EO3-06

열방출 특성을 개선한 LED 램프 설계 및 제작

정 학근, 정 봉만, 정 승원*, 이 정훈*
한국에너지기술연구원, *서울대학교

Design and Fabrication of LED Lamp improved Heat Dissipation

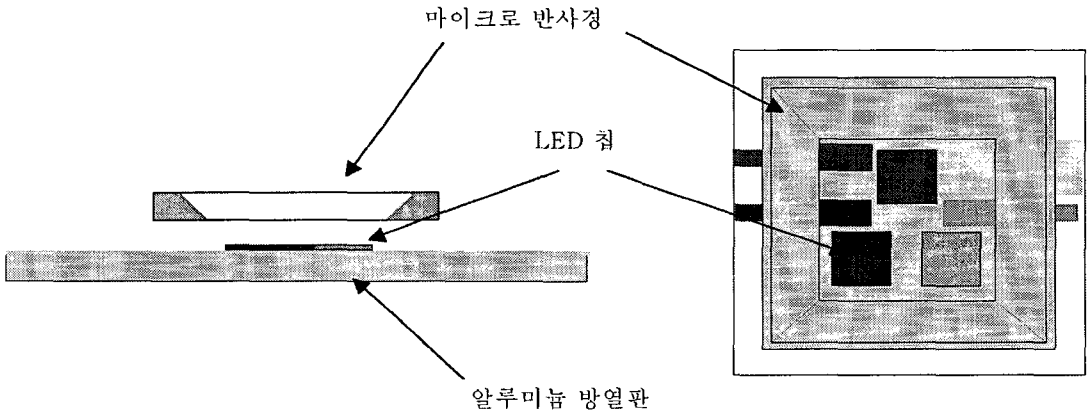
Hak-Geun Jeong, Bong-Man Jung, Seung-Won Jeong*, Jung-Hum Lee*
Korea Institute of Energy Research, *Seoul National University

1. 서론

LED는 반도체의 빠른 처리속도와 낮은 전력소모 등 장점을 가지고 있고 환경 친화적이면서도 에너지 절약효과가 높아서 차세대 국가 전략 제품으로 꼽히고 있다. 현재의 수 십 mW급의 백색 반도체 광원은 신호용 광원을 대체할 수 있는 수준이므로, 백열등 및 형광등과 같은 일반 조명용 광원을 대체하기 위해서는, 멀티 칩 개념의 수 W급의 반도체 광원에 대한 연구가 필요하며, 수 십 mW급의 백색 반도체 광원에서 사용되고 있는 광학기술은 광 이용효율이 30% ~ 50% 수준에 머물고 있어, 고출력화를 위해서는 광 이용효율을 향상시킬 수 있는 광학계 및 반사경의 설계 기술이 필요하다. 이에 본 논문에서는 적색, 녹색, 청색의 LED를 조합하여 백색광을 구현하는 시스템에 있어서, 멀티 칩을 통한 고출력화에 유리하고, 열방출 특성 및 반사율의 개선을 통한 광 이용 효율을 향상할 수 있는 새로운 LED 램프 구조를 설계하고 제작하였다.

2. LED 램프의 설계 및 제작

LED 램프의 열방출 특성을 개선하기 위하여 [그림 1]과 같은 LED 램프 구조를 설계하였다. 반사경은 바닥면이 뚫어진 형태로 되어 있어 LED 칩이 알루미늄 PCB에 직접적으로 부착될 수 있도록 하였다. 이러한 구조로 설계한 이유는 LED 칩의 발열특성에 따라 광출력 특성이 많은 영향을 받기 때문이다.



