



마이크로프리즘을 사용한 초고휘도 재귀반사시트의 제조 및 특성

이민호·임두현·허민영·안주현[†]·박진우*·

유지현*·김종선*·류호석*·안효준*·김익환**

경상대학교 생명화학공학과, 공학연구원,

*경상대학교 금속재료공학과, **㈜삼웅

접수일(2011년 7월 18일), 수정일(2011년 7월 26일), 게재확정일(2011년 8월 3일)

Preparation and Physical Properties of Diamond Grade Reflective Sheets Using Microprism

Min-Ho Lee, Du-Hyun Lim, Jou-Hyeon Ahn[†], Jin-Woo Park*, Ji-Hyun Yu*,

Jong-Seon Kim*, Ho-Suk Ryu*, Hyo-Jun Ahn*, and Ik-Hwan Kim**

Department of Chemical and Biological Engineering and Engineering Research Institute,

Gyeongsang National University, 900 Gajwa-dong, Jinju 660-701, Korea

*School of Materials Science and Engineering, Gyeongsang National University,

900, Gajwa-dong, Jinju 660-701, Korea

**Sam Woong Co., Ltd., 828 Deogam-ri, Juchon-myeon, Gimhae-si, Gyeongsangnam-do 621-843, Korea

(Received July 18, 2011, Revised July 26, 2011, Accepted August 3, 2011)

요약 : 본 연구에서는 마이크로프리즘 방식으로 재귀반사지를 제조하여 기존의 재귀반사 제조방법인 유리구슬을 사용한 캡슐렌즈형 재귀반사지와 특성을 비교하였다. 마이크로프리즘 방식을 이용하여 제조된 재귀반사는 프리즘이 정확하게 배열되어 있으며 깨끗하게 적층되어 있었다. 그러나 유리구슬을 사용한 캡슐렌즈형 재귀반사지는 큰 균열이나 부서짐 없이 뚜렷한 각층을 가지고 있으나 용착 단계에서 약간의 유리구슬이 이탈하는 현상이 발생하였고, 표면이 균일하지 못하였으며 PET층과의 틈이 발생하는 것을 알 수 있었다. 알루미늄 증착 공정, 코팅 공정 및 대량의 유리구슬을 사용하여 제조되는 유리구슬 재귀반사지는 생산단가와 다양한 설비를 요구하는 반면, 마이크로프리즘 재귀반사지는 제조하는 방법은 비슷하나 단순한 공정으로 구성되어 생산 시간 및 단가를 줄일 뿐만 아니라 유리구슬을 사용한 재귀반사지에 비해 뛰어난 휘도와 측면 휘도를 가지고 있어서 보다 선명한 도로표지용 재귀반사지를 제조할 수 있는 특성이 있다.

ABSTRACT : Prismatic reflective sheets were prepared using microprisms, and their retroreflection and structural properties were investigated and compared with encapsulated lens type reflective sheets based on glass beads. As prepared, the prismatic reflective sheets show well arranged array of microprisms. The arrangement of glass beads in encapsulated lens type reflective sheets is also found to be uniform without any cracks. However, during the coating process of the PET layer, the beads are coming out and the gaps are formed due to the application of high pressure. Even though the preparation method for reflective sheets based on microprisms is similar to that of reflective sheets based on glass beads, the method is relatively simple and cost effective, and also needs less time. Prismatic reflective sheets show higher coefficient of retroreflection from all entrance angles compared to reflective sheets based on glass beads. The results prove that the prismatic reflective sheets can be used for preparing the traffic sign boards to secure a clear view.

Keywords : microprism, prismatic reflective sheet, glass bead, retroreflection, traffic sign board

I. 서 론

매년 고속도로를 비롯한 전국의 도로에서 수많은 사건과 사고가 발생하고 있다. 그러한 사건과 사고들을 예방하고 안전한 도로를 만들고자 다양한 교통안전시설이 설치되고 있는

실정이다. 교통안전시설물이라 함은, 도로를 이용하는 사람들에게 각종 필요한 도로관련 정보들을 제공함으로써 교통안전과 원활한 소통을 도모하기 위한 목적으로 교통류의 흐름을 분리하여 차량의 상충으로 인한 충돌사고를 미연에 방지하고자 하는 목적으로 설치되어 있다. 최근 10년 동안 다양한 교통안전 시설물이 기하급수적으로 설치가 되고 있으며 그 종류도 다양하고 많아지고 있다. 그 중 2002년 이후 재귀반사 특성을

