

잉크젯 프린팅 기법을 이용한 기능성 도광판 개발

이정관, 구자정, 김재홍 (영남대학교 디스플레이화학공학부)

I. 서론

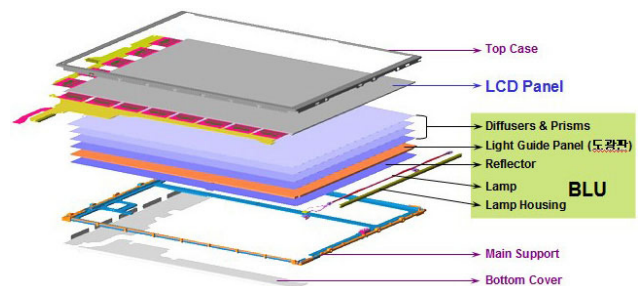
충천연색 컬러를 구현하는 기기의 존재에 만족했던 사람들은 시간이 지나면서 더 크고, 가볍고, 얇은 디스플레이를 원하게 되었다. 최근 본격적으로 전개되고 있는 디지털 방송에 필요한 가정용 TV는 기본적으로 대면적, 고화질 및 저전력 와이드 스크린의 디스플레이가 요구되고 있으며, 궁극적으로는 100인치 급의 디스플레이가 될 것으로 예상하고 있다. 디스플레이 시대를 연 음극선관은 가격이 저렴하고 해상도가 높아 지금까지 디스플레이의 독보적인 위치를 차지하여 왔으나 30인치 이상의 대형 화면으로 넘어가면서 부피, 무게, 소비전력이 급격히 커지면서 새로운 방식의 디스플레이인 액정 디스플레이(Liquid Crystal Display, LCD), 플라즈마 디스플레이(Plasma Display Panel, PDP), 유기 EL 등으로 대표되는 평판디스플레이에 그 자리를 내주면서 수요가 점차 감소하고 있다.

특히, 액정디스플레이는 오래 전인 1888년에 개발됐지만, 음극선관에 비교 우위를 갖지 못해 1980년대 중반에 와서야 실용화되기 시작했다. LCD는 얇고 가벼우며, 최대 10V 미만의 저전압으로도 동작이 가능해 소비 전력이 작다는 특징을 내세우며 손목시계 같은 작은 디스플레이를 시작으로 노트북, LCD TV, LCD 프로젝터와 같은 영상표시장치에 광범위하게 사용되었으며, 최근 가장 널리 사용되는 디스플레이로 성장하고 있다. LCD 작동 방식 중 가장 많이 활용되고 있는 TFT-LCD(Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display)는 얇은 박막 속에 있는 트랜지스터가 액정 표시 장치(LCD)의 화소를 제어하게 되어 붙여진 이름인데, 색상표현력이 1,670만 트루컬러까지 가능한 장점을 지니고 있어 컴퓨터는 물론 텔레비전, 비디오 카메라, 자동차, 항공기 등의 자동항법 장치, 게임기기 등의 다양한 제품에 응용되면서 가장 폭넓게 이용되는 디스플레이 장치로 각광 받고 있다.

한편, LCD는 자발광 소자가 아니기 때문에 별도의 광원을 필요로 한다. 이에 BLU(Back Light Unit)가 필요하며, 이는 LCD의 광원 역할을 하는 부품으로써 그 기능은

광원으로 사용되는 형광 Lamp로부터 밝기가 균일한 평면광을 만드는 것이다. 일반적으로 BLU는 광원이 되는 CCFL(또는 LED)와 빛을 전달하는 도광판(Light Guide Panel), 그리고 빛을 확산/집광 시키는 광학시트로 구성되어 있다.([그림 1] 참조) BLU에서 입사광은 Display Module Unit을 통과하면서 밝기가 점점 감소하여 최종적으로는 약 5%의 빛만이 전면 편광기(front Polarizer)를 통과하는데, 이 Unit의 두께를 얼마나 얇게 하면서 광이용율을 향상시키는지에 따라 Module의 두께 및 소비전력이 크게 좌우된다.

