

Ferrite phase shifter

KEK 馬場齊, 田中治郎, 穴見昌三, 角山泰一郎, 寺山義広

KEK injector proton linac では Proton beam の時間幅が $0.6 \sim 30 \mu\text{sec.}$ である。この時間内での Beam loading に起因する位相補償, Buncher 及び Debuncher の位相調整をそれぞれ電氣的に行うことが必要である。一般に, 200 MHz 帯で速い応答時間の移相器としては Varactor と PIN diode 等が考えられる。しかし, これらの最大使用可能な Power level は数 10 W が限界であらう。特に Varactor は近年製作中止の傾向がある。従って, 吾々は 201 MHz, 1 KW の RF power level で使用できる 2 種類の Ferrite 移相器を完成した。1つは, 位相補償用として用いる速い応答時間の Fast phase shifter (Fast P.S.) であり, 他は位相調整用として使われる遅い応答時間の Slow P.S. である。これら Ferrite 移相器は高周波用 Ferrite (YIG) を用いた終端短絡の strip line による 1 組の集中定数 Y 型サーキュレーターと 1 個の Bias coil とから構成されている。

この場合の位相角 θ は次の如く示めされる

$$\theta = 3.6 \times 10^2 \cdot f l \sqrt{\epsilon_0 \bar{\epsilon}_r \mu_0 \bar{\mu}_r} \quad (\text{Degree}) \quad \text{M.K.S.}$$

ここで f : 周波数

l : 入出力端子間 strip line の有効長

ϵ_0 : 真空の誘電率

$\bar{\epsilon}_r$: 誘電体の実効比誘電率

μ_0 : 真空の透磁率

$\bar{\mu}_r$: 磁性体 (Ferrite) の実効比透磁率

上式に於いて, $f, l, \epsilon_0, \bar{\epsilon}_r, \mu_0$ は定数であるから, strip line に用いられている Ferrite (YIG) の $\bar{\mu}_r$ を可変にすることによって, サーキュレーターとしての機能を變えることが無く移相器として使用できる。

製作された Ferrite 移相器は, 集中定数 Y 型サーキュレーターの直流磁界として, Barium ferrite (FB1) の永久磁石を用いている。この磁石上に Bias coil を巻き, これにパルス電流を流しバイヤス磁界を作った。この合成磁界で $\bar{\mu}_r$ が變るようにしたものである。Fast P.S. と Slow P.S. はその構造と大きさは同一であるが (Fig. 1 参照), Bias coil の巻数は Fast P.S. が 4 turns, Slow P.S. が 50 turns である。

Fast P.S. の立ち上り時間は $1.5 \mu\text{sec.}$ (Fig. 1 参照)。最大バイヤス電流 $\pm 10 \text{A}$ (Pulse) で ± 20 度の移相量が得られている (Fig. 2 参照)。他方 Slow P.S. は立ち上り時間が $160 \mu\text{sec.}$ (Fig. 1 参照), 最大バイヤス電流 5.6A (Pulse) で 100 度の移相量が得られた (Fig. 3 参照)。挿入損失は -1.3db , V.S.W.R. は 1.08 で両者同じ値である。

この Ferrite phase shifter は Fig. 4 に示した如く Port 1 に適當な長さの Trombone 又は

Variable line stretcher を接続することにより、電氣的に變えられた部分と機械的に變えられた部分との組み合わせで 360 度の移相量を得ることが可能である。

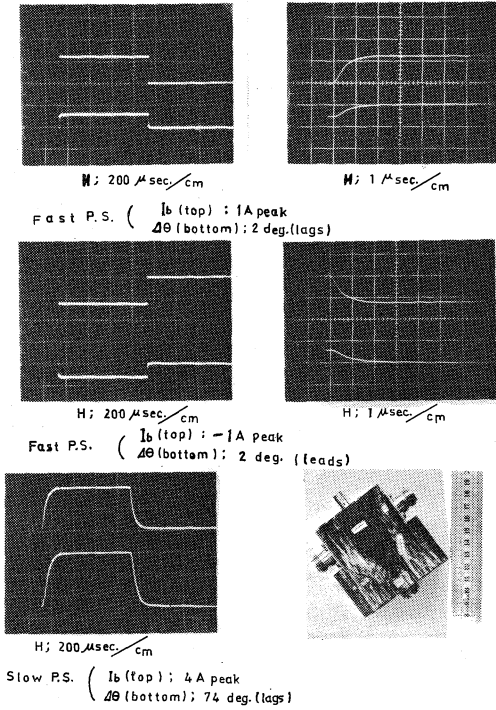


Fig. 1

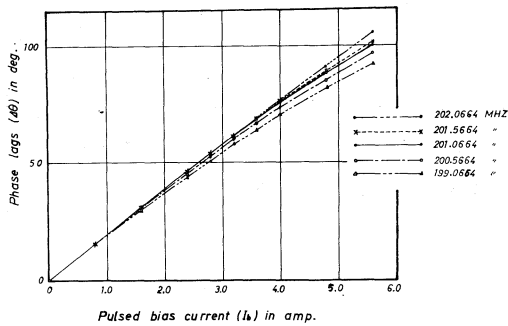


Fig. 3 Slow P.S.

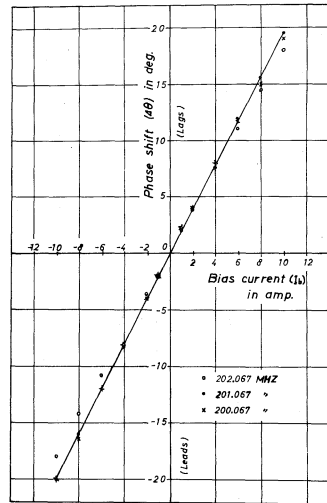


Fig. 2 Fast P.S.

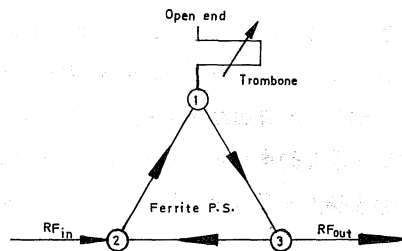


Fig. 4