

삼성전기 광소자 사업화 현황

오 명 석

삼성전기 (주) 적층박막사업부 LD/LED팀

1. 서 론

최근 광기록의 고밀도화, 광정보처리 분야의 다양화 및 대형화에 따라 기능과 발광영역에 있어 다양한 광소자가 요구되고 있다. 특히 발광 다이오드(light emitting diode: LED) 혹은 반도체 레이저는 각각 정보표시소자와 Compact Disk Player 등의 광메모리 기기와 광통신기기 등에 핵심소자로서 사용되고 있다. 이러한 발광소자에 있어서는 고휘도화, 단파장화, 다색화가 중요한 과제이다.

일반적으로 반도체는 실리콘을 재료로 하는 원소 반도체(Si)와 2개 이상의 원소(GaAs, InP)가 화학적결합에 의해 구성된 화합물반도체로 나누어진다. 화합물반도체는 원소반도체에 비해 전하이동도가 크고 발광특성을 갖고 있다. 이들 특성을 이용하여 삼성전기에서 화합물 반도체를 이용하여 LED와 반도체 레이저 개발 및 생산을 수행하고 있다.

반도체 레이저는 삼성전사에서 1987년부터 CDP용 780 nm LD(Laser Diode) 개발을 시작하였으나 개발지연으로 급격한 판가인하와 더불어 제조단가에 크게 영향을 미치는 패키징 자동화기술확보가 어려워 LD 사업을 중도에 포기하였고, 삼성종합기술원에서 1992년에 시작하였던 과제로 그 당시 부가가치가 높을 것으로 판단되었던 차세대광기록기기인 DVDP(Digital Video Disk Player)용 광원인 적색 LD있었다. 3여년 동안에 개발완료 후 96년초에 설비 및 개발인력을 삼성전기로 이전하여 670 nm LD의 소량생산을 시작하였고 현재는 670 nm, 650 nm LD 및 680 nm 고출력 LD를 월 70만개 양산중에 있다. 적색 LD 양산기술을 바탕으로 제조기술 및 패키징 자동화 기술을 확보하였기 때문에 780 nm LD의 가격 경쟁력을 지니게 되어 삼성 Captive Market이 큰 CDP 및 CD-ROM용 780 nm LD를 개발하여 생산량을 확대 중에 있다.

최근 반도체 레이저는 광기록재생장치인 CD(Compact Disk)와 VD(Video Disk) 등의 가전제품 및 Laser Beam Printer와 CD-ROM 등의 사무용 정보처리 기기 등의 핵심 광원에서부터 광통신, 계측기, 의료기기 등 여러분야에 걸쳐 폭넓게 이용되고 있다. 특히 고속정보화 시대의 출현에 따라 광기록 및 재생

기기의 대용량화 및 고속화를 위해 단파장 LD 및 고출력 LD 제품개발이 이슈가 되고 있다.

삼성전기는 1995년 중반기에 동양전자금속으로부터 LED Fab Line을 인수하여 리모콘용 IR LED Chip을 소량생산을 시작하였으며 현재는 범용 가시광 LED에서 부터 AlGaInP를 이용한 고휘도 LED Chip을 개발하여 생산하기 시작하였다. 청색 LED는 당사연구원이 기술원에 파견되어 기술원과 공동개발하였고 금년중반기부터 생산을 시작할 예정이다. 시장동향은 전광판, 자동차 Backlight, 교통신호등, High Speed용 IR 등으로 시장확대 중이며 고휘도 제품으로 급속히 변화되고 있다.

2. LD 개발 및 사업현황

적색 반도체 레이저는 차세대 영상기기인 DVD(Digital Video Disk)의 핵심부품으로 650 nm LD를 광원으로 사용하고 있다. 화합물반도체 레이저는 전류주입형 p-n junction diode로 그 원리는 다음과 같다. 전류 인가에 의해 활성층 내로 주입된 전자와 정공들은 재결합과정을 통해 에너지 준위 차이 만큼의 에너지를 갖는 빛으로 변환되며 이는 양면에 형성된 공진기 내에서 증폭되어 레이저로 방출된다. 따라서 에너지 밴드갭이 큰 AlGaInP 물질을 사용하여 단파장 적색 레이저빔을 방출하며 직진성, 단일파장 등의 특성을 가지고 있어 광정보처리기기의 광원등으로 널리 사용되고 있다. 그림 1에서 보는 바와 같이 Heatsink 위에 Submount와 LD chip을 금속 Bonding을 하고 그 하단부에 출력을 측정할 수 있도록 Photodiode를 부착하여 사용된다.

