

[12P-50]

## Beam Extraction from the Electron Stretcher Ring, KSR

Takashi Sugimura<sup>1</sup>, Akio Morita, Tonguu Hiromu, Toshiyuki Shirai,  
Yoshihisa Iwashita and Akira Noda

NSRF, Institute for Chemical Research, Kyoto University  
Gokasyou, Uji, Kyoto, 611-0011, Japan

### Abstract

The first beam extraction from the electron stretcher ring KSR utilizing the RF-knock out method with the third order resonance is reported.

### 電子リング KSR のストレッチャーモードでのビーム取り出し

#### 1. はじめに

京都大学化学研究所附属原子核科学研究施設の電子リング KSR は周長 25.6 m の小型リングで、最高エネルギー 300 MeV のストレージモードと最高エネルギー 100 MeV のパルスストレッチャーモードの二つの運転モードを持っている。[1][2] ストレッチャーモードは KSR の入射器である 100 MeV S-band のリニアックから出力される Low-duty のビーム (具体的には最大パルス幅 1  $\mu$  sec 最大繰り返し周波数 21 Hz 加速電流 100 mA) をリングに入射し 3 次共鳴と RF Knock Out 法を用いて取り出すことで取り出し中の角度変化の少ない High-Duty なビームとして利用するためのモードとして開発・整備を進めてきた。図 1 に全体のレイアウトを示す。このストレッチャーモードでは、六極電磁石による  $\nu_H=7/3$  の三次鳴点を利用し、ベータatron 振動数と共鳴する水平方向の RF 電場を印可することにより、位相空間でのセパトリクス (ベータatron 振動の安定

領域と不安定領域の境界) 内の安定領域にいる電子をけり出し、セパトリクスに達した電子から順に静電セプタムによりリングの外に取り出す。[3] 通常のチューンの変化による取り出しを行う場合、セパトリクスを徐々に小さくすることによりリング内のビームをすべて取り出すのであるが、セパトリクスの形が変わってしまうため、特別な方法を用いない限り取り出しの最初と最後ではビームの取り出し角度が変化してしまう。これに対し RF Knock Out 法による取り出しの場合は取り出しの全過程においてセパトリクスの形が一定であるために、取り出しによるビームの角度変化はなくその結果エミッタンスの小さなビームを取り出せることになる。このような利点のある RF Knock Out 法は TARN II や HIMAC 等の例を見るようにイオン加速器では確立された方法ではあるが、電子ビームの場合には放射減衰の効果が特に高エネルギーマシンでは取り出せない可能性が存在する。しかし、最高エネルギー 100 MeV の K

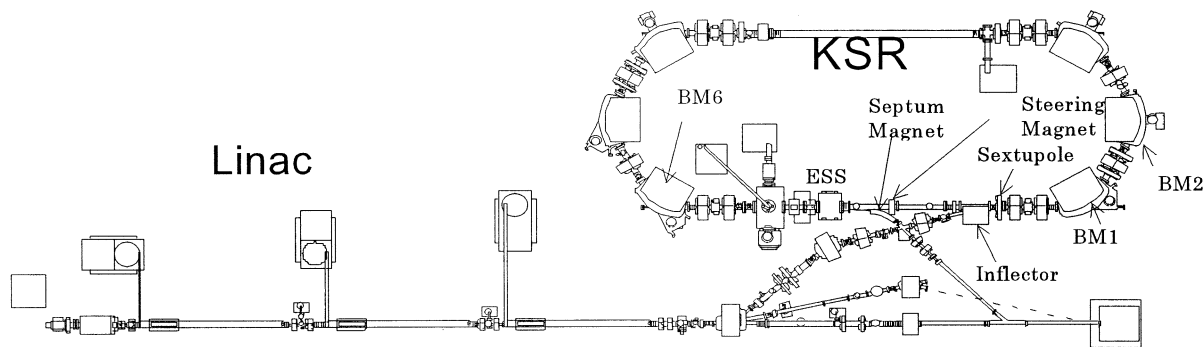


図 1 S-band Disc-load 型加速管 3 本により 100 MeV まで加速されたビームは 2 つの偏向電磁石を含む入射ラインを通り Inflector でリングに入射する。入射されリング内を周回しているビームは Electro Static Septum および Septum Magnet によりリングから取り出されビームダンプまで輸送される。

<sup>1</sup> Takashi Sugimura Tel:0774-38-3286 e-mai:sugimura@kyticr.kuicr.kyoto-u.ac.jp

SRの場合はダンピングタイムは約 3.5 秒と見積もられており1Hzでの入射・取り出しを行う場合放射減衰の効果を無視できるものと考えRF Knock Out法を採用した。

