

[F16p24]

# CHARACTERISTICS OF HYBRID CIRCUIT FOR BEAM POSITION MONITOR

Kenta ITOH, Naoki ISHII, Shusuke NISIYAMA, †Hiroyasu ITOH,  
Satoshi TOMIOKA, Takeaki ENOTO

Division of Quantum Energy Engineering, Graduate school of Engineering, Hokkaido University  
Kita 13, Nishi 8, Kita-ku, Sapporo, Hokkaido 060-8682, Japan

†Department of Architecture, Faculty of Fine Arts, Dohto University  
149, Nakanosawa, Kitahiroshima, Hokkaido 061-1196, Japan

## Abstract

The hybrid circuit that is called Rat Race Ring can take the summation and difference of two radio-frequency signals. We examined the possibility that we can measure the summation and the difference of the signal when we incorporate this circuit into as the part of non-destructive beam position monitor. The frequency characteristic of Rat Race Ring built as a trial agreed with the theory. We incorporated the circuit to the beam position monitor and measured an electron beam in LINAC. As a result, we confirmed the fact that the summation and the difference of two signals can be taken using this circuit.

## ビーム位置モニタ用ハイブリッド回路の特性評価

### 1 : はじめに

本研究室ではこれまで、スロットアンテナを用いた電磁界検出による非接触型ビーム位置モニタに関する研究をおこなわれてきた。一次元方向のビーム位置を測定するためには2つのアンテナで電子ビームを観測して、その出力信号の比、または出力信号の和と差の比を求める必要がある。今回、この出力信号の和と差を求めるためにラットレースリングを使用を検討した。ラットレースリングは同軸ケーブルやマイクロストリップラインなどで構成され、リングのまわりに複数の端子を持つ形をしている。今回使用したラットレースリングは4端子のものである。理想的にはある特定の周波数の信号を端子Aから入力した場合は同相で同出力の信号に分離され端子B、Dから出力される。また別の端子Cから入力した場合は逆相で分離され端子B、Dから出力される。よって2つの信号をそれぞれ端子A、Cに同相で入力するとその2信号の和信号、差信号がそれぞれ端子D、Bから出力されることになる。このように動作するために重要なのは各端子間の距離であり、図1のようにリング部の円周長は入力する信号の伝送線波長 $\lambda$ の $3/2$ 倍でなければならない。今回は試作したラットレースリングの特性評価、および実際に既存のビーム位置モニタに付加して測定をおこなった結果を報告する。

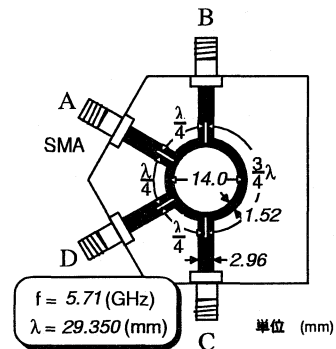


図 1: ラットレースリング

### 2 : ラットレースリングの製作

#### 2.1 : 設計

今回試作したラットレースリングの構造を図1にします。ラットレースリングの設計周波数は信号を測定するスロットアンテナの形状を考慮し、北海道大学45MeV電子線形加速器の加速高周波(2855MHz)の2倍高調波である5.71GHzとした。ラットレースリングのマイクロストリップラインは感光ガラスエポキシ基板を用いエッチングにより製作した。リング部の直

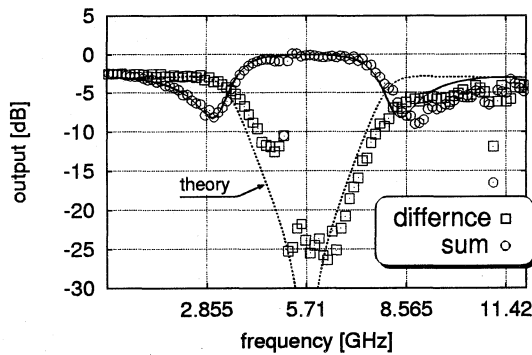


図 2: 周波数特性

径は円周長が設計周波数の伝送線波長  $\lambda$  の  $3/2$  倍になるように 14.0mm と決定した。また、マイクロストリップラインの幅はラットレースリングが 3dB 方向性結合器となるように端子部で  $50 \Omega$ 、リング部で  $70.7 \Omega$  になるようにした。端子には SMA コネクタを使用し、周囲は紙フェノール基板を用いてシールドした。

