

[2 a - 5]

## Measurement of the Transverse Emittances at the INS Heavy Ion Linac

M. Okada, S. Arai, Y. Arakaki, A. Imanishi, Y. Takeda,  
E. Tojyo, M. Tomizawa and K. Niki

Institute for Nuclear Study, University of Tokyo  
3-2-1 Midori-cho, Tanashi-shi, Tokyo 188 Japan

### Abstract

An accelerator for radioactive nuclei beam has been constructed at INS. The accelerator consists of a 25.5-MHz SCRFQ, a 51-MHz IH Linac and beam transport line with rebuncher. We place 4 emittance monitors in the accelerates system. In the acceleration test using a stable nuclear beam of  $N^{2+}$  ions, we measured the transverse emittances. As a result, we obtained that the beam emittances are well in the design ellipses.

### 核研重イオンリニアックにおける横方向エミッタンスの測定

#### 1. はじめに

東大核研では、大型ハドロン計画Eアレーナの開拓研究として不安定核用線形加速器を建設した。

[1]

この加速器は電荷対質量数比( $q/A$ )が1/30までのイオンを2keV/uから170keV/uまで加速する25.5MHz分割同軸型RFQリニアック(SCRFQ)と $q/A=1/10$ までのイオンを170keV/uから最大1053keV/uまで加速できる51MHzエネルギー可変型IHリニアックの2つの加速器及びその間の整合を取るためのリバンチャーを含むトランスポートラインで構成されている(図1)。現在、加速器の建設は終了し加速試験を行っているところである。

ビームと加速器の整合を取り高い伝送効率を達成するには、ビームのエミッタンスを知ることが必要である。そこで、この加速器にはビームの状態を把握し、調整等に利用するため4組のエミッタンスモニターが配置され、制御室からコントロール出来る

ようになる予定である。現在このうち3組のモニターの配置が終わっており、7月の加速テストの際に加速ビームのエミッタンスの測定を行った。今回はこのエミッタンスモニターのシステムと測定の結果について報告する。

#### 2. エミッタンスモニター

エミッタンスモニター(EM)は、ビームと加速器のアクセプタンスの関係を調べるために各加速器の入口に1組づつ、加速器の性能評価と続くビームトランスポートラインの調整の為のデータを取る目的で各加速器の出口にも1組づつ、計4組のモニターがビームライン上に配置される予定で(図1中黒丸)、現在IH出口の1台が製作中である。

各モニターはパルスモーター駆動の2スリット型のモニターである。各スリットの幅は0.5mmとした。但し、IH入口はビームサイズが小さい為、十分な分解能が得られるよう0.2mmとした。

モニターの制御は、ケーブル類の省配線化と、同

## 25.5-MHz SCRFQ

## 51-MHz IH Linac

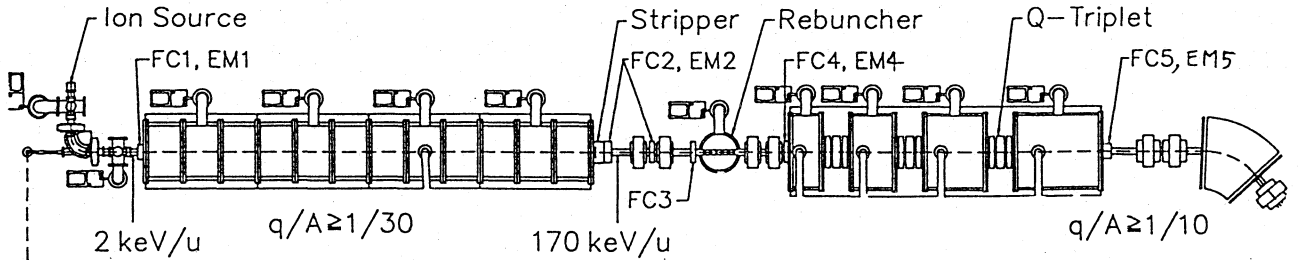


図1 加速器配置図

位置にあるモニターやファラデーカップ (FC) 同士がぶつかって破損するのを防ぐためのインターロックを入れるため、図2に示すように、シーケンサ (OMRON CQM1) を切替機にしたリモートコントロールとした。これにより、全てのモニターが制御室から操作できると同時に、各モニターの状態を常時監視出来るようになった。また、このシーケンサにFCの制御も組み込むことによりインターロックの制御もシーケンサーで行えるため、測定用コンピューターでの処理を簡素化できるようになった。

