

프리즘 구조의 집광효과를 이용한 이산형 LED 패널의 광학적 연속성 구현에 관한 연구

조성환*, 김응보*, 최원석**, 정연호*

A Study on Optical Seamless of Discrete LED panels with Focusing Effect of prism Structure

Sung-Hwan Cho*, Eung-Bo Kim*, Won-Seok Choi**, Yeun-Ho Joung*

요 약

본 논문은 프리즘 구조물의 집광효과를 이용하여 옥외용 사이니지 이산형 LED 패널의 광학적 불연속성을 개선할 수 있는 방법적 접근에 관한 것이다. 광투과성이 우수한 Polycarbonate에 MEMS(Microelectromechanical systems) 공정 및 극초단파(Femto-second) 레이저를 이용하여 프리즘 형태를 패터닝을 하였다. 패터닝된 polycarbonate는 light guide film의 역할을 하여 서로 다른 디스플레이 패널에서 발생하는 빛을 프리즘 구조에 의해 한 곳으로 모이게 함을 확인하였다. Polycarbonate와 디스플레이 패널의 간격에 따라 디스플레이 패널간의 거리를 조절할 수 있었으며 한 곳으로 모인 빛은 마치 두 디스플레이 패널이 연결된 것과 같은 효과를 나타내었다. 이는 아웃도어 사이니지용 디스플레이 패널에서 발생하는 문제점인 광학적 불연속성을 개선할 수 있을 것으로 보인다.

Key Words : Prism Film, Focusing Light Effect, Polycarbonate, Light Guide Film, LED

ABSTRACT

In this paper, we introduce a method of light focusing effect using prism structure to solve optical discontinuity of conventional external signage LED panels. The prims structures were patterned on a transparent polycarbonate substrate with MEMS and femto-second laser process. We have confirmed that the patterned prism structures on the substrate made artificial LED lights on empty space between the panels by light guide effect of the structure. The artificial light's lateral positions were controlled by thickness of polycarbonate substrate. This cost effective prim patterned transparent film can be utilized on digital signage LED panels to achieve good optical communication.

I. 서 론

스마트 미디어 시대의 도래와 함께 디지털 사이니지가 소비자의 생활환경에 밀접해지면서 광고매체로서의 역할이 증대되고 있다[1]. 간판, 현수막과 같은 기존의 옥외 광고물들은 제작 후 수정이 불가능한 형태들이 주를 이루었으나 현재에는 지하철역, 변화가를 중심으로 활용되던 것에서 나아가 버스, 편의점, 공항 등 사용 장소, 시간, 연령대에 따른 생활 전문야로 습속도로 확대되어 사용되고 있다[2]. Cathode-Ray Tube (CRT), Plasma Display Panel (PDP),

Liquid Crystal Display (LCD)와 같은 기존의 디스플레이는 옥외 광고에 사용되기에는 고가의 가격, 높은 소모전력, 한정된 크기 및 큰 중량 등과 같은 제한사항이 존재하여 활발하게 사용되지 않았으나 기술의 발전으로 상대적으로 저렴한 가격, 낮은 소모전력 및 성능이 우수한 제품들이 개발되어 옥외 광고물에 적합한 디스플레이가 활발하게 사용되고 있다. 옥외라는 공간 제한이 없는 장점을 이용하여 마케팅 효과를 극대화하기 위해서는 대형 디지털 사이니지가 필수적이다. 하지만 대형 디지털 사이니지에 사용되는 디스플레이는 제작 시 크기에 따라 비용이 기하급수적으로 증가되는 문

* 본 연구는 산업통상자원부 소재부품기술개발사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다. (10050511)

*한밭대학교 전자제어공학과 (water901005@naver.com, eungbo9007@naver.com, yeunho@gmail.com)

**한밭대학교 전기공학과 (wschoi@hanbat.ac.kr)

접수일자 : 2017년 4월 17일, 수정완료일자 : 2017년 6월 23일, 최종 게재확정일자 : 2017년 6월 26일

제가 있어 소형 및 저가의 디스플레이를 기계적으로 연결하여 사용하고 있다. 이와 같은 방식은 다수의 디스플레이를 배열할 수 있으나 기계적구조의 특수성에 의해 광도 전달 시 광학적 불연속성이 발생한다는 문제점이 있다. 본 연구에서는 prism 구조의 필름을 이용하여 이산형 디스플레이 특성상 발생하는 광학적 불연속성을 줄이는 방법을 개발하여 저가, 고효율의 디지털 사이니지 디스플레이를 구현하고자 한다.

