

Laser Scanning Unit을 위한 8빔 레이저 다이오드 개발

송대권* · 박종근 · 김재규 · 박정현 · 소상영 · 곽윤석 · 양민식 · 최안식 · 김태경[†]

(주)큐에스아이

☎ 331-836 충남 천안시 서북구 성거읍 천흥리 315-9

(2010년 5월 24일 받음, 2010년 6월 11일 수정본 받음, 2010년 6월 11일 게재 확정)

레이저 프린터 및 OA복합기 내부의 감광 드럼에 빛을 조사하는 핵심 광 모듈인 Laser Scanning Unit(LSU)의 광원으로 사용할 수 있는 발진파장 780 nm, 광 출력 10 mW의 모노리식 집적형 8빔 레이저 다이오드를 개발하였다. 개발된 8-빔 소자의 레이저 빔들의 각각의 물리적 간격은 30 μm 이며, 각 빔을 독립적으로 작동시키기 위해서, 공중배선공정을 신규로 개발하였다. 개발된 8빔 레이저 다이오드의 전기 및 광학적 특성 측정 결과 레이저 프린터 및 복합기의 LSU에 사용 가능성을 검증하였다.

8 Beam Laser Diode Development for Laser Scanning Unit

Dae-Gwon Song*, Jong-Keun Park, Jae-Gyu Kim, Jung-Hyun Park, Sang-Yang So,

Yoon-Seok Kwak, Min-Sik Yang, An-Sik Choi, and Tae-Kyung Kim[†]

Quantum Semiconductor International Co., Ltd.

315-9 Cheonheung-ri, Sungger-eup, Seobuk-gu, Cheonan 331-836, Korea

(Received May 24, 2010; Revised manuscript June 11, 2010; Accepted June 11, 2010)

A 780 nm monolithic individually addressable 8-beam diode laser with 10mW optical power was developed for use in a laser scanning unit. Beam to beam spacing is 30 μm and an air bridge interconnection process was developed for individual operations. From electrical and optical characteristic measurements, the developed device is a suitable optical source for a high speed laser scanning unit in multi-function printing systems and laser beam printers.

Keywords: Laser diode, Laser arrays, Laser scanning unit

OCIS codes: (140.0149) Lasers and laser optics; (140.2020) Diode lasers; (140.3290)Laser arrays; (140.5960) Semiconductor lasers

I 서 론

레이저 프린터 및 OA용 복합기 기에서는 사용자들은 더 빠른 인쇄 속도 즉, 분당 출력 속도(PPM : printing per minute)의 증가를 지속적으로 요구하고 있다. 현재 레이저 프린터 및 복합기내부의 감광드럼에 빛을 조사하는 레이저 스캐닝 유닛(LSU : Laser Scanning Unit)에서는 레이저 광원으로 일반적으로 1빔, 2빔 레이저 다이오드 소자가 널리 사용되고 있으며, 최근에는 4 빔 소자의 채용도 차차 증가 하고 있다^[1-2]. 레이저 프린터 및 복합기 기에서 분당 출력 속도를 증가시키기 위한 방법으로 몇 가지 방법이 있지만 그 중 레이저 다이오드에서 방출되는 빔의 빔 수를 늘이는 경우, 빔의 수

가 증가 할수록 한꺼번에 더 많은 양의 레이저 빔을 감광드럼에 조사가 가능하기 때문에 고속인쇄가 가능하다^[1-2].

본 논문에서는 고속 레이저 프린터 및 복합기기의 레이저 광원으로, 8개의 레이저 빔이 각각 독립동작이 가능한 모노리식 집적형 8 빔 레이저 다이오드의 개발에 대해 기술하며, 이론적으로 레이저 프린터의 출력 속도를 기존 1빔을 사용하는 경우보다 8배 빠르게 인쇄가 가능하다. 8빔 레이저 다이오드를 개발하기 위해 반도체 웨이퍼 공정을 통한 레이저 다이오드 칩을 제작하고 TO-Can 형태의 패키지에 조립하였으며, 측정 시스템을 통해 레이저 다이오드의 전기&광학적 특성을 측정함으로써 레이저 프린터 및 복합기 시스템에 적용 가능성을 검증하였다.

[†]E-mail: ted@qsilaser.com, *dksong@qsilaser.com

Color versions of one or more of the figures in this paper are available online.

II. 레이저 스캐닝 유닛(LSU)

레이저 다이오드는 레이저 프린터의 핵심 부품인 LSU에 사용되는 레이저 광원이며, 그림 1에 LSU의 블럭도를 나타내었다. 그림 1에서 프린터에서 인가되는 신호들에 의해 레이저 다이오드를 구동하는 구동부가 레이저 다이오드를 발광시키게 된다. 레이저 다이오드에서 방출된 빛은 콜리메이팅(Collimating) 렌즈에 의해 평행 빔으로 형성되며, 개구(Aperture : 사각 및 타원 모양)에 의해 일정한 모양을 갖는 빔으로 되고 실린더(Cylindrical) 렌즈에 의해 고속으로 회전하는 폴리곤 미러(Polygon Mirror) 면에 입사한다. 폴리곤 미러 면에 입사된 빔은 반사되어 F-theta 렌즈에 입사되고 최종 감광드럼(photosensitive drum)에 주사된다. F-theta 렌즈의 역할은 감광드럼에 빔을 등 간격 및 일정 빔경을 갖도록 하는 것이며, PD(photo diode)의 역할은 화상 시작을 알리는 신호로써 프린터에서는 이 신호를 바탕으로 일정 시간 후에 실제 인쇄를 시작하게 된다. 레이저 빔에 의해 음으로 대전된 감광드럼 부분은 후에 양으로 대전된 토너(toner)와 결합하고 토너는 후에 열에 의해 종이에 고착된다³⁻⁵⁾.

