

10 Gb/s 급 광통신용 1.55 μm SI-PBH DFB-LD의 제작 및 특성연구*

김형문 · 김정수 · 오대곤 · 주홍로 · 박성수 · 송민규 · 박봉신* · 김홍만 · 편광의

한국전자통신연구원 반도체연구단 화합물반도체연구부

*한국전자통신연구원 통신시스템연구단 광통신연구실

(1997년 4월 2일 받음)

2단계 메사 식각 공정과 유기 금속 화학 증착방법으로 높은 비저항을 갖는 Fe-도핑된 반절연 InP층의 전류 차단층을 갖는 10 Gb/s 광통신용 초고속 1.55 μm 궤환형 반도체 레이저 다이오드를 제작하였다. 제작된 DFB-LD의 특성은 발진 임계 전류 ~ 15 mA, slope efficiency ~ 0.13 mW/mA, 동 저항 ~ 6.0 Ω 이었고, 발진 파장은 1.546 μm 이며, 6 lth까지의 전류에도 인접 모드 억압비, SMSR > 40dB 이상 (CW 상태)으로써 안정된 단일 모드 동작을 보였다. DFB-LD의 소신호 주파수 특성으로 27 mA의 작은 구동전류에서 이미 -3dB 대역폭이 10 GHz에 도달하였음을 보여주었고, 또한 최대 -3 dB 대역폭으로 구동 전류 90 mA에서 ~ 18 GHz까지 얻는 우수한 소신호 주파수 특성을 보여주었다. 10 Gb/s DFB-LD 모듈 전송시험에 있어서, 1.55 μm 파장의 레이저 다이오드 모듈로 일반 단일모우드 광섬유와 분산천이 광섬유에 대해서 전송시험한 결과 에러 평탄면 (error floor) 없이 각각 10 km, 80 km를 전송할 수 있었다.

I. 서 론

오늘날 정보의 시대에 살고있는 우리는 정보의 전달매체로 서신 또는 통신에 의한 방법으로 다양한 정보를 접할 수 있다. 최근들어, 광통신의 장거리, 고속화 및 대용량화의 추세에 따라 이미 2.5 Gb/s 급 광통신 시스템이 상용화 되었고, 10 Gb/s 급 광통신 시스템의 상용화도 멀지 않았다. InGaAsP/InP계 반도체 레이저 다이오드(laser diode, LD)가 장파장 광통신용 광원으로 많이 이용되며 특히 고속화 및 장거리화에 따라 최저손실 파장인 1.55 μm 파장의 단일 모드 반도체 레이저 또는 기존 광섬유의 분산이 "0" 인 1.3 μm 용 광원으로 1.3 μm 반도체 레이저가 요구되고 있다.^[1] 10 Gbps 급 이상의 대용량 광통신 시스템은 고속변조에도 단일 종 모드(longitudinal mode) 동작을 유지할 수 있을 뿐만 아니라 고속변조시 발진선폭이 좁은 새로운 광원을 요구하게 되었다. 이러한 대용량, 장거리 광통신용 광원의 요구 조건을 만족하는 반도체 레이저로 회절격자 광궤환형 레이저 다이오드(distributed feedback laser diode, DFB-LD)를 사용한다. 또한 2.5 Gb/s 급 광통신 시스템의 광원에서는 주로 전류차단층으로 액상결정성 장법(liquid phase epitaxy, LPE)에 의한 p-n-p-n층을 사용하기도 한다.^[2] 반면에 본 연구에서는 10 Gbps 급의 1.55 μm DFB-LD에서 초고속 동작이 가능하도록 two-step 메사 식각 공정과 소자의 기생용량(parasitics)을 최소화하기 위한 방법으로 유기 금속화학 증착법(metalorganic vapor phase epitaxy, MOVPE)을 이용하여 Fe-도핑된 반절연 평면 매립형(semi-insulating planar buried heterostructure, SI-PBH) InP 층을 전류차단층으

로 사용한 초고속 반도체 레이저 다이오드를 제작하였다.

레이저 다이오드의 동 특성(dynamic characteristics)을 향상시키기 위해서, 속도식(rate equation)을 이용한 분석에 의하면, 높은 미분이득과 적은 이득억제 인자가 요구된다. 양자우물 구조는 이러한 요구사항을 만족시킬 수 있는 활성층 구조이다. 운반자의 양자구속은 상태밀도의 감소를 유발하고 결과적으로 높은 미분이득치를 얻게된다. 또한 높은 공진 주파수 특성을 얻기 위해서는 짧은 광자 수명시간, 즉 짧은 공진(cavity) 길이가 요구되지만, 그러나 너무 짧게되면 임계 전류 밀도가 증가하기도 하므로, 적당한 공진 길이가 요구되며, 낮은 반사율을 갖는 무 반사면 코팅(Anti-reflective facet coating)을 도입함으로써 특성을 향상시킬 수 있다. 미분 이득(differential gain)을 향상시키기 위한 방법으로는 활성층으로 bulk 대신 양자 우물(quantum well) 또는 양자선(quantum wire) 구조를 사용하는 방법^[3], 다중양자 우물층에 우력을 도입하는 방법^[4], 그리고 다중 양자 우물에서 장벽층 또는 separate confinement heterostructure(SCH) 층을 p 형으로 도핑시키는 방법^[5] 등이 있다. 또한 주입 전하밀도가 증가할수록 이득분포는 단 파장쪽으로 움직이므로, 미분이득은 이득피크보다 단 파장영역에서 커지게 되어, 이득 피크 파장보다 단 파장에 Bragg 파장을 고정시키면 ("negative detuning" 이라고도 함) 미분 이득의 증가로 인하여 높은 공진주파수 특성을 얻을 수 있게된다.^[6]

