

광통신용 광원의 미래 개발 방향

심 종 인

한양대학교 공학대학 전자공학과

I. 서 론

광통신 및 광전소자 기술은 정보 통신량의 급격한 수요에 대응하기 위한 가장 핵심적인 기술로서 자리를 잡아가고 있다. 정보통신량의 미래 수요에 대응하기 위해서 1997년 일본의 OITDA (Optoelectronic Industry and Technology Development Association)에서는 “Optoelectronics Technology Roadmap” 작성 위원회를 구성하였으며, 그림1과 같이 통신망 응용별로 필요한 광전소자를 발표하였다^[1]. 이를 토대로 살펴보면 2,015년 경에는 각가정에서도 200\$ 이하의 설치비용으로 100Mb/s 이상의 광전송속도로 영상, 음성, data들이 사용가능 할 것으로 예측하고 있다. 이 경우 Trunk Network 에서는 수Tb/s 정도의 광전송 기술이 요구되고 있다.

미래의 광통신망에서 사용거리가 수백m 정도이고 data 전송량이 150Mb/s 정도인 경우에는, plastic fiber와 830nm에서 발진하는 LED(Light Emitting Diode)나 LD(Laser Diode)의 조합이 유력시 되고 있다. 또한 전송거리가 수km 정도이고 전송용량이 수백Mb/s(수Gb/s 정도의 Regional Network)에서는 다모드 혹은 단일모드 Silica fiber가 전송로로 사용되기 때문에, 이 경우 1.3 μ m 혹은 1.55 μ m 파장대에서 동작하는 Planar Lightwave Circuit(PLC)나 Si-Optical Bench를 사용한 저가격이고 대량생산이 가능한 Optical network unit(ONU) 개발이 중요시 되고 있다.

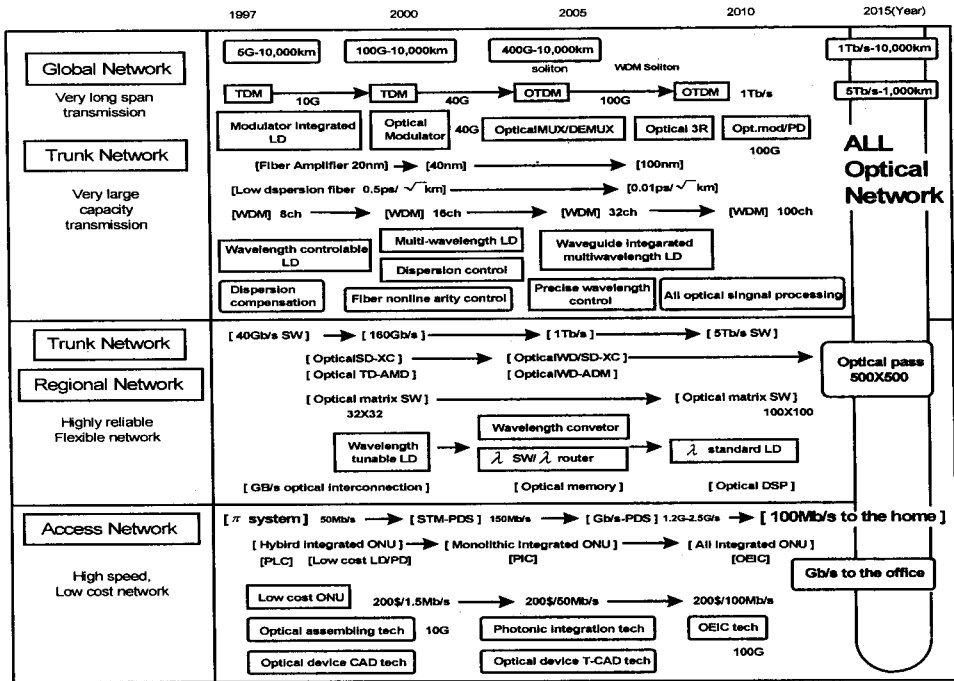
광전송 거리가 수십km 이상이고, 전송용량이 수 십Gb/s~수Tb/s 정도의 장거리 Trunk Network

에서는 기존의 normal fiber망이나 분산천이 단일 모드 광섬유를 사용한 OTDM(Optical Time Division Multiplexing) 혹은 WDM (Wavelength Division Multiplexing) 다중화 방식이 이용되리라 예상된다. OTDM 방식에서는 광의 직접변조시 chirping 양이 적은 외부변조기와 LD의 hybride 혹은 집적화 소자나 초단펄스 반도체 레이저가 광원으로 사용될 것이다. 이 경우 저전력이며 고속으로 동작하는 광원 및 Optical MUX/DEMUX의 개발이 핵심기술이 될 것이다. WDM 다중화 방식은 기존의 network를 개선하여 성능을 향상시킬 수 있기 때문에 미국, 유럽, 한국등에서도 매우 열심히 연구하고 있으며, OTDM 방식 보다 더욱 조기에 실용화될 가능성이 높다. 이 경우 파장 간격이 약1nm 정도의 수십channel을 사용하기 때문에 매우 엄밀히 조절할 수 있는 다파장 광원이 필요하다. 또한 다파장 신호를 다중화/역다중화할 수 있는 MUX/DEMUX, 좁은 밴드폭을 갖는 Optical Filter, 신호의 ADD/DROP 기능을 할 수 있는 Wavelength Converter 등의 개발이 필수적이다.

