

Mitsubishi Electric Co. ; Toshio Onodera, Hiroshi Ieki, Kazumi Oogaki
 J.A.E.R.I. ; Akira Asami, Katsuo Mashiko, Masahiro Kitajima
 Tohoku University ; Masayuki Oyamada, Shigekazu Urasawa

Abstract

Four different constant-gradient accelerator tubes (C.G tubes) for large electron linacs in Japan have been fabricated in these three years. These are a multi-stepped buncher (88cm), two multi-stepped C.G. tubes (230cm) and a continuous C.G. tube (228cm). This paper discusses the problems which have occurred in designing, fabricating and measuring these tubes, (1) the cold performances which depend upon the transition structures of the step in multi-stepped C.G. tubes and (2) the techniques to fabricate continuous C.G. tubes with low cgst and high accuracy. The first conclusion is that the transition structure of the step must be two disks-three cavities. Secondly, the authors have improved the structure of continuous C.G. tubes and the phase measuring technique of accelerator tubes.

1. まえがき

口内の今後の大形ライナックの動向は high peak current, medium duty を目指すもののように思われる。これは欧米の low peak current, high duty ライナックがマシンも建屋も共に高価であることにもよるが、もう一つには high peak current, medium duty ライナックに必要なクライストロンと加速管の製作の目安が得られたことにもよる。クライストロンについては次の機会にゆずることにして、ここでは加速管について述べる。

このような加速管に要求される主な仕様は 1) 定勾配形, 2) 高電界強度 (15 MV/m), 3) 高精度 ($\pm 3^\circ$ 以下), 4) 冷却効果が良い, 5) 3m 管 等である。表1に筆者等がこの3年間に製作した4本の定勾配加速管 (C.G. 管) の一覧表を示す。この内3本はステップ形定勾配加速管で、残りは連続形定勾配加速管 (C.C.G. 管) である。これ等の加速管は上記の仕様を大体満たすものである。ここではこれ等の加速管を製作した際に起った問題とその解決策を述べる。

2. ステップ形定勾配加速管

従来の定インピーダンス管の製造技術の延長で、比較的簡単に実現出来るC.C.G管はステップ形C.C.G管である。筆者等は3段ステップのバンチャー管1本と4段ステップのレギュラー管2本を製作した。これ等のステップ部の構造とコールド特性の関係について述べる。

2.1. バンチャー管

図1のケース1に示すようなバンチャー管の最初の9空洞を組立て予備実験をした所、図2のように位相特性が仕様($\pm 4^\circ$ 以下)を大巾に割った。このためステップ部の構造を図1のケース2に示すように、中間の2aのディスクをそう入して即ち1ディスク-2空洞にして、2aの変化を1mm以内とした。この結果コールド特性、ビーム加速特性共に満足なバンチャー管が得られた。図2に得られた位相特性を示す。

2.2. レギュラー管

ステップ部を1ディスク-2空洞にした場合、中心周波数でのコールド特性とビーム加速特性は十分満足出来るものであるが、図3の(I)のように中心周波数からずれた英でVSWRが大になる英が発生する。これは1ディスク-2空洞のステップ構造では周波数がずれた場合各ステップからの反射が無視出来無くなり、帯域内の或る英で足し合わされるためと考えられる。このため2ディスク-3空洞のステップ構造にあることにより、図3の(II)の特性が得られた。

1本のクライストロンで1本の加速管を給電する場合には、発熱の英から入出力カプラも水冷出来る構造が望ましい。写真1はこれを實現したもので、ここで述べた2本のレギュラー管はこの冷却構造を採用している。

3. 連続形定勾配加速管

BBU防止の英からステップ形C.C.G管のステップ数が増加し、且つ2ディスク-3空洞のステップ構造を採用せざるを得ないとなると、C.C.G管を安価に精度よく製作出来るいかと考える。この疑問に対して筆者等が若干試みたことを報告する。