II. SI-PBH DFB-LD 제작 공정

단일 종 모우드로 동작하는 LD를 제작하기 위해서는 InP 기판위에 회절격자(diffraction grating)를 형성하여야 한다. 이의 제작방법으로는 E-beam direct writing과 Interference exposure 방법중 전자는 복잡한 형상의 패턴제작도 가능하나 제

*본 연구는 정보통신부, 과학기술처가 주관하고 총괄사업 책임 기관인 KT의 관리하에 수행한 B-ISDN 공동연구 개발사업의 일환으로 수행되었습니다.

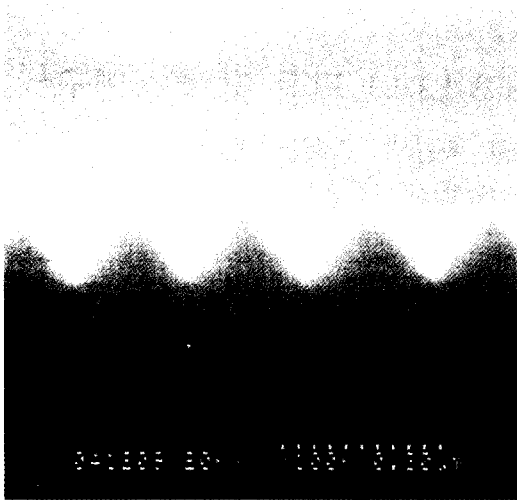


그림 1. 간섭노광법과 습식식각용액으로 형성된 1차 회절격자의 단면상.

작효율이 좋지않고, 후자가 단일 모우드 레이저 다이오드의 제작에 많이 사용되어 본 연구에서는 He-Cd laser(TEM₀₀ mode, 파장 ~325 nm)를 이용한 간섭노광법을 사용하였다. 회절격자 주기는 물질내에서의 동작파장과 제작하려는 Bragg 회절의 차수에 의해 결정되며, 아래와 같이 주어진다.^[7]

$$\Lambda = m \lambda / 2n_{eff} \quad (1)$$

여기서, m : 격자 차수

λ : 자유공간 파장

n_{eff} : 물질내에서의 유효굴절률

본 실험의 경우 기본 1차 회절격자의 주기는 ~238 nm 였다.

먼저 n-InP 기판위에 <1-10> 방향으로 He-Cd 레이저를 이용한 간섭노광법(즉, He-Ce 레이저로부터 나온 빔을 두 빔으로 분리한 후 기판상에서 다시 합쳐질 때 생기는 간섭무늬를 이용하는 방법)과 습식 식각용액(HBr : HNO₃ : H₂O = 1 : 1 : 20)을 사용하여 1차 회절격자를 형성하였다. 이와 같이 제작된 1차 회절격자의 단면은 그림 1과 같으며, 제작된 회절격자의 모양은 거의 삼각형에 가까움을 알 수 있어서 회절격자가 잘 형성되었음을 알 수 있다. 형성된 1차 회절격자위에 유기 금속 증착법을 이용하여 InGaAs/InGaAsP 압축응력 다중 양자 우물(compressively strained multiple quantum well, CS-MQW) 구조의 1차 활성층 에피 성장을 하였다. 그림 2에서 보는 바와 같이 다중 양자 우물구조는 well 층으로 ~1.2% 압축응력된 30Å 두께의 InGaAs를 사용하였고 barrier 층으로는 InP에 정합된(lattice-matched) 100Å 두께의 InGaAsP(~1.24 m)를 사용하였으며, 전체 주기는 10주기로 하였다. 활성층의 두께 및 조성비는 Photoluminescence (PL)와 Double Crystal X-ray Diffraction (DXRD) 측정 방법을 이용하여 확인하였으며, 설계치와 거의 일치하였다.^[8] 그림 3은 1차 회절격자위에 성장된 1차 에피구조의 SEM 단면상을 보여 주며, 격자위에 성장된 다중 양자 우물구조 층이 undulation 또는 deformation 없이 잘 성장되었음을 알 수 있다.^[9]

