

입체 디스플레이용 나노스케일 승화열전사 패터닝 기술 개발

윤석일*, 유원식**

*한밭대학교 산학협력단, **주식회사 썬메탈

e-mail : mecha722@hanbat.ac.kr

Development of nano scale heat sublimation patterning technology for three-dimensional display

Seok-Il Yoon*, Won-Sik Ryu**

*Hanbat National University, **Sun Metal Inc.

요약

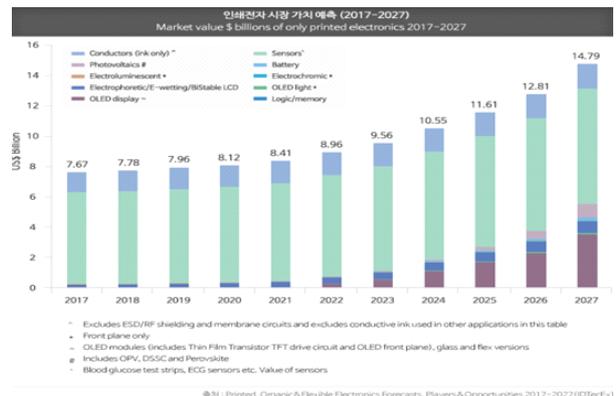
본 연구는 나노스케일 패터닝 기술과 승화열전사기술의 융복합화 상용화 연구에 대한 것이다. 일반적으로 알려진 반도체 공정을 통해 구현되는 나노스케일 패터닝 공정과 승화 열전사 패터닝 기술을 융합하여 스마트폰의 외관 고품질화, 고급화를 구현하며, 디지털가전용 대형기구물의 실감형 3D입체 패터닝을 적용하여 고급형 냉장고, 가전제품의 디지털 트랜스포메이션을 구현하는데 연구의 목적을 갖고 있다. 나노스케일 광학 설계는 3D 실감 입체 패터닝, 모스아이 패터닝을 중점적으로 수행하여 광학시뮬레이션을 통한 사전 성능 검토와 시제품 개발로 최종 성능을 확인하였다. 3D 실감형 입체 이미지를 생성하기 위한 프로그래밍 기술로 인터레이스 방식의 이미지생성 프로세스를 개발하였다. 구체적으로는 복수, 다수개의 이미지가 입체형 이미지로 어레이화되어 생성되며, 이미지 해상도수준과 입체용 렌즈의 미세패턴 피치 해상도에 맞도록 출력되도록 프로그램을 적용하였다. 어레이화된 이미지를 승화열전사기술로 출력하여 미디어필름을 제작하며, 실감형 입체 이미지로 표현되는 좌우안 시차의 렌즈구조와 융합되어 최종 입체제품을 구현하였다. 나노 패터닝 기술의 개발은 나노스케일 리소그래피공법과 비구면-자유곡면 가공기를 통한 마스터패턴에 대한 연구를 추진하였다. 미세복제기술은 소프트 스탬퍼공법과 니켈전주 방식의 전주 스탬퍼 공법을 개발하여 상품화를 위한 상용화 스탬퍼를 제작 적용하였다. 승화열전사기술을 응용한 입체디스플레이에 관하여 주요업체의 선행 특허를 파악하고, 선행특허와의 차별화를 통해 해당 기술과 제품에 대한 특허 출원을 통해 향후 제조와 판매를 위한 권리 확보를 추진하였다. 본 기술은 스마트폰의 고급화, 디지털 가전화에 맞는 디자인 차별화에 기여할 것이다.

1. 서론

입체감이란, 눈앞에 펼쳐진 입체영상을 잡으려고 손을 내밀어 버리거나, 전방에서 다가오는 입체영상을 엉겁결에 피하거나 할 만큼, 마치 그 장소에 있는 것 같이 느끼게 하는 것이다. 상기 입체영상을 관람하기 위해서, 상기 관람자의 양안 시차를 이용하는 방식은 안경착용방식과 무안경방식 (Autostereoscopic)으로 대별된다.[1] 상기 양안 시차는 관람자의 양쪽 눈과 물체가 이루는 각을 다르게 하거나 좌, 우의 초점을 다르게 하여 관람자의 눈의 망막에 물체가 맺히는 지점의 차이를 만들어 생긴다. 즉, 상기 물체에 대한 양안의 시각차가 클수록, 상기 관람자는 물체의 위치를 가깝게 인지한다. 또한, 상기 물체에 대한 양안의 시각차가 작을수록, 상기 관람자는 물체의 위치를 멀리 인지한다.

