

LG CIT 광소자 연구 개발 소개

劉 泰 京

LG CIT 素子 材料 研究所 OE 그룹

우선 "광학과 기술" (지)의 창간을 늦게나마 진심으로 축하하며, LG 연구소에서 개발하고 있는 광소자들을 소개할 수 있어서 대단히 기쁘게 생각한다. 이 글에서는 기술 세부 내용을 깊이 다루는 형식보다는 과제 설명 및 개발 방향 등에 대하여 설명하고자 한다.

1. 머리말

LG CIT(Corporate Institute of Technology)는 서초구 우면동에 위치한 연구소로, 1997년 LG 그룹의 총괄 연구 개발을 위하여 새로운 이름으로 재조직된 연구소이다. 기본 모태는 금성 중앙 연구소였으며, 94년 그룹 명칭이 LG로 바뀌면서 LG 전자 기술 원으로 개명되어 LG 계열의 전자 전기 분야의 공동 연구를 담당해 왔으나, 올해 전기 전자 분야뿐 아니라 화학 및 기타 부문을 포함하게 되면서 그룹 총괄 연구소로 격상되었다. LG CIT의 광소자 연구 개발은 금성 중앙 연구소시대부터 이런 역사와 같이 하며, 돌이켜 보면 어느덧 약 8년의 개발 역사를 갖게 된다.

지난 10년간 한국 기업의 광 소자 연구 개발 활동은 몇가지 단계를 거치게 되는데 LG CIT도 그 예외는 아니라 할 수 있다. 80년대 말 90년대 초의 초창기라 할 수 있는 기간은 화합물 반도체의 중요성에 대한 인식이 도입된 시기로 개발의 시작기 내지는 착수기라 할 수 있다. 그러나 90년대 중반까지 시장 확장이 이루어 지지 못한 침체기를 겪으면서, 사업화 수익성 문제로 부정적 시각이 지배하는 시련기를 겪게 되었다. 그러나 최근 2~3년 사이에 CD-ROM의 대대적 보급과 차세대 멀티미디어, 광통신 시스템의 요구로 광소자의 중요성이 재삼 확인되면서 다시 활기를 찾고 있는 시점이라 하겠다. 특히 최근에는 GaN 청색 LED(Light Emitting Diode)의 시장 진입과 함께 광소자 전반의 수요가 동반 상승하는 본격적인 광소자 시대가 도래하고 있다.

이 글에서는 이런 시대적 상황을 배경으로 하면서, LG CIT의 최근 광소자 관련 연구 개발 내용을 소개하고자 한다. 기술적 세부 내용을 설명하면 내용이 광 범위하고 산만할 수 있기 때문에 개괄적 소개 및 방향 등에 대하여 설명하고자 한다.

광소자의 응용 분야는 보통 광정보 저장 장치(Optical data storage), 광통신(Optical communication), 광표시 장치(Optical display)의 약 3가지로 대별될 수 있다. 이 중 광정보 저장 장치 및 광통신 분야에서의 광소자의 중요성은 대단히 막중한 것이다. 왜냐하면 차세대 제품의 규격과 사양을 결정하는 핵심 기술 및 핵심 소자이기 때문이다. 이런 분야에서의 차 세대 새로운 시스템 규격을 선도하기 위해서는 규격의 시작점이 광소자의 특성 또는 규격이기 때문이다. 따라서 설명하고자 하는 소자를 이런 응용에 따라 구별하기로 하는 것이 이해의 도움이 될 것 같아 이런 순서로 소개하고자 한다.

LG CIT는 광 정보 저장 장치의 응용분야에 주력해 왔다고 할 수 있다. 조금 더 자세히 이야기 하면, 최근 수요가 급증하는 CD-R(Recordable), CD-RW(ReWritable) 광디스크 기록용 고출력 LD, 2000년대 멀티 미디어의 주역이 될 DVD-ROM용 적색 LD 및 차세대 초 고밀도 저장 장치인 청색 광원을 연구 개발하고 있다. 특히 청색 광원에 대하여서는 화합물 반도체 소자 이외에 제2고조파 생성 방식에 의한 청색 레이저를 개발한 결과를 덧붙이고자 한다. 한편, 통신용 광소자는 종류와 사양이 매우 다양한데 현재는 가입자용 uncooled LD 및 광증폭기용 고출력 LD에 대한 개발을 하고 있다. 이 이외에 화합물 반도체 광소자의 개혁을 몰고 온 GaN 청색 LED는 청색 LD를 목표로 한 개발 과정에서의 부산물로 분리 될 수 있으나, 현재는 청색 LED 자체가 그 어떤 것보다 폭발적인 응용 분야와 시장을 개척하고 주변 적색LED 산업을 부활 시키는 등 그 어떤 것보다도 화합물 반도체 광 소자 분야에 활력을 불어 넣는 것은 매우 고무적인 일이라 할 수 있다. 이 이외에 광 홀로그래프 모듈 레이저, 광 디스크 등의 광 관련 전반에 걸친 연구가 진행되고 있지만 이 글에서는 생략하고자 한다.

