

일반광섬유격자의 분산보상 특성 분석

이중훈*, 송정환, 이경식, 이유섭*, 전찬오*, 전건익*
성균관대학교 전기전자및컴퓨터공학부, 대한전선(주)*

The characteristics of dispersion compensation in uniform fiber grating

J. H. Lee, J. H. Song, K. S. Lee, Y. S. Lee*, C. O. Jeon*, K. I. Jeon*
Sung Kyun Kwan Univ. School of Electrical and Computer Engineering
TAEHAN ELECTRIC WIRE Co. LTD*

Abstract - The characteristics of dispersion compensation in uniform fiber grating is studied according to grating length, the refractive index modulation depth, and Gaussian window parameter(G). A 50cm-long uniform grating apodized by Gaussian function (G=10) with bandwidth of ~0.8nm and small noise is designed.

치를 필요로 하지 않다는 장점을 가지고 있다 [2]. 따라서, 본 논문에서는 일반광섬유격자를 이용하여 분산보상을 하는 경우 분산보상성능에 미치는 여러 가지 파라미터 즉, 광섬유격자의 길이, 광섬유격자의 굴절률변조지수, 그리고 시간지연스펙트럼상에 존재하는 잡음을 제거하기 위한 Gaussian apodization 파라미터에 따라서 분산보상성능을 시뮬레이션해 보고 이러한 결과로부터 새로운 분산보상용 일반광섬유격자를 설계하고 분산보상성능을 분석하여 보도록 하겠다.

I. 서론

광섬유격자는 광통신분야에서 필터(filter), 이득 평탄기(gain flattener) 그리고 분산 보상기(dispersion compensator)로 사용되는 핵심소자이다. 특히, 광섬유격자의 투과 특성과 반사 특성을 이용한 분산보상기의 역할은 최근 크게 대두되었다. 기존 1.3 μm대 광섬유를 이용한 광통신 시스템의 경우, 분산보상용으로 광섬유격자를 사용하는 경우는 1.55 μm 파장대에서 약 17ps/nm·km의 색분산이 야기된다. 이러한 색분산을 보상하기 위하여 반사 특성을 이용하는 선형처프된 광섬유격자의 개발이 이루어졌다[1]. 하지만, 선형처프된 광섬유격자의 반사특성을 이용하여 분산보상을 할 경우에는 광통신시스템 상에서 optical circulator 또는 커플러 등 부가적인 장치가 별도로 필요하다는 단점이 있다. 그러나, 투과 특성을 이용하는 일반광섬유격자를 이용하여 분산특성을 이용하는 경우 이러한 부가적인 장

II. 일반광섬유격자의 분산보상 특성

일반광섬유격자는 투과 스펙트럼상에서 반사대역양끝 근처에서 강한 분산 특성이 나타난다. 이때, 단파장영역에서는 강한 양의 분산(positive dispersion)이 나타내며, 장파장영역에서는 강한 음의 분산(negative dispersion)이 나타난다. 그런데, 1.55 μm파장대에서는 실리카 광섬유의 경우, 분산특성이 anomalous-dispersion 영역이므로 전송되는 펄스의 단파장 성분(blue-shifted component)이 장파장 성분(red-shifted component)에 비해 빠르게 전송되는 양의 분산 특성을 지니고 있다. 따라서, 일반광섬유격자를 이용하는 경우, 이러한 광섬유에서의 분산은 광펄스를 일반광섬유격자의 반사대역 외부 장파장영역쪽으로 투과시켜줌으로써 광펄스가 강한 음의 분산을 겪게 되어 분산을 보상시켜

줄 수 있다(그림1참조). 하지만, 일반광섬유격자의 투과빔의 시간지연스펙트럼상에는 강한 잡음이 존재한다.

따라서, 본 논문에서는 일반광섬유격자를 이용하여 분산을 보상하는 경우, 이런 시간지연스펙트럼상에 존재하는 잡음을 제거하고 분산보상 대역폭을 향상시키기 위해서 일반적으로 사용되는 Gaussian apodization 방법을 사용하였다.