인쇄전자기술중 하나인 승화 열전사기술은 드라이 아이스처럼 고체가 직접 기체로 변화하는 것을 승화(Sublimation) 라 하며, 승화 열전사란 승화 열전사지 위에 프린팅된 이미지가 열을 가함으로써 인조 피사체로 그대로 전사되는 것을 의미한다. 현재 프린팅, 인쇄 사업에서 많이 사용되고 있는 승화 전사는 인쇄 출력물을 소재 위에 놓고 160°C 이상의 열과 압력에서 가하면 출력된 종이 위의 잉

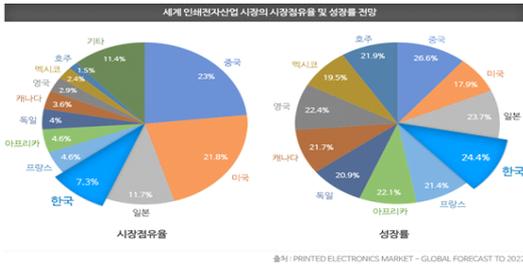
크가 소재의 열린 구멍으로 전이되고 다시 상온 상태에 서는 소재 구멍이 닫히면서 염착되는 인쇄방식이다.[2]



[그림 1] 세계 인쇄전자산업 시장 전망[3]

인쇄전자는 프린트 공정기법으로 제조되는 전자소자 혹은 전자제품을 의미하며, 기존의 반도체 디스플레이 제조공정인 진공증착 및 노광 공정을 대신하여 전자부품을 인쇄기법으로 제조하는 생산기술을 말한다. Printed, Organic & Flexible Electronics Forecasts, Players & Opportunities 2017 ~2027 (IDTecEx)에 따르면, OLED display가 2022년부터 2027년까지 꾸준히 성장하는 것으로 예측하고 있다.

또한 세계인쇄전자산업 시장의 국가별 시장점유율 및 성장률에 그림 2에 도시되어 있으며, 한국의 시장점유율은 7.3%이며, 성장률은 24.4%를 전망하고 있다.[3]



[그림 2] 인쇄전자 시장전망을 및 한국의 점유율[4]

2. 연구 개발 목표

2.1 기술의 필요성 및 개발기술

포토 레지스트를 이용한 미세 나노패턴의 구현은 반도체, LCD 칼라 필터 생산 공정에서 개발, 사용하고 있으나 업계의 폐쇄성으로 인해 기술이 일반화 되어있지 않으며, 나노 패턴 코팅은 일본, 독일등에서 나노 패턴을 개발하여 산업계에 적용중에 있다. 나노패턴기술은 반도체, LED, OLED등의 Display부품의 핵심공정에 사용되었지만, 그린뉴딜 정책에 따른 디지털트랜스포메이션에 따라 실생활에서 바로 적용되는 모바일용, 태블릿 PC, 가전 제품의 외관부품에도 적용이 필요하다. 특히 스마트폰 산업의 경쟁이 심화에 따라 스마트폰 제조업체들은 고객의 수요를 충족시키기 위한 외관 기구물의 고급화, 데코레이션의 디지털트랜스포메이션을 요구할 것이며, 이를 충족시키기 위한 본 기술개발의 중요도는 매우 높다. 또한 디지털 가전의 고급화, 고사양화는 소비자의 욕구이며, 국내 가전업체는 고객의 수요를 충족시키기 위한 외관 기구물의 고급화, 데코레이션의 디지털트랜스포메이션을 요구할 것이며, 이를 충족시키기 위한 본 기술개발의 중요도는 매우 높다.

