나노 임프린팅 기술에 의한 나노패턴을 갖는 PMMA 도광판 제조 기술

이병욱, 이태성, 이종하, 이근우, 홍진수, 정재훈, 김창교
순천향대학교

Technology to Fabricate PMMA Light Guiding Plate with nano pattern Using Nano Imprinting Technology

B. W. Lee, T. S. Lee, C. H. Lee, K. W. Lee, C. Hong, Jae Hoon Chung, C. K. Kim
Soonchunhyang University

Abstract : PMMA lght guiding plate with nano pattern was fabricated by nano imprinting technology. Silicon mold was fabricated by conventional photolithography. A nickel stamper was fabricated by electroplating process using silicon mold. Nano imprinting was performed on PMMA plate at 140℃under pressure of 20kN. The nano pattern on PMMA plate was investigated using FE-SEM.

Key Words : TFT-LCD, Backlight Unit, Light Guiding Plate, Nano Imprinting

1. 서 론

TFT-LCD 그 자체는 광원이 없기 때문에 LCD화면을 보기 위해서는 뒷면에서 LCD Panel에 빛을 공급해주는 장치가 필요한데, 그 부분이 BLU(back light unit)이다 [1]. 광원으로 사용되는 LED 또는 형광등으로부터 밝기가 균일한 편면광을 만드는 기능을 하며, 모듈의 두께 및 소비전력은 이 유닛의 두께를 얼마나 얇게 하면서 광 이용률을 향상시키는지에 따라 크게 좌우된다. 도광판은 BLU에서 가장 핵심이 되는 부품으로 광의 경로가 전면으로 향하는 곳이다. 실제로 광의 경로는 매질의 변화가 있어야만 일어나기 때문에 도광판 안에서는 경로변경이 없다. 광의 경로를 변경시키기 위해서 도트 인쇄, 금형에 의한 사출, V-cutting 등의 기술이 현재까지 사용되고 있다 [2,3]. 도광판 상에 형성된 패턴 때문에 빛이 상 방향으로 투과되게 된다. 전통적인 방법으로 제작된 도광판의 경우에 투과된 빛이 도광판으로부터 10°이하이기 때문에 두장의 프리즘쉬트와 확산쉬트를 10°이하의 빛을 통과하게 하여 도광판과 거의 수직인 빛이 LCD 패널로 향한다. 도광판상에 나노 패턴을 형성할 경우에 도광판으로부터 투과되는 빛이 70°이상이 되므로[4,5] 도광판에 나노패턴을 형성하는 것이 중요하다.

본 논문에서는 포토리소그래피공정과 건식식각 공정을 이용하여 실리콘 몰드를 제작하였다. 실리콘 몰드상에 니켈을 도금하여 나노 임프린팅 공정을 위한 스탬퍼를 제작하였다. 제작된 스탬퍼를 이용하여 나노 임프린팅 기술을 이용하여 나노 패턴을 갖는 PMMA 도광판을 제작하였다.

2. 실 험

그림 1은 나노임프린팅 기술을 이용하여 나노패턴을 갖는 도광판을 제작하기 위한 공정도를 보여주고 있다. 실리콘 웨이퍼의 세척을 끝낸 후 실리콘 웨이퍼 상부에 노광시 정재파(standing wave)를 감소시키기 위해 PR(photoresist)를 스피너를 이용하여 도포하기 전에 BARC(bottomed anti-reflective coating)를 스피너를 이용하여 도포하였다. KrF 스캐너(Nikon S203-B)를 이용한 사진식각 공정으로 도포된 PR의 나노패턴을 얻었다. 실리콘 몰드의 나노패턴을 얻기 위해서 RIE(Lam Research TCP9600DFM)를 이용하여 건식식각법을 이용하여 제작하였다. 식각공정은 Breakthrough(BT) 공정과 Main Etching(ME) 공정의 2단계로 진행하였다. BT공정은 50mT 진공과, 600W 전력, -370V 인가전압, CF_4/He 가스분위기에서 수행하였다. ME공정은 15mT 진공과 600W 전력, -160V 인가전압, Cl_2/O_2/HBr 가스분위기에서 수행하여서 실리콘 몰드를 제작하였다. 형성된 실리콘 몰드를 이용하여 도금기(Digital Matrix SA/2MEM)를 이용하여 도금 공정을 수행하여 나노임프린트 공정을 위한 스탬퍼를 제작하였다. 실리콘 몰드 위에 10nm 의 Ti와 80nm의 Au를 Ni 도금을 위한 씨울기로서 증착하였다. Ni 도금액의 Ni 농도는 94g/l이었고 boric acid는 40g/l와 기타로 구성되었다. 니켈도금액의 온도는 50℃이었고 pH 값은 4로 유지하였다. 처음 30분 동안의 전주도금은 스트레스의 발생을 낮추기 위해 0.5nm/s로 천천히 이루어진 후에 도금율을 증가하였으며 전류밀도는 0.5A/cm^{2}이었다. 도금이 끝난 후 Ti/Au층을 습식식각하여 실리콘 웨이퍼와 니켈 스탬퍼를 분리하였다. 나노임프린터 (Jenoptik HEX01)에 완성된 니켈 스탬퍼를 장착하여 나노임프린트 공정을 수행하였다. PMMA 기판을 나노임프린터에 삽입한 뒤 PMMA 기판과 니켈 스탬퍼를 가열하여 약 140℃를 유지하도록 하여 접촉시킨다. 처음 접촉시 압력이 크게 되면, PMMA 기판이 상할 수 있으므로 300N 정도로 작게 하여 접촉시켰다. PMMA 기판과 니켈 스탬퍼가 접촉되면 20kN의 압력을 가해 molding이 되도록 하였다. molding 공정이 완료되면 니켈 스탬퍼와 PMMA 기판의 온도를 약 70℃로 낮춘 후 니켈 스탬퍼와 PMMA 기판을 분리하여 PMMA 도광판을 완성하였다.

