

CONCEPTUAL DESIGN OF THE DOUBLE-SIDED MICROTRON

K.Hayakawa, K.Tsukada, K.Sato and T.Tanaka

Atomic Energy Research Institute, Nihon University

ABSTRACT

A study of a C.W. 1 GeV double-sided electron microtron for a medical use has been started. In this conceptual design, we propose basic design parameters and an idea to reduce vertical defocusing of a low energy beam.

1. 序

日本大学で計画している医療用負ハイ中間子発生装置の一次ビーム(電子)の加速器として、C.W. Double-sided microtron (DSM) の検討を開始した。概念図を第1図に示す。この型の加速器の特長として、

- 1) Race track microtron (RTM) と共通するが、同じ加速管を何度も利用するため、加速効率が良い。
- 2) RTM に比べて電磁石の重量を大巾に軽減できる。従って、より高いエネルギーの加速が可能である。
- 3) C.W. で運転するため、フライストロン電源の効率が良く、省電力化できる。またパルス運転の際に生ずるノイズの問題が無い。

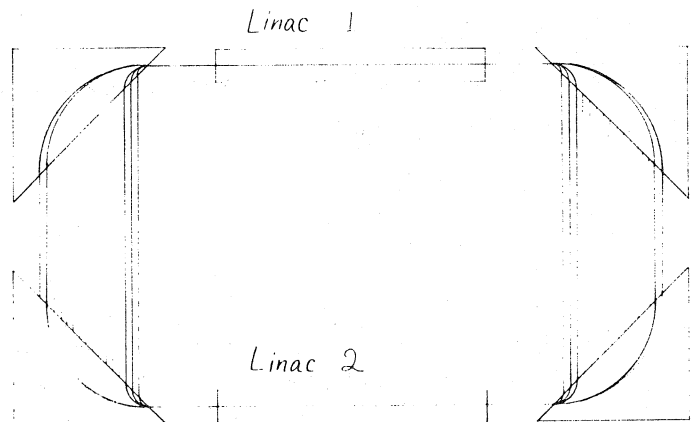
等がある。一方欠点として、磁石端における乗直方向の発散力が大きく、特に低エネルギーで軌道半径の小さな粒子の場合に困難が生ずる。

負ハイ中間子発生装置としては、出力が大きければ大きいほど良いが、消費電力、加速器の大きさ等を考慮して、加速エネルギー 1 GeV、電流値 300 nA とした。

2. コヒーレンス条件

マイクロトロンによる加速を行うためには、ビームがリニアックを出てから次のリニアックに入射する間の軌道長がマイクロ波波長の整数倍となる、ていなければならぬ。

これをコヒーレンス条件と云う。DSM の場合は同一のリニアックでコヒーレンス条件が満足されれば、第一のリニアックと第二のリニアックの間の軌道長は任意であるが、この場合はマイクロ波の位相も同時に



第1図 DSM の概念図

変化させなければならぬ。今回の概念設計では二つのリニアックの間の軌道長も波長の整数倍となるようにした。電子の速度を光速 c と等しいとすると、DSM のコヒーレンス条件は

$$\frac{\Delta W (\pi - \alpha)}{e B c} = \nu \lambda$$

と書ける。ここで ΔW は一周当りのエネルギー利得、 e は電子電荷、 B は偏向電磁石の磁束密度、 ν は任意の整数、 λ は自由空間におけるマイクロ波波長である。本設計では $\nu = 1$ とした。

3. デザインパラメータ

現在は概念設計の予備的な段階なので、暫定的な値であるがデザインパラメータを示す。

| | | |
|--------------|-------|---------|
| 最大加速エネルギー | 1.045 | GeV |
| 電流 | 300 | μA |
| 入射エネルギー | 5 | MeV |
| 一周当りのエネルギー利得 | 32 | MeV |
| 加速電界強度 | 1 | MP/m |
| 回転数 | 32.5 | 回 |
| 磁束密度 | 0.975 | T |
| 最大軌道半径 | 3.32 | m |
| 最小軌道半径 | 0.172 | m |

ここで磁場の値は、一周目の軌道半径が出来る限り大きく、かつ最終の軌道半径があまり大きくなるようにした妥協点である。

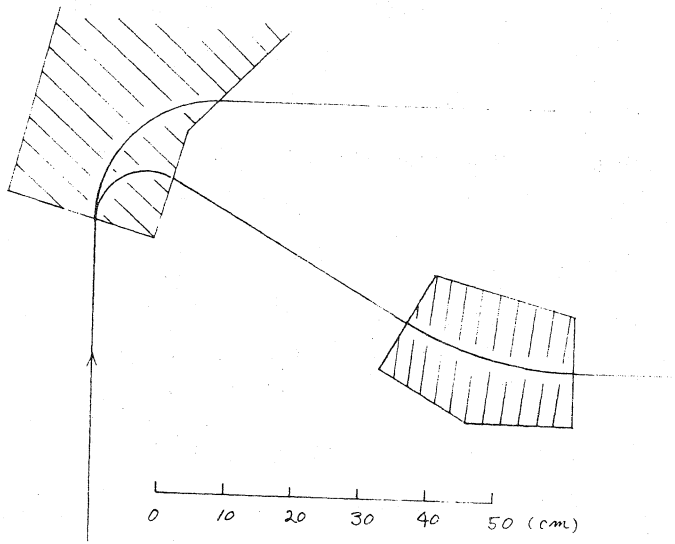
4. 偏れ磁場の影響

磁石端の偏れ磁場の影響によりビームの収束、発散が生じる。これを表現する行列は一次の近似で、

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \pm \frac{\tan \beta}{\rho} & 1 \end{pmatrix}$$

となる。ここで β はビームに乗直る面に対する磁石端の傾で、軌道半径の中心が磁石内に含まれるような向きを正とする。また ρ は軌道半径である。符号は水平方向に対し $+$ 、乗直方向に対し $-$ である。自然な設計では、ビームの入口、出口でも $\beta = -45^\circ$ となるが、この場合水平方向に対しては収束、乗直方向に対して発散となる。収束、発散の焦点距離が軌道半径と等しくなるため、エネルギーが低く、軌道半径の小サイズのビームについては深刻な問題となる。そこで、入射角度を乗直方向に対して収束となるように改良した。この場合、乗直方向については良好な収束が得られることが判る。だが、磁石出口における水平方向の収束が疎かになるために、二つの偏向電磁石の中間で、ビーム径が大きくなってしまふ。これは四極電磁石で補正することが可能であるが、軌道半径が小さい場合は水平収束の焦点距離が短くなり、適当な位置に四極電磁石を置くことができない。

さらに軌道半径が小さい場合の困難は、ビームが磁極の端の寸を通るため、一様磁場を経験する距離が相対的に小さくなることである。これらの困難を解決するために、第一周目だけは偏向角度を約30%増し、他の軌道とは異なる軌道を描くようにした。この様子を次の図に示す。このようにする方法により、ビームの発散、収束の問題を解決し、一様磁場を経験する距離を相対的に大きくすることができると考えられる。



中図 第一周目の軌道と電磁石