

SOA 집적 XPM형 파장변환기 모듈 제작 및 특성

김종회* · 김현수 · 심은덕 · 백용순 · 김강호 · 권오기 · 엄용성 · 윤호경 · 오광룡

한국전자통신연구원 반도체, 원천기술연구소 광통신소자연구부

☎ 305-350 대전광역시 유성구 가정동 161

(2003년 4월 22일 받음, 2003년 7월 24일 수정본 받음)

SOA(Semiconductor Optical Amplifier)를 단일 기판에 집적한 Mach-Zehnder 간섭계 구조의 파장변환기를 제작하여 40 nm 대역폭에 대한 10 Gb/s 파장변환 특성을 조사하였다. 제작된 파장변환기는 BRS(Buried Ridge Structure)형 SOA와 수동 도파로를 butt-joint 결합하여 단일 집적한 구조이다. 집적화 과정에서 높은 도파 손실을 발생시키는 p+ InP 덮개층을 제거하고 무첨가 InP로 도파로 덮개층 및 전류 차단층을 동시에 형성시키는 새로운 방법을 이용하였고, 모듈 제작에서 경사진 도파로와 광섬유를 효율적으로 광 접속하기 위하여 경사진 광섬유 배열을 제작하여 사용하였다. 이와 같이 제작된 파장변환기 모듈을 이용하여 1535-1575 nm의 40 nm 대역폭에서 1 dB 이하의 power penalty를 갖는 10 Gb/s 파장변환을 구현하였고, 특히 negative penalty를 갖는 파장변환을 성공적으로 구현함으로써 2R(re-amplification, re-shaping) 기능을 제공할 수 있음을 보였다.

주제어 : all-optical devices, integrated optics devices, semiconductors, optical amplifiers, optical communications.

I. 서 론

최근, 영상 및 화상과 같은 대용량 데이터를 처리하기 위하여 초고속 광대역 통신 서비스의 요구가 증가하고 있으며, 이를 수용하기 위한 WDM(Wavelength Division Multiplexing) 기반의 광통신 네트워크 시스템을 개발하기 위하여 활발한 연구가 진행되고 있다. 파장변환기는 WDM 네트워크의 광 교환 접속에서 채널 간의 파장 겹침으로 인한 채널의 제한을 완화시켜 시스템 관리의 유연성을 높여주기 때문에 차세대 광통신 시스템의 효율적 구성을 위한 핵심 광통신 부품으로 주목을 받고 있다. 하지만 초고속화 및 광대역화 추세에 WDM 광통신 시스템을 고려할 때 파장변환기는 10 Gb/s 이상의 변환 속도 및 C-밴드 이상의 대역폭을 제공할 수 있어야 한다. 광신호 처리를 포함하는 전송망은 대부분 전기적 신호를 광신호로 변환하거나 그 반대의 경우를 이용하여 데이터를 전달하는 방식이기 때문에 파장변환기의 변환 속도는 전기적 신호 처리 속도에 의존한다. 전-광, 광-전 변환은 전기적 신호의 속도 및 형태에 따라 용량이 제한되기 때문에 전기적 신호 처리 없이 광신호를 다른 파장으로 전달할 수 있는 전광(all-optical) 파장변환기가 요구된다. 현재 광 파장변환에는 광신호 및 광원이 SOA를 진행할 때 일어나는 FWM(Four-Wave Mixing), XGM(cross-gain modulation) 및 XPM(cross-phase modulation) 등이 주로 이용되고 있다.^[1] XPM 기반의 파장변환기는 변환 효율이 높고, 주파수 떨림 및 소광비 특성이 우수하며, 10 Gb/s 이상의 전송이 가능할 뿐만 아니라 XGM 기반의 파장변환에서 나타나는 신호 반전을 방지할 수 있고, 다른 기능성 소자로 활용이 가능하기 때문에 많은 연구 개발이 수행되고 있다.^[2,3]