그림 1의 LSU가 장착된 레이저 프린터 및 복합기의 인쇄 속도를 결정하는 인자는 몇 가지 있지만 그 중 레이저 다이오드에서 방출되는 빔의 수를 증가시킴으로써 가능하다. 즉, 레이저 빔의 수가 증가할수록 한꺼번에 더 많은 양의 레이저를 감광드럼에 주사가 가능하기 때문이다. 1빔 사용하는 경우와 8빔을 사용하는 경우에 대해 감광드럼에 빔이 형성되는 개념을 그림 2에 도식화하였으며, 1빔 사용 시 출력 속도가 20PPM으로 가정한다면 8빔 사용 시에는 160PPM에 출력 속도를 달성할 수 있게 된다.

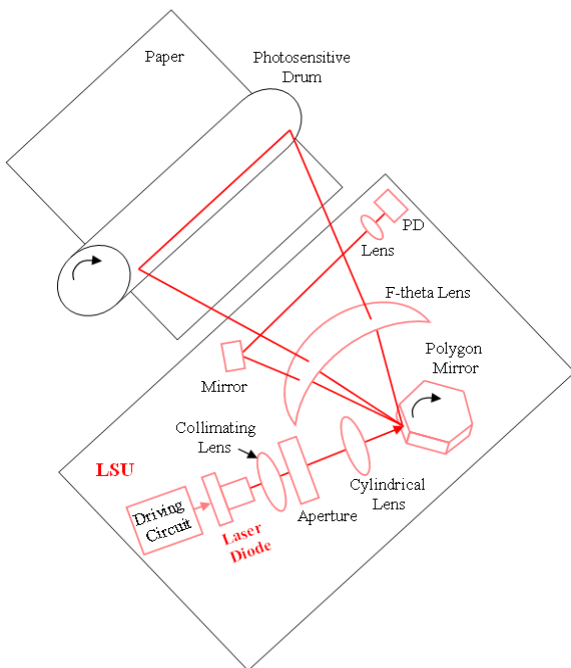


FIG. 1. LSU block diagram.

III. 8빔 레이저 다이오드 소자 설계 및 제작

3.1. EPI 성장 및 소자 제작

레이저 다이오드 구조는 활성층을 특정 파장에 해당하는 직접천이 밴드갭을 가진 물질의 박막층 또는 양자구조를, 보다 큰 밴드갭을 가지면서 굴절율이 낮은 물질 사이에 삽입시킨 이중 접합 구조를 중심으로 하여 p-i-n 다이오드 구조로 형성시킨 형태로 이루어지며, 레이저 다이오드는 주로 III-V 족 및 II-VI족 화합물반도체를 이용하여 제작되며 빛을 발생하는 반도체재료의 조성과 도입하는 양자구조의 성질에 따라 발진파장이 결정되는데, 필요한 화합물 반도체 결정을 격자상수가 비슷한 상용화된 반도체 기판위에 MOVPE (metalorganic vapor phase epitaxy)법이나 MBE (molecular beam epitaxy)법을 이용하여 에피층을 성장하게 된다. 본 논문에서는 표 1과 같은 구조로 에피층을 MOVPE법으로 성장하였다.

Epitaxial 층은 Aixtron AIX-2400 G2 reactor를 사용하여 성장하였다. III족 가스 원으로는 Trimethyl Gallium(TMGa), Trimethyl Aluminium(TMAI)를 사용하였고, V족 가스로는 Arsine(AsH₃)를 사용하였으며, n-type 도판트(dopant)로는 Silane(SiH₄), p-type 도판트로는 Diethyl Zinc(DEZn)를 사용하였다. EPI 구조 성장은 n-type의 Si 도핑된 10° off tilt 각도를 갖는 3인치 GaAs 기판에 GaAs 버퍼층을 4000 Å 두께로 성막하고 그 위에 두께 12000 Å의 n-clad 층인 Al_{0.5}Ga_{0.5}As을 성막한 후, 양자 우물(quantum well) 내 양자 구속 효과(confinement effect)를 위하여 waveguide인 un-doped Al_{0.35}Ga_{0.65}As 층을 400 Å의 두께로 성막하였고 양자 우물층으로 un-doped Al_{0.12}Ga_{0.88}As 층을 80 Å의 두께로 성막하였다. 활성층(Active) 영역은 D.Q.W(Double Quantum Well) 구조이며, 양자 우물 활성층 사이의 장벽층을 형성하는 역할을 하는 barrier 물질로는 waveguide와 동일한 un-doped Al_{0.35}Ga_{0.65}As 층을 50 Å 적용하였다.