において、このモニターを用いてエミッタンスを測定した。

加速試験は、2.45GHz の ECR イオン源によるビーム幅 0.6ms、繰り返し周波数 100Hz の  $N^{2+}$  ビームを用い、加速器の運転はパルス幅 1.5ms、繰り返し 100Hz で行った。

エミッタンスの測定は、各キャビティーへの入力電力・キャビティー間の位相関係や四重極電磁石の強さ等加速器各部及びトランスポートラインの最適化を行い、加速粒子の伝送効率が最高になった状態で行った。このとき、ファラデーカップで測定した平均ビーム電流は、SCRFQ 入り口で 52 nA、出口で 49 nA、IH の入り口で 48 nA、出口で 45 nA であった。

このエミッタンスの測定結果を図3～図5に示す。

図3はSCRFQ 入口のエミッタンス・プロファイルで、モニターの位置でのエミッタンスを計算によりSCRFQ のベイン先端の位置に焼き直したものである。斜線が、測定した総電流値の 90% を含む 90% エミッタンス ( $= \epsilon_{(90)}$ ) である。また、図中の楕円はSCRFQ のアクセプタンスに相似で、大きさがSCRFQ のデザイン値である  $29.1 \pi \text{ cm} \cdot \text{mrad}$  ( $\epsilon_n = 0.06 \pi \text{ cm} \cdot \text{mrad}$ ) の楕円である。[2] X, Y 方向ともにビームの大部分は楕円の中に収まってはいるものの、中心が水平(X)方向左に 1.5mm、垂直(Y)方向上に 0.8mm ずれているなど調整の余地があることが分かった。

図4はSCRFQ 出口におけるエミッタンス・プロファイルで、モニターの位置でのエミッタンスを計算によりベイン末端の位置に焼き直したものであ

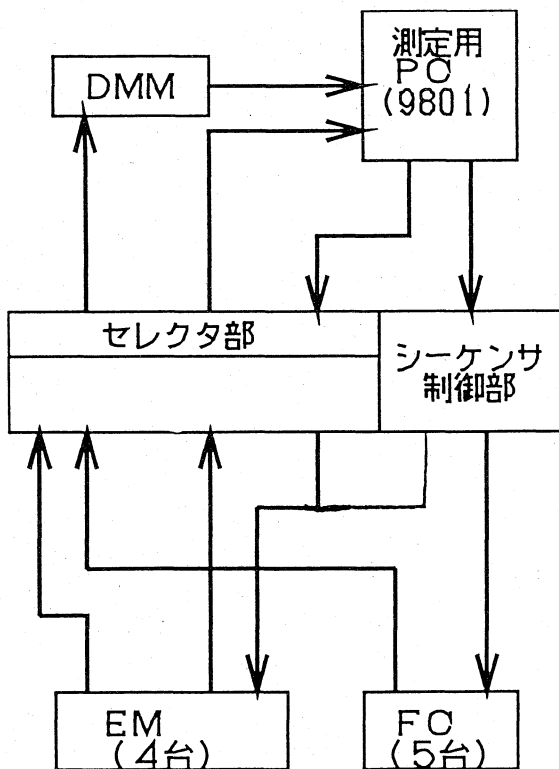


図2 モニター制御系ブロック図

### 3. 測定結果

7月に行われた重イオンリニアックの加速試験

る。ビームの 90%エミッタンス (=斜線) は PARMTEQ-H のシミュレーションから期待される  $3.11 \pi \text{ cm} \cdot \text{mrad}$  ( $\epsilon_n = 0.06 \pi \text{ cm} \cdot \text{mrad}$ ) に収まっており若干小さい。これはもともとの入射ビームのエミッタンスがデザイン値より小さいからだと考えられる。