1차 에피 성장된 시료는 2차 반절연 InP층 성장 및 3차 p-

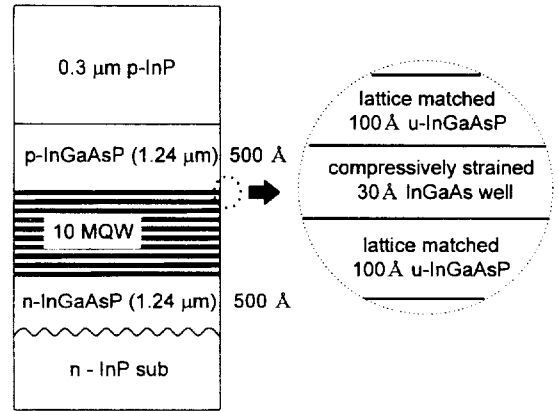


그림 2. DFB-LD 제작을 위한 InGaAs/InGaAsP 압축응력 다중 양자우물을 갖는 1차 에피구조.

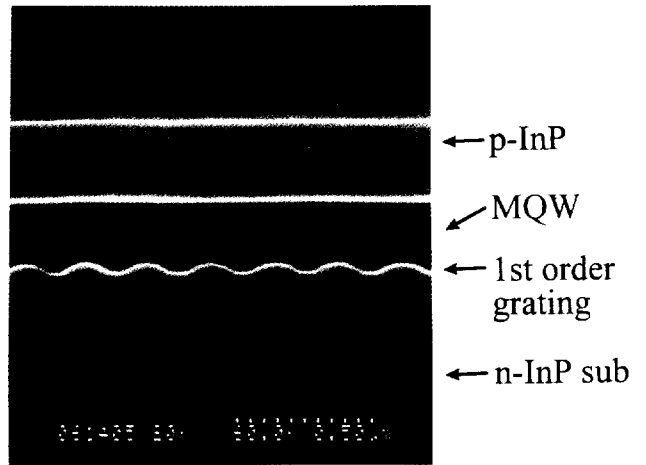


그림 3. 1차 회절격자 위에 성장된 1차 활성층 에피구조의 SEM 단면상.

InP 클래딩층 성장을 위해서 사진 전사 공정(photo-lithography)을 수행하였다. Plasma enhanced chemical vapor deposition(PECVD) 방법에 의해 증착된 질소화 실리콘(silicon nitride, SiN_x) 박막에 스트립을 형성하기 위한 전사 공정에 사용되는 감광재(Photo Resist, PR)로서 AZ5214E를 사용하였으며, spin coater를 이용하여 PR을 도포한 후 전사 공정을 수행하고 buffered oxide etchant(BOE) 용액으로 SiN_x를 제거한 후, PR remover(ACT-1 stripper)를 이용하여 PR을 제거하였다. PR을 제거한 후 유기물 세척(TCE, Acetone, Methanol)을 이용하여 시료의 표면을 세척하였다.

전사 공정과 BOE 식각에 의해 형성된 strip 시료에 대해 2단계 식각 공정방법 (RIE dry etching+HBr system wet etching)을 도입하였다.^[10] 먼저 reactive ion etching(RIE) 건식식각 방법으로 식각한 후, HBr 계 습식식각용액을 이용하여 원하는 활성층 메사모양을 만들었다. 활성층 메사모양을 만든 후 전류차단(current blocking) 및 기생용량을 최소화하기 위하여 ridge 형태를 만든 후 Fe-도핑된 반절연 InP 층을 재성장하였으며, Fe-doped 반절연층의 비저항은 최고 2.2×10¹⁰ Ωcm의 높은 수치를 얻었다.^[11] 그림 4에서 보듯이 평탄화가 잘 되었

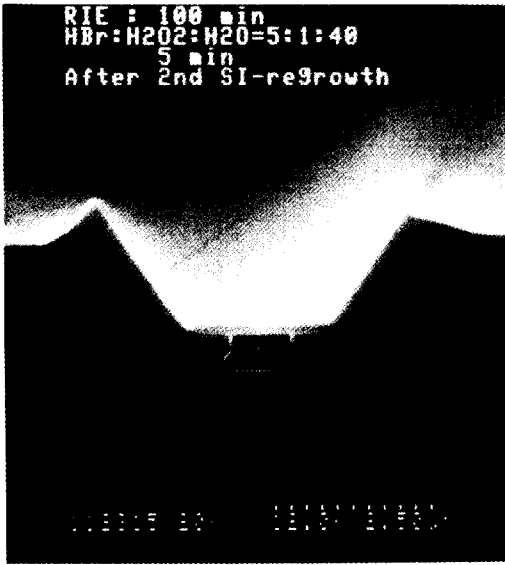


그림 4. 전류차단 및 기생용량을 최소화하기 위한 높은 비저항을 갖는 Fe-doped 반질연 InP 층이 재성장된 SEM 단면상.

