

# 琉球大学学術リポジトリ

## リング発振器用50Ωストリップライン方向性結合器 の設計、試作、テスト結果の報告

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学工学部 公開日: 2012-03-23 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 石川, 徹, Ishikawa, Toru メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/23971">http://hdl.handle.net/20.500.12000/23971</a>

# リング発振器用50 $\Omega$ ストリップライン方向性結合器の設計、試作、テスト結果の報告†

石川 徹\*

## Report on Experimental Result of a 50 ohm Strip Line Directional Coupler Designed for a Ring Oscillator

TORU Ishikawa

Summary;

“50 ohm strip line directional coupler” was designed to apply to a ring oscillator that was used for other research work at the Tohoku University by the writer.

This is to report a theory of strip line directional coupling and a experimental result of the selfmade strip line coupler.

It appears to the writer that the coupler succeeded in checking the signal direction and frequency of the ring oscillator on the stand point of Impedance matching.

### 1 緒言

導波管や同軸ケーブルの結合器として用いられる直結型結合器や、ストリップ線路に用いられるルーズカップル型はよく知られている方向性結合器である。本文では東北大学西沢研究室で筆者が研究を続けている分布型エサキダイオードのリング状発振器から電力を取り出すために用いられたリング状ストリップ方向性結合器の理論をインピーダンスマッチングの立場から考察し、実際に方向性結合器としての性能をテストすることが目的である。その結果、この方向性結合器は、リング状発振器の信号方向を確認する最良のものであることがわかった。

### 2 理論

#### 2.1 ストリップ線路とその特性インピーダンス

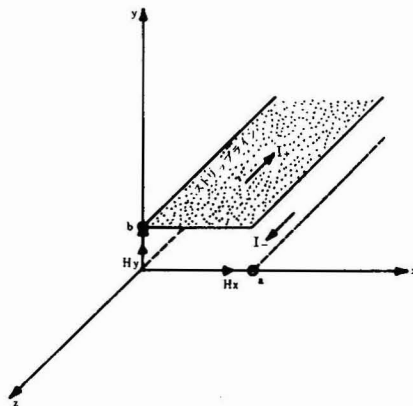


Fig. 1 Strip Transmission Line and Transverse Electromagnetic wave

†受付：1969年10月31日

\*：琉球大学理工学部電気工学科

Fig. 1のようなストリップ線路<sup>2)</sup>を伝わる信号は、TEM波であり、縁端効果を見れば

$$E_z = H_z = E_x = H_y = 0$$

$$E_y = E \exp(-j\beta z + j\omega t) \dots\dots\dots(1)$$

$$H_x = -\frac{E_y}{\zeta} = -\frac{E}{\zeta} \exp(-j\beta y + j\omega t)$$

即ち両導体間には

$$V = b E_g = b E \exp(-j\beta z + j\omega t) \dots\dots\dots(2)$$

なる電圧を生じ、z方向には次の電流が流れる。

$$I = \pm a \cdot H_x = \mp \frac{aE}{\zeta} \exp(-j\beta z + j\omega t) \dots\dots\dots(3)$$

従って、特性インピーダンスは

$$Z_0 = V / I = b / a \cdot \zeta = b / a \sqrt{\mu / \epsilon} = 377b / a \dots\dots(4)$$

なお、線路容量C<sub>0</sub>、線路インダクタンスL<sub>0</sub>は次式で計算される。

$$C_0 = \epsilon S / b = \epsilon a \cdot / b \quad (S = a \times 1) \dots\dots\dots(5)$$

$$L_0 = C_0 Z_0^2 = \mu b / a \dots\dots\dots(6)$$

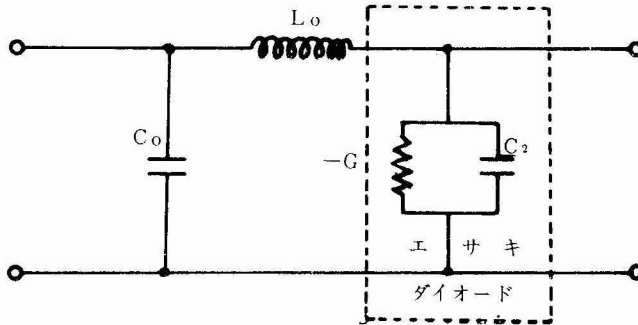


Fig. 2 Equivalent Circuit of Active Stripline (with Esaki Diode)