적색 LD 발진과장이 종래의 AlGaAs 반도체 레이저에 비해 짧은 AlGaInP 반도체 레이저는 고출력으로 동작이 가능할 경우 고밀도의 광학시스템, 레이저 프린터 등의 기기에 사용될 수 있는 중요한 반도체 소자이다. 발진과장이 짧아질수록 빔 spot의 크기가 작아지고, 시감도(eye sensitivity)가 향상되는 장점이 있고, 빔의 출력이 상승할수록 여러 가지 optic 시스템에서의 광학 손실(optical loss)이 줄어들어서 실질적인 기록용 광원으로 사용할 수 있는 것이다. 일반적으로 재생용광원과 기록

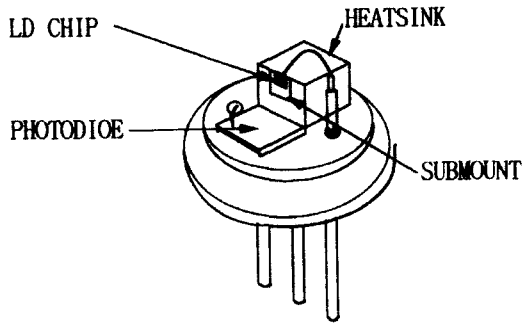


그림 1. 반도체 레이저 내부구조.

용광원의 요구출력의 구분기준은 약 30 mW 정도로 평가되는데 장시간 사용시 제기되는 신뢰도(reliability) 문제로 상온에서는 이보다 훨씬 높은 출력으로 발진이 가능해야 안정된 광원으로 장시간 사용될 수 있는 것이다. 그러나 AlGaInP 레이저는 열저항과 전기저항이 근본적으로 높아서 이와 같은 고온동작 및 고출력 구동이 용이하지 않음은 잘 알려진 사실이다.

2.1 시장 및 업계동향

2000년경 일본시장 규모만도 3조원으로 예상되는 DVD Player의 핵심부품인 650 nm LD는 당사 외에 국내에서는 생산되고 있지 않은 상태이며 일본에서만 개발되어 생산하고 있기 때문에 전량 수입에 의존하고 있다. 기술개발동향은 광정보처리 및 광기록밀도 향상을 위한 단파장 광원 개발 필요성 때문에 세계적으로 개발경쟁이 치열하며 또한 온도특성(고온동작)향상 및 고출력을 실현시키기 위하여 개발에 주력하고 있다. 주로 개발은 일본의 선진기업(도시바, 소니, NEC, 산요 등)에서 이루어져 생산되고 있으며 향후 일본의 다른 선진기업 및 국내 기업(LG, 현대)이 개발 및 생산에 참여할 것으로 예상된다. DVDP가 보급되면 780 nm LD 수요가 감소하고 600 nm 대 LD 수요가 급증 할 것으로 전망되며 향후 청색 LD(460~490 nm) 대의 청색 LD가 개발, 실용화 되면 광정보 처리용 LD는 청색 LD로 대체될 전망이다.

시장동향은 광기기용 LD 주수요처는 CDP, CD-ROM(780 nm LD)이며 향후 LD 시장은 DVD용과 광통신용 LD 중심으로 시장확대가 지속될 것으로 본다. 아래의 광정보처리기기용

	'98	'99	2000	2001	AAGR
시장전체	283,000	313,440	340,000	384,900	10.9%
AV용	150,243	165,273	184,923	213,435	11.1%
PC용	118,757	130,167	133,077	145,465	8.5%
기타	14,000	18,000	22,000	26,000	27.0%

LD의 시장예측을 보면 2001년까지 광기기용 LD 수요는 10.9%의 연평균 성장할 것으로 예상된다.

삼성전기의 사업화 전략은 CDP, CD-ROM용 780 nm LD 사업화 및 디지털 영상 재생 및 기록용 적색 LD 사업화(DVDP, ROM, RAM)를 통하여 2000년대에 세계시장의 market share를 10% 이상 확보하여 광정보처리 분야에서 세계 5위권 내로 진입할 예정이다.

2.2 적색 LD

2.2.1 기존 780 nm LD와 650 nm LD의 차이

기존의 CD Player는 파장 780 nm의 반도체 레이저를 사용한 광 PICK-UP으로 기록 PIT를 읽어낸다. PIT의 크기는 광 SPOT의 크기에 좌우되며 기록밀도를 높이기 위하여 광원의 단파장화 및 개구수가 큰 대물렌즈(고NA)를 채용하여 광 SPOT의 직경을 작게하여 고용량 Disk를 실현할 수 있다. 따라서 650 nm 반도체 레이저(NA:0.6)를 사용시 780 nm(NA:0.45) 때 보다 광 SPOT 직경을 40% 정도 작게하여 8배 밀도의 기록을 디스크에서 신호를 읽어낸다. 현재 12 cm 직경의 Disk에 CD의 기록밀도는 650 MB(메가바이트)이고 반면에 같은 크기의 Disk에 DVD의 기록밀도는 8배가 큰 5 GB(기가바이트)이다.

■ 삼성전기의 적색반도체 SLD21161는 차세대 영상기기 DVD(Digital Video Disk)의 광원으로 사용될 수 있으며 그 특징은 아래와 같다.