[표 1] 본 연구개발 목표 및 산학협력추진체계

최종 목표	나노 스케일 열전사 패터닝 기술 상용화 개발	
상세 목표	- 500nm scale fine pitch sublimation 기술 개발 성공 - 나노 스케일 replication patterning 기술 개발 성공 - 경제적 성과 : 매출 상승과 고용증대 효과 산업단지의 디지털뉴딜 정책에 기여	
협업 체계	주식회사 SUN METAL	국립한밭대학교
추진 내용	.Nano-Sublimation patterning / Replication .제조 기술 개발 .디지털제조시스템 적용	.Nano pattern 광학 설계 .3D 실감 입체 pattern .입체 설계 & Simulation .성능 및 신뢰성 평가 연구

2.2 상품화 개발 목표

글로벌 최고기술 대비 보유기술 수준을 정의하고, SWOT분석을 통해 개발 목표를 수립하였다. 미세 패터닝 핵심 공정기술과 열전사 공정 기술의 융복합화 개발을 통해 모바일폰, 태블릿 PC, 디지털가전용 기구부품의

선진화를 실현하는 개발로 상품화 개발을 추진함.

[표 2] 본 연구 개발을 위한 SWOT분석

	Strengths (강점) 기술 집적 부품(반도체공정) Nano 광학설계 정밀 기술 Nano Scael Mold제작기술과 염료소재기술의 집합체	Weaknesses (약점) 공정의 난이도 높음 공정기술과 설비 운용 리스크 대기업위주의 세트 메이커 (B2B)
Opportunity (기회) 스마트폰 수요 증가에 따른 물량확대 TV, 가전 시장의 고급화 물량 증가 제품의 고급화, 데코레이션의 디자인 중요성 증가	S-O 전략 고품질, 고급화 전략에 따른 품목별 수량 대응 전략 기술의 적용 제품 다변화 전략 (입체, 나노, 홀로그램)	W-O 전략 설비 투자비의 단일품목 집중화 방지 전략 대기업위주 승인후 판매를 중소 1차, 2차 협력사로 분산
Threat (위협) 디자인의 변화 다양화 특허 분쟁 복제, 카피 대체자 출현	S-T 전략 기술특화 확보 휴대폰에 필수적인 부품으로 중장기적 사업 런칭 전략	W-T 전략 공정기술, 핵심 인력의 유출 방지 부품 비교 우위 분석과 전략 구축

■ 개발 기술의 활용 상품화 목표

- (a) 열전사 (Heat sublimation) 기술과 나노스케일 포토리포그래피 기술의 융복합 기술로 모바일용 폰의 외관 기구의 고품질화, 고급화 선도
- (b) 가전용 대형 메탈플레이트의 기존 데코레이션에 나노패턴화를 통한 실감 입체형 디지털 트랜스포메이션을 구현
- (c) 나노패턴의 열전사화의 기술 성공으로 다양한 실생활용 패넌의 고급화에 기여

3. 상품화 연구 개발 결과

3.1 나노스케일 광학패턴 개발/설계

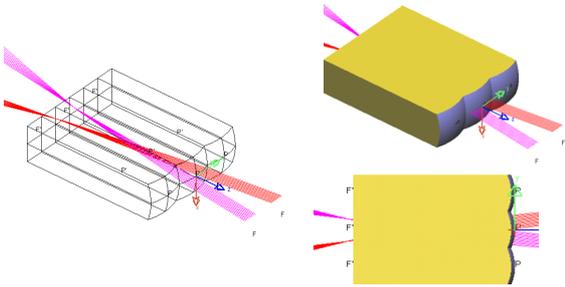
개발 컨셉	광특성	기술 차별화
① 미세 Micro 패턴	굴절 + 미세회절반사	3D 실감 입체 pattern
② Nano Hologram 패턴	회절효과	Hologram pattern
③ Micro & Nano복합 패턴	굴절 + 전반사 + 소멸간섭반사	moth eye pattern (Anti reflection)

