

O.Takeda\*, K.Sato, K.Hayakawa, T.Tanaka, K.Yoshida, M.Tagawa\*, and M.Miyahara\*

Atomic Energy Research Inst. ,Nihon University

\* College of Science and Technology ,Nihon University

ABSTRACT

The injector for the Double-sided Microtron(DSM) of Nihon University is a 5MeV cw linac. Main parts of the injector, which are a H.V. terminal, an electron gun, a chopper, a buncher accelerating tube and an rf system have been installed. In this paper, the results of low and high power tests of the buncher tube are presented.

The buncher tube was tuned in 2450 MHz. After brazing, the Q value of 19000 and the resonant frequency of 2449.83 MHz were obtained. High power test has been performed with the duty factor of 36 % and the peak rf power of 50 kW.

1. 序

日本大学原子力研究所で建設中の35MeVダブルサイデッドマイクロトロン(DSM)の入射器は、100kVの高電圧ターミナル、グリッド制御のDC電子銃、チョッパースystem、プリバンチャー、バンチャー、プリアクセレーターから構成される5MeV cwライナックで、現在バンチャー部分までの組立が完了している。今回は、バンチャー加速管について報告する。

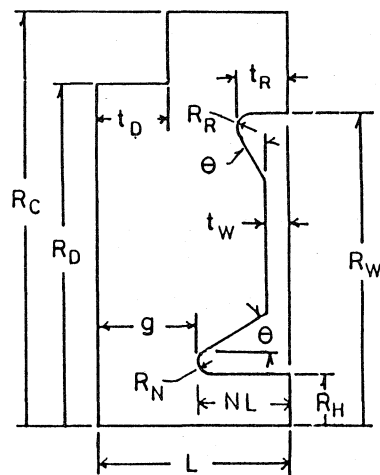
バンチャー加速管は、空洞長の異なる4種類のディスクアンドワッシャー(DAW)型空洞で構成されている。加速空洞の総数は35空洞で、加速管長は2mである。加速周波数は2450MHzで、マイクロ波源としてトムソン社製50kW cwクライストロンを使用する。

加速管の構成と、各空洞の主な寸法を第1表に示す。加速管はロー付用の炉の制約から、ほぼ中央部で2分割してフランジで結合している。ロー付後の共鳴周波数の調整のため、3対、計6本の可動チューナーが取り付けられている。

共鳴周波数とvswrの調整の後、最終ロー付を行い立体回路系の完成を待ってハイパワーテストを実施した。

第1表 DAW空洞の主な寸法

$\beta$	0.7	0.85	0.925	0.974
number of cavities	3	5	10	17
L (cm)	2.141	2.600	2.830	2.980
NL (cm)	1.514	1.549	1.517	1.464
tD (cm)	0.856	1.128	1.210	1.210
RC (cm)	7.350	7.350	7.350	7.350
RD (cm)	5.459	5.733	5.909	6.048
RW (cm)	4.931	4.931	4.931	4.931



## 2. コールドテスト

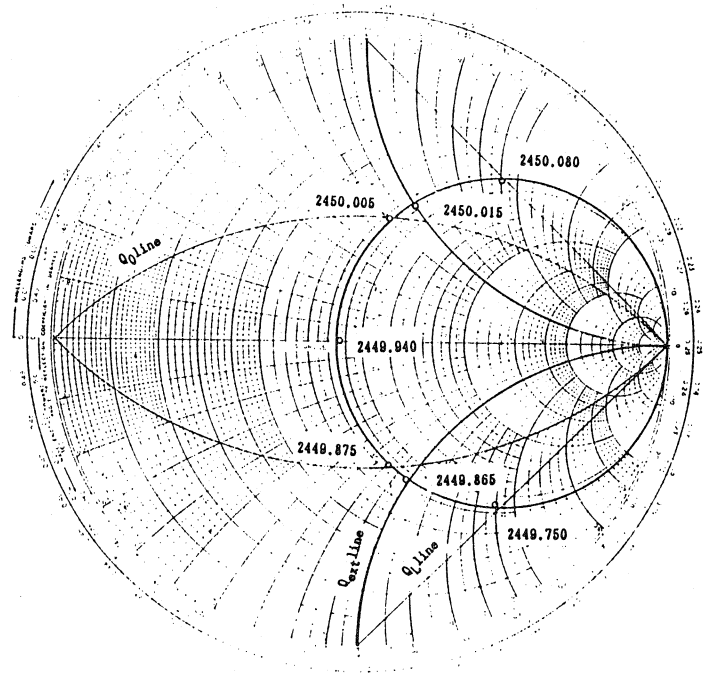
加速管の最終ロー付前に、共鳴周波数と  $vswr$  の調整のためにコールドテストを行った。

空洞の設計はSUPERFISH を用いて行ったが、軸対称な境界についてしかマクスウェル方程式を解くことができない。実際のDAW空洞には、ワッシャーを支持するステムが存在するため計算で求めた共鳴周波数と、実際の空洞の共鳴周波数とは異なる。設計では、ステムによる影響を考慮して空洞の共鳴周波数を決定したが、測定の結果予想に反して共鳴周波数が低くなりすぎることがわかった。このため、ワッシャー間でのステムの配列を変更した。なるべく軸対称な境界条件に近づけるために隣り合うワッシャー間でステムの向きが180度異なるようにしていたのを、ワッシャー2枚を一組として、隣り合う各組の間でステムの向きが180度異なるように変更した。

