

琉球大学学術リポジトリ

分布型エサキダイオード発振器について

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学理工学部 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	http://hdl.handle.net/20.500.12000/23970

分布型エサキダイオード発振器について†

石川 徹*

Study of the Distributed Esaki-Diode Oscillator

TORU Ishikawa

Summary:

The writer visited Nishizawa's Laboratory in the Tohoku University several times during the years of 1966-1969, to study "the distributed type Esaki-Diode", proposed by Dr. Nishizawa. The diode is supposed to have no upper-cut-off frequency, that is well known on the oscillation of a Esaki-Diode.

In this report, it is to see waveform, frequency, signal direction and its bias dependability, using a model of "Distributed type Esaki Diode oscillator"

The writer used the model "Ring Oscillator" designed as "Periodically E.D loaded transmission line"

As a result, it was assured that the Oscillated signal was a travelling wave, showed a frequency as forecasted, had a clearcut bias dependability of the signal direction.

1 緒 言

周波数特性を大巾に改善するため、西沢¹⁾が提案した「分布型エサキダイオード」は特性の良い増巾器、検波器、発振器、あるいは大振巾スイッチング素子として注目されている。エサキダイオード1個を用いて発振させる場合、上限周波数がある値におさえられてしまう最大の原因は接合容量の影響であるが、これを少なくするため、西沢はp-n接合自体を伝送線路として用いることによって、この問題を解決した。このp-n接合ブロックは現在入手できないため、「周期配列型エサキダイオード伝送線路²⁾」でこれを近似し、実験を進めた。この能動線路の出力を入力側へ帰還結合させた時の発振周波数は伝送線路の長さによって決定され、ダイオードのLとCによる自己共振周波数を越え、理論的には無限大の周波数の発振が可能である。本実験では試作されたリング発振器を用いて、発振周波数と信号方向を観測し、現在探究されている発振時における個々のダイオードの動作解析に寄与しようとするものである。実験の結果、信号方向のバイアス依存性が確認された。

2 発振理論

周期配列型エサキダイオードの伝送線路およびその等価回路をFig. 1に示す。各ダイオードには安定増巾領域³⁾にバイアスをかける。等価回路から伝播定数 γ は次のように計算される。

†受付：1969年10月31日

*琉球大学理工学部電気工学科

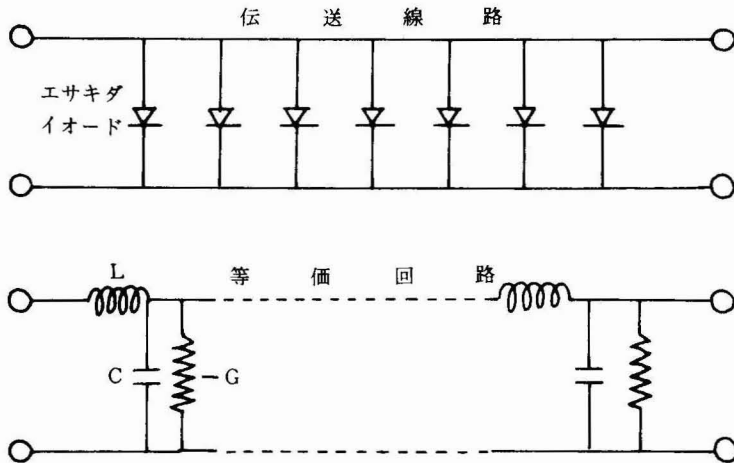


Fig. 1 Periodically Loaded Transmission Line with Esaki Diodes and Equivalent Circuit.

$$\begin{aligned}
 \gamma &= \sqrt{Z_0 Y_0} = \sqrt{j\omega L \cdot \sqrt{-G + j\omega C}} \\
 &= j\omega \sqrt{LC} \cdot \sqrt{1 + j \frac{G}{\omega C}} \approx j\omega \sqrt{LC} \left(1 + j \frac{1}{2} \frac{G}{\omega C} \right) \\
 &\approx -\frac{G}{2} \sqrt{\frac{L}{C}} + j\omega \sqrt{LC} \quad \dots\dots\dots (1) \\
 &\quad (\omega C \gg G)
 \end{aligned}$$

- こゝで Z_0 : インピーダンス
- Y_0 : アドミッタンス
- $-G$: エサキダイオードの負性コンダクタンス
- ω : 角周波数 $2\pi f$

この式はエサキダイオード伝送線路が $\exp. \{G/2 \sqrt{L/C}\}$ で増巾する能動線路であることを示している。従って出力を入力側に結合して正帰還させることにより発振器として用いることができる。

