

# 60 GHz 帯における低損失デカップリング用伝送線路の新構造

A New Structure of Low-Loss MIM Transmission Line for 60 GHz

ヌルル ファジュリ  
Nurul Fajri

南 亮  
Ryo Minami

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

近年、60 GHz 帯の無線機の研究が盛んに行われている。60 GHz 帯における回路設計では、波長に対して素子の大きさが無視できないため、MIM Transmission Line (MIMTL) の伝送線路がデカップリング容量などとして用いられている [1]。本研究では低損失 MIMTL の新しい構造を提案し、従来の構造と比較を行う。

## 2 MIMTL の伝送線路

図 1 に従来の MIMTL および新しい MIMTL の構造を示す。MIMTL は 12 層のメタルで構成されており、新構造では GND として使用していない全ての階層を信号線とすることで特性インピーダンスの低下を狙う。デカップリング容量として用いる場合、伝送線路から見た MIMTL の入力インピーダンス  $Z_{in}$  は式 (1) で表される。

$$Z_{in} = Z_m \frac{Z_L + Z_m \tanh \gamma \ell}{Z_m + Z_L \tanh \gamma \ell} \rightarrow Z_m \frac{1}{\tanh \gamma \ell} (Z_L = \infty) \quad (1)$$

ただし、 $Z_m$  は MIMTL の特性インピーダンス、 $Z_L$  は負荷インピーダンス、 $\gamma$  は伝搬定数、 $\ell$  は MIMTL の長さを示す。また、MIMTL に入る信号に対する反射係数  $\Gamma$  は式 (2) で表される。

$$\Gamma = \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0} \quad (2)$$

ただし、 $Z_0$  は伝送線路の特性インピーダンスを示す。求めた MIMTL の入力インピーダンス  $Z_{in}$  を代入すると、

$$\Gamma = \frac{\left(\frac{Z_m}{Z_0} - 1\right)e^{\alpha \ell} - \left(\frac{Z_m}{Z_0} + 1\right)e^{-\alpha \ell}}{\left(\frac{Z_m}{Z_0} + 1\right)e^{\alpha \ell} - \left(\frac{Z_m}{Z_0} - 1\right)e^{-\alpha \ell}} \quad (3)$$

が得られる。簡単のため伝搬定数  $\gamma$  の虚部  $\beta$  を  $\beta = \pi/2\ell$  と仮定する。 $Z_{in} = 0$  のとき  $\Gamma = -1$  で全反射となり、 $\alpha$  はインピーダンス方程式より  $\infty$  となるが、現実的には  $Z_{in} = 0$  とはならず  $\alpha$  との間で反射係数に関するトレードオフが生じる。この反射係数  $\Gamma$  を  $S_{11}$  の形で用いて、従来の MIMTL および新 MIMTL の構造の特性の比較を行い評価する。

## 3 測定結果

新構造の効果を検証するために、従来の MIMTL および新構造の MIMTL について測定を行い、減衰定数  $\alpha$ 、位相定数  $\beta$ 、抵抗  $R$ 、特性インピーダンス  $Z_m$  を比較する。図 2 より、DC における  $R$  の値を大きく下げられたことがわかる。また、 $Z_m$  も低下させることができたが  $\alpha$  が増加している。そのため、どちらの構造が優れているか決定するために、式 (3) の反射係数を用いる。図 3 は  $Z_m$  の変化と減衰定数に対する反射係数を示しており、 $Z_m$  の値が小さいほど、また  $\alpha$  が小さいほど  $S_{11}$  が 0 に近づく。よって、図 2、図 3 より、新構造の MIMTL の方が従来の MIMTL よりも  $S_{11}$  が大きい、性能が向上したと言える。

## 4 まとめ

本研究では、60 GHz 帯の回路設計における MIMTL の新しい構造を提案し、従来の MIMTL との比較を行った。提案した MIMTL の構造は従来の MIMTL の構造に比べ、反射係数が改善でき更に抵抗値を低下させ、デカップリング容量としての特性が改善できた。

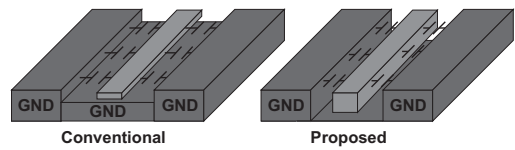


図 1 MIMTL の構造

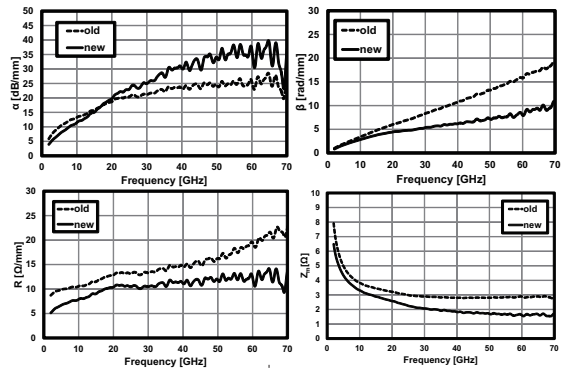


図 2 伝送線路の特性比較

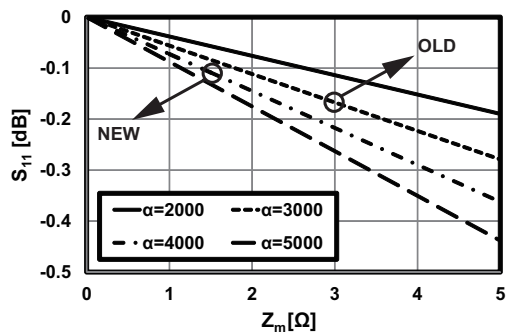


図 3 反射特性

## 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、半導体工学研究センター、NEDO、キヤノン財団、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。

## 参考文献

[1] K. Okada, et al., "A 60 GHz 16QAM/8PSK/QPSK/BPSK Direct-Conversion Transceiver for IEEE 802.15.3c," in ISSCC, Feb. 2011.