと上記の値は  $1/625$  になる。そこでマイクロトロン (RTM) を選択することになる。RTMにおける共鳴 (加速) の条件は次の式のようになる。

$$2.096 V = m \lambda B$$

- $m$  : 波長の整数倍数 (実際は1か2)  
 $V$  : ライナックのエネルギー利得 (MeV)  
 $\lambda$  : RF波長 (cm)  
 $B$  : 磁束密度 (Tesla)

表2に以上の条件で設計したマイクロトロン (RTM) の諸パラメータを示した。

表2 FELマイクロトロン (RTM) の諸パラメータ

入射エネルギー	4.55 MeV
取り出しエネルギー	55 MeV
平均ビーム電流	1 mA
バンチ長	2 ピコ秒
ピークバンチ電流	20 A
バンチ間隔	41 ナノ秒
繰り返し数	24.5 MHz
RF加速周波数	2450 MHz
RF電力	100 kW
ライナック長	2 m
エネルギー利得	2 MeV
磁束密度	0.3425 Tesla
RF・ビーム変換効率	50%

表2のビームを用いてFELを発振した場合のレーザー出力は、wigglerの周期を2cm、wiggler parameter  $a_w$  を0.7として、波長  $1.3 \times 10^{-3} \mu\text{m}$  の光に対して大体8MWに、時間平均では400Wが得られる見込みである。マイクロパルスの幅は2ピコ秒、ピーク電流は20A、

マイクロパルスの間隔は4.1ナノ秒で、長さは12.2mに当り、ウイグラーの反射鏡の間隔にあわせている。

一般にライナックのビームをリサーキュレーションする場合の大きな問題は Beam Blowup (BBU) である。この場合はリサーキュレーション数が24であるからライナックの電流は  $1\text{ mA} \times 25 = 25\text{ mA}$  になる。この値を他の例と比較するとマインツのカスケードマイクロトロンは最終段で9 mA、CEBAFの超伝導ライナックは $\sim 1\text{ mA}$ 、Stanford の新設計の超伝導リサイクロトロンでは5 mAである。