

THE PROJECT OF TOHOKU UNIVERSITY MULTI-PURPOSE RING FOR PULSE STRETCHER AND STORAGE RING

T. Tamae

Laboratory of Nuclear Science, Tohoku University

ABSTRACT

The proposed ring of Tohoku University is introduced. The ring has both functions of a pulse stretcher and a storage ring. The goal of the maximum energy has been chosen to be 1 GeV for the pulse stretcher and 1.5 GeV for the storage ring.

東北大学共用リング計画

1. 計画の概要

従来パルス・ストレッチャー建設を目指して推進されてきた東北大学の加速器建設計画は放射光利用関係者の要望により蓄積リングとしての機能を取り入れた共用リング計画に変更された。この共用リングはパルスビームを直流化するパルス・ストレッチャーの機能と、遠赤外からX線領域までをカバーするシンクロトロン放射光の光源としての機能を有する。図1に加速器および実験室の全体を示す。現在のライナックは260 MeVまで最大電流で運転可能であり、クライストロン、加速管の増設により530 MeVまで、又リサーキュレーションによって1.01 GeVまでエネルギーを上げることが出来る。リングには曲率半径4 mの偏向電磁石が12台

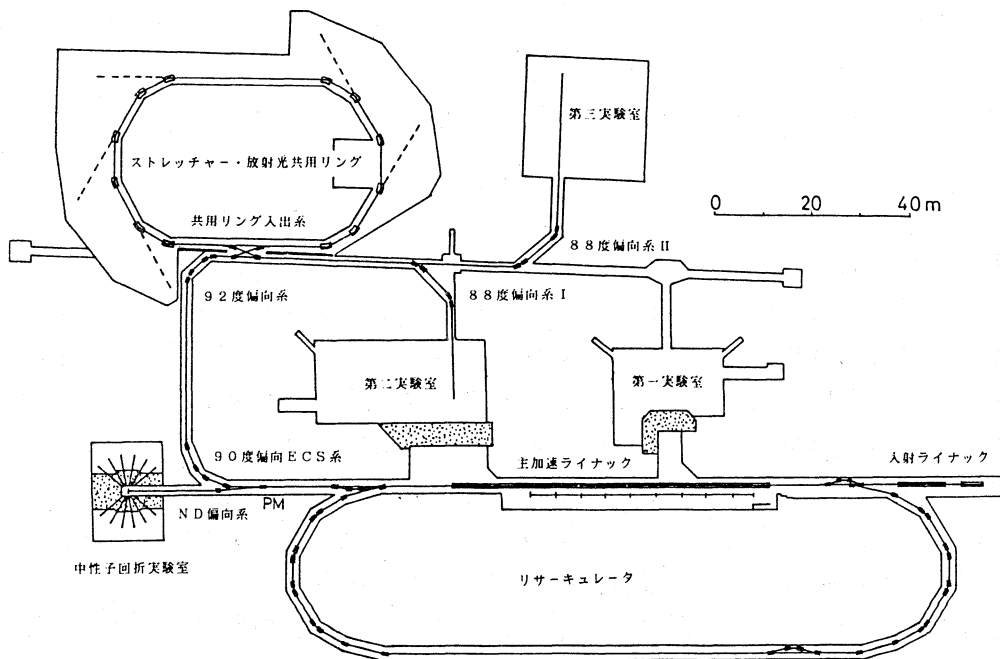


図1. 東北大学共用リング計画全体図

と四極電磁石が71台使用され、長さが59.994mの半円弧部二つを22.511mの直線部二つでつないだ、周長165.01mのレストラック型をしている。円弧部は60°で非色収差系を構成しており、長直線部でのエネルギー分散関数は零になっている。円弧部には長さが約4.8mの自由空間が全部で10箇所あり挿入光源の設置や内部標的原子核実験用の場所として使用出来る。共用リングをパルス・ストレッチャー・モードで使用する場合の取り出しエネルギーは入射エネルギーに等しいが、蓄積リングとして使用する場合には、ビーム入射後にRF加速を行なって、最高1.5GeVまでエネルギーを上げる事が出来る。

2. パルス・ストレッチャー・モード

パルス・ストレッチャーは、ライナックで加速されたパルス状ビーム(図2上)を入射・蓄積し、次のパルスビームが来るまでの時間、少しずつ取り出すことにより、図2中の様な直流に近いビームに変換する装置である。図2下はリング内に蓄積されているビーム強度の時間変化で、

リングから電子が一定の割合で取り出されている時、蓄積ビームの強度は図の様に一定の割合で減少する。ビームはリングに二周にわたって入射される。その為にライナックとリサーキュレーション部の長さはリングの周長の二倍になっている。ビームは半整数共鳴を利用して水平方向に取り出される。ベータトロン振動数は水平方向6.48、鉛直方向6.7である。取り出しには実験の種類とエネルギーに応じてアクロマティック取り出しとモノクロマティック取り出しを使い分ける。アクロマティック取り出しの場合には、ビームはリング内で $5\pi\text{mm}\cdot\text{mr}$ と $10\pi\text{mm}\cdot\text{mr}$ の間の位相空間に広がる様に

入射される。ビームの入射後、入射・取り出し用直線部の反対側の長直線部にある2台の交流四極電磁石と1台の八極電磁石がゆっくりと上げられ、位相空間の外側のビームから順次取り出される。この様子を図3に示す。斜線部分の部分がセプタム電極で切り取られリング外に取り出される部分である。計算に際しては、セプタム・ワイヤーの所で振幅の増加が常に8mmになる様にしている。図から分かる様に、ビーム取り出しの最初と最後ではビームの角度が異なり、このままでは取り出しビームのエミッタンスは $1.1\text{mm}\cdot\text{mr}$ となる。そこで、セ