ちなみに、このPassive Lineにエサキダイオードを挿入した場合の等価回路<sup>3)</sup>はFig. 2のようになり、リングの特性インピータレスは次のように計算される。

(i)  $\omega c \gg G$  の高い周波数領域

$$Z_1 = \sqrt{(j\omega L_0) / (-G + j\omega C_1)} \approx \sqrt{L_0 / C_1} \dots\dots\dots(7)$$

(ii)  $\omega C < G$  の比較的低い周波数領域

$$Z = \sqrt{(j\omega L_0) / (-G + j\omega C_1)} = \sqrt{(\omega LR) / \{(1 + (\omega CR)^2)\}} \cdot \sqrt{\omega CR + j}$$

こゝで  $\sqrt{\omega CR + j} \equiv a + jb$  とおき

$$a^2 - b^2 = \omega CR, \quad 2ab = 1$$

$$\therefore a - (1/2a) = \omega CR$$

$$a^2, b^2 = \frac{1}{2} \{ \omega CR \pm \sqrt{(\omega CR)^2 + 1} \}$$

$$\therefore = 1 / \sqrt{2} \sqrt{(\omega LR) / \{(\omega CR)^2 + 1\}} \{ \sqrt{\sqrt{(\omega CR)^2 + 1} + \omega CR + j} \sqrt{\sqrt{(\omega CR)^2 + 1} - \omega CR} \} \dots\dots(8)$$

$$\approx \sqrt{1/2} \sqrt{(\omega LR)} \sqrt{\{1 + \omega CR + j\} \sqrt{1 - \omega CR}}$$

$$\approx \sqrt{(\omega LR) / 2} \{ 1 + \frac{1}{2} \omega CR + j (1 - (\omega CR) / 2) \} \dots\dots\dots(9)$$

結局、ストリップ線路のZ<sub>0</sub>、C<sub>0</sub>、L<sub>0</sub>は線路の巾aと線路シャシー間の距離bとの相互関係で決定されるわけである。こゝではZ = 50オームとした。

2. 2 ルーズカップル型方向性結合器

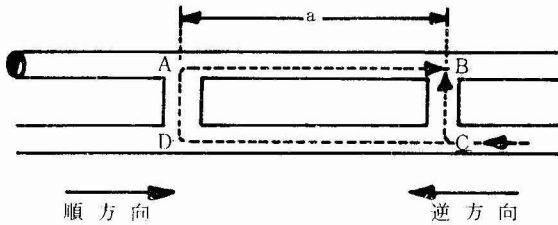


Fig. 3 λ/4 Type Directional Coupler

導波管でよく用いられる λ / 4 型方向性結合器は、Fig. 3 のB点で逆方向から来た波が打消されるような距離  $a = \lambda / 4$  が次式から求められる。

$$V = \sum_{x=0}^a V_m \sin \{ 2\pi/\lambda \cdot (2x) \} = \sin \{ 2\pi/\lambda \cdot (2a) \} = 0 \dots\dots\dots(10)$$