광신호의 장거리 전송을 위해서는 EDFA(Erbium doped fiber amplifier)의 사용이 필수적이다. 종래의 3R 중계기를 이용한 광전송 방식과 비교하여 볼 때, EDFA는 광전송 신호의 bit-rate에 상관하지 않고 광송신/수신 단말기의 교환만으로 쉽게 광전송이 가능하다는 장점이 있다. 이와 같은 광섬유 증폭기의 제작에서 가장 핵심이 되는 기술은 펄스용 광원으로 사용되는 출력이 고출력이며 높은 안정성을 갖는 반도체 레이저의 개발이다.

반도체 레이저와 광섬유를 이용한 analog microwave/photonic 통신 방식은 CATV나 PCS

Public Communications Network Roadmap



(그림 1) 광통신 공중통신망 발전 예상도

(Personal Communication System)에서 그 응용 범위가 급격히 증가하고 있다. Analog방식에 이용되는 반도체 레이저는 전송거리 및 정보용량에 따라, 발진파장이 $1.3\mu\text{m}$ 인 FP-LD 혹은 DFB-LD 등이 선별 사용될 것으로 예상된다.

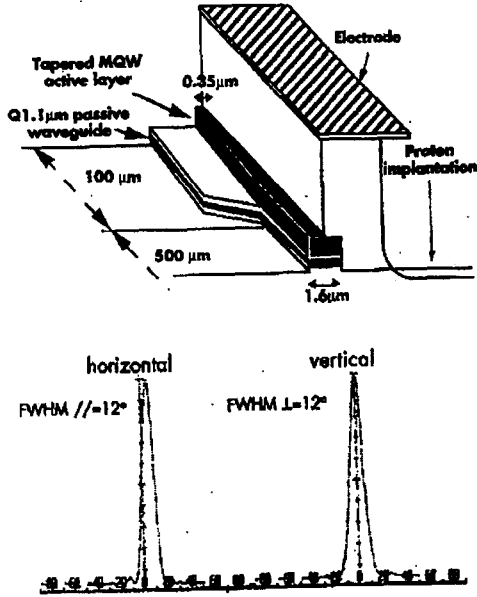
본 기술해설에서는 상기의 다양한 미래의 광통신망에 사용될 여러 핵심적인 광원중, 광가입자용 광원, 다파장 반도체 레이저, 파장가변 반도체 레이저, 광섬유 증폭기용 펌핑용 레이저, PLCs, Analog광통신용 레이저등에 대해서 살펴보기로 한다.

II. Low Cost/Optical Interconnection 용 반도체 레이저

Optical access network에서는 다가 오는 대량의·정보화 시대에 있어서 가장 기본이 되는

infrastructure network이다. 동화상을 포함한 다양한 정보량을 즐기기 위해서는 수십Mb/s~수백 Mb/s정도의 data가 자유롭게 전송되어야 한다. Optical network unit(ONU)에는 광섬유의 분산이 zero가 되는 $1.3\mu\text{m}$ FP-LD 와 InGaAs/InP PIN-PD가 주로 사용된다. ONU의 범용사용을 위해서는 무엇보다도 module unit당 \$100~\$200 정도로 가격이 저렴하여야 하며, 대량으로 제작 가능하여야 한다. 그러나 기존의 lens계를 이용한 반도체 레이저와 광섬유와의 능동결합방식은 광축조절에 많은 시간이 소요되어 생산단가가 높아지는 문제점이 있다. 이를 해결하기 위해서 광축조절이 필요 없는 수동광정렬 방식이 요구된다.

