

150 MeV PULSE STRETCHER OF TOHOKU UNIVERSITY

T.Tamae, O.Konno, T.Sasanuma⁺, T.Tanaka⁺⁺, M.Muto, K.Yoshida, Y.Shibazaki, K.Yamada
M.Urasawa, T.Ichinohe, S.Takahashi, Y.Torizuka, M.Sugawara, H.Miyase*, Y.Kawazoe**
and S.Yamamoto***

Laboratory of Nuclear Science, Tohoku University.

*College of Arts and Science, Tohoku University.

**Education Center for Information Processing, Tohoku University.

***Mitsubishi Electric Co. Ltd.

ABSTRACT

A 150 MeV pulse stretcher, a test ring for the proposed plan, was completed at the end of last year at Tohoku University. The ring stores a pulsed beam whose energy range is from 100 MeV to 150 MeV and produces a continuous beam. The test operation has proved that the pulse stretcher works successfully. The intensity of an extracted continuous beam has reached 1 μ A recently.

1. まえがき

現在、原子核研究の分野では、高エネルギー（1 GeV以上）、大電流（ $\sim 100 \mu$ A）、高デューティファクターの電子加速器が待望されており、世界各地で新しい加速器の建設計画が打出されている。東北大学でも電子リニアックとパルス・ストレッチャーの組み合わせ方式を採用した次期加速器の建設を計画しており、150 MeVパルス・ストレッチャー（以下SSTRと略）はそのテスト機としての役割を担うものである。このSSTRは昨年暮に完成し、連続ビームの取り出しにも成功して、現在、種々のテストが進行中である。又、光子標識化装置の建設もほぼ終了し、この装置を用いた光核反応実験の準備も進められている。

- M : 偏向電磁石
- Q, FQ : 四極電磁石
- PQ : パルス四極電磁石
- PHM, HM : 六極電磁石
- KM : キッカー電磁石
- SM, SMI : 入射用セプタム電磁石
- ME, SME : 取り出し用セプタム電磁石
- SEE : セプタム電極
- LDM : 電子散乱用スペクトロメーター散乱槽
- BM : ビーム位置モニター
- SOR : シンクロトロン放射光モニター

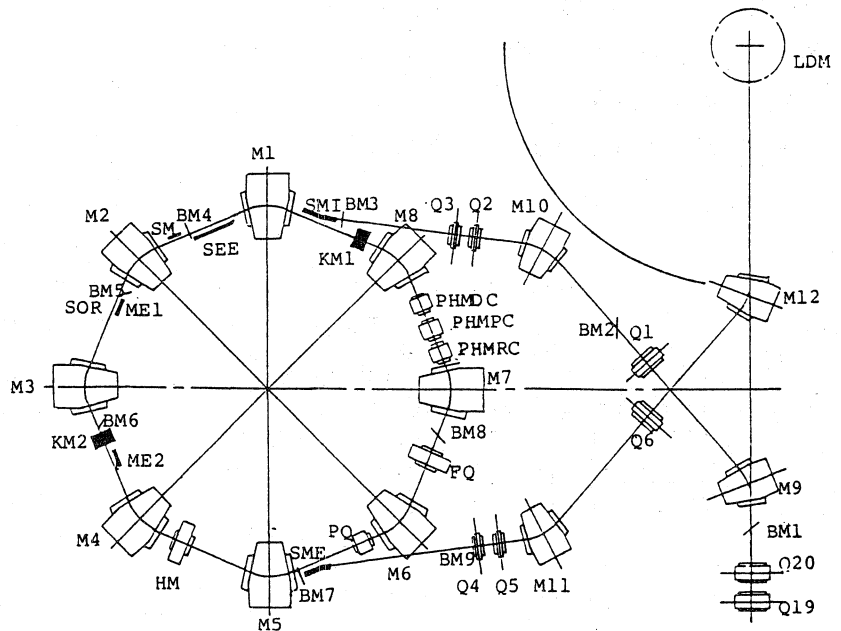


図1. SSTR機器構成図.