II. 원리 및 시스템 제작

1. 프리즘 구조의 특성

이산형 디스플레이 패널에서 광학적 연속성을 얻기 위한 방식으로 light waveguide와 프리즘 구조가 있다. Light waveguide는 빛의 에너지를 원하는 방향으로 전달하지만 물질, 내부 구조, 기계적 모형에 따라 손실 발생 및 전달 방향에 대한 영향이 생길 수 있다[3]. 이를 보완하고자 보다 효율적인 빛의 전달 방식인 프리즘 구조를 이용하고자 한다. 프리즘의 구조 및 빛의 방향은 <그림 1>과 같다. 프리즘 하부에서 프리즘 내부로 빛을 조사할 경우 재귀효과와 집광효과가 발생한다. 재귀효과는 조사된 방향으로 빛이 돌아가는 것이며 집광효과는 프리즘의 구조에 의해 특정 방향으로 빛이 모여서 조사하게 되는 것을 말한다. 집광효과는 프리즘 구조 및 광원과의 거리에 따라 다르게 발생하는데 일반적으로 프리즘 내부로 조사된 빛은 집광효과에 의해 임의의 지점에 모이게 된다. 이를 이용하여 조사되는 광원과 프리즘의 거리를 조절할 경우 원하는 지점에 임의의 빛을 모이게 하여 광원을 맺히게 할 수 있다. 임의의 광원은 정면에서 응시할 경우 마치 후면에 조사되는 광원이 있는 것과 같은 효과를 일으킬 수 있으며 광원과 프리즘 사이의 거리에 따라 맺히는 상의 위치가 달라 많은 양의 광원이 존재하는 것과 같은 효과를 얻을 수 있다는 특징이 있다.

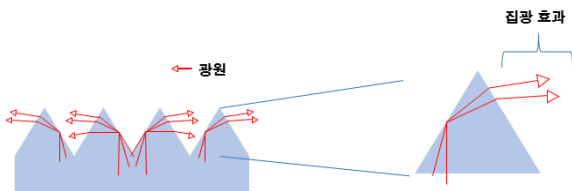


그림 1. Prism의 특성

1.2 프리즘 구조의 제작 및 시스템 설계

기존의 프리즘 제조 공정은 복잡하며 프리즘 패턴의 미세화 및 패턴 구조의 가변성이 매우 한정적이다[4]. 본 연구에서는 집광효과를 보다 효과적으로 발생시키기 위해 프리즘 구조를 폴리카보네이트(PC, Polycarbonate) 기판위에 제작하였다. 폴리카보네이트는 두께와 크게 상관없이 높은 광투

과율(82~92%)로 인해 광학적으로 널리 사용되고 있으며 물질의 유연한 특성으로 인해 다양한 가공이 가능하다[5]. 또한 일반 유리의 약 250배 정도에 달하는 충격 강도, 높은 굴곡 강도 및 인장 강도가 우수하여 아웃도어 사이니지에 사용하기에 적합하다. <그림 2>는 프리즘 구조의 제작 공정이다. 반도체 공정으로 제작하기 위해 class 100의 클린룸에서 이루어졌다. <그림 2 (a)>는 세척과정으로 DI water, 질소가스 순으로 폴리카보네이트 기판을 세척하였다. <그림 2 (b)>는 세척된 기판 위에 SU-8(Microchem, USA)을 도포하는 과정으로 spin coating을 이용하여 약 25 μm 두께를 형성하였다. <그림 2 (c)>는 Contact Mask Aligner (Midas, South Korea)를 이용한 photolithography 공정으로 도포된 SU-8에 빛을 조사시켜 진행하였다. 그 후 <그림 2 (d)>와 같이 developing 과정을 거쳐 prism 구조를 패터닝하였다.