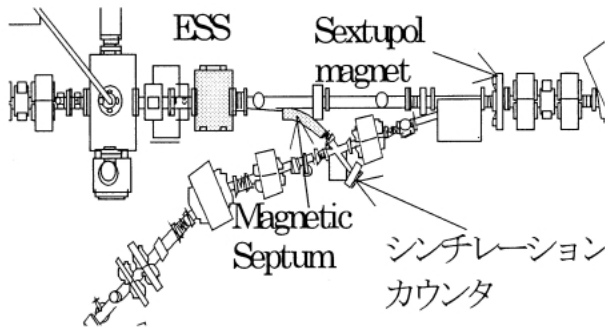


図2 取り出しセクション拡大図 後述する取り出しビーム測定のためのシンチレーションカウンタはマグネティックセプタム下流の入射ラインとのクロスダクトに取り付けられたゲートバルブの後ろに置いた。

## 2.取り出しチャンネル

図2に取り出しセクションの拡大図を示す。三次共鳴によりベータatron振動が急激に増大したビームは静電セプタムの電場のある方に飛び込み横方向のキックを受け0.86 m 下流にある二番目のセプタムであるマグネティックセプタムでさらに軌道を曲げられリングの外に導かれる。それに対しベータatron振動の振幅が十分に大きくなっていないビームは静電セプタムの電場のない方を通過するので、そのままリング内の周回を続ける。

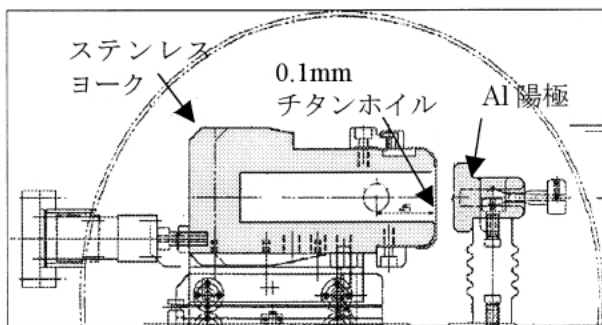


図3 静電セプタムの断面図を上流側から見たもの。図には見えないがヨークと陽極はそれぞれリニアフィードスルーにより左右に動かすことができる。

### 2.1 静電セプタム

図3に静電セプタムの断面図を示す。アルミの陽極には +100 kV の高圧電源を接続し、ギャップ間に 70 kV/cm の電場を発生させる。ヨーク内では電場は発生しないためこの中を通る周回ビームはキックを受けず

に周回を続けるが、チタンホイルと陽極間に飛び込んだビームはキックを受け右に曲げられる。表1に静電セプタムの主要パラメータを示す。

表1 静電セプタムの主要パラメータ

曲げ角 (@100 MeV)	20.5 mrad
ギャップ電場強度	70 kV/cm
長さ	0.3 m
セプタム厚	0.1 mm
最大印可電圧	100 kV

### 2.2 マグネティックセプタム

マグネティックセプタムは、静電セプタムの 0.86 m 下流に設置してある2番目のセプタムであり、静電セプタムで周回ビームと分離されたビームだけをさらに磁場により 45° 曲げ完全にリング外に取り出すために設置してある。主要パラメータは表2に示したとおりであるが、セプタム厚が 22.6 mm と厚いのはリング内の超高真空を保つためコイルをダクトの外に出しているからである。図4にインストール前のマグネティックセプタムと真空ダクトの写真を示す。

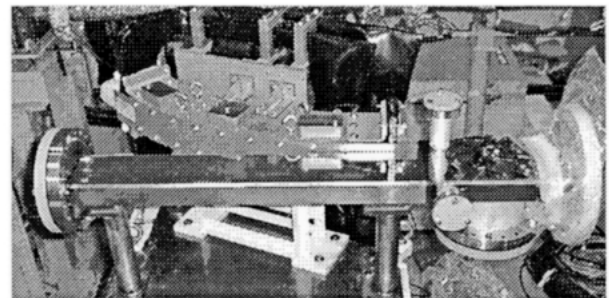


図4 中央に横に走るのが周回ビームの通るダクトで、中央部から左上に向かってのびるのがマグネティックセプタム。

表2 マグネティックセプタム主要パラメータ

曲げ角 (@100 MeV)	45°
最大磁場	0.5 T
ポール長	550 mm
最大電流	1460 A
セプタム厚	22.6 mm
コイル巻き数	8

## 3.ビーム取り出し実験

すでに図2で示した位置にシンチレーションカウンタを設置し取り出しビームの検出を行った。測定系のブロックダイアグラムを図5に示す。この実験ではビームエネルギー 80 MeV で取り出し実験を行った。このときのリング内に設置されたDCCTの出力を表したものが図6である。これから入射後数10m秒後からゆっくりビームが減っていくのが分かる。このようなビーム条件で静電セプタムの電場を 44.25kV と 6.738kV の二通

