

초고속 광 전송 소자 기술

이성렬

목포해양대학교 해양전자통신공학부

목 차

- I. 서 론
- II. WDM 전송 시스템의 고성능화
- III. 새로운 광 전송로
- IV. 광섬유 증폭기
- V. 반도체 광 증폭기
- VI. 결 론

I. 서 론

데이터 통신의 급격한 증가를 배경으로 대용량 통신이 가능한 초고속 광 통신망 구축이 늘어나고 있다. 또한 IT839 정책 중 BcN (Broadband convergence Network) 은 3대 인프라 기술 하나인데, 광 통신망은 BcN을 구성하는 중요한 기간 전송망과 가입자망 구성에 필수 불가결한 네트워크이다. 이러한 초고속 광 통신망 구축을 위해서는 각종 시스템과 연동이 가능한 광통신 부품의 개발이 중요하고, 그 만큼 광통신 부품의 수요도 증가할 전망이다 [1],[4].

또한 최근 인터넷 통신의 증대로 대표되는 데이터 통신 수요의 폭발적 증가에 대응하기 위해 한 가닥의 광섬유에 대량의 신호를 전송할 수 있는 파장 다중(WDM ; wavelength division multiplexing) 전송 시스템의 도입 및 고기능화가 급속히 진전되고 있다. 대용량 WDM 전송 시스템을 구축하는 데에는 전송로의 고기능화는 물론 고속의 광 신호를 처리하는 기술이 필수적인데, 이를 가능하게 하는 각종 기능성 광섬유가 제안 실용화되고 있다.

본 논문에서는 우선 WDM 전송 시스템의 고성능화 동향을 살펴보고, 이를 지원하는 광섬유군으로 전송로용 광섬유인 비영분산 천이 광섬유(NZ-DSF ; Non Zero Dispersion Shifted Fiber)와 기능성 광섬유인 분산 보상 광섬유(DCF ; Dispersion Compensation Fiber)의 최근 동향에 대해 살펴본다. 그리고 초고속 데이터의 장거리 전송이 가능하게 된 단초를 제공한 광 증폭기의 원리 및 특징을 살펴본다.

II. WDM 전송 시스템의 고성능화

복수 파장의 신호를 일괄 전송하는 WDM 통신이 실현되기 이전의 광통신 시스템은 1가닥의 광섬유에 1파장의 광신호를 입사(入射)하여 수신기로 수신하는 단순한 구성이었다. 그러나 WDM 시스템이 도입되면서 한가닥의 광섬유로 복수 파장의 광신호를 동시에 송신할 수 있게 되었고, 이로써 전송하는 정보의 양을 비약적으로 증대시킬 수 있게 되었다.

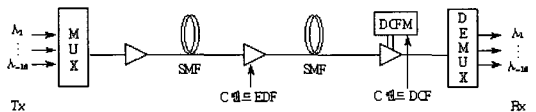


그림 1. 초기의 WDM 시스템

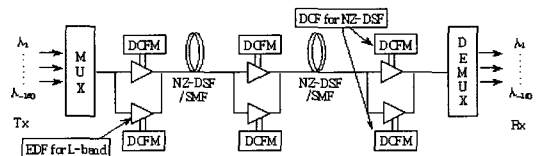


그림 2. 최근의 WDM 시스템

1990년대 중반에 실용화된 초기 WDM 시스템(그림 1 참조)은 전송로용 광섬유로 싱글모드 광섬유(SMF ; Single Mode Fiber)를 사용하고, C밴드 (파장1,530 ~ 1,565nm) 대역에서 최대 16채널, 채널당 전송속도 2.5Gbps의 WDM 전송을 행하였다. 초기 시스템은 전송

로에 SMF를 사용하였는데, 그로 인해 생기는 커다란 파장분산에 의한 전송품질의 열화는 SMF의 파장 분산과 역부호의 분산 특성을 가진 DCF를 종렬(縱列) 접속하여 사용함으로써 고품질의 통신을 달성하였다. 그 후 통신용량을 보다 더 대용량화하기 위해 채널 수의 증대 및 전송속도의 고속화가 전개되어 왔다. 이에 따라 최근에는 새로운 파장대역인 L밴드(파장 1,565~1,625nm)를 사용함으로써 최대 160 채널까지(전송속도 10Gbps)의 WDM 전송 시스템을 실용화하는 단계를 맞고 있다(그림 2 참조).