[†] 대표저자 E-mail: jhahn@gnu.ac.kr

활용한 반사체, 도로표지와 갈매기 표지가 고속도로에 사용되고 있으며 이로 인해 교통사고의 발생율이 떨어지고 있다.¹

이러한 재귀반사지에는 유리구슬(glass bead)을 사용한 재귀반사지와 마이크로프리즘(microprism)을 사용한 재귀반사지가 있다. 마이크로프리즘 방식에는 유리구슬 대신에 삼각뿔 모양의 렌즈가 유리구슬과 똑같은 역할을 하며, 입사된 빛은 프리즘 내부의 경사면에서 차례로 굴절되어 광원과 평행한 빛으로 되돌아 나온다.

일정 면적의 반사소재에 광원으로부터 일정량의 조도를 줄 경우 반사되는 빛의 세기 즉 재귀반사율(Retroreflectivity: $\text{cd/lx} \cdot \text{m}^2$)에 따라 재귀반사지는 일반반사지(Engineering grade reflective sheet), 고휘도반사지(High intensity reflective sheet), 초고휘도반사지(Diamond grade reflective sheet)로 분류할 수 있다. 초고휘도반사지는 마이크로프리즘 방식을 사용하여 제조한다.

본 연구에서는 기존의 재귀반사 제조방법의 단조로운 상태에 무늬를 넣어 시각적인 효과를 높이는 동시에 원재료인 유리구슬을 사용하는 방식 대신 마이크로프리즘 방식으로 재귀반사지를 제조하고자 한다.^{2,3} 마이크로프리즘을 사용하면 유리구슬을 위한 공정이 사라짐으로 제조 공정과 시간이 단축되

어 제조 원가 절감과 반영구적인 연속제조가 가능하므로 전체 제조 공정 관리비가 감소하여 생산비 절감과 생산 효율 증가한다.⁴ 또한 일반 유리구슬을 사용한 재귀반사지에 비해 뛰어난 휘도와 측면 휘도를 가지는 마이크로프리즘 기반의 도로표지용 재귀반사지를 제조할 수 있어 가시거리가 보다 길어지고 안전 확보에 보다 유리하여 안전한 도로 만들기에 일조할 수가 있다. 사용 수명기한 역시 연장됨으로 도로교통표지판의 유지보수가 이전보다 편리해지고 저렴하게 하는 부가적인 면도 있다.

II. 실험

마이크로프리즘 방식의 재귀반사지의 제조공정을 Figure 1에 나타낸 바와 같이 프리즘 층과 PET 층을 따로 만들어서 융착시켜서 하나의 완성된 제품을 제조하였다. 첫 번째 부분으로 PET층에 액상 PU 내열성 수지로 Hot melt 코팅을 하여 일정시간 동안 건조를 시켜서 제조하며, 다른 하나의 부분은 PMMA층에 PVC를 균일하게 입힌 후 금형을 이용 엠보싱하여 프리즘을 형성시킨 뒤 프리즘을 보다 견고하게 하기 위해 UV 처리를 하였다. 첫 번째 부분과 두 번째 부분을 융착시키며