BLU의 경우, LCD가 용도별로 다양해짐에 따라 여러 새로운 기술이 개발되고 있으며, 중소형에서 대형까지 폭넓은 제품에 채용되고 있다. 일반적으로, Side-emitter type BLU에서는 수평광을 수직광으로 변경하는 것이 관건이며, 대표적인 것이 프리즘 시트라 할 수 있다. 프리즘 시트 양산 업체로는 미국의 3M사와 국내 (주)LGS, 미래나노텍, 최근에는 (주)웅진케미칼등에서 양산을 하고 있으며, 신기술 개발을 통한 단가인하에도 불구하고 여전히 BLU 원가의 약 10% 정도를 차지하고 있다. 그리고 프리즘 시트는 미세한 프리즘 산이 표면에 형성된 필름타입의 제품으로 BLU 조립공정에서 취급에 의한 불량 발생이 높아 BLU 생산성을 떨어뜨리는 요인이 되어왔다. 그러나 현재 디스플레이의 가격 경쟁과 그에 따른 원가 절감이 가장 큰 문제로 대두되고 있어 기능 및 원가구성에서 상당부분을 차지하는 BLU의 기존구성 및 생산 공정으로는 이러한 시장의 욕구를 충족시키지 못하고 있는 실정에 있다.



[그림 1] Back Light Unit의 구조

따라서 본 고에서는 취급에 용이하고, 프리즘 기능이 복합적으로 구성된 도광판 개발을 위하여 잉크젯 프린팅 기법의 적용하여 그 생산성 및 성능 향상을 이룬 예와 선행 연구 결과를 소개하고자 한다.

II. 본 론

1. 기능성 도광판 연구동향

고휘도 및 초슬림화를 요구하는 디스플레이 모듈 업체의 특성상 패터닝을 최단시간에 설계 및 개발, 양산까지 해야 하는 것은 BLU 모듈 업체의 지상최대 과제라 할 수 있겠다. 이는 장비제작업체로서도 설계/개발 시에 많은 투자비용이 있어야 하지만, BLU 모듈 제조업체의 입장에서 패터닝 설계 및 작업 시 적시적소에 필요한 Function Unit을 구비한 장비를 모두 구성해야하므로, 설비투자의 관점에서 많은 손실이 생기게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 국내외 연구단체 및 기업에서 BLU의 휘도 및 생산성 향상을 위해 초정밀 사출금형 개발과 임프린팅(Imprinting) 기술개발등 상당한 수준의 초미세 공정 기술이 확립되고 있는 상황이다. 하지만, 기존에 개발/도입된 사출 및 임프린팅 방식은 금형을 개발 후 다시 대상 Target에 패터닝을 하는 방식으로 공정이 복잡하고 많은 비용이 들며 수율이 떨어져 생산에 적용시 문제점을 안고 있다.

이에 LCD-BLU 모듈 제조업체의 생산 설비 투자의 감소와 제조공정의 개선을 통한 생산단가의 축소가 절실히 요구되는 현 시점에서 공정장비의 최소화된 구성, 작업성 및 생산수를 향상을 위하여 간소화되고 통합된 기장비로서 인치별 패터닝 작업을 수행할 수 있는 멀티 패터닝의 기능부를 갖춘 새로운 고속 정밀도출 미세패터닝 장비 시스템의 개발이 절실히 요구되고 있다. 따라서 하나의 패터닝 장비에 해당 정밀도출 미세패터닝 패터닝 장비 시스템의 개발이 절실히 요구되고 있다. 즉, 하나의 패터닝 장비에 해당 정밀도출 미세패터닝 헤드기능부를 소형화, 통합화시켜서 기존의 몰딩 및 사출 등의 공정을 하나의 장비로 해결이 가능하도록 함으로써, BLU 제조업체의 입장에서 장비획득비용과 장비유지비용의 절감 및 미세패터닝 공정의 Flexibility 증가를 제공할 수 있고, BLU 제조비용을 상당히 절감할 수 있으므로 제품의 가격 경쟁력을 향상시킬 수 있게 된다. 또한, 문제점 발생 시 보수/교체에 드는 시간, 공간/인적 소모를 절감할 수 있어 불량패턴 형성 및 장비고장으로 인한 손실비용을 최소화시킬 수 있게 된다. 그리고 장비제조업체의 경우 차기 새로운 미세패터닝 공정 추가 시, 새로운 시스템의 개발비용을 절감할 수 있는 장점을 얻을 수 있게 되어 기업경쟁력 강화에 상당히 도움을 얻을 수 있다.

본 고에서 소개하는 잉크젯 프린팅 기법을 활용하여 기능성 도광판을 생산에 적용한다면, 고수율, 초슬림화 및 초경량화, Sheetless등 다양한 복합 기능을 가진 고기능의 BLU 생산이 가능할 것이며 향후 가격 하락에 따른 파급효과는 무한할 것으로 판단된다. 따라서 프리즘 시트 기능을 도광판



[그림 2] 잉크젯 프린팅 기법을 이용한 복합 도광판 연구동향

에 복합시키는 고기능 도광판을 개발하여 BLU 부품원가를 절감시키는 효과를 기대할 수 있으며, BLU의 구조를 단순화시켜 생산성을 획기적으로 높일 수 있는 기술로 기대된다. 또한, 광학해석과 기계적인 패터닝 가공 메카니즘, 원재료 소재 개발과 Resin 토출기술이 복합된 여러 분야의 기술이 동시에 접목되는 것으로 기술적 가치가 대단히 높다고 할 수 있다.

