

<b>GIST</b>	<b>지스트(광주과학기술원) 보도자료</b>	
	<a href="http://www.gist.ac.kr">http://www.gist.ac.kr</a>	
보도 일시	<b>2020년 1월 16일(목) 조건(온라인 1. 15.(수) 낮)부터 보도해 주시기 바랍니다.</b>	
보도자료 담당	홍보팀 김효정 팀장	062-715-2061 / 010-3644-0356
	홍보팀 이나영 선임행정원	062-715-2062 / 010-2008-2809
자료 문의	전기전자컴퓨터공학부 송영민 교수	062-715-2655

## 육안으로 보이지 않는 히든(hidden) 디스플레이 개발

- 편광이나 외부환경 변화에 의해 보이는 초박막 편광 컬러 디스플레이
- 심미성을 해치지 않는 제품 패키징이나 광학보안 기술 분야에서 응용 기대

- 감각적이고 간결한 와인라벨에 와이너리의 역사 등을 표기해 와인병에 부착하고 싶지만 와인병의 전반적인 디자인을 생각하면 쉽지 않다. QR코드에 정보를 담을 수 있지만 이 조차도 보이지 않길 원한다면 본 연구성과에 주목해주길 바란다.
  - 육안으로는 보이지 않지만 특정 방향의 빛, 편광을 쬐어주면 나타나는 편광 디스플레이에 대한 연구가 활발한 가운데 광주과학기술원(총장 김기선, 이하 지스트)에서 의미있는 성과가 나왔다.
    - \* 편광(polarization) : 일반적인 전자기파는 모든 방향으로 진동하는 빛이 혼합된 상태이나 특정한 광물질이나 광학필터를 사용해 특정 방향으로 편광된 빛을 얻을 수 있음
- 지스트 전기전자컴퓨터공학부 송영민 교수 연구팀이 무수히 많은 나노기둥을 비스듬히 증착시키는 방법으로 편광에 따라 서로 다른 색상을 표현할 수 있는 초박막 편광 디스플레이를 개발했다.
  - 심미성을 해치지 않으면서 정보를 제공하는 제품 패키징이나 IoT 등을 통해 정보가 기록되고 공유되는 상황에서 원치 않는 정보의 노출을 막는 광학보안(optical security) 기술로서도 주목받는다.

- 기존 편광 디스플레이는 정교한 나노기둥 정렬의 어려움으로 수 마이크로미터 면적으로 만드는 데 그쳤고, 소재가 딱딱하여 다양한 표면에 부착하기에 불리했다.
  - 때문에 보다 넓은 면적에 유연한 재료로 편광 디스플레이를 구현하는 것이 실용성을 높이기 위한 관건이었다.
  
- 연구팀은 간단한 빗각증착법\*으로 자기정렬형 나노기둥\*을 유연한 기판 위에 센티미터 수준의 면적으로 넓게 증착하는 데 성공했다.
  - \* 빗각증착법(Glancing angle deposition method) : 기판의 표면에 어떤 물질을 증착 할 때 비스듬히 증착 물질을 입사하여 증착하는 방법. 연구에서는 이를 통해 다공성 박막을 증착함
  - \* 자기정렬형 나노기둥(self-aligned nanocolumns) : 포토리소그래피와 같은 복잡한 나노 공정 없이 간단한 물리적 증착방법을 통해 제작할 수 있는 정렬된 나노 기둥
  
- 또한 다양한 제품의 색상과 비슷한 색을 구현하기 위해 표준 RGB 색 공간\*의 80%가량 이상 구현할 수 있도록 했다.
  - 또한 다양한 용도에 따라 패턴을 감추고 드러낼 수 있는 감도를 조절하기 위해 다양한 색 변화량\* 범위를 설계하였다.
    - \* 표준 RGB 색 공간(standard RGB): 1996년에 미국의 컴퓨터 기업인 마이크로소프트와 HP가 협력하여 만든 모니터 및 프린터 표준 RGB 색 공간이다.
    - \* 색 변화량(color difference): 서로 다른 두 색에 대해서 색 차이의 정도를 정량적으로 계산한 값으로, 이 값이 클수록 색 인간이 인지하는 색 차이가 크다.
  