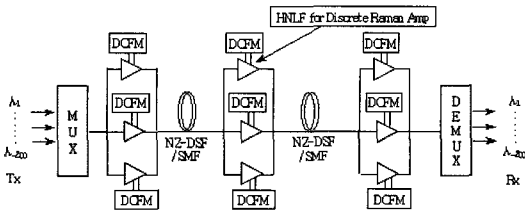


그림 3. 미래의 WDM 시스템

나아가 가까운 장래에는 S밴드(파장 1,460~1,530nm) 대역을 사용하는 전송속도 40Gbps의 대용량 시스템(그림 3 참조)을 실현할 수 있을 것으로 기대되고 있다. 이를 지원하는 새로운 광섬유로 WDM 전송에 적합한 NZ-DSF와 NZ-DSF의 분산특성을 제거할 수 있는 DCF, L밴드와 S밴드에서의 광증폭에 가장 적합한 증폭용 광섬유가 실용화 내지는 제안되고 있다.

III. 새로운 광 전송로

3.1 NZ-DSF

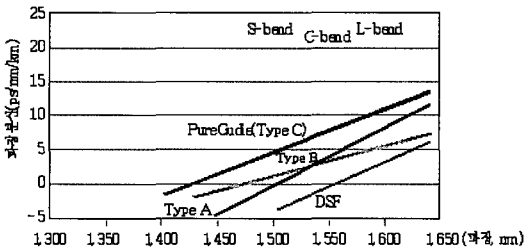


그림 4. 대표적 NZ-DSF의 파장 분산 특성

통신의 장거리화, 대용량화, 고속화에 따라 NZ-DSF가

적극적으로 간선계 시스템에 도입되고 있다. 기존의 C밴드 대역에서의 시분할다중전송시스템용 광섬유로 도입되었던 분산 천이 광섬유(DSF ; Dispersion Shifted Fiber)는 1.55 μ m에서 영분산 파장을 가지고 있는데 반해 NZ-DSF는 C밴드 대역에서의 파장분산을 비영(非零)으로 하고(그림 4 참조), WDM 전송시 품질 열화의 한 원인이 되는 4파장 혼합 등의 비선형 현상을 억제한다.

현재는 그림 4에 나타난 것과 같이 파장분산 특성이 다른 3종류의 NZ-DSF가 실용화되고 있다. Type A는 광섬유의 실효 단면적 확대에 의한 비선형 현상 억제에 주안점을 두고 있고, Type B는 파장분산의 기울기를 낮추는데 중점을 두고 있으며, Type C는 고속, 광대역 WDM에 최적화하여 설계되고 있다.

