

최적화된 CGH를 이용한 파장선택 필터 특성 분석

Analysis of the wavelength selective filter using optimized CGH

안준원, Duc Dung Do*, 김남*, 전석희

프리즘테크, *충북대학교 전기전자컴퓨터공학부, **인천대학교 전자공학과

ddd@osp.chungbuk.ac.kr

A novel holographic demultiplexer with multi-group has been firstly proposed and experimentally demonstrated using optimized CGH by genetic algorithm. For experimental demonstrations, a LCOS with 8.1um pixel size and spatial resolution of 1920X1200 is used.

기하 급수적으로 증가하고 있는 고속, 대용량의 통신 수요에 대처하기 위한 가장 효과적인 방법으로 수십 THz에 이르는 광섬유의 넓은 주파수 대역폭을 활용하기 위한 파장분할 다중(WDM : wavelength division multiplexing) 광통신 방식이 활발히 연구되고 있으며, 이를 구현하기 위한 가장 핵심적인 기술 중의 하나가 파장 다중화 및 역다중화 기술이다. 이 기술은 광통신 분야에서 현존하는 전송 시스템의 추가 설치 부담 없이 용량을 증가시키거나 시스템을 간단하게 확장시킬 수 있기 때문에 미래 지향적 서비스 제공을 위한 필수 기반기술로 인식되고 있다. 이러한 WDM 방식의 광전송을 위해서는 여러 개의 파장을 다중화하고, 역다중화하기 위한 다채널 파장 다중화기(MUX : multiplexer) 및 역다중화기(DEMUX : demultiplexer)의 개발이 필수적이다.[1][2] 본 논문에서는 유전자 알고리즘(GA : Genetic Algorithm)을 이용해 최적화된 CGH(computer generated hologram)을 이용한 새로운 형태의 홀로그래픽 역다중화기 구조를 제안하고, 적용 가능성을 검증한다. 제안된 구조의 경우 다중빔 형성 등과 같은 부가적인 기능을 제공할 수 있어, 높은 균일도를 갖는 빔세기 분할(power splitting) 기능과 역다중화 기능을 동시에 수행할 수 있는 장점을 제공할 수 있다.

그림 1은 제안된 파장선택 필터의 구조를 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이, 제안된 구조의 경우 전기적 스위칭이 가능한 위상형 공간광학변조기를 통해 이루어지며, CGH를 통해 회절된 빛들은 설계된 형태에 따라 다중빔 형성과 파장에 따라 서로 다른 각분산(angular dispersion) 특성의 영향을 받게된다. 결과적으로 집속렌즈(focusing lens)를 통해 집속된 빛들은 파장에 따라 서로 다른 위치에 결상을 하게 되고, 설계된 CGH의 특성에 따라 다중 그룹을 형성하게 되어, 광세기 분할 기능과 파장선택 기능을 동시에 수행할 수 있는 새로운 구조로의 적용이 가능하다. 이때, 집속렌즈의 초점면에 형성되는 빛들의 공간적인 분포는 그림 2에 나타낸 것과 같이, 입사 파장, CGH의 해상도, 공간광학변조기의 픽셀 크기등에 의해 결정되게 된다. 즉, 설계된 CGH의 해상도가 $M \times N$ 이고, 입사 파장이 λ , 집속렌즈의 초점거리가 F , 공간광학변조기의 픽셀크기가 a 라고 할때, 그림 2의 Δx , Δy , Δl 은 각각 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\Delta x = \frac{\lambda F}{aM}, \Delta y = \frac{\lambda F}{aN}, \Delta l = \sqrt{2} \frac{\lambda F}{aM} \quad (1)$$

따라서, 푸리에 평면에서 형성된 하나의 빛에서 입사되는 파장에 따른 공간적인 위치 편차는 $\sqrt{2}\Delta\lambda/aM$ 으로 표현될 수 있다.