SOA를 이용한 XPM 기반의 파장변환기는 간섭계 구조가

일반적이다. 이 구조는 XPM과 광 증폭을 위한 두 개의 SOA, 광신호 및 광원의 진행방향을 유도하기 위한 도파로, Y-branch와 같은 광 결합/분배기 등이 결합되어야 한다. 파장변환기를 구성하는 개별 요소들은 소자의 안전성 고려할 때 단일 기판에 집적하는 과정이 필요하고, 제작된 파장변환기의 시스템 활용도를 고려할 때 모듈화가 필수적이다. 집적화 과정에서, SOA 집적 간섭계 파장변환기를 제작하기 위하여 SOA를 구성하는 능동층과 광신호가 진행되는 도파로를 단일 기판에 집적하는 능동-수동 결합 과정이 필요하다. 이를 구현하는 방법 중에서, BRS형 SOA와 수동 도파로를 결합시키는 방법은 공정이 비교적 단순하고 재현성 및 균일성을 확보할 수 있기 때문에 집적형 광소자 제작에 널리 이용되고 있다.^[4] 이러한 능동-수동 결합형 파장변환기는 각 부분의 개별적 최적화를 통하여 소자의 특성을 향상시킬 수 있고, 여러 가지 다양한 기능의 능동, 수동 소자와 집적이 가능하기 때문에 향후 신호 처리용 집적 광 소자 개발에 적용 가능성이 매우 크다. 하지만 능동-수동 결합 과정에서 p+ InP 덮개층으로 인한 심각한 도파로 손실과 능동-수동 결합면 반사 등의 문제를 발생시킬 수 있기 때문에 SOA와 수동 도파로를 단일 기판에 효율적으로 집적할 수 있는 구조 및 제작에 관한 연구가 필요로 된다.^[5]

본 논문은 SOA와 수동 도파로를 단일 기판에 집적한 MZI(Mach-Zehnder interferometer) 파장변환기 모듈 제작 및 40 nm 파장 대역폭에 대한 10 Gb/s 파장변환 특성에 관하여 기술한다. 구체적으로 SOA와 수동 도파로를 단일 기판에 집적하는 제작 과정을 설명하고, 이 과정에서 발생하는 도파로 손실을 줄이기 위하여 무첨가 InP로 전류 차단층과 도파로 덮개층을 동시에 제작하는 공정에 대하여 소개한다. 또한, 제작된 SOA 집적 MZI 파장변환기 모듈의 특성을 조사하기 위한 파장변환 실험 장치 및 측정 방법을 소개하고, 1535-1575 nm 사이의 40 nm 대역폭에 대한 10 Gb/s 파장변환 특성을 기술한다.

*E-mail: jonghoi@etri.re.kr

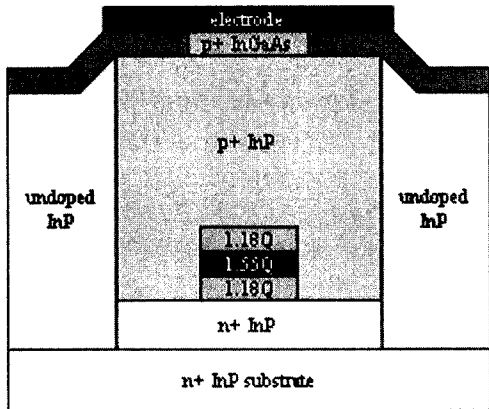
II. 설계 및 제작

본 연구에서 사용된 파장변환기는 1200 um 길이의 SOA 2개, 입력 도파로 3개, 출력 도파로 1개 및 Y-branch 도파로 4개로 구성된 Mach-Zehnder 간섭계 구조로서, SOA-도파로 간 butt-joint 결합 방법을 이용하여 SOA가 간섭계의 각 경로에 집적되도록 설계하였다. 그림 1에서 보인 바와 같이, SOA는 부첨가 InP 전류 차단층을 갖는 BRS형 구조이고, 수동 도파로는 부첨가 InP 덮개층 구조이다. 능동-수동 결합에서 유의해야 할 점은 결합면의 재성장 구조 및 굴절률 차이에 의한 결합면 반사이다. 결합면 반사에 의하여 SOA로 주입되는 반사광들은 공진 특성을 갖기 때문에 이에 부합하는 SOA의 이득 특성 곡선이 나타난다. 이는 절단면 반사와 함께 불안정 공진에 의한 잡음 증가 및 파형 왜곡의 원인이 될 뿐만 아니라 채널 간 이득의 불균일성을 발생시켜 파장변환기의 대역폭을 저하시키는 원인이 된다. 반사율을 감소시키기 위하여 능동-수동 결합면 및 입출력 도파로를 각각 7° 경사지도록 설계하였다. 하지만 경사진 도파로는 파장변환기 모듈 제작 시 소자와 광섬유를 경사지도록 정렬함에 따라 입력 도파로의 끝단 위치가 경사지게 되므로 소자와 광섬유를 광 결합하기 위하여 끝단 위치가 일정한 거리로 유지되고 3개의 입력 도파로에 접속할 수 있는 경사진 광섬유 배열이 필요로 된다. 이와 같이

