

DEVELOPMENT OF X-BAND LINAC

N. Nakamura, M. Shiota, K. Kimura and T. Suzuki

Communication Equipment Works, Mitsubishi Electric Co.

ABSTRACT

Beam tests for a 1 MeV X-Band linac which consists of 5 accelerating cavities have been performed. Accelerating frequency is 9300 MHz. The unloaded quality factor Q_0 was 7200, and effective shunt impedance was 70 M / m.

1. 序

ライナックを小型化する手段の一つとして加速空洞の共振周波数を高くする方法がある。共振周波数 9300 MHz で定在波型のXバンドライナックを試作し、ビーム加速実験を行なった。設計値は5空洞で 1 MeV, 100 mA であった。以下に構造、ビームダイナミクス、コールドテスト、ビーム加速実験について述べる。

2. 構造

加速管はサイドカップル型加速構造で5空洞から構成されている。5空洞のうちバンチャは3空洞である。サイドキャビティは電場の対称性を考慮し、隣接空洞間では 180° 回転した位置にある。寸法はSバンドの加速空洞からのスクーリングと SUPERFISH による計算から決定した。設計方針としてビームポア径はスクーリング値では小さくなりすぎるので直径 5 mm とした。また隣接空洞間の結合係数は 0.03 とした。加速管と導波管の結合部は $1/4$ 波長変成器を用い整合をとっている。

3. 設計

入射電圧は -20 kV でバンチャ部の電界強度をレギュラ部に比べ強くしている。5空洞についてビームダイナミクスを計算した。加速管内の電子の位相軌道を図1に示す。 $30^\circ \sim 180^\circ$ の位相に入射された電子は $-35^\circ \sim 5^\circ$ に集群・加速され、出力エネルギー幅は 10% である。この時ビームの透過率は 40% となる。

加速管の基本仕様は、共振周波数 $f_0 = 9300$ MHz、導波管と加速管の結合係数 $\beta = 1.6$ 、隣接空洞間の結合係数 $k_1 = 0.028 \sim 0.029$ である。また予想値としては実効シャントインピーダンス $ZT^2 = 700$ M Ω /m, 無負荷Q値 $Q_0 = 7000$ であった。

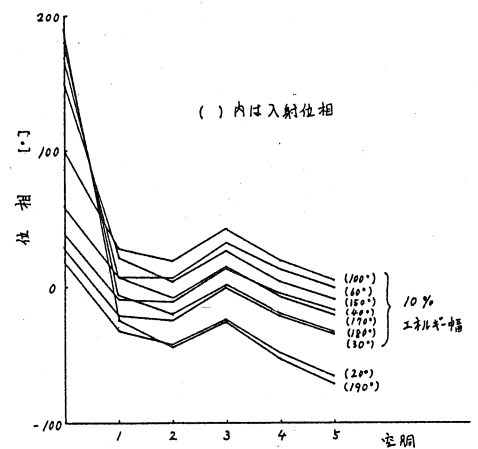


図1 加速管内の電子の位相軌道

実効シャントインピーダンスを $100 \text{ M}\Omega/\text{m}$ と仮定し、負荷ビーム電流を 100 mA とした時 1 MeV のエネルギーを得るのに必要な電力は 300 kW である。

4. コールドテスト

各ブロックを機械加工後ロ一付し、各空洞の共振周波数のバラツキを 1.9 MHz 以内に調整した。その後加速管のインピーダンスを測定し共振周波数 f_0 、 Q 値、導波管との結合係数 β を求めた。その結果 $f_0 = 2995.58 \text{ MHz}$ (24°C)、 $Q_0 = 7200$ となった。分散特性から空洞間の結合係数は $k_1 = 0.028$ となった。また直径 2 mm の金属球を加速管の軸上を動かし、周波数の変化から ZT^2/Q_0 を求め、これより実効シャントインピーダンスは $87 \text{ M}\Omega/\text{m}$ となった。

今回製作した加速管はドリフト長に比べビームポア径が大きくほぼ等しい寸法となっているため、加速空洞間の直接結合の可能性がある。分散特性から加速空洞の結合係数 k_2 を求めると $k_2 = -0.0012$ となり大きな値ではない。しかしながら、この値はバンチャのない均一な空洞の連鎖を仮定して求めた値である。