◎ 특징

- ▶ 최대광출력: 5 mW
- ▶ 발진파장: 650 nm
- ▶ 소형 ø5.6 mm Package

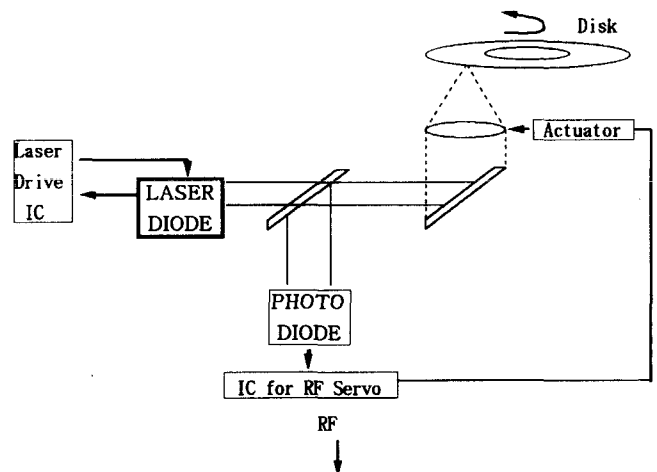


그림 2. DVD Pick-Up Block Diagram.

- ▶ 안정한 단일 횡모드발전
- ▶ 60°C 고온동작
- ▶ MOCVD법 3차 성장(굴절율 도파형 구조)
- ▶ 격자 부정합 MQW 활성층

AlGaInP 적색 반도체 레이저개발의 문제점으로는 낮은 전도대 Offset 및 근본적으로 에너지 밴드갭이 큰 물질이 안고 있는 AlGaInP 특성문제인 낮은 P 도우핑 레벨, 낮은 hole 이동도, 낮은 열전도율로 적색 LD 개발이 어렵다는 점이다. 더욱이 이물질은 Ordering 경향이 있어 50 meV의 에너지 밴드갭 차이를 야기시키므로 단파장화 시키기가 더욱 어려워진다.

위와 같은 문제를 해결하기 위해 다음과 같은 실험을 최적화하여 개발을 완료시키고 생산을 안정되게 할 수 있었다.

2.2.2 p-AlGaInP 도우핑 레벨 향상

Wide Bandgap 물질에서 p 도우핑을 얻기가 힘든 것과 마찬가지로 AlGaInP 층에서 Zn를 이용한 p 도우핑 레벨은 상대적으로 낮은 값에서 포화되고 impurity center에 수소 passivation으로 Zn의 electrical activity를 저하시킨다. 따라서 반도체 레이저 성능을 크게 좌우하는 p-clad 층의 도우핑 농도를 높이기 위해 성장조건을 최적화시켰다. 성장온도가 증가함에 따라 hillock 같은 구조적결함이 줄어들어 도우핑레벨이 증가하다 74°C 온도 이상 증가되면 Zn의 증기압이 높아 Zn의 incorporation rate이 줄어들어 다시 떨어지는 경향을 나타내고 있다. 또한 일정한 V/III 비 및 성장 온도에서 DEZ/III 비에 따른 Zn의 도우핑 농도를 최적화 시켰고, GaInP에서는 V/III 비에 따라 도우핑 레벨이 변하지 않으나 Al 조성이 증가할수록 V/III 비가 감소할수록 Zn 도우핑 레벨의 감소는 더 빠르게 일어나고 더 큰 V/III 비에서 포화가 일어난다. 따라서 이와같이 성장온도, DEZn/III 비, V/III 비 등과 같은 실험을 최적화하고 추가적으로 반도체 레이저를 제조하는데 필요한 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 정도의 p-도우핑을 얻기 위하여 Annealing 공정을 개발하였다.

2.2.3 Strained Multi-Quantum Well 적색 LD 성장 및 제조

AlGaInP 반도체 레이저의 출력을 향상시키고 임계전류(threshold current)를 낮추기 위한 여러 방법중 활성층(active layer)의 조성을 조절하여 압축변형(compressive strain)을 가하고, p-클래드층의 doping 농도를 높게 하여 이종장벽(heterobarrier)을 증가시켜서 운반자의 overflow를 방지하는 방법이 그 방법의 간단성과 큰 효과로 인해 많이 사용되고 있다. 일반적으로 현재 제작되는 가시광 반도체 레이저는 p-클래드층을 습식식각하여 ridge를 형성한 후 ridge에 전류 blocking 층과 cap 층을 차례로 2차, 3차 성장하여 소자를 제작하는 3단계 성

장구조가 사용되었다.

