

Intense Beam Acceleration in Space Charge Dominant Region on TIT RFQ Linac

M.Okada, T.Hattori¹⁾, M.Okamura²⁾, K.Sasa¹⁾, H.Tomisawa¹⁾

Institute for Nuclear Study, Univ. of Tokyo

Tanashi-shi, Tokyo 188, Japan

1) Research Laboratory for Nuclear Reactors,

Tokyo Institute of Technology

2) The Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN)

ABSTRACT

Acceleration tests of the TIT RFQ linac have been conducted by using a He⁺ intense beam. The space charge effect on the beam transmission has been examined by measuring the accelerated beam current as a function of the input rf power. When the injection beam current is 2.5mA, the maximum accelerated beam current is 1.6mA which corresponds to the limit current due to the space charge effect.

東工大RFQ型加速器による空間電荷効果領域のビーム加速

1. はじめに

東工大RFQ線形加速器は、重イオン慣性核融合の基礎研究・重イオン励起レーザー等の研究開発を目的として製作された4ベイン型RFQ線形加速器^[1]である。本加速器は、電荷質量比(q/A) $\geq 1/16$ の粒子を核子あたり5keVから214keVまで加速することが出来、電荷質量比1/16の粒子で、10mAの入射に対し7mAの加速ビームを取り出すことが出来るよう設計されたものである。

ところで、RFQ加速器は低エネルギー領域における高い透過効率が特徴であるが、大強度ビームを加速する場合、ある程度の強度になると透過効率が低下するようになり、ついにはほとんど強度が増えな

くなってしまふ。

その原因として最も重要なのが、空間電荷効果による発散力である。この効果はビーム自身の電荷に因る為、粒子密度の高い高輝度・低エネルギー領域でより顕著となる。そのため、主にこの領域で用いられるRFQ加速器の場合、特に重要な問題となる。そこで今回、空間電荷効果の無視できない強度のビームを用いて加速実験を行い、低強度ビームを加速した場合と比較し、空間電荷効果による影響を調べることにした。

2. 入射ビームの測定

本実験にあたって、入射ビームはHe⁺ 2.5mAのビームを用いることにした。これは、空間電荷による影響を、東工大RFQ

の設計値である電荷質量比(q/A) = 1/16の粒子ビーム 10mA と同等にするためである。

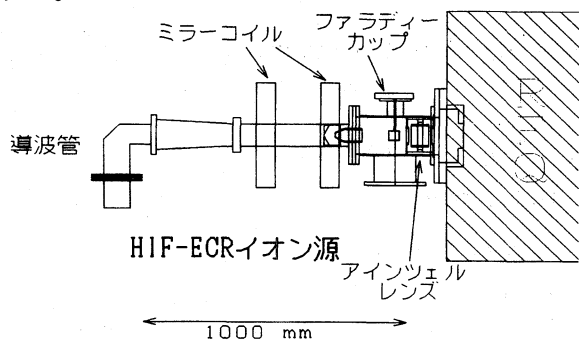


図 1 入射系配置図

入射系は図1に示すように、2.45GHzのECRイオン源と収束要素としてアインツェルレンズ1つによって構成される。このイオン源からのビームのエミッタンスの測定結果を図2に示す。測定は入射系内の配置はそのままにして、RFQの代わりに2スリット型エミッタンスモニターを配置した専用のベンチを用いて行い、引きだし口から800mmの所で測定した。測定点でのビームの広がり装置の測定範囲を超える為、測定は半分だけ行った。先端部分が左回りに歪んでいるのは、ビームが空間電荷効果により発散していることを示している。

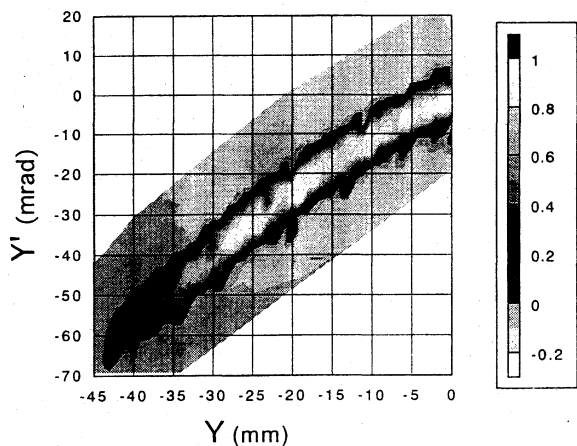


図 2 イオン源のエミッタンス

このビームをアインツェルレンズで収束させた時のエミッタンスを図3に示す。これはベンチにおいて測定したものを、マトリックス計算によりRFQ入射口まで戻したものである。図中の楕円はRFQのアクセプタンス楕円である。空間電荷効果による歪みはアインツェルレンズの収差による歪みに完全に覆われてしまっている。また、輝度を考えれば、ビームはアクセプタンス楕円によく納まっているといえる。

