

나노 임프린팅 기술에 의한 원기둥형 나노 패턴의 PMMA 도광판 형성 기술

이병욱, 이태성, 이증하, 이근우, 정재훈*, 홍진수*, 김창교
 순천향대학교 전기로봇공학과, 순천향대학교 물리학과*

Technology to Fabricate PMMA Light Guiding Plate with Pillar Type Nano Pattern Using Nano Impinrinting Technology

B. W. Lee, T. S. Lee, J. H. Lee, K. W. Lee, J. H. Jung*, C. Hong*, C. K. Kim
 Dept. of Electric and Robotics Engineering, Soonchunhyang Univ, Dept. of Information Physics, Soonchunhyang Univ*

Abstract - 나노임프린팅 기술을 이용하여 원기둥형 나노 패턴을 갖는 도광판을 제작하였다. 나노 임프린트 공정을 이용하기 위해서는 니켈 스탬퍼가 필요하기 때문에 이를 제작하기 위하여 실리콘 웨이퍼 상에 건식식각을 이용하여 실리콘 몰드를 제작하였다. 제작된 실리콘 몰드를 전주도금을 이용하여 니켈 스탬퍼를 제작하였다. 제작된 니켈 스탬퍼를 사용한 나노임프린트 공정을 통해 원기둥 나노패턴을 갖는 도광판을 제작하였다.

1. 서 론

TFT-LCD(Thin Film Transistor Liquid Crystal Display)는 평판 디스플레이로서 휴대폰, 노트북, 모니터, TV 등 그 응용분야가 확대되면서 집적고휘도, 경량화되는 추세이다. TFT-LCD는 그 특성상 별도의 광원이 필요하게 되는데 이 광원을 BLU(Back Light Unit)라고 한다[1]. BLU 구성하는 부품 중에서 도광판은 가장 핵심이 되는 부품으로 광의 경로가 전면으로 향하는 기능을 하고 있다. 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 두 장의 프리즘쉬트와 확산쉬트를 10° 이하의 빛을 통과하게 하여 도광판과 거의 수직인 빛이 LCD 패널로 향한다. 도광판상에 원기둥형의 나노 패턴을 형성할 경우에 도광판으로부터 투과되는 빛이 기존 도광판 보다 훨씬 높은 각도를 유지하므로[4,5] 도광판에 원기둥형 나노패턴을 형성하는 것이 중요하다.

본 논문에서는 포토리소그래피공정과 건식식각 공정을 이용하여 실리콘 몰드를 제작하고, 실리콘 몰드 상에 니켈을 전해 도금하여 나노 임프린트 공정시 필요한 니켈 스탬퍼를 제작하였다. 제작된 니켈 스탬퍼를 이용하여 나노 임프린트 기술로 원기둥형 나노 패턴을 갖는 PMMA 도광판을 제작하였다.

2. 본 론

2.1 실험

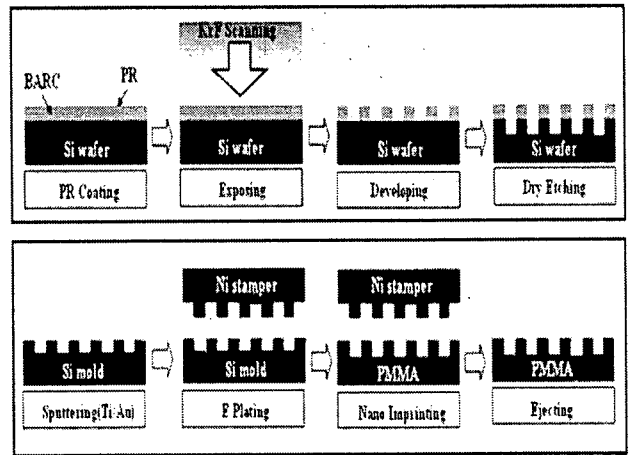
그림 1은 나노임프린팅 기술을 이용하여 원기둥형 나노패턴을 갖는 도광판을 제작하기 위한 공정도를 보여주고 있다. 실리콘 웨이퍼의 세척을 끝낸 후 실리콘 웨이퍼 상부에 노광시 정상파(standing wave)를 감소시키기 위해 PR(photoresist)를 스피너를 이용하여 도포하기 전에 BARC(bottomed anti-reflective coating)를 스피너를 이용하여 도포하였다. KrF 스캐너(Nikon S203-B)를 이용한 사진식각 공정으로 도포된 PR의 나노패턴을 얻었다.

실리콘 몰드의 원기둥형 나노패턴을 얻기 위해서 RIE(Lam Research TCP9600DFM)를 이용하여 건식식각법을 이용하여 제작하였다. 식각공정은 Breakthrough(BT) 공정과 Main Etching(ME) 공정의 두 단계로 진행하였다. BT공정은 50mT 진공과, 600W 전력, -370V 인가전압, CF₄/He 가스분위기에서 수행하였다. ME공정은 15mT 진공과 600W 전력, -160V 인가전압, Cl₂/O₂/HBr 가스분위기에 수행하여 실리콘 몰드를 제작하였다.