DAW空洞は他の種類の空洞にくらべて径が大きいので、ビーム偏向モードである  $TM_{11}$  モードのパスバンドが加速周波数に重なるという欠点がある。この加速管では、径を縮小することによりこれを避けている。測定の結果  $TM_{11}$  モードのパスバンドが、加速モード周波数より高い周波数にあることを確認した。

共鳴周波数は可動チューナーによる周波数の変化範囲の中心が、真空中35℃で2450MHzになるように温度補正、加速管内を真空中に引く効果、ロー付の影響を考慮して、大気中25℃で2449.41MHzに調整した。 $vswr$  は、ロー付後オーバーカップル側へ変化することと、入射器はビームローディングが小さいことを考え合わせて、オーバーカップルの状態であるべく1.0に近くなるようにした。

ロー付後の測定の結果を第1図に示す。19℃の大気中で可動チューナーを完全に引き抜いた状態で、共鳴周波数が2449.94MHz、無負荷Qが19000、 $vswr$ が1.14のオーバーカップルであった。共鳴周波数を真空中35℃の状態に換算すると2450.00MHzとなり、可動チューナーを引き抜いている分だけ目標値よりも低くなっている。これは、ロー付の影響による周波数変化が予想外に小さかったためである。



第1図 ロー付後に、測定した結果  
数字は周波数 (MHz)

## 3. ハイパワーテスト

加速管の最終ロー付後、立体回路系の完成を待ってハイパワーテストを行った。セットアップを第2図に示す。今回のテストは立体回路系、特に導波管と加速管の間に入れるrf窓の耐電力性能に不安があるので、クライストロンの入力にパルス変調をかけてパルス運転で行った。加速管の冷却は、 $35 \pm 0.1$ ℃に温度調節した水を外壁にロー付けした水路と、ワッシャー内部の水路に並列に流すことによって行っている。ワッシャーは全部で34枚あるが、2枚を直列につないで一組として各組に並列に水を流している。温調を行ったときの共鳴周波数は、2450.02MHzである。

ピーク電力と、デューティーを徐々に上げながらエージングを行い、ほぼ一日のエージングで、ピーク電力50kW、デューティー36%の電力を入力することができるようになっ

た。このときの共鳴周波数は 2449.91MHz でコールドテストでの値に比べて 110kHz 低くなった。

加速管外壁の冷却水水路と、電子銃側から 1 番目 ( $\beta=0.7$ )、5 番目 ( $\beta=0.85$ )、11 番目 ( $\beta=0.925$ )、27 番目 ( $\beta=0.974$ ) のワッシャーの冷却水水路の入口と出口に熱電対を取り付けて冷却水の温度上昇を測定した。流量は加速管外壁が 75l/min、ワッシャーが一組当たり 7.6l/min である。温度上昇は外壁が 0.8°C、ワッシャーが電子銃側から順に、1.3°C、1.0°C、0.7°C、0.8°C であった。この結果から電力損失を概算すると、外壁で 4.2kW、ワッシャーはそれぞれ、700W、540W、360W、420W である。

冷却水の温度上昇のほかに、加速管の表面温度も測定した。加速管壁で 36°C、両端と中央のステンレスのフランジ部分で約 40°C であった。rf 窓については、冷却水の温度上昇が 1.2°C なのに対してフランジの表面温度が、最高 53°C にまでなった。cw 運転の場合、平均電力がほぼ 3 倍となる。rf 窓のフランジの表面温度は 85°C になると予想されるので、なんらかの改良が必要であると思われる。

#### 4. 今後の問題点

加速管の据付と、ハイパワーテストを一応終了した段階で次の二つの問題点が発見された。

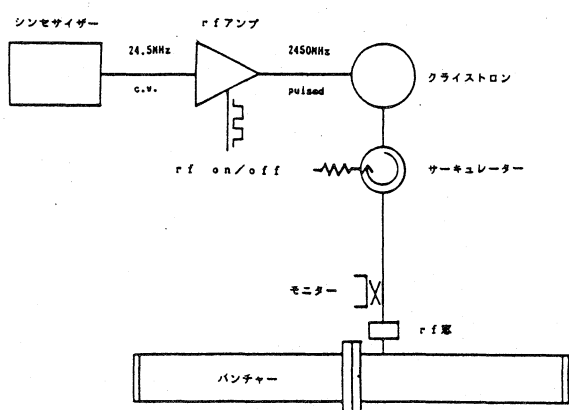
##### 1) 加速管の湾曲

架台に加速管を据え付けたときに、加速管が湾曲していることを発見した。測定の結果、両端のフランジの中心を結んだ軸から空洞の中心が最大で 3mm ずれていることがわかった。

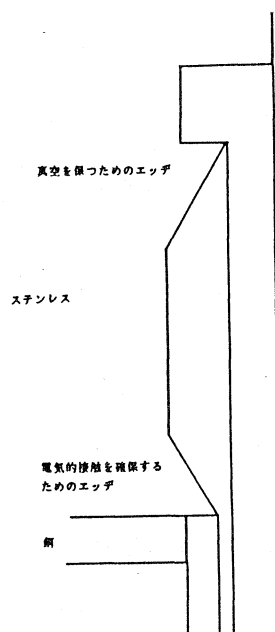
##### 2) 結合フランジでの放電

バンチャー加速管はほぼ中央で 2 分割してフランジで結合しているが、このフランジに電氣的接触を確保するために設けたエッジに放電のあとが見られた。エッジ部分の拡大図を、第 3 図に示す。

これらの問題点については、加速管を製作したメーカーを交えて対策を協議中である。



第 2 図 ハイパワーテストのセットアップ



第 3 図 加速管の結合フランジのエッジ部分の拡大図