

InGaAsP MQW Saturable Absorber를 이용한 솔리톤 전송 Soliton Transmission using InGaAsP MQW Saturable Absorbers

송 주 빈

국립한밭대학교 정보통신컴퓨터공학부

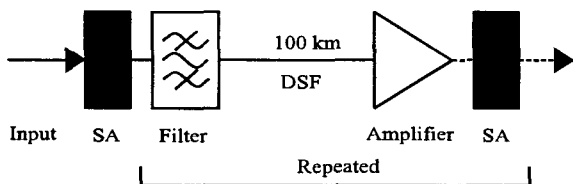
jbsong@hanbat.ac.kr

1. 서 론

광 솔리톤은 고속, 장거리 광통신시스템에서 분산과 self-phase modulation(SPM)에 의한 문제를 해결하기 위한 효과적인 기술 중의 하나이다. 현재, 솔리톤 전송은 장거리 해저 광전송시스템 뿐만 아니라 중거리 및 근거리 고속 전송시스템에서도 적용하기 위한 연구가 집중되고 있다. 특히, 솔리톤 전송은 광전증계기 없이 장거리 전송이 가능한 장점으로 인하여 기존의 중, 단거리링크를 초고속링크로 업그레이드하기 위하여 많은 연구⁽¹⁾⁽²⁾가 진행되고 있다. 40Gbps 이상의 초고속 NRZ 광전송링크를 구현하기 위하여 가장 중요한 문제는 기존에 설치된 광섬유의 높은 polarization mode dispersion(PMD)(보통 0.1 ~ 1.0 ps/ \sqrt{km})을 보상하는 저가격, 고성능의 시스템⁽³⁾을 실현하는 것이다. 손실이 없는 광섬유에서 단일 솔리톤은 이론적으로 무한히 전송되지만, 실제 광섬유에서는 손실이 존재하기 때문에 장거리 전송을 위하여 증폭기가 필요하게 된다. 뿐만 아니라 데이터가 솔리톤 펄스열로 코드화될 때 펄스 간에 soliton-soliton interaction(SSI)이 발생한다. 광섬유의 손실은 보통 erbium doped fiber amplifiers(EDFA)에 의하여 보상되지만 이는 ASE 잡음을 만들며 솔리톤과 잡음들의 상호작용은 펄스들의 랜덤 주파수편이를 생성하며 분산적 광섬유에서는 타이밍 지터 또는 Gordon-Haus Jitter(GHJ)로 변환되게 된다. 이 결과 펄스 내에서 데이터 상호간에 악영향을 미치게 된다. 이러한 SSI, GHJ 및 분산적 방사를 해결하기 위한 방법들은 synchronous active modulation⁽⁴⁾, sliding narrow-band optical filtering⁽⁵⁾, dispersion managed⁽⁶⁾ 및 altering amplitude soliton 등이 있다. 본문에서는 새로운 해결방법으로써 다중양자우물(MQW) 구조의 saturable absorber(SA)를 사용하는 방법을 제안하였다.

2. MQW SA를 이용한 고속 솔리톤 전송시스템 모델링

솔리톤 전송시스템의 모델링은 (그림1)과 같다. DSF(dispersion shifted fiber)를 사용하고 10Gbps 전송시스템의 경우 증폭기의 일반적인 간격 100km를 적용하고 80Gbps 전송시스템의 경우 50km를 적용하였다. 증폭기는 펄스열의 평균전력을 유지한다고 가정하고 ASE 잡음에 대하여 inversion factor $N_{sp} = 1$ 을 사용한다. 각 증폭기의 후단에 MQW SA를 접속한다. 광필터는 $H(f) = (1 + 2if/B)^{-1}$ 의 함수를 갖고 대역폭 B 는 60GHz(80Gbps, $B=260GHz$)라고 한다.