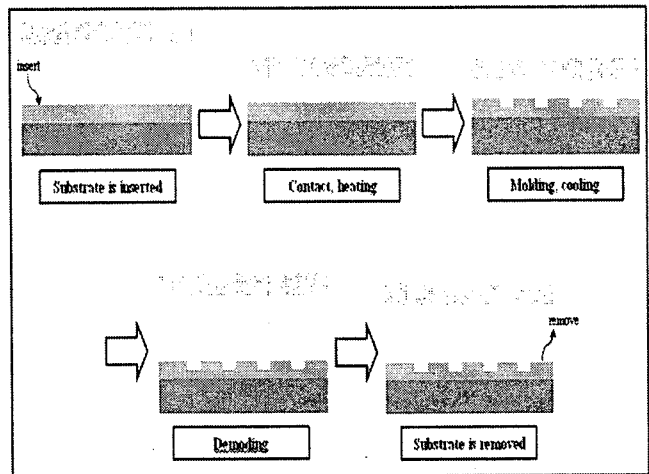
형성된 실리콘 몰드를 이용하여 도금기(Digital Matrix SA/2MEM)를 이용하여 도금 공정을 수행하여 나노임프린트 공정을 위한 스탬퍼를 제작하였다. 실리콘 몰드 위에 10nm의 Ti와 80nm의 Au를 Ni 도금을 위한 씨울기로서 증착하였다. Ni 도금액의 Ni 농도는 94g/L 였고, boric acid는 40g/L와 기타로 구성되었다. 니켈도금액의 온도는 50°C이었고 pH 값은 4로 유지하였다. 처음 30분 동안의 전해도금은 스트레스의 발생을 낮추기 위해 0.5nm/s로 천천히 이루어진 후에 도금율을 증가하였으며, 전류밀도는 0.5A/cm²이었다. 도금이 끝난 후 Ti/Au 층을 습식식각하여 실리콘 몰드와 니켈 스탬퍼를 분리하였다.

나노임프린터(Jenoptik HEX01)에 완성된 니켈 스탬퍼를 장착하여 나노임프린트 공정을 수행하였다. 그림 3은 나노임프린트 공정 순서도를 보여주고 있다. PMMA 기판을 나노 임프린터의 chamber 안에 삽입한 뒤 chamber가 닫히면 진공 분위기를 만든 후에 PMMA 기판과 니켈 스탬퍼를 가열하여 일정온도가 되도록 해주는데 이때의 온도는 molding 온도보다 약간 높게 해

준다. 그 다음 니켈 스탬퍼를 천천히 강하시켜 PMMA 기판과 접촉되도록 한다. 이때 접촉시 압력은 300N 정도로 작게 하여 접촉시 PMMA가 상하지 않도록 한다. PMMA 기판과 니켈 스탬퍼가 접촉되면 molding 온도가 되도록 한 후 molding 온도에 도달하면 일정 압력과 속도로 molding 공정을 진행 하였다. 보통 PMMA의 경우 molding 온도는 약 140°C, 압력은 20kN, molding 속도는 1mm/min 정도이다. Molding 공정이 완료되면 니켈 스탬퍼와 PMMA 기판이 접촉되어 있는 상태로 유지하면서 온도를 약 70°C로 낮춘다. 온도가 낮아지면 chamber를 열고 니켈 스탬퍼와 PMMA 기판을 분리하여 PMMA 도광판을 완성하였다.



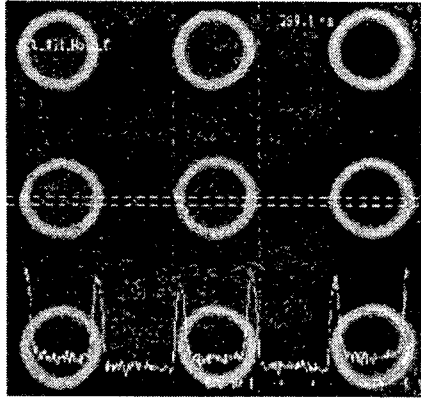
<그림 1> PMMA 도광판 제작 순서도



<그림 2> 나노임프린트 공정 순서도

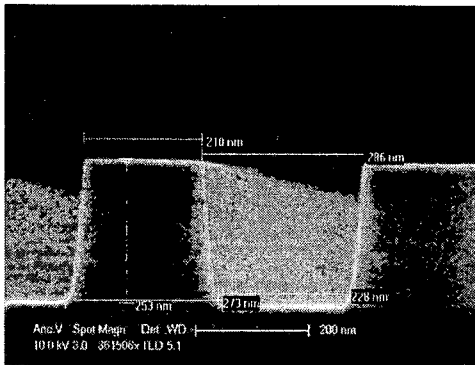
2.2 실험 결과

그림 3은 포토리소그래피법으로 제작한 직경 260nm의 원기둥형 나노패턴의 PR을 보여주고 있으며, 원기둥 간의 거리는 240nm이다.

