

전류세기 조절이 가능한 대전력 발광다이오드 광원 회로용 정전류 다이오드 제작

박화진¹, 유순재^{1,a}, K. Anil¹, 이용곤², 김진형³, 한태수⁴

¹ 선문대학교 전자공학과

² (주) 라이트

³ (주) 아트로닉스

⁴ 한국승강기대학교 승강기시스템관리학과

Fabrication of Current Intensity Convertible CLD of Large Current Intensity for LED Network Application

Hwa Jin Park¹, S. J. Yu^{1,a}, K. Anil¹, Yong Gon Yi², J. H. Kim³, and T. S. Han⁴

¹ Department of Electronic Engineering, Sunmoon University, Asan 336-708, Korea

² LITE Co. Ltd., Asan 336-813, Korea

³ Artronics Co. Ltd., Daejeon 305-806, Korea

⁴ Department of Lift system Management, Korea Lift College, Geochang 670-802, Korea

(Received July 20, 2012; Revised August 20, 2012; Accepted August 25, 2012)

Abstract: A current intensity convertible CLD chip was fabricated using small and large FET cell configuration. Pinch-off current of 8.82 mA and 11.56 mA were obtained for small and large cell in the CLD chip, respectively. Constant current was fairly maintained until the breakdown voltage of 60 V. Measured knee voltage, V_k were 3.8 V and 4.5 V for small and large cell, respectively. We configured current amplifying chip with parallel connection of each cells, by connecting 8 individual large cells in parallel network, 92.0 mA of current was obtained. The pinch-off constant current of CLD chip was varied very linearly with respect to the number of parallel connected cell.

Keywords: CLD, LED, Network, Constant current intensity, Constant current intensity convertible

1. 서 론

최근 청색 LED (light emitting diode) 기술은 재료 기술의 발전으로 LCD (liquid crystal display) 백라이트용 고효율 광원 및 자동차용 고밀도 광원은 물론, 일반 조명이나 각종 고풍력 광원에 넓게 응용되고 있다 [1,2]. LED는 점광원 발광 특성, 반도체 고체소자

특성을 가지므로 많은 수의 소자를 직병렬 회로로 연결, 집적하여 사용하여야만 하는데 [3,4], 이때 발생하는 쇼트 고장이나 개방 및 이로 인한 자기발열 특성의 문제점을 해결하는 방법으로, 정전류 다이오드, CLD (current limiting diode)를 이용하는 방법이 있다 [5,6].

CLD는 종래의 3단자 레귤레이터 및 OP-Amp (operational power amplifier), PMIC (power

a. Corresponding author: sjy@sunmoon.ac.kr

management IC) 등의 소자 [7,8]에 비하여 저비용으로 회로를 단순화할 수 있으며, 전원의 리플전압 문제를 최소화할 수 있다. 또 관련 회로에서 저항이나 TR (transistor)를 유효하게 대체 사용할 수 있다는 장점이 있다.

최근 LED를 이용하는 조명기기의 응용이 크게 기대되고 있는데, 보통 청색 LED와, 황색 형광체 혹은 적색 및 녹색 형광체를 패키지로 몰딩할 때 동시에 몰딩하여, 파장 변환을 통한 백색 LED 램프를 제작하여 사용한다. 그러나 청색광을 적색광으로 파장 변환하는 경우, 스토크스 시프트 손실로 에너지의 소모가 커, 적색 LED (혹은 녹색 LED) 칩 혹은 램프를 사용하는 방법을 고려할 수 있다 [9]. 이 경우, 적색 LED와 청색 LED는 구동 전압이 서로 달라, 보통 직병렬 회로가 편리한 경우가 많다. 이때 구동전압의 차이는 정전류 회로를 필요로 하게 되고, 따라서 CLD는, 이러한 경우에 유용하게 이용할 수 있다.

