

차세대 디스플레이 소자로의 응용을 위한

패턴화된 광결정의 제조

Patterned Photonic Crystals for Display Devices

이승곤, 이기라*, 양승만

한국과학기술원 생명화학공학과, *LG 화학 기술 연구원

E-mail : lskgon@kaist.ac.kr

정보 통신 기술의 핵심인 전자 소자들은 집적도가 높아질수록 전자 자체의 질량과 전하로 인해 전자 투과 (electron tunneling) 현상을 비롯한 매질과의 상호작용이라는 본질적인 한계를 가지고 있다. 전자 대신에 광자를 사용하는 광전자소자는 차세대 소자로 주목 받고 있다. 광결정은 이러한 광전자 소자를 구현하기 위한 핵심기술로서 미시적 공간에서 광자를 자유롭게 제어하게 해준다. 이러한 광결정 (photonic crystals)은 크게 식각 공정 (lithography)⁽¹⁾과 콜로이드 입자의 자기 조립 (self assembly)⁽²⁾을 통해서 제조되고 있다. 식각 공정을 이용하면 기존의 반도체 공정을 그대로 적용하여 우리가 원하는 형태로 소자를 제작할 수 있으나, 반도체 공정의 문제인 시간과 비용적인 측면에서 효율이 떨어진다는 단점도 그대로 안고 있으며, 3차원 광결정의 제조는 더욱 어렵다. 이에 반해 콜로이드 입자의 자기 조립 방법은 3차원 광결정 구조를 값싸고 쉽게 제조할 수 있지만, 실제 광전자 소자로 적용하기 위해 절대적으로 요구되는 결함 없는 구조를 넓은 면적에 제조하기가 어려울 뿐만 아니라 콜로이드 결정의 형상을 제어하기가 어렵다. 따라서 시간과 비용을 줄이면서 원하는 형태의 광결정을 만들 수 있는 방법을 찾는 것이 광결정 분야 연구의 핵심으로 떠오르고 있다.

최근 이러한 문제의 해결을 위해서 식각 공정과 자기 조립의 결합하는 방식이 제안되었고, 식각공정으로 제조된 틀을 이용하여 원하는 형태의 콜로이드 결정의 몇 가지 실험예가 보고 되었다.³⁽⁴⁾ 본 연구에서는 기존의 광 식각기술 (photo lithography)과 콜로이드 입자의 자기 조립을 동시에 이용하여 표시소자로 사용될 수 있는 이차원패턴을 보유한 3차원 광결정을 제조하기 위한 새로운 방법을 제안하려고 한다.

기본 개념은 규칙적으로 배열 시킨 콜로이드 입자 사이에 감광성 고분자를 침투시키고 잘 알려진 광 식각 방법을 통하여 패턴을 형성하는 순서로 이루어진다. 이 방법을 이용하면 감광성 고분자가 기존에 형성된 콜

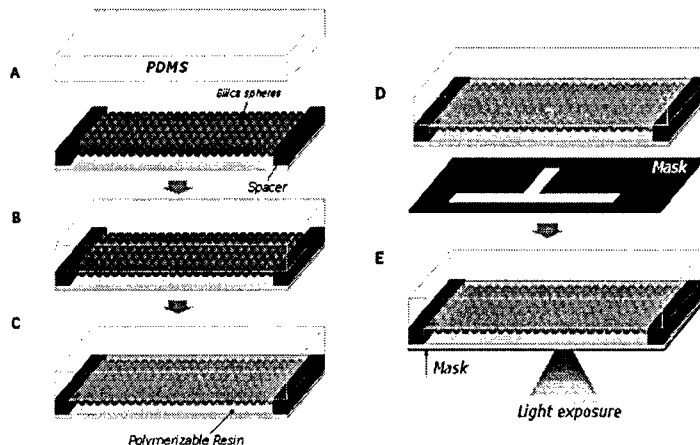


그림 1.

로이드 결정을 손상시키지 않고 단지 두 물질 사이의 굴절율의 차이만 변화시킬 수 있으며, 결과적으로 광결정의 구조색을 변화시킬 수 있는 장점이 있다. 실험과정의 개략적인 순서를 그림 1과 같이 나타내었다.