[표 3] 본 연구개발의 차별화 개발 제품도

1) 3D 실감 입체 pattern 설계 (미세 Micro 패턴)
 3D 디스플레이는 양안시차(Binocular Display)를 이용하여 평면적인 디스플레이방식으로 입체용 특수 안경을 착용하지 않는 방식으로 Lenticular(렌티큘러) 렌즈 시트 방식이 효과적이다. 구체적인 3D의 각 DPI Resolution 용으로 광학설계를 진행하였으며, 구체적으로는 3000DPI, 300 DPI, 40~80 DPI용 광학설계 및 좌우안 광선추적 시뮬레이션을 통해 상세 설계를 진행하였다.

3000 DPI Resolution의 Lenticular Design 요약

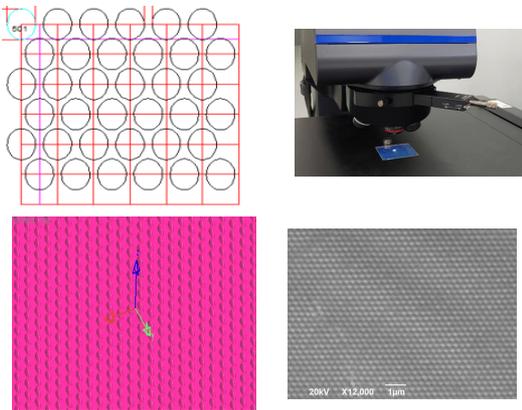
Pitch : 8.46 μm /Lenticular Radius : 12.648 μm
 Index of PC : 1.585 @ 550 nm
 Index of UV curable chemical : 1.512 @ 550 nm



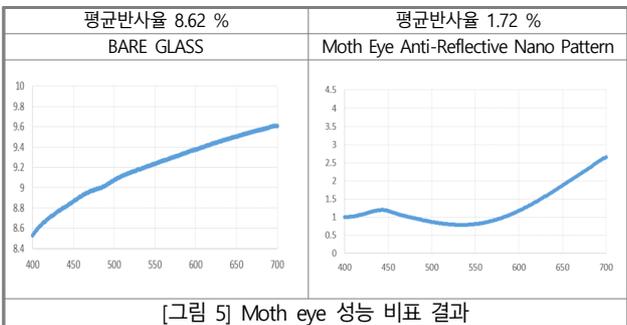
[그림 3] 3D입체 광학설계 시뮬레이션

2) Moth eye pattern 개발

Anti-reflective Nano 구조 Pattern 마스터 개발을 위한 설계와 Photolithography 공정을 이용한 패턴개발을 진행하였다. 선형, 비정형, 대각형, 음각등의 패턴을 검토하였고, 좌우, 상하 패턴 성능을 확보하면서, 미세 나노패턴 상용화 개발에 적합한 패턴은 정형 선형 패턴으로 결정하여, 개발을 추진하였다. 하기는 최종적인 Moth eye 패턴의 설계와 나노패터닝과정을 통해 제작된 마스터 샘플이다.



[그림 4] Moth eye 설계 및 Photo-lithography 실험공정품 본 Moth eye Pattern 마스터의 반사를 검증을 진행하여 스마트폰의 전면글라스의 외광반사로 인한 시인성 개선, 품질 개선의 효과를 검증하였다.

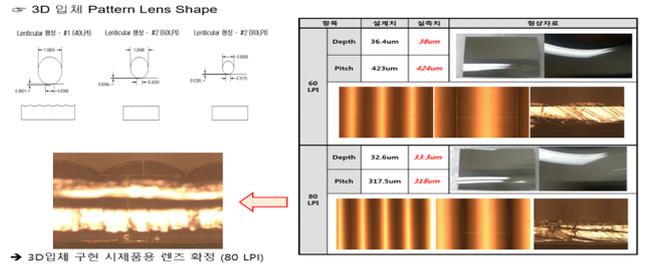


[그림 5] Moth eye 성능 비표 결과

3.2 나노광학패턴 마스터개발 및 Soft Stamper 개발

1) 3D 실감 입체 pattern 마스터 개발

3D 입체 Pattern 마스터 개발을 위해 자유곡면-비구면 가공기를 활용하여 미세가공을 수행하였다.



