

# BT 레진 인쇄 회로 기판에 실리콘 몰딩 SMD 660 nm 파장 반도체 레이저 다이오드

김범진<sup>1</sup>, 정필홍<sup>1</sup>, 이재민<sup>2</sup>, 원동환<sup>2</sup>, 이정호<sup>2</sup>, 이헌민<sup>2</sup>,  
정구윤<sup>2</sup>, 박 건<sup>2</sup>, 카완 어닐<sup>1</sup> , 유순재<sup>1</sup>, 채연식<sup>3</sup>, 박성배<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 선문대학교 전자공학과

<sup>2</sup> 선문대학교 디스플레이반도체공학과

<sup>3</sup> 서일대학교 IOT 전자공학과

<sup>4</sup> 주식회사 디엠엘이디

## Fabrication of 660 nm Wavelength SMD Type Semiconductor Laser Diode Package Using Silicon Molding on BT Resin Circuit Board

Beom Jin Kim<sup>1</sup>, Pil Hong Jeong<sup>1</sup>, Jae Min Lee<sup>2</sup>, Dong Hwan Won<sup>2</sup>, Jeong Ho Lee<sup>2</sup>, Heon Min Lee<sup>2</sup>,  
Ku Yun Jeong<sup>2</sup>, Keon Park<sup>2</sup>, Kawan Anil<sup>1</sup>, Soon Jae Yu<sup>1</sup>, Yeon Sik Chae<sup>3</sup>, and Sung Bae Park<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Department of Electronics Engineering, Sunmoon University, Asan 31460, Korea

<sup>2</sup> Department of Display Semiconductor, Sunmoon University, Asan 31460, Korea

<sup>3</sup> Department of IOT Electronics Engineering, Seoil University, Seoul 02192, Korea

<sup>4</sup> Institute of Research and Development, DMLED Co., Ltd., Ansan 15421, Korea

(Received November 7, 2024; Revised December 3, 2024; Accepted December 4, 2024)

**Abstract:** SMD-type 660 nm wavelength semiconductor laser diode device is fabricated using silicon resin molding technology and fabricated a BT resin printed circuit board. BT resin electrode structure printed circuit boards with soldering electrode pads and through holes for heat dissipation were fabricated. The SMD process is an injection molding technique in which the chip is molded from silicon material and then cut by a dicing process to complete the beam emission surface. The fabricated SMD-type semiconductor laser diode exhibits a good near-field beam pattern with no scattering/dispersion caused by the printed circuit board or silicon molding in the emitted laser beam, or reflections around the chip. It was also confirmed that the heat generated at 20 mA operation has good heat dissipation characteristics through the through-hole heat dissipation structure.

**Keywords:** 660 nm wavelength LD, SMD, BT resin, Circuit board, Silicon molding lens, Through hole electrode

## 1. 서론

✉ Kawan Anil; [kawan@sunmoon.ac.kr](mailto:kawan@sunmoon.ac.kr)

Copyright ©2025 KIEEME. All rights reserved.  
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

반도체 레이저 다이오드(laser diode, LD)는 정보 처리 및 광통신 분야에서 비접촉 잡음 특성의 장점으로 유용하게 이용되고 있다. 특히 적색 및 적외선 영역의 소형 반도체

체 레이저는 근거리 통신이나 각종 IT 센서, 디스플레이, 의료기기 분야에서 생활에 밀접하게 이용되고 있다. 최근에는 탈모 개선 및 피부 테라피 치료 등에도 이용이 기대되고 있다 [1-3]. 그러나 반도체 LD에서 빔 방출을 위해서는 서브마운트나 칩 패키징에 석영 렌즈 상용으로 인한 고비용과 방열을 위한 캔(can) 타입 패키지로 인하여 발생하는 부피 문제 등으로 최근의 이러한 응용에 어려움이 많다 [4,5].

