

## DEVELOPMENT OF THE DSM INJECTOR

Osamu TAKEDA\*, Kineo TSUKADA, Kazuo SATO, Ken HAYAKAWA,  
Toshinari TANAKA, Katsuhisa YOSHIDA\*\*, Motoyuki TAGAWA\* & Masayuki MIYAHARA\*

Atomic Energy Research Institute, Nihon University

\* Dept. of Physics, College of Science and Technology, Nihon University

\*\* Faculty of Science, Tohoku University

### Abstract

The injector for the Double-sided Microtron(DSM) of Nihon University is a 5 MeV cw linac which consists of a 100 keV electron gun, an rf chopper system, a prebuncher and two Disk and Washer(DAW) accelerating tubes. In this paper we present both design and status of construction of the 100 keV beam line and the buncher accelerating tube.

### 1. 序

日本大学原子力研究所で建設中の3.5 MeVダブル・サイデッドマイクロトロンの入射器は、エネルギー5 MeVのCWライネックである。入射器は大きくわけて2つの部分から成る。一つは100 keVのビームラインであり、もう一つは加速管部分である。100 keVビームラインは、100 kVの電子銃、チョツパーシステム、プリバンチャーから成り、加速管部は2本の加速管から成る。2本の加速管のうち最初の本はバンチャーである。現在、100 keVビームラインと、バンチャー加速管まで設計、製作が進んでいるので報告する。

### 2. 100 keVビームライン

電子銃は、直流モード及びパルス・モード双方での動作が可能な、グリッド制御の3極管である。カソードにはタンガス・ステン・ディスプレイ・ペンサータイプを採用した。直流モードで5 mA以上、パルス・モードで100 mA程度までの電流が取り出せるようにアノード、カソード、ビーム成形電極(ウエネルト電極)の形状を定めた。カソードのヒーター電流及び、カソード・グリッド間の印加電圧を制御することによりビーム電流を制御する。

チョツパーは、ビームの擾乱が最も小さいと考えられる2個のRF空洞を使用する方法を採用した。空洞は矩形で、この中に $TM_{210}$ 及び $TM_{120}$ モードを $90^\circ$ 位相をずらして励振すると中心軸上には、絶対値が一定でマイクロ波と同じ周期で回転する磁界が得られる。この磁界でビームは円錐形に偏向される。2つの空洞の間に置かれた扇形のスリットで位相幅にして $60^\circ$ 分に制限されたビームは、第2の空洞で第1の空洞とはちやうど逆の過程を経験し元のビームラインに戻る。

プリバンチャーは通常のRFライナックに使用される2856MHz用のものを、2450MHz用にスケーリングして使用する。プリバンチャーでは、位相幅60°の電子群を位相幅10°程度にまで集群する。

第1図に100keVビームラインの概念図を示す。第2図には100keVビームラインによって計算されたビーム軌道を示す。

### 3. バンチャー 加速管

昨年度報告した計算結果<sup>1)</sup>に従って、アルミ合金製のテスト空洞を製作してマイクロ波特性を調べるための低電力試験を行った。DAW型空洞の各部寸法のシンボルを第3図に、製作した空洞の実際の寸法を第1表に示す。

加速モード周波数の測定は、ディスク部中心面でショートした空洞で行った。ワッシャーの支持にはテフロン製のステムを使用し、ステムの本数を変えて共鳴周波数を測定してステムの本数が零本のときの値を外そうすることにより加速モード周波数を求めた。

結合モード周波数の測定は、ワッシャー部中心面でショートした空洞で行った。この場合ステムは存在しないので、その影響は考慮しなくともよい。測定結果を第2表に示す。β値の異なる空洞で共鳴周波数にばらつきがあるのは、空洞の寸法精度が原因であると考えられる。

加速モードの無負荷Q値( $Q_0$ )はディスク部中心面でショートした空洞で行った。ワッシャーの支持にはテフロン・ステムを使用し、共鳴周波数の場合と同様ステムの本数を変えて $Q_0$ を測定してステムが零本の場合を外そうすることにより空洞の $Q_0$ を求めた。測定の結果得られた $Q_0$ をSUPERFISHによる計算値とともに第3表に示す。銅とアルミニウムの電気伝導率の比で実験値をスケーリングすると計算値のほぼ80%となる。これは、ディスク部とシリンダー部の電氣的接触の不完全さのためと考えられる。異なるβ値を持つ空洞を結合した場合の軸上での加速電界を摂動法によって測定した。各空洞中での最大電界強度の比を第4図に示す。これらの測定からSUPERFISHによる計算値と実験値はよく一致することがわかった。

