

# SOAs 기반의 WDM 광소자 연구

## WDM Photonic Devices based on SOAs

오광룡, 백용순, 박경현, 김종희, 박정우, 김현수, 박문호  
 한국전자통신연구원 원천기술연구소 광통신소자연구부 WDM 광소자 연구팀  
 kroh@etri.re.kr

### 1. 서론

WDM 기술은 21세기의 통신 수요 문제를 해결할 수 있는 기반 기술로 등장하여 광통신 네트워크에서 하나의 광섬유를 통하여 전송 용량을 극적으로 증가시킬 수 있는 기술로 사용되어 오고 있다. 또한, 인터넷의 성장, 광대역 네트워킹의 발전, 새로운 높은 밴드 영역의 출현 등으로 인하여 WDM 기술이 진일보 발전할 것으로 기대되고 있다. 이러한 WDM 기술 발전의 바탕에는 필수적으로 다양한 기능의 광부품을 필요로 하게된다. 특히, 반도체 광증폭기는 하나의 소자로서 선형적인 특성을 활용하는 광증폭기의 용도와 비선형적인 특성을 활용하는 광신호 처리용으로 활용도가 높아 많은 관심을 불러일으키고 있다. 본 발표에서는 이들에 대한 동작 원리 및 활용도와 연구 현황에 대하여 언급하고자 한다.

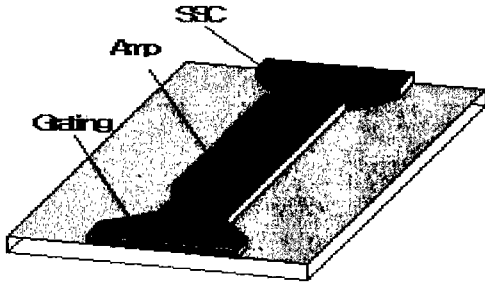
### 2. 본론

반도체 광증폭기는 원리적으로는 문턱전류 아래에서 동작하는 반도체 레이저와 같은 것으로서, 양단면의 반사 형성 여부에 따라 FP형 증폭기와 TW형 증폭기로 구분할 수 있다. 실제로 네트워크에서 사용되어지는 것은 TW형 증폭기로서 LD 구조로 제작된 도파로 단면에 무반사 박막 증착을 통하여 반사가 발생하지 않도록 하여 입사된 광신호가 도파로를 단 1회만 통과하도록 하는 것이다. SOAs 활용은 선형적인 이득 현상을 이용하는 in-line 증폭기 및 광게이트 스위치와 출력 포화 현상에 의한 이득 및 위상 변조를 이용한 파장 변환기, 신호 재생기, 완전 광스위치 및 초고속 시간 역다중화기로서 등으로 다양하게 활용되고 있다. 이들에의 활용을 위하여 SOAs 설계시 고려되어야할 중요 특성으로는 i)이득 대역폭, ii)이득 포화, iii)잡음 특성, iv)무편광성, v)변환 효율, vi)입력 동적 범위, vii)소광비 및 누화, viii)가변 속도, ix)동작 파장 등이 있다. 이들은 활용 기능에 따라 강조되는 특성이 다를 수 있다. 본 발표에서는 반도체증폭기의 용도에 따른 동작 원리를 살펴보고 세계 연구/개발 현황과 더불어 본 연구팀의 연구 진행 결과를 간략히 소개하고자 한다.

