

K.Tsukada, K.Sato, K.Hayakawa, T.Tanaka, N.Nakamura, O.Takeda and M.Nishinaka

Atomic Energy Research Institute, Nihon University

ABSTRACT

Beam tests for a 1m DAW accelerating tube which consists of 21 accelerating cavities has been performed. Accelerating frequency is 2856MHz. The optimized parameters evaluated with SUPERFISH should be changed because of overlapping of TM_{11} mode passband and accelerating mode. Then, the effective shunt impedance and Q value were both decreased about 10%. The unloaded quality factor Q_0 was about 20000, and effective shunt impedance was about $65M\Omega/m$.

1. 序

昨年につき DAW (Disk-And-Washer) 型加速管の特性について研究した。昨年の 30cm 長の加速管で得たデータを基礎にして 1m 長の加速管を製作した。製作にあたってはロー付、機械加工の経験を生かし、真空リークテストを強化することにより満足のいくものができた。以下にこの加速管の発散モードとチューニング及び加速テストについて述べる。

2. 加速管構造

1m 長加速管は図 1 に示すように 21 セル (その内 1 セルはカップラ) から成り、ほぼ中央部からマイクロ波を供給する。ワッシャはステンレス製パイプに銅メッキした二本のステムで半径方向から支えられている。

レギュラ部の隣接したワッシャ間ではステムは 180 度回転した位置にある。カップラ部では二本ずつ二組のステムが同方向から支えている。チューナはレギュラ部においてステムに対し 180 度の位置に二本ずつ、マイクロ波を供給するカップラ部はステムと同方向で二組のステムの間に二本ある。

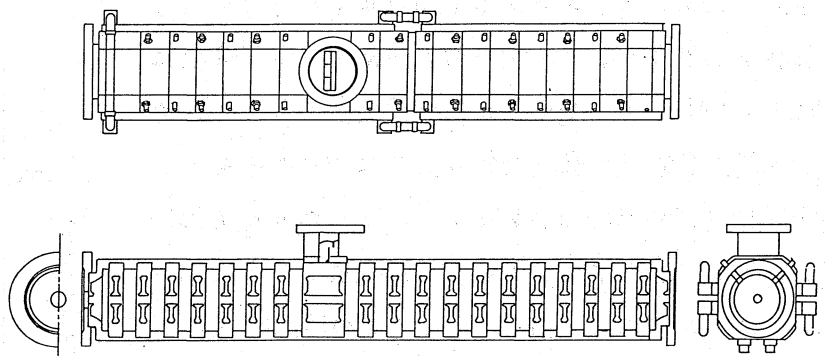


図 1. DAW 型加速管の縦断面

3. 発散モード

昨年の 30cm 長加速管では図 2 に示すように加速モード周波数と発散モードである TM_{11} モードのパスバンドが重なることがわかった。そこでこれを避けるためにシリンダ径を縮小する方法を採用した。円筒導波管における分散特性より約 4mm シリンダ径を縮小することによって TM_{11} モードは 2900 MHz 以上になると推測した。テスト空胴による測定でもシリンダ径の縮小により TM_{11} モードのパスバンドが全体的に上昇し、2900 MHz 以上になると確認した。 TM_{11} モ

ードのパスバンドを加速モード周波数からできるだけ分離するためには、更にシリンダ径を縮小すると良い。しかしそのことにより実効シャントインピーダンスが低下するため、この径が妥当であると考えた。このシリンダ径で加速モード周波数が2856 MHzとなるようにディスク、ワッシャのパラメータの変更を行った。製作された1m長加速管のTM₁₁・0モードの周波数は2930 MHzであった。なお実効シャントインピーダンス及びQ値の計算値はともに一割程度低下し、実効シャントインピーダンスが95 MΩ/mから87 MΩ/mへ、Q値が31200から27300へとなった。