[그림 2]에서는 잉크젯 프린팅 기법을 이용한 복합 도광판의 연구동향을 표시하였다.

2. 국내의 BLU 관련기술 현황

현재 BLU 관련 업체는 삼성 및 LG를 포함하여 약 15개여 업체가 경쟁하고 있으며 대표적인 기업으로는 삼성전기, 삼성코닝, 디에스엘시디, 한솔LCD, 희성전자, 엘엔에프, 뉴옵티스등이 대표적인 업체이다. 이들 업체들은 내부적으로 LED BLU 개발과 함께 초슬림화, 고휘도가 가능한 광학패터닝 관련 연구개발을 지속적으로 진행하고 있으며, 직접 미세패터닝을 생산에 적용하여 시양산한 사례가 최근에 소개되고 있다. 현재 국내에서는 압출된 평판 Type의 도광판에 DOT 패턴을 인쇄하거나 다이아몬드 TOOL을 사용한 C-커팅패턴이 주로 양산되고 있고 좀 더 발전된 방법으로는 사출방식을 적용하여 패턴일체형 도광판을 생산하는 수준이다. 또한 도광판의 양면(하면에 수평, 상면에 수직 패턴)에 프리즘패턴을 넣은 도광판을 사출 방식을 적용하여 생산을 일부 진행하고 있으나 여전히 도광판 상측에는 수평방향의 프리즘 시트 1매가 적용되고 있다.

지금까지의 BLU 부품에 적용된 공정 미세패터닝개발의 대표적인 사례로는 뉴디스, 대주전자재료, 상보 등이 개발 후 양산하고 있는 고휘도 프리즘 시트와 '상온각인기술'과 '소프트 몰드'라는 공법을 이용해 LCD 광학필름(UTE)을 개발한 미래나노텍, 신화인터텍이 개발한 고휘도 광학산필름(PTR)과 프리즘시트, 그리고 개발에 성공한 프리즘 복합시트 등이 있다. 특히, 아이디에스는 최근에 초박형 LED BLU용 16인치 MLAP(Micro Lens Array Printing)을 시생산 납품을 시작하였고, 여기에 Direct 패터닝 기술을 적

용하였으며, 이 기술은 초슬림화가 요구되는 LED광원지원에 적합하다(비용 절감과 공정단축, 두께축소). 그러나 이러한 기술은 일본의 미야카와란 업체의 장비기술이 적용되었고 또한 제품개발의 주체는 BLU 모듈업체가 아닌 중소기업에서 대부분 기술개발을 하였으며 이마저도 부품개발 영역이 광학시트 쪽에 치우쳐 있다. 또한 대부분 해외의 기술에 의존하여 자체적으로 Direct 미세패턴 공정개발(장비)과 소재개발을 시도한 업체는 현재까지 전무한 실정이다.

한편, 도광판과 프리즘 시트를 합치려는 노력은 오래전부터 이루어져 왔다. 보통 프리즘 도광판이라고 불려 왔으나, 프리즘 형상을 새길 수 있는 사출 금형기술을 확보하는데 어려움이 있어 그간 수율이 안 좋다고 알려져 왔다. 그러나 최근에는 오랜 기간 동안 사출기술을 확보함으로써 수율을 올려 우영, 태산엘시디, 희성정밀, 원우정밀, 엘앤에프, 삼진엘엔디, 레이젠 등의 기업들은 해당기술을 일정 수준 이상 확보하고 있다. 또한, 노트북용 역 프리즘 도광판 기술은 일반화되어, 까다로운 기술이기는 하지만, 비슷한 성능에 2장의 시트를 줄일 수 있다는 비용절감효과가 큰 장점으로 작용하고 있다. 그러나 미쓰비시 화학이 지적재산권을 보유하고 있고, 수요가 늘어나면서 일본의 엔플라스 등에서 공급할 수 있는 물량이 한계가 있어 더 이상의 확장에는 무리가 있는 것으로 파악된다. 확산시트 3장 구조는 저가 모니터용 BLU에서 시도되고 있다. 저가형 BLU의 경우 밝기 특성이 그다지 중요하지 않을 수 있다. 그래서 로우엔드 제품의 경우 프리즘 시트를 과감히 제거하여 원가를 줄이는 모델이 등장하였고, 사양의 하향화를 통해 채용이 확대되고 있는 것으로 보인다. 확산시트 역시 밝기 특성이 개선된 고사양 제품의 개발이 필요하다. 니토덴코(Nitto Denko)와 3M이 2007년 4월부터 양산 적용을 시작하였으며, 3M의 기존 DBEF-D 역시 어떤 의미에서는 편광판과 프리즘 시트의 복합화 형태라고 볼 수 있다. 기존 제품이 3M 독자적으로 개발하여 BLU 업계에 공급해 왔다면, 편광판 업계 1위인 일본의 니토덴코와 프리즘 시트 업계 1위인 3M이 정식으로 이해를 같이 하여 이제는 패널 업계에 직접 하이엔드 제품을 개발, 공급하겠다는 의지로 보이고 있다. 이를 통해 시트 수를 줄일 수 있으며, 3M입장에서 보면 패널 하단에 쓰이는 편광판 한 장도 대체할 수 있는 가능성이 점쳐지는 등 매우 전환적인 발상이라 할 수 있다.

