

실리콘 결정면을 이용한 LCD-BLU용 도광판의 미세산란구조 형성

최가을 · 이준섭 · 송석호[†] · 오차환 · 김필수

한양대학교 물리학과 마이크로광학 연구실
Ⓣ 133-791 서울특별시 성동구 행당동 17번지

(2005년 2월 4일 받음, 2005년 3월 22일 수정본 받음)

LCD-BLU(liquid crystal device-back light unit)에 사용되는 도광판의 미세 산란패턴을 만드는 새로운 방법으로서, 실리콘 웨이퍼의 비등방 식각에 의해 자연적으로 형성되는 3차원 결정면 구조를 이용하는 방법을 제안하였다. 실리콘 3차원 결정면을 갖는 도광판과 프리즘 시트의 원판을 설계 및 제작하였고, casting 공정을 통해 PDMS 재질로 복제된 도광판을 제작하여 특성을 분석하였다. 측정 결과, 기존 인쇄형 도광판에 비해 실리콘-피라미드 패턴의 도광판이 10% 증가된 정면 휘도 효율을 가질 수 있음을 실험적으로 검증하였다.

주제어 : liquid crystal display, backlight unit, light guide plate.

I. 서 론

디스플레이 장치는 전기적으로 처리된 정보를 시각적인 화상정보로 변환시키는 장치이다. 기존 디스플레이 장치인 CRT(cathode ray tube)의 단점을 극복하고 소비자의 다양한 요구에 부응할 수 있는 평판 디스플레이들이 많이 개발되고 있는데, 특히, LCD(liquid crystal display)가 가장 각광을 받고 있다. LCD 패널은 크게 BLU(back light unit)와 액정패널로 나눌 수 있다. BLU는 액정패널의 뒤에 위치하면서 사용자의 눈 방향으로 균일한 조도의 빛을 발생 시켜, 액정패널에 표시되는 정보를 사용자가 정확하게 인지할 수 있도록 한다.^[1] 그림 1에 BLU의 기본구조를 나타내었다. 램프에서 방출된 빛이 도광판(LGP : light guide panel) 측면으로 입사되면, 빛이 도광판 내부로 전파하는 동안 표면에 형성되어 있는 미세한 산란패턴(scattered pattern)들에 의해 빛은 도광판의 상하 평면으로부터 벗어나게 된다. 도광판을 벗어난 빛은 확산판(diffuser sheet), 반사판(reflector sheet), 그리고 두 장의 프리즘판(prism sheet : H, V)에 의해 사용자의 시야각 이내로 모아져 들어오게 된다. 특히, 도광판 표면에 형성된 미세한 산란패턴의 모양과 면밀도는 BLU의 전체적인 광효율 및 균일도를 높이는 데 매우 중요한 역할을 한다.^[2] 산란패턴은 초정밀 선반가공 공정을 통하여 제작할 수 있는데, 비용이 매우 고가일 뿐만 아니라 완벽하지 못한 표면 거칠기와 제작할 수 있는 3차원 모양과 크기에 한계가 있어서, 고효율의 BLU를 구현하는데 제한적인 요소가 된다. 따라서, LCD의 저가격화와 보다 높은 광효율 및 균일도를 얻기 위해서는 새로운 제작 방법이 요구된다.^[3]

본 논문에서는, 기계적인 가공공정에 의한 것이 아닌 실리

콘 웨이퍼의 습식식각 공정에 의해, 넓은 면적에 미세한 3차원 산란패턴들을 동시에 만들거나 기존의 프리즘판을 대체할 수 있는 새로운 시야각보정용 시트를 제작하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 실리콘 웨이퍼의 비등방 식각 과정에 의해 자연적으로 형성되는 3차원 결정면 구조를 이용하는 것으로, 균일한 3차원 미세 산란패턴 어레이나 프리즘 구조를 한 번의 식각과정으로 얻을 수 있으며, 실리콘 결정면으로 이루어진 무결점 표면 거칠기를 얻을 수 있다. 또한, 다양한 크기와 밀도를 갖는 산란패턴을 넓은 웨이퍼 면적에 동시에 만들 수 있으므로, 저가의 비용으로 대규모 양산화 공정개발을 가능하게 해 준다.

실리콘 웨이퍼 면의 방향에 따라 비등방 식각을 통해 얻을 수 있는 기본적인 3차원 미세패턴의 형성 원리 및 형성 결과를 보이고, 이러한 3차원 미세패턴을 도광판의 산란 패턴과 시야각 보정용 프리즘판에도 적용하는 새로운 BLU의 구조를 제안하였다. 광학계 설계용 시뮬레이션 프로그램(Light Tools)을 사용하여 제안된 구조를 설계 및 분석하였으며, 실리콘 웨이퍼의 비등방 식각에 의해 도광판 마스터를 제작하고 casting 과정에 의해 PDMS 재질로 복제된 도광판 제작 결과를 보였다.