$1.3\mu\text{m}$ SSC(Spot-Size Converter)-LD는 기존의 반도체 레이저의 $30^\circ\sim 40^\circ$ 정도인 FFP (Far-Field Pattern) 값을 약 10° 정도로 대폭으로 줄일 수 있는 광도파로 구조를 집적한 구조로 되어 있다. 그림 2에 Alcatel 회사에서 발표한 SSC-LD의 구조를 나타내었다^[2]. SSC-LD는 광섬



(그림 2) 1.3μm SSC-LD 구조와 Far-Field Pattern

유 혹은 PLC(Planar Lightwave Circuit)등과의 결합효율을 낮출 수 있을 뿐만 아니라, 정렬오차 허용도를 개선할 수 있어 상기의 문제점을 해결할 수 있는 핵심소자로 생각되어 지고 있다. SSC-LD의 제작의 기본생각은 결정성장면에 평행한 방향과 수직인 방향으로 동시에 LD출력 단면의 NFP(Near-Field Pattern)을 넓혀서 방사 후의 광분포를 좁게 하는 것이다. 이를 위해서 결정성장면의 수직인 방향으로의 광분포는 주로 결정성장 기술로, 평행한 방향의 광분포는 기판의 에칭기술로 제어 가능하다. SSC영역과 활성영역을 결합하는 기술로는 크게 나누어 활성영역과 SSC영역을 한번의 성장으로 형성하는 Selective MOCVD(Metal-Organic Chemical Vapor Deposition) 결정 성장법과 두 영역을 각각 따로 성장하는 BJB(Butt-Joint-Built-in)방법이 있다. 전자는 제작공정이 간단한 반면, 후자는 각각의 영역에 대해 최적의 구조 제작이 가능하다는 장점이 있다. 측방향도파로폭 제작기술은 UV lithography와 InP Dry etching기술이 유망하다. 레이저광의 Spot-size converting기술은 저가격 실장기술과 함께 앞으로 더더욱 중요한 기술로 자리를 잡을 것으로 사료된

다.

저가격의 ONU를 제작하기 위해 중요한 다른 기술은 온도특성이 우수한 LD를 개발하는 것이다. LD는 온도특성이 나쁘기 때문에 광통신용 LD module내에는 온도 보상회로가 포함되어 있고, 송신module의 가격 상승의 주요 원인이 되고 있다. LD의 온도특성은 주로 활성층 양자우물과 전위장벽의 크기에 의해 결정된다. 기존의 InP기판 위에 성장한 InGaAsP 물질을 사용한 LD의 특성온도는 약50K 정도이다. 이를 개선하기 위해서 InP기판 위에 InGaAlAs 혹은 InAsP계 물질이, GaAs계 기판 위에 InGaNaAs 혹은 InAsP계 물질을 사용하여, 현재 약 150K정도의 특성온도 향상이 발표되고 있다. 또한 기존의 InP 혹은 GaAs기판 대신에 InGaAs와 같은 새로운 기판에 대한 연구, 혹은 Quantum-Wire나 Quantum-Dot의 활성층 등과 같은 연구도 미래의 레이저를 위해 주목 받을 내용이 될 것이다.

정보전송량의 증가에 의해, 기존의 금속 전송로 대신에 신호 전송속도에 거의 구애 받지 않는 Optical Interconnection 기술이 주목을 받고 있다. 이를 위해서는 신호의 병렬처리가 가능한 arrayed 광원이 필요로 하게 된다. 전송거리 수 km인 경우에는 1.3μm FP-LD의 array광원이, 전송거리가 수백m영역에서는 주로 2차원 면발광 레이저(VCSEL)가 사용될 가능성이 높은 것으로 보여진다. 다수 광원을 동시에 동작하기 위해서는 동작전류의 최소화가 소비전력 및 소자동작의 안정성 측면에서 매우 중요하다. 이를 위해서는 1mA이하의 매우 낮은 동작 전류를 갖는 반도체 레이저의 개발이 중요시 될 것이며, 또한 무바이어스에서 동작 시에도 변조신호의 skew가 적도록 carrier lifetime이 낮은 LD의 개발이 중요할 것으로 예측된다. 또한 array 광원과 여러개의 광섬유를 실장할 수 있는 PLC기술, Si Optical-bench기술, Au/Sn bumper를 사용한 다칩 self-alignment 실장기술, Photonic Multi-Chip Module(MCM)기술들도 시급하게 개발하여야 할 분야이다.

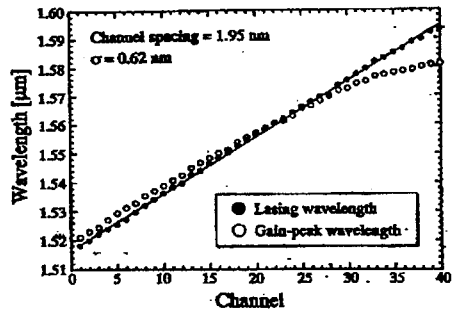
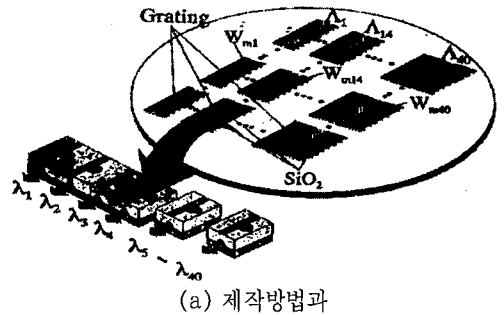
III. WDM용 다파장 광원