2. 광 정보 저장 장치용 광 소자 개발

광 storage 분야의 일등 공신은 현재 거의 모든 PC에 부착되는 CD-ROM이라 할 수 있다. 이것이 멀티 미디어 시대에 화합물 반도체 광 소자를 인류에게 가까이 하게 한 주요 선봉장이

다. 특히 2~3년간 DVD의 치열한 규격 논쟁은 차세대 멀티 미디어기기로 이런 응용을 더욱 가속화 시켰다. 현재 LG CIT가 이 분야에서 현재 주력하고 있는 것은 다음과 같이 크게 4가지로 분류할 수 있다.

CD와 같은 광 디스크에 정보를 기록할 수 있는 CD-R, CD-RW인 장치가 급부상하고 있다. 현재 이런 기록 장치에서 CD-ROM기준 기록 속도를 2배속에서 4배속으로 증가 시키려는 노력이 진행 중인데 이의 한계가 780nm AlGaAs/GaAs계 LD의 출력이라 할 수 있다. 즉 LD의 출력을 30mW에서 60mW로 증가 시키려고 하는 요구가 시급하다. 이것은 고가의 LD가 대량으로 필요한 매우 매력적인 시장이다. 두번째로는 잘 알려진 DVD용 650nm AlGaInP/GaInP LD 이다. 현재 LD의 광학적 특성이 CD-ROM 비해 매우 취약하기 때문에 광학계의 많은 회생을 요구하고 있는데, 앞으로도 많은 개선의 항목이 기회로 주어지리라 예상된다. 다음은 GaN 청색 계열 소자의 개발이다. 이 부분은 LG CIT가 94년 초에 개발을 착수하였다. 이것은 전례없이 조기에 착수한 것으로 소자 구조의 복잡성 보다는 물질 자체의 특성이 상당히 Challengeable하다. 현재 청색 고휘도 LED는 상용화에 필요한 양산 기술과 특히 대응이 문제이다. 반면에, LD의 경우는 현재 너무 많이 인용되고 있는 기업인 Nichia사가 30여 시간 상온 동작 보고가 있지만 내용을 깊이 관찰하면, 시스템에 탑재할 정도의 신뢰성이 보장되는 상용화까지는 아직 상당한 시간과 기술 혁신이 필요하다고 생각한다. 마지막으로 청색 레이저의 강력한 필요에 대응하기서는 개발하였던 제 2고조파 생성에 의한 청색 레이저도 간략히 소개하고자 한다. (창간호 결 표지에 소개)

2.1 780nm AlGaAs/GaAs 고휘력 LD

CD에 정보를 기록 하는 방식은 DVD-RAM이 완전 보급될 때까지 계속적으로 증가할 추세이다. DVD-RAM 규격 합의가 진행되고 있지만 이것이 완전 합의되고 기술적 문제 및 신뢰성이 해결되어 생산에 들어가기까지는 최소한 3~4년 이상이 예상된다. 반면에 CD-ROM에 대응되는 것으로서, 일회 기록 가능 장치 CD-R, 반복 기록 재생 장치인 CD-RW의 시장 확대 및 시장 진입의 급성장은 최근 팔목할 정도이다. 세대 교체에서 올 수 있는 기회는 기록 속도의 증가에 대한 고객의 요구로써 왜냐하면, 보통 CD-R을 2배속에서 기록하려면 약 35분이상이 필요한데, 자꾸만 빨라지는 CD-ROM과 비교하면 이것은 참을 수 없는 사양이라 한다. 따라서 기록 속도를 높이면 출력을 약 2배로 높인 약 60~70mW출력 증가 작업이 필요하다는 것이다. 수백 mW인 LD가 판매되고 있는데 수십 mW출력

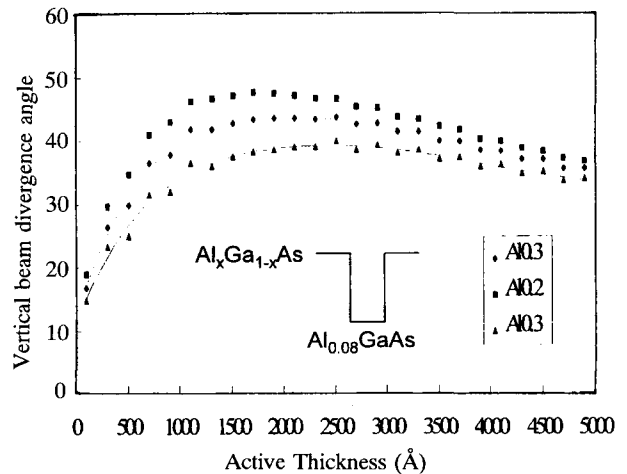


그림 1. 활성층 두께와 수직 방사각과의 관계

이 무엇이 issue가 되느냐라고 생각될 지 모르겠지만, 광학계에서 요구하고 있는 LD의 특성 및 이를 만족 시켜야 하는 LD의 구조를 살펴보면 곧 상당한 난이도를 느낄 수 있다.

