

정전류다이오드를 이용한 COB 타입 LED 광원 및 조명기기 회로

박화진^{1,a}, 유순재¹, 박종민¹, 김윤제²

¹ 선문대학교 전자공학과

² 희성소재 주식회사

Applications of Current Limiting Diode to Chip on Board Type Light Source and Lighting Equipment Circuits

Hwa Jin Park^{1,a}, S. J. Yu¹, Jong min Park¹, and Y. J. Kim²

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

² Heesung Material LTD., Chungju 380-871, Korea

(Received April 30, 2013; Revised May 17, 2013; Accepted May 24, 2013)

Abstract: Current limiting diode (CLD) was fabricated using junction field effect transistor (JFET) structured two small cells and eight large cells. Two small cells and eight large cells were connected in parallel and the obtained constant current was 110 mA. The application of CLD in each of the parallel circuits on chip on board (COB) type LED lighting source, could significantly reduce the current deviation within the parallel circuits. The applications of CLD on AC power small lighting source, battery power low voltage parallel lighting source and AC flat lighting source were investigated.

Keywords: CLD, LED, COB lighting source, Lighting circuit, Ripple current, Circuit protection

1. 서론

정전류 다이오드 (current limiting diode, CLD)는 전압의 변동에 대하여 일정한 전류를 제공할 수 있어, LED 응용회로와 같이 전류 구동을 하는 회로에서 유용하게 이용할 수 있으며, 특히 다양화되고 복잡해지는 회로에서, 간단히 정전류 회로를 구성할 수 있다는 장점이 있다.

다만 LED 조명광원 응용회로의 경우, 대부분 많은

수의 LED를 이용하여 회로를 구성해야하는데, 이때 광원회로의 용도나 LED 소자의 수에 따라 전류량 세기 값이 결정되므로, 일정한 정전류 용량을 가지는 정전류 다이오드를 다양한 회로에 사용하기에는 불편한 점이 많다 [1]. 또 수십 mA 정도의 대전력 회로에서 용량이 큰 CLD를 사용하거나 큰 전류량을 흘릴 경우에 CLD의 어깨전압 (V_K)이나 혹은 핀치오프 전압 (V_P) 값이 커, 전력 소모가 크고, 발열을 수반하는 문제점이 있어 [2], 유용하게 이용하지 못하고 있다.

아울러 LED 집적 응용광원에 적용하는 경우, 다수의 LED를 직병렬로 연결하여 사용하여야 하는데 [3,4], 이 때 LED의 동작 전압 (V_F)의 불균일성이나, 쇼트 고장의 경우, 회로에 전류증가 및 자기발열로 인한 과전류를 유발하게 되어 안전성에 치명적인 결함일 수 있다. 아울러 LED의 개방 고장의 경우에

a. Corresponding author: dcuserpark@naver.com

도 주변 병렬회로에 전류 집중을 유도하게 되어, 2차 고장을 유발하게 되어 회로의 안정성에 중요한 결함의 요인이 되고 있다.

CLD는 종래의 트랜지스터 (transistor), 3단자 레귤레이터, OP-Amp (operational power amplifier) 및 PMIC (power management IC) 등의 소자 [5,6]에 비하여 저비용으로 정전류 회로를 단순화할 수 있으며, 교류전원에서 직류 정전류 회로로 이용되고 있는 스위칭 모드 전원 (switching mode power supply, SMPS) 장착 회로가 약 15%의 전력 손실을 유발하는 관련 회로 대신 간편한 정전류 회로를 구성하거나, 혹은 저항이나 트랜지스터를 유효하게 대체 사용할 수 있다는 장점이 있다. 아울러 동적전압이 다른 적색 및 백색 LED를 혼용하는 회로에서도 간단히 유용한 회로를 구성할 수 있다는 장점이 있다.