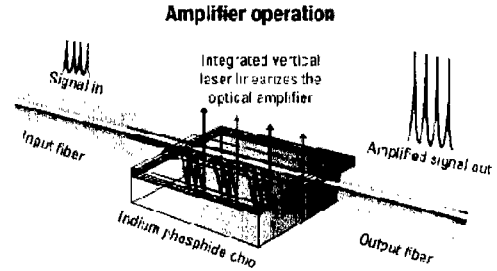
#### 가) 선형 증폭기로의 반도체 광폭기

WDM 네트워크에서 가장 많은 활용이 예상되는 것이 반도체 증폭기의 선형적인 활용의 예로서 전치 증폭기, in-line 증폭기 및 전후 증폭기와 게이트 기능의 광스위치가 있다. 특히 여러 WDM 채널이 동시에 입력되는 경우에 있어서는 각 채널에 대한 이득 변화 및 누화 등은 중요 문제가 되고 있다. 이를 해결하기 위한 방법으로 증폭기의 이득 스펙트럼의 중심에서 벗어난 파장에서 레이저 발진을 일으켜 이득을 일정하게 유지하게 하는 Gain-Clamped SOA(또는 Linear Optical Amplifier)가 제안되어 개발되고 있다. (그림.1)은 증폭기 도파로 진행 방향으로 DBR에 의하여 발진이 이루어지도록 하는 구조의 GC-SOA 개념도이고 (그림.2)는 증폭기 도파로의 수직 방향으로 발진을 일으키도록 하는 LOA 개념도

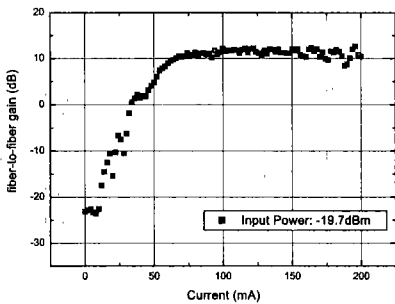
이다. LOA의 경우에는 광신호를 증폭기에 통과시킨 후에 별도의 여과기를 설치하지 않아도 되는 장점을 갖고 있다.



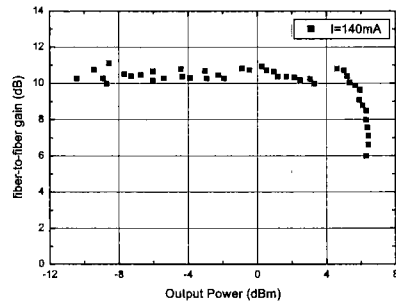
(그림 1) DBR구조의 GC-SOA 개념도



(그림 2) 수직 공진기형 LOA 개념도



(그림 3) 주입 전류에 따른 이득 변화



(그림 4) 광출력에 따른 이득 변화

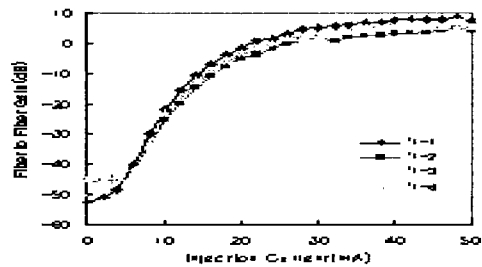
(그림3)과 (그림4)는 본 연구실에 개발중인 (그림 1) 구조의 GC-SOA를 제작하여 얻은 특성 곡선이다. 약 70mA의 주입 전류에서부터 이득 고정 현상이 나타나기 시작하였고, 1550nm의 파장 신호에서 약 12dB의 이득에서 고정 현상을 보이고 있으며 포화 출력이 6dBm에 이르고 있다.

나) 반도체 광증폭기 집적 광스위치

SOA에 전류 주입 여부에 따라 입사된 신호의 흡수와 증폭이 일어나는 현상을 활용하여 입력 신호에 대한 게이트로 활용하는 것이 SOAs집적 광스위치이다. 이러한 광스witch는 광섬유간의 손실을 "0"로 할 수 있는 장점과 스위칭 속도를 수 ns 이하로 빠르게 할 수 있다는 장점을 가지고 있다. (그림 5)는 ETRI에서 제작된 SOAs 집적 1x4 스위치의 표면 사진으로서 1개의 전치증폭기와 4개의 게이트 증폭기로 구성되어 있다. (그림 6)은 제작된 스위치의 특성 곡선으로는 전치증폭기와 게이트에 각각이 30mA의 전류를 주입하였을 때 손실이 "0"가 됨을 확인하였다. 소광비는 45 dB로서 양호하였다.