WDM광전송 방식은 Tb/s급 이상의 초대용량 정보전송을 기존의 전송기술을 사용해 실현할 수 있는 차세대 기간 광통신망의 전송기술로 각광을 받고 있다. 현재에는 WDM실현 가능한 파장영역은 EDFA 이득영역인 $1.53\mu\text{m}\sim 1.56\mu\text{m}$ 이나, 최근의 EDFA제작기술의 진보에 힘입어 WDM에서 사용 가능한 파장영역은 $1.6\mu\text{m}$ 이상으로 더욱 넓어질 전망이다. 다채널 WDM을 실현하기 위해서는 서로 다른 파장에서 발진하는 다수의 단일 파장 광원이 필수 불가결하다. 단일파장 반도체 레이저로는 고출력 동작이 가능하고 안정된 파장동작이 가능한 DFB(Distributed Feedback)-LD가 가장 유망하다. 그러나 기존의 DFB-LD제작 방법을 사용하면, WDM시스템에서 필요한 수십에서 수백GHz정도의 일정한 주파수 간격을 갖는 여러 발진파장의 DFB-LD를 얻기 위해서는 많은 epitaxial 기판이 필요하다. 현재에는 수개의 웨이퍼에서 제작된 DFB-LD중 WDM시스템에 요구되는 발진파장을 갖는 DFB-LD를 선별 조합하고, 약간의 파장 조절은 LD 동작온도를 tuning함으로써 행해지고 있다. 이 경우 발진파장에 대한 LD 이득의 조절이 자유롭지 않아 발진특성이 균일하지 않고, 소자 수율이 매우 낮기 때문에 단가가 매우 비싼 단점이 있다. 현재 다파장 광원을 공급하는 회사로서는 Nortel, Lucent, Alcatel, Ericsson, Philips, SDL Inc., Lasertron등이 있다.

한번의 성장으로 여러 발진파장을 얻는 가장 간단한 방법으로는 DFB-LD의 회절격자를 조절하는 방법이다. 서로 다른 회절격자 주기를 한장의 웨이퍼에 제작하는 방법으로는 EB(Electron Beam)-lithography방법이 주로 사용되는데, 제작 시간이 너무 많이 걸리는 단점이 있다. 또한 이득 피크에 대한 발진파장의 detuning양이 달라져 발진 출력특성이 LD별로 달라지는 문제점이 있다. 이를 보완하기 위해서 NEC에서는 Selective MOVPE결정성장 방법과 EB-lithography를 조합하여, 한번의 성장으로 이득특성이 균일하면서

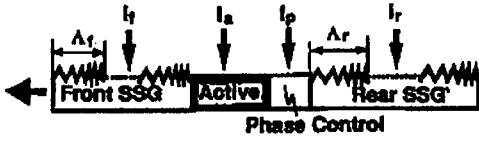
70nm영역에 걸쳐 40channel 이상의 다파장 광원들을 얻을 수 있음을 증명하였다. 그림 3에 소자구조와 발진특성을 나타내었다^[3]. 현재 다파장 반도체 레이저는 WDM광통신 시스템에 사용되는 각종 광소자중 가장 값 비싼 소자이기 때문에, 소자 수율이 높고 발진특성이 우수한 다파장 반도체 레이저를 양산할 수 있는 기술을 확보하는 것은 매우 중요하고 시급한 과제라 할 수 있겠다.

파장가변 반도체 레이저는 WDM(혹은 FDM)용 transmitter나 local oscillator로서 매우 중요하다. 또한 WDM광원중 몇개가 이상이 있을 때 이를 신속히 대체할 수 있으며, 특정파장이 요구되는 응용분야에 다양하게 사용될 수 있다. 파장가변 반도체 레이저는 NEL, Altitun AB회사등 아직 극소수의 회사에서만 시판되고 있다. 파장가변 레이저는 다전극 DFB-LD, 다전극 DBR-LD, SSG-DBR-LD, 여러 형태의 filter와 집적된 DFB-LD 혹은 DBR-LD등이 있다. 그림 4에 NEL에서 시판하고 있는 SSG-DBR-LD의 소자 구조와 파장가변 특성을 나타내었다.^[3] DFB형 파장가변 LD

