

STUDY ON A RADIO FREQUENCY QUADRUPOLE
FOR THE BASIC TECHNOLOGY ACCELERATOR IN JAERI

K. Hasegawa, M. Mizumoto, H. Yokobori, H. Mino and Y. Kaneko
Accelerator Engineering Laboratory, JAERI
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, 319-11, Japan

ABSTRACT

Design study on a RFQ for the Basic Technology Accelerator (BTA) in JAERI has been carried out. An operating frequency is 201.25MHz and the RFQ resonator is a four vane type. Proton beam from the ion source with an energy of 0.1 MeV is accepted and accelerated up to 2 MeV. Average output beam current is 10mA and duty factor is 10%. In this report, the design procedure and design parameters are presented.

原研技術開発用加速器 (BTA) のRFQ検討

1. はじめに

原研では、核破砕反応を用いたTRU消滅処理のための大電流陽子加速器として、工学試験用加速器 (Engineering Test Accelerator:ETA、エネルギー 1.5GeV、平均電流 10mA) の開発計画を進めている。この開発の第一歩として、入射器部分の試験を行う技術開発用加速器 (Basic Technology Accelerator:BTA、10MeV、10mA) のRFQに関する設計検討を行った。

2. 設計検討手順

RFQの設計にあたり、タイプ、周波数、入・出口エネルギーなどの基本的なパラメータの選択が必要である。RFQはrod型とvane型に分類されるが、製作コストが高くなる欠点はあるものの、シミュレーション計算と比較的良く合う点、除熱の容易さなどからvane型を採用した。RF周波数は、ビームの質の点から周波数が高い方が望ましいとの指摘が米国ロスアラモス研究所で出されているが、空洞やベーンサイズが小さくなることに伴う除熱の困難さや、RF源の入手性から、200MHz帯を選択した。RFQの入射エネルギーは、イオン源の出口におけるビームの広がりを少なくするために100keVとし、出口エネルギーはDTLが無理なく受け入れ可能な2MeVとした。RFQの設計には、ロスアラモス研究所で開発されたCURLIとRFQUIK⁽¹⁾を用いた。CURLIはRFQのパラメータから限界電流値を計算するコードであり、これを用いてgentle buncher出口部分でのパラメータを求めた。本検討では、ピーク電流値の2倍である200mAにより設計を行なった。また、最大表面電場としては、Kilpatrick電圧の1.8倍を採用した。CURLIにより得られたgentle buncher出口でのa(bore半径)、m(modulation factor)、B(集束力)の結果を使用し、RFQUIKによりRFQ設計パラメータを計算した。ビームダイナミックス計算コード(PARMTEQ)でシミュレートし、エミッタンスや透過率を導出した。この結果から、RFQUIKの入力パラメータを多少調整し、エミッタンスと透

過率についての最適化を図った。また、SUPERFISHによる電場計算にもとづき、RFの壁面ロスなどを導出した。

3. 検討結果

設計パラメータをTable 1 およびFig.1に示す。RFQの長さは3.34mであり、その働きから便宜上、radial matching(RM), shaper, gentle buncher(GB), acceleratorの4つのセクションに分けられる。RM以降は集束力を一定に保ち、shaperおよびGB部分で同期位相を直線的に -35° まで変化し、あわせてビームのバンチングを行う。accelerator部分では m, a, ϕ を一定にして出口エネルギーである2MeVまで加速する。Fig.2はPARMTEQで得られたビーム軌道計算結果であり、95%の透過効率が得られた。Fig.3はSUPERFISHで計算された電場強度、単位長さあたりのRF壁面ロスである。タンク壁面の発熱量が大きいことがわかる。

RFQの構造設計やビームダイナミックスの計算結果をもとに、機械設計についても検討を行った。本RFQはデューティが10%と高いために、ベーン部分で発生する熱の除去が重要な課題となる。また、熱変形に伴う空胴の共振周波数への影響、ビームダイナミックスに与える影響への考慮が必要となる。本検討では、熱計算コードNASTRANを用いて、発熱による変形量を評価し、共振周波数への影響はSUPERFISHを用いて評価した。この結果、タンクおよびベーンの先端の最大変移はそれぞれ $23\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ であり、これに伴う周波数変化は、タンクの径が大きくなることによる寄与が -30kHz 、ベーンが延びることによる寄与が -130kHz であり、合計 -160kHz と推定された。