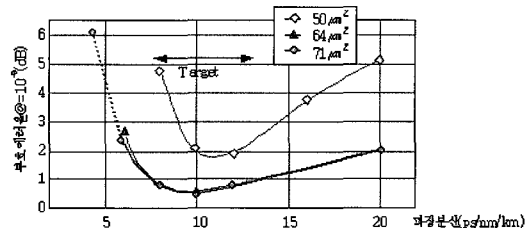


그림 5. 각종 실효 단면적에 있어서의 분산 특성과 여러울 관계

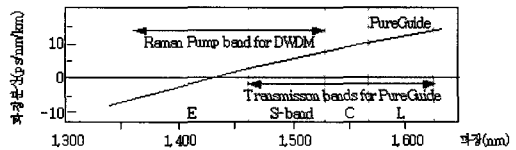


그림 6. Pure Guide의 파장 분석 특성

NZ-DSF 중 일본 Sumitomo 전기의 PureGuide ((그림 4)의 Type C)는 그림 5에 나타난 바와 같이 WDM 전송의 고속화, 대용량화 지향 기술동향의 하나인 WDM 신호의 고밀도화(예를 들면, 채널간격 50GHz)에 대응하여 시뮬레이션을 통해 전송신호의 열화가 가장 작은 파장분산 값을 채택하였고, 나아가 파장분산 슬로프의 기울기 축소와 실효 단면적 확대라는 두 가지 측면의 양립을 도모한 제품이다. 나아가 그림 6에 나타난 바와 같이 가까운 장래에 새로운 전송대역으로 사용이 확실시되고 있는 S밴드 대역에서도 비선형 현상을 억제하기 위해 영분산 파장역이 S밴드 대역보다 낮게 설정되었기 때문에 향후의 초대용

량 WDM 전송을 가능하게 한다. 또한 S밴드 대역의 신호를 라만 증폭하는 경우에 사용되는 E밴드 대역에서의 전송 손실도 낮게 억제할 수 있어 향후 초광대역 WDM 시스템에도 적합하다.

3.2 DCF

DCF(Dispersion Compensation Fiber)는 커다란 음(-)의 파장 분산을 갖도록 설계된 광섬유이다. 현재 세계에 부설되어 있는 광섬유의 대다수는 파장이 1.3 μm 인 광섬유인데, 이러한 1.3 μm 단일 모드 광섬유 전송로에 양(+의) 분산을 가지는 1.55 μm 파장이 사용되는 경우 문제 발생의 원인이 된다. DCF는 바로 이 양의 분산을 음의 분산으로 보상해 주는 기능을 한다. 1.3 μm 용 광섬유에 DCF와 1.55 μm 용 광증폭기를 조합함으로써 1.55 μm 대역에서 구동하는 대용량 장거리 통신용으로 업그레이드 할 수 있다.

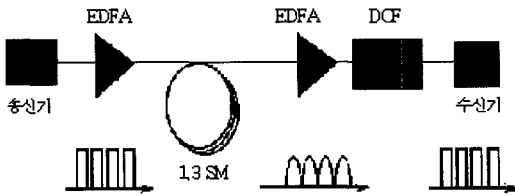


그림 7. DCF의 역할

IV. 광섬유 증폭기

광통신 시스템에서 장거리 전송을 하는 경우, 광케이블 상의 광 신호는 산란, 흡수 등에 따라 약 40~80km를 전송한다고 할 때 약 1/10~1/100로 감쇠함은 물론 분산에 의한 파형 왜곡이 발생한다. 이와 같은 감쇠와 파형왜곡에 따른 전송품질의 열화를 보상하기 위해 광 신호를 중간에 증폭하는 것이 증폭기이다[5].

이 때 사용하는 증폭기로는 광 증계기와 광 증폭기(optical amplifier)가 있는데, 광 증계기는 기존부터 사용하던 것으로 광 신호를 일단 전기신호로 변환(광-전 변환)

하여 증폭하고, 이를 디지털 처리한 뒤 다시 광 신호로 변환(전-광 변환)하는 재생 증계기(opto-electronic regeneration)이다. 이는 장치가 복잡하고 커서 통신의 고속화에 대응하려면 비용이 많이 소요되어 WDM에 적용할 수 없다는 문제점이 있다.

이에 반해 광 증폭기는 광 신호를 전기신호로 변환하지 않고 직접 증폭한다. 더욱이 광증폭기는 일련의 파장을 동시에 증폭할 수 있어 DWDM(Dense Wave Division Multiplexing)에 적합하다[6].