프리즘 시트와 확산 시트의 복합제품은 이론적으로는 BLU에 쓰이는 모든 확산판과 프리즘 시트를 한 장으로 대체할 수 있는 가능성이 점쳐지는 솔루션이다. 일본 쿠라레이(Kuraray)가 렌즈를 접목한 제품의 개발, 발표로 업계의 관심을 끈 바 있다. 국내의 경우, 미래나노텍도 이와 같은 개념의 제품을 개발하여 공급하고 있는 등 다양한 혁신적 기술이 시도되고 있다.

기술한 바와 같이 멀티 기능 복합 도광판과 복합 시트의 개발 열기는 매우 뜨겁다. 복합 기능 도광판의 경우 많이 도입하고 있지만, 가장 이상적이라는 1시트 구조에 도달하기에는 아직 역부족으로 보이고 있지만, 이를 완결할 수 있는 기술이 복합 시트 기술이다. 이러한 다양한 시트 및 도광판 기술들이 진행되고 있지만, BLU가 요구하는 특성은 이러한

구조 자체가 아니라 개별 제품의 사양이기 때문에 어떤 기술도 주도적이라고 할 수는 없다. 또한 광원의 접목도 큰 변수로 작용한다. 이를테면 고사양 시트를 사용하고 광원의 개수를 줄일 수도 있으나 이는 최종 조립사의 선택의 문제이지 반드시 가야 할 방향은 아니기 때문이다. 많은 시도와 시행착오를 거쳐 점진적으로 채용율을 높이거나 혹은 실제 적용에 이르지 못하고 도태되어 갈 것이다. 이런 시도는 모두 성능 향상과 원가 절감과 접목된다. 이와 더불어 산업의 인프라가 두터워 지면서 원가가 절감되는 부분도 있다.

BLU원가 중 큰 부분을 차지하는 프리즘 시트의 경우 어느 정도 다변화가 이루어지고 있다. 모니터용 제품에선 LG 전자, 리플렉사이트(Reflexite) 등이 국내 시장진입을 시작했고, 나노비전, 두산전자, SKC, 코오롱 등이 진입을 하고 있다. 대만에서도 이펀(Efun) 등이 이미 시장에 진입했고, 그 외에도 몇 개 회사가 샘플을 공급하기 시작했다. 이러한 국산화 및 다변화는 기존 제품에 대한 가격 인하를 이끌어 낼 수는 있으나, 다변화는 아직 로우엔드 제품에 머물러 있고, DBEF 제품류의 경우 3M 이외의 대안이 없는 상황이다. 3M은 선두 기업답게 더 하이엔드 제품을 개발하기 위한 걸음을 빨리 나아가고 있다.

TV용 BLU의 경우 인버터 가격 절감을 위한 노력도 활발히 진행되고 있다. TV용 BLU에서는 CCFL 수 만큼 인버터가 필요하다는 것이 통념이지만, 병렬 구동 기술을 개발하여 트랜스포머의 수를 획기적으로 줄이고, 관련 부품 수를 크게 줄여 가격을 줄이고자 하는 노력이다. 또한 LIPS라는 개념으로 알려진, 전원부와 인버터 회로의 통합보드 형태도 있다. 이러한 기술 개발과 제품 역시 각광을 받고 있는 부분이라고 할 수 있다.

