

A. Enomoto, H. Matsumoto, I. Sato, K. Takeda,  
 N. Yamaguchi\*, S. Kato\*, S. Tsuchiya\* and U. Kamouchi\*  
 National Laboratory for High Energy Physics

\* Mitsubishi Heavy Industries, LTD, Nagoya Aircraft Works

ABSTRACT

In a multiple-feed electron linear accelerator, a series of separately fed accelerator guides is usually phased by adjusting the high power phase-shifters placed on the input waveguides of the accelerator guides.

However, for a very long accelerator, it is impractical to use a number of high power adjustable phase-shifters because of the economical reasons and of the complication of machine operation.

In order not to use of any high power phase-shifters, it is required to fabricate all waveguides in correct phase length.

A global phase error is within  $\pm 2^\circ$  and a VSWR is 1.08 as the average value of all the accelerator guides and waveguide system.

1. まえがき

Multiple-feed の長い電子線形加速器では、夫々の加速管に於ける電場の位相は正確に揃っている事が電子ビームを効率よく安定に加速する条件である。従来の Multiple-feed 型加速器は、加速管の入力導波管に大電力用移相器を持つ物と、加速管と KLYSTRON を一対一で用いるのが一般的であった。この場合、加速管の本数が多ければ価格が高くなるだけでなく運転時に於ける調整が複雑化して現実的ではない。現在国内で稼働中の電子線形加速器を見ると、概に十数年の歴史があり、加速管本体については、位相精度は  $\pm 2^\circ$  以内が実現されており高水準である。

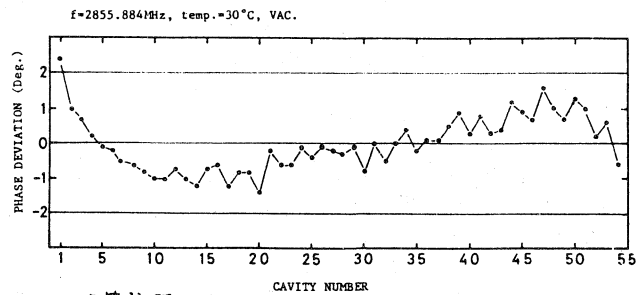
しかしながら、加速管を除く部品に関しては、入力側から見た VSWR が少ない事が唯一条件で有り、位相に関しては何ら問題にされていなかった。それで移相器を省略した大電力立体回路の採用には各部品の見直が必要であった。又、現場での作業能率を考慮して、各部品の構造を単純化し、かつ全体構成も単純で、組立後の調整も最小にする事を目標にした。これを実現する一つの方法として部品の機械(寸法)精度を十分に高める事で、マイクロ波特性(位相、VSWR)を最良にする事を行った。この結果、大電力立体回路については現場組立後無調整で、位相は  $\pm 2^\circ$  程度、VSWR  $\leq 1.1$  が得られた。又、加速管については、結合空洞のわずかな調整(電場補正用プランジャ)で、位相は  $\pm 2^\circ$  以内、VSWR  $\leq 1.1$  を達成する事が出来た。これらの部品の定格値と実際に達成出来た性能について報告する。

2. 加速管

加速管は、全長約 2m で、ディスク孔径により 5 種類に分けられている。これは、BBU の発生限界を上げる為である。又、生産性の向上及び複雑な調整を省略する為、ディスク孔径

は、75μステップ毎に変化する準定電界型(劣モード)になっている。さらに、ディスク・スペーサは、精密機械加工をし、仮組状態でマイクロ波特性を揃え高速電鍍で一体化する。電鍍後は調整不要で、剛性が高く取扱い易い構造である。図1に位相の代表的な例を示す。

加速管の位相精度は±2以内なので、これによるエネルギー利得の低下とビームのエネルギーの広がりには非常に小さい。



### 3. 立体回路構成部品

Multiple-feed の長い電子線形加速器では、図1. 加速管位相エラー、立体回路構成部品数が非常に多くなる為、夫々の部品の構造も出来るだけ単純化し、さらに全体の組立についても作業性が良く、組立後のマイクロ波に関する調整は不要となる構成になっている。