⁺ 現在、ソニー株式会社

⁺⁺ 現在、日本大学原子力研究所

2. 機器構成と働き

図1にSSTRの機器構成を示した。リングの周長は15.472mで8台の偏向電磁石と各種電磁石から構成されている。SSTRはリング部に収束用の四極電磁石を持たず、偏向電磁石の磁極端によるエーゼ収束を利用してビームの収束を行なっている。リニアックからのビームは2台の偏向電磁石(M9, M10)と2台のセプトム電磁石(SM1, SM)によってリングへ導かれる。ビーム入射時には2台のキッカー電磁石(KM1, KM2)によって平衡軌道はSMに寄せられており、入射終了後キッカー電磁石は切られ、ビームは中心軌道のまわりを振動しながら周回する事になる。SSTRのビーム偏向系には3台、リングには6台の遠隔操作で動くビーム位置モニター(Mqの蛍光板を使用)が設けられており、軌道計算によって求めた位置にビームが来る様に各電磁石の電流を調節する。又、偏向電磁石(M2)の後方にはシンクロトロン放射光のモニターが設けられており、これによって入射効率や取り出しの様子を常時観測する事が出来る。SSTRからのビームの取り出しにはシンクロトロン放射によるエネルギー損失を利用した単一エネルギー取り出しを採用している。この方法では繰り返しの間にシンクロトロン放射によって失われるエネルギーの値に等しいエネルギー幅を持ったビームをリングに入射し、その下限値のエネルギーで $\nu = 4/3$ の三分整数共鳴がおこる様にリングの定数を設定しておく。電子はシンクロトロン放射によってエネルギーを失ない、次々と共鳴状態に落ちこみ、次のパルスビームの入射までには全ての電子はリングから取り出される。共鳴を起こして電子は静電セプトム(SEE)によって切り取られ、3台のセプトム電磁石(ME1, ME2, SME)と偏向電磁石(M11, M12)によって電子散乱用散乱槽へと導かれる。

3. SSTRの性能

図2(上)に、シンチレーション・カウンタで検出した取り出しビームの時間スペクトルを示した。これからデューティファクターが5%に達し

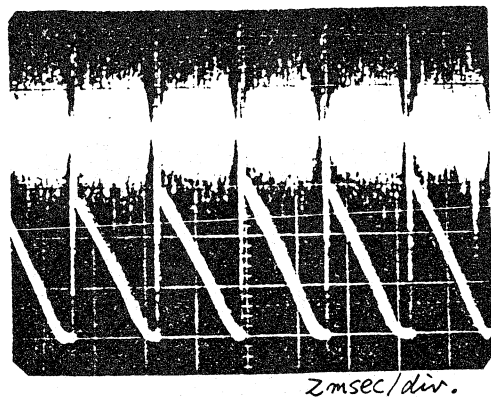


図2(上)シンチレーション・カウンタで測定した取り出しビームの時間スペクトル。

(F) リング内を周回する電子が発するシンクロトロン放射光の強度変化。

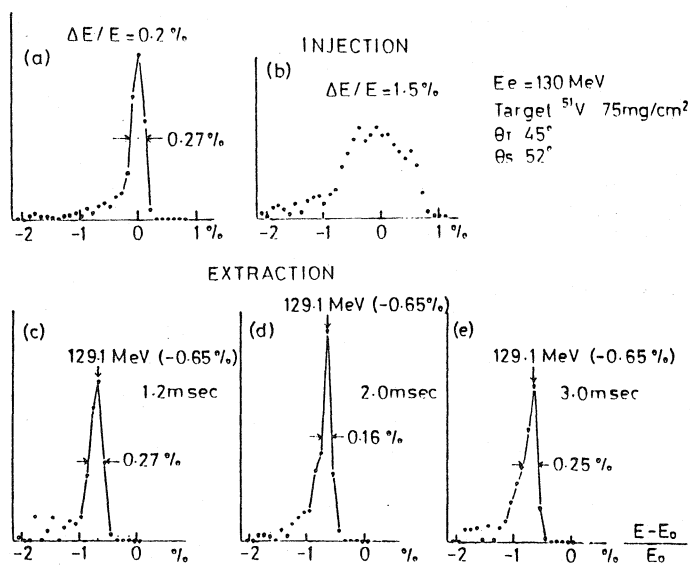


図3. (a) エネルギー幅 0.2% のビームの弾性散乱スペクトル。
 (b) SSTR への入射ビームのエネルギー・スペクトル。
 (c) ビーム入射から 1.2 msec 後に検出されたビームのエネルギー・スペクトル。

(d) " 2.0 msec 後 " "
 (e) " 3.0 msec 後 "