3.1. C.C.G管の設計

1) 出口の $2a \geq 18\phi$, 2) $2a$ の変化でシャントインピーダンスが変化するのを考慮した,

3) $2a$ と減衰定数 I の関係を 3 次曲線で内挿した等のプログラムで計算した結果、最終的に残った 2 つの設計例を図 4 に示す。ケース B は完全な定勾配で、 $2a$ が最後の所で急速に小さくなっているのに対して、ケース A は $2a$ がリニアに変化し、電界強度は近似的に定勾配である。これ等 2 つを比較した場合、電気特性はほとんど同じであるが、ケース A の方が設計加工調整の面で容易であり、ビーム透過率の面でも優れているのでこれを採用した。

3.2 高感度位相測定法

従来の modal Tuning は位相誤差が仕様に入るまで、次の 2 つの操作をくり返す。

- 1) プローブを使って碰触的短絡された単位空洞の $\pi/2$ モードの共振周波数を観測しながら、既知のブリルアン図から $\pi/2$ モードの周波数にスクイズする。
- 2) 設計周波数でショートプランジャと定在波測定器を使って、modal shift 法により $2\pi/3$ モードの位相を測定する。

この方法はステップ形 C.C. 管までは使えても、C.C. 管には使えない。このため SLAC のように $2\pi/3$ かつ正確に校正された位相基準と直接位相比較を行いながら、被測定管をスクイズする方法を採用せざるを得ない。図 5 に筆者等が採用したマイクロ波位相測定回路を示す。この方法は D.S.B. (Double Side Band Suppressed Carrier) 変調を使う SLAC の方法と基本的には同じであるが、基準波と被測定波の合成後の変調波成分を取り出さるのに Lock-In Amp. を採用して、測定系の分解能を更に改善した。この結果、従来の測定法即ち定在波測定器による電圧最少乗の読み取り精度が 0.1 mm として、分解能が 0.24° になるが、この測定法は従来のものの 10 倍以上の分解能を持つ。

4. 結論

今後の大形ライナックに必要な定勾配加速管について述べた。以上をまとめると

- (1) ステップ形定勾配加速管のステップ構造は 2 ティスクー 3 空洞にあべまである。究極的には連続形定勾配加速管を目指すべきことになる。
- (2) 連続形定勾配加速管の構造と位相測定法に因りて、安価で高精度に製作出来るように改善を加えた。

参考文献

- (1) 浅見明 et al ; 日本物理学会 32年会 (1977) 11a-rA-9
- (2) 益子勝夫 et al ; ライナック研究会 (高エネルギー研, 1977) 17
- (3) 浅見明 et al ; ライナック研究会 (高エネルギー研, 1977) 3

項目 形名	形式	空洞数	全長(mm)	ディスク内径 (mm)	入力(MW)	設置場所	特色
MAS-5201A	3段ステップ バンチャ管	21	777	28.6 [*] →25.2 [*]	8	原研	αβ共に3段 ステップ
MAS-3203A	4段ステップ 2M管(I)	63	2300	26.8 [*] →24.6 [*]	22	原研	ステップは 1ディスクキレ
MAS-3203B	4段ステップ 2M管(II)	63	2300	26.8 [*] →24.6 [*]	22	原研	ステップは 2ディスクキレ
MAS-3204A	連続定勾配 2M管	63	2280	24.0 [*] →19.1 [*]	6	東北大	2αが連続 変化

表 1 定勾配加速管一覽表

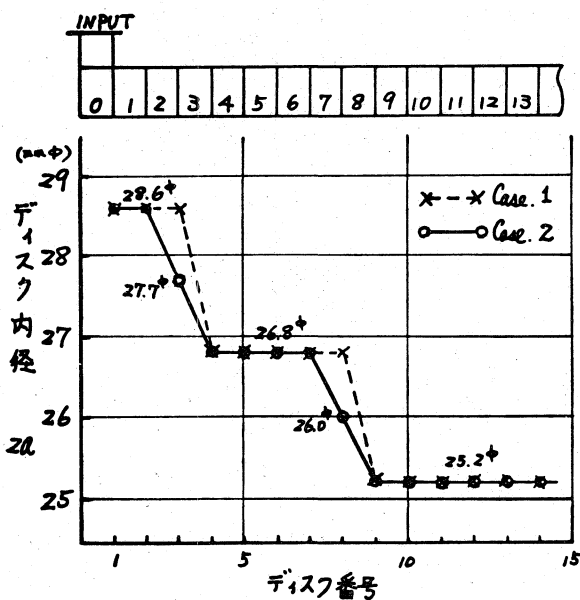


図 1 バンチャ加速管の空間配列(ディスク内径)