음을 알 수 있으며, 그 위에 p-InP 클래딩 층을 성장하였다. p-metal 또는 n-metal 증착을 위해서 전자빔 증착기(E-beam evaporator)를 이용하였으며, p-ohmic metal로는 Ti/Pt/Au를, n-ohmic metal로는 Cr/Au를 증착하였다. P-metal로 증착된 층은 lift-off 방법을 이용하여 전극 패턴을 형성하였으며, n-ohmic metal은 증착 전에 시료를 절단하기에 용이하도록 뒷면을 polishing 한 후, 시료 뒷면 전체를 증착하였다. Ohmic 특성의 향상을 위하여 ohmic metal의 증착 후 RTA (Rapid Thermal Annealing)를 이용하여 forming gas(H₂, N₂ 혼합) 분위기 하에서 열처리하였다. 제작완료된 레이저 다이오드는 scribe 로 chip-bar를 절단한 후 광 스펙트럼 분석기(ANDO AQ6310B)를 이용하여, I-V, I-L 및 스펙트럼 특성을 측정하였다. 파장 및 정 특성을 측정한 chip-bar를 개개의 칩으로 절단한 후 칩을 소형 칩 submount에 올려놓고 소신호 주파수 응답(frequency response)을 측정하였고, 1.55 μm 파장의 레이저 다이오드 모듈로 일반 단일모우드 광섬유 및 분산 천이 광섬유에 대해서 전송시험하였다.

III. 1.55 μm SI-PBH DFB-LD 특성측정 결과

그림 5는 제작된 1.55 μm SI-PBH DFB-LD의 일반적인 정적(static) 동작특성의 측정결과를 보여주고 있다. 그림 5(a)는 전류-전압(I-V), 전류-광출력(I-L), 외부 양자효율(external quantum efficiency 또는 slope efficiency, SE) 그리고 동저항(dynamic resistance, Rd)을 보여준다. 먼저 I-V 특성 곡선으로부터 측정된 R_d는 ~6.0 Ω으로써 낮은 값을 얻었으며, -0.5 V에서 측정된 역방향 누설전류는 약 100 μA로 측정되었다. I-L 특성으로부터 발진 임계전류(threshold current, I_{th})는 ~15 mA의 작은 값을 갖고 있으며, 외부 양자효율은 as-cleaved 상태에서 ~0.13 mW/mA 이었다. 또한 그림에서 보듯이 주입 전류의 증가에 따라 양자효율값의 변화가 거의 없음을 알 수 있

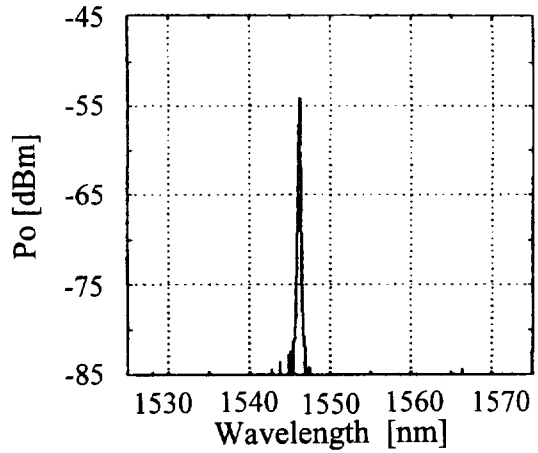
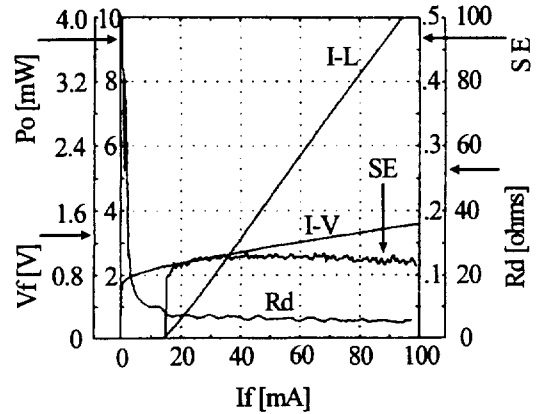


그림 5. 제작 완료된 1.55 μm SI-PBH DFB-LD의 일반적인 정적 동작특성 : (a) 전류-전압, 전류-광 출력 및 외부 양자효율, (b) 광 스펙트럼.

으며, 이는 광 누설이 거의 없음을 알 수 있다. 그림 5(b)는 광 스펙트럼의 측정결과(10%의 pulse 주기상태에서 측정)를 보여 주고 있으며 중심파장은 ~1.546 μm이며 인접 모드 억압비(side mode suppression ratio, SMSR)는 30 dB 이상인 단일 종모우드로 동작하고 있음을 알 수 있다. 그림 6은 CW 상태에서 주입 전류의 변화에 따른 SMSR 및 파장의 변화를 보여주고 있고, 임계전류에서도 SMSR>30 dB 이상을 보였으며 6 I_m까지의 전류에도 SMSR>40 dB 이상으로써 주 모우드와 측 모우드 사이의 충분한 이득 차이를 보이며 이는 본 연구에서 제작된 SI-PBH DFB-LD가 고속 광통신용 광원으로 사용될 경우 안정된 단일 모우드 동작이 가능함을 보여주고 있다.