以上の検討結果を踏まえ、今後はRFQモデルの製作・試験を行う予定である。

参考文献

1. K.R.Crandall et al.: Proc. of 1979 Linear Accelerator Conference, p.205

Table 1 RFQ parameters

Frequency	201.25	MHz	Transmission	95%	
Energy	0.1 ~ 2	MeV	Emittance (Normalized)		
Current	110	mA	x Input	0.05	$\pi\text{cm}\cdot\text{mrad}$
Duty Factor	10	%	Output	(98%) 0.159	$\pi\text{cm}\cdot\text{mrad}$
Vane Voltage	0.113	MV(1.8E _v)		(90%) 0.089	$\pi\text{cm}\cdot\text{mrad}$
Cavity Diameter	35.1	cm		(rms) 0.017	$\pi\text{cm}\cdot\text{mrad}$
Vane Length	333.7	cm	y Input	0.05	$\pi\text{cm}\cdot\text{mrad}$
Radial Matching	0 ~ 4.4	cm	Output	(98%) 0.173	$\pi\text{cm}\cdot\text{mrad}$
Shaper	4.4 ~ 127.8	cm		(90%) 0.093	$\pi\text{cm}\cdot\text{mrad}$
Gentle Buncher	127.8 ~ 225.5	cm		(rms) 0.017	$\pi\text{cm}\cdot\text{mrad}$
Accelerator	225.5 ~ 333.7	cm	z Input	0.	$\pi\text{MeV}\cdot\text{rad}$
Synchronous Phase	$-90^\circ \sim -35^\circ$		Output	(98%) 0.0394	$\pi\text{MeV}\cdot\text{rad}$
Number of Cell	180			(90%) 0.0166	$\pi\text{MeV}\cdot\text{rad}$
Minimum Bore Diameter	0.75	cm		(rms) 0.0019	$\pi\text{MeV}\cdot\text{rad}$
Max. Modulation Factor	2.098		Output Energy Resolution	3.8	%
Focusing Force	7.114				
Quality Factor	-13000				
Wall Loss Power	462	kW(60% Q)			
Beam Power	209	kW			

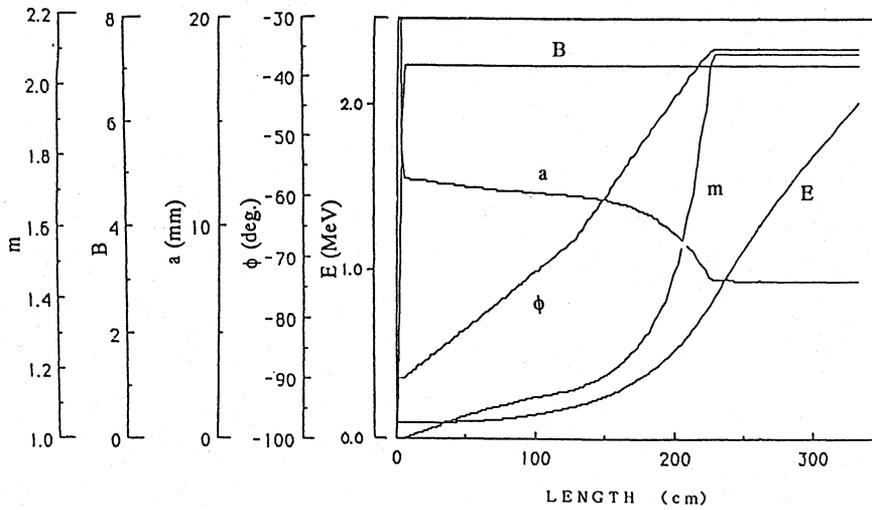


Fig. 1 RFQ design parameters
 m: Modulation Factor B: Focusing Factor
 a: Bore Radius Diameter ϕ : Synchronous Phase
 E: Energy

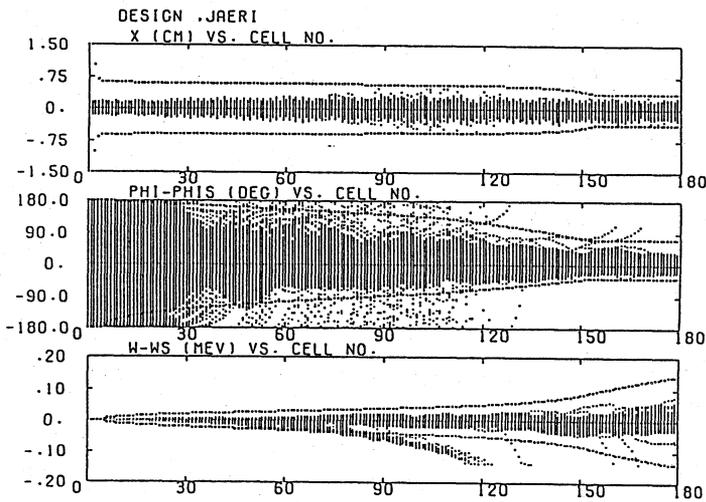


Fig. 2 Results from the design:
 x-profile, phase-profile
 and energy-profile.

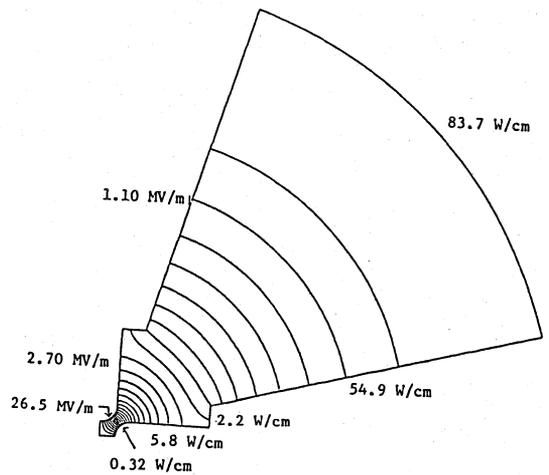


Fig. 3 Results from SUPERFISH