그림 3은 SBR 구조를 보이고 있는데 그 성장순서(기판으로부터 위쪽 방향임)는 다음과 같다; Si-doped n-GaAs buffer 층(0.25 μm), Si-doped n-In_{0.5}(Ga_{0.3}Al_{0.7})_{0.5}P clad 층(1.2 μm), 세계의 well(u-In_{0.5+x}Ga_{0.5-x}P, 70Å)과 두개의 barrier(u-In_{0.5}(Ga_{0.6}Al_{0.4})_{0.5}P, 100Å)로 구성된 quantum well 층, Zn-doped p-In_{0.5}(Ga_{0.3}Al_{0.7})_{0.5}P clad 층(1.2 μm), Zn-doped p-In_{0.5}Ga_{0.5}P 통전용이층(0.1 μm), Zn-doped p-GaAs cap 층(0.3 μm). 이후 습식식각에 의해 ridge를 형성하고 SBR 성장구조는 습식식각 후 Si-doped n-GaAs 전류차단층(1.2 μm)을 2차 성장하고 Zn-doped p-GaAs cap 층(3 μm)을 3차 성장하여 소자를 제작한다. 활성층의 조성에서 x는 압축변형을 야기하기 위한 조성 변화량이다.

그림에서 보듯이 이 구조는 다중양자우물(multi-quantum well, MQW)과 separated confinement heterostructure(SCH)로 이루어져 있다. p와 n-ohmic metal 증착 후, SBR 성장구조에 공히 30%의 저반사율을 갖는 anti-reflection(AR) coating과 65%의 고반사율을 갖는 high-reflection(HR) coating을 소자의 전면과 후면에 수행했다. AR coating은 Al₂O₃ 단층막으로, HR coating은 Si/Al₂O₃의 다층막으로 수행했다. HR coating은 AR coating이 야기한 cavity loss를 보상해 준다.

SBR 성장구조의 경우 전류가 ridge를 통해서만 유입되도록 제한(confinement)되는데, 이는 n-GaAs 전류 blocking 층에 p-n-p 역바이어스가 형성되어 전류의 흐름이 방지됨을 통해 ridge로 전류가 제한되는 것이다. 구조 ridge 하단부의 폭은 약 5.5 μm 이고 cavity length는 500 μm 이며, ridge 좌우측의 잔여 p-클래드층의 두께는 약 0.3 μm 으로 조절되었다.

AlGaInP/GaInP 웨이퍼를 3단계로 성장한 Selectively Buried Ridge Waveguide(SBR) 구조로 레이저 소자로 제작한 후 구동출력, 임계전류, 온도특성, 외부양자효율 등의 디바이스 성능

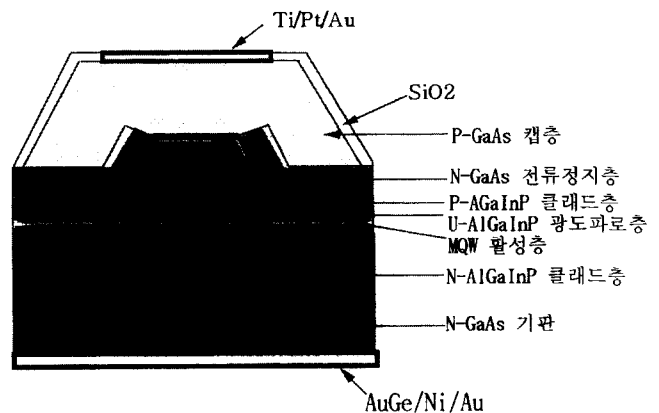


그림 3. 적색 SBR(Selectively Buried Ridge) LD 구조.

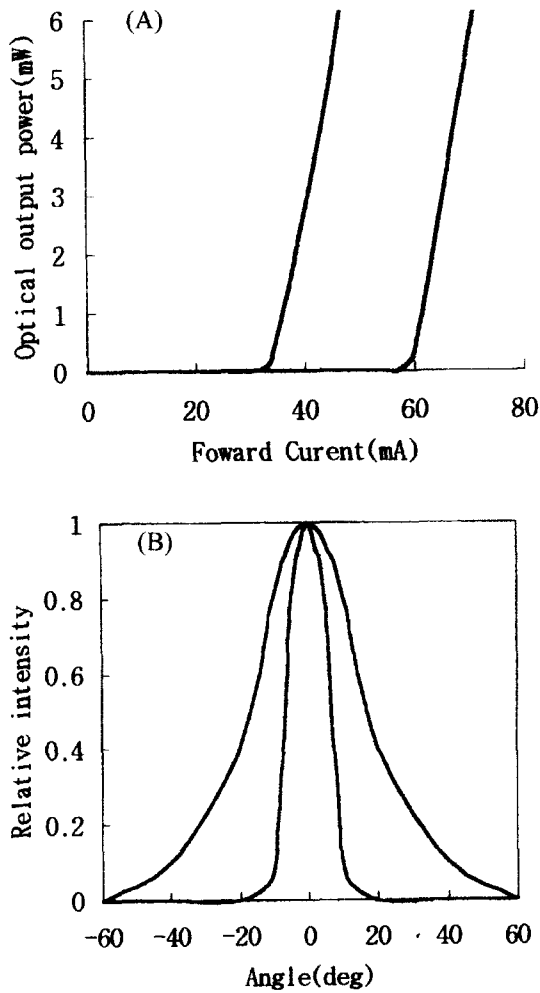


그림 4. 650 nm LD의 I-L 곡선 및 Far-Field Patterns.