## 2.2: 特性評価

試作したラットレースリングの周波数特性を図 2 に示す。これは端子 A と端子 C に同相で同出力の信号を入力した場合の端子 B (差信号) および端子 D (和信号) の出力信号を観測したものである。ここで横軸は周波数であり、縦軸は出力である。この図より端子 B の出力信号は設計周波数 (5.71GHz) 付近で -20dB 程度まで出力が落ちていることから、入力信号の差が取れていることがわかる。差信号をとる場合に重要な位相のずれは端子 A、C から入力した場合、設計周波数で  $180.48^\circ$  であった。 $180^\circ$  から約  $0.5^\circ$  ずれているが、入力信号の振幅の大きさにして 1%未満程度の誤差である。また、端子 B、D から信号を入力して端子 C から差信号を取り出した場合は位相のずれが  $178.88^\circ$  であった。この位相のずれにはラットレースリング自身のずれだけでなく測定系の同軸ケーブルの誤差も含まれていることに注意が必要である。これより製作したラットレースリングが十分使用できるものであることが確認された。

## 3: 実験体系

実験は北海道大学 45MeV 電子線形加速器を用い、パルス幅 10ns、繰り返し数 10pps の電子ビームで行なった。位置モニタのアンテナには大きさが  $18 \times 36$  mm でスロットの大きさが  $3 \times 12$  mm のスロットア

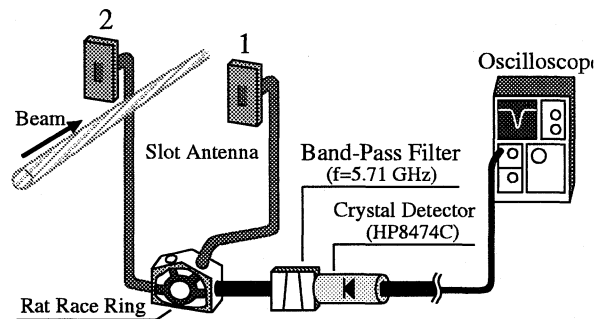


図 3: 実験体系

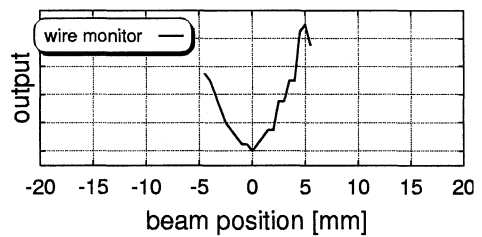


図 4: ワイヤモニタ

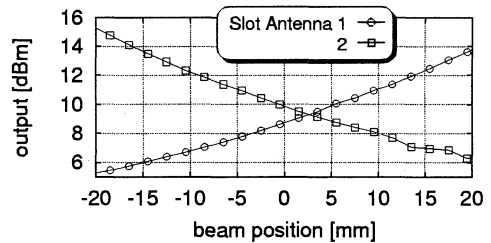


図 5: スロットアンテナの特性

ンテナを用いた。このアンテナを図 3 のように加速器のビーム取り出し窓から 500mm の地点でスロットをビーム上流方向に向けてビームを挟むように 2 つ設置した。ビーム取り出し窓の前にはビームを絞るためのコリメータ、およびアンテナ自体の反射波を抑えるための電波吸収材を置いた。スロットアンテナが検知した信号はラットレースリングの端子 A、C に入力され、その端子 B、D からの出力信号をバンドパスフィルタに通し対象とした 2 倍高調波を取り出した。これをクリスタル検波器 (HP8474C) で検波したものをオシロスコープで測定した。