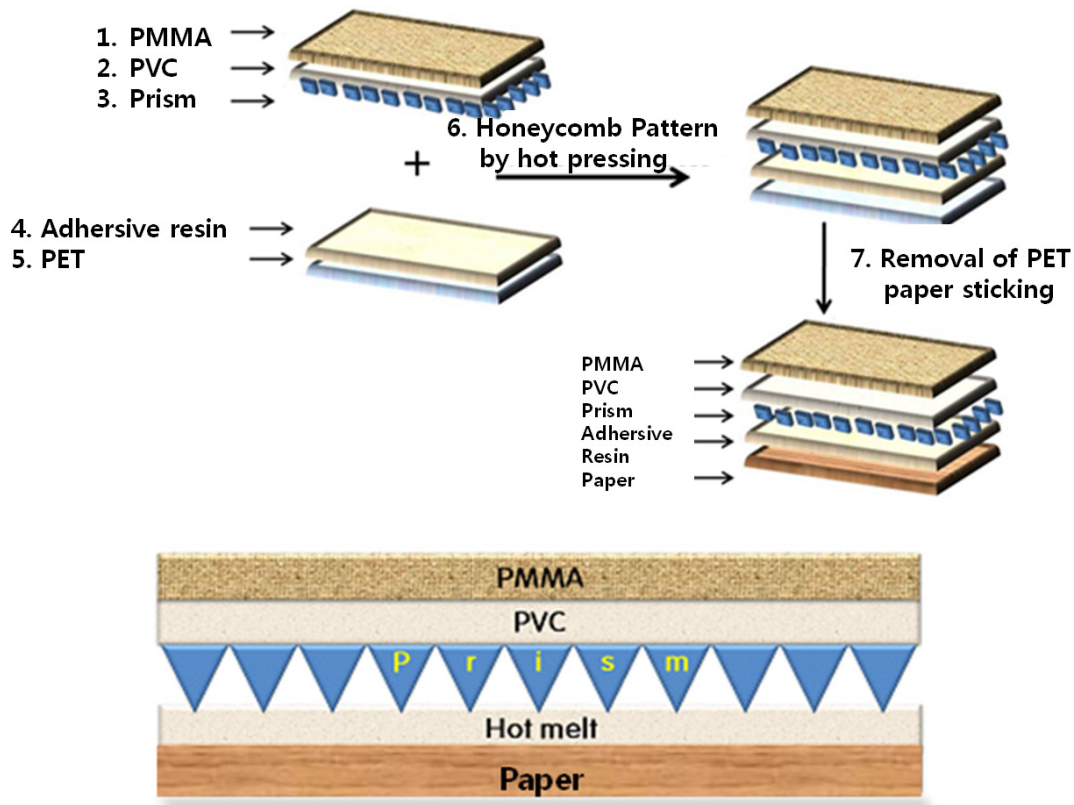


Figure 1. Synthetic procedure of a prismatic reflective sheet using microprism.

Hot press로 벌집무늬를 넣는 공정을 거쳐 제조하며 최종 제품으로 사용하기 위해서 PET층을 제거하고 그 부분에 점착제가 입혀진 이형지를 붙여서 최종 완제품으로 제조하였다.

III. 결과 및 토론

투명한 PVC(왼쪽)와 투명한 PVC에 고분자수지를 더하여 프리즘을 찍은 제품(오른쪽)의 단면을 주사전자현미경으로 관찰하여 Figure 2에 나타내었다. 치밀하고 매끈한 PVC층에

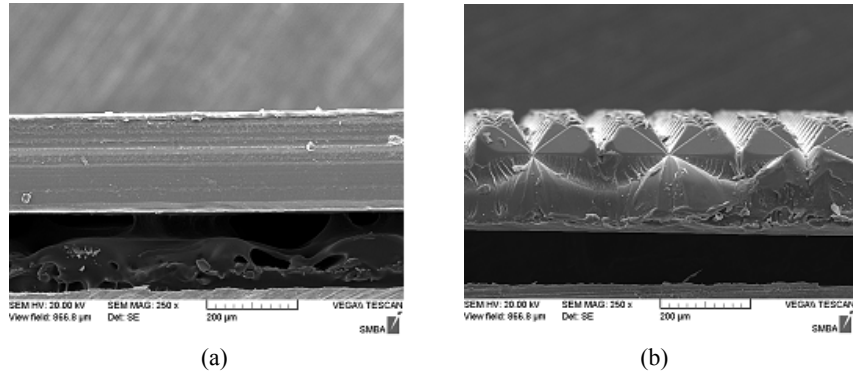


Figure 2. Patterned microprism on polymer sheet: (a) transparent PVC sheet and (b) patterned microprism.