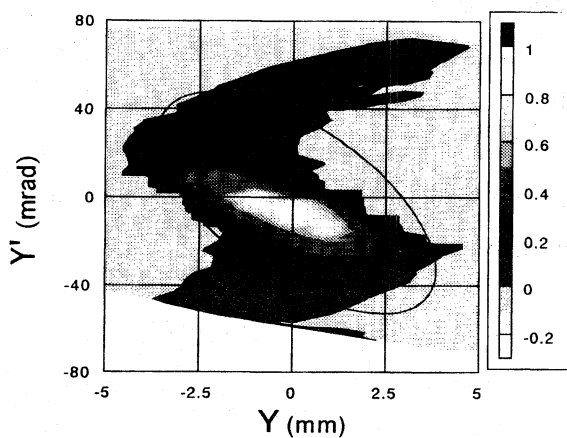


図 3 入射口でのエミッタンス

3 加速ビームの測定

このビームを用いた加速実験の結果を図4に示す。これは加速ビームを分析電磁石で90°に曲げたものをオシロスコープで見たもので、下は同軸管の方向性結合器のピックアップ電圧で、上が加速ビーム電流である。ビーム電流は、ファラデーカップに3kΩの抵抗をつなぎ、電圧で測定した。その結果、1.6mAの加速ビームを測定し、透過効率は約70%となった。この値は、空間電荷効果による透過効率の低下を考慮した場合の予測値にほぼ等しい。このとき、RFQ加速器に電力を供給する同軸

管の方向性結合器の電圧はピークからピークまでで 5.6V で、これは投入高周波電力では 21kW に相当する。また、Duty は 5%、繰り返しは 25Hz である。

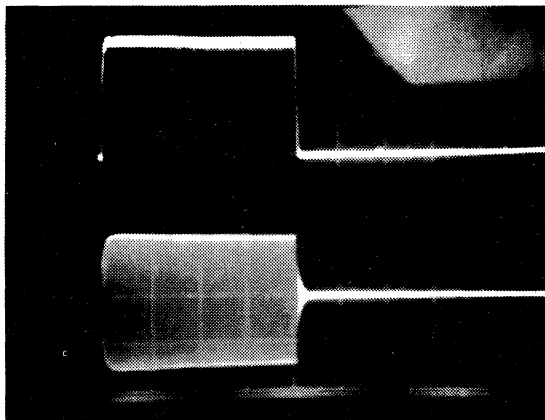


図 4 加速ビームと投入高周波
(縦：2V/div 横：0.5ms/div)

つぎに投入高周波電力と加速ビーム電流量との関係を図 5 に示す。入力電力は方向性結合器のピックアップ電圧から計算した値である。ビーム電流量は、最大値を 1 として規格化してある。破線が大強度ビームの場合で、実線が小強度ビームの場合である。

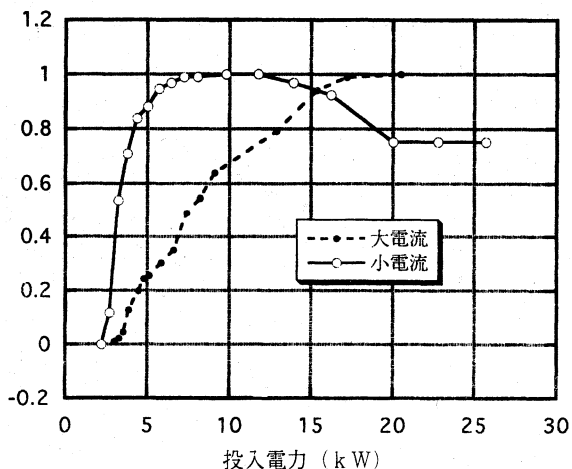


図 5 加速ビーム電流と投入電力

投入電力と加速ビーム電流のグラフにおいて、大強度のビームの方が小強度ビー

ムの場合に比べて立ち上がりが鈍い、これは、入射ビームの強度が大きい場合、ビームローディングや空間電荷効果の影響で、ベイン間電圧が投入電力から予想される値まで達していないからと考えられる。

4. まとめ

この実験の結果、 He^+ 2.5mA の入射に対して 1.6mA の加速ビームが得られた。これは、RFQ の設計値に十分近いものである。今後、今回のビームのパラメーターを元に軌道計算を行い、実験結果との比較を行う予定である。

参考文献

- [1]東工大 RFQ 型重イオン線形加速器とその現状, プラズマ・核融合学会誌,(1995), 服部俊幸 岡村昌宏