3. 잉크젯 프린팅을 이용한 도광판 개발의 선행 연구결과 및 개선방안

1) 선행 연구결과

도광판 개발 연구에 관하여 제조사 측면에서 살펴보면, TV용 BLU 개발업체는 완제품 제조사, 패널 제조사, BLU 제조사, 광원 제조사에서 모두 연구되고 있다고 할 수 있다. 또한 개발 목적에 따라서 각 제조사들이 공동 연구를 진행하거나, 산학연이 함께 개발을 진행하는 경우도 많고 있으며, 일부만 담당하여 진행하기도 한다. 국내에서는 삼성전자, 삼성전기, LG Display, LG 이노텍, 서울반도체 등에서 활발한 연구가 진행되고 있으며, 대만은 AUO, CMO 등 패널 제조사를 중심으로 연구가 집중되고 있다. 일본의 경우는 SONY, Sharp 등 완제품 업체와 스탠리 전기, 시티즌 전기, 도시바, Tama Fine Opto 등 기술력이 높은 업체들이 주도적으로 개발에 앞장서고 있다.

광원을 살펴보면, 역시 TV용 LED 광원으로는 RGB LED가 가장 많이 연구되고 있으며, 완성도 면에서도 RGB LED가 가장 앞서 나가고 있다. 물론 RGB LED에서도 High Power Chip과 Medium & Small Power Chip으로 나뉘긴 하지만, 각각의 장단점이 있어 그 비율을 쉽게 전망

하긴 힘든 상태이다. 일본 Sharp를 중심으로 Hybrid (CCFL+LED) 광원이 연구되고 있고, Tama Fine Opto의 FLAT LED와 White LED를 응용한 광원도 일부에서 개발 중이다. 이러한 개발을 위한 선단계는 필연적으로 미세패턴을 통한 초슬림화가 우선적으로 선행되어야 이들의 개발을 위한 최선의 선택이라 할 수 있겠다. 기존 기술의 문제점과 함께 잉크젯 기술의 장점을 [그림 3]에 표시하였다.^[1~3] 일반적으로 [그림 3]에 표시한 것과 같이 사출성형이나 임프린트 기술을 이용하여 제작하는 경우 그 생산 기간이 최소 6주 이상의 시간이 소요되나 본 고에서 제시하고자 하는 잉크젯 기술을 적용한 도광판의 경우 그 제작 기간이 2일로 생산 기간을 최소화할 수 있다는 장점이 있다.

BLU의 핵심 부품인 도광판 또는 시트의 패턴을 형성시키기 위한 기존의 제작공정은 많은 제작공정을 거쳐야 하고 또한 패턴작업을 위한 다양한 공정기술이 요구된다. 지속적인 원가인하와 이로 인한 경쟁력 확보를 위해 BLU 구조에 대한 단순화 및 효율성 극대화가 BLU 제작업체를 중심으로 추진되고 있으나, BLU의 구조 변경 및 개선에 대한 목표는 대부분 광학 시트에 치우쳐 있으며, 레진 토출장치개발 및 이에 적용 가능한 소재 개발은 획기적인 아이템이라 할 수 있다. 따라서 기존의 금형을 통한 압출가공 및 복합 패턴

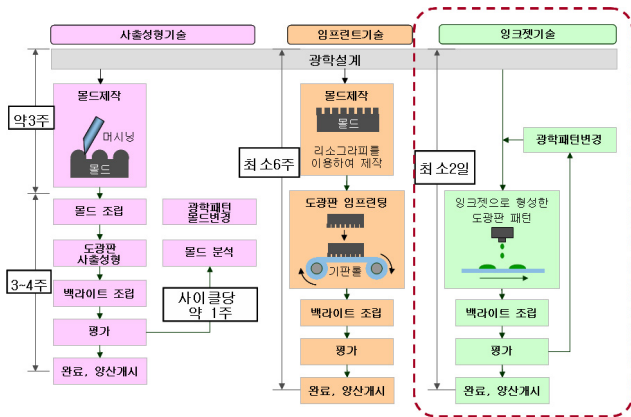
가공기를 통한 기계적 가공 등의 패턴공정을 제거 혹은 단순화시키기 위해서는 MLA(Microlens array) 미세패터닝 공정은 반드시 필요하다고 할 수 있겠다. 본 연구그룹에서는 이미 기존 광학 레진을 이용하여 잉크젯 기술을 적용하여 도광판 제작에 성공하였으며 이를 [그림 4]에 표시하였다.^[4]