DFB-LD에 내장된 회절격자에 의한 공기기 내부를 진행하는(순, 역방향) 광파에 있어서의 결합효율의 정도를 나타내는 척도인 결합계수(κ)는 임계전류이하(subthreshold current)에서의 광출력 스펙트럼으로부터 계산해 낼 수 있다.^[12,13] 그림 7은 임계 전류이하의 전류인 0.9I_m에서의 광출력 스펙트럼으로서, DFB 모우드의 +1차와 -1차에 의한 금지대역(stopband, D_{1SB})과 Fabry-Perot 모우드 간격(Δλ_{FP})을 보여주고 있으며, 아래와 같은 관계식으로부터 결합 계수를 구할 수 있다.^[13]

$$\begin{aligned} \kappa L &= y - \pi^2/4y \\ y &= (\pi/2)(\Delta\lambda_{SB}/\Delta\lambda_{FP}) \end{aligned} \quad (2)$$

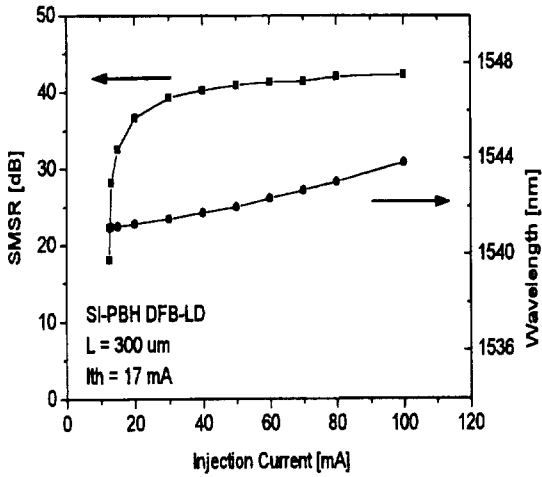


그림 6. 주입 전류의 변화에 따른 인접 모드 억압률 및 파장의 변화 (CW 상태).

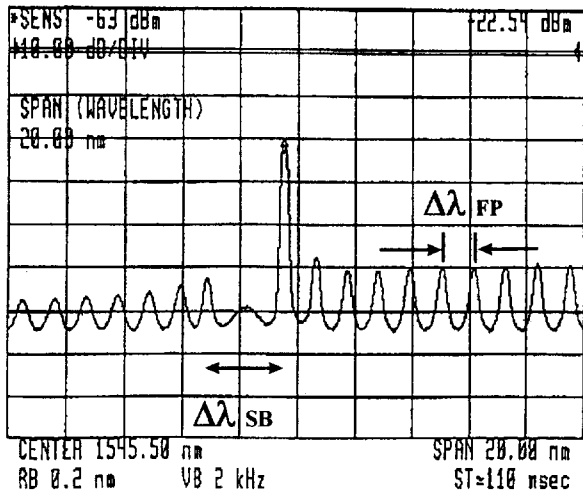


그림 7. 임계 전류이하의 전류인 0.9I_{th}에서의 광출력 스펙트럼으로서, DFB 모우드의 +1차와 -1차에 의한 금지대역 (DISB)과 Fabry-Perot 모우드 간격 (DIFP)을 보여주고 있다.

그림으로 부터 +1차와 -1차 DFB 모우드 사이의 금지대역, $\Delta\lambda_{SB}$ 은 2.74 nm이고, Fabry-Perot 모우드 간격, $\Delta\lambda_{FP}$ 은 1.15 nm이며, 공진기 길이가 300 μm 인 경우 $\kappa L \sim 3.08$ 이었으며 κ 값을 계산한 결과 103 cm^{-1} 의 높은 값을 얻었다. 이와같이 높은 값은 회절격자위에 1차 활성층 성장시 회절격자의 변형이 작게 일어나기 때문으로 생각된다. 이때 DFB-LD에 대한 적절한 κL 값은 LD의 공진기 길이를 조정하거나 1차 에피성장시 회절격자의 변형을 달리할 수 있다.

제작된 DFB-LD의 동작 동특성을 측정하기 위하여 Lightwave Component Analyzer (HP8703A)를 사용하였다. 전체적인 측정 시스템은 Lightwave component analyzer, submount 에 올려진 DFB-LD 칩, ultra precision xyz positioner 와 레이저 빛의 정렬에 사용되는 광결합에 필요한 lens block, 그리고 레이저 구동을 위한 CW current driver 로 되어 있다. 그리고 고주파 전류에 의한 레이저 동작 발전시 발생하는 온

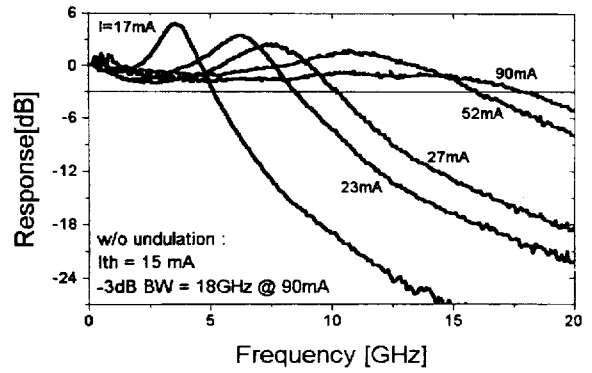


그림 8. 1.55 μm SI-PBH DFB-LD의 소신호 주파수 특성.