본 연구에서는 대전력 회로에서 사용 가능하도록 FET (field effect transistor) 구조의 소형 및 대형 셀을 가진 CLD 제작하여, 8.82 mA, 11.56 mA의 허용 정전류 세기를 가지도록 설계하였다 [7]. 또한 소형 및 대형 셀을 병렬 연결하여 허용 정전류 세기를 증가시킬 수 있는 구조의 CLD 소자를 제작하고, 그 특성을 조사하였다. 제작한 CLD 칩을 COB 타입 LED 조명회로에 적용하였고, 패키지 상태로 교류전원을 사용하는 LED 소형광원, 배터리 전원을 이용하는 저전압 다수 병렬 회로 직류전원 LED 조명기기 및 교류전원을 사용하여 다수의 LED를 구동하는 먼 조명회로에 적용하여 리플, 역률, 효율 등의 전기회로 특성을 조사하였다.

2. 실험 방법

2.1 CLD 응용 COB 타입 LED 광원 및 조명회로

2.1.1 CLD 제작 및 특성

P형 전도성 Si 기판에, 면 저항 30 Ωcm 값을 가지는 두께 3 μm의 에피층을 성장한 웨이퍼를 사용하여, 0.08 mm × 0.24 mm 크기의 대형 셀 8개와 0.08 mm × 0.15 mm 크기의 소형 셀 2개를 하나의 CLD 칩으로 구성하였다.

표 1은 제작한 CLD의 전기적 특성을 정리하였다. 소형 및 대형 셀, 각각에서 8.82 mA, 11.56 mA 핀치-오프 정전류 값을 얻었으며, 이 값은 항복 전압 55

Table 1. Electrical properties of the fabricated CLD.

Cell	Pinch-Off		V _K (V)	I _K (mA)	V _B (V)
	V _p (V)	I _p (mA)			
Small	4.75	8.82	3.8	7.06	55
Large	5.63	11.56	4.5	55	

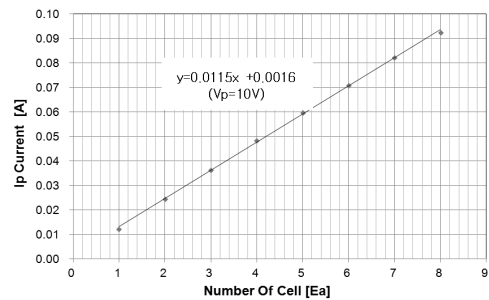


Fig. 1. Pinch-Off current characteristics with increase of the number of cells in the fabricated CLD.

V까지 매우 일정하게 유지되었다. 핀치오프 전압 V_p의 경우 각각 4.75 V, 5.63 V로 측정되었다.

그림 1은 CLD 칩에서 병렬 연결하는 셀의 수에 따른 핀치오프 전류량의 변화를 나타냈다. 핀치오프 정전류 11.56 mA 값을 가지는 대형 셀 8개를 연결하여 정전류 세기 92 mA를 얻었다. 이는 칩 하나로 가변 정전류 회로를 구성할 수 있어 회로의 단순화, 소형화 및 비용 절감에 효과적으로 이용할 수 있을 것으로 판단된다. CLD는 트랜지스터나 제너다이오드 등을 사용하지 않고 간단히 소형과 대형 셀을 병렬 연결하여 전류량을 증가시키는 것이 가능한데, 이는 LED 소자와 같이 전류로 구동하는 회로에서는 전류 크기에 의존하게 되므로 정전류의 크기가 가변되는 CLD는 LED 회로에서 매우 유용하다 [8].

2.2 COB 타입 LED 광원

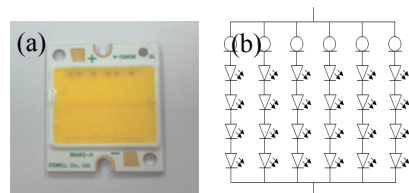


Fig. 2. (a) Photography of COB type light source and (b) circuit diagram of CLD.