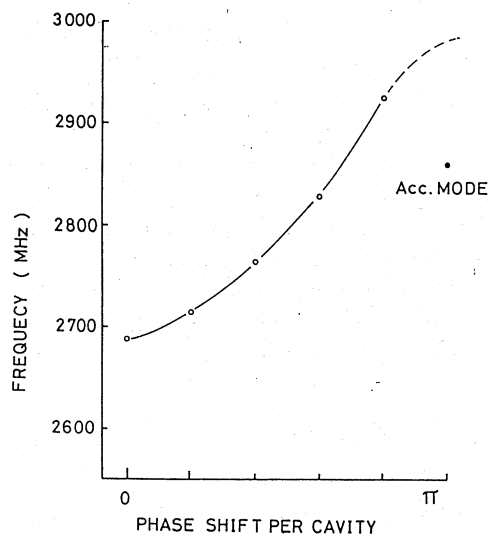


図2. TM₁₁モードの分散特性

4. コールドテスト

製作した加速管について周波数を調べた。無調整のレギュラ部単一空胴の加速モード周波数は2892.47 MHzであった。ワッシャは二本のステムによって支えられているが、単一空胴の場合は両端の境界面が鏡面となり、ステムが同じ向きに無限に続く場合と等価になる。空胴数を増すことにより、対称性が増し計算値に近づく。ただし計算は軸対称モードを計算するSUPERFISHを用いたため、ステムがあると軸対称ではなくなり、計算値とは異なる。カップラ部の加速モード周波数は2947.89 MHzと予想以上に高い周波数となった。カップラ部を含めた全空胴を組み立てた時の加速モード周波数は2874.70 MHzとなった。この周波数を2856 MHzに調整するために、カップラ部を除いた各空胴のチューナーを9.3mm挿入した。その結果加速モード周波数は2855.58 MHz、カップリングモード周波数は2886.55 MHzとなった。さらにカップリングモード周波数を下げるために、カップラ部のチューナーを12mm挿入した。その結果カップリングモード周波数は2870.62 MHz、加速モード周波数は2855.62 MHzとなった。その時の加速モード付近の分散特性を図3に示す。これで見るとストップバンドは見られない。

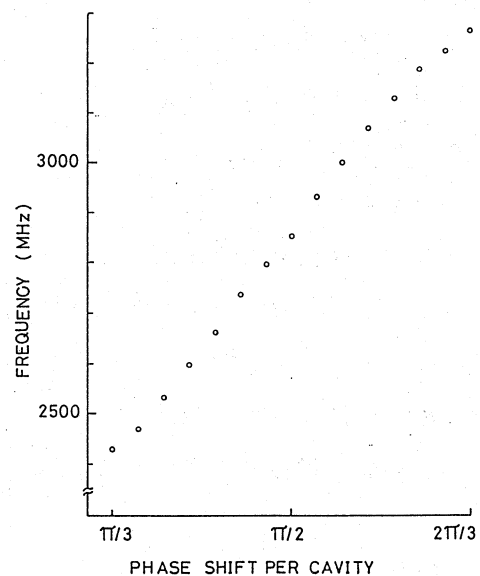


図3. DAW型加速管の分散特性

完成した加速管のQ値をアドミタンス法により測定し20250を得た。またパーティション法により $\pi T^2/Q$ を求め、これより実効シャントインピーダンスは64 MΩ/mとなった。

5. 加速テスト

ビームテスト時の配置図を図4に示す。テストはパンチャの出口にあるイオンポンプにおいて約 4.5×10^{-7} Torr の真空度で行ない、 30° 偏向電磁石によりエネルギー分析を行なった。DAW型加速管へのマイクロ波電力はピーク値で3MW供給した。加速管を設置後 200°C で20時間程ベ