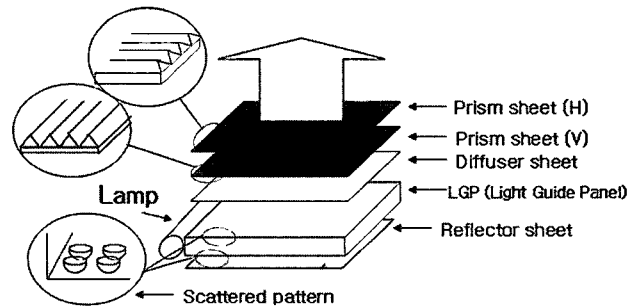


그림 1. BLU의 기본구조

[†] E-mail: shong@hanyang.ac.kr

제작된 도광판의 성능을 측정하여 시뮬레이션 결과 값과의 부합정도를 확인하고, 기존의 도광판들과 성능을 비교하였다. 이러한 설계 및 실험분석 과정을 통하여, 본 논문에서 제안된 방법이 기존의 선반가공 공정이 갖는 근본적인 기술적 한계를 극복할 수 있음을 보였으며, 미세 산란패턴 제작에 있어서 저가의 비용으로 완벽한 3차원 표면 형상으로 된 패턴의 크기와 모양 등을 매우 다양하게 변화해 가며 양산 공정을 개발하는 것이 가능함을 검증하였다.

II. 실리콘 웨이퍼의 식각 패턴에 기초한 BLU 도광판의 설계

2.1. 습식식각에 의해 형성된 실리콘 결정면

실리콘 웨이퍼의 비등방성 식각(anisotropic etching)은 실리콘 결정면 방향에 따라 식각되는 비율이 크게 차이가 나는 현상을 이용하는 것으로, 웨이퍼 면이 (100)인 경우에는 V-groove 식각, (110)인 경우에는 U-groove 식각으로 구분된다.^[4]

그림 2에 실리콘 웨이퍼 면의 방향에 따른 식각 패턴을 도시하였다. 그림 2(a)와 같이 실리콘 면의 결정방향이 (100)인 웨이퍼에 사각형으로 뚫린 마스크 패턴을 제작하고 습식식각시키면 사각형 4변의 edge각이 54.7°, 꼭지각이 70.5°인 역 피라미드 패턴이 형성 된다. 만일, 사각형의 한 변의 길이가 매우 길게 되면, 꼭지각이 70.5°인 프리즘 패턴이 형성될 것이다. 그러나, 그림 2(b)와 같이 실리콘 면의 결정방향이 (110)인 웨이퍼를 사용하면, 사각형의 마주보는 두변의 edge각이 35.3°, 나머지의 마주보는 두변의 edge각이 90°인 프리즘 패턴이 형성되며, 프리즘의 꼭지각은 109.4°로 정해진다. 기존의 프리즘 패턴과 구분하기 위해, 실리콘 결정면을 이용하여 만들어진 것을 실리콘 피라미드-패턴(Silicon-pyramid pattern; S-Pyramid pattern), 실리콘-프리즘 패턴(Silicon-prism pattern; S-Prism pattern)이라고 하자.

실리콘 웨이퍼를 사용하여 그림 2와 같은 미세 패턴을 제작하는 과정을 그림 3에 도시하였다. 한 예로, 본 실험에서

사용된 그림 2(a)의 피라미드 패턴을 만들기 위해서 결정면이 (100)인 실리콘 웨이퍼를 사용하는 경우를 설명하면 다음과 같다. 피라미드 크기를 결정하는 식각 마스크로는 습식열산화법(wet thermal oxidation)으로 600 nm 두께로 성장시킨 실리카 박막을 사용하였다. 그림 3에서와 같이 2 단계 ~ 5 단계의 일반적인 마스크 패턴 제조공정을 거친 후, 6 단계에서는 비등방 식각용액으로서 KOH(potassium hydroxide)와

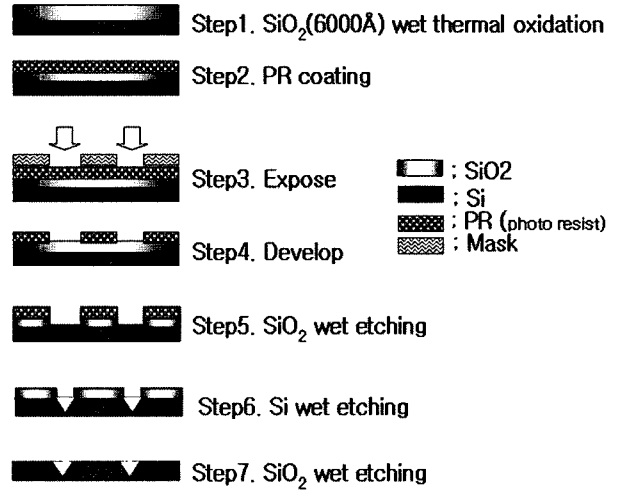


그림 3. 실리콘의 이방성 습식 식각에 의한 마스터 제작 과정.

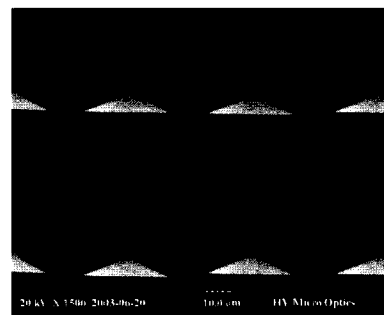


그림 4. 제작된 실리콘 마스터의 SEM 사진.

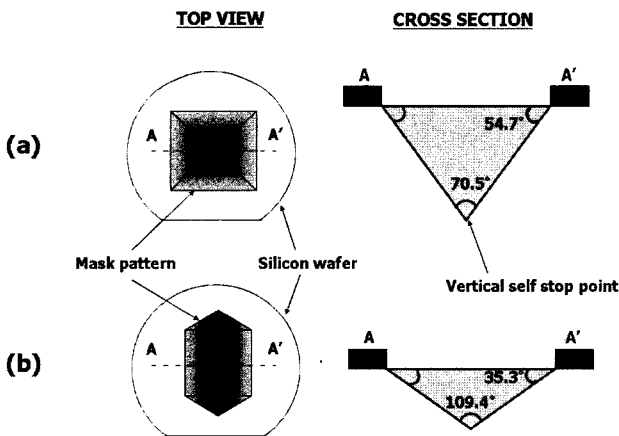


그림 2. 실리콘 웨이퍼 면의 결정방향에 따른 습식식각 패턴의 3차원 형상.