그러나 대부분의 CLD는 자기발열로 인한 핀치오프 전류량 (I_p)의 변화 때문에 허용 전류량이 적어, 대면적의 고효율 LED 광원이나, 대전력 집적 LED 광원에 이용하기 어렵다. 아울러 LED 직병렬 회로에서 소자의 수나 혹은 응용 시스템의 용도에 따라 필요한 허용 전류량 세기 값이 결정 되므로, 불편한 점이 많다. 또한 대전력 회로에서 용량이 큰 CLD를 사용하거나 큰 전류량을 흘릴 경우에 CLD의 어깨전압 (V_K)이나 혹은 핀치오프 전압 (V_P) 값이 커, 큰 발열을 수반하는 문제점이 있다.

본 실험에서는 대전력 회로에서 사용 가능한, 단일 소자 FET (field effect transistor)를 10 mA, 15 mA의 허용 정전류 세기를 갖도록 하여 [10], 동시에 다수 모노리틱 집적하고, 이 소자들을 병렬 연결하여 그 정수배로 허용 정전류 세기를 증가시킬 수 있는 구조의 CLD 소자를 설계하였다.

2. 실험 방법

2.1 CLD 제작

p형 전도성 Si 기판에, 면 저항 R_s 30 Ω -cm 값을 가지는 두께 3 μm 의 p형 에피 층을 성장한 웨이퍼를 사용하여, 두 장의 마스크에 12.55 mm \times 10.25 mm 크기의 데이터를 4개로 제작하여, 총 8개의 데이터를 8 레이어로 구성하였다. 한 개의 데이터는 0.5 mm \times

0.5 mm 크기 소자 200개로 구성되어, 각각의 소자에는 0.08 mm \times 0.24 mm 크기의 대형 셀 8개와 0.08 mm \times 0.15 mm 크기의 소형 셀 2개로 구성하였다.

기판의 비저항 변화에서 발생하는 소자의 특성 변화를 최소화하기 위하여, 고 에너지 이온주입 기술을 이용하여 채널을 제작하였다. 채널, 게이트 플러그, 애노드 및 캐소드 층을 형성하기 위하여 4번에 걸쳐 이온주입을 하였으며, 이온 주입 조건은 표 1과 같다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 제작한 CLD 소자의 설계이다. 8개의 대형 셀과 2개의 소형 셀, 아울러 중앙부에 리드 연결을 위한 전극이 위치한다.

Table 1. Ion implantation condition.

Implantation Step	Condition
Channel Implant.	Ph, Energy=2.0 MeV, Dose= $1 \times 10^{12}/\text{cm}^2$, Tilt= 7°
Plug Implant	B11, Energy=1.0 MeV, Dose= $1 \times 10^{14}/\text{cm}^2$, Tilt= 7°
Anode Implant	B11, Energy=30 KeV, Dose= $2 \times 10^{15}/\text{cm}^2$, Tilt= 7°
Cathode Implant	As, Energy=40 KeV, Dose= $2 \times 10^{15}/\text{cm}^2$, Tilt= 7°

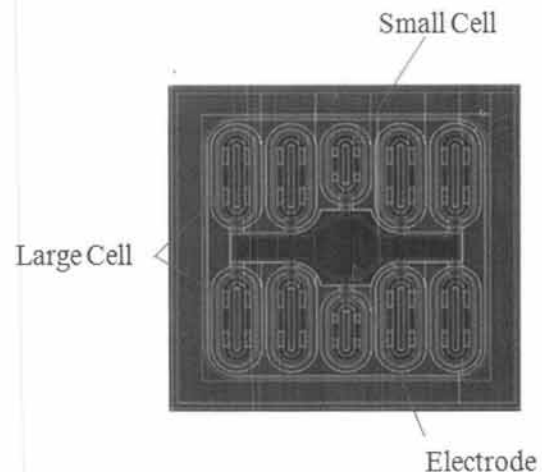


Fig. 1. Photography of the designed CLD, the large cells, small cells and contact electrode are located.