2) 개선 방안

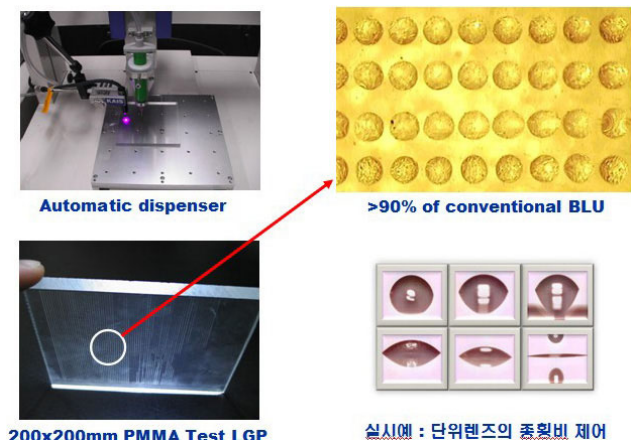
Micro Lens Array 광학레진의 경우 가시부광에 대한 흡수가 없어 투명성이 보장되어야 하며, 정밀도출 시스템에 적합한 농도 및 밀도를 가져야 한다. 또한, 토출된 각각의 액정이 광에 대한 광학렌즈로 작용할 수 있는 적당한 표면 장력을 유지하여야 하며, UV 광조사에 의하여 경화가 가능한 광반응성기를 포함해야 하는 등 다양한 기능성을 요구한다. 따라서 각각의 기능을 보유하고 있는 다양한 소재의 혼합이 필요하며 소재의 상용성 또한 물성을 좌우하는 중요한 요소가 된다. 먼저, 시판 광학 레진의 적용 가능성을 검토하고, 신규 레진 소재의 표물레이션을 제조하여 기초물성을 제어하고자 한다. 밀도 및 점도는 일반적인 알칼기의 치환에 의하여 조절해 나갈수 있으며, UV 광조사에 의한 경화는 이중결합을 분자 구조 말단에 도입함으로써 일반적인 광라디칼 중합반응을 이용한다. 각 기능성에 적합한 분자 구조를 설계/합성하여 적용함으로써 다양한 토출 시스템에 대응 가능한 레진 표물레이션을 개발하고자 한다. 이를 통하여 Micro Lens Array를 구현하기 위한 고속 정밀도출 미세패터닝이 가능한 레진 소재를 제작하여 신규 도광판 제작에 적용하고자 한다.

최근 BLU 제작과정에서 도광판과 각종 시트의 두께 및 시트 수를 줄이기 위한 노력이 활발하게 이루어지고 있다. 도광판의 두께는 BLU의 슬림화를 위한 전제 조건이며, 시트 수를 줄이는 것은 제작공정의 간소화 및 원가절감에 전제 조건이 된다. 그러나 기존 몰드 압착 방식은 몰드를 제작하는 별도의 공정이 존재하기 때문에 시간과 비용의 낭비로 원가절감을 이룰 수 없다. 또한 슬림화에 요구되는 도광판이나 시트의 두께는 몰드 압착 시 변형의 문제점으로 시트의 슬림화가 이루어지기 힘들다. 따라서, 본 과제에서는 BLU (Back Light Unit)의 핵심 부품인 도광판(LGP Light Guide Panel) 및 각종 시트에 적용되는 광학적 미세패턴을 원가절감과 슬림화를 이룰 수 있는 고속 정밀도출 미세패터닝 방식으로 개발하는 것이다. 그리고 BLU 제작 시 본 시스템을 적용함으로써 슬림화된 도광판, 복합화된 시트 등을 실현하여 최종 산출물인 BLU의 제작 시 공정 단순화, 초슬림화 및 원가절감을 실현하고자 한다.

- 개발기술(또는 제품)의 평가항목
 - §. 마이크로렌즈 어레이의 밀도
 - §. 마이크로렌즈의 크기
 - §. 단위렌즈의 형상 : 곡률오차, 종횡비
 - §. 마이크로렌즈의 haze
 - §. 마이크로렌즈의 점도