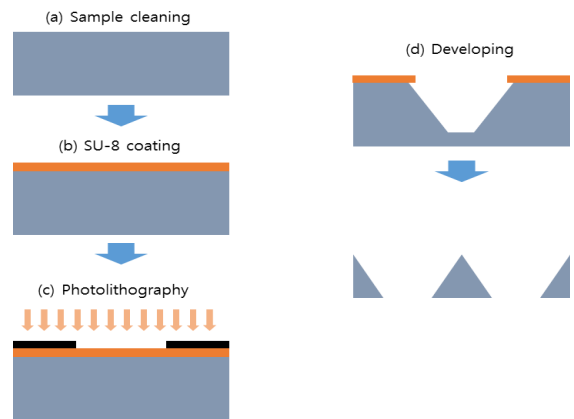


그림 2. Prism 패터닝 공정

반도체 공정으로 제작한 prism 구조 필름을 이용하여 이산형 디스플레이에 적용하였으나 충분한 집광효과가 발생하지 않았다. 더 많은 양의 prism 패터닝이 필요하다고 판단하여 극초단파(femtosecond) 레이저로 패터닝을 진행하였다. <그림 3>는 극초단파 레이저를 이용하여 폴리카보네이트 기판 위에 프리즘 패터닝을 한 구상도로 기존의 제작방식에 비하여 많은 양의 prism 구조가 위치하게 되므로 충분한 집광효과를 얻을 수 있다.

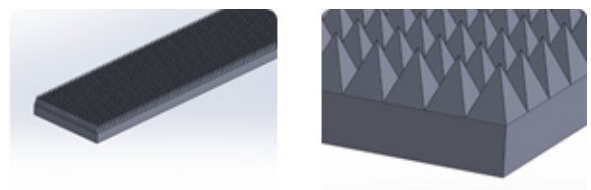


그림 3. Prism 구상도

III. 실험

레이저 가공에 의해 제작된 prism 구조의 폴리카보네이트

필름을 이용하여 이산형 LED 패널의 광학적 연속성에 대한 실험을 진행하였다. <그림 4 (a)>는 현재 아웃도어 디지털 사이니지에 사용되는 LED 디스플레이 패널로 디스플레이의 간격을 떨어뜨린 후 진행하였다. <그림 4 (b)>는 분리된 LED 디스플레이 패널 위에 제작한 prism 필름을 위치시킨 것으로 <그림 4>의 (a)와 비교할 경우 두 개의 LED 패널에 의해 생기는 광학적 불연속성을 보완하여 마치 하나의 패널 처럼 보이는 것을 알 수 있다. <그림 4 (c)>는 이산형 디스플레이 간격을 측정된 것으로 약 8 mm 정도의 간격을 확인하였다. 프리즘의 집광 효과는 인공적인 광학점들 (optical points)의 형성이 프리즘 필름과 빛의 광원의 거리에 비례하여 형성되게 된다. 따라서 이를 확인하기 위하여 필름과 광원의 거리를 변화한 후 이에 대한 결과를 확인하였다.

