

高周波 マイクロ波 ミリ波設計における3つの落とし穴

— あたりまえ過ぎてわすれがちなこと —

有限会社ソネット技研
www.Sonnet.Site

石飛徳昌
tovy@Sonnet.Site

マイクロ波分野において伝統的に設計 解析 評価で明示されることが少なく、それゆえ他分野への応用において予期しない問題を引き起こしがちな3つの課題とその対処法を紹介する。

1 電源回路

図1のようにマイクロ波回路の設計では電源端子は信号に対しては短絡されているとみなして行われる。解析では電源端子を無視し入出力ポートの間の関係だけに着目した“Touchstone”ファイル [1] に基づくし、実験評価では等価的にインピーダンスを 0Ω に近づけた定電圧電源装置が使われる。ところが現実には電源端子から電源側を覗いたインピーダンスは有限かつリアクティブであるし¹、マイクロ波回路の信号の一部が電源端子に漏れ、逆に外部雑音が電源端子からマイクロ波回路に影響を与える可能性もある²。

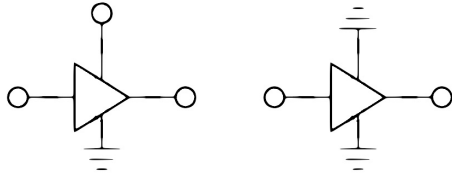


図 1: マイクロ波回路の電源端子 (左) 入出力ポートと電源端子を備えている (右) 設計解析評価では、電源端子が短絡されているとみなして行われる。

これを原因とする問題は、マイクロ波回路が他の多くの回路やシステムとともに実用的な電源回路に接続されたときに初めて露呈する事がある。電源端子も入出力ポートと同じく信号が入り出すポートとみなして、設計解析評価を行っておけばこのリスクを避けることができる。

2 CPWの寄生伝搬モード

信号を伝送する線路の断面に N 個の導体があれば、 $(N-1)$ 個の伝搬モードが存在する [3]。しかしそのうちの1個の伝搬モードだけを考慮して設計し、それ以外の伝搬モードはしばしば寄生伝搬モードと呼ばれる。設計上等電位であるべき導体を互いに短絡すれば、 $N=2$ となり、寄生伝搬モードをなくすることができる。

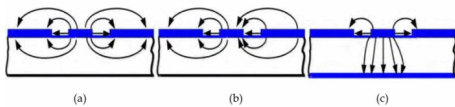


図 2: CPW の伝搬モードの電界分布 左から、(a)even モード (b) 寄生 odd モード (c) 寄生平行平板モード [4]。寄生 odd モードを防ぐには左右の接地導体を、平行平板モードを防ぐには上下の接地導体を短絡する。

¹この問題は主に高速デジタル回路の分野で“Power Integrity”と呼ばれている。

²マイクロ波回路に付属するバイアス供給回路ではこれを防ぐためのフィルターを実装しているが、あらゆる実装条件に対処できる性能を持っているとは限らない [2]。

CPW(CoPlanar Waveguide) では図2のような伝搬モードが存在する。エアブリッジなどの方法でグラウンド導体を接続すれば寄生伝搬モードの伝搬を防ぐことができる。この接続点の伝搬方向に沿った間隔は少なくとも $\lambda/4$ の間隔にしなければならない。

3 ケースの寸法

マイクロ波回路は外乱や不要放射や防ぐため導体ケースに収められる。導体ケースは構造的に方形導波管にほかならないから、断面が $\lambda/2$ 以上の大きさならば TE_{01} モードの伝搬が起こり (図3)、設計解析評価では予期できなかった共振や異常発振の原因となる。導体ケースの断面寸法を $\lambda/2$ 未満にしたり、導体ケース内に導体柱を $\lambda/2$ 未満の間隔で配置することでこの問題を防ぐことができる。

導体ケースの内面に電波吸収体を貼付する方法もよく使われるが、これは伝搬を防ぐのではなく熱エネルギーに変換するので、低雑音や高効率を目的にする場合はマイクロ波回路の性能を劣化させる恐れがある。一方、 TE_{01} モードだけでなく高次のモードに対しても効果が期待できる。

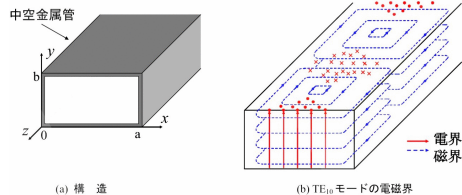


図 3: 方形導波管の TE_{01} 伝搬モードの電磁界分布 [5]

参考文献

- [1] “Touchstone(r) file format specification version 2.0,” Apr. 24 2009. https://ibis.org/touchstone_ver2.0/touchstone_ver2.0.pdf
- [2] 西川健二郎, “知識ベース知識の森9群-7編-5章,” 電子情報通信学会. http://www.ieice-hbkb.org/files/09/09gun_07hen_05.pdf#page=30
- [3] 藤城義和, 山本隆彦, 越路耕二, “三相フィルタの等価回路解析,” 超高速高周波エレクトロニクス実装研究会, vol.13, no.1, pp.17-22, 2013.
- [4] S. Chaimool and P. Akkaraekthalin, “Cpw-fed antennas for wifi and wimax,” pp.21-22, 01 2012. https://www.researchgate.net/publication/221922515-CPW-Fed_Antennas_for_WiFi_and_WiMAX
- [5] 橋本 修, “知識ベース知識の森9群-7編-3章,” 電子情報通信学会. http://www.ieice-hbkb.org/files/09/09gun_07hen_03.pdf#page=4