[그림 1] 열방출 특성을 개선한 LED 램프

[그림 1]은 열방출 특성을 개선하기 위하여 알루미늄 기판위에 절연층을 박막하고, 절연층 위에 전극을 형성, 전극위에 LED 칩이 결합되는 구조이며, 그리고 LED 칩의 옆면에서 방사되는 빛을 효율적으로 이용하기 위하여 반사경이 결합된다. 기존의 LED 구조에서는 반사

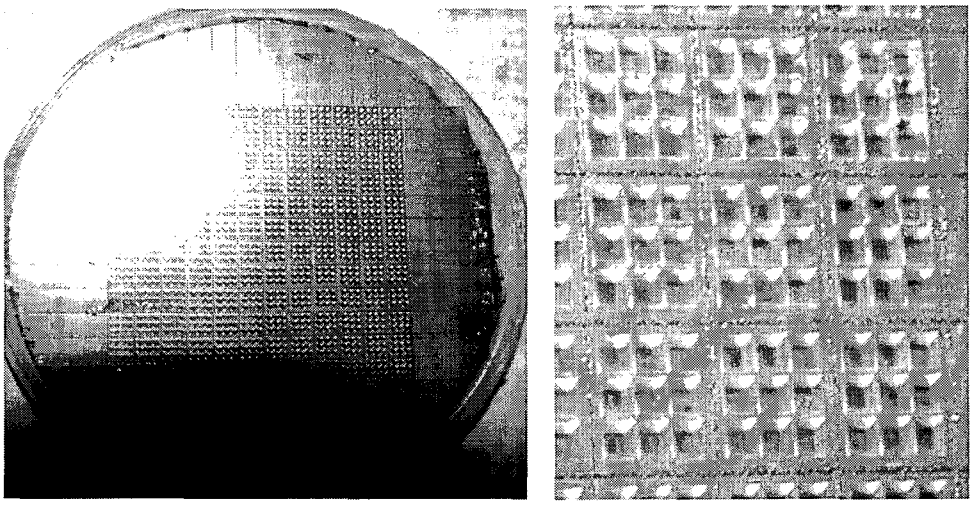
경이 포물선 형태를 이루고 있지만 LED의 밑면에서는 빛의 발출이 없으므로, 반사경의 밑면을 관통하는 구조로 설계하여, LED칩이 알루미늄 PCB에 직접적으로 접촉이 가능하도록 하고, 반사경의 반사율을 높여 빛의 이용효율을 높일 수 있도록 하였다.

2.1 반사경의 제작 및 성능

밑면 개방형의 반사경을 제작하기 위하여 먼저 <100>면의 실리콘 웨이퍼를 선택하여, <표 1>의 포토리소그라피 공정을 통하여 LED 칩의 크기를 고려하여 밑변의 사이즈를 설계하고, 식각공정을 통하여 일정한 기울기를 갖는 경사면을 제작하였다.