マイクロ波源として、2.45GHzのクライストロンを使用することが決定したのでDAW型空洞の共鳴周波数の再調整を行った。形状の最適化の手順は、前回の報告と同様である。ただし今回は、β値が0.7, 0.8, 0.9, 1.0の空洞について、同一のワッシャーを用いる場合と、空洞長の減少に従ってtDが小さくなる場合の2種類の場合について計算を行った。

結果を第4表に示す。ワッシャーのノーズ長 $N_L$ を統一した場合、 $\beta$ 値が1.0よりも小さい空胴では $\omega$ が極端に大きくなる。このため、ディスクに狭まれた空間の電界の様子に、 $\beta$ 値が1.0の空胴とそれ以外の空胴では大きな相異が見られる。これを避けるため実際の加速管では、空胴長とともに $\omega$ を変化させることとした。

計算を行った、 $\beta$ 値が1.0, 0.9, 0.8, 0.7の空胴について、ステムの共鳴周波数に対する影響を調べるためにテスト空胴を製作した。まずテフロンステムを使用して、ステムのない場合の加速モード周波数を測定した。次に、テフロンステムに替えてアルミニウムステムを使用して共鳴周波数の測定を行った。この時、ステムとシリンダーとの間の電氣的接触を確実にするためはんだ付けを施した。以前の経験からステムの影響で加速モード周波数は数十MHz以上高くなること、また空胴を多数結合すると高くなった周波数が逆に下がることわがわっている。そこで共鳴周波数の変化を次のように予測した。

$$\Delta f = \Delta f_s - \Delta f_M \sum_{n=1}^N \left(\frac{1}{2}\right)^{n-1}$$

$\Delta f_s$ は単一空胴について、ステムの影響による共鳴周波数の変化、 $\Delta f_M$ は空胴数を1個から2個にした場合の周波数の変化、 $N$ は結合している空胴の数である。 $\beta$ 値が異なると、 $\Delta f_s, \Delta f_M$ もそれぞれ異なるので、加速管を構成する各空胴について $\beta$ 値を重みとした平均値をとり $\Delta f_s, \Delta f_M$ として使用する。モデル空胴を用いて測定した値と上の式で予測した値を第5表に示す。これによると予測値と実験値はよく一致している。

SUPERFISHで計算した軸上の加速電界を使用して、電子の加速状態をシミュレートして加速管の構成を決定した。加速管長を2mとして、入力電力が40kW程度でエネルギー利得が2MeV以上になるように $\beta$ 値の組み合わせを決定した。また製作上の簡便さを考えて、 $\beta$ 値の種類は4種類とし、空胴での電力損失に極端なばらつきができないように考慮した。各空胴のチューニングについては、1m長加速管と同様の方法を採用したが、最終ロー付け後のチューニングのためにロー付け後も可動なチューナーを3カ所に取り付けた。導波管の結合には今まで使用してきた同軸型カップラーではなく、通常の加速管のディスク部に結合口をあけたカップラーを使用する。また、ロー付け用の炉の制約から2m長の加速管を1mずつに分割してフランジで合めせる方法を採用した。

## 参考文献

- 1) K. TSUKADA et al., Proc. 9th meeting on Linac, 136 (1984)

第1表 モデル空洞の寸法

$\beta$	L (cm)	NL (cm)	$t_D$ (cm)	$R_D$ (cm)
0.6	1.875	1.354	1.018	5.228
0.7	2.188	1.354	1.436	5.337
0.8	2.5	1.354	1.689	5.439
0.9	2.813	1.354	1.818	5.616
1.0	3.125	1.354	1.25	6.07

$R_C = 7.35\text{cm}$ ,  $R_W = 4.947\text{cm}$ ,  $t_W = 0.4\text{cm}$

第2表

共鳴周波数の測定結果

$\beta$	acc. mode	coupl. mode
1.0	2395.5	2397.6
0.9	2395.9	2388.9
0.8	2396.0	2399.5
0.7	2391.9	2393.7
0.6	2394.1	2391.9

(MHz)