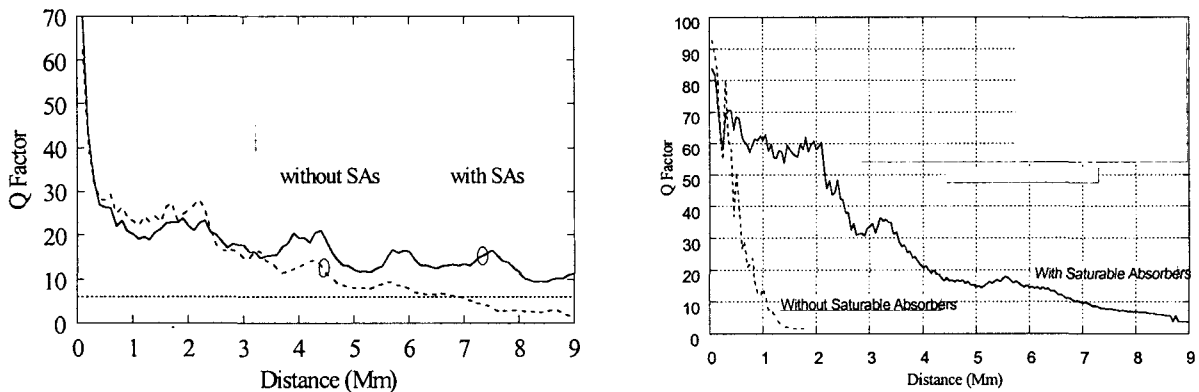


(그림1) MQW SA 솔리톤시스템 모델링 구조

광섬유에서 솔리톤의 전송은 split-step Fourier method를 사용하여 모델링 하였으며 파라미터의 값은 다음과 같다: $\alpha = 0.23dB/km$, $D = 0.454ps/(nm \cdot km)$, 비선형 index계수 $n_2 = 2.7 \times 10^{-20}m^2w^{-1}$, $A_{eff} = 50\mu m^2$, 그리고 동작파장은 1550nm이다.

솔리톤 펄스는 38mW의 피크전력을 가지고 송신되고 FWHM은 15ps이다. MQW SA에서 자유캐리어의 excitons은 흡수 스크리닝 현상을 일으키는데 그 모델은 다음과 같다:

$dN_{ex}/dt = 2\alpha' I/\tau_{fc} I_{sat} - N_{ex}/\tau_{ex}$, $dN_{fc}/dt = N_{ex}/2\tau_{ex} - N_{fc}/\tau_{fc}$. 여기서 자유캐리어밀도, N_{fc} , excitons 밀도, N_{ex} , 광포화세기, I_{sat} , 시간함수, τ , 흡수계수, α' 이다. 10Gbps 솔리톤 전송시스템 모델링 결과 Q-factor를 (그림2)(a)에 보였다. SA를 사용할 경우 9,000km에서 Q=11 (BER= 6.6×10^{-30})인 결과를 얻었다. SA가 없는 경우 7,000km에서 Q=6(BER= 10^{-9})인 결과를 보였다. SA를 사용한 경우 솔리톤 전송시스템의 성능을 매우 향상하는 결론을 얻는다. 80Gbps 전송시스템의 경우 모델링 결과는 (그림2)(b)와 같다.



(a) 10Gbps 솔리톤 전송시스템(증폭 span: 100km) (b) 80Gbps 솔리톤 전송시스템(증폭 span: 50km)
(그림2) MQW SA를 사용한 솔리톤 전송시스템의 성능향상 결과

3. 결 론

MQW SA를 이용한 솔리톤 전송시스템의 모델링 결과 Q-factor를 향상하는 효과를 확인할 수 있었다. 따라서 MQW SA를 사용할 때 솔리톤 전송시스템의 증폭 span을 대폭 늘릴 수 있으며, non-soliton radiation과 SSI를 감소할 뿐만 아니라 수동소자인 장점이 있으며 매우 간단한 구조를 갖는다. 실제로 InGaAs/InP MQW은 10Gbps 전송시스템에서 요구되는 1nS 단위의 리커버리 시간을 성취할 수 있다. MQW SA는 Carrier sweep-out방법⁽⁷⁾이나 ion-implantation⁽⁸⁾방법에 의한 소자들로 구현될 수 있다.

Acknowledgement: 본 연구는 한국학술진흥재단 신진교수연구과제로 수행되었습니다. 본 연구수행 과정에서 유익한 도움은 준 JDS Uniphase의 Dr. Bennett에게 감사한다.

- 1 A.Galtarossa et al, Journal of Lightwave Technology, vol.14, pp.1219-1221, 1996.
- 2 E.Kolltveit et al, Electronics Letters, vol.35, pp.75-76, 1999.
- 3 S.Alleston et al, OFC'99, PD3, Feb. 1999.
- 4 M.Suzuki et al, Electronics Letters, vol.27, pp.1270-1271, July 1991.
- 5 L.Mollenauer, Optics Letters, vol.17, pp.1575-1577, Nov. 1992.
- 6 N.Smith et al, "Electronics Letters, vol.32, pp.54-55, Jan. 1996.
- 7 A.Fox et al, IEEE Journal J. Quantum Electronics, vol.27, pp.2281-2295, 1991.
- 8 E.Delpom et al, Applied Physics Letters, vol.72, pp.759-761, 1998.