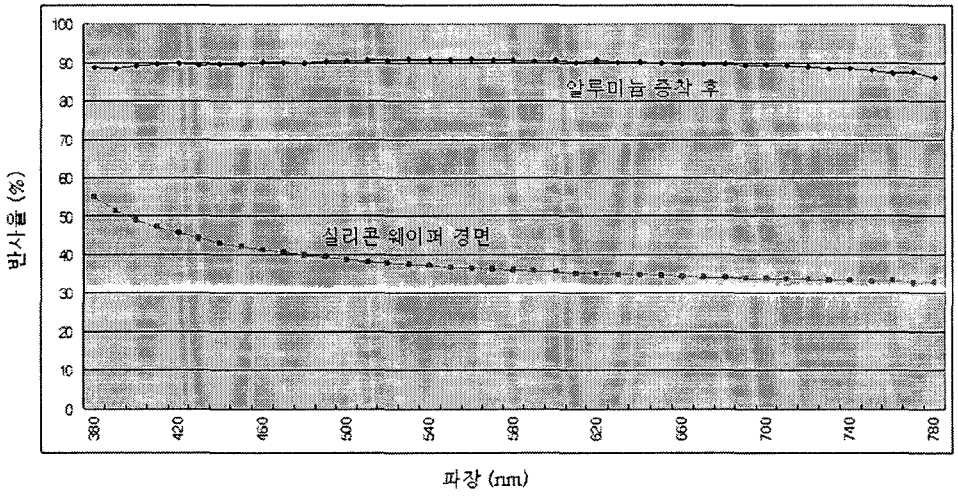
<표 1> 반사경의 제작 공정 순서

공정명	목적
(100) Si wafer	KOH 에칭시 54.7°의 경사각을 얻기 위해 (100) wafer 선택
Si_3N_4 deposition: LPCVD 2000 Å	KOH 에칭시 에칭되지 않는 면 보호막 형성
Photo-lithography (MA-6 II)	Si3N4 에칭을 위한 패턴 노광 및 현상
Si_3N_4 etching By P-5000	Si이 완전히 드러나게 Si3N4 에칭후 PR 제거
Wet etching by KOH(40wt%) 80℃	반대편 Si3N4가 완전히 드러날 때까지 에칭
Si3N4 remove By Oxford	Wafer에 있는 Si3N4를 깨끗이 에칭
Al deposition 7000 Å	빛의 효율적인 반사를 위해 Al 7000Å증착
Dicing saw	시편 단위로 절단



[그림 2] 4인치 웨이퍼에 제작된 마이크로 반사경

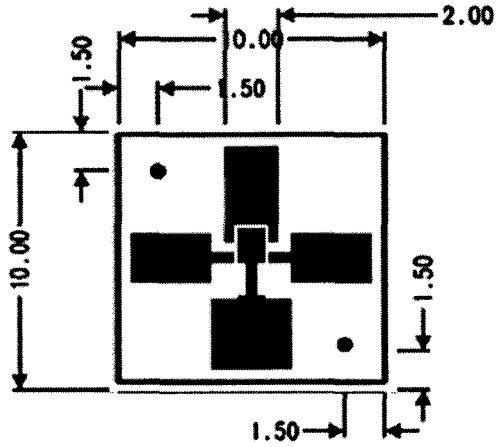
경사면을 제작하는 데 있어서, 반사율을 높이기 위해서는 경면이 필요한데, 경면을 제작하기 위해서 다양한 실험조건이 수행되었다. 식각용액의 종류, 식각용액의 농도 및 식각용액의 온도 등이 민감한 요소로, 최적의 조적을 찾기 위하여 공정이 수차례 반복되었다. 그리고 식각공정으로 제작된 경면에 알루미늄을 증착함으로써, 고성능의 반사경을 제작하였다. 제작된 반사경의 반사율을 측정한 결과 실리콘 웨이퍼의 경면은 40% 이하인 반면, 알루미늄을 증착한 경우 가시광선 전체영역에서 90%이상의 반사율을 얻을 수 있었다.



