

WDM System에서의 Channel-Dropping Filter 구현을 위한 반사기 설계에 관한 연구

김지훈, 서철현
송실대학교 정보통신공학과

Design of Reflector for Realization of Channel-Dropping Filter in WDM System

Jihoon Kim and Chulhun Seo
Dept. Telecommunication Soonsil Univ.

Abstract - 주파수 특성이 뛰어난 광반사기의 구현을 위한 협대역 반사기에 대한 이론적 해석이 이루어졌으며 grating을 사용하여 광공진을 발생시키며 도파로 결합기를 사용하여 공진 신호를 주도파로에서 다른 도파로로 유도하였다.

1. 서 론

고선택성 대역통과 광수신기를 제작하고 광주파수 대역을 여과하기 위해 특정 주파수에서 high-Q 공진이 이루어져야 한다. 이상적인 수신기는 디지털 부호화 전송을 하는 경우, 펄스파형의 반사나 흡수, 왜곡이 없이 공진 필드성분과 비공진 성분을 공간적으로 분리시킬수 있다.

Kazarinov는 DFB 공진기를 사용하는 새로운 형태의 협대역 반사기의 형태를 고안하고 분석하였는데 그 구조는 공동이 둘레의 전계에 의해 도파로에 결합되어 있으며 공동이 비공진 상태가 되는 주파수에서의 도파로에서는 공진 상태가 아니므로 어떠한 반사도 일어나지 않는다. 그러나 공동이 공진상태가 될 때의 광 구조는 결합 공진기를 갖는 마이크로웨이브 도파로와 비슷하게 된다. 비공진시 공동은 약하게 활성화되어 도파로에서의 전송에 영향을 미치지 않으므로 완전한 전송이 가능하게 된다. 그러나 공진시, 도파로내의 필드는 영향을 크게 받아 반사가 일어나게 된다.

Kazarinov가 사용한 구조는 단지 공진기의 grating이 없는 부분에 대해 결합을 한 구조로서 grating이 있는 부분의 결합을 제거하기 위해서 도파로는 굽은 형태를 갖으므로 기관위 평면상의 제작만이 가능하다. 따라서 이것이 도파로 위 또는 아래의 계층이나 공동형태로 제작될수 있는 구조를 설계하는 것은 매우 큰 관심의 대상이 된다. 또한 결합은 공동의 전체 길이에 걸쳐서 존재해야한다.

본 논문에서 제시된 협대역 광 필터는 quarter-wave shifted distributed feedback(QWS-DFB) grating을 사용하여 광공진을 발생시키며 도파로 결합기를 사용하여 공진 신호를 주도파로에서 다른 도파로로 유도하였다.

2. 본 론

2.1 공진형 송신기

공진형 송신기는 공진 필드성분만을 전송하고 나머지 성분은 모두 반사시키며 quarter-wave shifted DFB 공진기로도 불린다 (그림 1). 공진기는 $\lambda/4$ 천이된 두 개의 Distributed feedback(DFB) grating으로 구성되며 공진시, 각각 weak Fabry-Perot에 해당하는 단일 grating 쌍이 대칭상태로 $\lambda/4$ 천이되어있는 분산형 Fabry-Perot으로 동작한다.

직접 연결된 grating의 경우와 quarter-wave shifted DFB 공진기 간에는 커다란 차이점이 있다. Fabry-Perot 공진은 stopband 외부에서만 발생하며 내부에서는 전혀 발생하지 않는 반면, 후자(quarter-wave shifted DFB)의 경우, Fabry-Perot 공진은 stopband 외부는 물론 내부에서도 하나의 공진이 일어난다. grating의 stopband내에서 동작하도록 설계된 광시스템은 이와같은 선택형, 비선형 단일 공진 효과를 이용할수 있다.

2.1.1 stopband 내에서의 공진

QWS-DFB 공진기는 단일 공진이 grating의 stopband 중심에서 일어나는 특성을 지닌다[1-4].

$|\delta/x| < 1.5$ 범위에서의 공진형 송신기의 반사 및 전송 주파수 대역이 그림 3과 그림 4에 나타나 있다. grating의 중심 주파수에 동조된 주파수를 갖는 CW 입사파는 QWS-DFB에서 반사되지않고 전송된다. 위의 주파수 대역의 응답은 몇몇 간단한 물리적 설명에 따라 결합모드 이론으로부터 유도되었다.

2.2 공진형 반사기

Kazarinov가 처음으로 다양한 side-coupled quarter-wave shifted 공진형 반사기를 보고한 반면, Haus와 Lai는 최초로 side-coupled single quarter-wave shifted 공진형 반사기의 간략한 형태를 제시하였다[5]. 공진형 반사기는 (그림 2)에 제시되어 있다. 그림 2에서 버스타 불리는 두 번째의 도파로가 QWS-DFB 공진기에 평행하게 놓여있으며 이 두 도파로는 약하게 결합되어있다. 이 두 도파로의 상호작용 길이는 결합 시스템의 전체 전송

길이보다 길지않다.