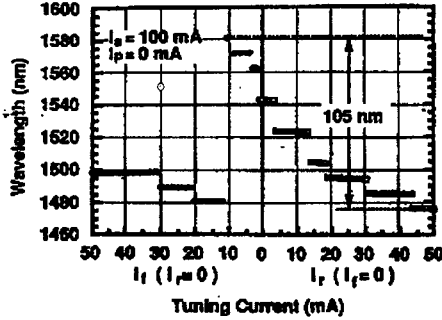


(b) 발진파장 및 이득특성

〈그림 3〉 다파장 1.5(μm) DFB-LD의



(a) 구조 및



(b) 파장가변특성

〈그림 4〉 파장가변 SSG-DBR-LD의

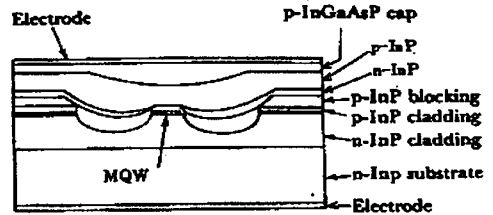
는 동작특성이 안정화 되어 있는 반면에 파장가변 범위가 수nm로 매우 작고, DBR형 LD는 파장가변 범위가 넓은 반면에 동작 특성이 다소 불안하기 때문에 엄밀한 파장조절이 필요하다. 파장가변 레이저는 파장가변시 광출력이 저하되는 문제점이 있기 때문에 SOA(Semiconductor Optical Amplifier) 혹은 EA(Electro-absorption)-modulator등과 집적화된 소자도 연구되어야 할 사항이다. 파장가변 반도체 레이저는 아직 세계적으로도 미성숙한 부분이 많기 때문에 추후 국내에서도 많은 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

IV. 광섬유 증폭기 pumping용 광원

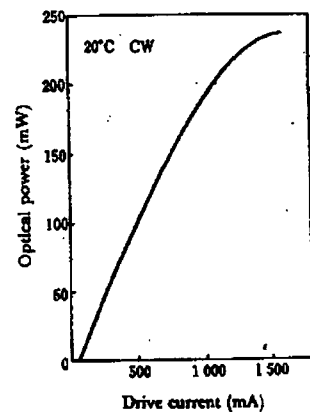
광섬유 증폭기는 전송될 신호를 증폭시키기 위한 post-amplifier로, 전송도중 약화된 신호를 증폭시키기 위한 repeater-amplifier로, 수신단에서 수신감도를 높이기 위해 신호를 증폭시키는 pre-amplifier로 어느 곳에서나 자유로이 사용될 수 있다. 또한 종래의 증계기를 이용한 광전송방식과 비교하여 볼 때, EDFA는 광전송 신호의 bit-rate에

상관하지 않기 때문에 시대적 요구에 부응한 광송신/수신 단말기의 교환만으로 쉽게 광전송이 가능하다는 장점이 있다. 이러한 이유로 EDFA는 trunk transmission lines, undersea transmission lines, subscriber distribution system등에 필요 불가결할 것으로 예상된다.

EDFA(Erbium-Doped Fiber Amplifier) 펌핑용 광원으로는 발진파장이 1480nm와 980nm의 두종류의 LD가 있으며, 고신뢰성의 펌핑용광원의 개발이 EDFA개발의 핵심을 이루고 있다^[5]. 발진파장이 1480nm인 InGaAsP/InP LD는 기존의 InP계 장파장 광통신용 반도체 레이저 다이오드와 거의 같은 재료와 소자 구조로도 제작 가능하기 때문에 신뢰성면에서 우수하다는 장점이 있으며, Furukawa Electric등에서 시판하고 있다. 그림5에 1480nm 펌핑용 레이저와 발진특성의 일례를 나타내었다. 발진파장이 980nm-LD는 1480nm-



(a) 구조와



(b) 발진특성

〈그림 5〉 1480nm 펌핑용 레이저의

LD에 비하여 원리적으로 적은 발전개시전류, 높은 외부 미분양자효율과 고출력동작이 가능하며, 동작온도에 따른 이득의 포화나 손실의 증가가 적어 외부환경 변화에 둔감하다. 따라서 입력전력 공급 장치와 냉각장치를 손쉽게 구성하게 한다. 또한 980nm-LD를 펌핑 광원으로 사용한 EDFA는 3-dB Quantum limit에 가까운 noise-figure를 나타내기 때문에 고 수신감도가 기대되며 이는 광통신 시스템의 구성에 있어서 여러가지 자유도를 제공한다. 그러나 980nmLD인 경우 이러한 여러 가지 장점이 있음에도 불구하고 고출력 동작시 단면에서 발생하는 COD(Catastrophic Optical Damage) 때문에 고신뢰성을 확립하는 것이 어렵다. 현재 IBM, SDL Inc., Ortel, Uniphase LE등에서 980nm EDFA펌핑용 광원을 제공하고 있다.