CD-R에서 요구되는 LD의 중요 특성은, 레이저 빔의 방사각 특성으로 수직 수평 방사각 비율이 약 2.5 이하 및 비점수차를 10 μ m이하로 요구하고 있다. 그리고 수평 방사각은 9도 이상이 되어야 하는데, 이 특성을 만들기 위해서는 buried hetero-structure구조가 사실상 불가능한 AlGaAs/GaAs계의 레이저 구조 상 buried ridge의 ridge 폭이 약 3 μ m근처이어야 한다. 이런 조건에서 수직 방사각을 최소화 시키는 활성층의 구조는 상당히 제한을 받고 있다. 그림 1은 본 개발에 이용된 QW (Quantum well) 구조에서 활성층 두께와 QW barrier 층의 Al 조성에 따른 수직 방사각의 해석 결과이다. 수직 방사각을 25도 이하로 조절하기 위해서는 QW포함 barrier의 두께가 약 500 \AA 이하이어야 한다. 더 이상 물려 설 수 없는 최소화된 수직 방사각에서 언급한 수평 방사각을 가능한 증가시켜야 하는데 최소 9도로 만족시키기 위하여서는, 레이저 발진 영역의 ridge 폭이 매우 좁게 된다. 문제는 이런 좁은 폭을 갖는 레이

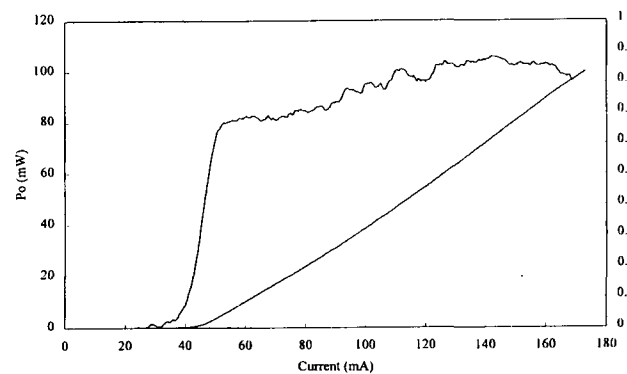


그림 2. 780nm 고휘력 LD의 전류대 광출력 특성 곡선

표 1. 780nm 고출력 LD광전 특성 (T=25°C)

Items	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
Threshold current	38	43	46	mA	
Output power		30	50	mW	
Operating current	87	89	91	mA	$P_o=30mW$
Operating voltage		2.0		V	"
Slope efficiency	0.65	0.70	0.75	W/A	"
Wavelength	785	790	795	nm	"
Beam divergence	Parallel	7	9	deg	"
	Normal	20	30	deg	"

저가 60mW 이상의 고출력의 동작으로 최소 60°C 고온 동작이 수만 시간 가능한 레이저를 보장하는 것이 가장 난제이다. 그림 2에는 레이저의 전류 대 광 출력 특성 곡선이다. 문턱 전류는 약 40mA 근처에서 100mW까지 발진하는 특성을 보여 준다. 보통 자주 보여지는 전류 대 출력 특성 곡선에서 레이저가 안정적으로 연속 동작할 수 있는 것은 최대 출력의 약 1/2 이하인 50mW 정도이다. 보통 양자 효율이 전류에 대하여 증가하면 결정학적으로 양질의 특성을 갖고 있다는 것을 의미하며, 열적으로 대단히 양호한 특성을 갖게 된다. 현재 개발되고 있는 소자의 광전 특성을 표 1에 요약하였다. 레이저의 신뢰성은 영원히 어려운 과제로 남는다. 개발 초기에 모든 특성을 만족 시켜도 신뢰성 검증을 하면 죽어 나가는 LD가 수 천이기 때문이다. 특히 LD 완제품의 크기를 가능한 작게 하기 위하여 5.6mm 직경을 갖는 소형 package 형태로 제공해야 한다는 것이 신뢰성 보장 측면에서 상황을 어렵게 만든다고 할 수 있다. 그림 3은 개발된 소자의 신뢰성 실험 자료로서, 60°C 30mW의 1000시간 연속 동작을 통과한 결과이다. 5개의 샘플 모두 다 통과 하였으며, 1000시간 동작 후 전류 증가는 평균 1.4mA로 1만 시간 동작을 외삽법을 통해 가정하면 14mA 증가이며, 이것은 전체 동작 전류 대비 14% 이내로 1만 시간 기준 시 20% 이하의 증가율 기준을 만족 시키는 양이다. 최근에서는 4배속 요구에 대응하기 위해서 LD의 출력을 60mW로 증가 시키는

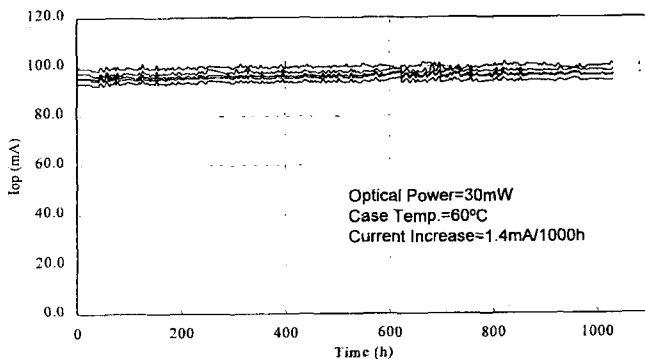


그림 3. 780nm 30mW 신뢰성 검증 자료

작업이 진행 중이다.