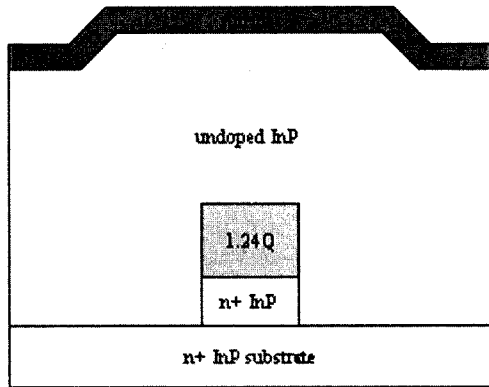
광섬유와 파장변환기의 광 결합을 효율적으로 구현하기 위하여 경사진 렌즈형 광섬유 배열을 설계하였고, 파장변환기-공기 및 공기-광섬유 사이의 Snell 법칙에 따라 파장변환기와 광섬유 배열이 약 23° 경사진 각도로 정렬되도록 모듈 기판을 설계하였다.

위와 같은 설계를 기반으로, 1.55 um 파장 대역의 SOA 집적 MZI 파장변환기를 제작하였다. SOA 능동층으로 1.55 um bulk InGaAsP를 사용하였고, 그 위아래 층에 0.1 um 두께의 1.18 um SCH(Separated Confinement Hetero-structure)층을 사용하였다. 능동층의 두께는 단일 모드 형성 조건과 광 모드 구속도(Confinement factor) 조절을 고려하여 0.15 um로 성장하였다. RIE(Reactive Ion Etcher) 건식 식각을 이용하여 능동층을 제작한 후 1.24 um InGaAsP 수동층 및 부첨가 InP를 능동층 두께에 맞추어 차례대로 성장하였다. 이후 RIE(Reactive Ion Etcher) 건식 식각을 이용하여 1.55 um 대역에서 단일 모드 조건을 만족하도록 1.2 um 폭의 능동-수동 도파로를 제작하였다.

능동층 제작의 가장 중요한 요소 중 하나는 전류 차단층을 제작하는 방법이다. 본 연구에 적용된 전류 차단층 제작 방법은 능동 도파로를 p+ InP로 덮고 주위를 부첨가 InP로 채우는 BRS형 제작 방법으로서, 능동 도파로 제작 후 전 영역을 p+ InP로 덮고 H 이온 주입기를 사용하여 전류 차단층을 제작하는 방법이다.^[5] 이 방법은 공정이 비교적 단순하고 재현성

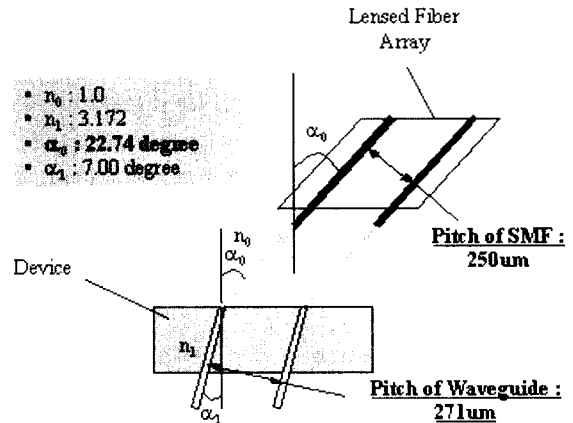


(a)

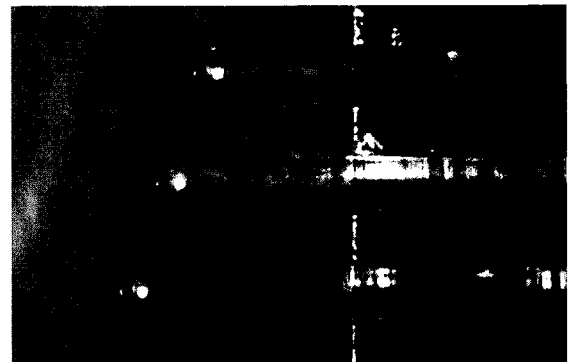


(b)

그림 1. 무첨가 InP 전류 차단층을 갖는 BRS형 SOA(a)와 무첨가 InP 덮개층으로 덮인 수동 도파로(b)의 단면 구조.



(a)



(b)

그림 2. 파장변환기 도파로 입력단과 광섬유 배열의 광 접속 구성도(a) 및 제작된 입력단 광섬유 배열(b).