반도체 LD를 디스플레이나 의료기기 같은 짧은 작업거리의 조사용 광원으로 사용하는 경우에는 평방 수십 센티미터의 넓은 면적의 조사 특성은 물론 고균일 분포 특성을 필요로 하는데, 따라서 소형이면서 실장이 간편한 형태의 SMD (surface mounting device) 패키징 기술의 개발이 필요하다 [6-8].

최근 가시광선 투과율이 높은 실리콘 재료 및 렌즈 몰딩 기술이 발달하면서, 석영 렌즈를 대신하여 실리콘 재료 디스펜싱 몰딩 기술과 고가의 CuW 서브마운트를 대신하여, 레이저 칩의 빔 개구부 앞에 소형 프리즘을 설치하는 표면실장 반도체 LD 제품이 개발되었다. 그러나 이러한 기술은 보통 표면실장을 위한 리드프레임과 프리즘 설치 마이크로 공정이 필요하다 [9-11].

여기에서는 열안정성이 우수한 BT (bismaleimide triazine) 레진 재료를 이용하는 기판에 회로 공정기술을 이용하여 표면실장에 필요한 솔더 전극구조를 형성하고, 실리콘 재료를 이용하여 몰딩하는 기술을 개발하였다. 특히 서브마운트 및 서브마운트 공정 대신 BT 레진 인쇄 회로 기판에 칩을 장착한 후, 트랜스퍼 몰딩이나 인젝션 몰딩 기법으로 렌즈부 또는 칩을 몰딩한다. 이때 BT 레진은 고열에서 변형하지 않고 높은 열안정성을 가지며 표면실장에서 특히 중요한 솔더 공정에, 유용한 전극 구조를 형성하는 공정에도 좋은 화학적·기계적 안정성을 가진다. 실리콘 재료를 몰딩한 BT 레진 회로 기판은 다이싱 공정으로 절단하면 절단면에서 솔더링 전극 구조가 노출되게 되며, 이 절단한 소자를 90° 회전시켜 표면실장 솔더링 공정이 이루어지며 솔더링 전극을 통하여 반도체 LD에 전력을 공급하게 되면 SMD 소자의 윗면으로부터 레이저 빔이 방사하게 된다 [8].

## 2. 설계 및 제작

반도체 LD 칩의 크기는 800×1,600 μm<sup>2</sup>의 크기로 높이 600 μm, 3개의 전극이 하면에 위치한다. 또 SMD에서 솔더링 전극의 크기는 길이가 50 μm, 최대 넓이 각각 250 μm가

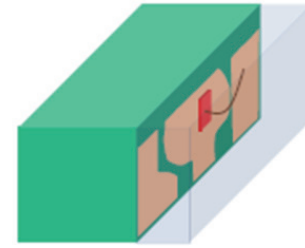


Fig. 1. Silicon molded lens using BT resin printed circuit board SMD type 660 nm wavelength semiconductor laser diode geometry.

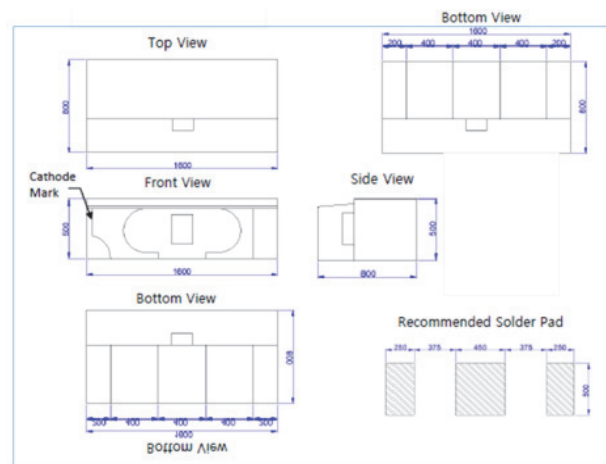


Fig. 2. Silicon molded lens SMD type semiconductor laser diode device drawing and solder pattern design using BT resin printed circuit boards.

양쪽 끝에, 그리고 450 μm 넓이가 가운데 설치된다.

표면실장형 SMD 반도체 LD의 설계 모형을 그림 1에, BT 레진을 이용하는 실장회로 도면 및 솔더링 패턴 설계를 그림 2에 각각 나타낸다.