을 비교 분석하였다.

2.2.4 적색 LD 특성 및 제품

그림 4는 삼성전기의 대표적인 소자로 광출력과 구동전류의 관계를 나타내는 I/L(current/ light output) 곡선과 그의 Far-Field Pattern의 대표적인 예를 보이고 있다.

DVD용 650 nm LD의 상세한 전기적 및 광학특성을 아래의 표에 나타내었다.

삼성전기의 DVD용 LD는 타사와 비교하여 낮은 동작전류 및 안정된 단일 횡모드 발진을 보이고 있다.

현재 삼성전기에서 제조하고 있는 적색 반도체 레이저의 제품종류의 특성을 종합적으로 아래의 표에 나타내었다.

3. 고휘도 LED 개발 및 사업현황

3.1 LED 시장 및 기술동향

기존 국내업체는 제품구조가 저부가가치품인 범용제품에 편중되고 있으며 국내 LED 사업은 중소기업에 의해 영위되어 구조적으로 취약하다. 시대적 환경의 변화로 점차적으로 대기업이 참여하고 있으나 사업초기 단계로 포트론, 서울반도체, Rohm Korea는 주로 조립을 하고, 삼성전기, LG 전자, 광전자는 Chip을 생산하고 있으나 사업후발업체로 인한 선진 외국업체(대만: Optotech, 일본: Showa, Sharp, Toshiba 등)의 저가정책 및 품질로 사업에 어려움에 처하고 있다. 현재 시장

Items	Symbols	Min.	Typ.	Max.	Unit	Test Condition
Optical Output Power	P_o	-	5 mW	-	mW	
Threshold Current	I_{th}	-	40	55	mA	
Operating Current	I_{op}	-	55	65	mA	$P_o=5$ mW
Operating Voltage	V_{op}	-	2.2	2.5	V	$P_o=5$ mW
Lasing Wavelength	λ	640	650	660	nm	$P_o=5$ mW
Beam Divergency	\parallel	7	8	15	deg.	$P_o=5$ mW
	\perp	22	32	38	deg.	$P_o=5$ mW

Wavelength λ (nm)	Power P_o (mW)	Threshold Current I_{th} (mA)	Operating Current I_{op} (mA)	Operating Voltage V_{op} (V)	Operating Temp. T_{op} (°C)	Beam Divergency	
						θ_{\parallel}	θ_{\perp}
670	5	30	40	2.2	-10~50	8	33
670	5	35	45	2.2	-10~60	8	33
650	5	30	40	2.3	-10~50	8	32
650	5	35	45	2.3	-10~60	8	32
685	35	40	90	2.4	-10~60	8	22
650 *	30	45	100	2.4	-10~60	8	22

* Available in 1999. 1.

동향은 전광판, 자동차 Backlight, 교통신호등, High Speed용 IR 등으로 시장확대 중이며 고휘도 제품으로 급속히 변화되고 있다.

전광판은 고휘도 Blue, Green, Red 등을 사용하여 Full color 화 되고 옥내에서 옥외 전광판으로 수요확대 중이며 또한 교통 신호등은 한국에너지 연구소를 주축으로 에너지 절감 효과 및 환경개선 효과가 크게 기대되는 LED 신호등에 대해 관심이 고조되고 있다. LED 신호등은 기존의 백열 전구를 사용하는 신호등에 비해 전력 절감효과가 80%에 달해 공공부문의 에너지 절감 효과를 통하여 국가 경쟁력을 제고시키고 특정 파장대의 단색광을 발광시켜 교통환경 개선에 큰 효과가 있다.

현재 사용중인 Bulb Type의 신호등 램프는 전량 OSRAM 및 PHILLIPS 등 외국에서 수입하고 있으며, 수명이 약 4000시간으로 짧으며, 발광 효율도 8~9 lm/W로 낮고, 전력 사용량이 매우 커 발전용 화석 연료의 증가로 환경 오염을 가중시키고 있다. 이에 비해 LED 신호등을 사용할 때에는 백열 전구에 비해 수명이 약 10배로 유지보수가 비교적 용이하며, 신호등의 특성이 24시간 반복 점등에 있어서도 안정한 신뢰성을 가지며, 온습도 및 충격 등 환경 안정성을 지니고 있다. 또한 역광시에도 신호등의 점등여부 판별력이 우수해 교통안전 대처 능력이 매우 우수하다.

90년대 초 미국 캐나다, 북유럽 등 혹은 지역중심으로 에너지 절약 차원으로 정부의 지원으로 개발이 진행되었으며, 처음 설치 비용이 높은 것은 5년 이내에 회수가 가능하다는 평가를 받아 미국 일본을 중심으로 소자개발이 적극 추진되었다. 현재 미국 전역에는 20,000개의 신호등이 시범 설치되었으며, 국내에서도 대전 등 일부 지역에서 보행자 신호등을 시범설치하여 그 성능을 시험하고 있는 중이다.