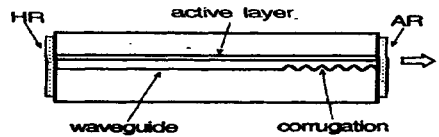
펌핑용 LD는 광섬유와의 결합을 통해 광펌핑이 가능함으로 고출력 동작시 까지 안정된 단일모드 광섬유와의 높은 광결합이 요구된다. 고출력 동작을 달성하기 위해서는 넓은 활성층폭을 갖는 LD의 구조가 유효하나 이는 고출력 동작시 LD의 단일 횡모드 동작 조건을 매우 엄격하게 만든다. 이를 위해서는 LD의 축방향과 횡방향 광분포나 전류 주입분포에 따른 횡방향 모드의 이해와 LD내부의 변화에 따른 FFP의 상관관계를 정확히 규명하여야 한다. 또한 광섬유와의 결합 효율을 높이기 위해서는 LD의 far-field pattern이 원형에 가깝게 하고, Fiber Lens 구조연구를 통해 광결합 효율을 높힐 수 있는 연구가 필요하다. 국내에서도 한국전자통신연구원에서 거의 실용화가 가능한 980nm 펌핑용 광원을 개발하였기 때문에, 이의 조기 실용화가 기대된다.

미래의 광섬유 증폭기의 하나로서 single mode core에는 Er이 도핑되어 있고, cladding에는 Yb이 도핑되어 있는 dual-clad fiber가 있다. 965nm에서 clad의 Yb이 펌핑하면, 궁극적으로 core의 Er이 펌핑되어 1550nm 근처의 광신호가 증폭된다. 이 경우 직경 30 μ m정도의 Yb이 도핑된 clad를 펌핑하기 때문에, 펌핑용 광원으로 다모드 반도체 레이저의 사용이 가능하고 따라서 고출력 펌핑이 가능하다. 965nm의 펌핑용 광원은 아직 시판되고

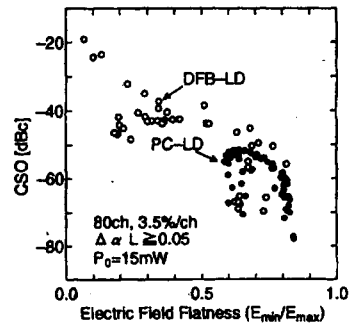
있지 않지만 머지 않은 시기에 실용화 될 것으로 사료된다.

V. Analog 광통신 시스템용 광원

반도체 레이저와 광섬유를 이용한 analog microwave/photonic통신 방식은 CATV나 PCS (Personal Communication System)에서 그 응용 범위가 급격히 증가하고 있다. Analog식 광전송방식은 잡음이나 신호왜곡이 증계기를 거침에 따라 누적되기 때문에 장거리 통신에는 적합하지 않으나, 전송에 필요한 대역폭이 좁아 주파수다중화에 의한 정보량을 증대시킬 수 있는 장점이 있다. Microwave나 RF신호의 광주파수로의 변환은 반도체 레이저의 직접변조방식이 가장 간단하고 저가적이다. 그러나 반도체 레이저의 전류-광출력 특성이 존재하면, 변조주파수의 고조파 왜곡이 발생하여 채널간 crosstalk이 발생하는 등의 문제점이 있다. Analog방식에 이용되는 반도체 레이저는 전



(a) 소자 구조와



(b) 변조왜곡도(CSO) 특성

(그림 6) Partially corrugated grating을 갖는 1.3 (m DFB-LD의

송거리 및 정보용량에 따라, 발진파장이 $1.3\mu\text{m}$ 인 FP-LD 혹은 DFB-LD등이 선별 사용되고 있다. 현재에는 $1.3\mu\text{m}$ DFB-LD는 전류-광출력 특성의 선형성이 충분히 확보되어 있지 않고 있어, 많은 경우는 비선형성이 적은 외부변조기를 사용하는 방법이 많이 이용되고 있다.

DFB-LD의 전류-광출력 특성의 비선형성은 반도체 레이저의 공진현상과 DFB-LD의 공진기내 광분포에 영향을 받는다고 알려져 있다. 공진현상은 바이어스 전류를 높힘으로써 해결 가능하기 때문에, 대부분 SHB(Spatial Hole-Burning)의 억제를 통한 비선형성의 향상에 연구의 초점이 맞추어져 있다. SHB 억제를 위해 다중 phase shift, Graded grating, pitch-modulated grating, partially corrugated grating등이 있다. 그림6에 partially corrugated grating을 갖는 $1.3\mu\text{m}$ DFB-LD의 소자 구조와 변조왜곡도(CSO, CTB)특성을 나타내었다⁶⁾. 우수한 성능이 얻어지고 있지만, packaging시 발생하는 외부반사 혹은 소자의 stress등에 의해 아직 module의 수율이 낮은 문제점이 있다. Analog 방식의 반도체 레이저는 앞으로 사용용도가 폭발적으로 증대될 것으로 예측되는 바 국내에서도 이에 대한 개발이 시급하게 요청된다.