그림 1에서 660 nm 파장의 레이저 칩이 적색으로 표시되어 전면에 설치한 두 개의 음극 전극 중 가운데 전극에 칩이 설치되고, 금형을 이용하는 인젝션 몰딩 기법으로 투명 실리콘 재료를 이용하여 몰딩한다. 이때 금형 주입구로 150 ton으로 주입, 온도 150°C에서 200 sec. 경화한다.

투명 실리콘 재료는 이 영역의 파장 대역에서 95% 정도의 높은 투과율을 가지므로 [12], 고밀도의 레이저 빔의 방사에 수천 시간 이상의 수명을 유지할 것으로 예상된다. 이때 실리콘 몰딩은 금형을 이용하는 인젝션 몰딩 기법을 이용하는데 이때 실리콘 몰딩을 통하여 방사하는 레이저 빔의 실리콘 몰딩 방사면이 금형으로 제작되는 면이 되도록 하여야 한다. 즉 다이싱 한 면이 되지 않도록 해야 한다 [8].

이때 가운데 설치하는 솔더링 음극 전극은 반도체 LD 칩

과 직접적으로 연결되며, LD 동작에서 발생하는 열을 효과적으로 방출하기 위한 열 통로로 작동하기 위하여 뒷면의 솔더링 구조를 통하여 인쇄 회로 기판의 솔더 랜드에 연결된다.

그림 2에서 BT 레진에 제작한 인쇄 회로 기판에서 단일 소자 제작 도면을 확인할 수 있다. 레이저 빔 방출면이 있는 평면도에서 단일소자 SMD의 크기가  $1.6 \text{ mm} \times 0.8 \text{ mm}$ 로 소형 LED에서 규격화된 크기로 제작하였다. 정면도와 측면도에서 반도체 레이저 칩의 위치를 확인할 수 있으며, 레이저 칩 동작에서 발생하는 열방사에 유리하도록 넓은 면적을 확보하였다. 또 SMD 실장에 사용하기 위한 솔더 랜드를 나타냈다.

그림 3에 제작한 SMD형 LD의 BT 레진 인쇄 회로 기판 도면을 나타낸다.

여기에서 그림 3(a)는 LD 칩이 장착되는 앞면으로 칩 실장 전극면이 설치되어 있으며, 3(b)는 인쇄 회로 기판의 뒷면으로, 기기 PCB (printed circuit board)에 이 SMD형 LD를 실장 장착하기 위한 솔더 랜드가 설치된다. 앞/뒷면은 스루홀 기법으로 관통되어 레이저 다이오드 동작할 때 발생하는 열을 효과적으로 방출하기 위한 열 통로가 설계 설치된다. BT 레진 인쇄 회로 기판 크기는  $120 \times 38 \text{ mm}^2$ 으로 32개의 플랫폼을 형성하였으며 몰딩 공정이 끝나 다이싱이 완료되면 896개의 SMD가 된다. 설치되는 SMD 개수

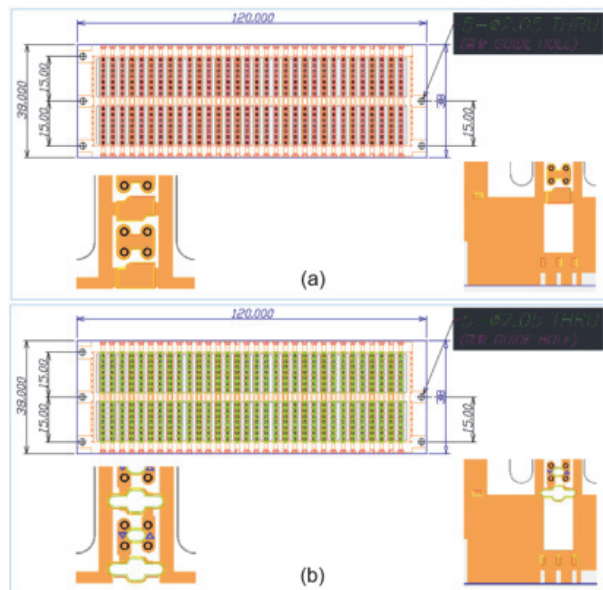
는 비용과 연관되므로, 최대한 많은 수의 소자가 한 번에 제작할 수 있도록 소자의 크기를 최소화하고 규격화하였으며, 인쇄 회로 기판 크기는 인젝션 몰딩 제작공정이 가능한 최대의 크기로 설계하였다.