그림 2는 COB (chip on board) 타입의 LED 조명 광원의 사진과 CLD를 응용한 회로를 나타내었다. COB 패키지에 6병렬 4직렬로 LED 칩을 연결하고, 각 병렬 스트링에 90 mA 정전류 특성을 가지는 CLD 칩을 장착하였다. 이때 사용한 LED는 455 nm InGaN계 청색 LED 칩 백색 램프로, 1,000 $\mu\text{m} \times 1,000 \mu\text{m}$ 크기이며 정격전류는 150 mA이다.

2.3 조명기 회로

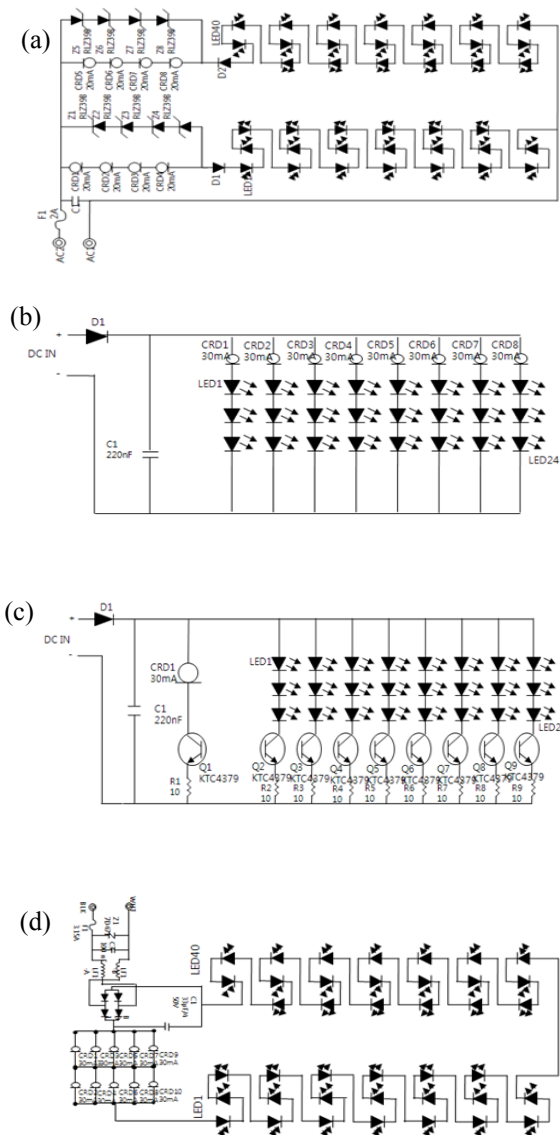


Fig. 3. CLD applications to LED lighting source circuit of (a) AC input, (b), (c) DC battery-powered, and (d) AC convert to DC and numbers of LED.

그림 3은 CLD를 응용한 LED 조명 광원 회로를 나타낸다. (a) AC 전원 소형광원 회로로, LED 병렬 스트링을 서로 반대 방향으로 구성하여, 각 스트링에 20 mA CLD를 4개 씩 직렬 연결하였다. 두 번째로 (b) 배터리로 구동하는 직류 전원 저전압 다수 병렬 LED 광원회로로, 각 스트링에 30 mA 정전류 CLD를 연결하여 정전류를 회로를 구성하였다. 마지막으로 (d) AC 220 V 및 110 V 전원 입력회로에 40개 LED를 직렬로 연결하고, 30 mA CLD를 5병렬로 연결하여 전류 증가회로를 구성하였다.

3. 결과 및 고찰

표 2는 제작한 조명용 COB 패키지 타입 광원의 CLD 장착 회로 특성이다. 각 병렬 스트링에 흐르는 전류, 전류 편차 및 소자 효율을 측정하였다. 각 병렬 스트링에 CLD를 장착하는 경우, 6개의 스트링에서 전류 값의 편차가 CLD 장착 여부에 따라 3.3 mA에서 1.0 mA로 감소하였다. 반면에 COB 소자 효율은 84.7%에서 77.6%로 감소하였다.

Table 2. Properties of COB type light source inserted CLD.