그림 2에서 입사파 A_1 와 반사파 B_1 를 만족하는 방정식은 다음과 같다[5].

$$\frac{dA_1}{dz} = -j\delta A_1 + \kappa B_1 - j\mu A_2 \quad (1)$$

$$\frac{dB_1}{dz} = +j\delta B_1 + \kappa A_1 + j\mu B_2 \quad (2)$$

$$\frac{dA_2}{dz} = -j\delta A_2 - j\mu A_1 \quad (3)$$

$$\frac{dB_2}{dz} = +j\delta B_2 + j\mu B_1 \quad (4)$$

여기서 비공조 상수는 $\delta = (\omega - \omega_0)/v_g$ 이며 κ 는 grating 강도이며 임의의 값을 갖지만 불연속 주위에서는 일정한 값을 가져야 하며 μ 는 결합강도 상수이다.

QWS-DFB 공진기는 side-coupled 도파로를 통해 동작된다. 즉 공진형 송신기의 경우와 같이 grating의 한쪽 끝으로 직접 인가되는 입사파가 존재하지 않는다[6-7]. 그림 5와 그림 6은 반사기의 반사 및 송신 스펙트럼을 보여주고 있다. 정상상태에서 공진 주파수는 버스를 따라 완전히 뒤로 반사되며 비공진 주파수는 방해받지않고 버스를 따라 진행된다.

전력보존은 다음의 식을 만족하여야 한다.

$$\frac{d}{dz} [|A_1|^2 - |B_1|^2 + |A_2|^2 - |B_2|^2] = 0 \quad (5)$$

공진시 전파의 방향을 고려하여야 하는 Full-Wave 해는 다음과 같다[8-9].

$$a_i = A_i e^{-j\kappa \pi / \Lambda z} \quad (6)$$

$$b_i = B_i e^{j\kappa \pi / \Lambda z} \quad (7)$$

여기서 Λ 는 grating 주기이며 Λ 의 적절한 선택으로 위상정합 조건을 구할 수 있다.

$$\frac{1}{Q_e} = \frac{4\kappa \Lambda}{\pi n_g} e^{-2\kappa L} \quad (8)$$

여기서 n_g 는 모드 군속도지수이다.

결합 공진기의 두 끝쪽, 즉 $z = \pm L$ 에서 버스 필드의 진폭만을 고려하면 첫 번째 전계는 $Z = -L$ 에서 $+L$ 로 버스를 따라 진행하는 진행파로서 이 전계는 결합 공진기와 약하게 상호작용한다. 두 번째 전계는 버스를 따라 전력이 동일하게 분배된 진행파와 반사파로 전파된다. 버스에서 공진기로의 결합은 공진기에서의 전계 진폭이 버

스의 경우보다 κ/μ 배 크고 μ/κ 의 차수로 무시할수 없기 때문에 두 번째 경우에서 고려된다. 엄격히 말해서 버스를 따라 진행되는 두 전계의 진폭은 μ/κ 의 차수로 동일하다.

첫 번째 전계에 대해 버스를 따라 진행되는 두 번째 전계의 위상을 고려하면 공진기에서 버스로 결합되는 파는 공진 전계에 대해 위상이 $\pi/2$ 지연된다. 그러나, 버스에서 공진기로 결합되는 전력의 축적으로 인해 공진기에서 정재파가 존재하게 된다. 따라서, 공진 전계는 버스를 따라 진행되는 파에 비해 위상이 $\pi/2$ 지연된다. 공진기에서 버스로 결합되는 전계의 위상은 버스에 비해 위상이 π 지연된다.

공진기의 송신측면에서, 위의 두 전원으로부터의 전계는 같은 방향으로 전파되며, 진폭은 동일하지만 π 의 위상차가 나게된다. 따라서 이로인해 서로 간섭을 일으키게 된다. 공진기의 반사측면에서, 두 전원으로부터의 전계는 서로 반대로 전파되며 진폭은 동일하지만 π 의 위상차로 정재파가 형성된다.

