

메타렌즈 기술 및 개발 동향

KDB미래전략연구소 산업기술리서치센터
양현기 (yhg@kdb.co.kr)

- ◆ 메타렌즈는 '19년 다보스포럼에서 선정한 10대 미래 기술 중 하나로, 표면에 나노크기의 입자들을 주기적으로 배열하여 빛을 특정 지점으로 모아주는 초박막 평면 렌즈임
- ◆ 기존 렌즈제품은 스마트폰용 카메라의 고성능을 위해 여러 개의 렌즈를 결합하여 생산하는데 외관을 넘어서 카메라가 튀어나오는 현상이 발생하여, 이러한 물리적 한계를 극복하고자 메타렌즈 등장
- ◆ '25~'27년 메타렌즈를 적용한 제품이 상용화 될 것으로 예상됨에 따라 국내·외에서 메타렌즈 공정 개발, 소재 개발 등의 다양한 노력이 이루어지고 있음

□ 메타렌즈(meta-lens)는 굴곡이 없는 평면렌즈로 빛의 파장보다 작은 나노입자를 표면에 배열하여 빛을 특정 지점으로 모아주는 역할을 하며, 비금속 유전체 소재인 Nanorod, Nanopillar 등의 나노입자를 사용하여 제조함

- 빛의 파장(400~700nm)보다 작은 나노(nm)크기의 메타원자*를 메타표면**에 일정한 주기로 배열하여, 입사된 빛의 방향을 틀어 특정 지점으로 빛이 향하도록 하는 기술
 - 반도체 공정 기술의 발달로 집중 이온빔(Focused Ion beam), 전자빔 리소그래피(E-beam lithography) 등의 공정 장비를 이용한 수십 나노미터 이하의 미세패턴 형성 공정 기술이 개발되어, 빛의 파장 이하로 나노 구조물을 만드는 것이 가능해짐

* 메타원자 : 자연계 물질의 기하학적 특성을 활용하여 인위적으로 특정 물성을 지니도록 설계 및 제작된 구조체

** 메타표면 : 메타원자가 일정 주기로 배열된 표면으로 입사된 빛의 방향을 특정 지점으로 모아주는 특성을 가짐

- 메타원자는 나노스케일의 물체로 Nanorod와 Nanopillar 형태가 대표적이며, 초기 단계에서는 금속 소재로 제작되었다가 투과율*의 한계로 인해 최근에는 비금속 유전체(이산화티타늄(TiO₂), 질화갈륨(GaN) 등)로 제작하기 시작

* 투과율 : 입사된 빛의 세기에 대한 투과된 빛의 세기의 비(比)로 투과율이 높을수록 빛이 잘 전달됨

- Nanorod는 약 1~100nm의 크기로 기하학적인 위상을 이용하여 빛의 진행방향을 조절함
- Nanopillar는 직경 약 10nm의 원기둥의 형태로 직경을 변경하여 굴절률을 변경함

□ 기존 렌즈 제품은 연마된 유리 등을 통해 빛을 모으는 방식으로 스마트폰용 카메라에 장착 시 일명 '카툰튀*'가 존재하게 되며, 이러한 물리적 한계를 극복하고자 메타렌즈 등장

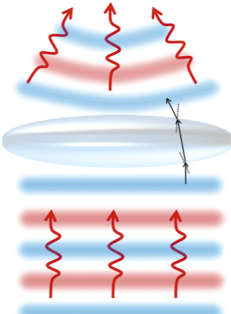
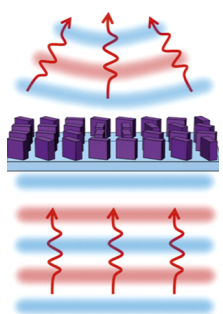
* 카툰튀 : 스마트폰 외관으로 카메라가 튀어나오는 형태

○ 대부분의 스마트폰용 카메라 렌즈는 고성능을 위해 몇 개의 볼록렌즈와 오목렌즈가 결합되어 만들어지는데, 렌즈의 개수 증가로 카메라가 스마트폰 외관으로 튀어나오는 형태가 발생

- 렌즈의 광학 수차*나 초점상의 결함을 보정하기 위해 여러 개의 렌즈 결합은 필수적

* 광학 수차 : 빛이 광학계를 통과하여 상을 맺을 때 한 점에 모이지 않고 일그러지는 현상

기존 렌즈와 메타렌즈의 특성 비교

	기존 렌즈	메타렌즈
개략도		
집광방식	3차원 렌즈 표면	2차원 기하학적인 나노 구조물
두께	>mm, cm	>1μm
물질	플라스틱, 유리 등	Si, SiN, GaN, TiO ₂ 등
제조	연마	리소그래피 ^{주)}

주 : 웨이퍼 상에 패턴을 형성하기 위해 사진기술을 이용하여 패턴을 전사하고, 필요없는 부분을 식각하는 기술
 자료 : MRS Bulletin ('20.3), "Metasurface optics for imaging applications"

□ 또한, 메타렌즈는 렌즈의 물리적 움직임 없이 표면상 배열된 메타원자의 위상 변경 등을 통해 초점 조절이 가능함에 따라 차지하는 공간이 작은 장점이 있음

○ 기존의 렌즈는 렌즈를 지난 빛이 센서에 상을 맺도록 하기 위한 초점거리가 렌즈의 물리적 이동을 통해서만 확보되어, 카메라가 커지는 현상이 발생

○ 메타렌즈의 경우 다양한 방법으로 위상의 변화를 줌으로써 작은 공간 내에서 초점 거리를 조절할 수 있는 능력을 가지고 있고, 빛의 파장보다도 짧은 거리에 있는 두 물체를 구분할 수 있을 정도로 분해능이 높음

□ 애플이 '25~'27년에 출시되는 아이폰 페이스 ID 렌즈에 메타렌즈 기술을 적용할 것이라는 예상에 따라 각국의 산업체·연구소 등에서는 메타렌즈 기술에 대한 연구가 활발

- 메타렌즈는 스마트폰 등 기기의 카메라 성능을 유지하면서도 디자인 문제를 해결할 수 있는 기술로, 관련 기술 개발이 점차 늘어날 것으로 예상
- 애플의 메타렌즈 적용 예상에 따라 대만 비스에라社와 삼성전기, LG이노텍 등이 제품을 개발중인 것으로 알려짐
 - 비스에라社는 애플과 메타렌즈 관련 파트너십 하에 '22년부터 AR·VR 기기용 메타렌즈 공정을 준비 중으로 알려짐
 - 삼성전기와 LG이노텍도 모바일 제품, 차량용 소형카메라 구현을 위해 메타렌즈를 개발 중인 것으로 발표('22년)
- 미 하버드대, MIT 재료연구소, 국내의 기초과학연구소(IBS) 등 각국의 연구소들도 TiO₂, GSST*등의 다양한 소재를 사용한 메타렌즈 개발을 진행중임
 - * GSST : CD를 만드는 재료인 GST(게르마늄, 안티몬, 텔루르로 구성)에 셀렌을 첨가시킨 물질