6 parallel 4 series circuit	DC Input		LED		$I_{6String}$		Efficiency
	V	mA	V	mA	I_{Avg} (mA)	I_{Dev} (mA)	
CLD	16	490	11.8	516	73.8	1.0	77.6
No CLD	12	653	12.0	554	99.2	3.3	84.7

Table 3. Electrical characteristics of LED light source circuits.

Circuit	AC Input		LED		Efficiency	Athd	Ripple
	V	mA	V	I_{rms} (mA)			
CLD 2 parallel 20 series	220	21.1	81.6	27.1	47.6	35.0	38.3
2 parallel 20series	220	28.9	89.3	34.0	47.8	26.6	48.1

표 3은 교류 전원에서 사용하는 조명기 소형 LED 광원에서 CLD 장착 특성을 조사하였다. AC 전

Table 4. Electrical characteristics of battery-powered LED light source circuits.

Circuit	Input		LED		I _{sString}		Efficiency
	V	mA	V	mA	I _{Avg} (mA)	I _{Dev} (mA)	%
8 parallel 3 series CLD	16	242	8.5	240	30.0	0.1	52.7
8 parallel 3 series currentmirror circuit	16	251	8.5	240	30.0	0.2	50.8
8 parallel 3 series SMPS	16	222	8.6	233	29.2	0.9	56.4

원 회로에 직접 LED를 연결할 수 있도록 다수의 LED를 직렬로 배치하는 회로를 구성하여, 소자효율 및 리플 특성을 조사하였다. AC 전원 전압을 이용하기 위해, 2병렬 20직렬로 LED를 배열하였다. 교류 전원 반주기 동안 다른 하나의 병렬 스트링의 LED가 동작하도록 하였으며, 이 때 CLD를 장착한 회로는 2병렬의 각 병렬 스트링에 CLD를 장착하였다. 동일하게 220 V를 입력하여 리플 특성이 CLD 장착 여부에 따라 48.1%에서 38.3%로 감소함을 알 수 있다. 병렬 스트링 수가 적은 회로인 경우, CLD의 전력 손실 발생이 작으면서 리플전류, 평균전류 및 안전성 측면에서 우수함을 알 수 있다.

배터리 전원을 이용하는 직류전원 LED 조명기기 회로에서, 저전압 특성을 이용하여 병렬회로를 구성하였다. 24개의 LED를 8병렬 3직렬로 연결하였다. 각 병렬 스트링에 CLD 장착회로, CLD 전류밀러회로 및 SMPS 장착 회로를 구성하여 리플 특성 및 회로 효율을 측정하였다. CLD 장착 회로는 30 mA 정전류용 CLD를 8개의 각 병렬 스트링에 장착하였다. CLD 전류밀러 회로는 KTC 4379 npn 트랜지스터 두 개를 각각 LED 스트링과 30 mA 정전류 용량의 CLD에 연결하여 구성하였다. 마지막으로 SMPS 장착회로는 HV9910B Supertex(사) 300 kHz 스위칭 주파수를 가지는 구동 칩을 LED 회로에 연결하였다. 표 4에 리플특성과 소자 효율을 측정하여 나타내었다.

CLD를 장착한 회로에서 전류의 편차가 SMPS 장착한 회로에 비하여 0.9 mA에서 0.1 mA로 감소함을 알 수 있다. SMPS 회로의 안정성에도 불구하고, 다수의 LED를 다수 병렬회로로 연결하는 경우, 병렬 각 스트링에 CLD의 필요성이 있음을 알 수 있다.

Table 5. Electrical characteristics of LED flat light source circuits.

