

LED 광원에 적합한 새로운 구조의 반사경의 설계 및 제작

(The Design and Fabrication of New Structure Reflector for LED Source)

정학근* · 정봉만 · 한수빈 · 박석인 · 김규덕

(Hak-Geun Jeong · Bong-Man Jung · Su-Bin Han · Sukin Park · Kyu-Deok Kim)

Abstract

A few ten mW white LED can substitute for the indicator light source, and it is required to study several watt multi-chip semiconductor light sources in order to replace the light sources for general illumination such as incandescent lights and fluorescent lamps. Since the optical technology used for several mW white LED light source uses only 30% to 50% of the light, it is required to develop the design technology of optical system and lens to improve the efficiency more than 80% for insuring the high power of white LED. In this paper, we designed and fabricated new structure reflector to increase the efficiency and is easy to make high power multi-chip LED lamp.

1. 서론

LED는 반도체의 빠른 처리속도와 낮은 전력소모 등 장점을 가지고 있고 환경 친화적이면서도 에너지 절약효과가 높아 차세대 국가 전략 제품으로 꼽히고 있다. 현재의 수십 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 필요하다. 수십 mW급의 백색 반도체 광원에서 사용되고 있는 광학기술은 광 이용효율이 30% ~ 50% 수준에 머물고 있어, 고효율화를 위해서는 80% 이상으로 광 이용 효율을 향상시킬 수 있는 광학계 및 반사경의 설계 기술이 필요하며, 적색, 녹색, 청색의 LED를 조합하여 백색광을 구현하는 시스템에 있어서, 소형 반사경의 역할은 매우 중요하며, 이를 기존의 방법과 같이 금형을 제작하는 방법은 많은 시간 및 비용이 소요된다.

본 논문에서는 MEMS(Micro Electro-Mechanical System) 기술을 이용하여 멀티 칩 패키징에 유리하며, 경제적이고 효율적으로 고반사율의 Micro- Reflector를 설계 및 제작하고, 그 성능을 평가하였다.

2. 본론

2.1. 반사경의 설계

LED 램프에 적용이 가능한 반사경의 제작을 위하여 그림 1과 같은 구조의 반사경을 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.

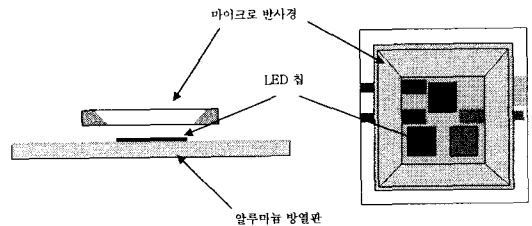


그림 1. 새로운 구조의 반사경을 채용한 LED 램프
Fig. 1. A new structure reflector for LED

그림 1은 열방출 특성을 개선하기 위하여 알루미늄 기관위에 절연층을 박막하고, 절연층위에 전극을 형성, 전극위에 LED 칩이 결합되는 구조이며, 그리고 LED 칩의 옆면에서 방사되는 빛을 효율적으로 이용하기 위하여 반사경이 결합된다. 기존의 LED 구조에서는 반사경이 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.

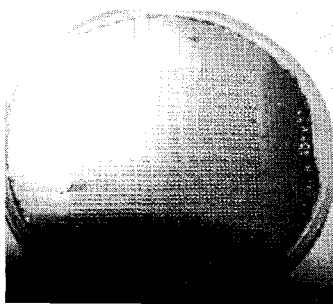
2.2. 반사경의 제작

밑면 개방형의 반사경을 제작하기 위하여 전 절에서 설명한 공정들이 사용되었고, 표 1의 순서로 반사경을 제작하였다. 먼저 <100>면의 실리콘 웨이퍼를 선택하여, 포토리소그라피 공정을 통하여 적절한 크기로 설계하고, 식각공정을 통하여 일정한 기울기를 갖는 경사면을 제작한다. 경사면을 제작하는데 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.

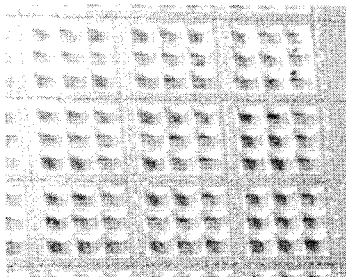
표 1. 반사경의 제작 공정 순서
Table 1. Fabrication Process for Reflector

공정명	목적
(100) Si wafer	KOH 에칭시 54.7°의 경사각을 얻기 위해 (100) wafer 선택
Si ₃ N ₄ deposition: LPCVD 2000 Å	KOH 에칭시 에칭되지 않는 면 보호막 형성
Photo-lithography (MA-6 II)	Si ₃ N ₄ 에칭을 위한 패턴 노광 및 현상
Si ₃ N ₄ etching By P-5000	Si이 완전히 드러나게 Si ₃ N ₄ 에칭후 PR 제거
Wet etching by KOH(40wt%) 80°C	반대편 Si ₃ N ₄ 가 완전히 드러날 때까지 에칭
Si ₃ N ₄ remove By Oxford	Wafer에 있는 Si ₃ N ₄ 를 깨끗이 에칭
Al deposition 7000 Å	빛의 효율적인 반사를 위해 Al 7000 Å 증착
Dicing saw	시편 단위로 절단

표 1의 공정을 통하여 그림 2와 같은 형태의 반사경을 제작할 수 있었다.