표 1. 실험에서 사용된 실리콘의 이방성 습식식각 조건.

Substrate : Silicom (100) + Silicom oxide 6000 Å	
Spin coating	Az6612k 원액 rpm:5000 sec:60
Soft Baking	100℃ 60 sec
Expose	400 mW 2sec
Develop	Az300MF 원액 6sec
Hard Baking	120℃ 45sec
SiO ₂ Etching	BOE(6:1) 10min
Si Etching	KOH(wt. 45%) : IPA = 1:3 중탕 : 용액온도 80℃ Etching Ratio : 1.2 μm/min
SiO ₂ Etching	BOE(6:1) 10 min

IPA(isopropyl alcohol)를 1 : 3 체적비로 혼합하여 온도를 80°C로 유지한 상태로 실리кон 웨이퍼를 습식식각 하였다.^[5-8] 습식식각속도는 1.2 μm/min 정도였다. 표 1에 단계별 공정조건이 자세히 소개되어있다. 그림 4는 제작된 실리кон 피라미드 어레이의 전자현미경 사진으로서, 피라미드 밑면은 30 μm X 30 μm 이고, 피라미드 사이의 간격은 15 μm이다. 앞으로 설명될 예정인 BLU의 도광판 설계 및 제작에 사용된 피라미드 패턴은 그림 4와 동일한 크기를 갖고 프리즘 간 간격은 5 μm ~ 68 μm 까지 변화시키면서 균일한 휘도분포를 얻도록 하였다.

2.2. 실리кон 식각 패턴을 도입한 BLU 도광판 설계

도광판의 성능은 평균 휘도의 세기와 휘도분포로 평가된다. 미세 산란패턴 설계는 고른 휘도분포를 유지하면서 최대 휘도세기를 구현하는 것으로, 도광판 설계에 있어서 가장 핵심적인 기술이다. 통상 도광판의 산란패턴은 광원에 가까운 쪽에는 패턴의 크기나 밀도가 적고, 광원에서 멀어질수록 패턴의 크기나 밀도가 증가하는 경향을 갖는다. BLU의 램프로서 주로 사용되고 있는 냉음극관(CCFL)은 전극이 위치한 양 끝부분에는 광의 방출세기가 약하므로 도광판의 광 입사면의 양쪽 코너에는 암부가 존재한다. 이러한 암부는 광 입사면으로부터의 광의 방출 세기가 약하여 일어나는 현상으로, 도광판 암부 주변 부위에서 산란된 광의 일부 중 코너로 입사되는 광을 대상으로 보다 강한 산란이 일어나도록 산란패턴의 분포를 세밀하게 설계해야 한다.^[9,10]

본 설계에서는 (100) 실리кон 웨이퍼에서 형성되는 피라미드 구조를 기본 산란패턴으로 하는 도광판을 고려하였다. 그리고, BLU에서 시야각 보정용으로 사용되는 프리즘 시트로서 (110) 실리кон 웨이퍼에서 형성되는 프리즘 어레이와 (100) 웨이퍼의 피라미드 어레이를 사용하였을 경우에 대하여 계산하여 비교 분석하였다.^[11] 그림 5는 피라미드 미세 산란패턴을 갖는 도광판 구조를 보여준다. 도광판의 밑면에 형성된 개개의 피라미드 패턴은 4개의 면으로 이루어져 있기 때문에 광을 산란시키는 효과뿐만 아니라, 그림 1의 시야각 보정용 프리즘 시트와 같은 역할을 할 수도 있을 것으로 예상된다. 또한, 프리즘 패턴의 크기 및 단위 면적당 차지하는 밀도를 도광판의 2차원 표면위에서 임의로 조절할 수 있으므로 보다 고른 휘도분포를 얻기가 용이하다. 본 설계에서 사용된 도광판의 재질은 PDMS이고, 크기는 가로 106.5 mm, 세로 82.5 mm, 두께 3 mm인 평판형이고, 램프(CCFL)의 세관 직경은 1.8 mm 이었다. 피라미드 패턴은 그림 4와 같이 밑면이 30 μm x 30 μm 인 동일한 크기를 사용하였다.

피라미드 패턴 사이의 간격이 없이 촘촘히 도광판 밑면을 모두 피라미드 패턴으로 채운 경우를 패턴밀도(filling ratio)가 1.0 일 때라 하고, 피라미드 밑면적만큼씩 사이를 띄운 경우를 0.5 면밀도라 하자. 그림 6의 A 곡선은 면밀도가 1.0인 도광판에서, 램프로부터 떨어진 거리에 따라 도광판의 발광면으로부터 50 cm 떨어진 위치에서 광 휘도를 계산한 결과이다. 패턴밀도가 전체 도광판 면에서 동일하게 배열되어 있기 때문에 램프 중심으로부터 가까운 곳은 휘도가 세고(~7600 cd/m²) 램프로부터 멀어질수록 휘도가 약해진다(~3000 cd/m²). 따라서, 공간적으로 실리кон-피라미드 패턴의 면밀도를 램프에 가까울수록 작게 해야한다. 한 예로, 그림 6의 B 곡선과 같이 거리에 따라 거의 선형으로 증가하는 면밀도를 갖도록 설계하게 되면 보다 고른 광 휘도 분포를 얻을 수 있다.

