

# DESIGN OF PROTON RFQ LINAC

H. Okamoto, S. Fukunaga, Y. Iwashita,  
M. Inoue and H. Takekoshi  
Institute for Chemical Research, Kyoto University

## ABSTRACT

Characteristic parameters of a 2-MeV proton RFQ linac at Kyoto University whose operating frequency is 433.3MHz are searched. The cavity of the RFQ will be completed early in the next year.

### 1. はじめに

京大化研ではS63年度末の完成を目標にRFQとアルバレ型DTLから成る7MeV陽子リニアックを建設することになっている。初年度は出力エネルギー2MeV, 加速周波数433.3MHzのRFQを完成させる予定で、これまでこのRFQに対するdesign studyは短期間ではあるが精力的に行われてきた。モデルタンク等を用いた測定はまだ行われていないが、現時点で今回建設するRFQの各パラメータに対する設計上の目安は一応ついたと思われるのでその結果について簡単に報告する。

### 2. RFQのパラメータサーチ

化研RFQをデザインするにあたってまず次の条件を課すことにした。

- (1) 加速粒子  $H^+$ ,  $H^-$
- (2) 加速周波数 433.3MHz
- (3) 入射エネルギー 50keV ~ 出力エネルギー 2MeV
- (4) 出力ビーム電流 50mA

また上記の条件に加えて、ベーン等の製作・加工上の要求から次の二つの制限条件を考慮しつつパラメータサーチを行うことにした。

- (a) タンクの軸長が2mを大きく越えないこと
- (b) ベーンのモデレーションは二次元的に切削加工し易い値に設定すること

制限条件(a)は電場の不安定性を軽減するため及び加速空洞を精度良く一体加工するための要請であり、またベーンチップ断面の曲率を一定にすることが許されるならば、制限条件

(b)によってベーン加工は三次元NCマシンを使った場合よりも簡単かつ低コストで実現できることになる。しかし制限条件(a), (b)は互いに相反関係にあると言ってもよく、ベーンの二次元加工が可能となるようにモデレーション等の値を設定すると、効率良く2MeVの出力エネルギーを得るために必要なタンクの長さは2mをかなり超過してしまう。当初はベーンのモデレーションを円弧で近似して半径20mmのカッター

Table. 1 RFQの各パラメータ

operating frequency (MHz)	433.3
kinetic energy (MeV)	0.05~2.0
vane length (cm)	219.48
cavity diameter (cm)	16.5
characteristic radius (mm)	2.999
min. bore radius (mm)	1.99
max. modulation	1.90
focusing strength	4.54
intervane voltage (kV)	80
transmission efficiency	
(normalized emittance of input beam : $0.7\pi\text{mm}\cdot\text{mrad}$ )	
99% (0mA)    95% (30mA)    88% (60mA)	

を使用した場合に制限 (b) から要求される条件を求め、その条件を満たすようにモジュレーション等の値を設定していった。

以上のような条件を考慮した上でできるだけ効率の良いパラメータをシミュレーション計算によりサーチした。設計値の概略を Table. 1、及び Fig. 1 に示す。Fig. 2 に入射ビームの電流値に対する粒子の通過効率を、Fig. 3 に出力電流値を示す。

これらの図から明らかのように、今回のデザインによれば 50 mA 程度までの入射ビーム電流に対して 90% 以上の効率が期待できる。また当初の条件であった出力ビーム電流 50 mA 以上を満足するためには入射ビームの電流値を 60 mA 前後の値にとれば十分であることが分かる。