[그림 6] 3D입체 구현용 시제품 렌즈 개발품

3.3 3D입체처리용 이미지 프로세싱 개발과 구현

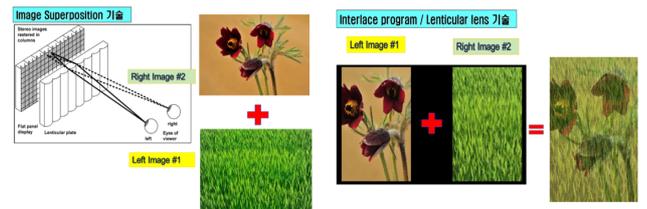
1) Interlace superposition 프로세싱 개발

3D 입체효과를 위한 렌즈 배면에 이미지는 LCD, OLED와 갖는 능동소자를 사용할 수 있지만 고정화된 이미지를 구성하는 방식 즉 열전사 프린트물을 조합하는 형태로 상품화가 가능하다. 이를 위해선 Binocular의 좌우안에 따른 이미지를 #1 ~ #n까지 Fine array로 구성하는 Encoded image 처리가 필요하며, 본 기술에서는 인터레이스방식의 이미지처리 기법을 개발하였다.



[그림 7] 스마트폰등의 소형사이즈의 입체처리 Interlace 프로세싱

스마트폰의 소형기구물의 고급화를 위한 상품화 검증을 위해 프로세싱을 검증하였다. 디지털가전의 중대형 사이즈의 기구물 고급화를 위한 Interlace superposition 검증을 수행하였고 그 결과를 그림에 제시하였다.



[그림 8] 디지털가전의 중대형사이즈의 입체처리 Interlace 프로세싱

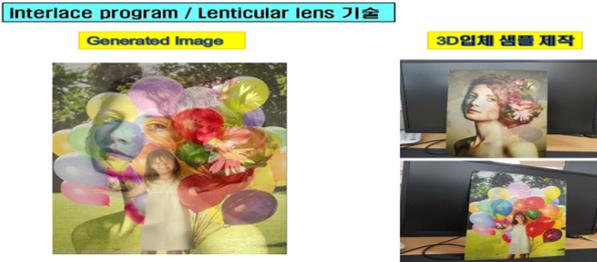
스마트폰의 소형기구물의 3D입체 시제품을 제작 구현하였으며, 그림 10에 결과물을 제시하였다.



입체 미세외경요과의 열전사 디스플레이

[그림 9] 스마트폰등의 소형사이즈 3D 입체 시제품

3D 입체용 Binocular Display의 상용화를 위한 디지털가전(냉장고등의 강화유리 적용) 대형사이즈의 시제품을 제작하여 성능을 검증하였으며, 시제품 사이즈는 420 x 297 mm이며, 이미지해상도 300 DPI로 그 결과물을 그림 11에 제시하였다.



[그림 10] 디지털가전의 대형사이즈의 3D 입체 시제품

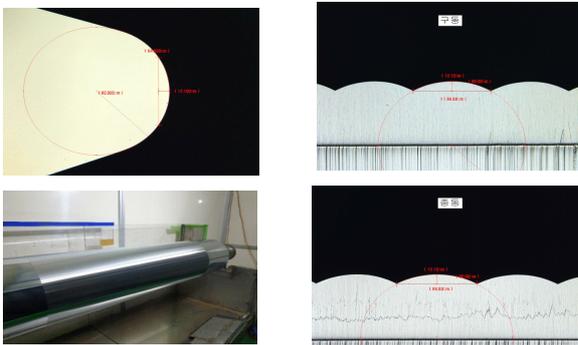
3.5 3D입체효과 패턴의 대형 마스터 개발

3D입체를 구현하는 렌즈(Lenticular)의 해상도와 중요치수를 비교하면 하기와 같다

해상도	40LPI	60LPI	80LPI	300LPI	3000LPI	13500LPI
Ray tracing						
lens pitch	635 μ m	423 μ m	318 μ m	84.6 μ m	8.46 μ m	<1 μ m
lens radius	843.2 μ m	632.4 μ m	421.6 μ m	80 μ m	12.646 μ m	<1 μ m
두께	~1300 μ m	~1000 μ m	~700 μ m	205 μ m	32 μ m	<30 μ m