그림 7(a)는 피라미드 패턴의 면밀도가 그림 6의 B 곡선과 같이 분포하였을 때, 램프로부터 거리에 따른 휘도 분포를 나타낸 것이다. 평균 휘도가 4170 cd/m² 정도로서, 기존의 인쇄형 도광판보다 10% 증가된 평균휘도를 얻을 수 있었다. 그리고, 휘도 균일도는 최대 휘도값에 대한 최소 휘도값의 비율로서 정의하는데, 그림 6(a)의 설계치에서 구한 휘도 균일도는 83% 정도로 균일한 휘도분포를 얻을 수 있었다. 따라서, 실리кон 피라미드 패턴은 도광판의 수직방향과 수평방향으로 패턴밀도 조절이 자유롭게 때문에 한 방향으로만 조절이 가능한 기존의 프리즘 패턴을 사용하는 경우에 비하여 보다 높은 균일도와 고 휘도를 얻을 수 있을 것으로 기대된다. 그림 7(b)는 시야각에 따른 광 휘도분포를 보여주고 있다. 반경이 50 cm인 돔형(dome-type) 경로를 따라 검출기를 움직이면서 시야각에 따라 광휘도를 측정할 때 예상되는 측정치를 계산한 것이다. 4개의 면을 가진 프리즘 패턴에 의해, 어느 한 방향으로 휘도가 편중되지 않고 전 범위에 걸쳐 고르게 휘도가 분포하고 있으며, 램프와 나란한 방향(V)이나 수직인 방향(H) 모두 유사한 시야각 분포를 가짐을 알 수 있다.

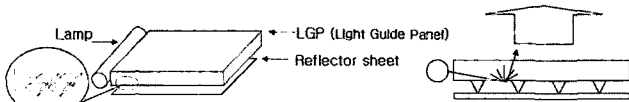


그림 5. 도광판 밑면에 피라미드 패턴을 갖는 BLU 구조도.

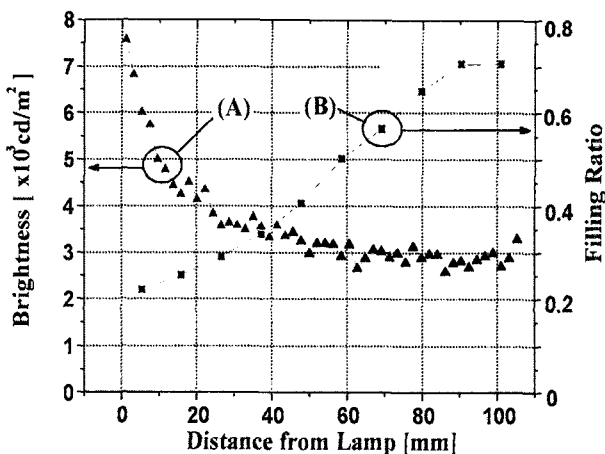
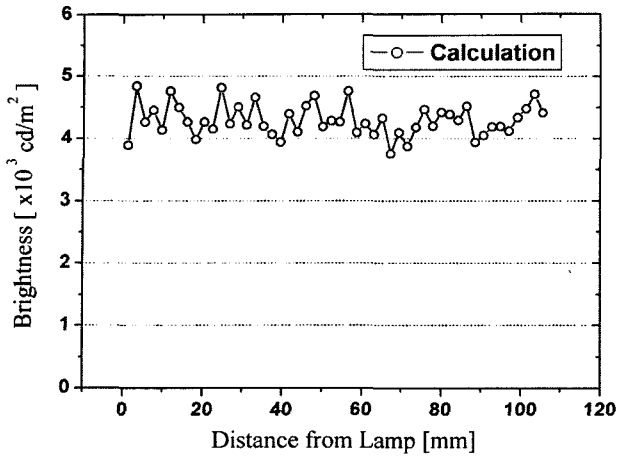
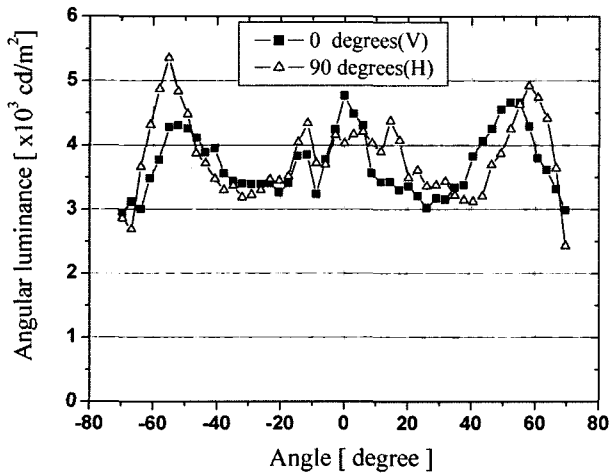


그림 6. (A)균일한 피라미드 산란패턴을 갖는 도광판의 광 휘도와 (B)고른 휘도분포를 갖기 위한 램프로부터의 거리에 따른 산란패턴의 밀도 분포.



(a) 램프로부터의 거리에 따른 휘도분포



(b) 시야각에 따른 휘도분포

그림 7. 도광판 밑면에 피라미드 패턴을 갖는 경우.