[그림 3] 기존 기술의 문제점 및 잉크젯 기술의 장점



[그림 4] 잉크젯 프린팅 기법을 적용한 도광판 제작의 실례

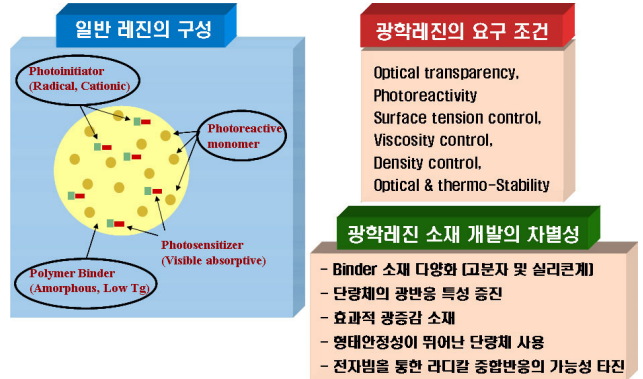
- §. 마이크로렌즈의 광투과율
- §. 마이크로렌즈의 열안정성

4. MLA용 광학렌진의 개발

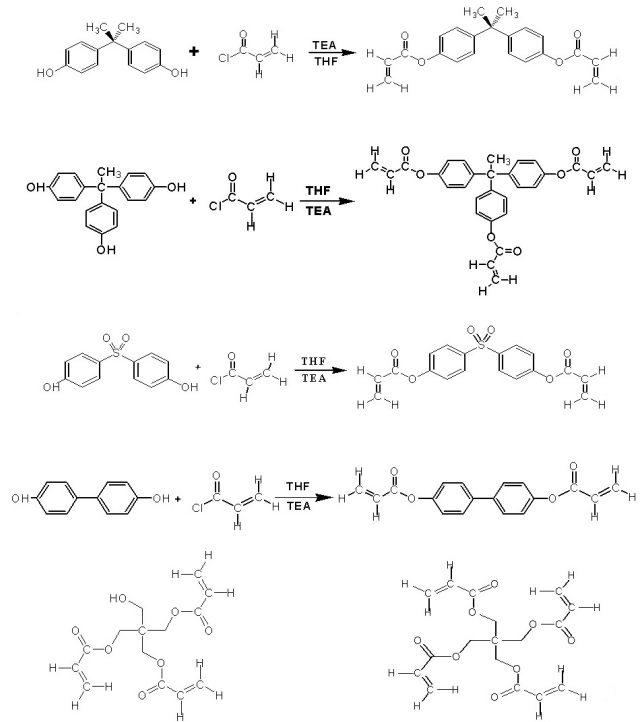
Micro Lens는 통신, 의료기기, 멀티미디어 기기, 전자기 기분야 등의 부품에 다양하게 응용되고 있다. Micro Lens는 반도체 레이저와 광섬유와의 연결 부분에서 레이저의 퍼짐을 막는데 사용되며, 광감지센서의 효율을 증대시켜 디스플레이의 성능향상 등을 가능하게 한다. 현재 연구되어지고 있는 마이크로렌즈의 제작법은 레이저펄스를 이용한 에칭 방법,^[5] PR을 사용한 reflow 방법, 건식에칭방법, CO₂ 가스 레이저를 사용한 유리표면가공방법, 용해된 유리의 표면장력을 이용한 방법, 폴리머의 레이저증착과 이온빔 가공법, 잉크젯제기술,^[6,7] UV 경화법,^[8] PR 가열법, 그레이스케일 마스크법등 매우 다양하다. 그중 UV 경화법인 자외선 경화는 자외선램프로부터 나오는 자외선의 강한 에너지가 광개시제에 화학 반응을 개시하는 에너지를 줌으로써 자외선 경화도료의 주성분인 모노머(Monomer)와 올리고머(Oligomer)를 순간적으로 폴리머(Polymer)로 만든다. 이때 용매나, 시너(희석제)를 사용하지 않는다. 그래서 이 방법은 빠른 시간 내에 경화가 일어나 대량 생산이 용이하며, 용매를 사용하지 않아 환경 친화적이라고 할 수 있으며, 경화 후의 여러 가지 물리적 특성, 즉 광택, 내마모성, 표면 경도, 경화 후의 접착 강도 등의 물성이 우수해 진다는 차이가 있다.^[9]

이러한 광경화를 하기 위한 모노머에는 종류가 다양하다. 그 중 아크릴레이트(acrylate) 모노머는 메틸 에틸 부틸 2-에틸헥실아크릴레이트아크릴산 그리고 메틸메타아크릴레이트(methylmethacrylate)를 범용 아크릴레이트 모노머라고 하며, 아크릴 모노머들은 최종제품의 물성에 많은 기여를 하게 되는데 종류가 다양하기 때문에 여러 가지 기능에 맞게 폴리머를 설계할 수 있으며 투명성, UV 안정성, 신율, 내용제성 및 내수성 등 우수한 특성을 나타낸다. 특히 낮은 유리전이온도를 갖는 아크릴 에스테르들은 도료, 섬유, 접착제, 코팅제, 잉크 등 다양한 용도의 폴리머에 사용되며 높은 유리전이온도를 갖는 메틸메타아크릴레이트는 아크릴에스테르 모노머들과 공중합체를 이루면서 폴리머의 hardness 및 기능을 부여하는데 사용된다. 특히 PMMA 레진분야에 많은 양이 소요되고 있다. 이렇듯 아크릴레이트들은 중합이 가능한 불포화이중결합을 갖고 있기 때문에 열이나 빛에 의해 쉽게 중합이 되며 주로 아크릴 유화중합이나 수용성 중합에서는 수용성촉매인 Persulfate 화합물이 주로 사용되며, 용액이나 벌크중합에서는 AZO계 혹은 Peroxide 계통의 개시제를 주로 이용한 라디칼 중합이 대표적이다. 아크릴레이트기의 장점인 중합속도를 이용하여, 광경화성 고분자가 Micro Lens Array를 형성했을 때 가져야 하는 투명성, UV안정성, 신율, 부착력, 내용제성 및 내수성 등의 우수한 특성을 가질 수 있는 분자를 모델링하여 이를 합성하고, 그리고 미세 패터닝이 가능한 점도를 가진 액상 물질을 합성하여 이를 자외선 경화가 가능하도록 광개시제 등을 섞어