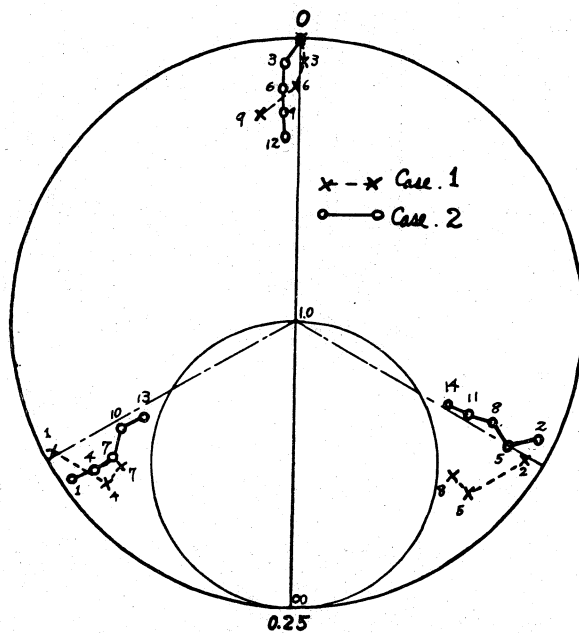


図 2 バンチャ加速管の位相特性

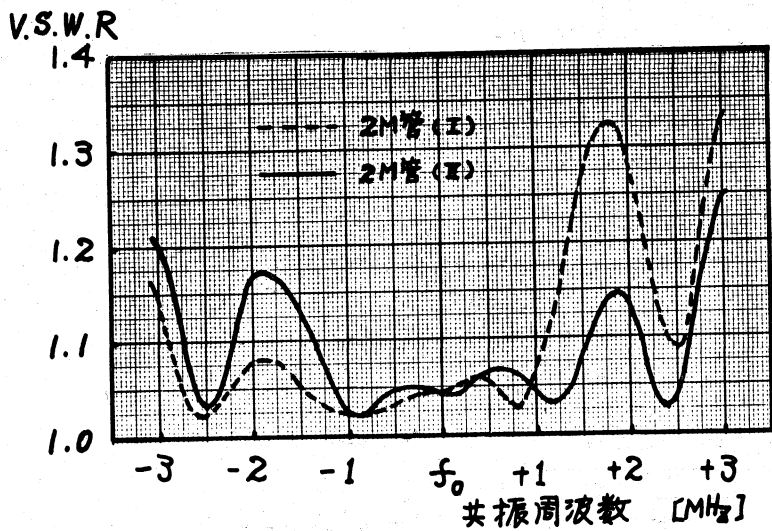


図3 原研2M管のV.S.W.R特性

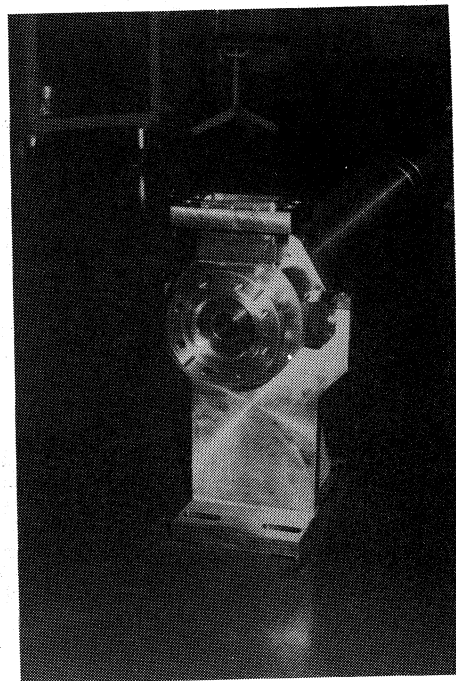