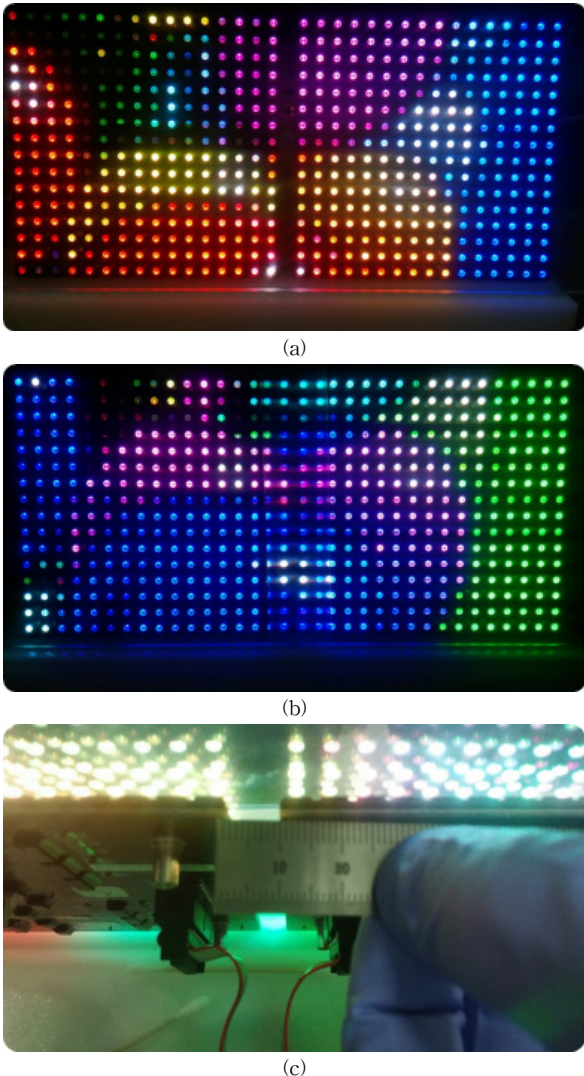


그림 4. 약 8 mm 이산형 디스플레이에서의 실험

<그림 5 (a)>는 <그림 4 (a)>와 같은 LED 패널을 사용하였다. <그림 5 (b)>는 prism 필름과 디스플레이와의 거리 변화를 위해 약 10mm 두께의 유리를 설치한 후 실험을 진행한 모습이다. 그 결과 디스플레이 간의 간격은 <그림 5 (c)>와

같이 약 12 mm 정도였으며 집광효과가 충분히 발생하여 광학적 연속성을 얻을 수 있었다. 이는 기존의 아웃도어 사이니지 구현 시 발생하는 광학적 불연속성의 크기인 10 mm를 보완할 수 있는 사이즈로 단일의 연속성을 갖는 디스플레이 처럼 표현이 가능하다는 것을 시사한다.

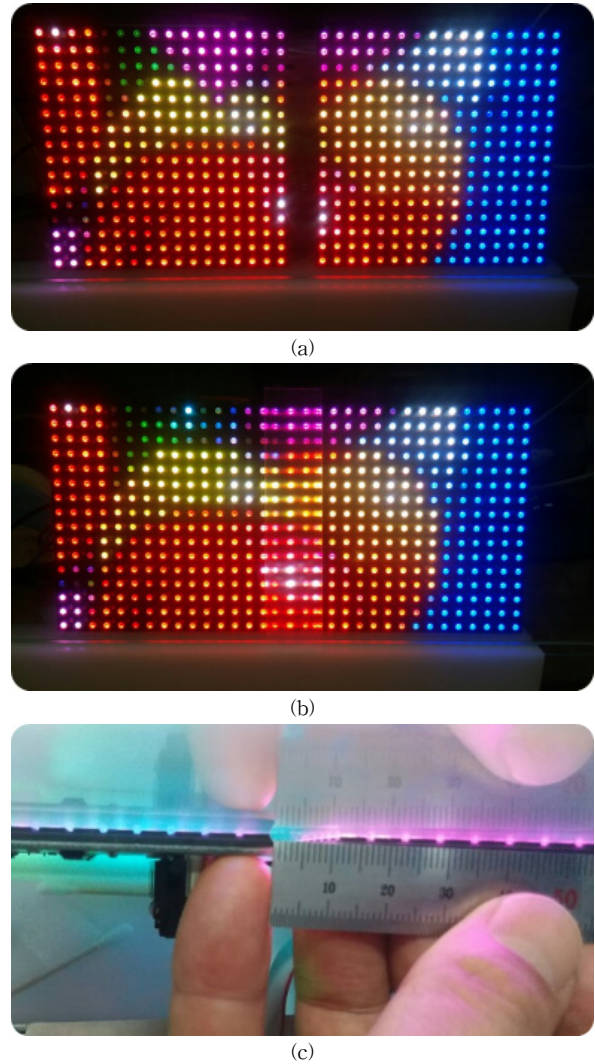


그림 5. 약 12 mm 이산형 디스플레이에서의 실험

IV. 결론

광고 전달 매체는 기존의 아날로그 방식에서 디지털 방식으로 변화되었으며 실내에서 실외로까지 변화되고 있다. 현재 실외에서 사용되는 디지털 사이니지용 디스플레이는 실외라는 특수성을 이용하여 실내에서 생길던 크기의 제한성을 넘어 대형 디스플레이로 제작되고 있다. 하지만 디스플레이의 특성상 대형으로 제작 시 기하급수적인 비용 상승 측면 및 기존 생산라인에서 생산 불가와 같은 문제점을 갖고 있다. 이를 해결하기 위해서 생산되고 있는 디스플레이 여러대를 연결하여 대형 사이니지를 형성하고 있지만 이산형 디스플레이는 광학적 불연속성을 발생시킨다. 본 연구에서는