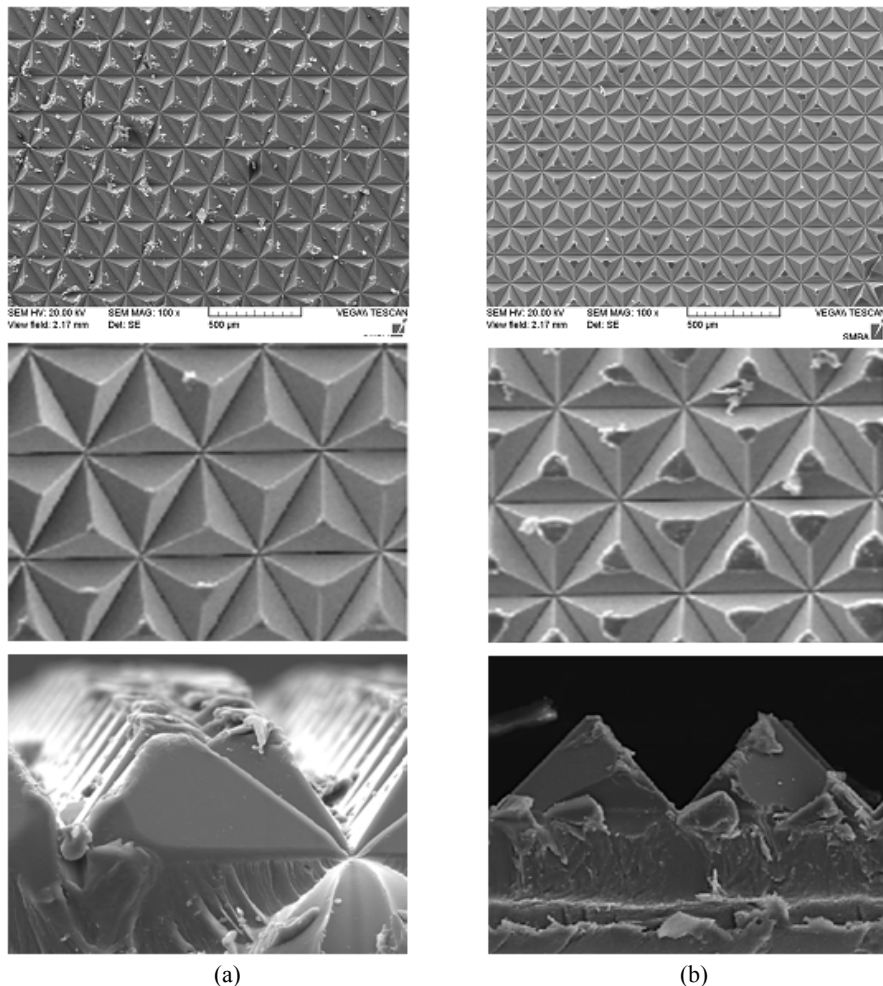


Figure 3. SEM pictures of (a) good and (b) bad microprisms.

마이크로프리즘이 잘 형성되어 있는 것을 볼 수가 있으며 균일한 크기와 각도를 가짐을 알 수 있다.

Figure 3은 투명 PVC위에 형성된 마이크로프리즘의 표면을 주사전자현미경으로 관찰한 것이다. 정상(왼쪽)으로 제조된 마이크로프리즘의 경우 프리즘이 균일하고 뭉개짐 현상은 발생하지 않았다. 드문드문 검게 보이는 것은 전자현미경 분석시 20 kV에서 장시간 노출되어 발생한 것이다. 불량(오른쪽)으로 생각되는 마이크로프리즘의 경우 프리즘 끝이 전체적으로 조금씩 뭉개짐 현상이 발생하고 프리즘의 많은 부분이 크게 손상되어 나타났다. 실제 정상과 불량의 마이크로프리즘을 사용하여 제조된 재귀반사지의 휘도를 비교하면 불량 마이크로프리즘을 사용하는 경우에는 휘도가 현저히 떨어진다는 것을 알 수 있었다. 그러므로 초고휘도반사지를 제조하기 위해서는 균일한 크기와 각도를 지닌 동시에 결함이 없는 마이크로프리즘을 제조하는 매우 중요하다.

Figure 4는 마이크로프리즘 방식을 이용하여 제조된 불량

재귀반사지(a, 왼쪽)와 정상의 재귀반사지(b, 오른쪽)의 단면을 주사전자현미경으로 관찰한 것이다. 불량 재귀반사지는 형성된 프리즘이 균일하지 않고 많은 부분이 뭉개지고 틈새가 많이 벌어진 것을 알 수 있다. 불량 재귀반사지와 비교하여 정상 재귀반사지는 프리즘이 정확하게 배열되어 있으며 깨끗하게 적층되어 있다는 것을 알 수 있다. 최종적으로 용착하는 과정에서 약하게 형성된 마이크로프리즘이 완전히 붕괴되거나 용착 강도 및 온도 등 용착 조건이 맞지 않아 불량 반사지가 제조되는 경향이 있었다. 마이크로프리즘이 붕괴되는 경우에는 최종 재귀반사지의 휘도가 전혀 나타나지 않는다.

