

DAW型医療用電子リニアックの試験

| | |
|---------|---------|
| 日 大 原 研 | 塚 田 甲子男 |
| | 佐 藤 和 男 |
| | 早 川 建 |
| 三 菱 電 機 | 美濃和 芳 文 |
| | 上 富 勇 |

序

負パイ中間子による癌治療の有効性が着目されてより、現在に至るまで様々な試みがなされている。今日稼動もしくは計画されている治療施設ではほとんどの場合一次粒子として陽子を使用している。これらは既存の核物理用加速器を利用したもので、かなり長大なものになっている。一方医療専用器を考えた場合、小型で操作が易しいことが望ましいが核物理用加速器は一般にそうはなっていない。陽子リニアックの小型化の試みは PIGMI 計画の名のもとにロスアラモスで精力的に進められている。我々は小型化と並び操作性、開発の容易さを考慮して電子リニアックを一次ビームの加速器とすること

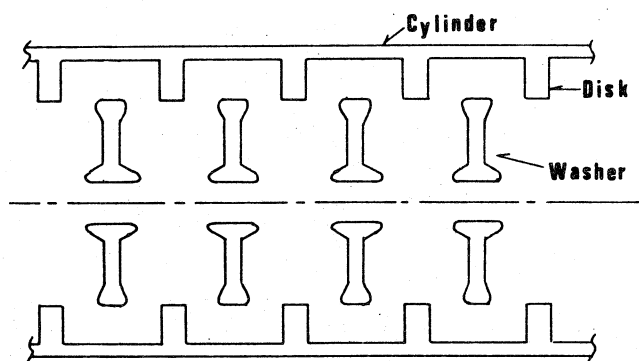
にした。小型化を進めるために定在波型加速空洞、特に Disk And Washer (DAW) 型の採用を予定している (第 1 図)。定在波型加速構造は従来中高エネルギー電子リニアックに使われていた進行波型に比べて加速効率が良く、大きな加速勾配を得ることができる。特に DAW では従来の定在波型の利点に加えて、構造が単純であり、また空洞間の RF 的結が大きい

ため加速管を形成する各空洞間の機械的ばらつきが全体の性能にあまり影響しない、といった点で優れている。我々は RF 空洞の計算コード SUPERFISH によりシミュレーションを行い DAW の最適パラメータを検索した。この結果得られた最適化された空洞を基に電子リニアックの仕様を検討した。

DAW 型加速空洞の性能

加速モードが $\pi/2$ モードで、このモードでの共鳴が 2856 MHz になるような条件でパラメータの検索を行った。例として第 2 図にドリフトチューブの長さとお有効シャントインピーダンス、Q

DISK AND WASHER



第 1 図

値との関係を示した。また第3図に最適化された空洞の分散特性を、第1表に有効シャントインピーダンス及びQ値を示す。第2図で示されるように、この空洞は非常に大きな通過帯を示し、また同時に大きな群速度を持つ。このことが機械的ばらつきに対する許容度を大きくしている。