2.2 650nm DVD용 AlGaInP/GaInP LD

DVD가 본격적으로 도입되는 2000년대의 DVD용 LD의 수요는 대단할 것이라 예상된다. CD-ROM이 상당 기간 공존 할 경우도 2000년대 총 수요는 1억 2천 만대의 시장을 예상하고 있다. DVD용 LD는 기존의 CD-ROM용 780nm LD에 비해 현재 광학적 특성이 취약하다. 구체적으로 수평 방사각 특성이 CD-ROM 기준 11도 보다는 매우 작은 8도 근처이며, noise 특성에서는 자려 발진 특성이 개선될 항목이다. 신뢰성은 많이 개선되어 현재 70°C를 보장한다는 보고가 있다. 2년 전에 DVD시스템을 구성할 시, 일본 선두 업체의 DVD용 LD의 특성은 그리 좋지 않았다. 특히 CD-ROM 광학계에 익숙한 광학 설계의 요구는 수평 방사각이 최소 9도를 요구하였으나, 그 당시 본 연구실의 최대 방사각은 7.5도인 상황이었다. 그 당시 일본 기업체 샘플이 2~3군데 가능했는데, 그 중 한개사의 샘플이 수평 방사각이 9도가 가능하였다. 그래서 그 샘플을 입수하여 광학계 제작에 들어갔는데 상온에서 약 3일을 동작하지 못하는 상황이었다. 즉 신뢰성의 문제를 안고 있었다는 것이다. 결국 광학계 설계는 7.5도로 수정되었다. 수평 방사각은 그림 4에 보듯이 활성층 ridge의 폭에 역으로 비례하는데, 수평 방사각이 작은 이유는 경사진 기판을 사용할 때 기판으로 기울어진 쪽으로 ridge의 꼬리가 길게 생기는 것이다. 이것은 경사진 기판을 사용하면 피할 수 없는 현상이다. 최근의 연구실 결과는 이런 항목을 개선하여 그림 5에서 보듯이 최소 약 9도에서 11도의 분포를 갖고 있다. 수평 방사각 2도를 개선 시키는데 약 2년의 세월이 걸린 것이다. 이에 대한 광전 특성표가 표 2로 정리되었다. 650nm LD의 또 다른 취약성은 LD의 신뢰성 보장이었다. 전자를 제한하는 clad 층의 QW과의 bandgap 차이가 작은 물질 특성의 한계를 갖는 AlGaInP LD는, 구조가 최

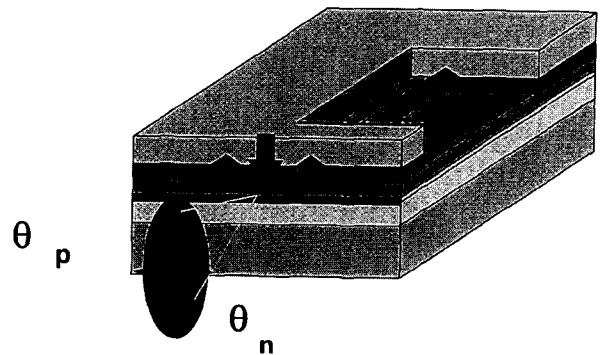


그림 4. 650nm LD의 전개도 그림

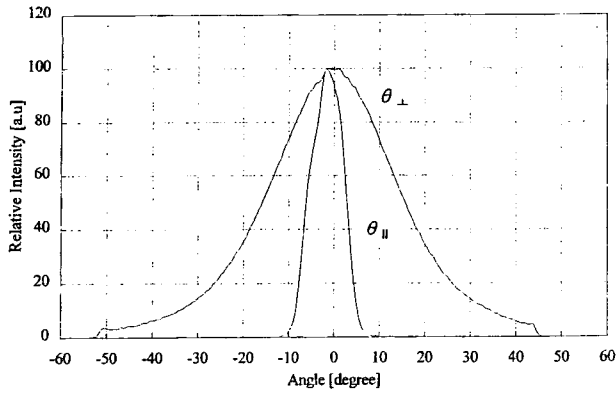


그림 5. 650 nm LD의 방사각 특성

표 2. 650nm LD의 광전 특성 (T=25°C)

Items	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions	
Threshold current	57	61	65	mA		
Output power		5	10	mW		
Operating current	64	67	72	mA		
Operating voltage		2.5		V	$P_o=3mW$	
Slope efficiency	0.48	0.53	0.61	W/A	"	
Wavelength	651	653	655	nm	"	
Beam divergence	Parallel	8	9.0	11	deg	"
	Norm	30	31	32	deg	"

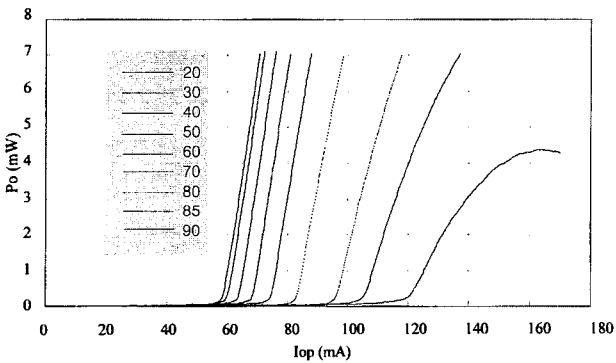


그림 6. 650nm LD의 광출력 특성의 온도 의존성

적화 되지 않으면 레이저가 발진하더라도 고온 동작은 거의 불가능하게 된다. 고온 동작 특성을 사전에 알아 보는 방법은 여러가지 온도에서 LD를 발진시켜 보는 것이다(그림 6). 이 물질은 물질 온도 특성이 취약하여, 70°C 이상에서는 장벽에서 전자 누설로 특성이 급격히 악화되기 시작한다. 90°C 이상에선 3mW 이상 발진이 어렵게 되며, 안정적인 동작은 70°C 이하라 할 수 있다. 70°C 3mW에서 1000 시간 동작 시킨 신뢰성 특성을 그림 7(a)에서 볼 수 있다. 1000시간 이상에서도 동작 전류의 증가 모습이 보이지 않을 정도로 매우 안정적인 특성을 갖고 있다. 신뢰성의 객관화를 위해 동일 조건(동일한 신뢰성 chamber)에서 동작시킨 타사의 LD 경우 그림 7 (b) 공교롭게