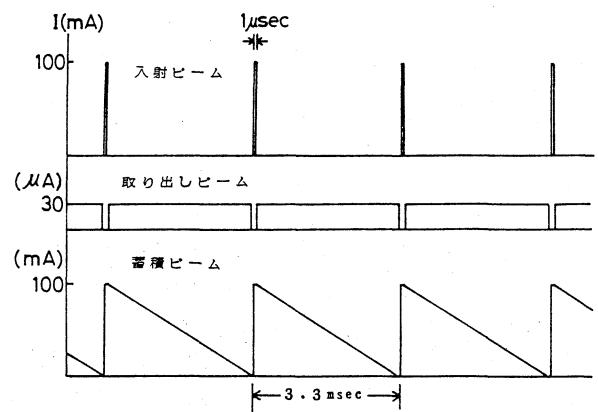


図2 (上) ライナックからの入射ビーム,
(中) 取り出しビーム,
(下) 蓄積ビームの時間変化。

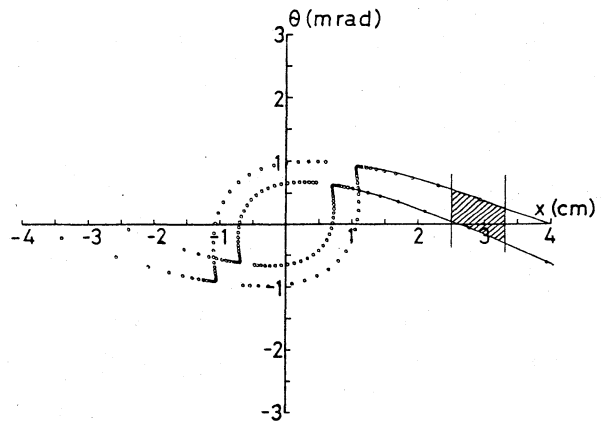


図3 共鳴をおこしたビームの位相空間における運動。
 $S=5\pi\text{mm}, \text{mr}$ と $S=10\pi\text{mm}, \text{mr}$ の場合。
斜線で示された部分が、セプタム電極で取り出される。(取り出し系のパンプ電磁石を使用すれば取り出しビームのエミッタンスは $0.06\text{mm}, \text{mr}$ となる。)

プタム電極の上流と下流にゆっくり変化するバンプ電磁石を配置して、この角度の変動を補正する。この様な方法で、取り出しビームのエミッタンスは $0.06 \text{ mm} \cdot \text{m r}$ まで改善される。取り出しビームのエミッタンスは、電磁石の設置誤差や電源の安定度にも影響されるので、実際の値は水平方向、鉛直方向ともに $0.1 \sim 0.3 \text{ mm} \cdot \text{m r}$ 程度と予想される。エネルギーを保持する為のRF加速周波数はライナックと同じ 2856 MHz とする。現在市販されている 2856 MHz の直流クライストロンの最大電力は 1 kW なので、 1 GeV の時で6本のクライストロンが必要である。

エネルギーが 600 MeV 以下の場合には、RF加速を行わずにシンクロトロン放射によるエネルギー損失を利用してモノクロマティック取り出しでビームを取り出す事ができる。この場合には、入射ビームのエネルギー幅を、ビームの入射周期の間の電子が失うエネルギーに等しくなる様にしておき、その下限値で共鳴が起こる様にリングのクロマシティーを調節する。

パルス・ストレッチャーから取りだされるビームの強度は、落ちこぼれが無いとすれば、ライナックの平均電流に等しく、例えばライナックがパルス幅 $1 \mu \text{ sec}$ 、ピーク電流 100 mA 、繰り返し 300 pps で運転されている時、取り出しビーム強度は約 $30 \mu \text{ A}$ になる。

3. 蓄積リング・モード

蓄積リング・モードの場合は、ビーム入射後RF加速によって最高 1.5 GeV まで加速される。ダンピング時間は 1 GeV の時 24.13 msec 、 1.5 GeV で 7.15 msec である。平衡状態に達した後でのエミッタンスは、 1.5 GeV の時 $0.156 \text{ mm} \cdot \text{m r}$ である。図4に四分の一円弧部におけるビーム・サイズを示す。図中の2本の曲線のうち、破線はエミッタンスに関する部分、実線はエネルギー幅に起因する部分も含んだものである。この場合、円弧部にある10カ所の自由空間のすべてでビーム・サイズがほぼ等しくなっている。RFの加速周波数はライナックの六分の一の 476 MHz とする。 1.5 GeV の時、量子寿命を一日より長くする為には2以上の超過電圧比が必要となり、 80 kW 程度のクライストロンを使用する。

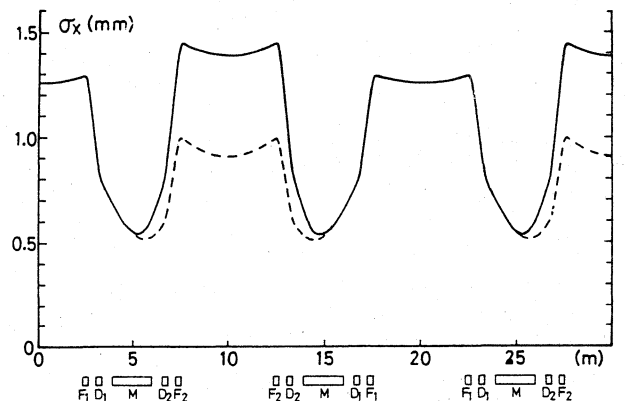


図4 四分の一円弧部におけるビーム・サイズ。(標準モード)
破線 (ビームのエミッタンスによる広がり)
実線 (エミッタンスによる広がりエネルギー分散による広がりの和)