### 3. 결과 및 고찰

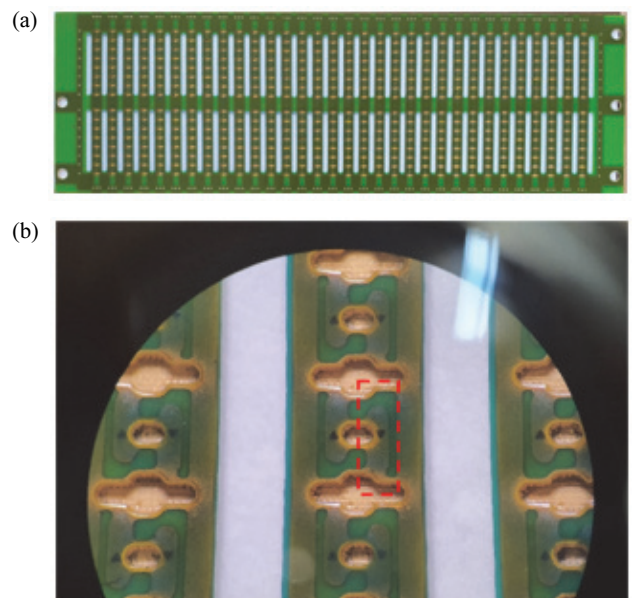
그림 4에 제작한 BT 레진 인쇄 회로 기판을 나타낸다. 그림 4(a)는 칩 소자가 실장되는 리드프레임 인쇄 회로 기판의 뒷면, 4(b)는 칩 소자를 실장하는 앞면으로 SMD 소자 단위를 확대한 솔더 패턴 형상 및 단위 레이저 다이오드 설치 제작 위치를 표시한다.

BT 레진 재료는 높은 내열성 및 내습성, 낮은 유전율과 특히 고온 변형 특성이 작은 물성을 가지므로, 유리섬유와 번갈아 적층하여 인쇄 회로 기판으로 이용하기 시작하였다. 특히 최근 스마트폰 등 반도체 집적회로나 고급 전자기기 또는 LED 등의 고온 성형 등의 인쇄 회로 기판으로 자주 사용되고 있다.

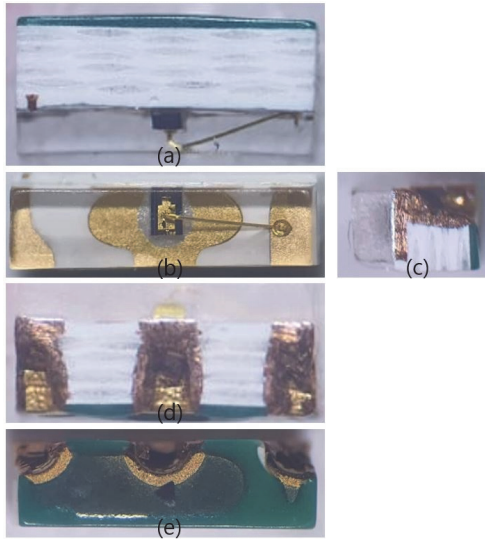
여기에서는 고온의 정밀한 인젝션 몰딩 공정에서 소형 SMD 패키지 소자가 변형되지 않는 특성을 가지므로 이용하였다. 동박 기판의 두께는  $0.1 \text{ mm}$ 로 양면형을 사용하였다. 한 개의 인쇄 회로 기판에 64 ( $32 \times 2$ )개의 몰딩 금형



**Fig. 3.** BT resin printed circuit board design drawings (a) front side, laser diode chip mounting surface pattern and (b) back side, solder geometry pattern.