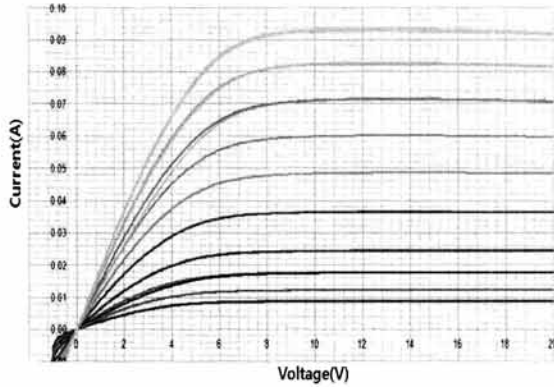


Fig. 2. I-V characteristics of the fabricated CLD with the networks of the number of cells.

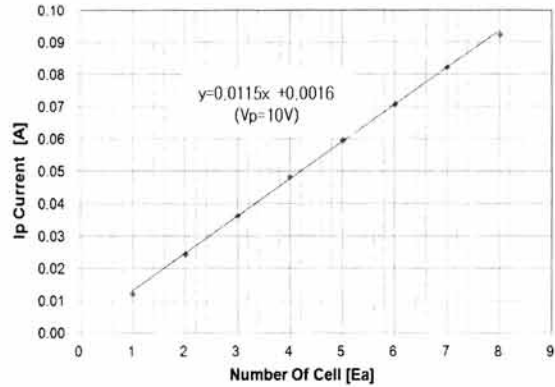


Fig. 3. Pinch-off current characteristics with increase of the number of cells in the fabricated CLD.

셀 구성은 소형 셀이 10 mA와 대형 셀이 15 mA의 허용전류의 특성을 가지도록 설계하였으나, 실제 제작하여 측정된 결과, 각각 8.82 mA와 11.56 mA 허용 전류의 특성을 나타내었다.

그림 2에 제작한 CLD의 I-V 특성을 나타내었다. 핀치오프 전류 특성은 전압의 증가에 따라 일정하게 유지되는 것을 알 수 있다. 핀치오프 전류 값이 80% 값에 도달하는 어깨 전압, V_K 값은, 대형 셀과 소형 셀에서 각각 3.8 V와 4.5 V로 측정 되었다. 이 V_K 값에서 저항 값은 240 Ω 과 430 Ω 이 된다 [10-12].

V_K 값의 크기는 실제 소자의 작동에서 전압의 손실로, 고전압에서 사용하는 소자의 경우, 발열의 원인이 된다. 핀치오프 전류는 60 V까지 매우 일정하여 변동 값이 $\pm 2\%$ 내의 양호한 특성을 보이며, 보통 100 mW 이상에서 나타나는 자기 발열에 의한 핀치오프 전류 감소의 현상도 나타나지 않음을 알 수 있다. 다만 칩 소자들 사이에서는 I_p 의 차이가 생겨, 20% 정도의 편차가 나타났다 (자료는 나타내지 않음).

Table 2. Electric properties of the fabricated CLD.

Type	Pinch-off		$V_K(V)$	$I_k=0.8I_p$ (mA)	Break-down Voltage(V)
	$V_p(V)$	$I_p(mA)$			
Small	4.75	8.82	3.8	7.06	55
Large	5.63	11.56	4.5	14.85	55

표 2에 제작한 CLD의 전기적 특성을 정리하였다. CLD는 병렬 연결하여 전류 증가회로를 만드는데, LED 소자와 같이, 전류로 구동하는 회로에서는 광원의

광량이 정전류 크기에 의존하게 되므로, 따라서 정전류의 크기가 가변되는 CLD는 LED 회로에서 유용하게 이용할 수 있을 것으로 생각된다.

그림 3은 제작한 CLD 칩 소자에서 대형 셀과 소형 셀을 각각 연결하여 정전류 크기를 증가시킬 때, 병렬 연결하는 셀의 수에 따른 전류량의 변화를 나타낸다.