(a) 마이크로 반사경의 모습

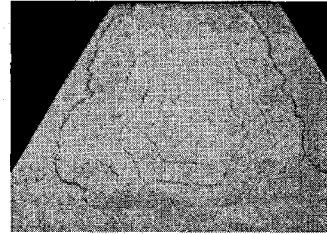


(b) 확대된 모습

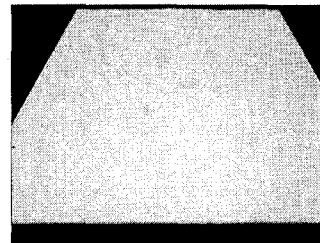
그림 2. 4인치 웨이퍼에 제작된 마이크로 반사경
Fig. 2. Micro-Reflector in 4 inch wafer

2.3. 성능 측정

실리콘 웨이퍼의 포도 공정을 수행한 후 그림 3에 실리콘 웨이퍼를 식각하는 데 사용하는 식각 용액을 다르게 사용하였을 때 생성된 경사면을 보여준다.



(a) TMAH 용액에 식각

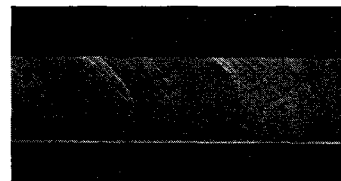


(b) KOH 용액에 식각

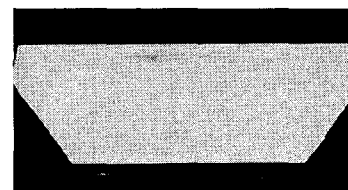
그림 3. 식각용액의 종류에 따른 경사면의 형태
Fig. 3. Reflector Surface (a)TMAH, (b)KOH

그림 3에서 보면 실리콘 웨이퍼의 식각하는 데 있어서, 식각용액을 TMAH를 사용했을 때에 비해 KOH를 사용하는 것이 경면을 얻을 수 있음을 보여준다.

그림 4에 실리콘 웨이퍼를 식각하는 데 사용하는 식각 농도를 다르게 사용하였을 때 생성된 경사면을 보여준다. 그림 4에서 보면 실리콘 웨이퍼의 식각하는 데 있어서, 식각농도를 30%로 사용했을 때에 비해 40%로 사용하는 것이 경면을 얻을 수 있음을 보여준다.



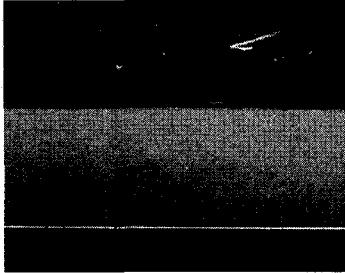
(a) 30% 농도



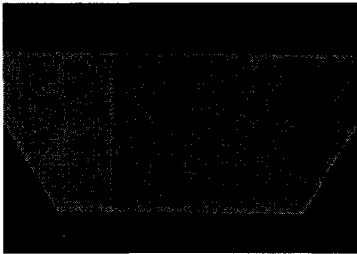
(b) 40% 농도

그림 4. 식각용액의 농도에 따른 경사면의 형태
Fig. 4. Surface according to concentration

그림 5에서는 실리콘 웨이퍼를 식각하는 데 사용하는 식각 용액의 온도를 다르게 사용하였을 때 생성된 경사면을 보여준다. 식각 용액의 온도에 따라 경사면의 거칠기의 분포가 달라짐을 볼 수 있다.



(a) 식각용액의 온도(70도)에 따른 경사면의 형태



(b) 식각용액의 온도(80도)에 따른 경사면의 형태

그림 5. 식각용액의 온도에 따른 경사면의 형태
Fig. 5. Surface according to temperature

알루미늄 박막 증착시의 문제점을 개선하여 그림 6에서 보는 것과 같은 마이크로 반사경을 제작하였다. 제작된 반사경의 반사율을 측정한 결과 실리콘 웨이퍼의 경면은 40% 이하인 반면, 알루미늄을 증착한 경우 가시광선 전체영역에서 90%이상의 반사율을 얻을 수 있었다.

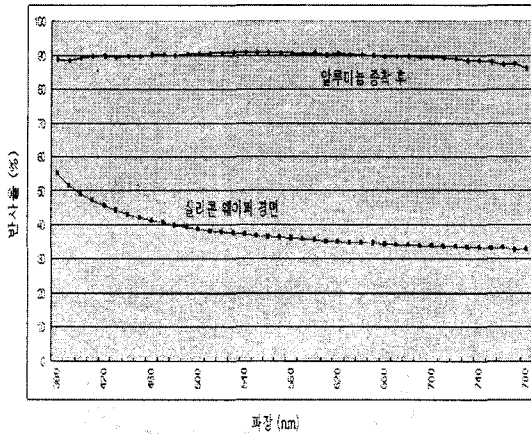


그림 6. 알루미늄 증착 전후의 반사율의 비교
Fig. 6. Reflectance after Al Deposition

3. 결 론

본 연구에서는 LED 램프에 적용 가능한 마이크로 반사경의 제작을 위해 기존의 방법을 대신하여 MEMS 공정기술을 적용하였다. 기존에 사용되고 있는 방법인 직접 가공하거나, 급형을 이용하는 방법은 많은 시간 및 비용이 소요되고, 반사 효율의 성능을 좌우하는 경면의 가공에 한계점을 가지고 있으므로, 반도체 및 MEMS 제작기술을 이용하여 경제적이고, 효율적으로 Micro- Reflector를 제작하였다. 반사경의 경사면은 사용하는 식각용액의 종류, 식각용액의 농도 그리고 식각 용액의 온도에 따라 특성이 달라짐을 알 수 있었고, 최적 조건을 사용하여 반사경을 제작하였다. 최적 조건의 경사면을 얻은 후, 알루미늄이 7000Å 증착된 반사율 80%이상의 반사면을 얻을 수 있었다.

참 고 문 헌

- (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.