활성층 바로 위의 upper waveguide 상부로는 p-type 도핑층들을 다음과 같은 차례로 성막하였다. 우선 p-type 도판트인 Zn의 양자 우물층으로의 확산현상에 인한 LD 소자의 신뢰성 불량을 막기 위해서 확산 방지층인 barrier층을 도핑 농도 1E+17cm⁻³의 Al_{0.5}Ga_{0.5}GaAs 층으로 500 Å 성막 후

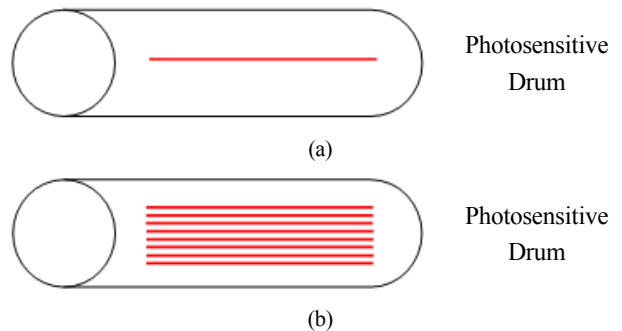


FIG. 2. Beam formation on photosensitive drum according to 1 beam vs 8 beam.

TABLE 1. 1st growth EPI design and characteristics specification of the 780 nm 8 beam

Layer No.	Layer Description	Material	x	Layer Thickness (Å)	PL (nm)	Doping Concentration (cm ⁻³)	Dopant
12	Top GaAs	GaAs		2000		1.0E+19	Zn
11	p-clad	Al _x Ga _{1-x} As	0.5	8000		1.0E+18	Zn
10	ESL	Al _x Ga _{1-x} As	0.8	90		1.0E+18	Zn
9	h-clad	Al _x Ga _{1-x} As	0.5	1500		1.0E+18	Zn
8		Al _x Ga _{1-x} As	0.5	500		1.0E+17	Zn
7	Waveguide	Al _x Ga _{1-x} As	0.35	400	670	-	undoped
6	Quantum well	Al _x Ga _{1-x} As	-	80	776	-	undoped
5	Barrier	Al _x Ga _{1-x} As	0.35	50	670	-	undoped
4	Quantum well	Al _x Ga _{1-x} As	-	80	776	-	undoped
3	Waveguide	Al _x Ga _{1-x} As	0.35	400	670	-	undoped
2	n-clad	Al _x Ga _{1-x} As	0.5	12000		-1.0E+18	Si
1	Buffer	GaAs	-	4000		-1.0E+18	Si

1E+18cm⁻³의 도핑 농도로 1500 Å 두께의 Al_{0.5}Ga_{0.5}As 층을 도핑레벨에 따른 grading 성장방법을 통해서 성막 하였다. 레이저 다이오드 칩 제작 시, Fab 공정 중 선택 매립 릿지 (SBR=selectively buried ridge) 공정을 위하여 Al_{0.8}Ga_{0.2}As 식각저지층 (ESL=etch stop layer)을 90 Å의 두께로 성막 하였으며, ESL 위로 1E+18cm⁻³의 도핑 농도의 Al_{0.5}Ga_{0.5}As p-클래드 층을 8000 Å의 두께로 성막 하였으며, 마지막으로 2000 Å 두께의 top GaAs 층을 1E+19cm⁻³의 도핑 농도로 성막하여 1차 성장을 완료하였다.

이후 Epitaxial 층이 1차 성장된 웨이퍼위에 3,000 Å 두께의 SiO₂ 에칭 마스크막을 PECVD(Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition)사용하여 증착한 후, photolithography를 이용하여 <110> 방향으로 폭 4 μm, 빔 간격 30 μm 의 stripe line pattern을 생성한다. 이 후 주석산계 Etchant를 사용하여 습식 식각(Wet Etching)을 진행하게 하여, Al_{0.8}Ga_{0.2}As 식각 저지층에서 Etch Stop이 이루어지게 하였다. etch stop이 이루어진 것을 확인한 후 다시 MOVPE법으로 2차 성막을 하였다. 이 때, 2차 성막은 릿지의 좌우 양측면에서만 이루어지고 SiO₂ 마스크위에는 성막되지 않는 선택적 성막이 일어난다. 2차 성장층은 릿지 내부의 Al_{0.5}Ga_{0.5}As p-클래드 층을 외부와 차단시켜 수평방향의 광 구속을 원활히 할 수 있도록 n-Al_{0.56}Ga_{0.34}As층과 n-GaAs층으로 1E+18cm⁻³ 도핑 농도를 가지는 총 0.8 μm 두께로 성장하여, 릿지 내부와 좌우 측면의 유효 굴절률 분포의 차이가 양의 값(positive step)을 갖도록 하여 real index waveguide가 되도록 하였다. 2차 성장이 완료된 웨이퍼는 10% BHF(Buffered Hydrogen Fluoride)담가 SiO₂ 마스크를 제거한 후 p⁺-GaAs층을 2E+19cm⁻³ 도핑 농도로 3.0um 두께로 3차 성장을 진행하였다. 3차 성장이 최종 완료된 웨이퍼는 성장 후 특이사항을 확인한 후 다음 공정인 에어브리지 공정을 진행하였다.