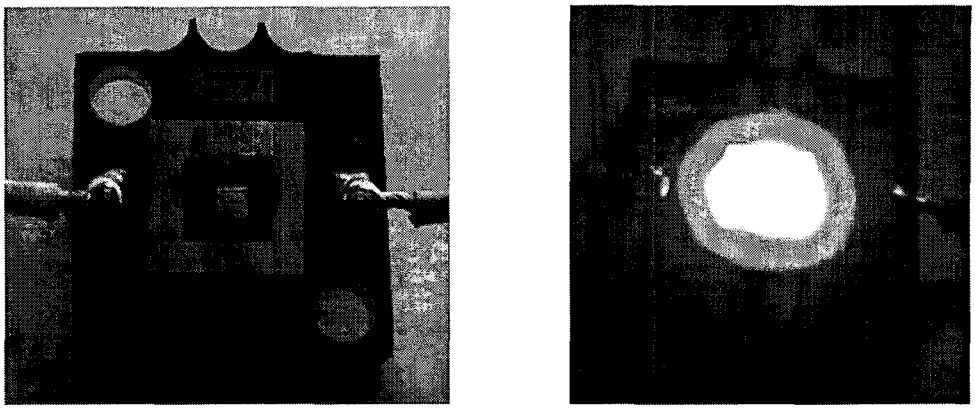
[그림 3] 알루미늄 증착 전후의 반사율의 비교

2.2 LED 램프의 제작 및 점등시험

현재 사용되는 고출력 LED는 LED 칩, 반사경으로 사용되는 리드 프레임, 알루미늄 방열판 및 리드프레임과 알루미늄 방열판을 연결하는 Slug 구조를 필요로 하고 있다. LED는 열적인 특성에 따라서 효율, 수명 등의 문제가 많이 발생하므로 본 논문에서는 효율적인 방열특성을 위하여 기존의 Slug 구조를 사용하지 않는 새로운 LED 구조를 설계하였다. 새로운 구조의 LED를 제작하기 위해 [그림 4]의 사양을 갖는 리드 프레임을 설계하였고, [그림 5]의 (a)와 같은 알루미늄 기판을 제작하였고, LED 칩 및 반사경을 이용하여 [그림 5]의 (b)와 같은 시제품을 제작하였다.



[그림 4] 리드 프레임의 설계



(a) 알루미늄 기판에 장착된 LED 램프 (b) 점등된 LED 램프

[그림 5] 새로운 구조의 LED의 시제품

3. 결론

현재 백색광 LED가 구현은 되었으나 궁극적으로 조명용으로 응용을 위하여는 기존 indicator용 LED 구조에 적용되던 fabrication 및 package 기술과는 차원을 달리하는 설계 기술이 필수적이다. 특히 고출력을 위하여 자외선 광원을 이용할 경우에는 chip 및 RGB 형광물질에서 발생되는 열 등 더욱 많은 문제점이 예측된다. 따라서 우수한 fabrication 및 package 공정기술의 개발은 조명용 고휘도, 고출력 백색 LED 개발에 있어서 가장 핵심이 되는 것이다. 고출력 조명 white LED를 위한 fabrication 및 package 기술개발은 차후 백색광 LED의 성능과 상용화시 생산성에 직결되는 연구 분야이다. 현재 다양한 fabrication 및 packaging 기술로 제작된 표면 장착형 백색 LED 제품이 미국의 Lumileds나 일본의 Nichin 등에서 연속적으로 개발되고 있다. 엄청난 시장성을 고려할 때 차후 고휘도 백색 LED에 대한 대외의존도가 심화될 전망이며 단가경쟁과 수입 단가 인하를 위해서라도 핵심기술인 고품위 에피 구조 제작과 더불어 고출력 조명용 white LED를 위한 fabrication 및 package 기술 개발은 국내에서 연구 개발이 매우 시급한 분야이다.

이러한 상황에서 본 논문에서는 적색, 녹색, 청색의 LED를 조합하여 백색광을 구현하는 시스템에 있어서, 멀티 칩을 통한 고출력화에 유리하고, 열방출 특성 및 반사율의 개선을 통한 광 이용 효율을 향상할 수 있는 새로운 LED 램프 구조를 설계하고 제작하여 그 성능을 평가하였다. LED 램프에 적용 가능한 마이크로 반사경의 제작을 위해 기존의 방법을 대신하여 MEMS 공정기술을 적용하였다. 기존에 사용되고 있는 방법인 직접 가공하거나, 금형을 이용하는 방법은 많은 시간 및 비용이 소요되고, 반사효율의 성능을 좌우하는 경면의 가공에 한계점을 가지고 있으므로, 반도체 및 MEMS 제작기술을 이용하여 경제적이고, 효율적으로 Micro- Reflector를 제작하였다. 반사경의 경사면은 사용하는 식각용액의 종류, 시각용액의 농도 그리고 식각 용액의 온도에 따라 특성이 달라짐을 알 수 있었고, 최적 조건을 사용하여 반사경을 제작하였다. 최적 조건의 경사면을 얻은 후, 알루미늄이 7000A 증착된 반사율 80%이상의 반사면을 얻을 수 있었다.

4. 참고문헌

1. 정봉만, 정학근 "조명용 LED 광원기", 조명전기설비학회 2005 춘계학술대, vol.1, p.67, 2005.
2. Kathryn M. Conway, " LEDs Focus Design interest at LightFair 2002," The advanced semiconductor magazine vol 15,NO 6, August 2002.