국내에서는 신호등 등 옥외용으로 사용되는 고휘도 제품에 대한 개발이 매우 미약하였으나, 삼성전기, LG 전자 등 일부회사에서만 극비리에 CHIP의 개발이 진행되어 적색 및 황색의 CHIP은 선진 수준의 전기적 광학적 특성을 지닌 제품을 출시해 놓고 적용상품 개발에 심혈을 기울이고 있으며, 녹색은 아직 초보단계에 머물러 있어, 이에 대한 개발이 우선적으로 진행되어야 할 과제이다.

고휘도 LED는 기존의 범용제품에 비해 CHIP 상태에서 휘도가 약 10배 이상의 광도를 가진 제품으로 AlGaInP의 경우 Toshiba, UEC, HP 등에서 chip을 개발하여 조립기술의 발전과 더불어 Outdoor sign board와 Traffic signal 그리고 자동차용 실내외용으로 그 수요가 급격히 증가하고 있다. 특히 HP에서는 신호등 적용을 위해 장시간 태양광에 노출시켜도 변색이 없으며, 고습상태에서의 온도 변화에도 사용 안정성을 개선한

epoxy를 사용하였다. 또 592 nm의 Amber가 4500 mcd 그리고 617 nm의 Reddish-Orange는 4000 mcd와 630 nm의 Red는 3600 mcd의 휘도를 내는 lamp를 개발해 놓고 사용처를 찾고 있다. 국내에서는 광소자 관련 사업을 활발히 진행하고 있는 삼성전기에서 chip과 lamp를 개발해 놓은 상태로, AlGaInP를 MOCVD로 성장하여 고휘도 적색, 오렌지와 노란색 LED를 국내 최초로 양산 개발하는데 성공하여 사업에 참여했다. 고휘도 LED는 옥외용 전광판, 교통신호등, 자동차산업을 구성하는 핵심 첨단 부품으로 이는 전광판 시장의 급격한 성장과 더불어 年 30~50% 이상 성장하고 있으며 국내수요의 전량을 일본 및 대만 등으로부터 수입에 의존하고 있다. 이는 핵심부품 수입의존을 탈피하고 주력부품으로 성장할 것으로 예상된다.

이와함께 꿈에 그리던 Blue와 Green LED도 일본의 Nichia를 선두로 Toyota Gosei 등에서 chip의 개발에 성공하였다. Nichia의 경우 월 1천만개 정도를 생산하여 전세계의 Display시장에 공급하고 있으며, HP는 Toyota Gosei chip을 사용하여 월 1백만개 를 생산하고 있으나, 98년말에는 3백만개, 99년초에는 Nichia와 비슷한 수준으로 생산할 계획을 세워놓았다.

Blue 및 Pure Green의 개발로 White Light LED가 실현되었다. 이는 Phosphor와 Organic dye를 Package내에 사용하여 Shortwavelength Blue Emission을 White Light로 변환시킴으로써 가능해 졌다. 국내에서도 Cree chip을 사용하여 White light의 개발에 성공하여 양산화 기틀을 마련 중에 있다.

이와같이 고휘도 lamp의 개발로 Full Color Outdoor Display가 실현되었으며, Traffic Signal Board와 도로의 가로등 등 그 적용범위를 기존 Bulb type을 대체하여 고신뢰성 에너지 절약 상품으로 그 위치를 넓혀가고 있다.

그림 5에 나타난 바와 같이 전세계적으로 LED 개발동향은 범용 LED에서 고휘도 및 단파장 LED 개발을 통하여 Full Color Display 실현을 추구하고 있다.

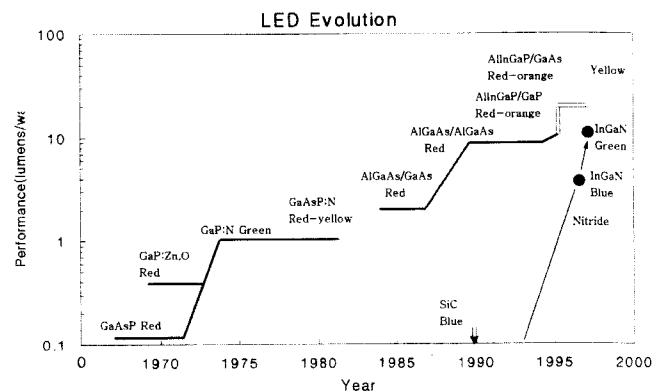


그림 5. LED 제품개발 동향.