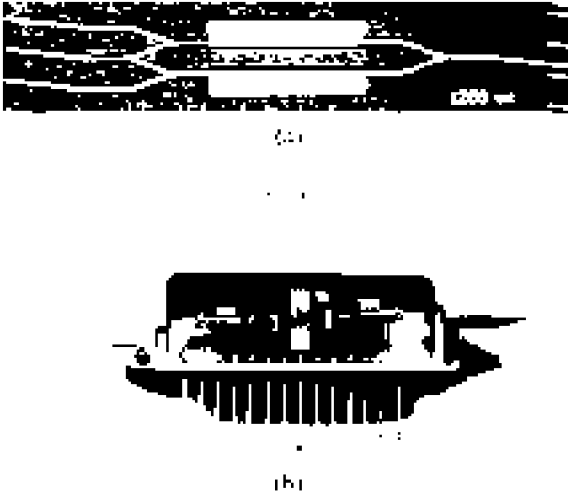


그림 3. 제작된 SOA 집적 MZI 파장변환기 소자(a)와 모듈(b).

빛 균일성 확보에 큰 장점을 갖고 있어 파장변환기와 같이 두 개 이상의 SOA를 사용하는 집적 소자의 경우에 적합한 반면 고가의 이온 주입기를 사용하여야 한다. 본 연구에서는 이온 주입기를 사용하지 않고 부첨가 InP를 이용하여 전류 차단층 및 수동 도파로 덮개층을 동시에 제작하는 방법을 개발하였다. 이 방법은 능동-수동 도파로를 p+ InP로 덮은 후 전류 차단층 제작용 마스크를 이용하여 SOA를 제외한 영역의 p+ InP를 습식 식각으로 제거한 뒤 부첨가 InP를 재성장하여 전류 차단층 및 수동 도파로 덮개층을 제작하는 방법이다. 이 방법을 이용하여 능동 도파로 주위로 3 um 폭의 p+ InP 덮개층과 부첨가 InP 전류 차단층을 갖는 SOA와 부첨가 InP 덮개층을 갖는 수동 도파로를 제작하였다. 이와 같은 제작 과정을 통하여 SOA가 집적된 MZI 파장변환기 소자를 제작하였고, 마지막 공정으로 E-beam 증착기를 이용하여 TiO₂-SiO₂의 이중 박막으로 구성된 부분사 박막을 증착한 후 모듈을 제작하였다.

모듈 제작에서 광섬유와 파장변환기의 광 접속을 위하여 23° 경사진 렌즈형 광섬유 배열을 제작하였다. 그림 2는 파장변환기와 광섬유 배열을 광 접속하기 위한 구성도 및 제작된 광섬유 배열을 나타낸다. 경사진 광섬유 배열은 광 접속 효율을 증가시키기 위하여 광섬유의 끝단을 반구형으로 가공한 렌즈형 광섬유로 제작하여 사용하였고, 250 um 간격의 3채널 V-groove 위에 고정된 후 능동 정렬 방법과 레이저 welding 방법을 이용하여 파장변환기와 광 접속하였다. 이와 같은 방법을 이용하여 그림 3과 같이 SOA 집적 MZI 파장변환기 모듈을 제작하였다.

III. 파장변환 특성

제작된 SOA 집적 MZI 파장변환기 모듈의 10 Gb/s 파장변환 특성을 측정하기 위한 실험장치를 그림 4과 같이 구성하였다. 실험장치는 변환된 신호의 10 Gbps eye 파형을 조사하고 BER(Bit-Error-Rate) 특성을 측정하기 위한 것으로서, 광신호 생성을 위한 광 변조기, 파장변환기 구동을 위한 전류 주입기 및 온도 조절기, 변환된 신호를 측정하기 위한 광 계측기로

