

## 4次直列結合異径リング波長選択スイッチにおける損失を考慮したチェビシェフフィルタ特性の解析

### Design of Quadruple Series-Coupled Microring Wavelength-Selective Switch Based on Chebyshev Filter Condition Considering Loss

○早坂 伸之、池原 広樹、荒川 太郎、國分 泰雄 (横国大院工)

○Nobuyuki Hayasaka, Ikehara Hiroki, Taro Arakawa, and Yasuo Kokubun (Yokohama National Univ.)  
E-mail: {hayasaka-nobuyuki-bs, arakawa}@ynu.ac.jp

【はじめに】波長選択スイッチ (WSS) の高速化の実現のために、これまで我々は、量子井戸の電界誘起屈折率変化を利用した量子井戸高次直列結合マイクロリング共振器 (MRR) を用いたヒットレス WSS の提案および動作実証を行ってきた[1,2]。このような高次 MRR WSS の設計では、導波損失、結合損失などの周回損失を考慮する必要があるが、これまで損失を厳密に考慮した設計は行われてこなかった。

そこで本研究では、導波損失、結合損失を考慮したチェビシェフフィルタ特性の解析と、さらに Vernier 効果を導入した WSS の設計を行ったので報告する。

【素子設計】設計を行った4次直列結合異径 MRR の模式図を Fig.1 に示す。  $L_1$ ,  $L_2$  は MRR の周回長、  $K_b$ ,  $K_{r1}$ ,  $K_{r2}$  は導波路間の結合率を表す。各導波路は、コア層が五層非対称結合量子井戸 (FACQW) [3] で構成されたハイメサ導波路を想定した[2]。4次直列結合 MRR のためヒットレススイッチ動作が可能となる[2]。

チェビシェフフィルタはこれまで高次直列結合 MRR の設計に用いられたことがないため、本研究では、新たに損失を考慮したチェビシェフフィルタ条件を求めた。MRR における導波損失  $a$  (2.1 dB/mm), MRR-バスライン導波路間の結合損失  $\eta$  (0.394 dB/coupler) も考慮したチェビシェフフィルタ条件を満たすフィルタ特性の結合効率  $K_{r1}$ ,  $K_{r2}$  の関係を Fig.2 に示す。今回の設計では導波損失や結合損失は実測値[2]を用いたが導波路の構造を見直すことで導波損失を低減することができる。そこで再び導波損失を変化させた際にチェビシェフフィルタ条件の解析を行った。その結果を Fig.3 に示す。  $K_{r2}$  が 0.1 以下の領域では、チェビシェフフィルタ条件を満たす  $K_{r1}$  の値が、損失により大きく変化することがわかる。

【動作特性】リップル 0.01 dB を許容したチェビシェフ条件を満たす値として、  $K_b$ ,  $K_{r1}$ ,  $K_{r2}$  はそれぞれ 0.300, 0.0655, 0.00575 と設定した。設計した WSS の動作特性 (計算値) を Fig. 4 に示す。電圧を印加した際の屈折率変化量および導波損失は、五層非対称結合量子井戸コア層の実測値[2]を用いた。Vernier 効果により、波長シフト量が 2.23 nm, FSR が 4.15 nm となった。また、消光比も先行研究[2]では 27.4 dB であったが、本研究ではリップルを 0.01 dB 許容する代わりに 29.3 dB に改善できる。

#### 参考文献

- [1] H. Kamiya *et al.*, Opt. Express, 21, 20837 (2013).
- [2] H. Ikehara *et al.*, Opt. Express, 21, 6377 (2013).
- [3] T. Arakawa *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., 50, 032204 (2011).

#### 謝辞

本研究の一部は、科研費 (15H03577) の助成を受けて行われた。

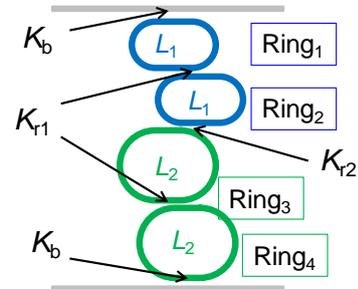


Fig.1. Schematic top view of designed quadruple series-coupled microring WSS.  $L_1$  ( $=273\mu\text{m}$ ) and  $L_2$  ( $=408\mu\text{m}$ ) are round-trip lengths of Rings 1 and 2, and Rings 3 and 4, respectively.

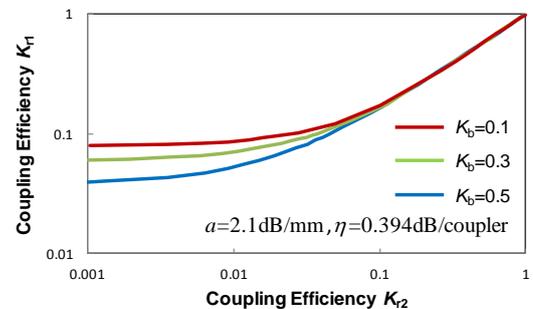


Fig.2. Calculated relation between coupling efficiencies  $K_{r1}$  and  $K_{r2}$  for Chebyshev response.

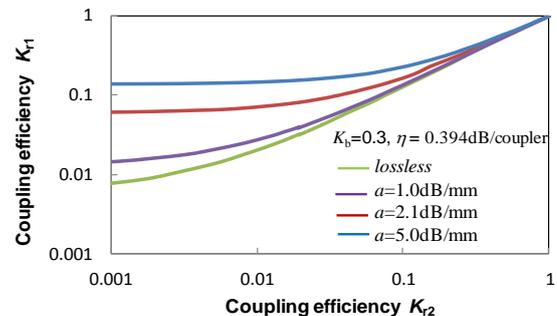


Fig.3. Calculated relation between  $K_{r1}$  and  $K_{r2}$  that satisfy the Chebyshev filter condition for various propagation loss.

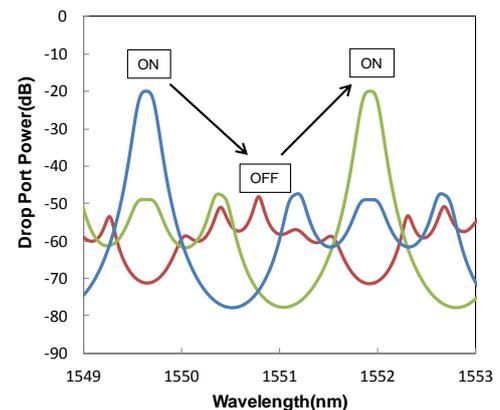


Fig.4. Theoretical spectral responses at drop port of designed WSS.