信号の伝播速度は(1)式の第2項より $v = 1 / \sqrt{LC}$ となり、発振周波数は

$$f = v / \lambda = 1 / \rho \cdot \sqrt{LC} \dots\dots\dots (2)$$

となる。Fig. 2 のような一様に連続したリング伝送路上を伝播する信号波は、連続した進行波で、その基本波はリング周長を一波長とする周波数であると考えられる。

Fig. 2 のリング発振器から出力電力をとり出す方法については、今なお研究中であるが、進行波である以上互いに逆方向に伝播する波が同時に存在することは考えられず、進行波の方向を検出できる方向性結合器による方法を⁴⁾採用した。Fig. 3 に方向性結合器を示す。

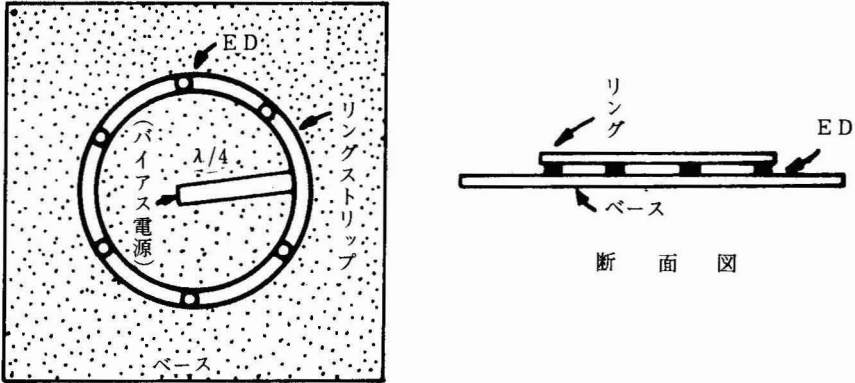


Fig. 2 Ring Oscillator

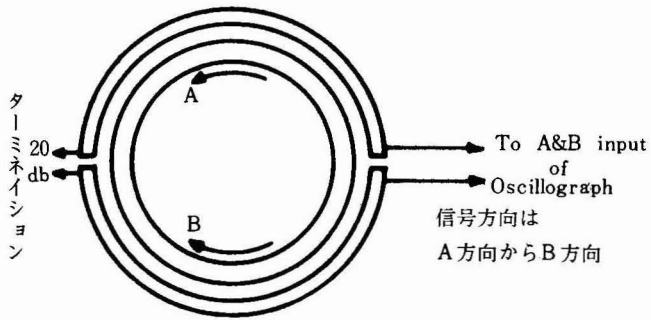


Fig. 3 Directional Coupler Designed for Ring Oscillator

3 実験装置

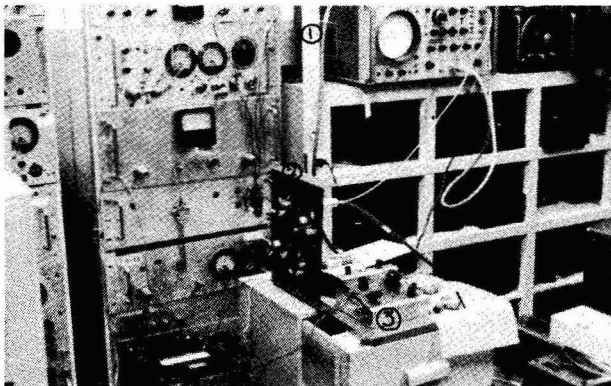


Fig. 4 Measuring Devices 1 Sampling Oscilloscope
2 Ring Oscillator
3 Bias Circuit set

Fig. 4 にストリップ伝送線路（特性インピーダンス50オーム）をリング状にして六個のダイオードを挿入した状態と、他の測定器具の写真を示す。①はサンプリングオシログラフ、②は

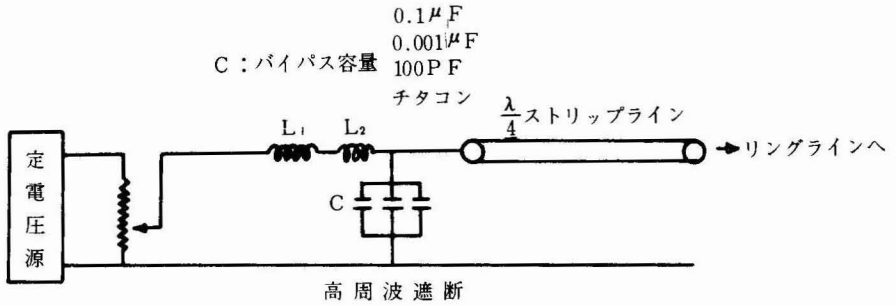


Fig. 5 Bias Suppling Circuit

リング発振器、③は定電圧源である。バイアスは、Fig. 5 のように $\lambda/4$ 線路で高周波信号を遮断して、リングの内側から供給した。Fig. 6 に測定装置の系統図を示す。