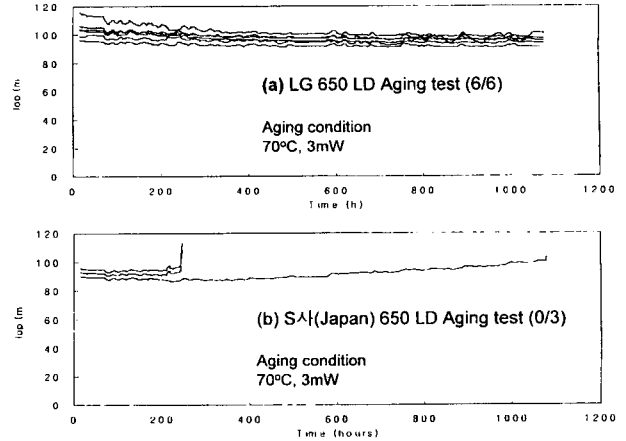


그림 7. (a) LG CIT 650nm LD의 고온 신뢰성 검증 자료 (b) 타사 고온 신뢰성 비교 검증 자료

도 그리 양호한 특성을 갖지 못하였다. 그러나 최근 80°C에서 동작하는 보고가 신문 지상에서 나타났는데 지켜 볼 일이다.

2.3 GaN 청색 광원 개발

청색 광원의 두 가지 접근 방식은 시간에 따라 장단점이 교차하였다. 91년에 ZnSe계가 청색 LD 발진을 보고할 당시 오로지 선택의 길은 ZnSe만 있는 것 같았다. 그 만큼 ZnSe가 LD 구성에 매력적이었던 것이 사실이었었다. 지금은 누구나 ZnSe의 결함 발생 및 결함 전파의 물질적 안정성을 쉽게 논의 하지만 그 당시 이것을 예측하는 것은 쉬운 일이 아니었다. ZnSe에 대한 연구가 대단히 확산되었었다. 이런 상황에서 본 연구실에서는 ZnSe와 GaN 물질의 선택에서 결국 GaN을 택하게 되었는데 이유는, LD가 결국 궁극적으로 살아 남는다는 것은 물질의 신뢰성 측면이 보장되어야 한다는 사실에서였다. 이것은 비유하면 지금 GaN LD가 불가능하니 GaN을 하지 말고 ZnSe를 해야한다는 것과 같은 예상 상황이라 할 수 있겠다. ZnSe의 부정적 관점과 GaN의 막연한 기대속에서 GaN 개발에 사전 준비가 진행되어 오던 상황에서 Nichia의 보고가 있었다. 돌이켜보면 안타까운 일은 GaN 연구를 구체화 시킬 장비 및 source 등의 국내 infra구조가 취약한 상황이다. 지금은 많이 좋아지고 있지만 기초 연구에 대한 infra는 아직 심히 부족하고, 새로운 연구에 대한 한계라 할 수 있다. 결국 LG CIT의 GaN 연구는 94년 초에야 가능하게 되었다. 그 당시 장비 선정이 난제였는데, 이유는 장비 제조사가 GaN 용 MOCVD 장치를 제작해 본 경험이 그야말로 일천하였기 때문이다. 물질의 특성을 고려하여 최적의 epitaxy가 가능한 MOCVD 공정을 설계하여 reactor 설계에 들어가야 하는데 idea만 있어지, 뒤의 infra가 부족하였는데, 마침 적절한 장비를 선정 개조하고 연구원 충원하

