

CONSTRUCTION OF THE 35 MeV DSM AT NIHON UNIVERSITY

K.Hayakawa, K.Sato, T.Tanaka and O.Takeda

Atomic Energy Research Inst. Nihon University

ABSTRACT

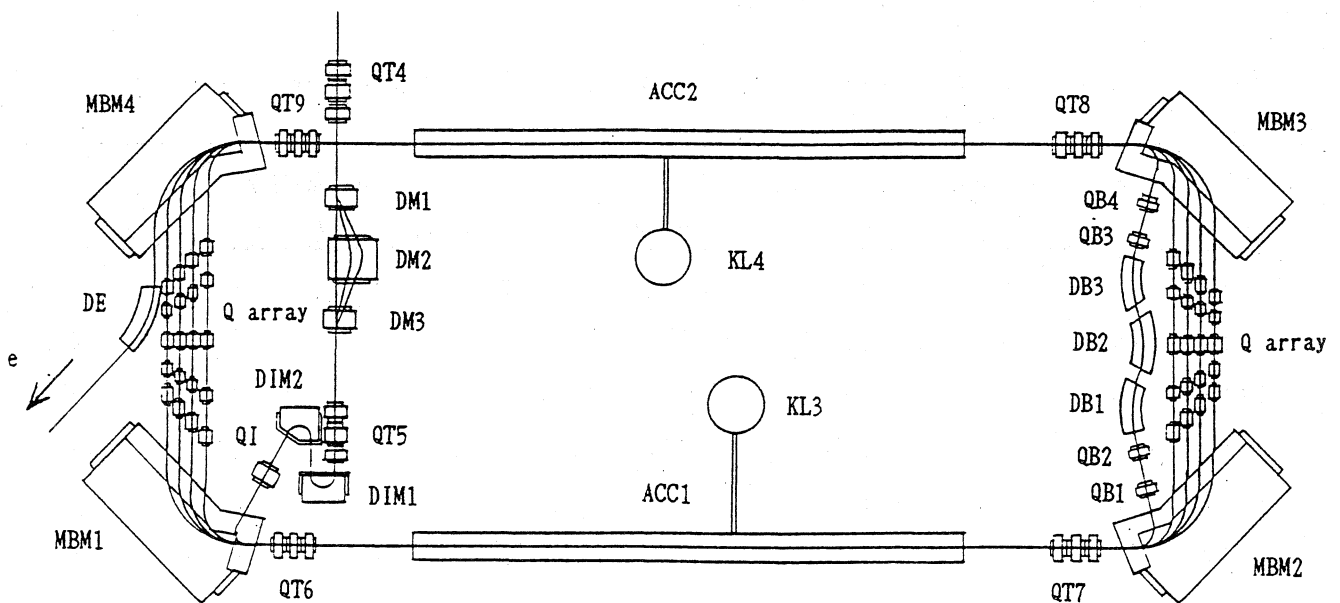
A first one turn beam line of the 35 MeV DSM is constructed. Rf components, which are two sets of 4 m accelerating tube, circulator, wave guides and rf window, are assembled. Cooling and vacuum systems are constructed. High power tests and accelerating experiments are performed.

日大35MeVダブルサイデッドマイクロトロンの建設

1. 概要

日本大学で建設中の35MeVダブルサイデッドマイクロトロン(DSM)の入射器及び第1周回分のビームラインの組立が完了し、各部の調整、試験を行っている。前回の報告の後に製作した機器としては、DAW型4m加速管2本、cw50kWのクライストロン及び立体回路、クライストロン電源等を各々二組、真空装置、冷却装置、各種電磁石及び電源等である。

DSM本体部の構成を第1図に示す。図でKLはクライストロン、ACCは加速管、DM1~3はビームパンチ修正用偏向電磁石、DIM1, 2は入射用偏向電磁石、DB1~3は位相修正用偏向電磁石MBM1~4は主偏向電磁石、DEはビーム取出し用偏向電磁石、Q、QT、QB等は四極電磁石である。



第1図 マイクロトロン本体の構成図。

2. 100keVビームライン

電子銃グリッドの亀甲型の穴の径を0.9mmから0.2mmに小さくしてその部分での電場の平坦度を向上させた。また電子銃の位置を後退させてビームの収束条件を改良した。チョッパーの調整をおこない、スリットの位置で実際にビームが円形に振られ、またマグネティックレンズによって中心軸にもどされることを確認した。

3. マイクロ波部品の耐電力試験

マイクロ波窓及び水冷を施さなかった部分の立体回路では、cw50kWの電力を通過させると、かなりの高温になることが明らかになった。導波管では最も温度の高い所では85℃まで達した。そこでマイクロ波窓については、全面に銅メッキをし、導波管はすべて水冷配管を取り付けた。このような処置により、温度は40℃程度になった。クライストロンの出力試験をダミーロードを終端として行った。この際、クライストロンの出力を上げ、50kWの定格出力において、ダミーロードからの反射が急激に増加し、放電がおきた。ダミーロードは水負荷の終端で、水のパイプを導波管に導入する部分に放電跡があった。反射の増大あるいは放電現象は、マイクロ波の入力後数10秒から2分後に起き、またパルスモードの運転では、生じないことから、熱的あるいは生長過程を含む現象が起きていると考えられる。ダミーロード以外では、放電が起きていないこと、また通常のマイクロ波の伝送モードでは、放電が起きるような電圧が生じないことから、ダミーロードの中で伝送モードと異なるモードが立ち、強い電界ができて放電に到るものと考えられる。