3.2 AlGaInP 고휘도 LED

LED lamp 시장은 고휘도화, 저소비 전력화에 맞춘 다색화와 신소재 개발, 결정성장기술의 개선, 개량이 꾸준히 진행되어 왔다. 용도도 실내 lamp에서 실외표시용으로 확대되고 있고, 표시용광원에서 기능광원으로의 그 시장이 확대되고 있다. 최근 AlGaAs계 적색 LED로 자동차용 Brakelight 램프와 옥외정보판 용도로 이용되는 등 안정한 신장을 계속하고 있다. 반면에 실외에서 안정적으로 사용될 수 있는 신뢰성과 적색이외의 영역에서의 고휘도화가 강력히 요구되고 있다.

가시광 중에서 단파장영역의 고휘도화는 지금까지 사용되고 있는 재료는 간접천이형으로 고휘도화가 곤란하기 때문에 삼성전기에서는 적색 반도체 레이저로 사용된 AlGaInP 재료를 이용하여 LED화에 성공하였고 1998년 2월부터 오렌지색(발광파장은 620 nm, 광도는 2.5 cd), 1998년 4월에는 황색(발광파장은 590 nm, 광도는 2.5 cd)의 초고휘도 LED 램프의 양산과 판매를 개시하였다. 현재에는 오렌지색의 광도가 4 cd로 향상되었다.

GaAs 기판에 격자정합된 $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ 은 Al조성 x를 0에서 0.7까지 변화시킬 경우 그 직접천이 에너지 Bandgap은 1.8~2.3 eV(680 nm~540 nm)로 변화를 줄 수 있기 때문에 Al-GaInP의 물질을 이용하여 적색에서 녹색 LED까지의 빛을 낼 수 있다.

삼성전기는 유기금속 화학증착법(MOCVD)으로 성장한 화합물 반도체인 AlGaInP를 이용하여 적색 LD 개발 및 생산기술을 바탕으로 같은 물질인 AlGaInP를 이용하여 고휘도 LED를 개발하였다. MOCVD로 제조된 고휘도 LED 구조는 그림에 나타난 바와 같이 GaAs기판위에 n-AlGaInP 클래드층, Al-GaInP 활성층, p-AlGaInP 클래드층 및 p-current spreading층으로 성장하여 만들어진 구조이다. 활성층 조성에 따라 고휘도 적색(635 nm), 오렌지(620 nm), 황갈색(600 nm), 노란색(590

nm) LED는 수칸델라급의 고휘도 제품으로 금년 5월부터 이미 양산을 시작하였으며 국내외 시장에 공급할 계획이다.

삼성전기의 고휘도 Red, Orange, Amber, Yellow LED의 특성은 아래의 표와 같으며 LED 소자의 외부양자효율은 내부양자효율 뿐만 아니라 홀과 전자의 재결합 과정에서 발생하는 빛을 효과적으로 뽑아주는 효율에 크게 좌우된다. 따라서 내부양자효율을 높이기 위하여 성장조건을 최적화하고, 빛을 효율적으로 뽑아주기 위하여 구조 Design을 최적화하여 외부양자효율을 극대화시켰다.

광자방출효율(내부에서 발광한 광중 외부로 방출된 광비율)을 향상시키는 것이 중요한 기술로 전류확산층, block층을 채용하였다.

(1) 전류확산층: 전류가 확산하여 발광영역을 넓히기 때문에 광자추출효율이 5배 정도 향상됨.

(2) Block형 반사층: 발광층에서 생산된 광성분중 기판방향으로 진행되는 광은 기판에 흡수된다. 이것을 이종화합물반사층을 1/4 파장의 두께로 반복적으로 적층시키면 간섭작용에 의해 반사효과를 얻을 수 있으며 이로부터 광자방출효율이 약 2배 향상됨.

이와 같이 화합물 반도체층으로 구성된 전류확산층, 반사층을 채용할 수 있으므로 1 마이크로 이하의 초박막 성장이 가능한 저하 MOCVD법에 의한 결정성장을 채용하였다. MOCVD 특성을 이용하여 신소재, 신구조, 신기술을 결집하여 초고휘도 Red, Orange, Amber, Yellow LED lamp의 양산, 판매가 가능하게 되었다.

아래의 표에는 현재 양산하여 판매중인 고휘도 LED chip의 특성을 나타내었다.

Material	파장	Color	I _v (mcd)			V _f		V _r
			Min	Typ	Max	Typ	Max	Min
AlGaInP	635 nm	Super Red	45	60	90	2.0	2.4	10
AlGaInP	620 nm	Super Orange	45	70	90	2.0	2.4	10
AlGaInP	600 nm	Super Amber	45	70	90	2.0	2.4	10
AlGaInP	585 nm	Super Yellow	40	60	80	2.1	2.4	10

** 위의 특성은 삼성전기 Prober Tester 측정치임.

4. 결 론

기존에 양산을 하고 있는 670 nm 적색반도체 레이저와 더불어 650 nm 레이저는 차세대영상기록 매체인 DVD 외에도 바코드리더 등의 핵심부품으로 사용되고 있고 지금까지 DVD에