ている事が分かる。図2(下)はリングを周回する電子が発するシンクロトロン放射光をフォトセンサーで検出したものである。この信号の波高値はリングを回っている電子の数に比例しており、ビームがはみれから取り出されている様子を示している。SSTRからの取り出しビームの強度は現在のところ最高1 μ Aを記録している。図3に入射ビーム及び取り出しビームのエネルギースペクトルを示した。(a)はSSTRへの入射ビームのスペクトルで、この場合幅は1.5%である。(c)はビーム入射から1.2 m sec後に取り出されたビームのスペクトル、(d)は2.0 m sec後、(e)は3.0 msec後のスペクトルである。これらは5V (75 mg/cm²)を標的とした時の電子の弾性散乱スペクトルであり、輻射補正などの補正は行っていないので実際のビームのエネルギー幅はもう少し小さいと推定される。比較の為にエネルギー分析スリットで0.2%にしぼったりニアックからのビームを直接5Vの標的で散乱させた時のスペクトルを(b)に示した。SSTRからのビームのスペクトル(c)(d)(e)をこれと比較すると、SSTRからのビームのエネルギー幅は全時間にわたりほぼ0.2%程度に収まっている事が分かる。図4はSSTRの動作点と付近の共鳴線を示したものである。黒丸はリングのベータトロン振動数の設計値($\nu_x=1.3$, $\nu_y=1.2$)であり、白丸は入射時にSM付近でのエネルギー分散関数を零にし、かつ、 $\nu_x=1.2$ として多回転入射に必要な時間的余裕を作る為にパルス四極電磁石(PQ)を励磁させた時の(ν_x, ν_y)である。この2点を結ぶ直線が $\nu_x=4/3$ の直線と交わる点がビームの取り出し点となるが、この点は丁度 $\nu_x=2\nu_y=-1$ の結合共鳴線上にある事が分かる。事実、最初SSTRから取り出されたビームは図5の様に上下に分裂した形状を示していた。現在は偏向電磁石のフィールド・クランプを取り除き、(ν_x, ν_y)を黒三角の所に移動させて運転している。この時の取り出しビームの形状を図6に示す。今後、偏向電磁石の磁極の長さを変えるか、新たに四極電磁石を加えるかして動作点を移動させ、SSTRの性質を更に調べる予定である。

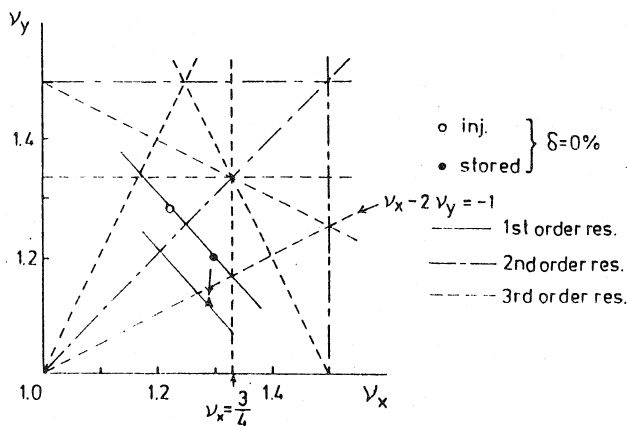


図4. SSTRの動作点と共鳴線。

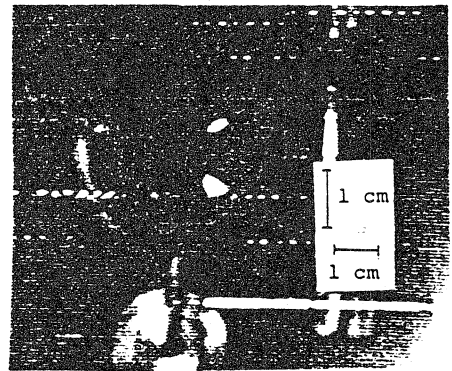


図5. 結合共鳴をおこして上下に分裂したビーム。

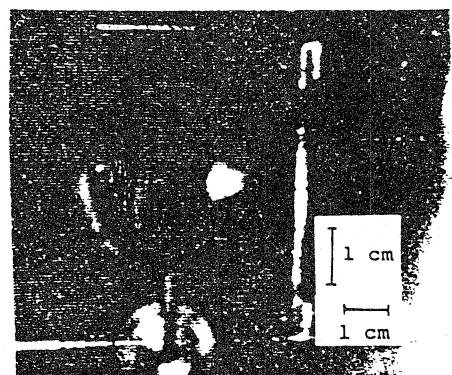


図6. 偏向電磁石のフィールド・クランプを取り除いた後の取り出しビーム形状。