3.2. 에어브리지 기술

780 nm 파장대역의 멀티빔 소자를 제조하기 위해서는 소자 내 레이저 빔의 도파로 역할을 하는 릿지 도파로(ridge waveguide)의 균등 분할이 필요하다. 또한 각각의 릿지에서 레이저 빔이 나오는데 레이저 빔이 따로따로 출력될 수 있도록 각 릿지 위의 전극과 전선 접합용 판(wire bonding용 pad)이 균일하게 연결 되어야 한다. 이를 만족시키기 위해 공중 배선 연결 방법(air bridge)[6]를 이용하여 각각의 릿지 위의 전극과 전선 접합용 판을 연결하는 방식을 채택하여 소자를 개발하였으며, 그림 3, 4에 8빔 소자의 최종 에어 브리지 증착된 모습을 나타내었다.

에어 브리지 공정은 GaAs/AlGaAs 구조에서 재성장 후 P형 금속 전극을 형성하고 칩과 칩으로 분리하여 벽계면 미러 코팅 전 공정까지 적용된다. 재성장 후 릿지와 릿지 사이 및 칩과 칩을 분리시키기 위해 웨이퍼 전체적으로 SiO₂ 보호막을 PECVD 장비를 이용하여 증착하고 포토레지스트 패턴 작업을 하여 릿지와 릿지 사이 및 칩과 칩을 분리하는 영역을 제외한 나머지영역은 보호할 수 있도록 RIE(reactive-ion etching) 장비를 이용하여 건식 식각(dry etching)을 한다. 이때 릿지와 릿지 사이가 30 μm 이기 때문에 마스크 정렬 작업의 실수를 최소화 시켜야 한다. 이후 유도결합플라즈마(ICP : inductively coupled plasma) 장비를 이용하여 분리하여야 할 부분을 기관 GaAs까지 건식 식각한다. 이때 릿지와 릿지 사이의 분리 영역 중 일부 영역을 산화막으로 보호하여 공중 배선 금속 없이 전류가 주입 되도록 건식 식각을 한다. P 전극을 형성하기 위해 포토 레지스트 패턴 작업을 한 후 염산계 전처리 용액을 이용하여 전 처리를 한 후 E-beam 장비를 이용하여 티타늄/백금/금(Ti/Pt/Au) 순서로 금속을 웨이퍼 전면에 증착한 후 리프트 오프(Lift off)한다. 포토 레지스트 패턴 작업 진행에서 포토 마스크(photo mask) 제작 시 전류를 주입하기 위한 전선 접합용 판의 크기를 다르게 한다. 이유는 릿

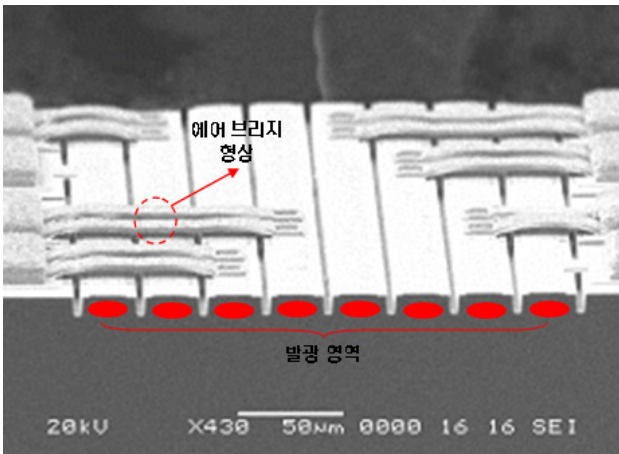


FIG. 3. Air bridge growth of the 8 beam.

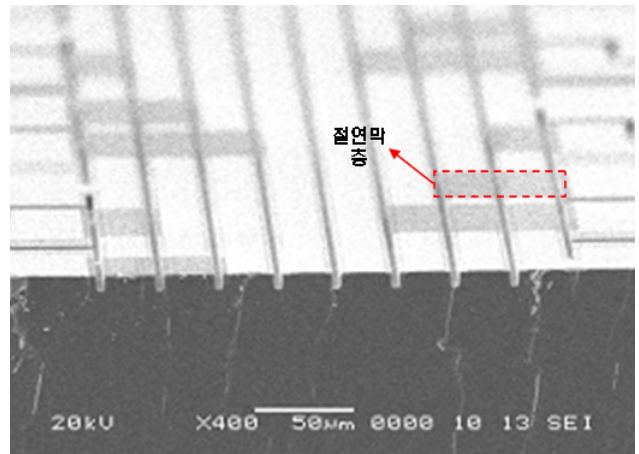


FIG. 5. Current blocking layer for air bridge of the 8 beam.