그림 7(b)에서 보면 대략 4000 cd/m^2 정도의 휘도값이 양쪽으로 60° 정도의 시야각에 걸쳐 나타나고 있으나, 균일도 면에서는 그림 7(a)의 거리에 따른 경우보다 다소 나쁘게 나타난다. 도광판의 사용용도에 따라 필요한 유효시야각 범위가 다르게 되는데, 보안을 요하는 PDA(Personal Digital Assistants)는 사용자의 정면에 국한하는 범위를 갖게 되고, 디스플레이의 경우에는 보다 넓은 유효시야각을 필요로 하게 된다. 주로 NTPC(National Television Personal Computer)용 BLU는 정면휘도의 50% 휘도가 되는 상하좌우각이 $\pm 25^\circ$, 모니터용은 정면휘도의 30%의 휘도가 되는 상하좌우각이 $\pm 60^\circ$ 를 표준값으로 하고 있다.^[4] 유효 시야각을 다소 줄이면서 보다 높은 균일도를 갖기 위해서는 시야각 보정시트를 추가하는 것이 요구되는데, 그림 8과 같이 두 가지의 시야각 보정시트를 사용하는 경우를 고려해 보았다. 도광판 밑면의 피라미드 패턴은 그림 7의 경우와 동일한 크기와 면밀도 분포를 가질 때, 그림 8(a)는 꼭지각이 70.5° 인 피라미드 패턴을 면밀도가 1.0이 되도록 어레이로 배열한 시야각 보정용 시트를 도광판 상단에 추가하는 경우이고, 그림 8(b)는 (110) 실리콘 웨이퍼

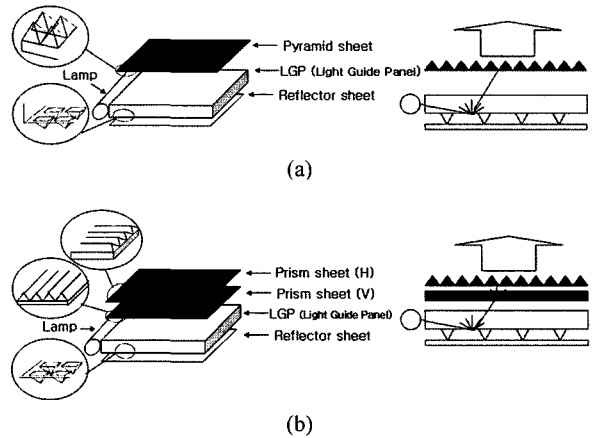


그림 8. 실리콘 웨이퍼로 제작된 (a)피라미드와 (b)프리즘 형상을 갖는 시야각 보정시트를 추가한 경우의 BLU 구조도.

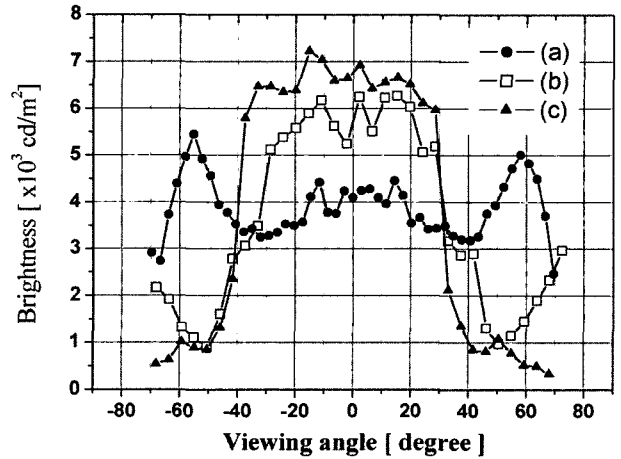


그림 9. 시야각에 따른 휘도분포 비교, (a) LGP(S-pyramid), (b) LGP (S-pyramid)+pyramid sheet x1매, (c) LGP(S-pyramid)+prism sheet x2매.

로 그림 2(b)와 같이 제작되는 꼭지각이 109.4° 인 프리즘 시트를 두 장(H, V) 사용하는 경우이다. 프리즘 패턴의 폭은 $25 \mu\text{m}$ 로서 면밀도 1.0으로 균일하게 배열되어 있다.

그림 9는 위의 시야각 보정 시트를 추가한 경우에 계산된 시야각에 따른 광 휘도분포를 보여준다. 참고로, 시야각 보정시트를 사용하지 않은 경우인 그림 7(b)의 H-방향 계산값도 비교를 위해 도시되어 있다. 시야각 보정시트에 의해 $\pm 40^\circ$ 이내로 시야각이 집중되고 휘도값도 6000 cd/m^2 정도로 향상되었다. 보다 자세히 살펴보면, 휘도 균일도와 평균휘도 값이 그림 8(b)인 109.4° 프리즘 시트를 사용하는 경우가 70.5° 피라미드 시트를 추가한 경우에 비해서 우수한 특성을 가짐을 알 수 있다. 이러한 결과는 기존의 상용화된 BLU 구조에서 시야각 보정용 프리즘 시트의 꼭지각 변화에 따라 광 휘도분포를 분석한 결과와 일치한다. 한 예로, 표 2를 보면 프리즘 꼭지각이 110° 일때 휘도 평균값이 1399 nit로 최대이다.^[12] 따라서, (110) 실리콘 웨이퍼에 의해 형성되는 109.4°

표 2. 프리즘 시트의 꼭지각에 따른 휘도 계산량.

Prism Angle[°]	Max	Min	Average
80	1449Nit	907Nit	1236Nit
90	1620Nit	833Nit	1339Nit
100	1769Nit	730Nit	1391Nit
110	1662Nit	966Nit	1399Nit
120	1694Nit	999Nit	1333Nit
경면	1126Nit	611Nit	947Nit

프리즘 패턴은 BLU 정면휘도를 높이는데 매우 적합한 구조로 적용될 수 있을 것이다.