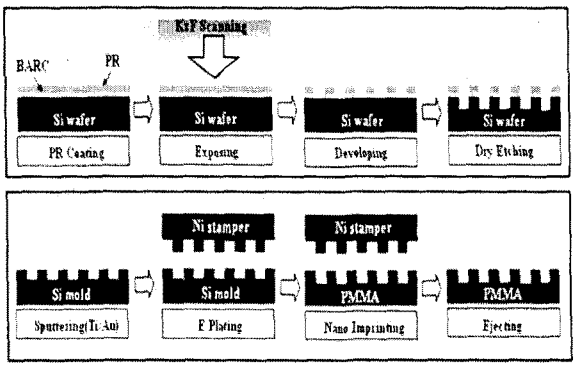

그림 1. PMMA 도광판 제작 순서도

3. 실험 결과

그림 2는 포토리소그래피법으로 제작한 250nm의 라인 패턴과 250nm의 공간 패턴의 실리콘 몰드를 보여주고 있다.

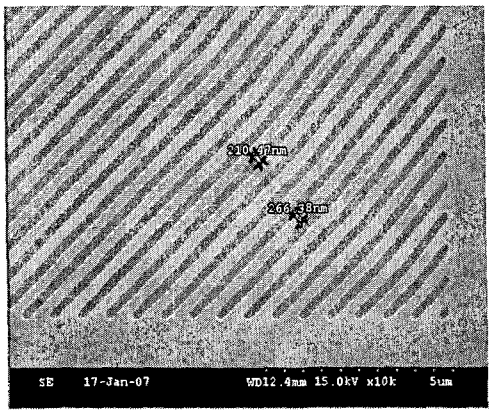

그림 2. 실리콘 몰드의 표면 형상의 SEM 사진

그림 3은 전해도금에 의해 만들어진 250nm의 라인 패턴과 250nm의 공간 패턴을 보여주는 니켈 스탬퍼의 표면 형상을 보여주고 있다.

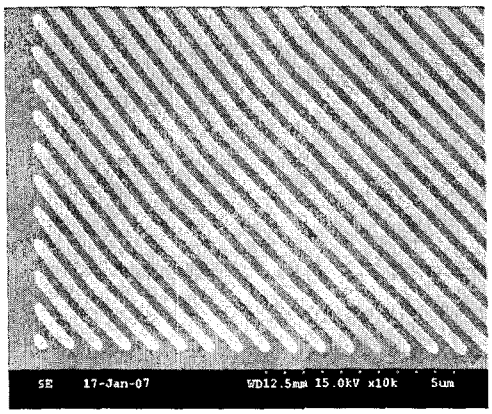

그림 3. 니켈 스탬퍼의 표면 형상의 SEM 사진

그림 4는 전해도금법으로 제작된 스템퍼를 이용하여 나노임프린트법으로 제작된 나노패턴을 갖는 도광판의 표면 형상을 보여주고 있다. 선폭 250nm의 나노패턴이 잘 전사되었음을 보여주고 있다.

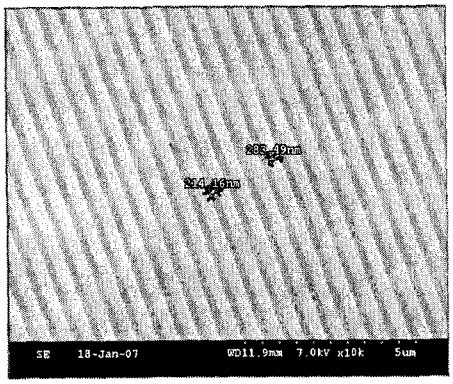

그림 4. PMMA 도광판 나노패턴 형상의 SEM 사진

4. 결 론

나노 패턴을 갖는 PMMA 도광판을 제작하기 위하여 실리콘 웨이퍼 표면 위에 PR의 나노패턴을 형성시키기 위해 BARC와 PR을 사용하여 KrF 스캐너를 이용한 포토리소그래피 공정을 하였다. RIE를 이용한 건식식각법을 이용하여 나노 패턴을 갖는 실리콘 몰드를 제작하였다. 실리콘 몰드의 나노 패턴을 전사하기 위해서 니켈 스템퍼를 전주도금법을 이용하여 제작하였다. 니켈 스템퍼를 나노 임프린팅 기술을 이용하여 원래의 실리콘 몰드의 나노패턴을 PMMA 플레이트에 전사하였다. 제작된 나노 패턴을 갖는 PMMA 플레이트는 TFT-LCD의 BLU의 프리즘 제거 도광판으로 사용될 수 있다.

참고 문헌

[1] 호서대학교 디스플레이기술교육센터, TFT-LCD 전문교육, 2003.

[2] 특허청, "2000년 신기술 동향 조사보고서(백라이트 부분의 저소비 전력화)", 2000.

[3] 황철진, 김종덕, 허영무, 하수용, 이규현, "LIGA-reflow 마이크로렌즈 패턴 금형 가공 및 LCD BLU 개발," 기계기술(신기술동향/기술리포트), pp. 164-168, 2004.

[4] 홍진수, 김창교, 면광원용 도광판, 대한민국 특허 출원번호 10-2007-61507, 2007.

[5] 홍진수, 김창교, 도광판 및 그 제조방법, 대한민국 특허 출원번호 10-2007-61506, 2007.