- 한편 편광 이외 외부환경 변화(예. 수분)에 반응하도록 설계, 표면에 물이 닿았을 때 감춰진 패턴을 드러내는 기능도 구현했다. 습기 같은 보관 환경이나 외부환경으로부터의 오염을 감지하는 용도로 응용될 수 있다.
  
- 지스트 송영민 교수는 “이번 성과는 간단한 공정과 소량의 재료로 아주 얇은 두께를 가진 편광 디스플레이를 구현하였다는 점에 의의가 있다”며 “다양한 색 구현이 가능하며 넓은 면적과 유연한 성질을 지녔다는 장점이 있다. 나아가 광학 정보 보안 시스템의 발전에도 기여할 수 있을 것”이라고 밝혔다.
  
- 본 연구는 과학기술정보통신부와 한국연구재단이 추진하는 미래소재디스커버리사업, 기초연구실지원사업 및 산업통상자원부, (주)삼성전자의 지원으로 수행되었으며, 연구 결과는 국제학술지 어드밴스드 펄서널 머티리얼즈(Advanced Functional Materials)에 1월 8일 게재되었다. <끝>

# 1 주요내용 설명

## < 논문명, 저자정보 >

논문명	Flexible, Large-Area Covert Polarization Display Based on Ultrathin Lossy Nanocolumns on a Metal Film
저자	송영민 교수(교신저자·광주과학기술원 전기전자컴퓨터공학부), 고주환 석사과정(공동 제1저자·광주과학기술원 전기전자컴퓨터공학부), 유영진 박사과정(공동 제1저자·광주과학기술원 전기전자컴퓨터공학부), 김영재 박사과정(공동저자·광주과학기술원 전기전자컴퓨터공학부), 이상신 교수(공동저자·광운대학교 전자공학부)

## < 연구의 주요내용 >

### 1. 연구의 필요성

- 전기 없이 색과 패턴을 변화시킬 수 있는 편광 디스플레이는 다양한 이미지를 제한된 공간에 저장할 수 있을 뿐만 아니라, 편광을 통해 필요한 정보를 선택적으로 읽어 낼 수 있는 기술이다.
- 기존 편광 디스플레이는 대부분 나노미터 수준의 미세구조를 조밀하게 배열, 편광의 방향에 따라 서로 다른 색과 패턴을 나타나게 한다. 하지만 이런 방식은 적지 않은 시간과 비용이 소요되며 제한된 재료로 인해 플렉서블(flexible)한 디스플레이를 제작하기 어렵다.
- 제품에 편광 디스플레이를 통해 정보를 기록한 뒤 편광된 빛을 쬐어 정보를 감추거나 드러나게 하면 보안성을 높일 수 있고 색의 조합에 따라 제품의 심미성을 유지할 수 있어 광학적 정보보안 시스템으로서 주목 받는다.
- 하지만 육안만으로 디스플레이에 나타난 정보를 읽어내기 위해서는 효율적인 생산공정을 기반으로 최소 센티미터(cm) 크기 이상의 유연한 대면적 디스플레이 제작이 필요하다.

### 2. 연구내용

- 이에 연구진은 편광 특성을 갖는 다공성 초박막을 통해 소량의 재료로 매우 얇은 대면적 히든(hidden) 편광 디스플레이를 개발하였다.