III. Casting 성형 공정에 의한 PDMS 도광판 제작 및 휘도측정

LCD-BLU 도광판은 대부분 PMMA(Polymethylmethacrylate) 재질로 제작되며, 제작은 사출 성형에 의해 이루어진다. 본 연구에서는 보다 간편한 제작과 대량생산의 가능성을 확인하기 위해 PDMS(Polydimethylsiloxane, sylgard 184)를 이용하여 도광판을 제작하였다. 사용된 PDMS casting 성형 공정은 그림 10과 같다. Elastomeric precursor와 curing agent를 잘 섞은 혼합물을 그림 10과 같이 미리 제작된 실리콘 웨이퍼를 밑면으로 하는 templates(주형)에 붓는다. 진공 챔버에 30분가량 두어 기포를 제거한 후에 상온(20°C정도)에서 경화(curing)시킨다. 24시간 후에 templates에서 PDMS를 조심스럽게 떼어낸다.^[13] 떼어낸 미세 피라미드 패턴의 전자현미경 사진인 그림 11(a)을 보면, 바닥면과 모서리 면이 다소 거칠어 보이는데, 이는 PDMS와 실리콘 웨이퍼의 이형과정이 최적화가 되어있지 못해서 나타나는 결함이다. 그러나, 피라미드 면과 꼭지각 등은 매우 완벽한 표면 거칠기를 가지고 있다. 그림 11(b)는 제작된 피라미드 산란패턴을 갖는 PDMS 도광판에 램프를 연결하였을 때, 도광판의 표면으로부터 빛이 방출되는 과정을 보여주고 있다.

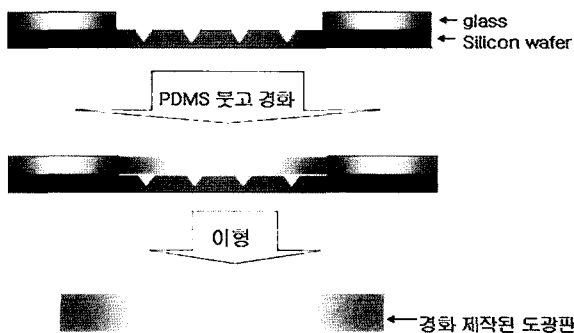
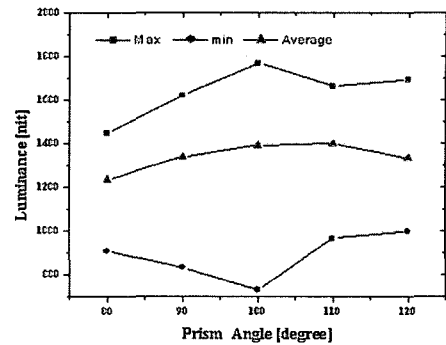
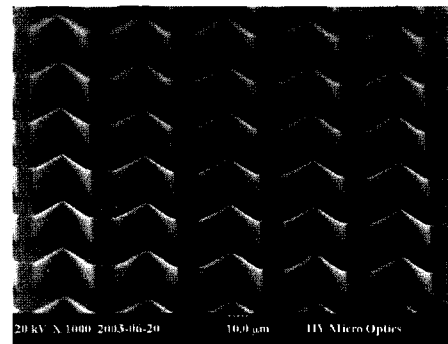


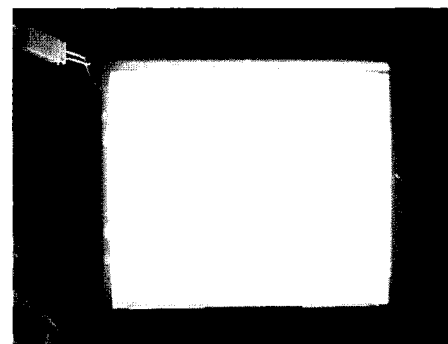
그림 10. Casting 공정에 의한 PDMS 도광판의 제작 과정.



위와 같이 제작된 도광판의 특성 측정은 다음의 조건에서 이루어졌다. 압실 (온도 25°C, 습도 60%), 인버터 관전류(6 mA), Aging time(5분), BM7(휘도/색도 계측기), 도광판 중심을 기준, 측정거리(50 cm), 측정 points(25 points). BM7은 상용의 조명성능 측정장치로서, 제작된 도광판의 광 휘도분포를 측정 하였다. 우선 그림 12(a)과 같이 백라이트의 발광면에서 수직으로 50 cm 떨어진 곳에 BM7을 위치하고, 지름 1.5 mm인 영역에서 측정각 0.2° 범위내로 발광하는 빛을 측정하였다. 그림 12(b)는 발광면과 평행한 면을 스캔하여 측정한 25개 측정위치를 나타낸다. 그리고, 도광판의 발광면에



(a)



(b)

그림 11. (a) Casting 공정에 따라 성형한 PDMS 도광판의 단일 피라미드 패턴의 SEM 사진, (b) 램프와 조립된 PDMS 도광판의 표면 발광 사진.