광 증폭기는 통신 시스템에서의 위치에 따라 후치 증폭기, 선로 증폭기, 전치 증폭기로 구분되며, 증폭 원리에 따라 반도체 광 증폭기(Semiconductor Optical Amplifier: SOA), 광섬유 증폭기로 구분된다. SOA는 소형이지만 이득이 작은 반면에, 광섬유 증폭기는 크기는 크지만 여기 출력을 높이면 높은 증폭도를 얻을 수 있어 고속, 대용량 통신에 적합하다. 광섬유 증폭기는 EDFA (Erbium-Doped Fiber Amplifier), EDWA (Erbium-Doped Waveguide Amplifier), PDFFA (Praseodymium-Doped Fluoride Fiber Amplifier) 그리고 라만 증폭기(Raman amplifier) 등으로 구분된다.

4.1 EDFA

EDFA의 기능은 광송신기와 광수신기 사이의 중간 단계에서 광신호를 증폭하는 것이다. 이를 통해 광-전 변환(optical-to-electrical conversion)이 없이도 광 전송 거리를 크게 확장할 수 있다.

EDFA의 동작은 기술적으로 복잡하다. 먼저, 1,550 nm의 입력 광 신호(input light signal)가 증폭기에 입력된다. 이 신호는 단일 파장(single wavelength) 또는 다 파장정보를 전송할 수 있다. 이후 이 광 신호는 아이솔레이터를 통과하는데, 이 때 아이솔레이터는 광 신호가 반사에 의해 입력단으로 되돌아가 전송효율이 떨어지는 것을 막아주는 역할을 한다. 다음에 커플러를 통해 입력신호와 펌프(pump)로부터의 신호가 결합되어 EDF (Erbium-Doped Fiber)의 루프에 주입된다.

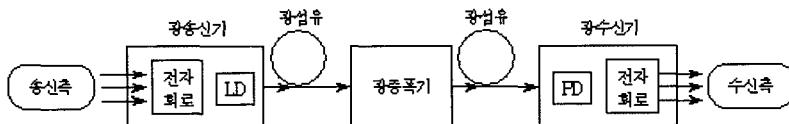


그림 8. 광통신 시스템의 기본 구성

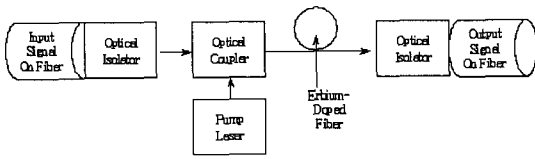


그림 9. single-state EDFA의 블록도

여기서부터 좀 더 복잡해진다. 펌프는 대개 980nm 또는 1,480nm에서 운용되는 레이저이다. 980nm 펌프는 최대 출력보다는 저잡음이 중요한 경우에 사용된다. 역으로 1,480nm 펌프는 저잡음보다 고출력이 중요한 경우에 사용된다. 섬유의 에르븀 이온이 980nm 또는 1,480nm의 펌프 광자(photon)를 흡수하면, 전자는 더 높은 에너지 수준으로 여기된다. 곧 이어 전자는 조금 낮은 메타-안정 여기 상태(meta-stable excited state)로 감쇠한다. 전자가 여기 상태에서 그라운드 상태(ground state)로 감쇠할 때 광(light)이 방출된다. 즉, 전자가 보다 낮은 메타-안정 여기 상태에서 그라운드 상태로 감쇠하면서 1,550nm 대역 광이 방출되는 것이다. 편리하게도, 이러한 상황은 입력 신호로부터 나온 광자와 반응할 때 일어난다. 마지막으로, 증폭된 신호는 다른 아이솔레이터를 통과한 뒤 출력단으로 보내진다[7].