**Fig. 4.** Fabricated BT resin board (a) backside of a unit printed circuit board and (b) zoomed-in solder pattern geometry and unit laser diode market positioning (dashed rectangle).



**Fig. 5.** Photographs of the fabricated BT resin SMD current semiconductor laser diode: (a) from top view, (b) front view, (c) side view, (d) bottom view, and (e) back view.

플랫폼을 형성하고 몰딩 공정에서의 변형을 최소화하기 위한 라우팅 구조를 구성하였으며 다시 이 플랫폼 몰딩랜드에 6개의 SMD 소자로 구성되는데 그림 4(a)는 제작한 단일 인쇄 회로 기판의 사진이다.

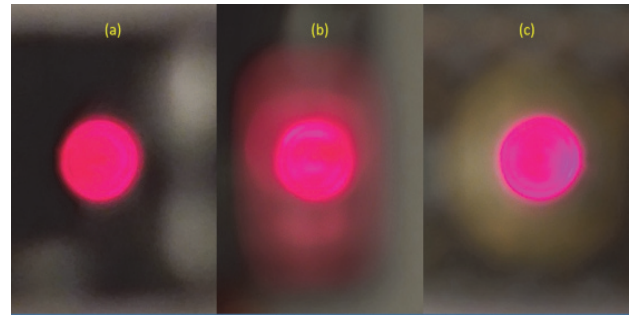
SMD 소자의 캐소드와 애노드 전극 세 개의 스루 홀 구조를 제작하고 관통 홀 내벽에 도금하여 방열 구조를 가지게 한다. 이 관통 홀 구조는 반도체 레이저 다이오드 칩을 몰딩한 후, 다이싱 공정으로 단일 소자로 분리할 때, 다이싱 한 면 주변에 나타나게 된다. 그림 4(b)에서 이러한 열 방출 관통구조가 잘 형성되었음을 알 수 있다.

그림 5에 제작한 SMD형 패키지 반도체 레이저 다이오드 소자의 사진을 나타냈다.

윗면 사진에서 검정으로 보이는 반도체 레이저 다이오드 칩과 이 칩을 리드에 연결하는 와이어 본딩 루프를 확인할 수 있다. 이 칩의 단면으로부터 레이저 빔이 방출되게 된다. 방출되는 레이저 빔이 흰색으로 보이는 BT 레진의 하면에 부딪히게 되면 빔이 산란되거나 분산되어 원하는 레이저 빔이나 근시야 상을 얻을 수 없게 된다.

정면 사진에서 다시 반도체 레이저 다이오드 칩, 양극 전극, 음극 전극 및 본딩 와이어 형상을 확인할 수 있다. 또 정면의 길이 방향의 측면 사진에서 실리콘 몰딩부와 솔더링 스루홀 방열 전극 구조가 잘 형성되는 것을 알 수 있다.

정면 세로방향의 측면 사진과 밑면 사진에서도 이러한 스루홀 방열 전극 구조가 잘 형성되어 있는 점을 확인할 수 있다.



**Fig. 6.** SMD-type 660 nm wavelength semi-conductor laser action beam near-field pattern using fabricated BT resin printed circuit board (a) SMD package beam pattern using BT resin printed circuit board, (b) SMD package beam pattern with prism installed during SMD, and (c) TO-can type package beam pattern.

BT 레진 인쇄 회로 기판에 스루홀을 가공하고 도금하는 방법으로 레이저 다이오드 인쇄 회로 기판을 제작하여 다이싱으로 솔더링 스루홀 방열 전극구조를 노출시키는 공정이 매우 잘 이루어졌음을 알 수 있다.

뒷면 사진에서 스루홀 방열 전극구조를 확인할 수 있는데, 제작한 SMD 레이저 다이오드 소자를 기기 PCB에 표면실장(surface mounting technology, SMT)할 때, 기기 PCB 솔더 랜드에서 이 스루홀 방열 전극구조를 젖음 특성으로 낚땀하게 된다.