VI. Photonic Integrated Circuits(PICs)

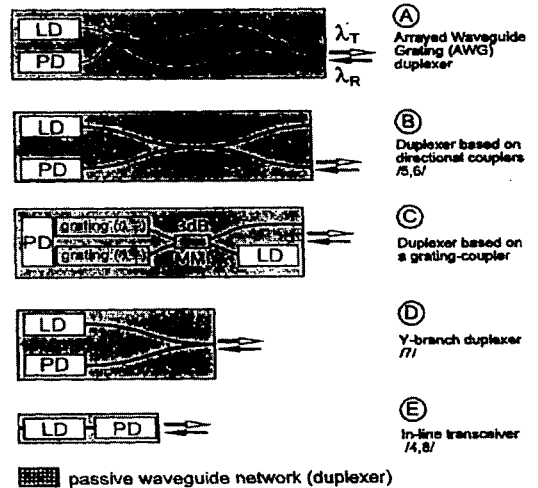
서로 다른 파장으로 광신호를 주고 받는 쌍방향 full duplex WDM transceiver module은 local full access network이나 data link등과 같은 사용범위가 매우 넓다. 이러한 쌍방향 통신이 가능한 통신망을 discrete한 광부품들을 사용하여 구성하려면 매우 많은 시간과 비용이 들며, 또한 시스템의 유지 및 보수에도 많은 문제점들이 예상된다. 따라서 transceiver module의 hybrid 혹은 monolithic integration 방식을 사용해 세계적으로 연구가 진행중에 있다. Micro-optics 혹은 PLCs를 이용한 Hybrid형 transceiver module은 현재에도 시판 중에 있으나, InP기판상에 LD와 PD등

을 integration한 PICs transceiver module은 아직 연구 단계에 있다.

InP 기판상에 monolithic integration된 PICs는 한번의 제작으로 양산이 가능함으로 소자의 수율이 개선되고, 저가격화가 가능하다는 장점이 있다. 또한 여러 종류의 소자를 integration하기 때문에 소자의 신뢰성이 크게 향상 가능하다. 그림 7에 monolithic하게 집적화가 가능한 transceiver PICs의 개념도를 나타내었다⁷⁾. PICs를 구현하기 위해서는 각기 다른 bandgap이 필요한 LD, PD, band pass filter, MUX/DEMUX 등 다양한 소자들을 집적할 필요가 있다. 이를 구현하기 위해서는 선택MOCVD 혹은 MOMBE에 의한 밴드갭 제어 기술, BJB 혹은 BIG등과 같은 반도체 광도파로 결합기술, 광섬유와의 결합손실을 줄이기 위한 실장기술, 각종 소자와의 optical 혹은 electrical crosstalk를 극저하시킬 수 있는 소자 isolation기술 등 많은 고난도 기술을 개발하여야 한다.

VII. Short Pulse 광원

반도체 레이저의 초단펄스 발생은 시분할다중화



<그림 7> Monolithic integration이 가능한 transceiver PICs의 개념도

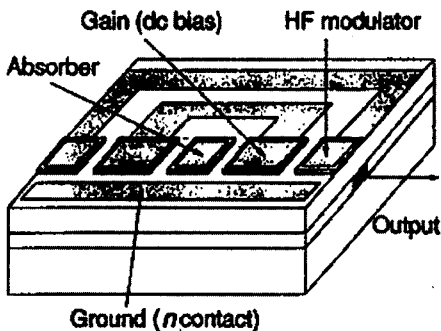
방식(OTDM)을 사용한 초고속 광통신 시스템의 광원으로서 사용가능 하다. 반도체 레이저에서 초단펄스를 발생시키는 기술로서는 반도체 레이저 자체의 유도방출과정을 제어하는 방법(Gain Switching, mode-locking)과, 발생한 광을 압축하는 방식(fiber soliton)으로 나눌 수 있다. 이 가운데에서도 mode-locking법은 가장 널리 사용되고 있으며, 반도체 레이저의 중모드의 위상을 강제적으로 동기시킴으로써 초단펄스를 발생시키는 방법이다. Mode-locking법에는 수동 및 능동 mode-locking법으로 크게 나누어 진다. 수동형은 공진기 내에 포화흡수체를 포함하고 있으며, 이것에 의해 Q-switching이 자동적으로 행해지며, 공진기의 공진주파수에 대응한 광펄스열을 발생시킬 수 있다. 한편 능동 mode-locking법에서는 공진기의 공진주파수의 정수배에 대응한 RF전기신호를 공진기 내부에 인가함으로써, RF에 대응한 광펄스열을 발생시킨다. 그러나 반도체 레이저와 외부공진기를 사용한 경우에는 외부공진기의 불안정성에 광펄스열의 발생이 불안정해지기 때문에, 집적화기술은 거의 필수적이라 사료된다.