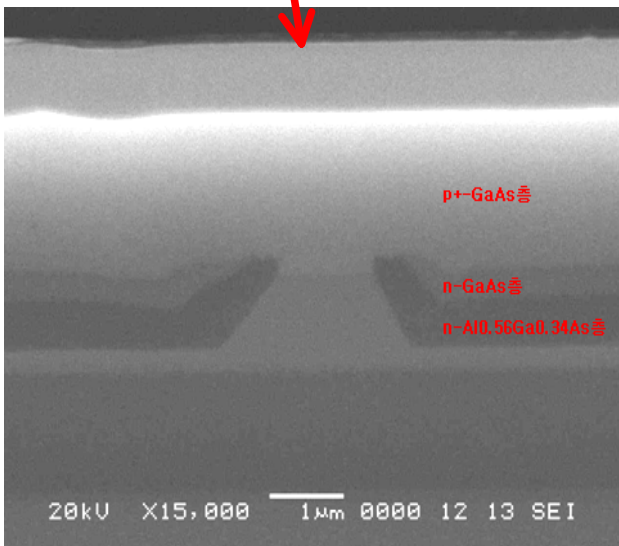
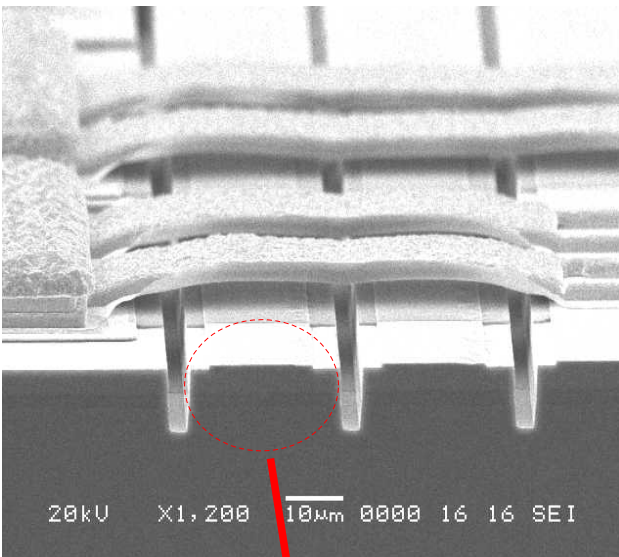


FIG. 4. Air bridge & ridge waveguide magnification picture.

지와 릿지 사이의 분리 영역 중 일부 영역을 건식 식각하지 않고 잔류를 시켜 양 끝단의 릿지를 연결시켰기 때문에 모든 릿지의 전선 접합용 판(wire bonding용 pad)의 크기를 동일하게 진행 할 경우 소자 특성에 차이가 있게 되기 때문이다. 절연막을 플라즈마강화 화학기상증착을 이용하여 증착한 후 포토 레지스트 패턴 작업을 하며 이후 진행 할 공중 배선 금속 하단부 아래 위치에 절연 막을 잔류시키고 나머지는 RIE 장비를 이용하여 건식 식각한다. 공중 배선 금속이 무너지게 되면 다른 릿지와 합선이 되기 때문에 이를 방지하기 위해서 절연막 층을 공중 배선 금속 바로 아래에 위치하도록 하여 증착하였으며, 그림 5에 절연막 성장을 나타내었다.

공중 배선 금속을 증착하기 위해 포토 레지스트 패턴 작업을 할 때 포토 레지스트 두께를 $6.5 \pm 1 \mu\text{m}$ 로 도포하여 포토 레지스트 작업을 한다. 이유는 공중배선 높이가 너무 높거나 낮으면 소자 제작 상 문제가 발생하게 된다. 공중 배선 높이가 $9 \mu\text{m}$ 이상일 경우 후 공정에서 칩의 벽개면 미리 코팅(facet mirror coating)시 지지바와 칩을 겹쳐 넣기를 하여 스퍼터(sputter)로 미터 코팅 작업을 진행할 때 지지바에 의해 공중 배선이 무너지게 된다. 또한 반대로 공중 배선 높이가 $4 \mu\text{m}$ 이하일 경우 전극과 전선 접합용 판이 연결 되었을 때 공중 배선이 접촉 및 합선되어 소자 특성에 악 영향을 미치게 된다. 따라서 공중 배선의 최적합 높이를 찾음으로서 해결할 수 있었다. 또한 포토 레지스트 패턴 공정 후 하드 베이킹(hard bake)를 높은 온도에서 진행하여 충분히 경화시켜주지 않으면 후 공정시 공중 배선 금속 하부의 포토 레지스트의 변형이 발생하게 되므로 145°C 5분간 진행한다. 그러나 150°C 이상의 온도에서 진행하게 되면 포토 레지스트의 변형으로 공중 배선 금속 하부의 포토 레지스트를 제거할 때 잘 제거가 안되는 문제가 발생한다. 공중 배선 금속을 증착하기 전 염산계 전처리 용액을 이용하여 전처리를 한 후 메탈 스퍼터(metal sputter) 혹은 E-beam 장비를 이용 티타늄/금(Ti/Au : $50 \text{ \AA}/800 \text{ \AA}$) 순서로 금속을 웨이퍼 전면에 증착하였으며, 그림 6에 증착된 형상을 나타내었다.

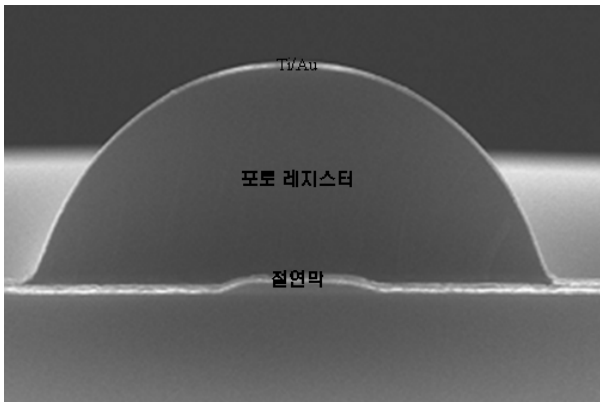


FIG. 6. Current blocking layer, photoresist, and Ti/Au growth structure of the 8 beam.