## 4: 実験結果

図 6 はラットレースリングによって得られた 2 つのアンテナの信号の和、差信号をである。ここで、横軸はワイヤモニタで測定したビーム位置 (図 4) であり、縦軸はラットレースリングの出力である。アンテ

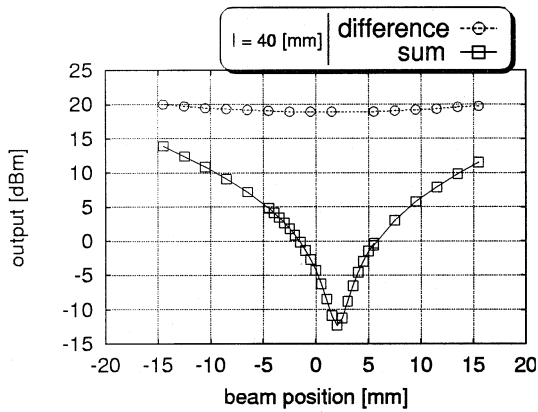
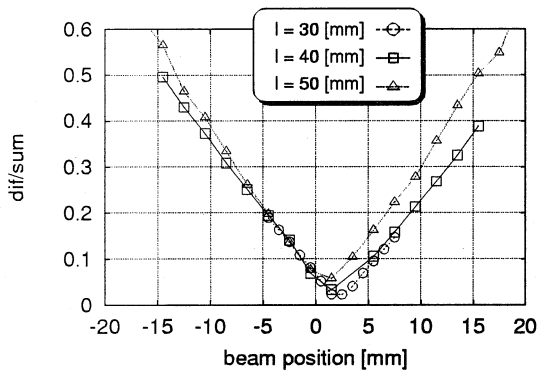
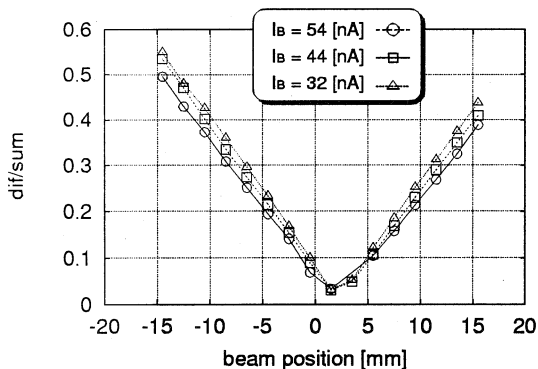


図 6: 和、差信号



(a) アンテナ間の距離が異なる場合



(b) ビーム電流が異なる場合

図 7: 和、差信号の比

ナの間隔を  $l = 30, 40, 50$  mm と 3 通りに変えた場合、およびビーム電流を  $I_B \approx 54, 44, 32$  nA と変えた場合について測定を行なった。図 6 はアンテナ間隔  $l = 40$  mm のときのものである。図 7 はこれらの信号の比 (差/和) を取ったものであり、横軸は同じくビーム位置であり、縦軸は比である。差信号および信号の比の落ち込みが電子ビームが 2 つのアンテナの間にある時より若干ずれているのは、図 5 にあるようにスロットアンテナの距離特性が等しくないためである。図 7 から分かるようにアンテナ間隔やビーム電流が変化しても和信号と差信号の比には影響はないと思われる。

## 5: まとめ

北海道大学 45MeV 電子線形加速器における加速高周波 (2855MHz) の 2 倍高調波で動作するラットレースリングを製作し、その特性を評価した。また、実際にビーム位置モニタに組み込み和、差信号を測定し、アンテナ間隔などの測定系やビーム電流が変化した時の影響を調べた。

今回の実験でラットレースリングが動作することが確認できたので、今後はビーム位置測定精度の向上を目指していく予定である。

## 参考文献

- [1] J. Reed and G. J. Wheeler., "A Method of Analysis of Symmetrical Four-Port Networks", IRE Transaction on Microwave Theory and Techniques, New York, 1956 (246-252)
- [2] S. Nisiyama et al., "Characteristics of The Small Slot Antenna as an Electron Beam Monitor", Proc. of the 21th Linear Accelerator Meeting in Japan, pp.343-345, 1996