셀 수에 따라 전류량이 매우 선형적인 특성을 보이는 것을 알 수 있다. 대형 셀 8개를 연결하는 경우, 정전류 세기 92.0 mA를 얻을 수 있었다. 따라서 실제 패키지 상태로 병렬 연결하여 전류 증가회로로 사용하는 대신, LED 소자 회로에서는 셀의 수를 병렬로 늘려 간단히 전류 증가회로를 얻을 수 있다.

특히 주파수 특성도 양호하여, 최근의 LED 광원으로 사용되고 있는 COB (chip on board) 패키지 형태의 고밀도 광원에서 LED 칩과 같이 패키지 하여 사용할 수 있으며, 특히 청색 LED와 적색 LED, 기타 구동 전압이 다른 소자들을 한 회로기판에 동시에 병렬 연결하여, 패키지하여 사용할 수 있다는 장점이 있다.

4. 결론

소형 및 대형 FET 셀로 구성하여 CLD를 제작하였다. 소자 칩 소형 및 대형 셀, 각각에서 8.82 mA에서 11.56 mA 핀치오프 정전류 값을 얻었으며, 이 값은 항복 전압 60 V까지 매우 일정하여 유지되었다. 어깨 전압 값 V_K 는 각각 3.8, 4.5 V로 측정되었으며,

각 셀을 병렬 연결하여 전류 증가회로 칩을 구성 하였는데, 대형 셀 8개를 연결하여 92.0 mA를 얻을 수 있었다. 이때 각 셀의 병렬연결에 따른 다이오드 수 증가에 따라 핀치오프 허용전류 값의 증가는 매우 균 일한 선형적인 특성을 나타내었다.

이러한 성과는 최근 LED 광원으로 사용되고 있는 COB 패키지 형태의 고밀도 광원에서 LED 칩과 한 꺼번에 실장 몰딩하여 사용하는 것이 가능하다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 기술표준원 “제품안전기술기 반조성사업” 중 “발열처리 개선기술을 적용하여 화재 안전성을 높인 LED 조명기기 개발” 사업 및 주식회 사 라이트 지원으로 수행되었다.

REFERENCES

- [1] H. T. Kim, S. J. Noh, Y. S. Choi, and S. J. Yu, *Journal of Information Display*, 10, 97 (2009).
- [2] S. J. Yu and D. H. Kim, *J. KIEEME*, 23, 34 (2010).
- [3] F. Weifeng, H. Yongzhi, and S. G. Frank, *2010 Proceedings 60th Electronic Components and Technology Conference (ECTC, 2010)* p. 512.
- [4] T. F. L. Tam and B. M. H. Pong, *IEEE 6th International Power Electronics and Motion Control Conference, 2009* p. 2527.
- [5] S. Chin, *Semiconductor Monthly*, 49 (2000).
- [6] U. Masayoshi, *High Brightness Power LED Application Technique*, 63 (2008).
- [7] Y. J. Chen, W. C. Yang, C. S. Moo, and Y. C. Hsieh, *TENCON 2010 (2010 IEEE Region 10 Conference, 2010)* p. 2313.
- [8] H. Mu, L. Geng, and J. Liu, *2011 Symposium on Photonics and Optoelectronics* (2011) p. 1.
- [9] E. F. Schubert, *Light Emitting Diodes, 2nd Ed.*, 348 (2007).
- [10] V. Radeka, P. Rahek, S. Rescia, E. Gatti, A. Longoni, M. Sampietro, G. Bertuccio, P. Holl, L. Struder, and J. Kemmer, *IEEE Elec. Dev. Lett.*, 10, 91 (1989).
- [11] C. Y. Hung, C. M. Hu, J. Gong, and W. C. Chan, *2010 10th IEEE International Conference on Solid-State and Integrated Circuit Technology (ICSICT, 2010)* p. 963.
- [12] S. Bellone, A. Caruso, G. Scarpetta, P. Spirito, and G. Vitale, *IEEE Elec. Dev. Lett.*, 4, 449 (1983).