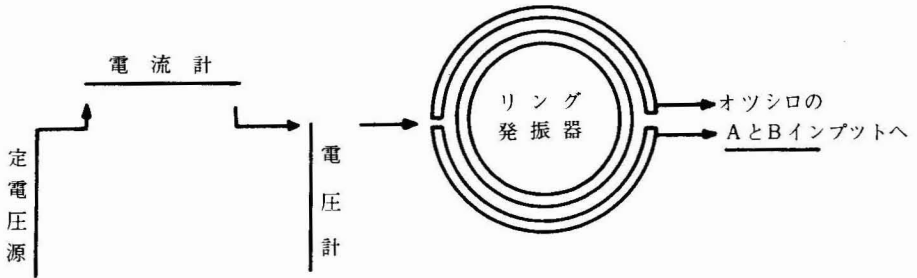


Fig. 6 Mesuring Devices (Diagram)

測定器具は下記の装置を使用した。

- | | |
|---------------|---------------|
| 定電圧源 | 自作セット |
| 電圧計 | 横河社製 |
| 電流計 | 横河社製 |
| サンプリングオシロスコープ | ヒューレット・パカード社製 |

4 実験結果と考察

4. 1 発振周波数

理論式(2)から450Mc用のリングを自作して発振周波数を観測した処、凡そ430Mcを得た。その波形と周波数はFig. 9の写真に示してある。理論値と実験値の差は、工作時のリング巾と厚さの誤差に起因すると思われるが、早坂の実験結果とほぼ一致しているので、このリング発振器による進行波の波長は、リング長とほぼ一致すると結論される。

4. 2 発振信号のバイアス依存性

Table 1 Signals of Ring Oscillator when Bias E_B changed

バイアス E_B (V)	電流計の読み I_P (mA)	A側信号 V_A (mV)	B側信号 V_B (mV)	発振周波数 (MC)	波形の安定性	写真
0.1	8.5	5	10	430		
0.12	5.8	0	20	430		Fig. 7
0.16	5.0	50	15	430	安定	Fig. 8
0.215	4.5	40	30	430	中間でみだれる	Fig. 9
0.22	4.0	40	30	430		
0.27	4.6	20	70	430	安定	Fig. 10
0.275	4.8	40	30	430		Fig. 11
0.276	0	0	0	0		

発振周波数については、バイアス依存性は認められないが、表 1 に示したように出力と信号方向は大きくバイアスに依存することが確かめられた。従って、適当なバイアス点を選ぶことにより最も安定した大きい出力が得られるわけである。Fig. 7~11 に夫々のバイアス点における波形を示す。なお、最近のシリコンオーバーレイトランジスタの出現により、これを利用した数 W の電力増巾器の設計が可能となった為、分布型エキサダイオードと組合せて設計し、応用することが可能になるものと思われる。

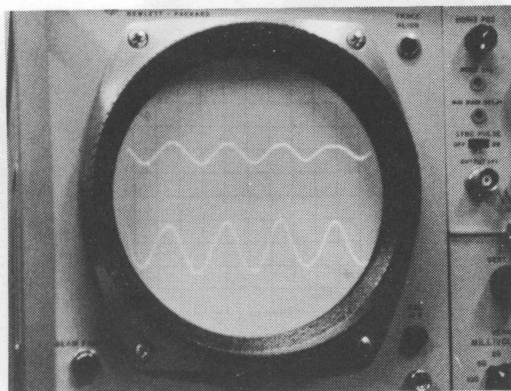


Fig. 7 Waveforms at A & B for $E_B = 0.12$ (v)

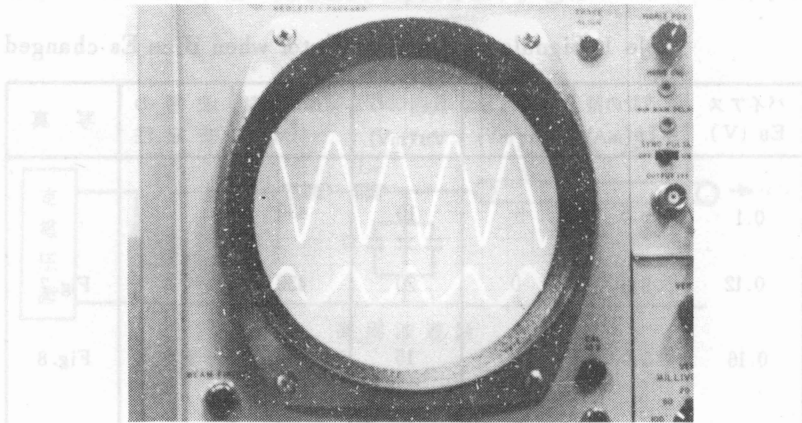


Fig. 8 Waveforms at A & B for $E_B - 0.16$ (v)