- 편광에 따라 서로 다른 색상을 표현하는 구조를 매우 얇고 넓은 표면에 제작해내는 것이 관건이었다. 이를 위해 빗각증착법을 통해 편광에 반응하도록 자기 정렬형 나노기둥들을 다공성 초박막 형태의 플렉서블한 기관 위에 제작하는 데 성공했다.
  - \* 빗각증착법(Glancing angle deposition method) : 기관의 표면에 어떤 물질을 증착 할 때 비스듬히 증착 물질을 입사하여 증착하는 방법. 연구에서는 이를 통해 다공성 박막을 증착함
  - \* 자기 정렬형 나노기둥(self-aligned nanocolumns) : 포토리소그래피와 같은 복잡한 나노 공정 없이 간단한 물리적 증착방법을 통해 제작할 수 있는 정렬된 나노 기둥
- 또한 다양한 색 표현을 위해 정밀한 광학 시뮬레이션을 통해 색 표준 범위를 80%가량 이상 구현할 수 있도록 설계되어 다양한 일상 제품으로 적용 가능성을 확보하였다.
- 특히 편광에 의한 색 변화량의 범위를 작거나 크게 조절할 수 있도록 디자인하여, 히든 디스플레이에 숨겨진 정보를 편광의 방향에 따라 선택적으로 입력 및 관찰할 수 있게 하는 등 정보 기재의 자유도와 정보 보안성을 확보하였다.
- 편광에 의한 감지와 더불어, 해당 다공성 초박막과 외부환경의 광학 작용을 설계하여, 물의 접촉과 같은 미세한 외부환경 변화에도 디스플레이의 색이 민감하게 반응하여 패턴을 드러나게 하는 물 접촉 감지특성을 보였다. 이를 활용하여 보관 환경 및 외부로부터 오염을 시각적으로 감지하고 관찰하는 용도로 사용될 수 있다.

### 3. 연구성과/기대효과

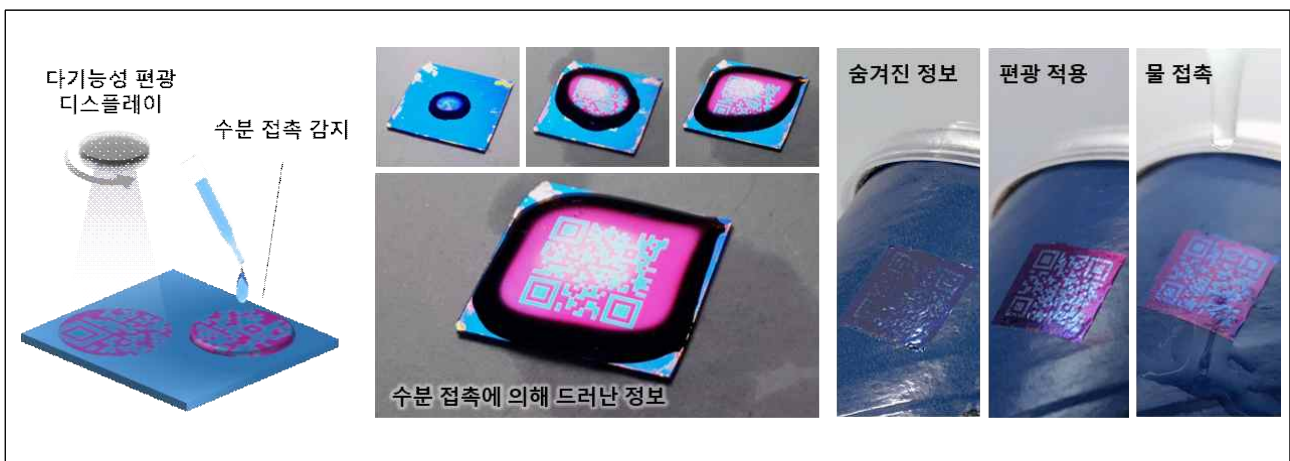
- 전자기기나 사물인터넷(IoT) 뿐만 아니라 일상제품에서도 정보의 기록과 공유가 이뤄지는 만큼 정보보안의 필요성이 어느 때 보다 중요하다. 히든 편광 디스플레이는 다양한 색이나 형태를 갖는 일상제품의 심미성을 해치지 않으면서 기입된 정보를 보호할 수 있어 광학보안시스템(optical security system) 활성화에 기여할 것으로 기대된다.