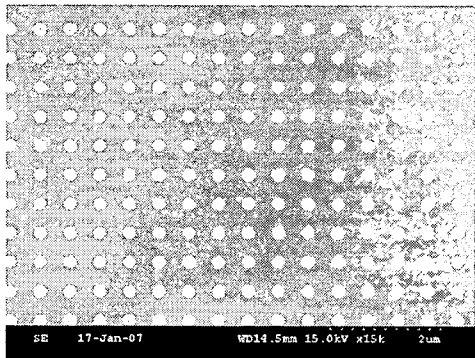


〈그림 3〉 포토리소그래피 공정 후 표면 형상의 SEM 사진

그림 4는 포토리소그래피 공정 후 건식식각으로 제작한 원기둥형 나노 패턴 실리콘 몰드를 보여주고 있다. 제작된 원기둥 패턴은 건식식각 공정 시 약 85°의 식각각도로 제작되었기 때문에 원기둥 패턴의 윗 부분과 아랫부분의 크기가 달라졌음을 볼 수 있다. 원기둥 패턴은 윗 부분은 210nm이고, 아랫 부분은 270nm의 크기를 갖고 있으며, 원기둥 패턴 사이 간격은 윗 부분에서 290nm이고 아랫 부분에서는 230nm였다.



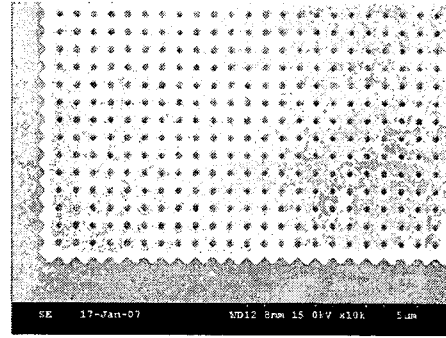
(a)



(b)

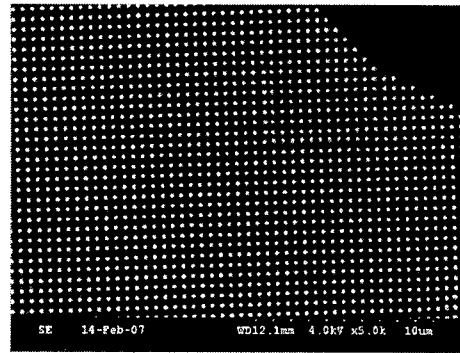
〈그림 4〉 실리콘 몰드의 표면 형상의 SEM 사진
(a) 실리콘 몰드 단면 형상 (b) 실리콘 몰드 표면 형상

그림 5는 전해 도금에 의해 만들어진 직경 210nm의 원기둥형 나노패턴의 니켈 스템퍼를 보여주고 있으며, 원기둥형 나노패턴간의 거리는 290nm이다.



〈그림 5〉 니켈 스템퍼의 표면 형상의 SEM 사진

그림 6은 전해 도금법으로 제작된 니켈 스템퍼를 이용하여 나노 임프린트법으로 제작된 원기둥형 나노패턴을 갖는 도광판의 표면 형상을 보여주고 있다. 직경 210nm의 원기둥형 나노패턴이 잘 전사되었음을 보여주고 있으며, 원기둥형 나노패턴간의 거리는 290nm이다.



〈그림 6〉 PMMA 도광판 원기둥 패턴 형상의 SEM 사진

3. 결 론

원기둥 나노 패턴을 갖는 PMMA 도광판을 제작하였다. 이를 제작하기 위해서 나노임프린트 기술을 이용하였다. 나노임프린트 기술을 이용하려면 니켈 스템퍼가 필요하기 때문에 이를 제작하기 위하여 실리콘 웨이퍼 표면에 포토리소그래피 공정과 건식식각을 통해 원기둥 나노 패턴을 갖는 실리콘 몰드를 제작하였다. 제작된 실리콘 몰드에 도금을 위한 씨울기로 Ti/Au를 증착한 후 전해도금법을 이용하여 니켈 스템퍼를 제작하였다. 제작된 니켈 스템퍼를 나노 임프린트 기술을 이용하여 실리콘 몰드 표면의 원기둥 나노 패턴을 PMMA plate에 전사하였다. 제작된 원기둥 나노 패턴을 갖는 PMMA plate는 TFT-LCD의 BLU에서 프리즘 제거 도광판으로 사용될 수 있다.

〔참 고 문 헌〕

- [1] 호서대학교 디스플레이기술교육센터, TFT-LCD 전문 교육, 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.