#### 3-1. 高周波窓

高周波の繰返し最大50PPS(パルス幅≒4μs)なので冷却は自然空冷とした。真空ツール用のアルミ加工板は消耗品と考え、円板の円周のみ研磨(真空ツール部分)したもので、左右対称形の金物に一本の金属カセットで固定する単純な構造である。今、通過電力が30MW、パルス幅≒4μs、繰返し50PPSとすると、損失が1%以下なので70W程度(最大)の発熱量がある。図2に窓の構造とマイクロ波特性を示す。

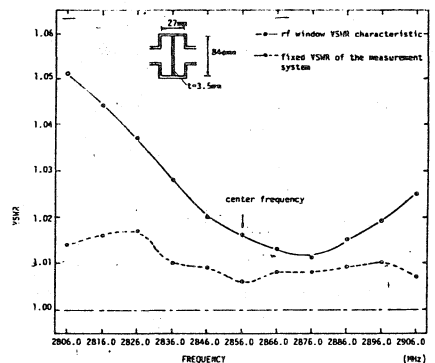
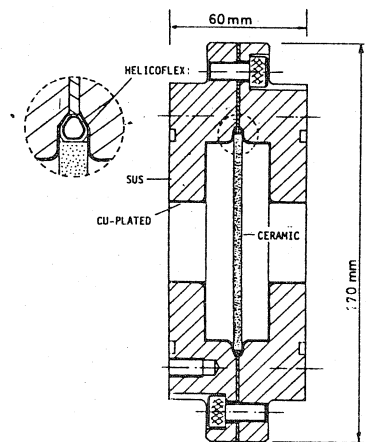


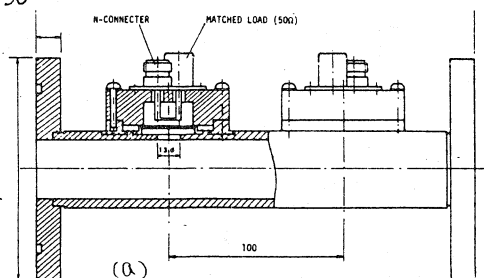
図2. 高周波窓

#### 3-2. 方向性結合器

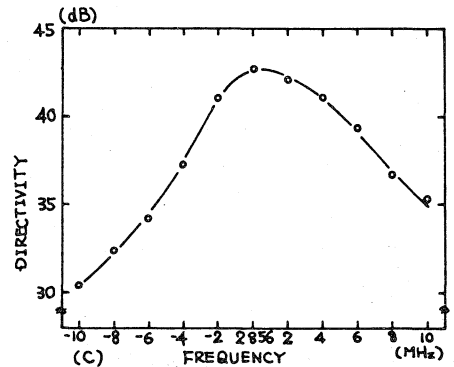
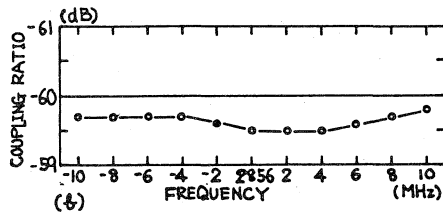
方向性結合器には、管内波長を利用した2結合孔方式と、1結合方式(Bethe-hole directional coupler)が良く使用される。結合度が小さい(<-40dB)所では、前者は方向性が良いなどの利点があるが、形状が大きくなってしまふ。

後者の場合、形状は非常にコンパクトに出来るが、方向性が2結合方式に比べて劣るが一般的であった。方向性を30dB以上と目標に試作(日本高周波社)した結果、最大40dB平均値で35dB程度が得られた。図3に形状とマイクロ波特性を示す。