이러한 문제점을 해결하고자 prism 구조에 의해 발생하는 집광효과에 대해 연구하였으며 실외라는 특수성을 고려하여 충격 강도, 굴곡 강도 및 인장 강도가 높은 폴리카보네이트를 이용하였다. 또한 폴리카보네이트는 높은 광투과율(82~92%)을 갖고 있으므로 광학적 사용에 적합하다. 폴리카보네이트에 프리즘 구조를 형성시킨 후 이산형 LED 디스플레이 패널에 연결한 결과 집광효과로 인하여 분리 구간에 인공적인 LED 광원이 형성되어 정면에서 응시할 경우 광학적 연속성을 얻을 수 있었다. 인공적인 LED 광원들은 광원과 폴리카보네이트 필름의 거리에 따라 발생되는 양이 달라졌으며 이를 이용하여 분리된 LED 디스플레이 패널간의 거리를 조절하여 광학적 불연속성을 보완할 수 있었다. 집광효과를 이용한 광학적 연속성 효과를 통해 아웃도어 사이니지용 대형 디스플레이의 광학적 불연속성을 줄이는데 사용될 수 있을 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- [1] 천용석, "스마트광고산업에 있어서 디지털 사이니지의 활성화 방향 모색", 정보통신방송정책, 제26권 14호 통권 582호, Aug. 2014.
- [2] 한국방송통신전파진흥원, "떠오르는 산업, 디지털 사이니지", 방송통신기술 이슈&전망, Oct. 2013.
- [3] 박재순, 김응보, 강영환, 최원석, 정연호 "광가이드 필름을 이용한 베젤리스 디지털 사이니지 구현에 관한 연구", 한국위성정보통신학회논문지, Vol.11, No.1, pp.51-54, 2016.
- [4] 전광석, 류근걸, "실리콘 이방성 식각을 통한 LCD 프리즘 시트 제작 연구", J. Kor. Inst. Met. & Mater., Vol.46, No.6, pp. 377-381, 2008.
- [5] 이기호, 김인선, 황희남, "Polycarbonate 필름 제조 기술 동향", Polymer science and technology, vol. 20, no. 1, pp. 16-29, 2009.

저자

조 성 환(Sunghwan Cho)



- 2013년 2월 : 대덕대학교 전기과 전문 학사졸업
- 2016년 2월 : 한밭대학교 정보기술대학 전자제어공학과 학사졸업
- 2016년 3월 ~ 현재 : 한밭대학교 정보 기술대학 제어계측공학과 석사과정

<관심분야> : MEMS, 전자회로, 제어계측공학

김 응 보(Eungbo Kim)



- 2016년 2월 : 한밭대학교 정보기술대학 전자공학과 학사졸업
- 2016년 3월 ~ 현재 : 한밭대학교 정보 기술대학 제어계측공학 석사과정

<관심분야> : MEMS, 반도체 센서제작, 제어계측공학

최 원 석(Wonseok Choi)



- 1998년 2월 : 성균관대학교 공과대학 전기공학 학사졸업
- 2001년 2월 : 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학 석사졸업
- 2006년 2월 : 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터 공학 박사졸업

· 2006년 2월 : 플라즈마 응용 표면기술 연구센터 박사후연구원

· 2007년 ~ 현재 : 한밭대학교 전기공학과 교수

<관심분야> : 전기재료, 반도체 공학, 전기물성 공학

정 연 호(Yeunho Joung)



- 1995년 2월 : 성균관대학교 공과대학 전기공학 석사졸업
- 1997년 2월 : 성균관대학교 전기공학 석사졸업
- 2003년 : Georgia Tech ECE 공학박사
- 2003년 : Georgia Tech and Clark atlanta Univ. 연구원

· 2005년 : Cardio MEMS, inc. 연구원

· 2010년 ~ 현재 : 한밭대학교 전자제어공학과 교수

<관심분야> MEMS, 반도체 공학, 전자회로