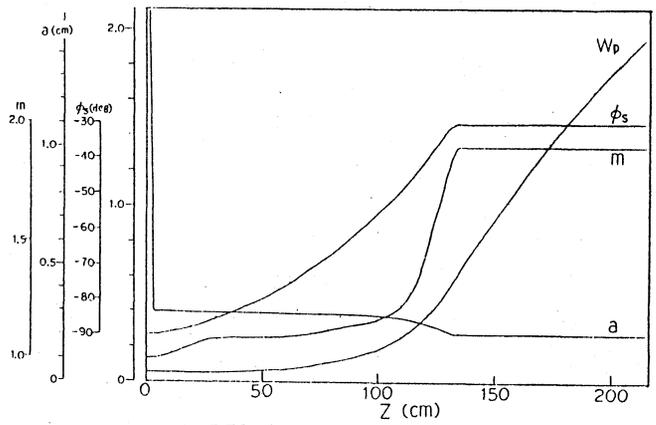


Fig. 1 RFQ design parameters

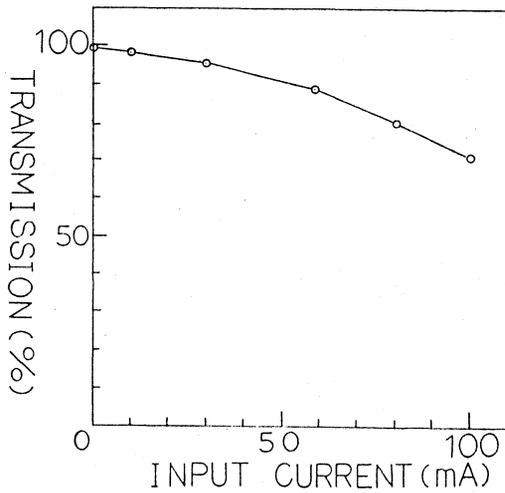


Fig. 2

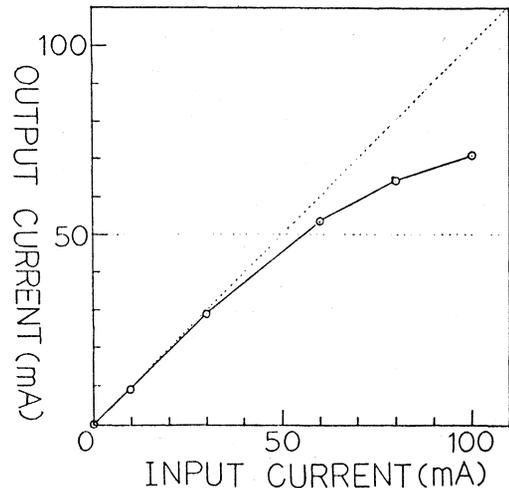


Fig. 3

### 3. ベーンの加工について

ベーンの加工に関しては前述の通り二次元的な切削を考え、それが可能となるようにモジュレーション等の値を設定した。しかしデザインの際に用いた制限条件はモジュレーションを円弧で近似したものであったのに対して、実際の加工は正弦曲線に沿うようにカッターを動かしたためくい違いが生じてしまった。半径の非常に小さいカッターを用いることが出来れば、加工後のベーンの形が理想的な正弦曲線となる場合カッターの中心は一定方向に移動するはずであるが、半径 20 mm のカッターを用いるとかなりのセルでカッターの中心軌道が逆行することが分かった。このカッター中心の逆行現象によってベーンは余分な切削を受けその形が理想形からずれてしまうことになる (Fig. 4)。一例として 140 セル目における切削の様子を Fig. 4, Fig. 5 に示す。上側の図の二つの曲線はカッターの中心軌道及び理想形からの余分な切削の大きさを表しており、下側の図の二つの曲線はベーンの理想形と切削加工後の形である。Fig. 4 からカッターの中心軌道がモジュレーションの谷の部分で逆行しており、このときの余分な削り込の大きさが最大で 67 μm あることが分かる。このずれをなくすにはカッターの半径を小さくすれば良いが強度の点を考えるとむやみに小さいカッターを使用することはできないので、Fig. 5 に示すようにカッターの中心軌道を補正することを考えた。この補正をいれるとず

れの大きさは補正前の約  $1/3$  に減少している。また半径  $15\text{ mm}$  のカッターが使用可能であれば、中心軌道補正を行うことにより理想形からのずれを全セルにわたって最大でも数  $\mu\text{m}$  程度に抑え込むことができる。

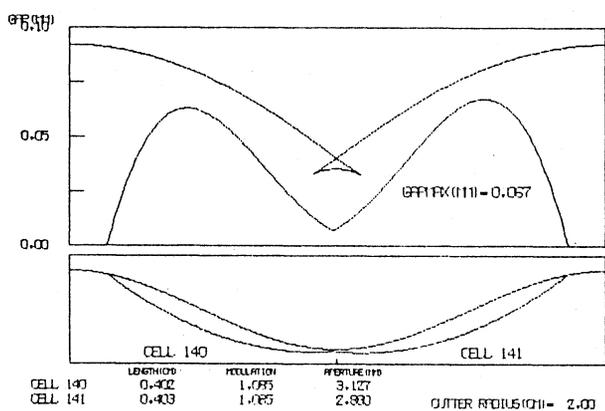


Fig.4 Vane shape of No.140-cell

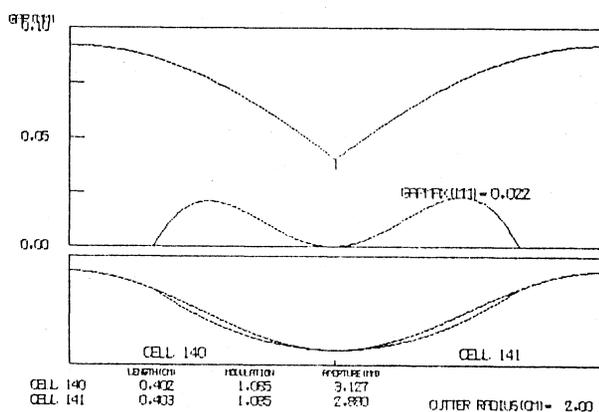


Fig.5

### REFERENCES

- 1) I.M.Kapchinskii and teplyakov, Prib.Tekh.Eksp., No.2(1970)
- 2) K.R.Crandall, R.H.Stokes and T.P.Wangler, Proc.1979 Linear Accelerator Conf.
- 3) H.Klein, IEEE Trans.Nucl.Sci.NS-30, No.4, 3313(1983)
- 4) L.D.Hansbrough, Compiler, "PIGMI: A Design Report for a Pion Generator for Medical Irradiation", LANL report LA8880(1981)
- 5) S.W.Williams et al., IEEE Trans.Nucl.Sci.NS-28, No.3, 2976(1981)
- 6) K.R.Crandall et al., IEEE Trans.Nucl.Sci.NS-30, No.4, 3554(1983)
- 7) N.Tokuda and S.Yamada, Proc.1981 Linear Accelerator Conf.