4.2 EDWA

EDWA는 EDFA와 거의 비슷하게 동작한다. 그러나 EDWA는 입력신호와펌프에너지를 직접 커플링하여 EDF 루프에 주입하는 대신, 간접 커플링하여 에르븀 첨가 도파관(EDW ; Erbium-Doped Waveguide)에 주입한다. 광섬유를 도파관에 결합(splice)하는 것은 불가능하므로, 커플링은 자유공간(free space)에서 이루어진다. EDF 루프와 비교할 때, 도파관은 더 짧고, 더 강하며, 에르븀 집중도가 더 높다. 다른 조건이 모두 동일하다면, EDWA의 양품률(良品率)은 EDFA보다 높다. 왜냐하면, 광 서브컴포넌트의 수동 연결이 더 적기 때문이다. 따라서 일반적으로 EDWA는 EDFA보다 저렴한데, 대개 EDFA 가격의 절반 수준이다. 그러나, EDWA가 EDFA를 대체할 것으로 보이지 않는다. 왜냐하면, 일반적으로 EDWA의 증폭 신호가 강하지 않기 때문이다. EDWA는 강한 증폭보다는 저렴한 가격이 매우 중요한 요소가 되는 MAN(Metropolitan Area Network)에 접속된 가정에 보급될

가능성이 있다[7].

4.3 PDFFA

PDFFA는 현재 보급 정도가 미미한 상태이다. PDFFA는 폭 넓게 보급되고 있는 EDFA가 증폭할 수 없는 1,310nm 대역의 신호를 증폭할 수 있다. PDFFA의 기능은 기본적으로 EDFA와 유사하다. 다만, EDF 대신에 지르코늄 플루오르화물(zirconium fluoride)이나 hafnium 플루오르화물(hafnium fluoride)이 첨가된 섬유가 사용되며 1,020nm 대역 펌프 레이저가 사용된다. 1,310nm의 신호를 증폭할 수 있다는 장점에도 불구하고 비싼 비용, 고출력 펌프레이저를 필요로 한다는 단점으로 인하여 PDFFA의 폭 넓은 보급은 어려울 것으로 보이며, 앞으로 PDFFA에 비해 완성도가 높고 장점이 더 많은 라만 증폭기의 채택이 늘어날 전망이다[7].

4.4 TDFA

EDFA의 등장으로 광학적으로 신호를 증폭할 수 있는 광 네트워크를 실현할 수 있게 되었다. 그러나 EDFA가 오늘날 사용되고 있는 모든 파장 대역에서 사용할 수 있는 것은 아니다. 특히 C밴드보다 파장이 짧은 S밴드 대역에서는 EDFA를 이용할 수 없다.

따라서 EDFA와 같은 정도의 저렴한 비용으로 S밴드에서 광을 증폭할 수 있는 방법이 연구되고 있는데, 여기에는 라만 광 증폭기와 반도체 광 증폭기, 그리고 TDFA(Thulium-Doped Fiber Amplifier) 등이 있다.

TDFA의 동작원리는 EDFA와 유사하다. TDFA와 EDFA의 차이점은 사용하는 광섬유와 첨가하는 불순물의 종류, 여기 레이저의 배치 등이다. TDFA는 증폭 과정에서 이득을 만들어 내는 매체로 플루오르화물 또는 MCS(Multi-Component Silicate) 광섬유를 이용하며, 2개의 여기 레이저를 사용한다. 이러한 조건 하에서 고농도의 툴륨(Thulium, Tm)을 함유한 광섬유에 여기 광을 입사하면 중심파장 1,460nm 부근의 이득이 발생한다. 이득 +20dB에서의 대역폭은 35nm에 가깝다.

TDFA의 폭 넓은 보급과 제품화에는 여러 가지 해결해야 할 과제가 남아 있다. 먼저, TDFA가 사용하는 광섬유는 EDFA가 사용하는 석영계 광섬유에 비해 파손되기 쉽기 때문에 제조, 배치, 유지보수에 세심한 주의가 필요하며, 석영계 광섬유 등과 같은 정도의 신뢰성을 확보하기

위해서는 현재 일반적인 방법을 개선하는 등 상당한 변화가 요구된다.