패터닝을 하게 되면, 빠른 시간에 광경화가 일어나게 되어 제작 시간이 짧게 되어 대량생산에 용이하다. [그림 5] 및 [그림 6]에서 광학 레진의 구성과 요구 조건 및 물질의 구조를 나타내었다.



[그림 5] 광학 레진의 구성과 요구 조건



[그림 6] 광학 레진에 적용 가능한 단량체 구조와 제작법

III. 결 어

잉크젯프린팅 기법은 산업계 전반에 다양하게 적용이 가능하여 생산성 및 원가 경쟁력 확보차원에서 앞으로도 지속적으로 발전되어질 것으로 기대되어 진다. 특히, 평판 디스플레이의 핵심부품이라 할 수 있는 광학시트의 복합화가 가능하며, 도광판 등으로 적용이 가능하여 현재 신성장 동력으로 활발히 연구되고 있는 태양전지 분야의 적용도 검토되고

있다. 잉크젯프린팅 기법은 이렇게 광범위하게 적용이 가능하지만 아직 산업에 적용하기에는 아직은 기술력이 부족한 실정이다. 하지만 현재 산·학·연에서 다양한 연구가 진행되고 있으므로 추후에는 종이처럼 얇은 도광판이 나와 이를 이용한 슬림한 제품들이 나올 것으로 기대되어 진다.

참 고 문 헌

- [1] 류근걸, 김영근, 전광석, “폴리머 마이크로렌즈 제작”, CLEAN TECHNOLOGY, Vol.11(4), pp.205-211, 2005.
- [2] K. Shinmou, K. Nakama, T. Koyama, “Fabrication of Micro-Optic Elements by the Sol-Gel Method”, J. of Sol-Gel Science and Technology, Vol.19, pp. 267-269, 2000.
- [3] S. Biehl, R. Danzebrink, P. Oliveira, M. A. Aegerter, “Refractive Microlens Fabrication by Ink-Jet Process”, J. of Sol-Gel Science and Technology, Vol.13, pp.177-182, 1998.
- [4] Y. Lu, S. Chen, “Direct write of microlens array using digital projection photopolymerization”, Appl. Phys. Lett. Vol.92, pp.041109/1-041109/3, 2008.
- [5] M. Fritze, M. B. Stern and P. W. Wyatt, “Laser-fabricated glass microlens arrays”, Opt. Lett. Vol. 23, pp.141-143, 1998.
- [6] R. Danzebrink, M. A. Aegerter, “Deposition of optical microlens arrays by ink-jet processes”, Thin Solid Films, Vol.392, pp.223-225, 2001.
- [7] B. J. de Gans, S. Hoepfner, and U. S. Schubert, “Polymer-Relief Microstructures by Inkjet Etching”, Adv. Mater. Vol.18, pp.910-914, 2006.
- [8] C. Y. Chang, S. Y. Yang, L. S. Huang, and K. H. Hsieh, “Fabrication of polymer microlens arrays using capillary forming with a soft mold of micro-

holes array and UV-curable polymer”, Opt. Express Vol.14, pp.6253-6258, 2006.

- [9] H. K. Kim, J. G. Kim, J. W. Hong, “Determination of key variables affecting surface properties of UV curable coatings using experimental design”, Polymer Testing Vol.21, pp.417-424, 2002.

저 자 소 개



김 재 홍

1993~1995 : 경북대학교, 섬유공학과, 석사, 1996~1999 : Kyoto Institute of Technology, 재료공학, 박사, 1999~2001 : University of Houston Department of Chemistry, Postdoctoral Fellow, 2001~2001 : 한양대학교 섬유공학과, Postdoctoral Fellow, 2001~2005 : 경희대학교, 자연과학종합연구원, 연구교수, 2005~현재 : 영남대학교 디스플레이화학공학부 조교수



구 자 정

2000~2007 : 영남대학교 응용화학공학부 학사, 2007년~현재 : 영남대학교 응용화학공학부 석사



이 정 관

1990~1997 : 부경대학교 정밀기계공학부 학사, 2000~2005 : (주)웅진코웨이 생활문화연구소 근무, 2005~2006 : (주)희성전자 기술연구소 근무, 2008~현재 : 영남대학교 응용화학공학부 석사