그림2는 일반광섬유격자를 Gaussian apodization 시켰을 때, Gaussian window 파라미터 G값에 따른 시간지연 스펙트럼을 보여주고 있다. 여기서, 일반광섬유격자의 길이 L은 1cm이고, 굴절률 변조 지수 n_0 (The modulation of refractive index)은 2.5×10^{-4} 이다. 그림2에서 볼 수 있듯이, Gaussian window 파라미터 G가 10일 때, ripple이 거의 없는 동시에 분산보상 대역폭과 분산 기울기가 좋아지는 것을 볼 수 있다.

그림 3는 길이 1cm인 일반광섬유격자에 G=10인 Gaussian apodization했을 때, n_0 값에 따른 일반광섬유격자를 투과하여 나오는 빔의 시간지연스펙트럼을 나타내고 있다. 그림3에서 알 수 있듯이, n_0 가 증가함에 따라서 분산보상 대역폭 $\delta\lambda$ 가 증가함을 알 수 있다.

표1은 일반광섬유격자의 길이L에 따른 분산보상 대역폭 $\delta\lambda$ 와 분산기울기 δD 을 보여주고 있다. 이때, 굴절률 변조지수 n_0 는 2.5×10^{-4} 이고, G=10인 Gaussian apodization을 하였다. 표1로부터, 일반광섬유격자의 길이가 1cm에서 50cm로 증가됨에 따라 분산 보상 대역폭은 0.45nm에서 0.4nm로 조금 감소하였으나, 분산 기울기는 14ps/nm에서 4.375ps/nm로 약300배 이상으로 증가함을 알 수 있다.

그림 2, 그림 3과 표 1로부터, 일반광섬유격자를 이용하여 분산을 보상할 때, 분산보상 대역폭을 향상시키면서 분산보상 거리를 어느 정도 유지할 수 있는 분산보상용 새로운 일반광섬유격자를 설계할 수 있는 조건을 찾을 수

있었다. 즉, 길이가 50cm인 일반광섬유격자를 n_0 는 7×10^{-4} 이며 G=10인 Gaussian 함수로 apodization하는 경우, 그림 4로부터 알 수 있듯이, 분산 보상 대역폭은 대략 0.8nm가 되며 분산 기울기는 1.660ps/nm이상이 됨을 알 수 있다. 그림 4는 일반광섬유격자를 Gaussian apodization(G=10)시켰을 때, 파장에 따른 시간 지연 스펙트럼과 투과율의 변화를 보여주고 있다.

III. 결론

본 논문에서는 일반광섬유격자를 이용하여 분산보상을 하는 경우, 분산보상성능에 미치는 여러 가지 파라미터 즉, 광섬유격자의 길이, 광섬유격자의 굴절률변조지수, 그리고 시간지연스펙트럼상에 존재하는 잡음을 제거하기 위한 Gaussian apodization 파라미터에 따라서 분산보상성능을 시뮬레이션해 보았으며 이러한 결과로부터 새로운 분산보상용 일반광섬유격자를 설계하여 분산보상성능을 분석하여 보았다. 즉, 길이가 50cm인 일반광섬유격자를 굴절률변조 지수 n_0 가 7×10^{-4} 이며 Gaussian window 파라미터 G값을 10인 Gaussian 함수로 apodization시켰을 경우, 분산보상 대역폭은 대략 0.8nm이며 분산 기울기는 1.660ps/nm이상의 값을 얻을 수 있었다. 분산이 17ps/nm·km인 1.3 μ m용 기존 광섬유를 통해서 초고속 광전송을 할 경우, 이 격자를 이용하여 분산보상을 한다면 최대 95km이상까지 분산없이 전송할 수 있겠다.

※ 본 연구는 1998년도 정보통신부 산·학·연 공동기술개발사업의 연구비지원으로 이루어졌습니다.

참고문헌

- [1] 조상연, 이경식, 전자공학회지, Vol. 35, No.1., 1998.
- [2] B.J. Eggleton, etc. OFC'96, PD5-2, 1996.