TDFA는 네트워크에 사용하는 광섬유와구성이 다른 광섬유를 사용하기 때문에 네트워크에 연결하기가 어렵다는 점도 문제점이다. 용해접착 방법을 이용할 수 없기 때문에 신뢰성이 낮고 손실이 큰 기계적 접착을 이용하는데, 그 결과 하나의 접속부 당 0.3dB가 넘는 손실이 발생한다(용해접착의 경우 손실은 0.05dB 이하이다). 이 외에 광섬유에 희귀한 재료를 사용함으로써 부품의 단가가 높다는 점도 문제이다. 재료과학과 제조 프로세스에 혁신적인 전기가 마련되지 않는 한 신뢰성과 비용문제는 TDFA의 보급을 제한하는 요소로 작용하게 될 전망이다[8].

4.5 라만 증폭기

EDFA와 EDWA와 같이 라만 증폭기도 광섬유 증폭기이다. 하지만 라만 증폭기가 전술한 두 증폭기와 가지는 유일한 유사점은 광섬유에 에너지를 펌핑하여 신호를 증폭한다는 점뿐이다. EDFA와 EDWA는 증폭기 내의 개별 영역에서 증폭이 이루어지지만, 라만 증폭기는 전송 섬유(transmission fiber) 자체내에서 신호 증폭이 이루어진다.

동작 과정을 간단히 살펴보면 다음과 같다. 높은 파워를 갖는 라만 펌프는 에너지를 역방향, 즉 전송원(transmission source) 방향으로 향하게 한다. 펌프광원(pump light)은 “분산 라만 증폭”이라는 프로세스를 통해, 전송 섬유 자체의 진동모드와 결합하며, 펌프 파장이 신호파장보다 적당히 짧을 때 신호를 증폭한다. 라만 펌프는 1,550nm 대역에서의 전송을 위해 1,455nm 대역의 파장을 갖는 고�출력(high-power) 신호를 방출해야 한다.

의 광범위한 파장 대역에 걸쳐 광 증폭이 가능하다는 점이다. 특히, 라만 증폭기는 EDFA가 못하는 1,310nm 대역의 광을 증폭시킬 수 있다. 1,310nm 대역의 송/수신기가 1,550nm 대역의 그것보다 훨씬 저렴하다는 점을 감안하면 이는 매우 중요한 것이다. 비록 라만 증폭기 자체는 EDFA보다 비싸지만 전체 시스템 비용 측면에서는 더 저렴하다.

EDFA와 비교해서 라만 증폭기의 또 다른 장점으로 100km가 넘는 장거리 전송이 가능하다는 점이다(EDFA의 전송 거리는 40~80km 정도이다). 이와 같이 장거리 전송이 가능하도록 증폭해야 하므로 라만 증폭기의 펌프 부분은 EDFA보다 훨씬 더 복잡하다. 그림 10에서 보는 바와 같이 라만 증폭기는 복수 개의 915nm 레이저 다이오드에서 에너지를 모아 1,455nm의 광원을 생성한다. 이 신호는 EDF를 통해 1,177nm 파장으로 변환되고, 다시 공진기(cascaded Raman resonator)를 통과하면서 1,455nm 광원으로 변환된다. 공진기는 두 개의 FBG(Fiber Bragg Grating) 사이에 끼워져 있는데, FBG는 특정 파장의 광원만을 통과시키는 섬유로 만들어진 선택 필터(selective filter)이다.

라만 증폭기가 반드시 EDFA를 대체하지는 않을 전망이다. 오히려 라만 증폭기는 EDFA가 신호를 증폭시킬 수 없는 1,310nm 대역에서 사용할 때, 또한 EDFA와 같이 사용되는 경우가 많다. 특히, 라만 증폭기는 EDFA와 결합되어 입출력 신호 모두를 증폭하는 하이브리드 증폭기(hybrid amplifier)를 구성하기도 한다[7].