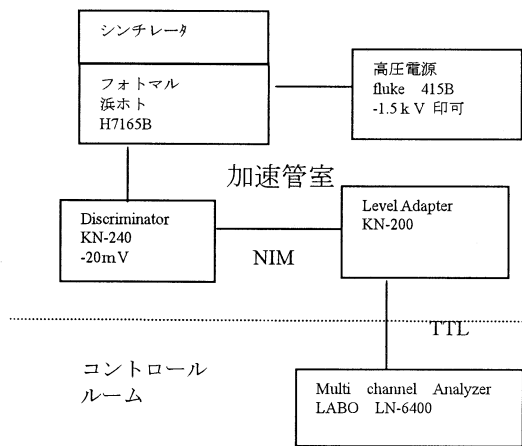


図5 計測システムブロック図

りに変え、得られたシンチレーションカウンタからの出力を 10 回分足したものの同士の差をとったものが図7である。静電セプタム電圧6.738kVはビームに対するキックとしてはほぼ無視出来るため、このときのシグナルはバックグラウンドノイズと見なすことが出来るので、この差が取り出しビームによるシグナルと言える。これから入射後少なくとも 50 msec から 800 msec にわたってゆっくりと遅い取り出しが出来ていることが分かる。また静電セプタムの電圧を一定にしたままセプタムマグネットの電流を変化させたときに 100  $\mu$  sec の時間幅に入ってきたシグナルの和の変化を示したものが図8である。磁場の変化によりシグナルが変化することからこれらのシグナルは明らかに取り出された電子によるものであり、放射線のノイズによるものではないことが確認でき、さらにセプタムマグネットの電流値の最適化ができた。

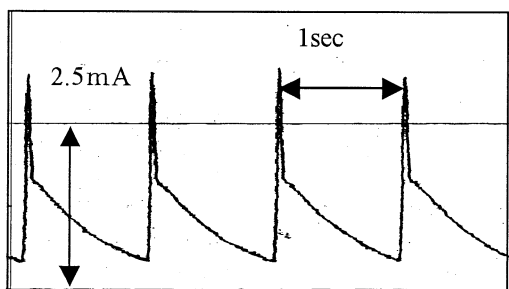


図6 DCCT 出力 横軸が時間で縦軸がリング内のビーム電流を表す。

#### 4.まとめ

当研究施設ではリニアックからの電子ビームの duty factor を増大させる為に電子リング KSR にビームを注入し、そこから三次共鳴と RF knock out 法を併用した遅い取り出しを行うことで KSR をパルスストレッチャーとし

て使うことの研究を進めてきた。その preliminary な実験結果によりこの遅い取り出しが基本的に正しく動作していることが確認出来た。今後これらの結果を踏まえてより定量的な測定を進める予定である。

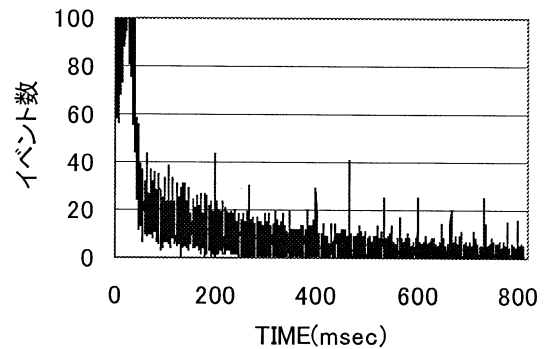


図7 取り出しビームのシグナル 所々にある鋭いピークはライナックのサイクロトロンノイズ。

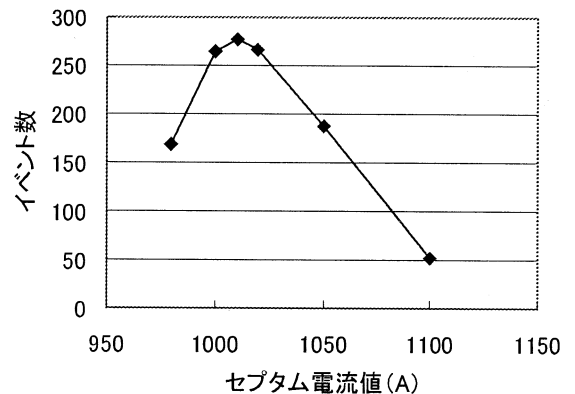


図8 セプタム電流の変化に対するシンチレーションカウンタからの出力の変化

#### 5.参考文献

- [1] A.Noda et al., "Stretcher Mode of KSR", prc. of the 11th symposium on Accelerator science and technology.(1997) 59.
- [2] A.Noda et al., "Slow extraction system of stretcher ring, KSR", prc. of the European particle accelerator conference,(1998) 2120.
- [3] A.Noda et al., "Electrostatic septum for slow extraction at KSR", Beam science and technology. (1998) 31.