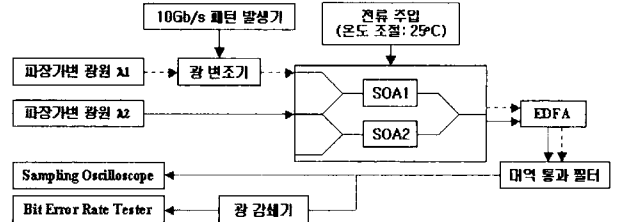
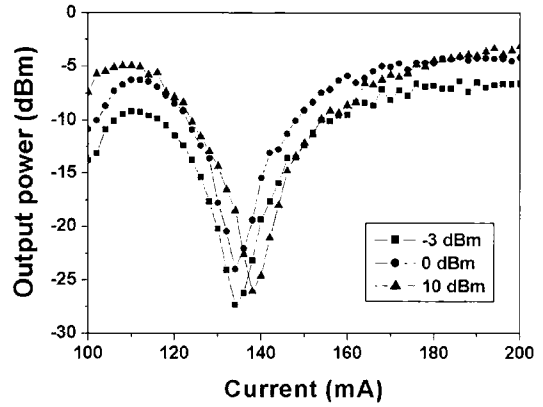
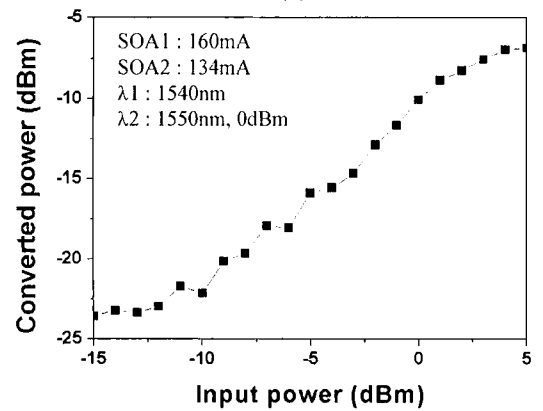


그림 4. SOA 집적 MZI 파장변환기 모듈을 이용한 10 Gb/s 파장변환 실험 장치도.



(a)



(b)

그림 5. 인가 전류(a) 및 광신호 세기 변화(b)에 대한 파장변환의 특성 곡선.

구성되었다. 또한 광 증폭을 위한 어닐링가 광섬유 증폭기, 입력 광신호를 제거하기 위한 대역 통과 필터, 출력 세기의 조절을 위한 광 감쇄기를 사용하였다. 광신호(λ₁)는 파장가변 광원을 광 변조기에서 세기 변조한 10Gb/s NRZ(Non-Return-to-Zero) 형식의 2²³-1 PRBS(Pseudo-Random-Bit-Stream) 신호를 이용하였고, 광원(λ₂)은 40 nm 대역폭에 대한 특성 조사를 위하여 다른 파장가변 광원을 이용하였다. 광원은 두 갈래로 분기되어 각 경로에 위치한 SOA를 진행한 후 다시 결합하여 간섭 현상에 의한 세기 변조를 일으킨다. 이때 인가 전류와 광신호는 SOA의 carrier 밀도를 변화시켜 굴절률 변화를 유도하기 때문에 그림 5와 같은 부과 특성이 나타난다. 인가 전류 변화에 대한 특성 측정의 경우, 1540 nm 광신호는 입력하지 않고 1550 nm 광원만을 입력하고 SOA1의 전류를 160 mA로

고정한 상태에서 SOA2의 전류를 변화시켜 출력되는 광원의 세기를 측정한다. 측정 결과, SOA2의 전류가 134 mA일 때 간섭계의 양쪽 경로 사이에 π -위상차가 발생하여 출력 광원의 세기가 최소로 감소함을 알 수 있다. 이와 같은 전류 조건에서 광신호가 입력되면 π -위상차에서 벗어나므로 출력 광원의 세기가 증가한다. 따라서 광신호의 세기 변화에 따른 출력 광원의 세기 변화를 측정하면, 파장변환 시 입력 신호에 대한 출력 신호의 소광비를 측정할 수 있다. 광신호 세기 변화에 대한 특성 측정의 경우, 1550 nm 광원을 입력한 상태에서 1540 nm 광신호의 세기를 변화시켜 출력 광원의 세기 변화를 측정하였다. 측정 결과, 대략 -10 dBm 이하의 광신호 세기 범위에서 작은 위상변화로 인하여 출력 광원의 세기 변화는 대략 2 dB 이하로 나타난다. 반면 광신호 세기가 -10 dBm 이상에서 점점 증가할수록 출력 광원의 세기 변화도 점점 증가함에 따라 10 dB의 입력 신호 소광비에 대하여 12 dB의 출력 신호 소광비를 얻었다. 이와 같은 소광비 개선은 신호 재생에 활용될 수 있고, 파장변환과 동시에 신호 재생의 효과를 보일 수 있다는 점에서 주목된다.