V. 반도체 광 증폭기

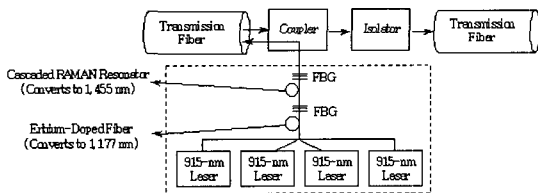


그림 10. 라만 증폭기의 블록도

EDFA와 비교할 때 라만 증폭기는 광원을 전송 섬유 내에서 직접 증폭한다는 점 외에도 중요한 장점 몇 가지를 더 갖고 있다. 그 중 가장 두드러진 장점은 1,100~1,700nm

그림 11에 반도체 광 증폭기의 구조를 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이, 근본적으로 반도체 레이저와 같은 형태의 이중 이종접합 구조(double hetero-structure)를 가지고 있는 SOA는 광섬유 광 증폭기와는 달리 여기 레이저가 필요 없이 도파로의 양측에 전계(電界)를 인가(印加)함으로써 이를 통해 광 신호를 증폭하도록 되어 있다. 전계가 인가되면 광자(photon)의 흡수와 유도 방출(stimulated emission)이 일어나는데, 광자가 흡수되면 전자-정공(hole) 쌍이 생기고, 반대로 전자-정공 쌍이 결합되면 광자의 유도방출이 일어난다. 광 신호를 증폭하기 위해서는 광자의 유도방출이 흡수를 상회해야 한다. 이

득, 중심파장, 이득의 대역폭 등 SOA의 특성은 반도체 재료의 종류와 구조에 따라 다르며, 광통신용으로는 대개 InP, InGaAs, InGaAsP 등이 주목되고 있다.

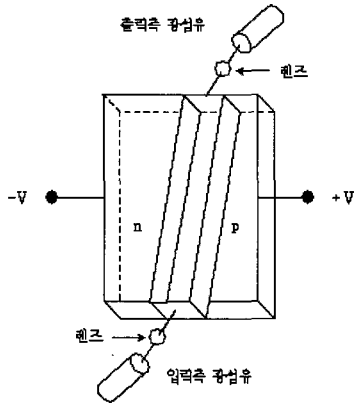


그림 11. 반도체 광 증폭기의 구조도

SOA가 광섬유 증폭기에 대해 가지는 장점 중 가장 중요한 점은 매우 작으며, 제조가 훨씬 더 쉽다는 점이다. 하지만 현재 SOA를 장거리 DWDM 전송에 응용하는 데에는 많은 문제점이 있다. 그러한 용도에는 광 증폭기의 입출력 특성이 비선형성인데 따른 폐해가 현저하다. 장거리 전송에는 광 증폭기를 직렬로 접속하여 사용하기 때문에 신호가 증폭기를 많이 통과할수록 비선형성의 영향이 강조된다.

SOA는 전송속도가 빨라 다중화된 신호의 처리에도 기술적인 문제가 있다. SOA는 광 입력부터 출력까지의 시간이 짧다. 이 특성이 데이터 전송 속도가 빠른 DWDM 신호를 증폭하면 많은 문제를 일으킨다. 현재 SOA는 데이터 전송 속도 10Gbps 이하의 신호에 효과적으로 사용된다. 그 이상의 속도에서는 이득이 포화상태가 된다.

SOA의 고속 응답은 도파로에 있는 신호 전체에도 영향을 주는데, 그 결과 채널간/심볼간 간섭이 일어나 8~10dB 정도의 커다란 잡음도 발생한다.

이 외에도 광섬유와 SOA의 형상(形狀) 차이로 인한 다른 전파 모드를 어떻게 취급해야 하는지 하는 문제도 있다. 도파로와 광섬유의 접속부위치를 기계적으로 맞추어야 하는데, 이 때 접속부에서 손실이 발생한다. 또한, 각각의 접속부에서 약 3dB 정도의 잡음이 발생하여 가뜩이나 많은 잡음을 한층 증가시키게 된다[4].