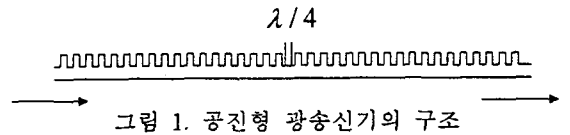


그림 1. 공진형 광송신기의 구조

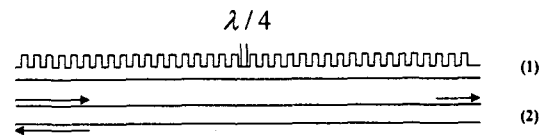


그림 2. 공진형 광반사기의 구조

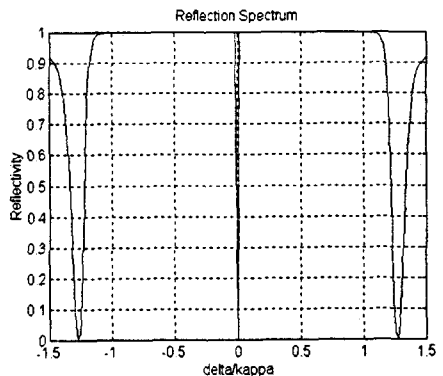


그림 3. 광송신기의 반사 스펙트럼

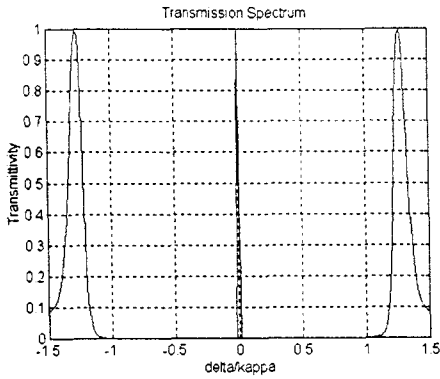


그림 4. 광송신기의 송신 스펙트럼

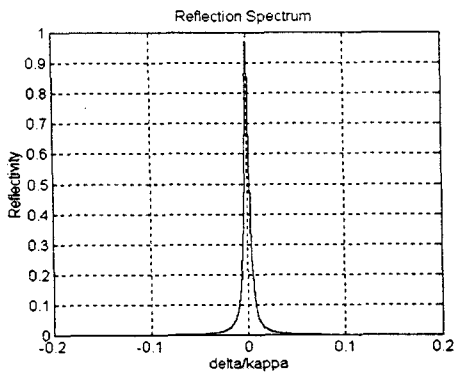


그림 5. 광반사기의 반사 스펙트럼

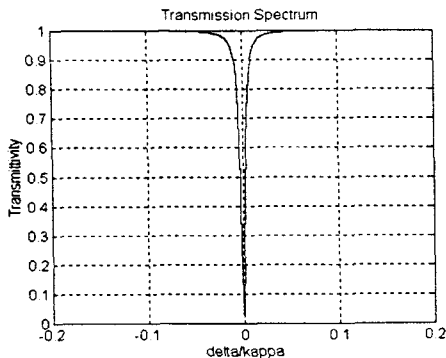


그림 6. 광반사기의 송신 스펙트럼

3. 결 론

제안된 가변 협대역 반사기가 40 GHz 주위에서 적절한 대역폭을 갖고 최고 반사계수가 0.9이상이며 대역폭상에서 큰 반사계수를 갖는 좋은 성능을 갖고 있음을 보였으며 이득에 의한 손실 보상이 가능하면 보다 좋은 결과를 얻을 수 있는 가능성을 보였다.

[참 고 문 헌]

- [1] H.A. Haus and Y. Lai, "Theory of Cascaded Quarter Wave Shifted Distributed Feedback Resonators," IEEE J. of Quantum Electron., vol. 28, pp. 205-213, 1992.
- [2] H.A. Haus and R. V. Schmidt, "Transmission Response of Cascaded Gratings," IEEE Transactions on Sonics and Ultrasonics, vol. SU-24, pp. 94-101, 1977.
- [3] R.F. Kazarinov et.al., "Narrow-Band Resonant optical Reflectors and Resonant Optical Transformers for Laser Stabilization and Wavelength Division Multiplexing," IEEE J. of Quantum Electron., vol. 23, pp. 1419-1425, 1987.
- [4] R.C. Alferness et. al., "Vertically Coupled InGaAsP/InP Buried Rib Waveguide Filter," Appl. Phys. Lett., 59 (20), pp. 2573-2575, 1991.
- [5] C. Dragone, "An NxN Optical Multiplexer Using a Planar Arrangement of Two Star Couplers," IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 3, pp. 812-814, 1991.
- [6] H.A. Haus and Y. Lai, "Narrow-band Distributed Feedback Reflector Design," J. of Lightwave Technol., vol. 9, pp. 754-760, 1991.
- [7] H.A. Haus and Y. Lai, "Theory of Cascaded Quarter Wave Shifted Distributed Feedback Resonators," IEEE J. of Quantum Electron., vol. 28, pp. 205-213, 1992.
- [8] H.A. Haus, et.al., "Coupled-Mode Theory of Optical Waveguides," J. Lightwave Technol., vol. 5, pp. 16-23, 1987.
- [9] A. Yariv, "Coupled-Mode Theory for Guided-Wave Optics," IEEE J. of Quantum Electron., vol. 9, pp. 919-933, 1973.