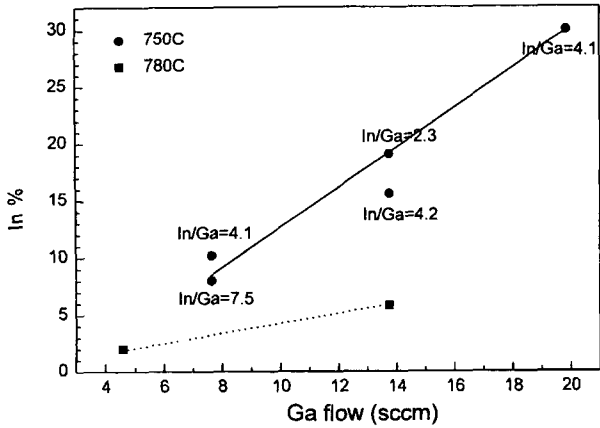


그림 8. InGaN의 In 조성 실험 자료

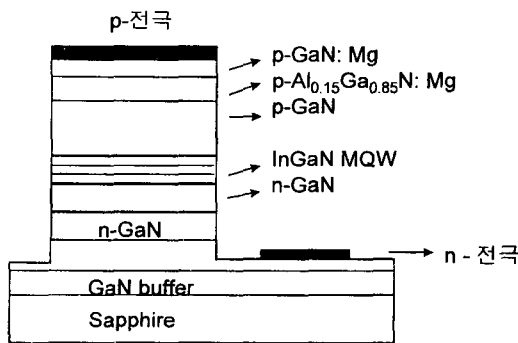


그림 9. InGaN MQW 청색 LED의 단면 구조

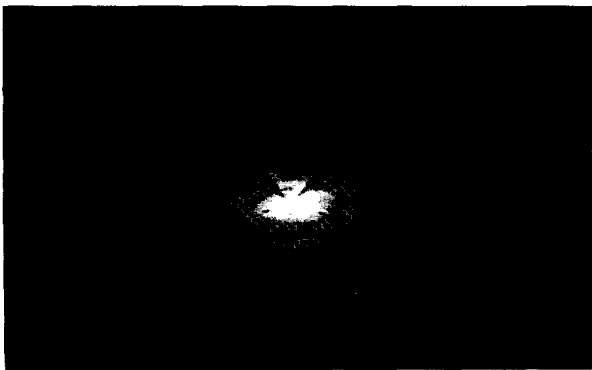


그림 10. GaN 청색 LED의 on-wafer 동작 사진

여 GaN연구가 착수 되었었다.

GaN 소자의 성공 여부는 누가 양질의 InGaN 층과 p형 GaN 결정 층을 확보하는냐 하는 것이다. 1000°C가 넘는 고온에서 결정이 가능하기 때문에 온도를 증가시키는 작업을 장비를 포함한 여러 가지 문제를 파생시키지만 결국은 해결될 것이고, 점점 그렇게 되어가고 있다. 현재 연구가 진행 중이고 검증이 되어있지 않기 때문에 자세한 것은 언급할 수 없지만, 한 가지 예로 그림 8은 InGaN의 성장 온도 및 Ga flow 변화에 따른 InGaN의 In 조성의 변화를 나타낸 것이다. InGaN의 In

양이 증가할 수로 결정의 질 및 표면 상태가 악화되기 시작한 다. p형 GaN도 재현성 있게 Mg를 doping시키고 활성화 시키는 기술이 가장 중요한 과제라 할 수 있다. 그림 9은 96년에 개발된 청색 LED의 단면 구조의 도식도 이고, 그림 10는 소자 제작이 끝난 LED의 on-wafer상의 LED 발광 특성 사진이다. 출력은 십여 mW의 밝기이며, 휘도로 환산해서는 1cd 이상의 휘도이다.

앞으로의 과제는 저 전압 동작이 가능한 신뢰성 있는 소자와, 생산적 측면에서는 재현성 있고 수율 높은 공정 개발 및 일본 선진사가 구축해온 특허를 회피 내지는 개선시키는 것이 과제이며, 마지막 남은 영역인 LD 개발에 전력하는 것이다.

2.4 제2고조파 방식에 의한 청색 레이저

소형 청색 레이저에 대한 요구는 대단하며, 그 파급효과는 상상을 불허한다. 특히 광 정보 저장 장치에서 기록 밀도를 향상 시키는 마지막 남은 강력한 방법은 레이저의 파장의 단파장화라 하겠다. 특히 이것이 부각되는 이유는 고밀도를 위해 광학계에서 가능한 모든 방법을 DVD에서 모두 소진하였기 때문이다. 따라서 청색 혹은 더욱 단파장인 자외선 레이저는 DVD 이후 차세대 고밀도 광 디스크 시스템의 백미라 하겠다. DVD의 레이저 파장이 635~650nm이기 때문에 차세대 시스템은 더욱 짧은 파장을 요구하게 되는데 따라서 510nm 대역의 녹색 레이저는 그다지 큰 매력을 갖지 못할 것이다. 이에 대한 대안으로 소형이 가능한 제 2 고조파 발생 청색 레이저(SHG: Second Harmonic Generation)의 연구를 하였었다. SHG 방식도 여러 가지가 있는데 QPM(Quasi Phase matching) waveguide 방식은 소형의 레이저가 가능하고 대량 생산이 가능할 수 있어 저가격이 예상되었기 때문에 연구 개발 과제로 선택하였다(참고로 이 연구는 KAIST 전자공학과 광과 연구실과 공동 개발한 결과이다.). 초기에 LiNbO₃기판을 사용하여 3차 order grating 변환 방식의 SHG 레이저를 1차 개발하였고, 성능을 개선시키기 위하여 1차 order가 가능하고 optical damage level이 높은 LiTaO₃로 대체하였다