Chip Structure

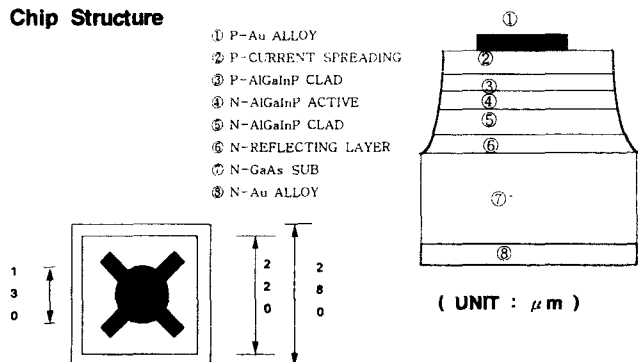


그림 6. AlGaInP 고휘도 LED 구조.

사용되는 적색반도체 레이저는 일본의 도시바, 소니 등의 일부 기업에서만 개발에 성공하여 생산하고 있으며 국내수요의 전량을 일본으로부터 수입에 의존하고 있다. 이는 핵심부품 수입 의존을 탈피하고 주력부품으로 성장할 것으로 예상된다.

유기금속 화학증착법(MOCVD)으로 3단계 거쳐 성장한 화합물 반도체인 AlGaInP를 이용하여 제조된 650 nm 적색반도체 레이저는 '97년 2월부터 본격양산을 시작하였으며 국내외 시장에 공급할 계획이다. 이 제품은 특히 다중양자우물(MQW)를 사용하여 발진개시전류 30 mA, 광출력 5 mW에서의 동작 전류 40 mA 이하의 뛰어난 특성을 갖추고 있다.

이번 양산을 시작하는 DVD용 적색 반도체 레이저는 파장 650 nm, 광출력 5 mW에 패키지직경은 5.6 mm이며 영하 10°C에서 60°C의 범위에서 10,000시간 이상 신뢰성을 확보하여 사용가능하다. 또한 레이저빔이 안정된 단일 횡모드를 보여 주며 빔의 방사각은 수평방향으로 8도 이상, 수직방향은 30도 정도이며 비점수차는 10 μm 이하로 잡음특성이 우수하다.

이와함께 MD, MOD 및 홀로그래프 BCR용 680 nm, 35 mW 고출력 레이저를 이미 개발하여 생산중에 있으며 향후 재생 및 기록 모두 가능한 DVD-R 및 RAM용 650 nm, 35 mW의 적색 반도체 레이저도 개발중이며 '99년 1월부터 양산할 예정이다.

AlGaInP 재료에 의한 비약적인 광도향상에 의해 자동차용 Brakelight lamp, 실외정보판, 최근에는 도로교통신호 등의 응용이 확대되고 있어 표시용 LED 램프의 최종목표인 텅스텐램프의 교체가 추진되고 있다. LED 램프의 장점으로는 신뢰성, 저소비전력측면에서부터 maintenance-free화로 대단한 장점을

발휘할 것으로 기대된다.

삼성전기는 고휘도 적색, 오렌지와 노란색 LED를 국내 최초로 양산 개발하는데 성공하여 양산을 시작하였고, 고휘도 LED는 옥외용 전광판, 교통신호등, 자동차산업을 구성하는 핵심 첨단 부품으로 이는 전광판 시장의 급격한 성장과 더불어 年 30~50% 이상 성장하고 있으며 국내수요의 전량을 일본 및 대만 등으로부터의 수입에 의존하고 있다. 이는 핵심부품 수입 의존을 탈피하고 주력부품으로 성장할 것으로 예상된다.

유기금속 화학증착법(MOCVD)으로 성장한 화합물 반도체인 AlGaInP를 이용하여 제조된 고휘도 적색(635 nm), 오렌지(620 nm) 및 노란색(600 nm) LED는 수켄텔라급의 고휘도 제품으로 금년 5월부터 본격 양산하여 국내외 시장에 공급하고 있다. 고휘도 LED는 일본의 도시바, 샤프, HP, 도요다고세이 등의 업체가 세계시장을 석권하고 있으며 여러업체가 상용화에 박차를 가하고 있는 고부가가치 소자이다. 삼성전기는 지금까지 완료된 고휘도 오렌지 및 노란색 LED를 '98년말 월 2000만개까지 확대할 계획이다. 또한 현재 삼성종합기술원에서 개발중인 청색 LED는 거의 완료되어 '98년 8월부터 본격양산이 가능할 것으로 보고, Full color를 이루기 위하여 녹색 LED 개발에 박차를 가하여 내년에 본격 양산에 진입할 것으로 기대된다.

이로써 삼성전기는 지난 화합물 반도체 AlGaInP 물질을 이용한 적색 Laser Diode 사업과 범용 LED 사업과 더불어 고휘도 LED 사업까지 참여함으로써 명실공히 국내 광소자 종합메이커로서의 자리를 확보하게 되었다.