

# 3D インダクタによるノイズフィルタリングを施した 2次高調波を利用した電圧制御型発振器の検討

20 GHz push-push VCO using noise canceling effect with 3D inductor

木村 健将  
Kento Kimura

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 電子物理工学専攻  
Department of Physical Electronics, Tokyo Institute of Technology

## 1 まえがき

一般的に発振器の Q 値は、周波数帯が上昇するほど低下する傾向にあるため、低位相雑音を達成するために、所望周波数の半分の周波数帯で発振させ、その 2 次高調波を利用する Push-Push VCO という構成がある。本研究では、低位相雑音で小面積な push-push 型 VCO の回路構成を提案した。

## 2 Push-Push 型 VCO

push-push 型 VCO の従回路構成を図 1(a) に示す。Push-Push 型 VCO はテール部から出力を取り出す。電流源にはトランジスタ、抵抗、LC フィルタを用いる構成があるが、各々に問題点が存在する。

トランジスタを用いた場合、面積や電流制御などの面では有利だが、ミリ波帯では寄生容量でテールのインピーダンスが小さくなり、発振振幅も小さく位相雑音性能で劣る。抵抗は小面積であり、トランジスタと比べて寄生容量がないため、高周波では高インピーダンスを実現できるが、インダクタを用いた場合よりは低く、更なる低位相雑音性能を目指すにはこの構成では不十分である。最後にインダクタとキャパシタによるノイズフィルタリングを用いたものである。フィルタの共振周波数を 2 次高調波にあわせることで、所望周波数付近のみ高インピーダンスにでき、また他の周波数帯ノイズを除去することで、良好な低位相雑音性能を達成できる。しかしインダクタを用いるために、面積の点で大きく劣る。

## 3 提案手法

低位相雑音性能と小面積化の 2 点を両立するために、図 2(a) に示す 3 次元構造をもつインダクタを用いることを提案する。3 次元構造を持つインダクタは、2 次元構造のものよりも、図 2(b) に示すように面積を 1/40 まで改善でき、インダクタを使うデメリットを大幅に改善できる。また図 1(b) のように並列にキャパシタを入れることでノイズフィルタリングを行い、低位相雑音性能を達成することができる。

新たに FoMA を定義し、シミュレーション結果 (表 1) を評価する。ここで、FoM は位相雑音、周波数帯域、消費電力を規格化した指標であり、Area は VCO 全体の面積である。

$$FoMA = FoM + 10 \log \left( \frac{\text{Area}}{1\text{mm}^2} \right)$$

## 4 結論

本稿では低位相雑音性能と小面積化を両立するため、3D インダクタを用いた Push-Push 型 VCO を提案した。シミュレーション結果より、24GHz 帯において FoMA=-202.03[dBc/Hz]、消費電力 8.84mW を達成することができた。

## 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』、総務省 SCOPE、科学研究費補助金、半導体理工学研究センター、キャンノン財団、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じ、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。

表 1 シミュレーション結果

指標	Tr	R	L	this work
FoMA [dBc/Hz]	-197.22	-198.35	-201.23	-202.03
FoM [dBc/Hz]	-185.67	-186.8	-190.89	-190.5
面積 [ $\mu\text{m}^2$ ]	0.07	0.07	0.0925	0.07023

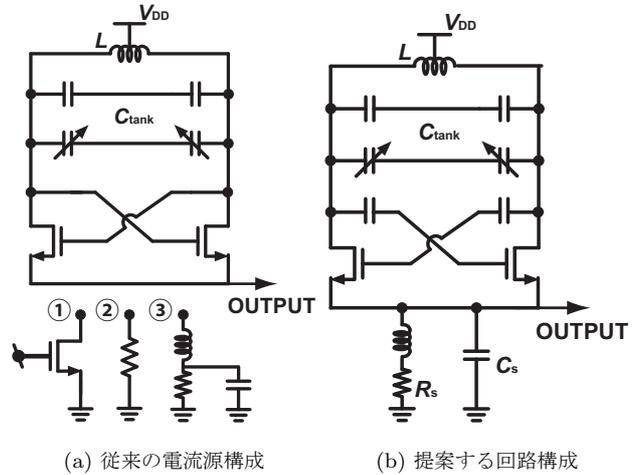


図 1 push-push VCO

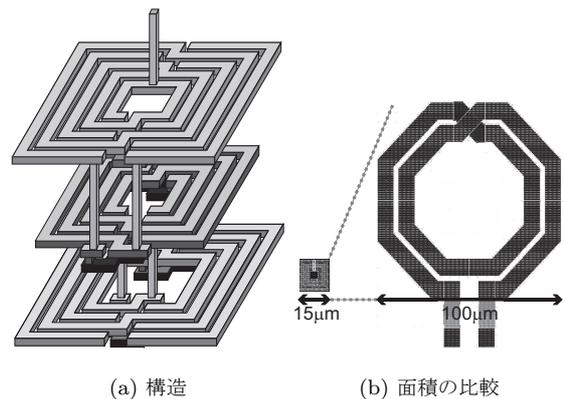


図 2 3次元インダクタ

## 参考文献

- [1] Teerachot Siriburanon, 他, “ミリ波無線機のための 20GHz Push-Push 電圧制御発振器,” 電子情報通信 ソサイエティ大会, C-12-33, 2011.
- [2] Emad Hegazi, *et al.*, “A Filtering Technique to Lower LC Oscillator Phase Noise,” *IEEE JSSC*, Vol. 36, No.12, Dec. 2001.
- [3] Rui Murakami, *et al.*, “A 484- $\mu\text{m}^2$  21-GHz LC-VCO beneath a Stacked-Spiral Inductor,” *European Microwave Conference (EuMC)*, Oct. 2010.