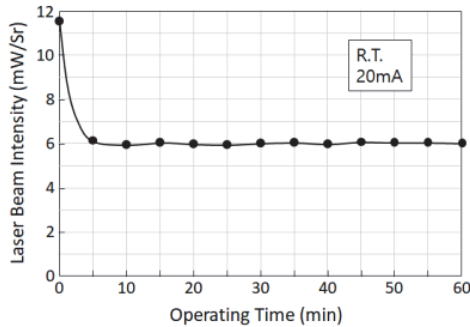
또 정면 사진과 밑면 사진으로부터, 칩과 칩 아래에 위치하는 열 방출 Au 음극전극이 이 스루홀 방열 전극구조의 Cu 도금층과 연결되는 것을 알 수 있다. 레이저 다이오드가 동작할 때 발생하는 열이 이 열 통로를 경유하여 방출될 수 있도록 한 것으로, 이러한 구조와 유사한 리드프레임 LED에서 약 1°C/W 정도의 열저항이 보고되었다 [8].

그림 6에 제작한 BT 레진 인쇄 회로 기판을 사용하여 제작한 SMD 패키지 660 nm 파장 반도체 레이저의 동작 빔 근시야 상 패턴을 나타낸다.

그림 6(a)는 BT 레진 인쇄 회로 기판 이용하는 SMD 패키지 빔 패턴, 비교를 위하여 6(b)에 리드프레임으로 제작한 SMD 패키지의 빔 패턴, 6(c)에 종래에 사용하던 TO-Can (Top Opened 캔)형 레이저 빔의 근시야 상 패턴을 각각 나타낸다.

반도체 레이저 다이오드 칩으로부터 방사하는 레이저 빔의 방향을 90° 회전시켜 방출시키기 위하여, 리드프레임을 사용하는 패키지에서는 SMD 중에 프리즘을 설치, TO-Can 타입에서는 서브 마운트를 설치한다.

프리즘을 설치하는 SMD형의 빔 패턴에서 프리즘을 통과하면서 빔 주변에 산란 분산되는 레이저 광을 확인할 수 있다. 또 TO-Can 타입 패키지에서는 방사하는 빔이 TO-



**Fig. 7.** Radiation density variation with operating time for SMD-type 660 nm wavelength semiconductor laser fabricated using BT resin printed circuit boards.

Can 내부에서 반사하여 나타나는 링 형태의 근시야 상 패턴을 확인할 수 있다. 이러한 특성으로 미루어 BT 레진 인쇄 회로 기판 이용하는 SMD 패키지 방법이 빔 방출 효율과 빔 근시야 상이 가장 우수한 특성을 가진다는 점을 확인할 수 있다.

BT 레진 인쇄 회로 기판을 이용하는 SMD형 660 nm 파장 반도체 레이저를 20 mA에서 연속 동작시켜 방사밀도의 시간 변화를 조사하였다. 'CAS (MODEL UV-LED)' 측정기를 사용하여 측정하였으며, 초기 5분 동작에서 방사밀도 값이 11.80 mW/Sr에서 급격하게 6.08 mW/Sr로 감소한 후 안정된 값을 나타내는 것을 확인하였다. 초기 방사밀도 값의 급격한 감소는 칩의 발열이 원인으로 생각된다.

그림 7에 SMD형 660 nm 파장 반도체 레이저를 20 mA에서 연속 동작시켜 측정한 방사 밀도의 시간 변화를 나타낸다.

이러한 결과로부터 BT 레진 재료 기판을 이용하는 SMD형 패키지에서 인쇄 회로 패턴과 스루홀 가공으로 제작 설치한 방열구조가 열 방출 통로로 충분히 작동할 수 있다는 점이 평가되었다.

#### 4. 결론

BT 레진 재료기판에 인쇄 회로 공정기술을 이용하여 표면 실장에 필요한 스루홀 구조의 전극을 형성하는 인쇄 회로 기판을 제작하였다.

