

# 低インピーダンス伝送線路を用いたミリ波帯 VCO の低雑音化の検討

mmW VCO Using Low-Impedance Transmission Line

野見山 陽  
You Nomiyama

チャイヴィパース ウィン  
Win Chaivipars

岡田 健一  
Kenichi Okada

松澤 昭  
Akira Matsuzawa

東京工業大学 大学院理工学研究科 電子物理学専攻  
Department of Physical Electronics, Tokyo Institute of Technology

## 1 まえがき

近年、60GHz 帯の周波数領域を用いた高速無線通信が検討されている。IEEE 802.15.3c で規格されている 6Gbps 無線伝送では 16QAM 変調を用いる。しかし、現状で実現できる 60GHz 帯 CMOS VCO では、位相雑音特性が要求を満しておらず、さらなる低雑音化が必要である[?]。本発表では、電圧制御発振器 (VCO) の位相雑音改善のため、低インピーダンス伝送線路を用いる方法について報告する。

## 2 伝送線路を用いた VCO の位相雑音

本検討では、VCO の共振器として、差動伝送線路を用いる。伝送線路を用いた VCO の Q 値と位相雑音の関係は、LC-VCO と同じく、次式 (??) でモデル化できる [?]

$$P_N \propto 10 \log \left[ \frac{1}{P_{\text{sig}} Q^2} \right] \quad (1)$$

位相雑音の改善には、共振器の Q 値の改善が最優先であるが、Q 値の改善には製造プロセス上の制約から限界がある。また、信号電力  $P_{\text{sig}}$  の増加により、位相雑音の改善も可能であるが、電圧振幅の増大はトランジスタの  $g_m$  低下を招く。そのため、電圧振幅は  $g_m$  の確保できる範囲でしか大きくできない。

共振時の並列インピーダンスを  $R_p$  とすると、式 (??) に示すように、バイアス電流  $I_{\text{bias}}$  の二乗に比例して信号電力が増大するが、最終的には電圧振幅  $V_{\text{amp}}$  は飽和する。その時の信号電力は式 (??) で表わされる。文献 [?] では、インダクタンスの大きいインダクタを選ぶことを提案しているが、本発表では、逆にインピーダンスを下げることににより、より低い位相雑音を実現する方法について検討する。

$$P_{\text{sig}} = R_p I_{\text{bias}}^2 \quad (2)$$

$$P_{\text{sig}} = \frac{V_{\text{amp}}^2}{R_p} \quad (3)$$

## 3 スローウェーブ構造を用いた低インピーダンス伝送線路

低インピーダンス伝送線路の実現のために、スローウェーブ構造を応用する [?]。オンチップの伝送線路では、導体損失のための Q 値の劣化の影響が大きい。Q 値の確保のため、インダクタンスは減らさずに特性インピーダンスを下げる必要がある。そこで、図??に示すように、下部にグラウンド面を設け、その上部にスリット入りのグラウンドシールドを設ける。特性インピーダンスと Q 値は、それぞれ下記の式 (??) および (??) で表わされる。

$$Z = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (4)$$

$$Q = Q_L // Q_C \quad \text{ただし、} Q_L = \frac{\omega L}{R}, Q_C = \frac{\omega C}{G} \quad (5)$$

Q 値は、インダクタンスに起因する  $Q_L$  とキャパシタンスに起因する  $Q_C$  で理解できる。スリット入りのグラウンドシールドは、インダクタンスに影響を与えないので、支配的な  $Q_L$  を劣化させない。スリット入りのグラウンドシールドを設ける配線層を上方にすることで、Q 値をかえずに特性インピーダンスを調整する。図??は Q 値及び特性インピーダンス Z とスリット高さ H の関係を示す。図??は Q 値と特性インピーダンス Z

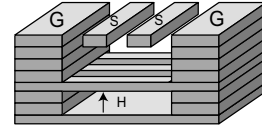


図 1 シミュレーションを行った伝送線路

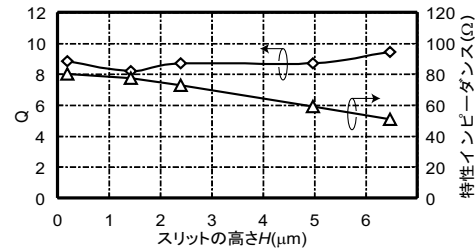


図 2 Q 値及び特性インピーダンス Z とスリット高さ H

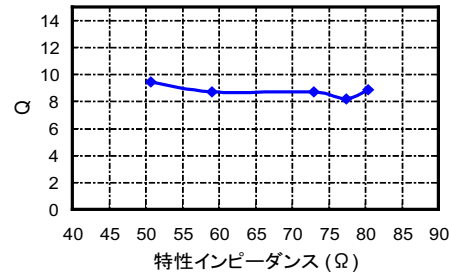


図 3 Q 値と特性インピーダンスの関係

の関係を示す。特性インピーダンスが 50~80Ω の間で Q 値の劣化を 7%以内にする事が可能である。

## 4 まとめ

低インピーダンス伝送線路の実現のため、スリット高さを変えることにより、Q 値を劣化させずに伝送線路の特性インピーダンスを下げられることを、電磁界シミュレーションの結果により示した。

## 謝辞

本研究の一部は、総務省委託研究『電波資源拡大のための研究開発』、半導体理工学研究センター、並びに東京大学大規模集積システム設計教育研究センターを通し、日本ケイデンス株式会社およびアジレント・テクノロジー株式会社の協力で行われたものである。

## 参考文献

- [1] N. Guo, R. C. Qiu, S. S. Mo, and K. Takahashi, *EURASIP Journal on wireless communications and networking*, Vol. 2007, pp. 1–8, Feb. 2007.
- [2] D. B. Leeson, "A Simple Model of Feedback Oscillator Noise Spectrum," *Proc. of the IEEE*, Vol. 54, pp. 329-330, 1966.
- [3] D. Ham, and A. Hajimiri, *IEEE JSSC*, Vol. 36, No. 6, pp. 896-909, Jun. 2001.
- [4] T. S. D. Cheung, and J. R. Long, *IEEE JSSC*, Vol. 41, No. 5, pp. 1183-1200, May 2006.