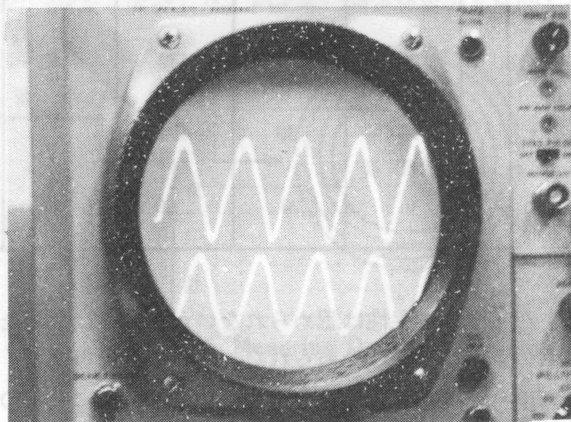


Fig. 9 Waveforms at A & B for $E_B - 0.215$ (v)
for $E_B - 0.22$ (v)

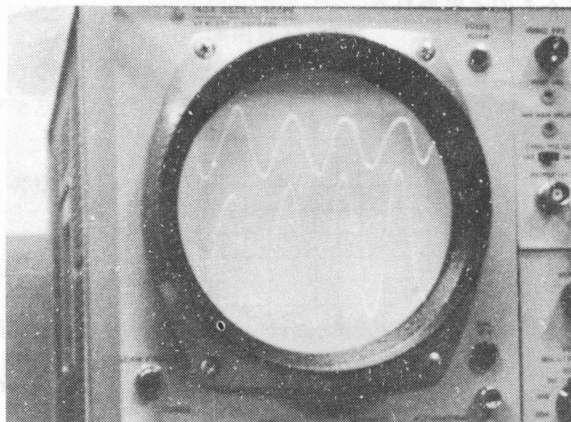


Fig. 10 - Waveforms at A & B for $E_B - 0.27$ (v)

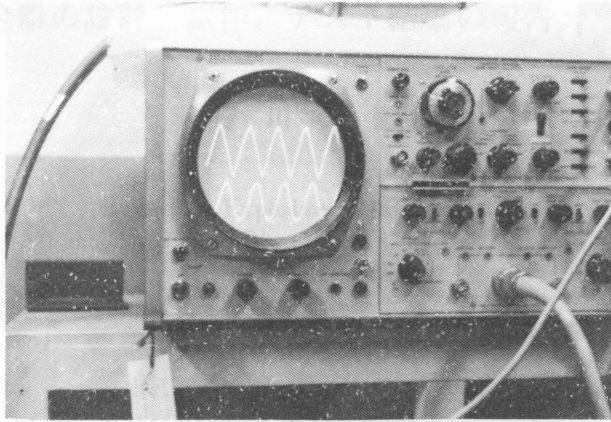


Fig. 11 Waveforms at A & B for $E_B - 0.275$

5 結 言

江崎らによって発明されたエサキダイオードは、その本質的な特長ある動作、即ちトンネル効果により高い周波数特性を有することは周知のとおりである。しかし高い不純物添加度と非常に薄い接合巾は必然的に大きな接合容量となって遮断周波数を与える原因となっている。この影響を避ける一つ的手段として西沢らの「分布型エサキダイオードがあげられるわけである。本論文ではインピーダンス整合の困難なリング発振器を用いた為、必然的な反射波が多少現われ、必ずしも満足できるデータが得られたわけではない。しかし乍らバイアス依存性については明確な結論が得られたので、将来の半導体技術の一層の発展により遠からず「分布型エサキダイオード」ブロックが登場するものと期待される。

最後に、この三年間、設備を開放された上、御指導を賜わった東北大学の西沢潤一教授に厚く御礼を申し上げ、多くの資料を提供して頂いた早坂博士外、西沢研究室の諸学兄に深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 清水、西沢他：“進行波形江崎ダイオードについて”、東北大学電通工学研究会第2分科会資料 (昭和34-08) (昭34-08)
- 2) 西沢他：“周期配列形エサキダイオード増巾器”電気通信学会誌、(昭38. 7)、911
- 3) 福井：“エサキダイオード”オーム社、(昭38)、66
- 4) 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. 3)