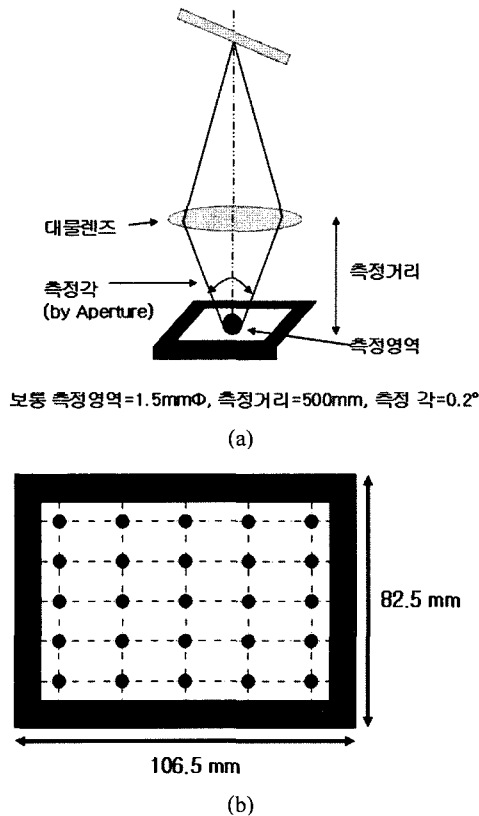


그림 12. (a) BM7 (휘도/색도 계측기)의 구조 및 (b) 측정 위치도.

서 50 cm 떨어진 곳에서 수평/수직 방향으로 각각 $\pm 80^\circ$ 까지의 시야각 변화에 따른 휘도를 측정하였다.

그림 13(a)에 광원으로부터의 거리에 따른 휘도 분포의 측정 결과를 설계 결과와 비교하여 나타내었다. 설계 값에 비해 휘도 측정값은 도광판의 중심에서 다소 높은 값을 갖는 반면, 대체적으로 설계오차 범위 이내에서 잘 일치하고 있다. 그리고, 그림 13(b)는 시야각에 따른 휘도분포의 측정결과를 계산값과 비교한 결과로서, 시야각에 따라 대칭적으로 나타나며 설계치와 매우 잘 일치하고 있다. 따라서, 그림 9에서 보인 바와 같이 시야각 보정용 프리즘 시트를 추가로 사용하게 되면 보다 높은 광휘도와 균일도를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

VI. 결 론

본 논문에서는 LCD-BLU의 핵심 부품인 도광판에 사용되는 미세 산란패턴과 시야각 보정 시트의 패턴을 제작하는 새로운 방법인, 실리콘 웨이퍼의 비등방 식각에 의해 무결점 3차원 실리콘 결정면 구조를 만들고 이를 이용하여 도광판의 미세 산란구조를 제작하는 방법을 제안하였다. 다양한 구조에 대해 설계 및 분석을 하였으며, 실험적으로 제작하여 그 성능을 비교 평가하였다.

설계와 제작의 기준이 된 도광판의 재료는 PDMS이고, 크

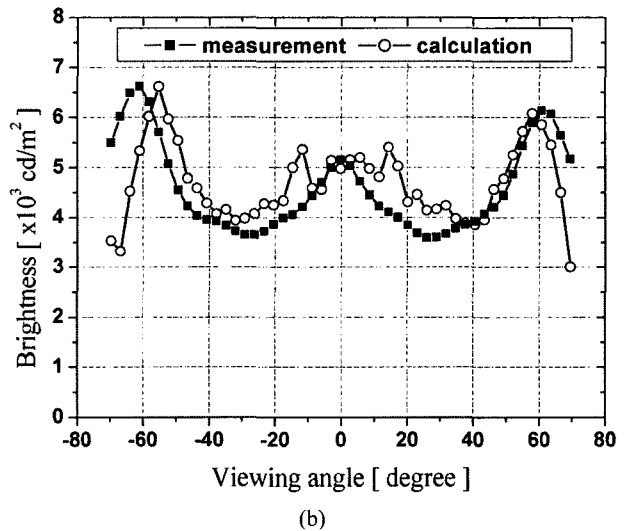
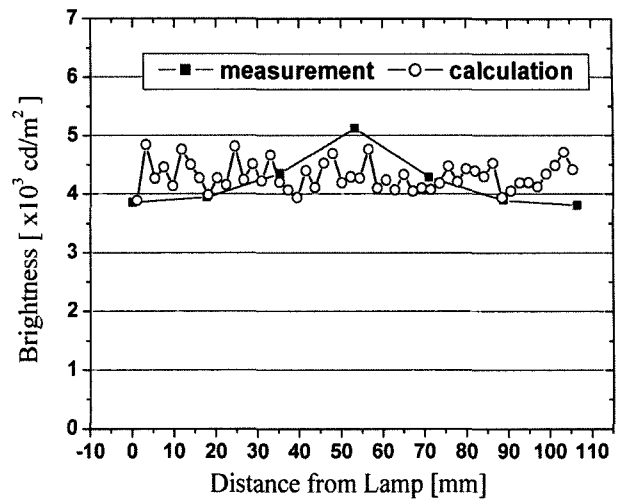


그림 13. 램프로부터의 (a) 거리 및 (b) 시야각에 따른 휘도 분포의 측정 결과.

기는 가로 106.5 mm, 세로 82.5 mm, 두께 3 mm로 실리콘 식각 패턴을 도광판과 시야각 보정 시트에 도입하여 여러가지 BLU 도광판 구조를 설계하였다. 그리고, 습식 식각하여 패턴이 형성된 실리콘 웨이퍼를 마스터 몰드로 하여 casting 공정을 통해 PDMS재질의 도광판을 제작하고, 측정된 결과와 설계치를 비교하여 매우 잘 일치하는 것을 확인하였다.