写真1 冷却構造

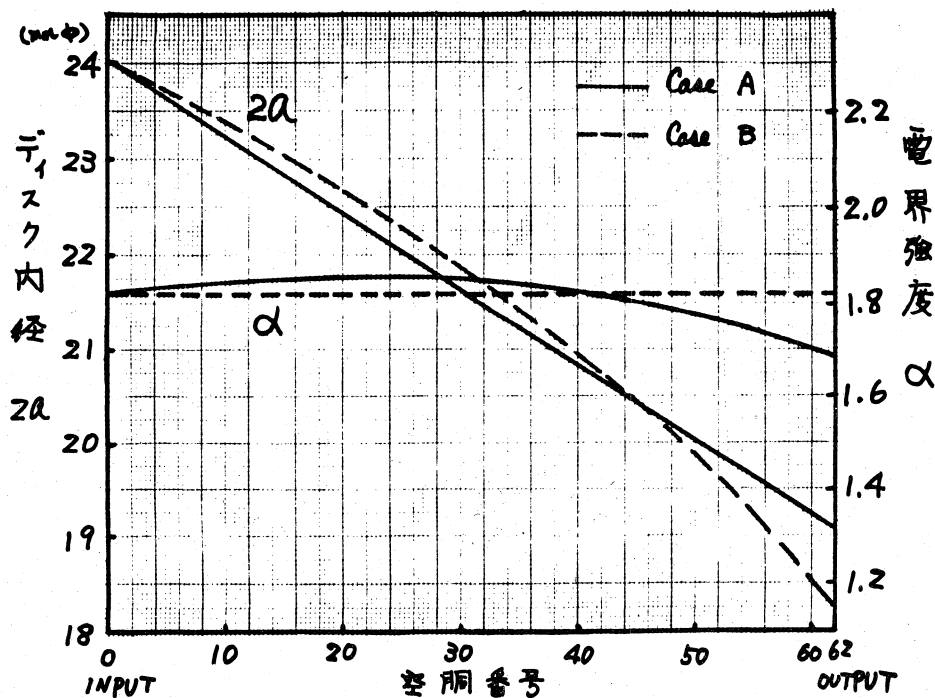


図4 C.C.G.加速管の設計データ比較

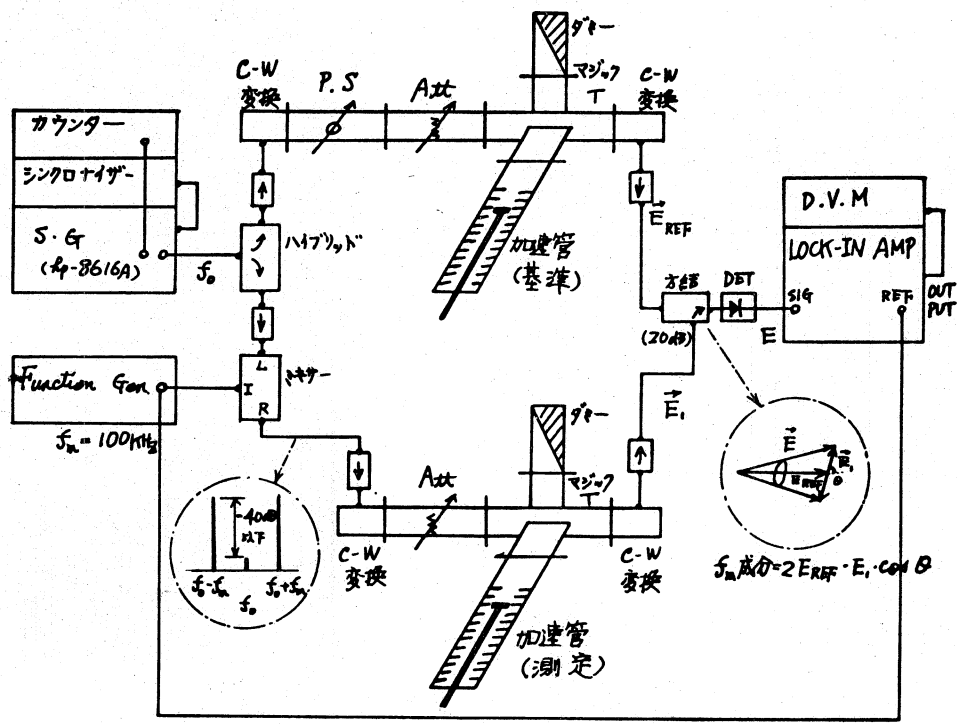


図 5 高感度マイクロ波位相測定 ブロック図