図3. Bethe-hole directional-coupler

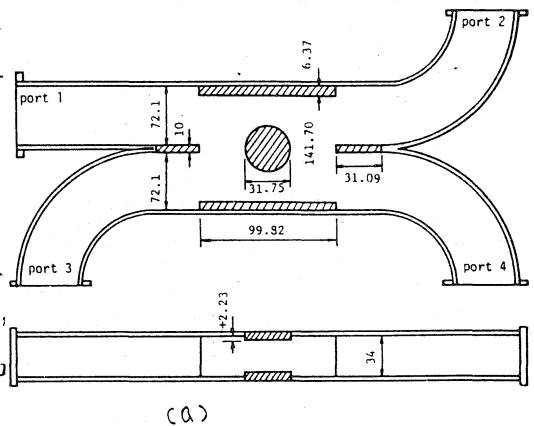


結合度は  $-60\text{dB} \pm 0.5\text{dB}$  以内が得られた。(図3-6)



### 3-3. 電力分割器

3dB,  $90^\circ$ 位相型の電力分割器で、完成後、調整用ボタンの深さを選ぶ事で、 $VSWR \approx 1.05$ ,  $3\text{dB} \pm 0.5\text{dB}$ ,  $90^\circ \pm 1^\circ$  が得られた。位相に関して精度が良い結果が得られたのは、出力端のバンドを機械加工で正確に作った事である。図4に形状とマイクロ波特性を示す。



### 3-4. 導波管フランジ

導波管フランジ部は、真空ツールとマイクロ波の電気接続の二つの役割を持つ。真空ツールガスケットはALのHELICOFLEXを使用し、真空ツール及び電気接続には、ALの板(RF CONTACT PLATE)を使用した。

メ、フランジは雄雌無の物で、ガスケット溝もJISに合致する様にしてある。図5に導波管フランジの構造を示す。

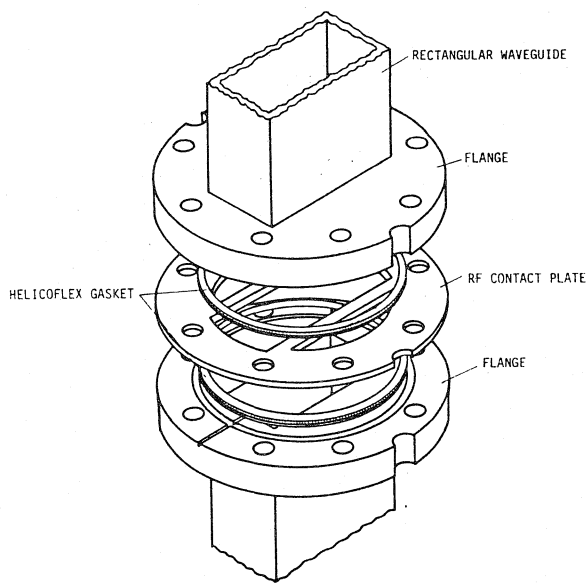


図5. 導波管フランジ

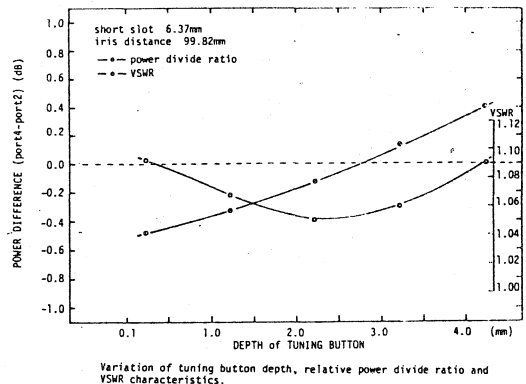
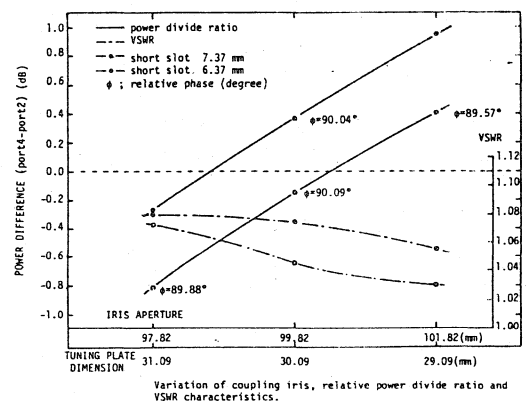


図4. 電力分割器 (3dB,  $90^\circ$ 型)