Stober에 의하여 보고 된 방법을 이용하여 제조된 균일한 크기분포를 가지는 실리카 입자 분산액으로부터 유리판 위에 수직코팅(dip coating)법을 통해 그림 1에 보인바와 같이 결정화 되었다.⁽⁵⁻⁶⁾ 실리카 결정을 만들 때 미리 붙여둔 스페이서 위에 평판 형태의 PDMS(Sylgard 184, Dow Corning)로 덮은 후 우레탄계 감광성 고분자(NOA 60, Norland Products)를 모세관 현상을 이용해 주입하였다. 그 후에 PDMS 덮개를 제거하고 마스크를 덮은 후에 자외선을 조사하여 마스크로 가려지지 않은 부분을 중합시키고, 중합이 일어나지 않은 부분을 현상액으로 제거해 주는 방법으로 2차원으로 패턴을 가지는 광결정을 제조하였다. 그림 2. 는 제조된 패턴화된 광결정을 주사 전자 현미경을 이용하여 얻은 표면 사진이다.

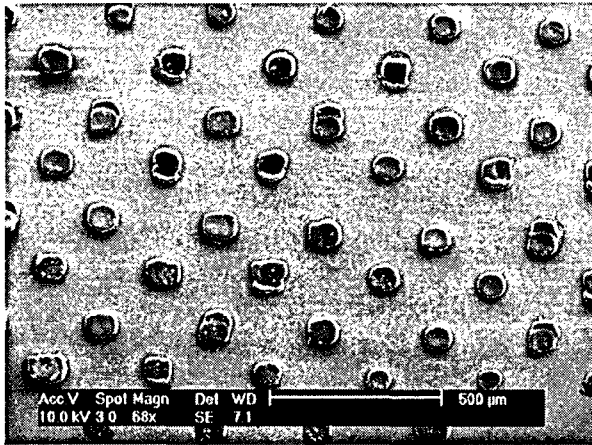


그림 2.

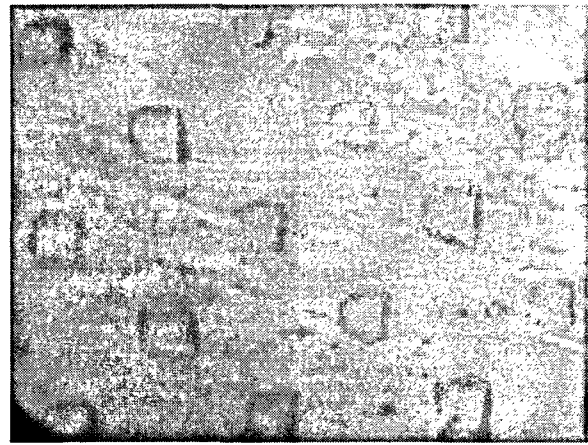


그림 3.

패턴 된 광 결정은 고분자/실리카 사이의 굴절률 차이에 의하여 색을 나타내며, 패턴 사이에 배경으로 다시 채워진 광 결정은 실리카/공기 사이의 굴절률 차이에 의하여 패턴과는 서로 다른 색을 나타내게 된다. 그림 3.을 보면 패턴은 녹색으로, 배경은 청색의 빛을 선택적으로 반사하는 것을 볼 수 있다.

이와 같이, 기존의 광 식각 방법과 콜로이드 입자의 자기 조립을 이용함으로써 광결정을 손쉽게 우리가 원하는 형태로 제조할 수 있었으며, 제조된 광 결정의 이차원적 패턴 구조는 서로 다른 색을 구현함으로써 차세대 컬러 디스플레이의 표시소자로서 사용될 수 있는 가능성을 보여주었다. 기존의 평판형 표시 소자들은 투과식이기 때문에 태양광 같은 강한 조명 하에서 잘 보이지 않는 문제점이 있었으나, 광 결정 표시소자는 반사식이기 때문에 높은 화상 대비를 구현하는 것은 물론이고 백라이트를 필요로 하지 않으므로 상당한 에너지 절약효과도 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. Phys. Rev. Lett. 58, 2059 (1987).
2. Adv. Mater. 13, 409 (2001).
3. Adv. Func. Mater. 12, 425 (2002).
4. Chem. Comm. 2507 (2000).
5. Chem. Mater. 11, 2132 (1999).
6. "Sol-Gel Science" (Academic press, 1990).

T
F