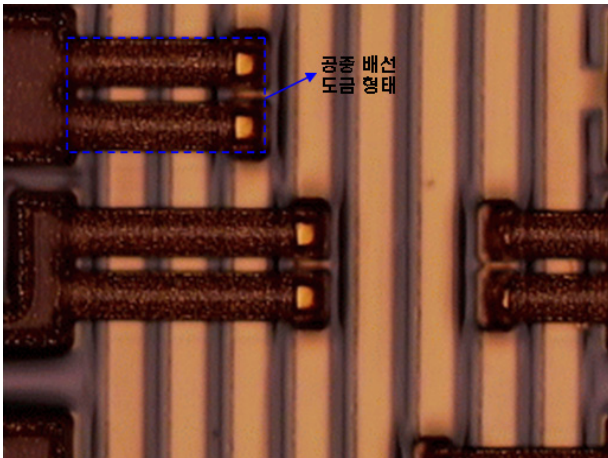


FIG. 7. Air bridge metal of the 8 beam.

포토 레지스트 패턴 공정을 작업하여 공중 배선 금속 부분만 노출하여 1차 도금을 실시한다. 1차 도금을 실시할 때 낮은 초기 전류 값에서 시작하여 수십 mA까지 서서히 증가시켜 작업을 하여야한다. 순간적으로 높은 전류 값을 주게 되면 공중 배선 금속 영역이 전선 접합용 판의 높이보다 높기 때문에 공중 배선 금속 부위에서 도금속도 및 도금량이 많아지게 된다. 이 때문에 공중 배선 금속과 전선 접합용 판의 경계 부위에 노치 현상이 발생하게 된다. 공중 배선 금속 및 전선 접합용 판에 도금하는 두께는 2 μm 이상 진행하여야 하중에 대해 공중 배선 금속이 견딜 수 있게 된다. 공중 배선 금속의 무너짐 및 뜸김을 방지하기 위해 포토 레지스트 패턴 작업을 하여 전선 접합용 판 부위만 2차 도금을 실시한다. 2차 도금 시 도금 두께를 공중 배선 금속의 높이보다 높게 따라서 10 μm 이상 형성해야 한다. 그림 7에는 8빔 소자의 공중 배선의 도금된 형태를 나타내었다.

3.3. Die bonding & Wire bonding

8빔 레이저 다이오드는 8개의 빔 발광을 각각 구현하기 위해서 레이저 다이오드 칩에 각 채널별로 전기신호를 인가해

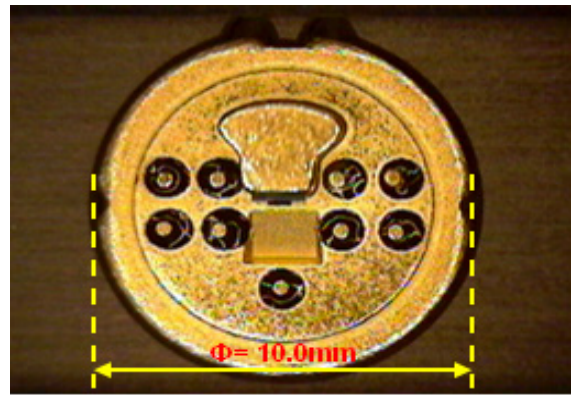


FIG. 8. TO-100 Stem.



FIG. 9. Wire bonding of the laser diode chip and stem pin.

야하기 때문에 패키지 스템(stem)에 총 10개의 리드 핀(LD 각 채널 8개, PD 1개, Common 1개)이 필요하다. 기존 상용되고 있는 TO-18($\phi = 5.6 \text{ mm}$) 또는 TO-5($\phi = 9.0 \text{ mm}$) 스템으로는 10개 핀 집적이 불가능하기 때문에 $\phi = 10.0 \text{ mm}$ 안에 10개의 핀이 집적될 수 있도록 신규 스템을 제작하였다. 그림 8에 본 논문에서 적용한 $\phi = 10.0 \text{ mm}$ 스템을 나타내었다.

8빔 소자의 경우 8개 각각 채널에서 레이저 발진이 이루어져야 하기 때문에 그림 9과 같이 8빔 스템에 본딩된 레이저 다이오드 칩과 스템의 8핀과 wire bonding를 하였다.

IV. 8빔 레이저 다이오드 특성 평가

8빔 레이저 다이오드의 전기&광학적 특성을 측정하기 위해서 본 논문에서는 자체 보유하고 있는 DKLDC330 LD 특성 측정 장비를 사용하였다.