[표 4] 입체를 구현하는 렌즈의 해상도와 주요 치수 비교

미세패턴으로 고급화된 입체이미지를 위해선 3000 LPI급의 설계를 개발하였고, 이를 상용화하기 위해선 박막화로 인한 단점과 아울러, 상용화에 대한 리스크를 갖고 있다. 타 경쟁사와의 비교 우위를 확보하면서도 상용화를 위한 최적 해상도인 300LPI급 입체용 마스터를 상용화 개발하였다.



[그림 11] 상용화 3D입체용 렌즈 마스터 개발품

3.6 연구개발 결과물의 성능평가

연구개발 결과물의 정량적 성능 공인인증평가 및 자체평가를 통해 수행하여 아래표에 도시하였다. 이와 같은 성능은 기존의 제품과 비교하여 비교우위를 확보하고 있다.

[표 5] 상용화개발품 정량적 평가 (자체평가/공인인증평가)

평가항목	단위	개발결과물	경쟁사 제품
1. 패턴 Pitch	nm	250	500
2. Nano Mold 최대 사이즈	inch	7 inch	-
3. 패턴 경도	H	2H	2H
4. 열전사 패턴 부착력 평가	Pass	Pass	Pass
5. 내열 내습 시험	Pass	Pass	Pass
6. 충격 시험	Pass	Pass	Pass

4. 연구 결과 고찰 및 결론

나노패터닝기술과 승화열전사의 융복합기술개발을 진행하였고, 연구의 산출물을 상품화로 연계하는 산학협업연구로 수행하였다. 본 연구개발의 결과를 종합하면 하기와 같다.

- ㉔ 나노스케일 패터닝 기술과 승화열전사기술의 융복합화를 구현하는 기술 개발을 성공적으로 수행하였으며, 결과물에 대한 성능평가를 공인인증시험과 자체평가를 통해서 검증하였다.
- ㉕ 나노스케일 광학 설계는 3D 실감 입체 pattern, Moth eye pattern을 중점적으로 수행하여 광학시뮬레이션을 통한 사전 성능 검토와 시제품 개발을 통한 성능 구현을 확인하였다.
- ㉖ 나노스케일 lithography공법과 비구면-자유곡면 가공기를 통한 패터닝기술을 통해 마스터패턴개발 Replication공법을 개발하여 상품화를 위한 Soft Stamper를 개발하였다.
- ㉗ 승화열전사기술을 응용한 입체디스플레이에 관하여 주요업체의 선행 특허를 파악하고, 선행문헌과의 차별화를 통해 해당 기술과 제품에 대한 특허 출원을 통해 향후 제조와 판매를 위한 권리 확보를 추진하였다.[5]

[감사의 글]

본 연구는 2021년 중소벤처기업부의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 산업단지대개조 지역기업 R&D과제(S3104119)로 수행되었다.(No.1425158538)

[참고문헌]

[1] Ai-Hong Wang, Qjong-Hua Wang, "Combined Lenticular lens for autostereoscopic three dimensional display", Optik, pp. 827-830, 2012

[2] 윤상진, 김치균, "컨베이어시스템과 열판프레싱에 의한 승화전사 생산공정의 개선", 한국기계기술학회지 제 15권 pp1033-1038, 2013

[3] Printed, Organic & Flexible Electronics Forecasts, Players & Opportunities

[4] PRINTED ELEDTRONICS MARKET-GLOBAL FORECAST TO, 2022

[5] 윤석일, 유원식, "렌티큘러렌즈 전용 입체 승화전사 디스플레이", 대한민국특허, 10-2022-002400, 2022