図5はIH入口でのエミッタンス・プロファイルで、モニターの位置でのエミッタンスを計算によりIHの最初のドリフトチューブの中心の位置に焼き直したものである。点線の楕円はIHのアクセプタンスで、その大きさは  $12.4 \pi \text{ cm} \cdot \text{mrad}$  ( $\epsilon_n = 0.24 \pi \text{ cm} \cdot \text{mrad}$ ) である。また、実線の楕円はIHのアクセプタンスに相似で大きさが入射ビームのデザイン値である  $3.11 \pi \text{ cm} \cdot \text{mrad}$  ( $\epsilon_n = 0.06 \pi \text{ cm} \cdot \text{mrad}$ ) の楕円である。[3] ビームの 90%エミッタンス (=斜線) は実線の楕円より大きくなっているが、これはリバンチャー内でのビームサイズが大きく、ドリフトチューブの内縁近くの加速電場の乱れている所を通りエミッタンスが増大したためではないかと考えている。しかし、それでもIHのアクセプタンスには十分入っているのでIHでの加速には問題はない。

#### 4. まとめ

エミッタンスモニターは正常に作動し、所定の性能を得ることが出来た。しかし、現在1回の測定に約15~20分かかるのでシステムの高速化を行う必要がある。また、IH出口のモニターも9月には組み込む予定である。

エミッタンスの測定結果も十分予想通りであった。この結果をもとにさらに加速器等の調整を進めていく予定である。

今後の課題としては、今回測定に用いたビームの強度は約50nAで、1測定点での強度は最高で2.5nAであった。これに対し電流計の分解能は0.1nAであり、決してよいとはいえない値である。実際の不安定核ビームはこれよりもはるかに低い強度と予想されるので、何らかの高感度モニターの

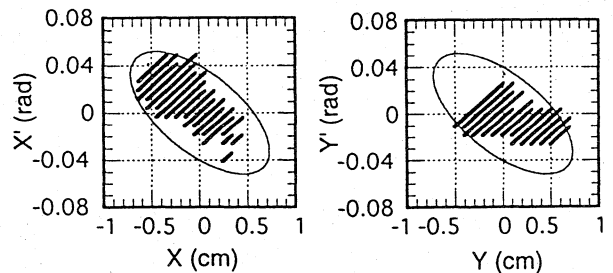


図3 SCR FQ入口エミッタンス

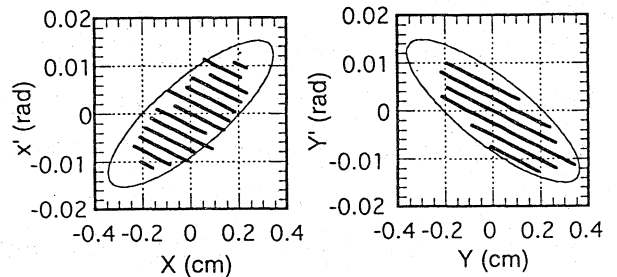


図4 SCR FQ出口エミッタンス

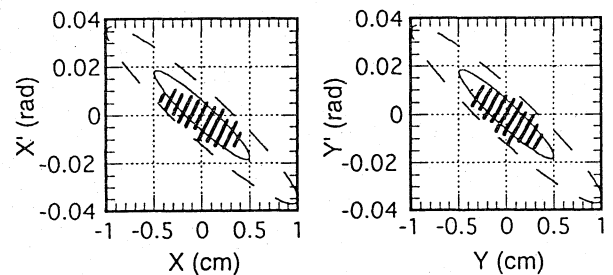


図5 IH入口エミッタンス

設置もしくは対策を検討する必要がある。

#### 参考文献

- [1] S.Kubono *et al.* : "Low-Energy Radioactive Nuclear Beam Project at INS", 3rd INS-RIKEN Symp. on Heavy Ion Collisions, Shinrin-Koen, Saitama, Japan, 1994, INS-Rep.-1084, 1994
- [2] N.Tokuda *et al.* : "Beam Dynamics Design of the INS Split Coaxial RFQ for Radioactive Nuclei", 17th International Linac Conference, Tukuba, Ibaraki, Japan, 1994
- [3] K.Niki *et al.* : "Beam Matching Section in the INS Heavy Ion Linac Complex", Particle Accelerator Conference, Washinton, D.C., 1993, INS-Rep.-979, 1993