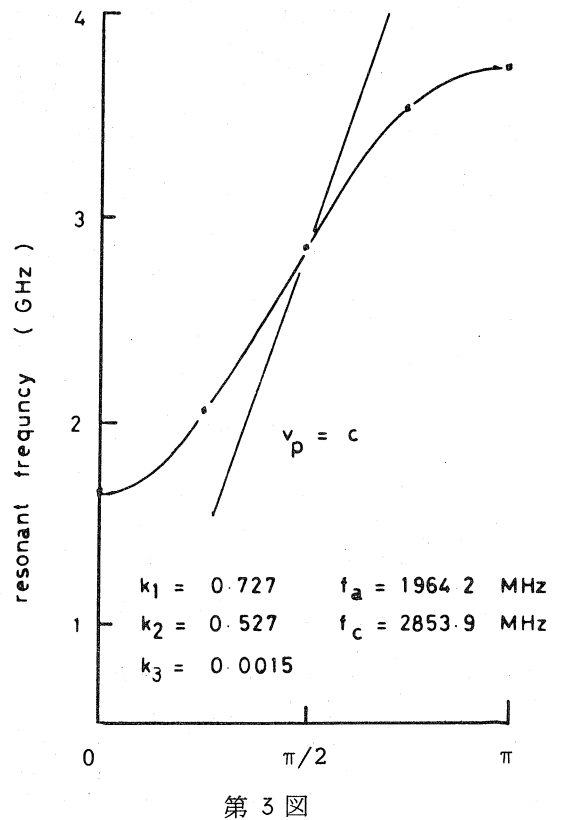
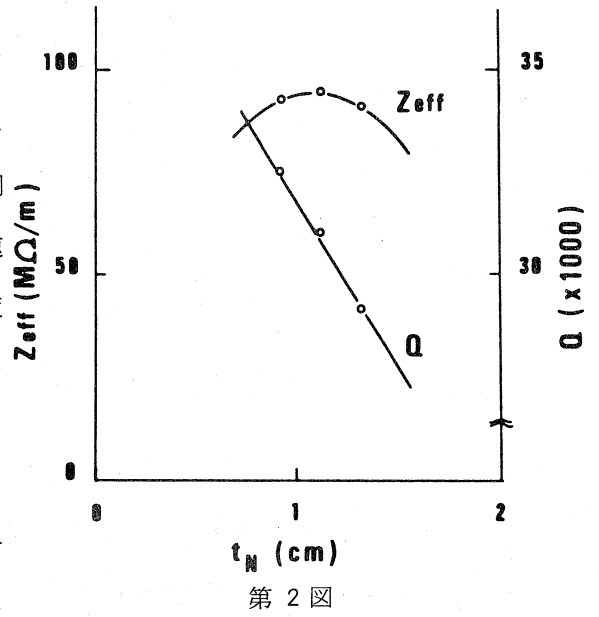
電力の壁損の80%がワッシャー部でおこるため、この部分の冷却が技術的に最大の問題と考えられる。我々は熱除去にヒートパイプ使用の可能性を検討している。特に軸方向グループ型と呼ばれるタイプは構造が単純で熱除去能力も大きい。

電子リニアックの試案

加速器の加速エネルギー及びビーム強度は800MeV、300μA及び500MeV、400μAの2種類を考えた。これらのエネルギーと電流の組は準自由過程を考慮した計算ではほぼ同じパイ中間子の収量を与える。

クライストロンは平均出力30kWのものを用い、デューティー0.1~0.2%で運転するものとする。第1表から判るように空洞のQ値が大きいため、マイクロ波の供給をカップラーの通常のマッチングの条件で行うと、ビルドアップ時間が長くなりエネルギーの安定したビームを得ることができない。このため、この試案ではビルドアップ時間が全RFパルス巾の20~30%になるようにオーバーカップリングの状態

で運転し、反射波はサーキュレータを用いてクライストロンにもどらないようにした。加速管は1mと2mのものを考え、1本の加速管に1本のクライストロンからマイクロ波を供給する。第2表にクライストロンの運転の条件を変化させた時に、前述のビーム条件を実現するために必要なセクション数、尖頭電流値等を示した。この表で判るように、500MeV、400μAの条件では、およそ50mの長さになる。この先さらに大電力のクライストロンが開発されれば、さらに小型化、高デューティー化が可能である。



リニアック運転の自動化を実現させる目的でビーム診断用モニターを、またBBU対策に収束電磁石を2セクション毎に入れることにした。

| | Q_0 | Z_{eff} ($M\Omega/m$) |
|---------------------|--------|----------------------------------|
| Standing wave DAW | 31,200 | 95 |
| LAMPF (scaled) | 17,300 | 80 |
| MELCO (scaled) | 13,700 | 73 |
| Traveling wave SLAC | 13,200 | 38 |

第1表

| | 800MeV, 300 μ A | | 500MeV, 400 μ A | |
|-----------------------------|---------------------|------|---------------------|------|
| Beam power (average) | | | | |
| Unit length (m) | 1 | 2 | 1 | 2 |
| RF peak power (MW) | 15 | 10 | 15 | 15 |
| RF pulse width (μ s) | 6 | 9 | 6 | 6 |
| Repetition rate (pps) | 300 | 300 | 300 | 300 |
| Energy gain (MeV/m) | 26 | 15.5 | 24 | 15.5 |
| Beam pulse width (μ s) | 4.0 | 6.7 | 4.2 | 4.4 |
| Peak current (mA) | 250 | 150 | 320 | 300 |
| Number of sections | 31 | 27 | 21 | 17 |
| Total length (m)# | 68 | 87 | 48 | 57 |
| Total RF power (kW) | 840 | 730 | 570 | 460 |
| Efficiency (%) | 29 | 34 | 36 | 46 |

With a injector and focus system.

第2表