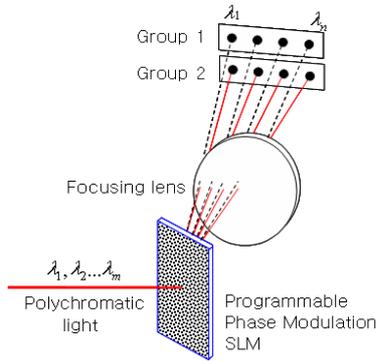


그림 1. 파장선택 구조

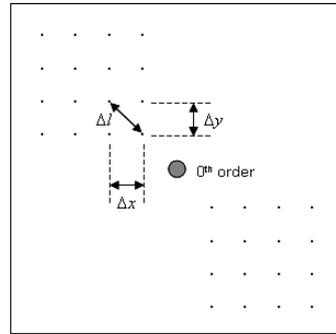


그림 2. 푸리에 평면에서 기하학적 거리

그림 3은 2X2의 target pattern중 2개의 빔 분할을 발생시키기 위한 8X8 배열의 CGH 설계 패턴이다. CGH 설계시에는 유전자 알고리즘을 이용하였으며, population size=500, crossover block size=4, crossover probability=0.75, mutation probability=0.001, iteration number=400 의 조건을 이용하였다. 설계된 패턴의 회절효율은 63.8%이고, 99.4%의 빔세기 균일도를 갖는다. 그림 4는 제안된 구조에서 그림 3의 CGH를 이용해 얻어진 주파수 응답을 나타낸 것이다. 본 실험에서는 8X8 해상도의 CGH, 8.1um 픽셀 크기를 갖는 LCOS, 집속렌즈의 초점거리 200mm를 사용하였으며, CGH에 입사되는 빛은 1520~1570nm 의 광대역 파장을 갖는 EDFA 광원이 10mm 의 폭을 갖고 입사된다. 본 실험조건에서는 푸리에 평면에서의 공간 분산(spatial dispersion)은 17.5um/nm 이며, 3.2nm의 채널 간격은 55.8um 의 공간적 거리가 확보된다. 그림 4에서 보면, 푸리에 면에서의 필터 밴드폭이 약 5.6nm 의 특성을 갖으며, 이는 이론적으로 예상되는 값에 비해 약 2배의 특성이다. 이러한 특성은 집속렌즈의 회절한계가 채널간 공간적 거리에 비해 충분히 작은 값을 갖지 못하기 때문에 나타나는 현상으로 예상된다. 하지만, 설계된 CGH를 공간광학변조기가 아닌 1um 정도의 픽셀 크기를 갖는 패턴을 사용한다면, 70um/nm 의 공간 분산 특성을 얻을 수 있기때문에, WDM용 역다중화기로의 적용이 가능할 것으로 예상된다.

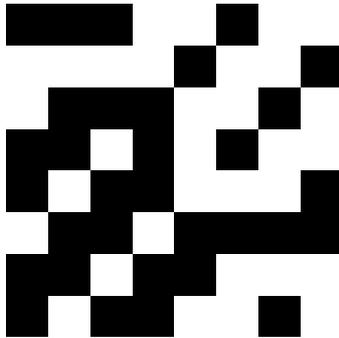


그림 3. 설계된 CGH

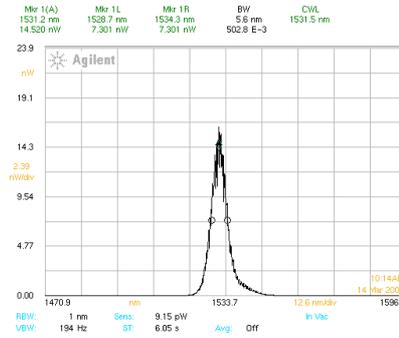


그림 4. 주파수 응답 특성

Acknowledgement

This work was supported by the Regional Research Centers Program of the Ministry of Education & Human Resources Development in Korea and by the Ministry of Information & Communications, Korea, under the Information Technology Research Center Support Program.

Reference

[1] J. W. An, N. Kim, and K. Y. Lee, "Experimental demonstration of 50GHz-spaced 42-channel volume holographic demultiplexer," *Electron. Lett.*, vol. 38, pp. 730-732, 2002

[2] D. D. Do, N. Kim, J. W. An, and K. Y. Lee, "Effects of Apodization on a holographic demultiplexer based on a photopolymer grating," *Appl. Opt.*, vol. 43, pp. 4520-4526, 2004