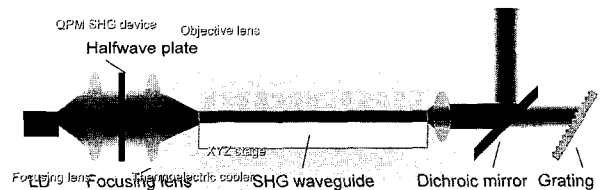


그림 11. SHG 청색 레이저 개념도

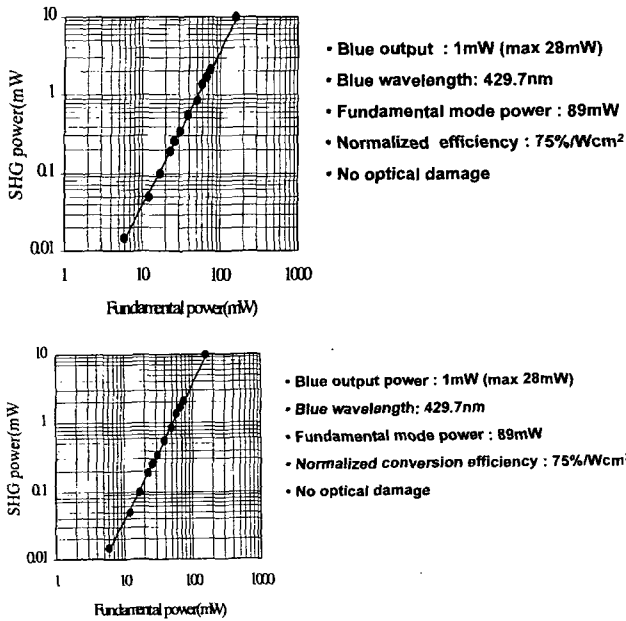


그림 12. SHG 청색 레이저 입력 대 출력 특성

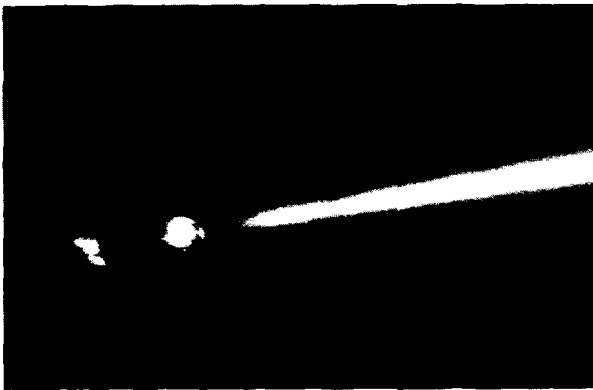


그림 13. SHG 청색 레이저 사진

이에 대한 개념도가 그림 11에 있다. LD로 방출된 레이저 빔은 광학 렌즈를 이용하거나 혹은 직접 SHG waveguide기판에 입사되고 여기서 QPM 원리에 의해 제 2고조파인 청색 광이 생성된다. 이 기술의 관건은 SHG waveguide의 제 2 고조파 변환 효율로 LiTaO₃기판의 결정질, domain inversion 조절 등 매우 까다로운 실험 방식을 요구하였다. 860nm 파장으로 레이저 빔을 주사했을 때 파생되는 청색 광 레이저의 출력이 그림 12에 보여진 대로 10mW까지 가능함을 알 수 있다. 그림 13은 이에 대한 실험 장치 및 창간호 겐 표지에 실린 청색 레이저의 ray를 볼 수 있다.

3. 광 통신용 광 소자 개발 현황

광통신용 광 소자는 국내에서도 활기있게 연구 개발 되고 있

는 분야이다. LG CIT는 광 통신 광 소자 개발에서는 비교적 늦게 참여하였다. 그 중 개발되고 있는 소자를 간략히 소개하고자 한다.

3.1 가입자용 1.3μm GaInAsP/InP uncooled LD

1.3μm의 GaInAsP/InP물질은 P의 성장상 결정의 계면이 AlGaAs/GaAs만큼 강하지 못하여, MQW를 사용해야 한다. 이 경우 GaInAsP는 3족 5족의 성분이 각각 2개씩 있어서 strain을 포함하면 매우 다양한 QW 조합이 가능하게 된다. LG CIT에서 사용한 QW은 Compressive strain을 사용하여 최적화 하였다. 이에 대한 자세한 구성도가 그림 14에 있다. 5개의 QW를 사용하였고 strain compensation 개념은 아직 도입을 하지 않았다. 통신용 광소자 제작 방법인 화학 식각과 2차, 3차에 걸친 epitaxy과정을 거친 buried heterostructure의 LD의 단면 사진을 그림 15에서 볼 수 있다.

레이저를 300μm 길이로 고정하였을 경우 문턱 전류는 평균 10mA였고 레이저 거울면에 약 50% 반사율로 mirror coating을 하면 문턱 전류는 약 8mA정도로 낮아진다(그림 16(a)). 이때의 파장은 1.306μm(그림 16(b))이다. 참고로 특성 평가시 레이저의 저 전류 동작을 위하여, 90%의 반사막 coating과 레이저 길이를 단축 시키는 절차는 밟지 않았다.