SMD 패키징 소자 공정은 인젝션 실리콘 재료 몰딩 기법으로 칩 몰딩 및 렌즈를 형성한 후, 다이싱 공정으로 절단하여 완성하였다.

제작한 SMD형 반도체 레이저 다이오드 소자에서, 방사 레이저 빔은 리드프레임에서 발생하는 산란/분산이나 반

사가 없는 양호한 근시야 상 빔 패턴 특성을 나타내었다.

또 20 mA 연속 동작에서 방사밀도를 측정하여 방사밀도에 변화가 없음을 확인하였으며, 동작에서 발생하는 열이 스루홀 열 방출 구조를 통하여 양호한 방출 특성을 가지는 것을 확인하였다.

BT 레진 인쇄 회로 기판 제작과 반도체 패키지 공정기술을 이용하여 제작하는 SMD형 반도체 레이저 다이오드 소자는, 초소형 크기 특성과 종래의 서브 마운트나 프리즘 공정을 사용하지 않으면서 방출 레이저 빔의 개선된 근시야 상 특성, 또 양호한 방열 특성을 가가지면서 비용적인 측면에서 많은 이용이 기대된다.

#### ORCID

Kawan Anil

<https://orcid.org/0000-0001-9814-8983>

#### 감사의 글

이 연구는 산업통상자원부 한국산업기술진흥원(KIAT)과 교육부의 부처 협업형 인재양성 사업 [반도체전공트랙사업](P0022203) 지원으로 수행하였다.

#### REFERENCES

- [1] D. Z. Kececioglu, *Cosmetics in Dermatology*, 2nd ed. (Wiley Blackwell, New York, 1995) p. 179.
- [2] L. Adam, *Treatment of Alopecia with Minoxidil Tretinoin Combination Advances in Therapy* (Springer, Switzerland, 1991) p. 190.
- [3] M. W. Cheon, *J. Korean Inst. Electr. Electron. Mater. Eng.*, **21**, 674 (2008).  
doi: <https://doi.org/10.4313/jkem.2008.21.7.674>
- [4] V. Stenchly, W. Reinert, and H. J. Quenzer, *Proc. 2016 6th Electronic System-Integration Technology Conf. (ESTC)* (IEEE, Grenoble, France, 2016), p. 1.  
doi: <https://doi.org/10.1109/estc.2016.7764730>
- [5] W. J. Hwang, T. H. Lee, O. H. Nam, H. K. Kim, J. S. Kwak, Y. J. Park, and M. W. Shin, *Phys. Status Solidi C*, **3**, 2174 (2006).  
doi: <https://doi.org/10.1002/pssc.200565170>
- [6] S. J. Yu and D. H. Kim, *J. Korean Inst. Electr. Electron. Mater. Eng.*, **23**, 38 (2010).  
doi: <https://doi.org/10.4313/jkem.2010.23.1.038>
- [7] S. J. Yu, D. H. Kim, Y. S. Choi, and H. Kim, *J. Inf. Disp.*, **10**, 49 (2009).  
doi: <https://doi.org/10.1080/15980316.2009.9652080>

- [8] S. J. Yu and D. H. Kim, *J. Korean Inst. Electr. Electron. Mater. Eng.*, **23**, 34 (2010).  
doi: <https://doi.org/10.4313/jkem.2010.23.1.034>
- [9] A. S. Choi, H. H. Park, and T. K. Kim, Surface Mounting Device Type Laser Diode with Automatic Optical Power Control Structure, Patent is published in Korea, 2021.
- [10] S. J. Yu and D. S. Kim, Lamp Having Surface Mounted Light Emitting Diode and Manufacturing Method, Patent (10-2006-0051764) is published in Korea, 2008.
- [11] S. J. Yu, SMD Semiconductor Laser Diode, Patent (10-2024-0086514) is published in Korea, 2024.
- [12] Y. H. Lin, J. P. You, Y. C. Lin, N. T. Tran, and F. G. Shi, *IEEE Trans. Compon. Packag. Technol.*, **33**, 761 (2010).  
doi: <https://doi.org/10.1109/tcapt.2010.2046488>