## 2 그림 설명



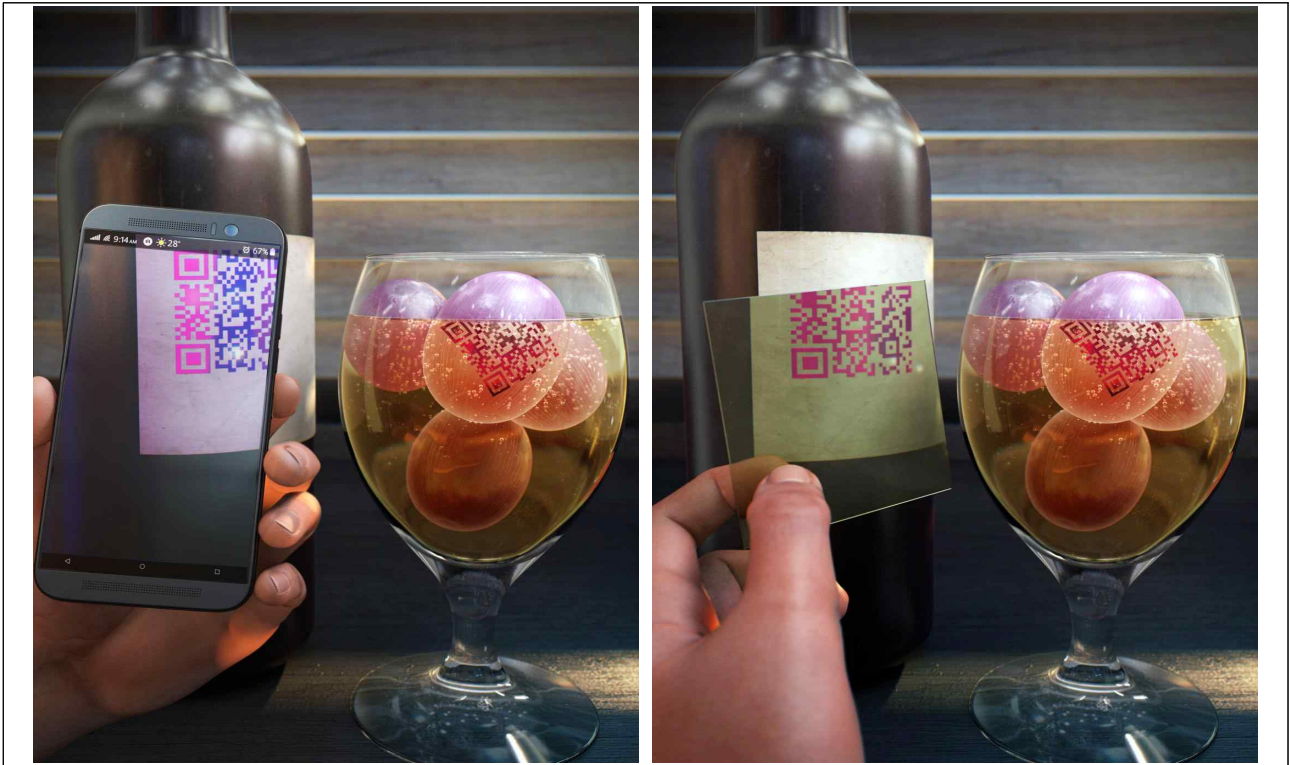
(그림 1) 정보를 숨길 수 있는 편광 컬러 디스플레이

육안으로는 정보(예시. QR코드)가 보이지 않지만 필요시 스마트폰 등을 이용해 편광(특정한 방향의 빛)을 쬐어주면 숨어있는 정보가 보이도록 설계한 편광 컬러 디스플레이. 또한 정보는 감춘 채 제품 색상과 유사한 색으로 만들 수 있어 제품의 심미성을 해치지 않으면서 정보를 전달할 수 있다.



(그림 2) 수분에 반응하는 다기능성 편광 컬러 디스플레이

편광판(회색)을 회전시켜 빛의 방향을 조절하면 빛의 방향에 따라 QR코드의 패턴이 감춰졌다 드러났다 할 수 있는데 편광 이외 수분을 감지하여 패턴이 드러나도록 설계할 수 있다. 수분이 닿은 부분의 색이 변하면서 숨겨져 있던 패턴이 드러난다.