Circuit	AC Input		LED		Ripple	Power Factor
	V	mA	V	mA	mA	%
40 LED series CLD circuit	100	239	119	141	123	62
40 LED series SMPS circuit	220	205	120	153	149	52

교류전원을 사용하여 다수의 LED를 구동하는 면 조명에서 일반적으로 사용하는 정전류 회로로, CLD를 장착한 40 LED 직렬 회로와 SMPS를 연결한 40 LED 직렬 회로의 전류전압 특성 및 리플, 역률 특성을 YOKOGAWA 사의 DL1540CL 장비를 사용하여 조사하였으며, 리플 전류 특성은 SMPS를 연결한 회로에서 149 mA, CLD를 장착한 회로에서 123 mA로 크게 감소함을 알 수 있다. 역률 특성 또한 CLD 회로에서 52%에서 62%로 증가하였다. 특히 고전압의 전원에서 다수의 LED를 직렬로 사용하는 면 조명기기 회로에서 LED 쇼트 고장은 전압 증가분을 다른 LED에 걸리게 하므로 안전성에 큰 문제가 된다. 이 때 CLD를 직렬로 연결하여 내압 특성을 이용하여 정전류 특성을 가지도록 구성하여 간단하면서도 안정성을 크게 증가시킬 수 있는 방법으로 생각된다.

4. 결론

11.56 mA, 8.82 mA의 정전류 값을 가지는 대형 및 소형 두 가지 셀을 병렬로 연결하여 허용 전류 값을 증가시킬 수 있는 CLD 칩을 제작하여, 대형 셀 8개를 병렬 연결하여 92 mA, 소형 셀 2개를 추가로 병렬 연결하여 110 mA 정전류 특성을 얻었다.

COB 패키지 형태의 소형 고밀도 광원에 LED와 CLD 칩을 한꺼번에 몰딩하여 조명광원 회로를 제작하였다. 각 병렬 스트링에 CLD를 장착하여, 6 개의 스트링에서 전류 값의 편차가 CLD 장착 여부에 따라 3.3 mA에서 1.0 mA로 감소하였다.

교류 전원에서 사용하는 조명기기 소형 LED 광원에서 CLD 장착 특성을 조사하였다. AC 전원에 2병렬 20직렬로 LED를 배열하여 CLD 장착 특성을 조사

하였다. 동일하게 220 V를 입력하여 리플 특성이 CLD 장착 여부에 따라 48.1%에서 38.3%로 감소하였다. 배터리 전원 저전압을 이용하는 직류전원 LED 조명기기 회로에서, 병렬회로를 구성하여 CLD를 장착 특성을 조사하였다. CLD를 장착한 회로에서 전류의 편차가 SMPS 장착한 회로에 비하여 0.9 mA에서 0.1 mA로 감소하였다. SMPS 회로의 안정성에도 불구하고, 다수의 LED를 병렬회로로 연결하는 경우, 병렬 각 스트링에 CLD 필요성을 알 수 있다. 교류전원을 사용하여 다수의 LED를 구동하는 면 조명에서 일반적으로 사용하는 정전류 회로로, CLD를 장착한 40 LED 직렬 및 40 LED 직렬회로에 SMPS를 연결한 회로의 전류전압 특성 및 리플, 역률 특성을 조사하였다. 리플 전류 특성은 SMPS를 연결한 회로에서 149 mA, CLD를 장착한 회로에서 123 mA로 크게 감소하였으며 역률 특성 또한 CLD 회로에서 52 %에서 62%로 증가하였다.

감사의 글

본 연구는 충청광역경제권 선도산업 R&D사업의 일환으로 “나노융합소재를 적용한 고 방열 절연소재 개발 및 고 Watt급 동박적층기판 기술개발” 사업 및 주관기관 희성소재 주식회사의 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)*, 512 (2010).
- [4] T. F. L. Tam, B. M. H. Pong, *IEEE 6th International Power Electronics and Motion Control Conference* 2527 (2009).
- [5] Y. J. Chen, W. C. Yang, C. S. Moo, and Y. C. Hsieh, *TENCON 2010 IEEE Region 10 Conference*, 2313 (2010).
- [6] H. Mu, L. Geng, and J. Liu, *2011 Symposium on Photonics and Optoelectronics*, 1 (2011).
- [7] 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).
- [8] H. J. Park, S. J. Yu, K. Anil, Y. G. Yi, J. H. Kim, and T. S. Han, *J. KIEEME*, **25**, 9 (2012).