제작된 8빔 레이저 다이오드 샘플의 실물을 그림 10에 나타내었으며, 제작된 샘플에 대한 각 채널별 상온 전기&광학적 특성을 측정한 결과의 일부분인 입력 전류 대 광파워(L-I) 곡선, 모니터링 전류(I_m) 곡선, 입력 전류 대 전압(I-V) 곡선, SE(Slope efficiency) 곡선, 수평각($\theta_{||}$) 곡선, 수직각(θ_{\perp}) 등을 아래 그림 11에 나타내었다.

8빔 레이저 다이오드가 LSU에 적용되기 위해서는 일반적으로 문턱전류(I_{th}) : {최소 6mA, 최대 18mA, 편차 2mA 이

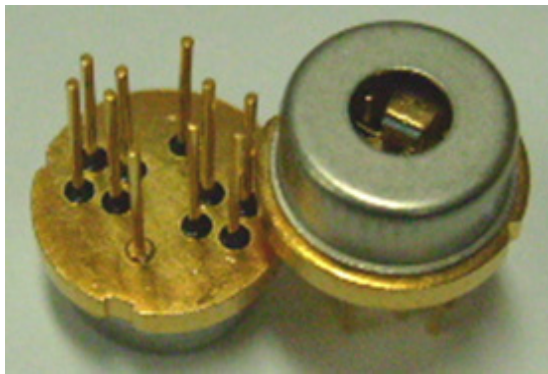


FIG. 10. 8 beam package picture.

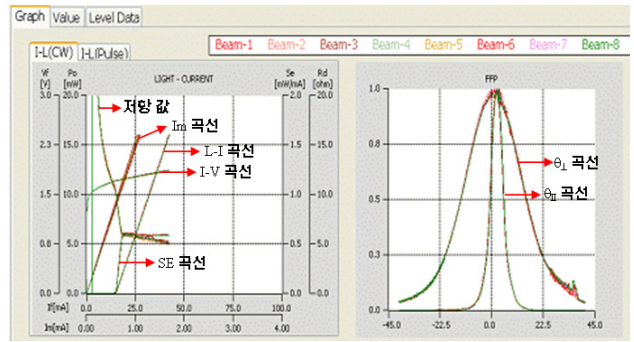


FIG. 11. Electrical and optical characteristic graphs for each channel of the 8 beam laser diode(@25°C).

TABLE 2. Electrical and optical characteristic results of the 8 beam laser diode(@25°C)

SPL No.	Beam No.	Ith[mA]	Iop[mA]	Vop[V]	SE[mW/mA]	수평각[θII]	수직각[θ⊥]	파장[λp]
SPL 1	빔 1	14.8	28.9	1.91	0.704	8.3	31.8	785.7
	빔 2	14.8	28.9	1.88	0.714	8.3	31.7	785.5
	빔 3	14.9	28.8	1.93	0.725	8.3	32	785.5
	빔 4	15	29.2	1.9	0.704	8.2	32.2	785.3
	빔 5	14.8	28.9	1.87	0.714	8.3	31.7	785.5
	빔 6	14.8	28.9	1.91	0.704	8.3	31.6	785.8
	빔 7	14.9	28.8	1.88	0.725	8.3	32.3	785.7
	빔 8	14.9	28.8	1.9	0.725	8.3	32.1	785.4
	Min	14.8	28.8	1.87	0.704	8.2	31.6	785.3
	Avg	14.86	28.90	1.90	0.714	8.29	31.93	785.55
	Max	15	29.2	1.93	0.725	8.3	32.3	785.8
Diff(Max-Min)	0.2	0.4	0.06	0.021	0.1	0.7	0.5	
SPL 2	빔 1	14.9	28.8	1.92	0.725	8.1	31.8	785.7
	빔 2	15.3	28.8	1.92	0.714	8.3	32	785.7
	빔 3	14.9	28.6	1.89	0.714	8.3	31.9	785.8
	빔 4	14.8	28.7	1.91	0.714	8.3	31.9	785.8
	빔 5	14.9	28.8	1.98	0.725	8.3	32	785.8
	빔 6	14.9	28.8	1.94	0.725	8.3	31.9	785.3
	빔 7	14.8	28.8	1.87	0.714	8.3	31.9	785.8
	빔 8	14.8	28.8	1.89	0.714	8.2	31.7	785.8
	Min	14.8	28.6	1.87	0.714	8.1	31.7	785.3
	Avg	14.91	28.76	1.92	0.718	8.26	31.89	785.71
	Max	15.3	28.8	1.98	0.725	8.3	32.0	785.8
Diff(Max-Min)	0.5	0.2	0.11	0.011	0.2	0.3	0.5	
SPL 3	빔 1	15	28.6	1.92	0.725	8.2	31.9	785.7
	빔 2	14.9	28.5	1.92	0.725	8.2	31.9	785.6
	빔 3	14.9	28.7	1.9	0.735	8.3	31.8	785.6
	빔 4	15	28.6	1.89	0.735	8.3	32.1	785.6
	빔 5	15	28.6	1.95	0.735	8.3	31.6	785.9
	빔 6	15	28.6	1.95	0.735	8.3	31.8	785.9
	빔 7	14.9	28.7	1.89	0.735	8.3	32	785.3
	빔 8	14.9	28.7	1.9	0.727	8.3	31.9	785.4
	Min	14.9	28.5	1.89	0.725	8.2	31.6	785.3
	Avg	14.95	28.63	1.92	0.732	8.28	31.88	785.63
	Max	15	28.7	1.95	0.735	8.3	32.1	785.9
Diff(Max-Min)	0.1	0.2	0.06	0.010	0.1	0.5	0.6	