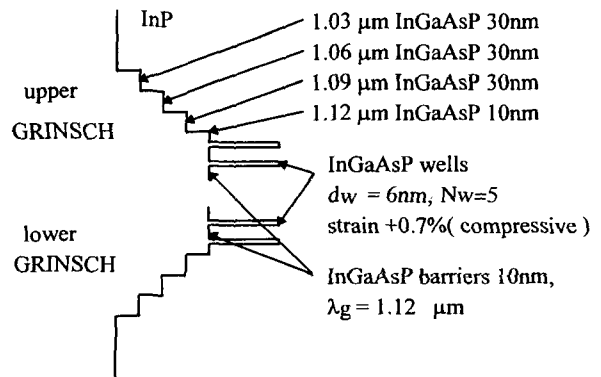


그림 14. 통신용 광소자의 활성층 구성도

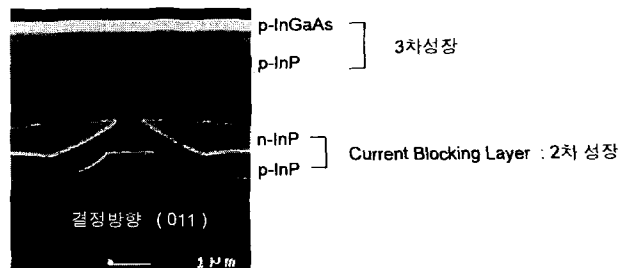


그림 15. 3차 epitaxy후 완성된 LD의 SEM 사진

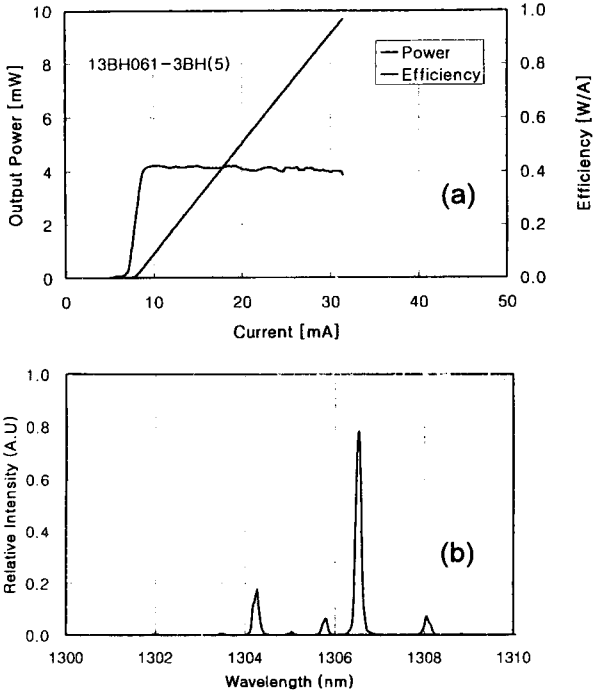


그림 16. 통신용 광소자의 광출력 특성(a) 및 파장 특성(b)

통신용은 특히 신뢰성이 중요시 되는 소자로 최고 85°C에서 고온 신뢰성 검증을 시도하게 되는데, 500시간 통과 후 약 6% 동작 전류 증가가 나타났다(그림 17(a)). 이를 95°C로 상승시켜 신뢰성 검증한 결과 500시간 에서 약 22%의 증가를 보였으나 급격한 열화 현상은 발견되지 않았다(그림 17(b)).

4. 맺음말

많은 부분이 생략되고 두서 없는 글이 되었지만, 현재 LG CIT연구소에서 이런 연구를 이런 수준으로 하고 있다는 것으로 참조 되었으면 한다. 광 소자는 다양한 응용 분야와 새로이 창출되는 시장 개척으로 상당히 밝은 전망을 갖고 있다. 특히

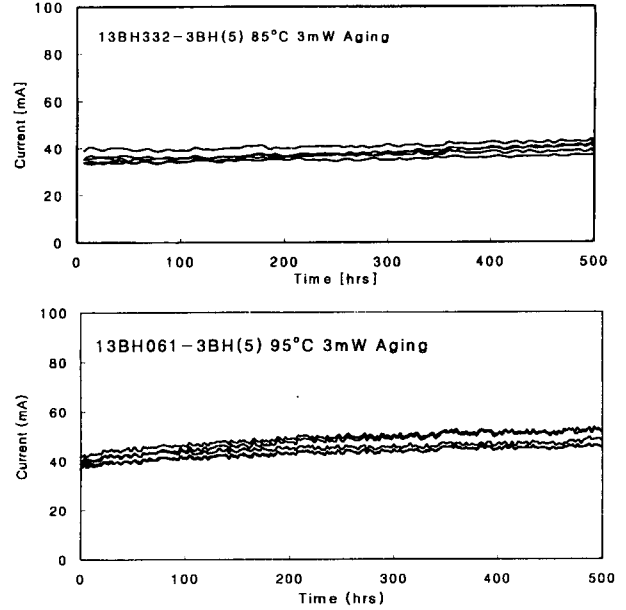


그림 17. 통신용 광 소자의 고온(a) 85°C 및 (b) 95°C 신뢰성 검증 자료

한국과 같이 경제 구조가 경직된 상황에서 국가 기간 산업뿐 아니라 광 소자를 기반으로 하는 다양하고 새로운 시스템 응용 발굴은 전반적 경제 구조의 균형을 위해 필수 불가결이라 할 수 있다. 하루 속히 국내 기업이 이 분야에서 수익을 많이 창출하고 이것이 다시 학교나 연구소에 투자되어 자생력 있는 연구 개발 체제를 구축하기를 기원한다. 또한 광학과 기술 분야에 관련된 모든 사람들이 창조적 활동으로 21세기에는 광학 기술의 강국이 되어 세계를 선도할 수 있기를 기원한다.

감사의 글

그 동안 Project의 목표 달성을 위해 불철 주야 연구에 전념한 연구원 모두 및 특별히 여러 가지 자료 및 그림을 모아 정리해 준 진용성씨께 감사의 말을 전합니다.