4. 加速管の大電力試験

バンチャー加速管に対する大電力試験を行った。加速管に入力するマイクロ波の電力を15kW程度から徐々に上げてゆき、最終的に50kWと成るようにした。この際、加速管の温度が上昇し、共鳴周波数が増えるので、常に反射が最小になるようにクライストロンへの入力周波数を変化させた。最終的な共鳴周波数は2449.772MHzとなり、マイクロ波を入れる前に比べると25kHz共鳴周波数が下がった。加速管の表面温度は、ほとんどの場所で38℃程度となった。終端空洞は損失が最も大きいにもかかわらず、水冷ができないため、温度上昇が大きく、入口側で46℃出口側で42℃となった。加速管の入口側と出口側で温度が異なるのは、バンチャー加速管の性質で、入口側の方がマイクロ波のエネルギー密度が大きいためである。導波管と加速管をつなぐカップラーの部分は、冷却が不完全にしかできないため、温度が上昇し、45℃になった。冷却水の温度上昇のデータから、シリンダー及びディスクでの発熱量は、50kWのマイクロ波の入力にたいして、約7.6kWとなった。またワッシャーは、2枚ずつ直列につないで冷却水を流しており、流量は7.4 /minである。加速管の入口に最も近いワッシャーでは水温の上昇が約8℃でおよそ4kWの熱が発生していることになる。以上の結果、加速管の温度上昇は部分的には大きい所があり、改良の余地はあるものの特に問題になるほどではないことが明らかになった。但し、加速管の冷却配管が現在非常に煩雑なものであるため、この改良が望まれる。加速管の温度上昇による共鳴周波数の変化がおよそ250kHzあり、共鳴の幅がほぼこれと同じであるからマイクロ波の周波数を温度上昇後の共鳴周波数に

合せておいたのでは、ほとんどマイクロ波が入らない。逆に周波数を温度上昇前の共鳴周波数に合せると、初めは入るが、じきに共鳴がずれて入らなくなる。従って、加速管を立上げるためには、温度上昇による共鳴周波数の変化に追従するようにマイクロ波の周波数を変化させるか、あるいは共鳴周波数の変化を小さくしなければならない。マイクロ波の周波数を変化させる方法では、4本の加速管の内2本が同じ構造の他はそれぞれ異なっているので、共鳴周波数の変化の速さが各々異なり同時に立上げるのが困難である。このため、各々の加速管の温度上昇による共鳴周波数の変化をできるだけ小さくし、100kHz程度にすることが望ましい。

温度測定の結果から、共鳴周波数の変化は主としてワッシャーの温度変化によって生ずると考えられるので、ワッシャーの冷却を、2枚ずつ直列に水を流す方式から、1枚ずつ並列に水を流す方式に切り換えることにより、改善されると考えられる。

5. 4 m加速管の製作

マイクロトロン本体に使用する加速管はマイクロ波の位相速度が光速度と等しくなる構造のディスクアンドワッシャー型で群速度が大きいので、長い加速管を構成できる。加速管の長さは約4 mで71空洞から成り、1 mずつを単位としてロー付けを行い、最後に4本をつなぎ合わせて構成する。2本の加速管の共鳴周波数、結合度、無負荷Q値はそれぞれ2449.92 MHz、2.10のオーカップリング、20000及び2450.17 MHz、2.17のオーバカップリング、20000となり、ほぼ予想通りの値を得た。空洞の寸法はシミュレーション及び過去の経験に基づいて決定し、無調整で上の共鳴周波数の値を得た。

6. 電磁石の改良

ビーム輸送系を構成する各種の電磁石の磁場分布を測定し、必要な電流値の決定、実効磁石端の位置の算出、また補正コイルの製作等を行った。前年度製作した4台の主偏向電磁石の磁場分布の測定を行った結果、目標とした分布の一様性 1×10^{-3} より一桁ほど悪く、また部分的に特に磁場の強い所と弱い所が存在する等の不都合な部分があった。これらを改善するために、ポールピースの取り付け調整をやりなおし、また、シムの調整を行った。これらの処置により、上記の特に磁場の強い部分と弱い部分については改善されたが、未だ磁場の不均一性が残っていた。これに対処するために磁石の中心面上の等磁場線をなぞるような形に平面上にコイルを巻き、これを上下のポールピースの面に取り付け、電流を流した。予備的な実験の結果、この方法で 1×10^{-3} の一様性が実現できることが明らかになった。

7. 真空系

真空装置は、ビームダクト及びチェンバーをアルミニウム合金で作製し、その他の真空マニホールド類はステンレスで作った。真空ポンプにはターボ分子ポンプ及びイオンポンプを使用し、加速管及び真空容器の内部を 1×10^{-5} Pa程度の真空に保つようにした。但し、現在はベーキングをしていない状態で 10^{-4} Pa程度の真空度にとどまっている。