도 변화를 조절하기 위하여 LD 칩 submount는 Thermo-Electric Cooler (TEC)에 올려져 항상 일정한 온도를 유지하도록 하며, 본 측정에 사용한 온도는 21°C로 일정하게 하였다. 그림 8은 1.55 μm SI-PBH DFB-LD의 소신호 주파수 특성을 보여주고 있다. 임계 전류, I_{th} 가 15 mA인 DFB-LD에 대해서 구동전류를 1.1 I_{th} 인 17 mA 인가했을 때 -3 dB 대역폭은 ~5.2 GHz이었으며, 구동전류를 더욱 증가시켜 27 mA ($=1.8 I_{th}$) 일 때 이미 -3 dB 대역폭이 10 GHz에 도달하였음을 보여주고 있다. 이는 본 레이저 다이오드에서 채택한 효과적인 Fe-도핑된 반절연 InP 전류차단층과 결합된 PBH 구조가 소자의 기생용량을 줄이는데 매우 효과적이었음을 알 수 있다. 구동 전류를 더욱 증가시켜 90 mA에서는 최대 -3 dB 대역폭으로 ~18 GHz까지 얻을 수 있었다.

IV. 10Gb/s DFB-LD 모듈 전송시험 결과

1.55 μm 파장의 레이저 다이오드 모듈로 10 km 일반 단일 모우드 광섬유(single mode fiber, SMF)와 80 km 분산천이 광섬유(dispersion shifted fiber, DSF)에 대해서 전송시험하였다. 먼저 임계전류 13.5 mA인 레이저 다이오드 모듈을 사용하여 prebias 25.6 mA를 가하고, 2²³-1의 데이터를 10 Gb/s (9.95328 Gb/s)로 10 km 단일모우드 광섬유를 통과하여 전송시험하였다. 그림 9는 모듈의 eye diagram을 보여주며, 이로 부터 소광비는 11.4 dB이었다. 10 km 단일모우드 광섬유를 통과한 후의 eye diagram은 그림 10과 같다. 전송 전의 eye diagram과 전송 후의 eye diagram은 그 모양이 차이가 큰데, 이는 색분산에 의해 발생한 것이다. 그림 11은 80 km 분산천이 광섬유에 대해서 80 km 전송후의 eye diagram을 보여주고 있으며, 색 분산이 거의 없으므로 전송 전의 eye diagram과 전체적으로 모양의 차이는 거의 없고, 손실에 의해 광출력이 매우 약해져 있는 상태이다. 단일모우드 광섬유 및 분산천이 광섬유 전송시험에 대한 BER(Bit Error Rate) 곡선을 그림 12에서 보여주고 있다. 10 km 단일모우드 광섬유에서는 10⁻¹² BER에서 수신감도(receiver sensitivity)는 -23 dBm으로 광섬유를 통과하지 않은 back-to-back에서 수신감도 -27 dBm 보다 4 dB 정도의 dispersion penalty를 갖고 있음을 알 수 있다. 또한 80 km 분산천이 광섬유에서는 back-to-back 보다 오히려 더 좋은

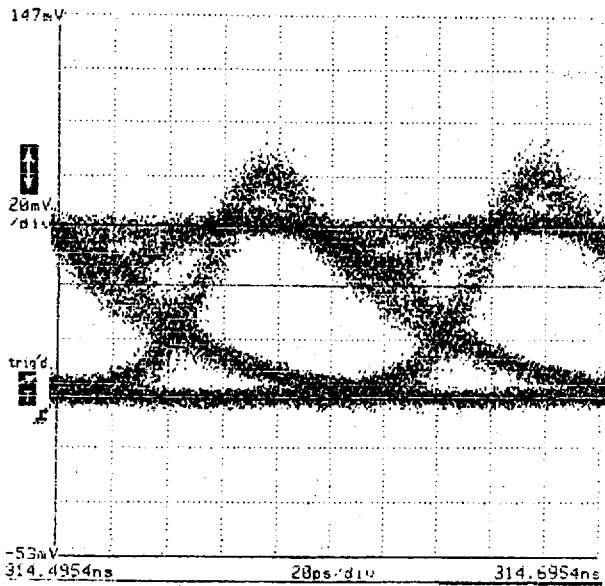


그림 9. 1.55 μm 파장 레이저 다이오드 모듈의 eye diagram (back-to-back).