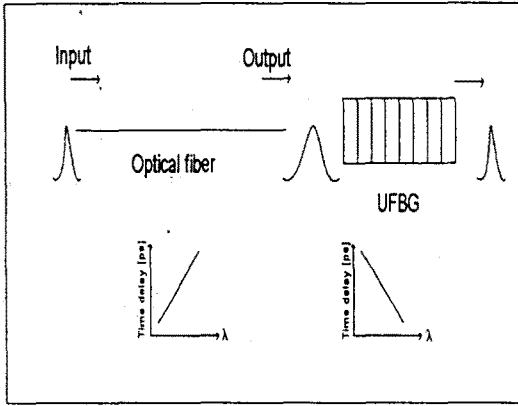


그림 1 일반광섬유격자를 이용한 분산보상원리

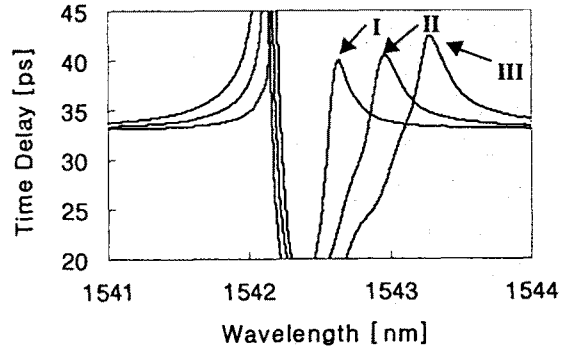


그림 3 n_0 값에 따른 일반광섬유격자의 투과빔의 시간지연스펙트럼 ($L=1\text{cm}$, $G=10$, I: $n_0 = 2.5 \times 10^{-4}$, II: $n_0 = 5 \times 10^{-4}$, III: $n_0 = 7 \times 10^{-4}$)

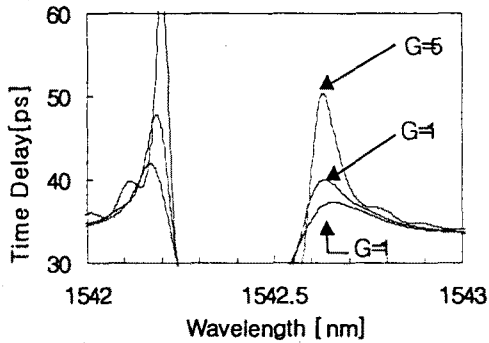


그림 2 일반광섬유격자를 Gaussian apodization시켰을 때, G 값에 따른 시간지연스펙트럼 ($L=1\text{cm}$, $n_0 = 2.5 \times 10^{-4}$)

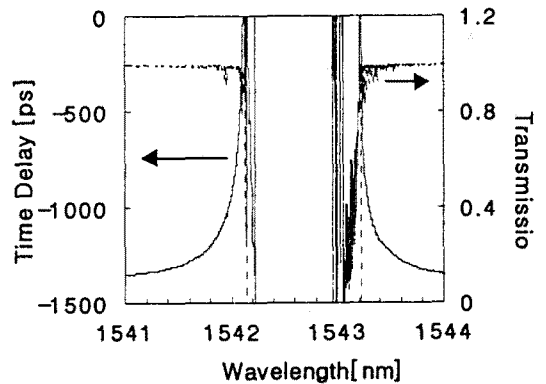


그림 4 일반광섬유격자를 Gaussian apodization시켰을 때 ($G=10$), 시간지연스펙트럼과 투과율의 변화 ($L=50\text{cm}$, $n_0 = 7 \times 10^{-4}$)

$L[\text{cm}]$	$\delta\lambda[\text{nm}]$	$\delta D[\text{ps/nm}]$
1	0.45	14
10	0.3	981
50	0.4	4.375

표 1 일반광섬유격자의 길이 L 에 따른 분산보상대역폭 $\delta\lambda$ 와 분산 기울기 δD ($n_0 = 2.5 \times 10^{-4}$, $G=10$)