

# 共振器並列結合形マイクロ波フィルタのパラメータ抽出法と多モードフィルタ設計への応用

## A Parameter-Extraction Method for Microwave Transversal Resonator Array Filters and Its Applications to Multi-Mode Filter Designs

大平 昌敬                      青山 裕之                      馬 哲旺  
Masataka OHIRA    Hiroyuki AOYAMA    and    Zhewang MA

埼玉大学 大学院理工学研究科 〒 338-8570 さいたま市桜区下大久保 255

Graduate School of Science and Engineering, Saitama University  
255 Shimo-Ohkubo, Sakura-ku Saitama, 338-8570 Japan

E-mail: mohira@mail.saitama-u.ac.jp

### Abstract

This paper describes a circuit synthesis theory, a parameter-extraction method of transversal resonator array filters, and their applications to multi-mode filter designs. The equivalent circuit is expressed with parallel connection of resonators and a direct source/load (S/L) coupling. Using the parameter-extraction technique makes it possible to predict modal resonant frequencies, their external Q factors, and the direct S/L coupling in physical filter models. As design examples, bandpass filters composed of a dual-mode resonator with S/L coupling are demonstrated.

### 1. はじめに

共振器の縦続接続によって構成される共振器直結形マイクロ波帯域通過フィルタは、パターワース関数やチェビシェフ関数を用いたフィルタ理論を用いて回路合成が可能であり、結合係数や外部 Q 値を用いてマイクロ波回路で設計できることはよく知られている [1], [2]. しかし、近年、フィルタの小型化や高性能化を目的に多モード共振器を用いた有極フィルタの設計が数多く報告されており、古典的なフィルタ設計法では設計が困難となってきている。特に、従来の楕円関数フィルタ合成では実現できない伝送零点の非対称配置や、入出力線路間の直接結合を利用した伝送零点の生成などがその例である。こういった特性を持つフィルタの設計は、最近、電磁界シミュレータによる力技に頼るところが大きく、設計の見通しが極めて悪い。

一方、最近、共振器を縦続接続するのではなく並列接続した等価回路で表される共振器並列形フィルタが注目されている。共振器並列形回路そのものは決して新しいフィルタ等価回路ではないが [3], 近年、その合成理論が Cameron によって開発されたことが大きな転機となった [4], [5]. その回路合成法を用いれば、帯域内等リプル特性を実現しながら伝送零点を任意の周波数に配置できるだけでなく、入出力直接結合量も回路合成で取り扱える点が魅力的である。

そこで本稿では、共振器直結形フィルタのように外部 Q 値等の評価による共振器並列形帯域通過フィルタの設計を可能にするため、共振器並列形フィルタの回路合成法、物理構造モデルからの等価回路パラメータの抽出評価方法 [6], そして多モードフィルタ設計への応用例 [7] とその設計の要点について紹介する。

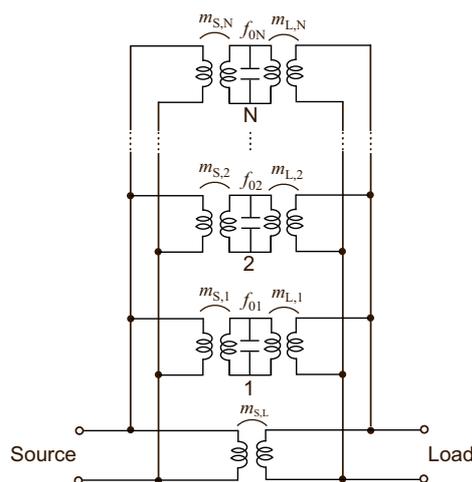


図 1 共振器並列形帯域通過フィルタ

### 2. 共振器並列形フィルタの回路合成法

図 1 に共振器並列形帯域通過フィルタの等価回路を示す。本回路は、 $N$  段の共振器の並列接続に入出力直接結合を加えた合計  $(N + 1)$  個の並列パスから構成される。各共振器の共振周波数は  $f_{0k}$  ( $k = 1, 2, \dots, N$ ) で定義され、全て異なる。これらの共振器と電源内部抵抗あるいは負荷抵抗との結合  $m_{S,k}$ ,  $m_{L,k}$  は、外部 Q 値  $Q_{\text{ext},k}$  として評価される。また、入出力間の直接結合量は  $m_{S,L}$  で定義される。

これらの等価回路パラメータの理想値は、設計仕様を基に回路合成によって得られる。図 1 に示したように  $(N + 1)$  個の並列パスによって構成される回路では、合成理論上、最大  $N$  個の伝送零点が生成できる。回路合成においては、通過域の中心周波数  $f_0$ , 周波数帯域幅  $\Delta f$ , 帯域内最大反射損失  $R_L$  及び  $n_{TZ}$  個の伝送零点周