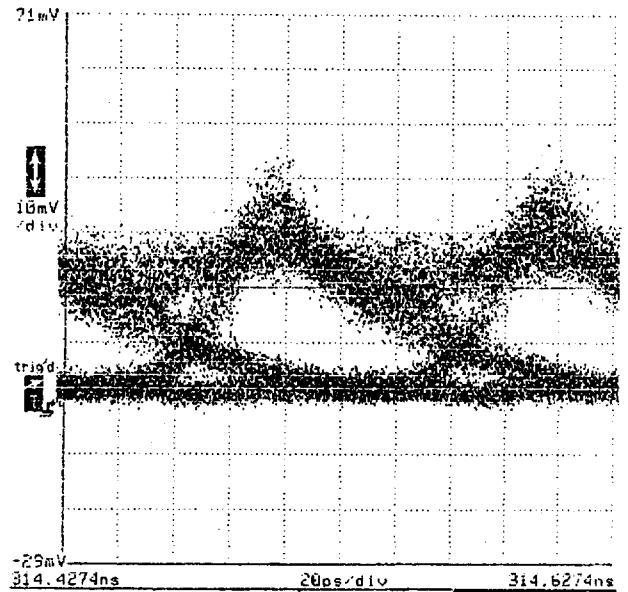


그림 11. 80 km 분산천이 광섬유(DSF)에 대해서 80 km 전송후의 eye diagram

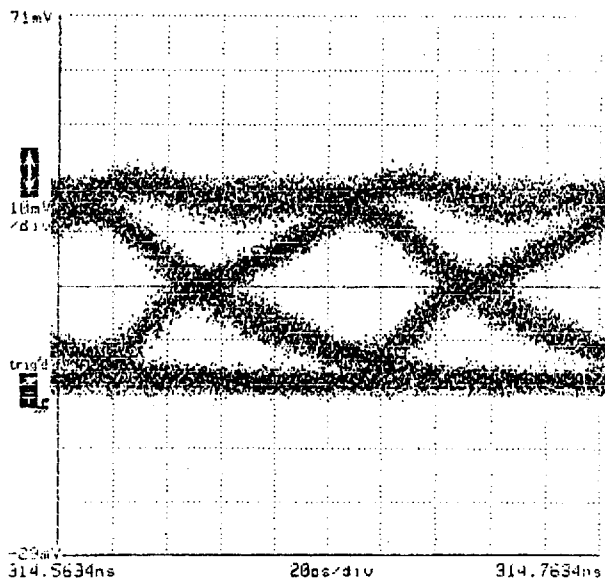


그림 10. 10 km 단일모우드 광섬유(SMF)를 통과한 후의 eye diagram.

결과를 보이고 있는 데, 이는 사용된 분산천이 광섬유의 색 분산이 "0"이 되는 파장이 사용된 레이저 다이오드 모듈의 파장보다 긴 쪽에 있으므로 실제 사용된 파장에서는 (-) 분산이 작용하였기 때문이다. 따라서 1.55 μm 파장의 레이저 다이오드 모듈은 일반 단일모우드 광섬유와 분산천이 광섬유에 대해서 각각 10 km, 80 km를 전송할 수 있었다.

V. 결 론

본 연구에서는 2단계 메사 식각 공정과 MOVPE로 성장된 전류 차단층으로 높은 비저항을 갖는 Fe-도핑된 반절연 InP 층을 이용하여 10 Gb/s 광통신용 초고속 1.55 μm SI-PBH