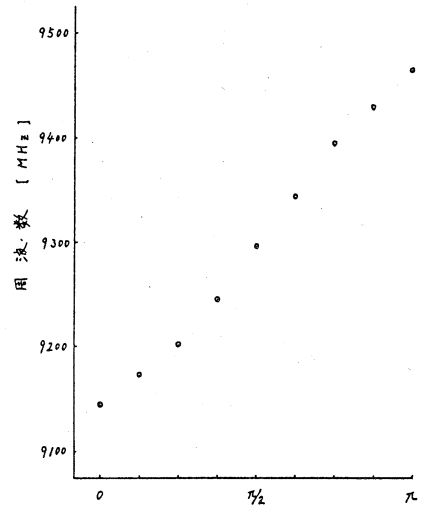


図2. 分散特性

5. ビーム加速実験

ビーム加速実験の配置図を図3に示す。マグネトロ中で励振されたRF電力はサーキュレータ、方向性結合器、RF窓を通り加速管に供給される。 -20 kV の電子銃から入射した $1 \mu\text{sec}$ の電子ビームパルスは加速管で加速され、約 100 mm のドリフトチューブを通り $30 \mu\text{m}$ のチタン窓を通して大気中に出る。チタン窓でのビームスポットは直径 2 mm であった。

エネルギーの測定はアルミ中での電子の飛程を測定することにより行なった。ビーム電流 40 mA 、マイクロ波電力 330 kW で 0.94 MeV となった。電流値 i のビーム負荷のある時のエネルギー利得 V は

$$V = \frac{2\sqrt{\beta ZT^2 LP}}{1+\beta} - \frac{i ZT^2 L}{1+\beta}$$

と表わされる⁽¹⁾。ここで L は加速管長、 β は導波管と加速管の結合係数、 P は供給したRF電力である。この式より実効シャントインピーダンスは $ZT^2 = 70 \text{ M}\Omega/\text{m}$ となった。

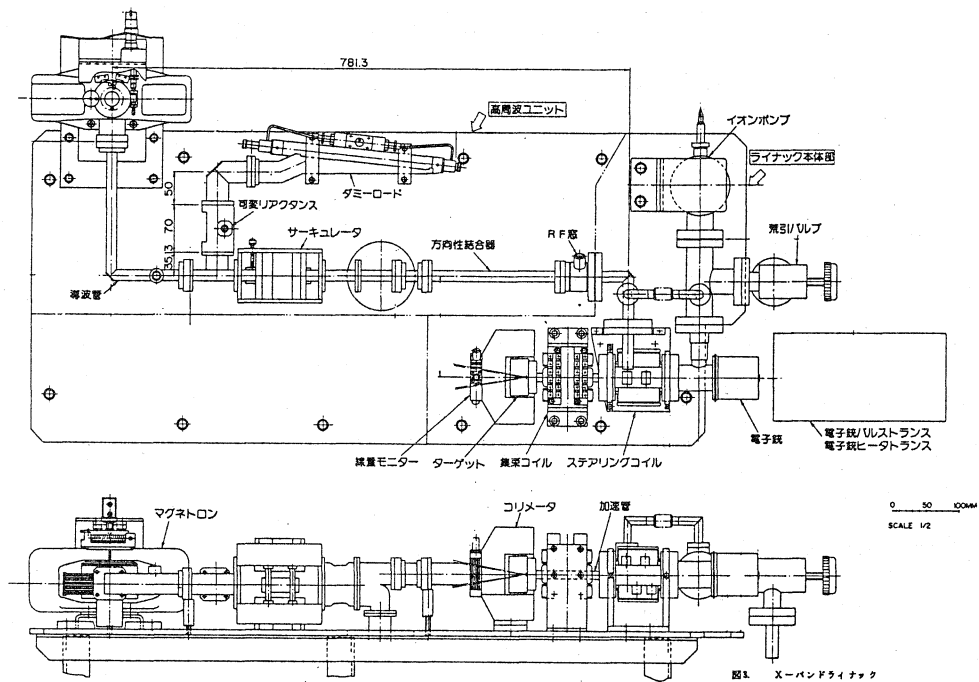


図1 X-バンドライナック
ライナック本体部・高周波ユニット組立図

6. 謝辞

本装置はX線CT用小型ライナック装置として財団法人、発電設備技術検査協会殿より委託され、開発中のものである。協会の皆様方のご協力・ご援助に深い感謝の意を表します。

参考文献

- (1). P.M. Lapostolle and A.L. Septier, "Linear Accalerators", North-Holland Pub. Co. (1970). B1. 1.