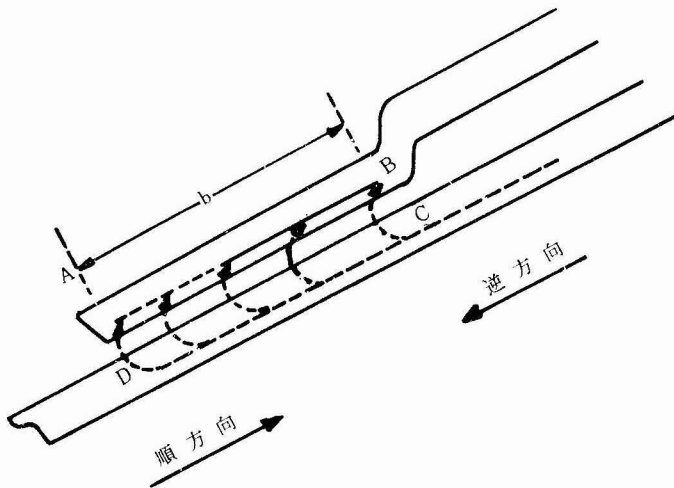


Fig. 4 Loose Coupler for Strip Line

ルーズカップル型の場合は、結合点が連続したある範囲にわたっているため、終端Bでの電位は積分で求められる。Fig. 4 の逆方向の波がB点で打消される条件は、B点での合成電位Vが0になること、即ち

$$V_b = \int_0^b V_m \sin \{ 2\pi/\lambda \cdot (2x) \} dx = 0 \dots\dots\dots(11)$$

$$\cos \{ 2\pi/\lambda \cdot (2b) \} - 1 = 0$$

$$\therefore b = \lambda/2 \dots\dots\dots(12)$$

こゝでは、リング長を試験周波数の波長としたため、bはそのλの1/2波長として設計した。

3 実験装置

方向性結合器と実験装置をFig. 5に示す。実験器具は次のとおり：

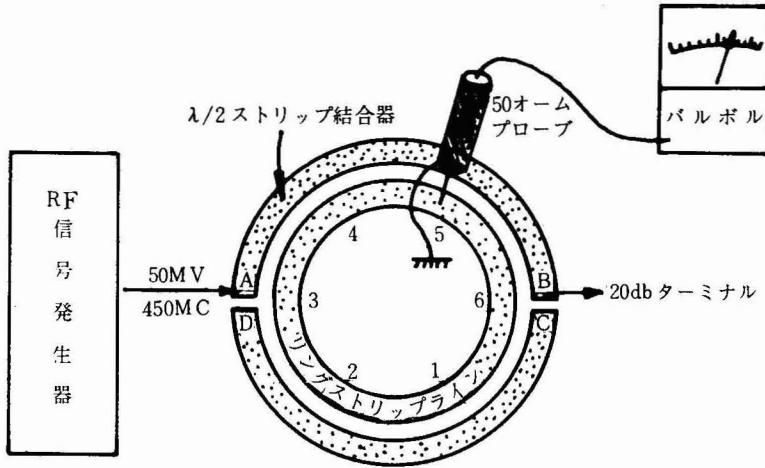


Fig. 5 Measuring Devices

- |                |                               |
|----------------|-------------------------------|
| (i) 方向性結合器     | 自作                            |
| (ii) 真空管電圧計    | Boonton Elec 社製 $F_c = 600Mc$ |
| (iii) RF 信号発生器 | General Elec 社製               |
| 20dbターミナル      | G.R 社製                        |

4 実験結果と考察

実験はRF 信号発生器の出力を50(mv)の一定に保持し、周波数は450 (Mc)とした。方向性結合器は、リング発振器から電力の一部をとり出すために設計されたものであるが、逆に結合器の一端にRF 信号発生器から電力を供給し、結合器の各点とリング上の各点における電圧をバルボで測定し、その性能を測定した。その結果をFig. 6に示す。