TABLE 2. Electrical and optical characteristic results of the 8 beam laser diode(@25°C) (계속)

SPL No.	Beam No.	Ith[mA]	Iop[mA]	Vop[V]	SE[mW/mA]	수평각[θII]	수직각[θ⊥]	파장[λp]
SPL 4	빔 1	14.8	28.6	1.88	0.725	8.3	31.8	785.8
	빔 2	15	28.7	1.89	0.725	8.3	31.8	785.5
	빔 3	14.9	28.8	1.9	0.735	8.3	31.8	785.6
	빔 4	14.8	28.7	1.9	0.735	8.3	32.1	785.6
	빔 5	15	28.6	1.95	0.735	8.3	31.6	785.9
	빔 6	15	28.6	1.95	0.735	8.3	31.8	785.9
	빔 7	14.8	28.8	1.9	0.725	8.2	32.2	785.7
	빔 8	14.9	28.8	1.91	0.725	8.3	32.1	785.7
	Min	14.8	28.6	1.88	0.725	8.2	31.6	785.5
	Avg	14.90	28.70	1.91	0.730	8.29	31.90	785.71
	Max	15	28.8	1.95	0.735	8.3	32.2	785.9
Diff(Max-Min)	0.2	0.2	0.07	0.010	0.1	0.6	0.4	
SPL 5	빔 1	14.9	29	1.94	0.714	8.2	32	785.7
	빔 2	15	29	1.95	0.714	8.3	31.6	785.7
	빔 3	14.8	28.8	1.87	0.714	8.4	31.8	785.9
	빔 4	14.9	28.7	1.89	0.714	8.3	31.9	785.8
	빔 5	15.3	29.3	1.98	0.714	8.2	32	785.7
	빔 6	15	29	1.87	0.714	8.3	31.6	785.7
	빔 7	14.8	28.8	1.87	0.714	8.3	31.9	785.8
	빔 8	14.8	28.9	1.89	0.714	8.3	31.9	785.8
	Min	14.8	28.7	1.87	0.714	8.2	31.6	785.7
	Avg	14.94	28.94	1.91	0.714	8.29	31.84	785.76
	Max	15.3	29.3	1.98	0.714	8.4	32	785.9
Diff(Max-Min)	0.5	0.6	0.11	0.000	0.2	0.4	0.2	

내), 구동전류(Iop) : {평균 30mA, 최대 45mA, 편차 3mA 이내}, 구동전압(Vop) : {최소 1.5V, 최대 2.4V}, SE : {최소 0.4, 최대 0.8, 편차 0.2 이내}, 수평각(θII) : {최소 7°, 최대 12°, 편차 2° 이내}, 수직각(θ⊥) : {최소 25°, 최대 35°, 편차 3° 이내}, 파장(λp) : {최소 775 nm, 최대 800 nm, 편차 2 nm 이내}를 만족해야 한다.

본 논문에서 개발된 8빔에 대한 표 2의 전기&광학적 특성 측정 결과 LSU에서 요구하는 성능에 모든 측정된 특성치가 만족함을 검증하였으며, 또한 한 샘플에서의 빔간 특성 편차 및 샘플간 특성 편차도 우수한 성능을 가짐을 확인할 수 있었다. 따라서 레이저 프린터 및 복합기의 LSU에 적용 가능할 것으로 판단된다.

V. 결 론

본 논문에서는 레이저 프린터 및 복합기의 분당 출력 속도 증가를 위해 LSU의 광원으로 사용될 수 있는 출력 광파워 10mW를 가지는 8빔 레이저 다이오드를 개발하였다. 8빔 레이저 다이오드를 개발하기 위해 반도체 웨이퍼 공정을 통한 레이저 다이오드 칩을 제작하고 TO-Can 형태의 패키지에 조립하였으며, 측정 시스템을 통해 레이저 다이오드의 전기&광학적 특성을 측정함으로써 레이저 프린터 및 복합기 시스템에 적용 가능함을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부가 주관하는 '09 부품소재기술개발사업의 지원에 의하여 수행되었습니다.

References

1. T. Naiki, "Laser beam scanning optical apparatus," US Patent 6,172,787 (2001).
2. B. H. Choi and D. H. Shin, "Image forming apparatus and laser scanning method thereof," US Patent 2007/0002416 (2007).
3. C. S. Rim, "Optical system design for laser scanning unit," Hankook Kwanghak Hoeji (Korean J. Opt. Photon.) **10**, 15-20 (1999).
4. C. S. Rim, "Laser scanning unit with plastic fθ lenses featuring high resolution," Hankook Kwanghak Hoeji (Korean J. Opt. Photon.) **10**, 364-368 (1999).
5. K. Komiya, K. Tanimoto, D. Ishikawa, and Y. Inagawa, "Laser beam scanning apparatus, image forming apparatus, and laser beam scanning method," US Patent 2007/0216753 (2007).
6. S. K. Hwang and D. G. Song, "Multi beam laser diode and manufacturing method thereof," Korea Patent 10-0861238 (2008).