(그림 3) 병과 유리잔에 부착된 편광 컬러 디스플레이의 구동 이미지

병에 붙은 종이라벨에 편광 컬러 디스플레이를 적용하면 평소에는 육안으로 보이지 않지만 스마트폰이나 편광판을 가져다 대면 패턴이 드러나 제품에 대한 정보를 확인할 수 있다. 한편 편광 컬러 디스플레이가 부착된 유리잔에 음료를 따르면 수분에 반응해 숨어 있던 패턴이 드러나 사용자가 정보를 확인할 수 있다.





히든 편광 디스플레이 개발 연구팀 사진 : 왼쪽부터 김영재 연구원(박사과정), 송영민 교수, 고주환 연구원(석사과정), 유영진 연구원(박사과정)

# 연구 이야기

## □ 연구를 시작한 계기나 배경은?

일상생활에서 흔히 볼 수 있는 QR코드나 바코드, 일련번호 등 정보를 담고 있는 패턴들은 사물의 구체적 정보를 얻어야 하는 상황을 제외하고는 평소에는 쓸모가 없고, 오히려 제품의 디자인에 방해가 될 뿐입니다. 그렇다면 사용자가 원하는 상황에서만 패턴들을 볼 수 있게 하면 어떨까요? 이런 의문에서 시작되었습니다. 평소에는 제품 색과 동일한 색상을 띄지만, 정보를 얻고자 할 때만 편광판이 부착된 카메라 등을 이용해 관찰하면 패턴이 드러나는 그런 형태의 히든(hidden) 디스플레이를 구현해보고자 하였습니다.

이를 위해서는 몇 가지 조건이 필요합니다. 먼저, 편광에 따라 서로 다른 색상을 표현하는 구조를 만들어야 합니다. 둘째로, 전자제품, 생활용품, 과일, 비닐 포장지 등 다양한 일상제품에 적용하기 위해 매우 얇으면서, 넓은 면적에 제작할 수 있어야 합니다. 위 두 가지를 모두 달성하기 위해서 자기정렬형 나노기둥(self-aligned nanocolumns)으로 구성된 다공성 초박막이라는 구조를 도입하였습니다.

## □ 이번 성과, 무엇이 다른가?

기존에도 플라즈모닉 구조 등을 이용해 편광에 따라 서로 다른 색상을 표현하도록 하는 형태가 있었습니다. 그러나 아주 정교한 나노구조가 사용되기에 대면적 제작이 어렵고 유연한 구성도 거의 불가능했습니다. 하지만 우리 연구팀은 다공성 초박막 구조를 활용하여, 기존 반도체 공정장비로 4인치 크기 수준까지 비교적 경제적인 방법으로 제작할 수 있었습니다.

또한, 편광판을 이용하여 패턴을 인식하는 방법 외에도 외부 환경변화를 즉각 감지하여 패턴을 인식하는 방법도 고안하였습니다. 예를 들어 제품에 물이 닿게 되면 이로 인해 구조의 복소 굴절 특성이 변화하게 되고 보이지 않던 패턴이 보이도록 하는 것입니다.

## □ 실용화된다면 어떻게 활용될 수 있나? 실용화를 위한 과제는?

제품의 심미성을 해치지 않으면서 보안성을 높일 수 있도록 제품의 디자인에 적용해 볼 수 있습니다. 다만 연구실 수준을 넘어서 실생활에서 활용되기 위해서는 대량생산을 위한 공정조건 최적화 등의 추가 작업이 필요합니다. 이번 연구에서 기존의 반도체 공정으로 4인치 크기 수준까지 구현하였기에 머지않아 상용화에 가까워질 수 있을 것으로 기대됩니다.

## □ 꼭 이루고 싶은 목표나 후속 연구계획은?

개발된 기술을 잘 확장하여 기술이전 또는 제품화 단계까지 갈 수 있도록 하는 것이 하나의 목표입니다. 추가적으로 전기적 구동이나 외부자극에 의해 보다 다채롭게 변화할 수 있는 편광 디스플레이를 구현하고 싶습니다.