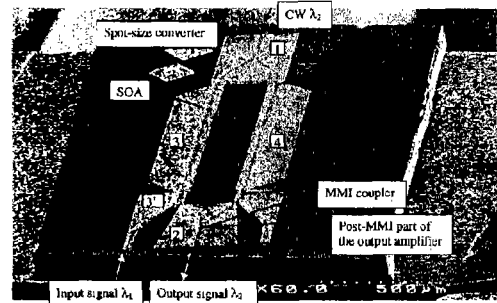
(그림 5) SOAs집적 1x4 광스위치 표면 사진



(그림 6) 1x4 SW의 손실 특성 곡선

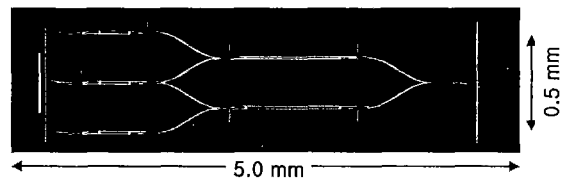
다) 반도체 광증폭기 집적 파장 변환기

한 파장에서 다른 파장으로 변환하여 정보를 전달하는 기능을 갖는 파장 변환기는 파장분할 방식에 있어서 핵심 광소자로서 가능한 파장을 재 사용하여 망의 용량과 유연성을 증가시키는 다양한 기능을 제공한다. 파장 변환을 구현하는 방법에는 여러 가지가 제안되어 시험되고 있으나 가장 실용화에 접근된 기술 중의 하나가 SOAs가 집적된 XPM 형 파장 변환기이다. Alcatel에서는 (그림 7)에서 보는 바와 같이 All-active 도파로 형태로 10 Gbps, 7dB 소광비, 0.5dB 편광특성 등의 성능을 나타내는 MZI 파장변환기를 발표하였다. XPM 방법에서는 입사광의 동작 범위가 2~3 dB 정도로 작다는 문제점이 지적되어 왔으나 1999년에 Alcatel의 J.-Y. Emery등이 SOA power equalizer를 이용하여 허용 동작 범위가 2.5dB에서 20dB 이상까지 증가된 10Gbps 파장변환기를 발표한 바 있다.

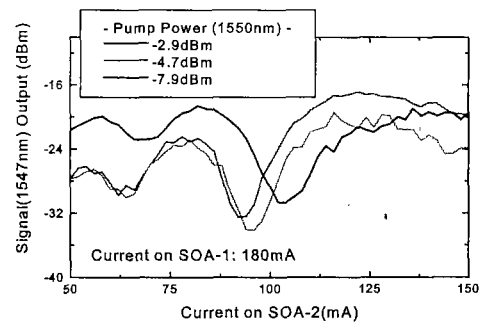


(그림 7) Alcatel사의 All active형 XPM 파장변환기 표면 사진

(그림 8)은 본 연구팀에서 개발중인 수동층 및 능동층 집적형 MZI 파장변환기의 마스크 레이아웃 사진이며, (그림 9)은 입력 신호의 변화에 따라 MZ간섭계를 통과하여 변환된 여기 신호의 변화를 측정 한 것이다. 본 측정 결과는 1550nm 파장과 5dB 소광비를 갖는 입력 신호에 대하여 1547nm 파장과 9.2dB 소광비를 갖는 신호로 변환됨을 보여주고 있는 것이다. 이러한 실험 결과는 XPM형 파장 변환기의 장점 중의 하나인 입력 광신호보다 변환된 출력 광신호의 소광비가 더욱 좋아진다는 결과를 확인시키고 있다. 현재, 본 연구실에서는 변환 효율, 편광성 및 동작 범위를 향상시키기 위한 연구/개발을 계속 진행하고 있다.



(그림 8) XPM-WC 마스크 레이아웃 사진



(그림 9) 제작된 XPM-WC 특성 곡선

3. 결론

SOAs는 광신호에 대한 증폭기 및 게이트로서의 선형적인 활용과 더불어 이득 포화 시에 발생하는 비선형성을 이용하는 파장 변환기, 논리 소자, 초고속 광스위치, 시간 역다중화기 등의 활용도가 매우 높은 광소자이다. 실제적인 활용성을 높이기 위하여서는 단위 소자로서의 성능 최적화와 더불어 수동 도파로와의 집적화 기술 안정화 및 집적도 향상을 필요로 하고 있으나, 계속되는 공정 기술의 발전은 향후 광범위한 활용을 약속하고 있다고 판단된다.