본 연구 결과를 통해 다음과 같이 제안된 새로운 방법의 장점을 확인하였다. 첫째, 실리콘 웨이퍼를 이용한 도광판의 제작은 제작이 단순하고 공정 단가가 낮아 BLU 개발비용을 최소화할 수 있으며, 제작과정이 보다 간략하기 때문에 새로운 설계에 빠르게 대응할 수 있다. 둘째, 실리콘의 이방성 식각은 실리콘의 식각 특성상 재현성이 높고, 식각된 패턴의 빛면이 완벽한 결정 표면을 갖는다. 그리고, 한 번에 모든 패턴이 동일한 조건에서 식각되기 때문에 패턴의 형상이 균일하므로, 설계 수치에 가까운 시험결과를 얻을 수 있다. 셋째,

네가지 방향의 면으로 이루어진 피라미드 패턴의 특성에 의해 모든 시야 각도에 걸친 고른 휘도 분포를 가질 수 있고, 삼차원의 모든 방향으로 패턴밀도 분포 조절이 가능하므로, 다양한 설계 자유도를 얻을 수 있다. 한 예로, 실리콘-프리즘 패턴은 이 패턴을 통해 방출되는 광의 방향 분포 범위가 기존 프리즘 시트보다 넓어 유효시야각이 커지며, 프리즘 패턴을 도광판의 양면에 형성하게 되면 시야각 보정시트 1매로도 수직, 수평 양방향 시야각 보정과 정면 휘도 분포 증가의 성능을 기대할 수 있으며, 시트 절감 효과와 고휘도 구현 가능성이 생기게 된다. 본 논문에서 제안한 실리콘 웨이퍼의 비등방 식각에 의한 무결점 3차원 미세 산란패턴에 기초한 도광판은 앞으로 고효율 LCD-BLU용 도광판을 구현하기 위한 유용한 방법으로 기대된다.

참고문헌

- [1] 정일용, “고분자 산란형 도광판을 이용한 고성능의 LCD backlight unit에 관한 연구”, 인하대학교 석사학위논문, pp. 3, 2001.
- [2] 신기술 동향 보고서 : 전기/전자 분야, 2000, 제1권 : 액정표시장치 / 특허청.
- [3] 김차연, “Backlight Unit(BLU) 기술 동향”, 한국정보디스플레이학회지, 제2권 1호, pp. 45, 2001.
- [4] 김종오, “실리콘 비등방성 부식에 있어서 하부부식에 대한 실험적고찰”, 아주대학교 논문집, 제10호. pp. 22, 1985.
- [5] 신승호, “실리콘 이방성 습식 식각에서의 알코올 첨가 효과에 관한 연구”, 한양대학교 석사학위논문, 1998.
- [6] H. Seidel *et. al.*, “Anisotropic Etching of Crystalline Silicon in Alkaline Solutions I. Orientation Dependence and Behavior of Passivation Layers”, *J. Electrochem. Soc.*, vol. 137, no. 11, pp. 3612-3626, 1990.
- [7] H. Seidel *et. al.*, “Anisotropic Etching of Crystalline Silicon in Alkaline Solutions II. Influence of Dopants”, *J. Electrochem. Soc.*, vol. 137, no. 11, pp. 3626-3632, 1990.
- [8] B. Schwartz and H. Robbins, “Chemical Etching of Silicon IV. Etching Technology”, *J. Electrochem. Soc.*, vol. 123, no. 12, 1976.
- [9] 노재현, “LCD용 Backlight unit의 균일한 면광원을 얻기 위한 Dot Pattern의 제작”, 인하대학교 석사학위논문, pp. 3, 1998.
- [10] 사중엽, “LCD 백라이트 도광판의 패턴 설계”, *Journal of the Institute of Industrial Technology*, vol. 31, pp. 15, 2003.
- [11] 김휘, 백정욱, 최경식, 이병호, 이병훈, “주기성을 갖는 광학 구조에 의한 인코히어런트 광의 확산 현상 시뮬레이션”, *Photonics Conference 2002*, pp. 171-172, 2002.
- [12] (주)레이젠 기술연구소에서 계산한 결과임. 윤석주, “LGP의 Prism 각도에 따른 휘도 특성 분석”, *Photonics Conference 논문집*, 2004.
- [13] 박상하, “MEMS 응용을 위한 hot embossing 공정 개발과 이형성 향상을 위한 1-dodecanethiol 자기조립단분자막 코팅에 관한 연구”, 고려대학교 석사학위논문, 2002.

Micro-patterning of light guide panel in a LCD-BLU by using on silicon crystals

Kaul Choi, Joon-seob Lee, Seok Ho Song[†], Cha-Hwan Oh, and Pill-Soo Kim

Micro Optics Research Laboratory, Department of Physics, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

[†]*E-mail: shsong@hanyang.ac.kr*

(Received February 4, 2005, Revised manuscript March 22, 2005)

Luminous efficiency and uniformity in a LCD-BLU are mainly determined by fine scattering patterns formed on the light guide panel. We propose a novel fabrication method of 3-dimensional scattered patterns based on anisotropic etching of silicon wafers. Micro-pyramid patterns with 70.5 degree apex-angle and micro-prism patterns with 109.4 degree apex-angle can be self-constructed by the wet, anisotropic etching of (100) and (110) silicon wafers, respectively, and those patterns are easily duplicated by the PDMS replica process. Experimental results on spatial and angular distributions of irradiation from the light guide panel with the micro-pyramid patterns were very consistent with the calculation results. Surface roughness of the silicon-based micro-patterns is free from any artificial defects since the micro-patterns are inherently formed with silicon crystal surfaces. Therefore, we expect that the silicon based micro-patterning process makes it possible to fabricate perfect 3-dimensional micro-structures with crystal surface and apex angles, which may guarantee mass-reproduction of the light guide panels in LCD-BLU.

OCIS Codes : 040.6040, 120.2040, 150.2950.