SOA 집적 MZI 파장변환기를 이용한 실험에서 광신호와 광원은 같은 방향으로 입력된다. 일반적으로 광신호의 진행 방향에 따른 파장변환의 구동 방식은 광원과 광신호를 같은 방향으로 입력하는 방식과 반대 방향으로 입력하는 방식으로 나누어진다. 반대 방향으로 입력하는 방식은 대역 통과 필터가 필요치 않아 시스템을 보다 간단히 구성할 수 있다는 장점을 갖는 반면, 광원이 입력되는 SOA 부분에서 광신호에 의하여 carrier결핍이 심화되기 때문에 같은 방향으로 입력하는 방식에 비하여 신호 대 잡음 비율과 10 Gb/s 이상의 전송 속도에서 소광비가 감소된다. 따라서 본 실험에서는 광신호와 광원을 같은 방향으로 입력하는 방식으로 10 Gbps 파장변환을 구현하였다. 전류는 XPM이 발생하는 SOA에 200 mA, 광원이 증폭되는 다른 SOA에 82 mA를 인가하였고, 광신호 및 광원은 각각 3, 2 dBm의 세기로 주입하였다. 이와 같은 조건에서 디지털 신호 분석기를 이용하여 그림 6의 (a)와 같이 1550 nm의 광신호로부터 1555 nm로 변환된 신호의 eye 파형을 측정함으로써 10 Gb/s 파장변환의 구현을 확인하였다. XPM을 이용한 간섭계 방식의 파장변환기의 주요한 특성 중 하나는 입력 신호에 대하여 출력신호가 반전되지 않는 것으로, 그림 6의 (b)는 제작된 SOA 집적 MZI 파장변환기의 비반전 출력 특성을 잘 보여주고 있다.

파장변환기의 변환 대역폭은 파장변환기를 사용하는 WDM 광통신 시스템의 용량을 결정지을 수 있는 중요한 항목이다. 이를 조사하기 위하여 광원의 파장을 1535-1575 nm 대역에서 변화시키며 변환된 신호를 측정하였다. 파장변환기를 이용한 파장변환의 특성은 BER 시험기를 이용하여 그림 7과 같이 조사되었다. 측정 결과, 그림 8와 같이 40 nm 파장 대역에서 1 dB 이하의 power penalty를 갖는 파장변환 특성을 얻었다. 특히, 1550-1555 nm 파장변환의 negative penalty 특성은 제작된 SOA 집적 MZI 파장변환기가 신호 재생을 지원하는 파장변환기로서 사용될 수 있음을 보여준다.

SOA 집적 XPM형 파장변환기에 대한 BER 특성은 SOA의

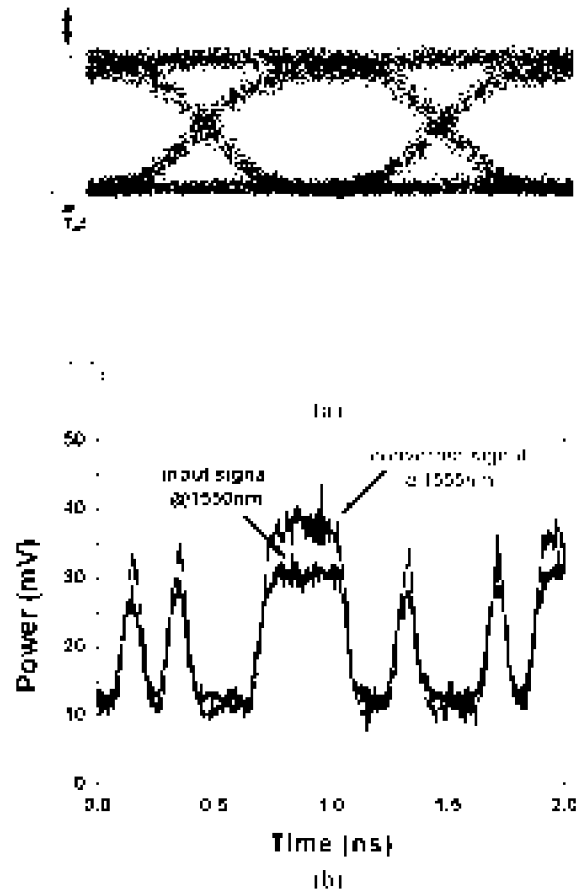


그림 6. 10 Gb/s 광신호(1550 nm)에 대한 파장변환 신호(1550 nm)의 eye 그림(a)과 두 신호의 파형(b).