第3表 Q値の測定結果

$\beta$	1/Q	Q	$Q_{scal}$	$Q_{SF}$
0.6	$2.04 \times 10^{-4}$	$4.90 \times 10^3$	$7.83 \times 10^3$	$9.25 \times 10^3$
0.7	1.82	5.49	8.78	10.9
0.8	1.54	6.49	10.4	12.5
0.9	1.25	8.00	12.8	14.2
1.0	1.08	9.26	14.8	16.6

$Q_{scal}$  は銅にステリングのQ値,  $Q_{SF}$  は SUPERFISHによる計算値

第4表 2.45GHz DAW空洞

$\beta$	L (cm)	NL (cm)	$R_D$ (cm)	$t_D$ (cm)
0.7	2.141	1.415	5.28	1.415
0.8	2.447	1.415	5.373	1.722
0.9	2.753	1.415	5.597	1.85
1.0	3.069	1.415	6.141	1.223

$\beta$	L (cm)	NL (cm)	$R_D$ (cm)	$t_D$ (cm)
0.7	2.141	1.532	5.421	0.865
0.8	2.447	1.561	5.603	1.078
0.9	2.753	1.541	5.841	1.193
1.0	3.069	1.415	6.141	1.223

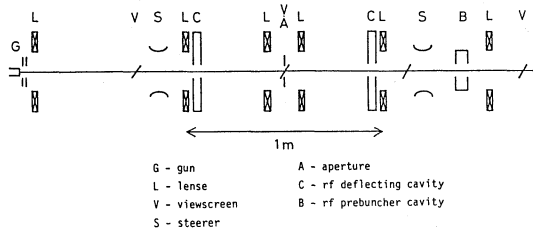
$R_C = 7.35\text{cm}$ ,  $R_W = 4.721\text{cm}$ ,  $t_W = 0.4\text{cm}$

第5表 共鳴周波数の予測値

Cavity	$f_{cal}$ MHz	$f_{exp}$ MHz
	2515.1	2516.9
	2514.1	2516.0
	2514.0	2514.9
	2512.3	2511.8
	2511.9	2510.8

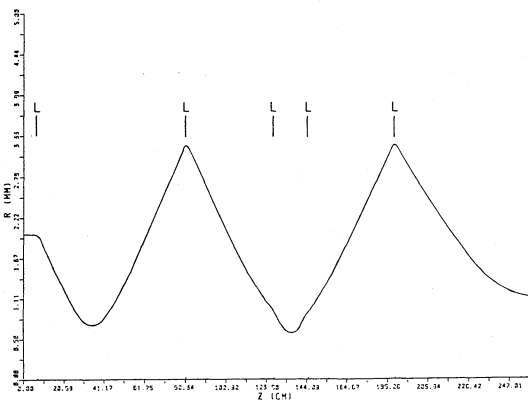
$f_{cal}$  は予測式による値  
 $f_{exp}$  は ETL空洞の実験値

第1図 100keV ビームラインの概念図

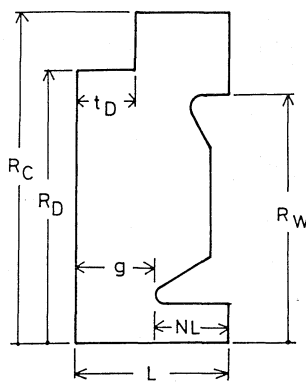


G - gun  
L - lens  
V - viewscreen  
S - steerer  
A - aperture  
C - rf deflecting cavity  
B - rf prebuncher cavity

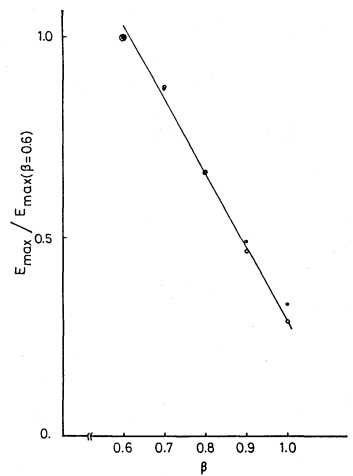
第2図 100keV ビームラインでのビームの包絡線  
L はマグネティック・レンズの位置



上は、NLが一定の場合  
下は、 $t_D$ を変化させた場合



第3図 DAW型空洞の縦断面のモデル



第4図 軸上での最大電界強度比

○ .. 計算値  
● .. 実験値