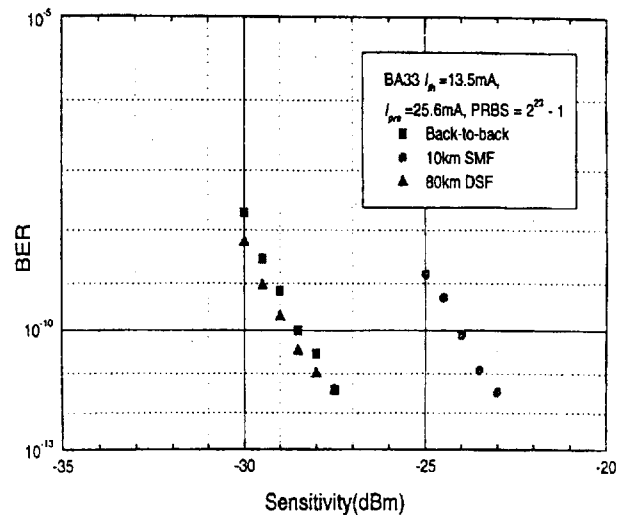


그림 12. 10 km 단일모우드 광섬유 및 80 km 분산천이 광섬유 전송시험에 대한 BER (Bit Error Rate) 곡선

DFB-LD 를 제작하였다. 제작된 레이저 다이오드는 발진 임계전류 ~15 mA, slope efficiency ~0.13 mW/mA, 동 저항 ~6.0 Ω의 특성을 나타냈다. 6 I_b까지의 전류에도 SMSR>40 dB 이상 (CW 상태)으로써 안정된 단일 모우드 동작이 가능함을 알 수 있었다. 금지대역폭 측정에 의한 회절격자 결합계수(κ)는 103 cm⁻¹의 높은 값을 얻었다. DFB-LD의 소신호 주파수 특성으로 1.1 I_b의 매우 작은 구동전류에서 -3 dB 대역폭은 ~5.2 GHz이었으며, 구동전류를 더욱 증가시켜 27 mA (=1.8 I_b) 일 때 이미 -3 dB 대역폭이 10 GHz에 도달하였음을 보여주었고, 또한 최대 -3 dB 대역폭으로 구동 전류 90 mA에서 ~18 GHz 까지 얻을 수 있었다. 이는 본 레이저 다이오드에서 채택한 효과적인 Fe-도핑된 반절연 InP 전류차단층과 결합된 PBH 구조가 소자의 기생용량을 줄이는데 매우 효과적이

있음을 알 수 있었다. 활성층 및 소자 구조의 최적화를 통하여 넓은 대역폭의 변조특성을 얻을 수 있었고, 전류 차단용 반절연 InP 층의 성장 기술은 다른 고속 광소자에도 널리 활용될 수 있을 것이다. 10 Gb/s DFB-LD 모듈 전송시험에 있어서, 1.55 μm 파장의 레이저 다이오드 모듈로 일반 단일모우드 광섬유와 분산천이 광섬유에 대해서 전송시험한 결과 error floor 없이 각각 10 km, 80 km를 전송할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] H.P. Mayer, B. Fernier and R. Simes, in Proceeding of ECOC '95, Brussels, Belgium, paper WeA3.1, 529-536 (1995).
- [2] 장동훈, 이중기, 이승원, 박경현, 김정수, 김홍만, 황인덕, 박형무, 조호성, 홍창희, 한국광학회지 5, 120-124 (1994).
- [3] Y. Arakawa and A. Yariv, IEEE J. Quantum Electron. 22, 1887-1899 (1986).
- [4] I. Suemune, IEEE J. Quantum Electron. 27, 1149-1159 (1991).
- [5] K.Uomi, T. Mishima and N. Chinone, Jpn. J. Appl. Phys. 29, 88-94 (1990).
- [6] H.Nishimoto, M. Yamaguchi, I. Mito and K. Kobayashi, IEEE J. Lightwave Technol. 5, 1399-1402 (1987).
- [7] D.Marcuse, Light Transmission Optics (Van Nostrand Reinhold, New York, 1982) Chap. 2
- [8] 김형문, 김정수, 주홍로, 김홍만, 편광의, 한국물리학회 13, 논문 Kb-22, 520 (1995).
- [9] Hyung M. Kim, Jeong S. Kim, Chong D. Park, Dae K. Oh, Hye R. Kim, Heung R. Choo, Hong M.Kim, Seong S. Park and Kwang E. Pyun, in Proceeding of LEOS '96, Boston, USA, paper ThU5, 421-422 (1996).
- [10] 김형문, 박종대, 김정수, 오대곤, 김혜림, 주홍로, 김홍만, 편광의, 제3회 광전자공학 학술회의, 논문 A1-2, 26-28 (1996).
- [11] 주홍로, 김형문, 김정수, 오대곤, 박종대, 김홍만, 편광의, 제12회 광학 및 양자전자학 워크샵, 11-17 (1995).
- [12] L.D. Westbrook, I.D. Henning, A.W. Nelson and P.J. Fiddymment, IEEE J. Quantum Electron., QE-21, 512-518 (1985).
- [13] L.J.P. Ketelsen, I. Hoshino and D.A. Ackerman, IEEE J. Quantum Electron., QE-27, 965-975 (1991).

Fabrication and characterization of 1.55 μm SI-PBH DFB-LD for 10 Gbps optical fiber communications

Hyung M. Kim, Jeong S. Kim, Dae K. Oh, Heung R. Choo, Seung S. Park, Min K. Song,
Bong S. Kwack*, Hong M. Kim and Kwang E. Pyun
Compound Semiconductor Department, Semiconductor Division
*Optical Communication Section
Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI)
Yusong P.O. Box 106, Taejon 305-600, Korea

(Received : April 2, 1997)

We fabricated the high speed 1.55 μm distributed feedback laser diodes (DFB-LD) using both two-step mesa etching process and semi-insulating InP current blocking layers. The devices characteristics were threshold current of ~ 15 mA, slope efficiency of ~ 0.13 mW/mA, and dynamic resistance of $\sim 6.0 \Omega$, with as-cleaved facets. The fabricated DFB-LD showed the single longitudinal mode with more than 40 dB up to 6 I_{th} (CW condition), emitting at the wavelength of 1.546 μm . The -3 dB bandwidth was >10 GHz at the driving current of 27 mA, and the maximum -3 dB bandwidth was ~ 18 GHz at 90 mA current, showing the superior frequency response of SI-PBH DFB-LD. In the 10 Gb/s transmission experiment for 1.55 μm DFB-LD module, maximum 10 km of single mode fiber (SMF) or 80 km of dispersion shifted fiber (DSF) could be transmitted with error free.