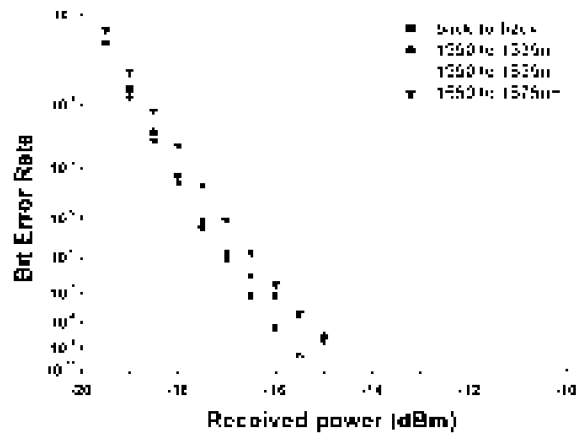


그림 7. 1535-1575 nm의 40 nm 파장 대역폭에 대한 10 Gb/s 파장변환의 BER 측정결과.

능동층과 같이 비선형적 매질에서 발생하는 잡음으로 인하여 저하될 수 있다. 잡음의 주요한 요인으로 자발 방출 간의 맥놀이 현상으로 발생하는 자발 방출 맥놀이 잡음과, 자발 방출과 광신호 간의 맥놀이 현상으로 인한 광신호-자발 방출 맥놀이 잡음이 들 수 있다.¹⁶ 두 가지 맥놀이 잡음은 파장변환기의 단면 반사율과 밀접한 관련이 있기 때문에 파장변환기의

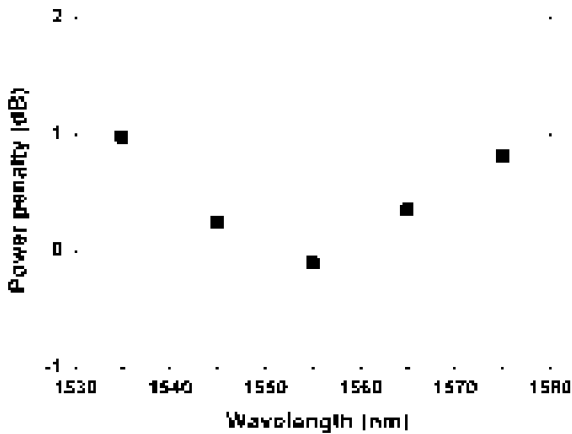


그림 8. 10 Gb/s 파장변환의 40 nm 대역폭에 대한 power penalty.

변환 특성을 향상시키기 위하여 단면에 부반사 박막을 증착하는 것이 필수적이다. 실험에서 자발 방출 맥놀이 잡음은 대역 통과 필터를 사용하여 감소시킬 수 있다. 따라서 잡음의 주요한 요인은 광신호-자발 방출 맥놀이 잡음으로서, 이는 SOA의 이득이 감소함에 따라 증가하기 때문에 1555 nm의 SOA 이득 정점을 중심으로 소광비가 저하되고 결과적으로 파장변환에 대한 BER 특성도 1555 nm의 SOA 이득 정점을 중심으로 저하된다. 일반적으로 변환 속도를 향상시키기 위하여 MZI 파장변환기에 사용되는 SOA의 길이는 1000 μm 이상으로, 위상 변조에 대한 비선형 매질로서 충분한 작용 거리를 확보하기 위한 것이다. 이는 광신호의 복귀 시간이 SOA의 뒤쪽으로 갈수록 향상되기 때문에 10 Gbit/s 이상의 변환 속도를 제공하기 위한 SOA의 길이로 적절하나 SOA의 이득을 감소시키기 때문에 광신호-자발 방출 맥놀이 잡음을 증가시킨다. 따라서 이득의 감소로 인한 광신호-자발 방출 맥놀이 잡음이 비교적 증가하였고, 이는 일반적으로 소광비를 감소시키고 결과적으로 BER을 저하시키는 주요한 요인으로 작용하였다. 따라서 변환 속도 및 광신호-자발 방출 맥놀이 잡음 제거의 향상을 위하여 SOA 길이의 최적화에 대한 고려가 요구된다.