최근에는 소자의 monolithic integration기법의 향상으로 활성도파로와 포화흡수체를 집적화한 구조를 쉽게 제작 가능하게 되었다. 이로 인해 능동 및 수동mode-locking 방법을 병행한 Hybrid mode-locking방식이나 CPM(Colliding-pulse mode-locking)방식등을 활용하는 경우가 많아지고 있다. 그림8에 CPM레이저의 개념도를 나타내었다. 이 구조에서 펄스폭 0.6ps, 펄스주기

350GHz가 얻어졌다^[1]. 또한 DFB-LD/EA (Electro-absorption)-modulator 소자나 DBR-LD/EA-modulator 집적화 소자등에 대한 초단펄스 실험들도 많이 행하여지고 있어, 초고속이며 chirping양이 적은 초고속 OTDM용 광원으로 사용될 가능성이 더욱더 높아지고 있다.

VIII. 결 론

광통신 기술의 진보에 따라, 통신용 반도체 레이저에 요구되는 성능도 다양화 되어 가고 있다. 본 기술해설에서는 각종의 광통신망에 사용될 반도체 레이저의 연구동향에 대해서 살펴보았다. Optical Access Network에서는 저가격으로 양산이 가능한 SSC-LD와 온도특성이 우수한 반도체 레이저가 주류를 이룰 것으로 예측된다. WDM기간 전송망에 사용될 광원으로는 다파장 광원의 제작이 매우 시급함을 지적하였다. OTDM용 광원으로서의 반도체 레이저를 이용한 short pulse발생기술을 살펴보았다. 또한 CATV나 PCS등에 사용될 Analog용 반도체 레이저는 많은 수요가 예측됨에도 불구하고 아직 기술적으로 해결하여야 할 사항이 많이 있음을 밝혔다. EDFA 펌핑용 광원으로는 1480nm, 980nm, 965nm광원등이 있으나, 965nm 광원은 아직 미개발 상태이다. PICs기술은 다파장 full duplex module을 위해 앞으로 연구할 과제임을 언급하였다.



(그림 8) CPM레이저의 개념도

참 고 문 헌

- [1] Arakawa, "echnology roamp for opto-information technology in the 21st Century," Techncl Digest, 10th Conf. on IPRM, Tsukuba, Japan, pp.3, May 1998.
- [2] A. Lestra, et. al., "Encapsulated tapered

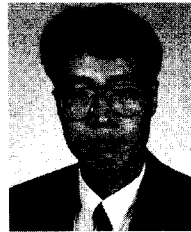
active layer 1.3 μ m Fabry-Perot laser operating at high temperature, "Technical Digest, ECOC97, pp.38-pp. 41, Sept. 1997.

- [3] K.Kudo, H. Yamazaki, T.Sasaki, and M. Yamaguchi, "Wide-wavelength range detuning-adjusted DFB-LD" of different wavelengths fabricated on a wafer, "IEEE Photonics Technol. Lett., vol.9, no. 10, pp.1313-1315 Oct. 1997.
- [4] H. Ishii, Y. Thomori, Y. Yoshikuni, T. Tamura, and Y. Kondo, "Multiple-phase-shift Super structure Grating DBR lasers for broad wavelength tuning," IEEE Photonics Technol. Lett., vol.5, no. 6, pp. 613-615, June 1993.
- [5] S. Shimada and H. Ishio, "Optical amplifiers and their applications," John Wiley & Sons.
- [6] H. Yamada, T. Okuda, Y. Muroya, T. Torikai, K. Mukaihara, S. Tomida, and T. Uji, "Partially-corrugated waveguide laser for high-capacity CATV," IEICE Technical Digest, SC1-9, Sept. 1995.
- [7] R. Kaiser, M. Hamacher, and H.

Herdrichi, "Monolithically Integrated Transceiver on InP: The development of a Generic Integration Concept and its Technological Challenges," Technical Digest, 10th Conf. on IPRM, Tsukuba, Japan, pp.431, May 1998.

- [8] P. Vasil'v, "Ultrafast Diode Lasers; Fundamentals and Applications," Atech House Boston London, 1995.

저자 소개



沈鍾寅

1960년 12월 2일생, 1983년 2월 서울대학교 전자공학과 학사, 1985년 2월 서울대학교 전자공학과 석사, 1992년 3월 동경공업대학 물리전자공학과 공학박사, 1985년 2월~1988년 1월 한국전자통신연구소 연구원, 1992년 4월~1994년 2월 NEC 쓰쿠바 연구소 연구원, 1994년 3월~현재 한양대학교 안산캠퍼스 전자공학과 조교수, <주관심 분야: 광통신용 반도체 레이저, 광변조기, 광증폭기>