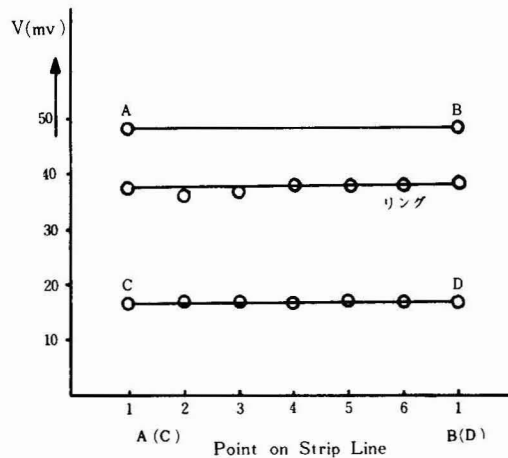


Fig. 6 Voltage on the Strip Transmission Line, when 450 (MC), 50 (mv) supplied to point A of Loose Coupler

図からわかるように、ルーズカップリングでも、リング発振器用として充分その性能を発揮することができると思われる。なお、参考のために直結型として  $\lambda/4$  長の両端点を  $100 \text{ pF}$  で直結した場合のリング上の電圧を測定し、Fig. 7 に示した。

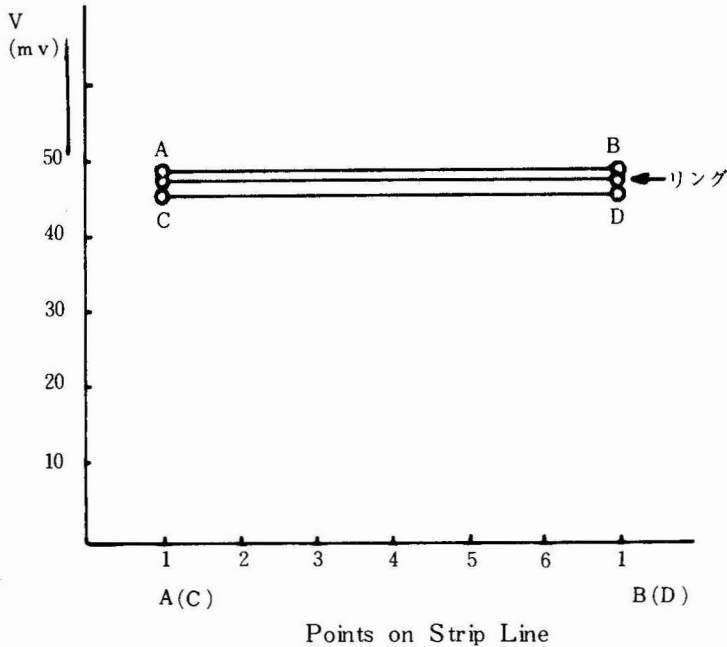


Fig. 7 Voltage on the Strip Transmission Line, when 450 (MC), 50 (mv) supplied to point A of Tight coupling.  $100 \text{ pF} \times 2$  Connected at  $\lambda/4$  Length.

### 5 結 言

ストリップライン方向性結合器は、リング状発信器から電力の一部を引き出して、その信号の方向性を調べるために設計されたものである。その意味では本実験の目的は充分果されていると考えられる。しかし乍ら、新しいタイプの発振器が開発され、その機能に応じた適当な出力をとり出すためには、新しいアイデアによる方法が見出されなければならない。西沢の分布型エサキダイオード発振器がその良い例で、その接合ブロックが実現する前に解決しなければならない重要な問題の一つであろう。本実験では、その一段階として、ストリップ線路を利用した50オームの結合器を試作してテストした。筆者はこの簡単な結合器の基本理論と実験によって、より深い理解を可能にし、リング発振器の発振理論、波形、動作解析を研究する基礎になるものと確信している。

最後に、本実験を可能ならしめた西沢教授、討論に参加して下さった早坂氏に謝意を表す。

## 参 考 文 献

- 1) Smythe: "Static and Dynamic Electricity" 2nd Ed., Mc Graw Hill Book Co., 1950, 521
- 2) Dangle & Steele: "Using Strip Line to Design microwave circuits, Part 1", Electronics, Feb 7, 1966, 72
- 3) 早坂・西沢: "分布型エサキダイオード" 早坂卒業論文、東北大学(昭39)
- 4) 早坂・西沢: 同上