IV. 결 론

SOA가 집적된 Mach-Zehnder 간섭계 방식의 파장변환기 모듈을 제작하였고, 이를 이용하여 40 nm 파장 대역폭에 대한 10 Gb/s 파장변환을 성공적으로 구현하였다. 파장변환기는 BRS형 SOA와 수동 도파로의 butt-joint 결합을 통하여 단일 기관에 집적되었다. 집적화 경우 전류 차단층 제작 시 이온 주입

기를 사용하지 않고 일반적인 식각 과정을 통하여 부침가 InP 전류 차단층 및 도파로 덮개층을 제작함으로써 p+ InP에 의한 도파로 손실 문제를 개선하였다. 반사율을 감소시키기 위하여 능동-수동 결합면 및 소자 절단면이 기울어지도록 제작하였고, 이에 따라 모듈 제작의 주요 과정인 소자-광섬유 간의 광 접속 과정에서 경사진 렌즈형 광섬유 배열을 제작하고 능동 정렬 및 레이저 welding 방법을 이용하여 파장변환기 모듈을 제작하였다. 제작된 파장변환기 모듈을 이용하여 10 Gb/s 파장변환 특성을 조사하였고, 그 결과 1535-1575 nm 대역에 대하여 1 dB 이하의 power penalty를 갖는 파장변환 특성을 측정하여 40 nm 파장 대역폭에 대한 10 Gb/s의 파장변환기 성능을 검증하였다. 특히 제작된 파장변환기 모듈이 1550-1555 nm 파장변환에서 negative penalty 특성을 나타냄에 따라 신호 재생을 지원하는 파장변환기로서 사용될 수 있음을 보였다.

참고문헌

- [1] S. J. B. Yoo, "Wavelength Conversion Technologies for WDM Network Applications," *J. Lightwave Technol.*, vol. 14, no. 6, pp. 955-966, 1996.
- [2] T. Fjelde, D. Wolfson, A. Klock, B. Dagens, A. Coquelin, I. Guillemot, F. Gaborit, F. Poingt, and M. Renaud, "Demonstration of 20Gbit/s all-optical logic XOR in integrated SOA-based interferometric wavelength converter," *Electron. Lett.*, vol. 36, no. 22, pp. 1863-1864, 2002.
- [3] L. Xu, B. C. Wang, V. Baby, I. Glesk, and P. R. Prucnal, "All-Optical Data Format Conversion Between RZ and NRZ Based on a Mach-Zehnder Interferometric Wavelength Converter," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 15, no. 2, pp. 308-310, 2003.
- [4] M. Allovon, A. Talneau, E. V. K. Rao, F. Huet, F. Alexandre, A. Ougazzaden, S. Slemptes, B. Theys, and J. Chevallier, "Low-loss hydrogenated buried waveguide coupler integrated with a four-wavelength distributive Bragg reflector laser array on InP," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 71, no. 13, pp. 1750-1752, 1997.
- [5] E. V. K. Rao, Y. Gottesman, M. Allovon, E. Vergnol, D. Sigogne, A. Talneau, H. Sik, S. Slemptes, B. Theys, and J. Chevallier, "A Significant Reduction of Propagation Losses in InGaAsP-InP Buried-Stripe Waveguides by Hydrogenation," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 10, no. 3, pp. 370-372, 1998.
- [6] T. Saitoh and T. Mukai, "1.5 μm GaInAsP Traveling-Wave Semiconductor Laser Amplifier," *IEEE J. Quantum Electron.*, vol. 23, no. 6, pp. 1010-1020, 1987.

Fabrication and characterization of XPM based wavelength converter module with monolithically integrated SOA's

Jong-Hoi Kim[†], Hyun-Soo Kim, Eun-Deok Sim, Yong-Soon Baek, Kang-Ho Kim, Oh-Kee Kwon, Yong-Sung Eom, Ho-Gyeong Yun, and Kwang-Ryong Oh
*Optical Communication Devices Department Electronics and Telecommunications Research Institute
161 Gajeon-dong, Yuseong-gu, Daejeon, 305-350, KOREA*
[†]E-mail: jonghoi@etri.re.kr

(Received April 22, 2003, Revised manuscript July 24, 2003)

Mach-Zehnder interferometric wavelength converters with monolithically integrated semiconductor optical amplifiers (SOA's) have been fabricated and characteristics of wavelength conversion at 10 Gb/s have been investigated for wavelength span of 40 nm. The devices have been achieved by using a butt-joint combination of buried ridge structure type SOA's and passive waveguides. In the integration, a new method has been applied that removes p+ InP cladding layer leading to high propagation loss and forms simultaneously the current blocking and the cladding layer using undoped InP. The module packaging has been achieved by using a titled fiber array for effective coupling into the tilted waveguide in the wavelength converter. Using the module, wavelength conversion with power penalty lower than 1 dB at 10 Gb/s has been demonstrated for wavelength span of 40 nm. In addition, it is show that the module can provide 2R (re-amplification, re-shaping) operation by demonstrating the conversion with the negative penalty.

OCIS Codes : 130.3120, 230.1150, 060.5060.