한편, SOA는 그림 12와 같이 FPA(Fabry-Perot

Amplifier)형과 TWA(Traveling Wave Amplifier) 형으로 나누어진다[5]. FPA형은 주입 전류에 의해 높은 에너지 준위인 전도대에서의 밀도 반전이 이루어져, 낮은 에너지 준위인 가전자대로의 천이에 의해 유도 방출이 일어나고 공진기에 의해 증폭되는 과정을 가진다. 반면, TWA는 반도체 레이저의 양 단면에 무반사(Anti-Reflection: AR) 코팅을 하여 출사면에서의 반사를 억제하여 FPA에서 일어나는 공진현상을 억제한 구조로 되어 있다.

SOA는 PDFFA나 라만 증폭기와 같이 1,310nm의 신호를 증폭할 수 있다. 또한 파장 변환기(wavelength converter)나 전광스위치(all-optical switch)와 같은 다른 평면 광파 회로(planar lightwave circuits)[3]의 서브 컴포넌트로 사용할 수도 있다.

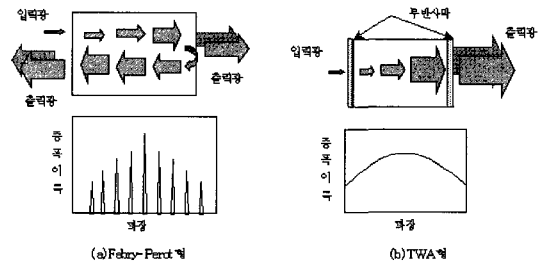


그림 12. 반도체 광 증폭기의 형태

VI. 결론

이상과 같이 WDM 기술을 중심으로 새롭게 이용되고 있는 전송용 광섬유, 기능성 광섬유의 원리와 특징 등을 살펴보았다. 그리고 광 증폭기에 대한 간략한 기술 개요도 살펴보았다. 앞서 살펴본 바와 같이 광 증폭기는 광섬유를 통한 장거리 전송에 따라 발생하는 출력 저하를 보상하기 위해 광 신호를 증폭하는 기기로 여러 종류의 광통신 부품 중에서 단가가 높고, 시장 성장성이 유망한 부품의 하나로 분석되고 있다. 기업 측면에서는 수요가 적은 국내 시장보다는 세계 시장을 겨냥한 기술 개발과 마케팅 전략이 필요할 것으로 생각된다. 국내업체가 해외 선진업체와의 기술적인 차이를 극복하고 세계시장 점유율을 높이기 위해서는 산/학/연 연계를 통한 핵심기술 확보와 지속적인 정책적 지원이 필요할 것이다.

참고문헌

- [1] 정보통신부, "광대역 통합망 구축 기본계획", 2004. 2.
- [2] 정보통신연구진흥원, "IT 전략품목 보고서", 2004
- [3] 양재우, 서홍석, "광대역 통합망(BcN) 구축 추진방향," 정보과학회지, 2003. 10.
- [4] 주성순, 박권철, "BcN과 연계한 기술개발 계획," BcN 기술 및 전략세미나, 2003. 11.
- [5] Gartner Group, "An Introduction to Optical Amplifier Technology", December 25, 2000.
- [6] 電子部品年鑑 2001, 中日社, 2001. 2.
- [7] 조호성, "반도체 광 증폭기의 기술 현황", 주간기술동향 통권 833호, 한국전자통신연구원, 1998.
- [8] 이원준, "광통신 부품 시장 현황과 대응방안", 전자신문, 2001.4.10.

저자소개

이성렬



1990년 한국항공대학교 항공통신정보공학과 졸업 (공학사)
1992년 한국항공대학교 대학원 항공통신정보공학과 졸업 (공학석사)
2002년 한국항공대학교 대학원 항공통신정보공학과 졸업 (공학박사)
2002년 3월 ~ 2004년 2월 (주)에이티엔 부설연구소 연구소장
2004년 3월 ~ 현재 목포해양대학교 해양전자통신공학부 전임강사
※관심 분야: WDM 전송 시스템, 광섬유의 비선형 효과, 광 솔리톤 전송