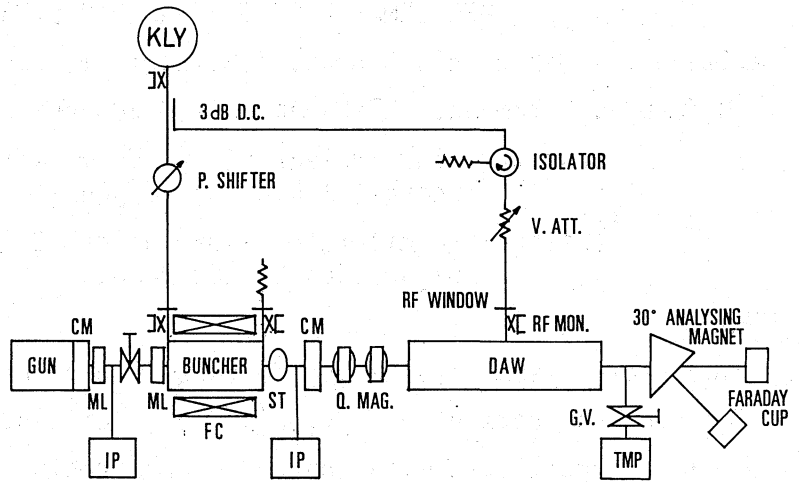


図4. ビームテストの配置図

ーキングを行ない、その後マイクロ波を供給した。パルス幅 $7\mu\text{sec}$ 、くり返し 200pps で数10分で全電力を投入できるようになった。DAWで加速されたビームは 30° 偏向され、厚さ $30\mu\text{m}$ のTiの窓を通して空中に出る。その後幅約 4mm のスリットを置き、コアモニターを通してオシロスコープで電流値を測定した。マイクロ波を供給してから t_0 秒後にビームを入射し、その時刻を時間原点とするとエネルギー利得 V は

$$V = (\text{const.}) - \frac{i Z T^2 L}{1 + \beta} \left\{ 1 - e^{-\frac{\omega_0}{2Q_0} (1 + \beta) t} \right\}$$

と近似できる。ここで L は加速管長、 β は導波管と加速管のカップリング係数である。このエネルギー利得の時間変化より実効シャントインピーダンスが求まる。ビームのパルス幅を $1\mu\text{sec}$ とし、偏向電磁石の磁場の強さを換え電流値を 100msec 毎に測定したものが図5である。図で電流のピーク値が二つあるのは、パンチャの特性により主パンチャの他に寄生的な副パンチャが存在するためと考えられる。この結果をもとにして横軸に

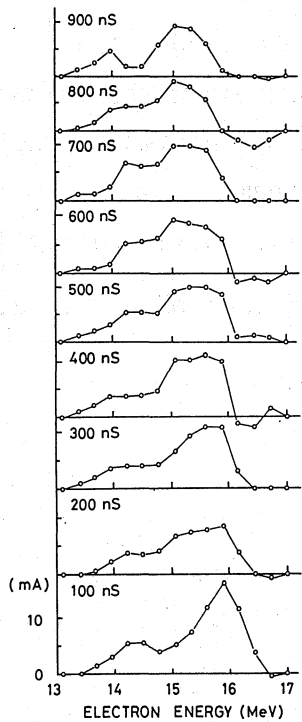


図5. エネルギー・スペクトル

$[1 - \exp\{-\omega_0 (1 + \beta) t / 2Q_0\}]$ をとり、

各時刻におけるピークエネルギーをプロットしたものが図6である。この傾きから実効シャントインピーダンスは $66\text{M}\Omega/\text{m}$ となった。

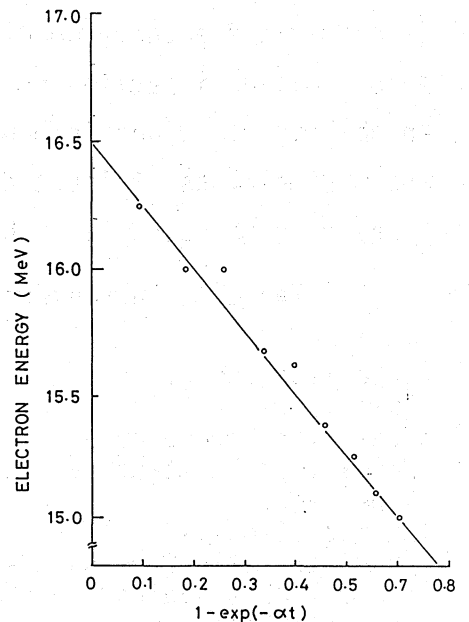


図6. ビーム・パルス内の時間に対するエネルギーの値。 $\alpha = \omega_0 (1 + \beta) / 2Q_0$