마이크로프리즘 재귀반사지를 유리구슬을 사용한 캡슐렌즈형 재귀반사지와 비교하기 위하여 단면을 주사전자현미경을 이용하여 관찰하여 Figure 5에 나타내었다.⁵ 두 제품 모두 최종 320 μm 의 두께를 가지며, 두 제조 공정을 거쳐 만들어진 제품은 대체적으로 큰 균열이나 부서짐 없이 뚜렷한 각각의 층을 가지고 있는 것을 볼 수 있다. 마지막 제조 공정에서 압력

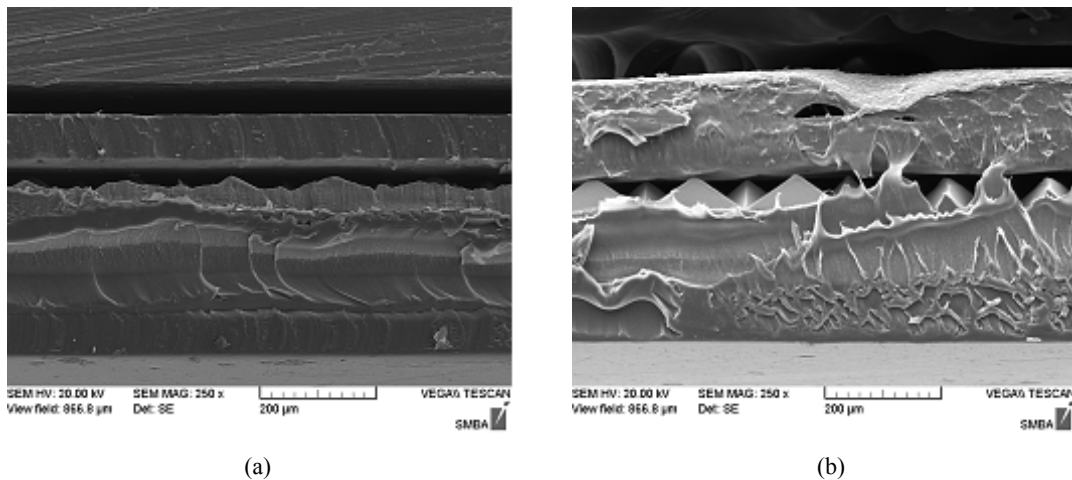


Figure 4. SEM pictures of (a) normal and (b) poor-quality reflective sheets using microprism.

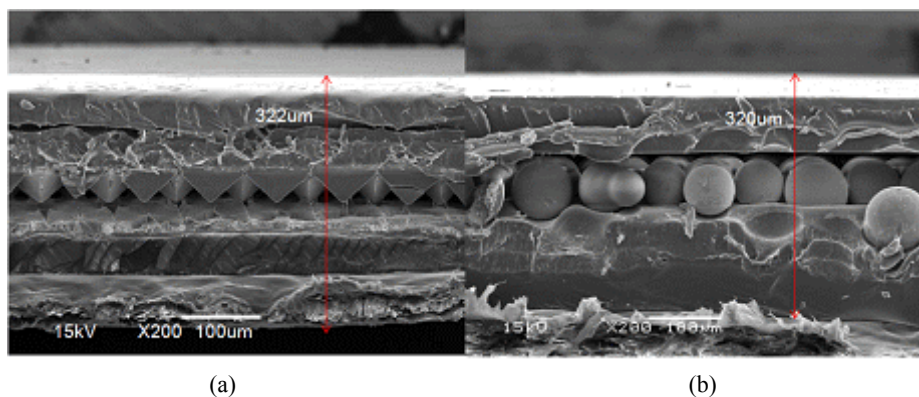


Figure 5. SEM pictures of the cross-sections of (a) prismatic reflective sheet using microprisms and (b) encapsulated lens reflective sheet using glass beads.

을 가하여 융착시키는 단계에서 약간의 유리구슬이 이탈하는 현상이 발생한 것과 다양한 크기의 유리구슬을 사용하기 때문에 균일하지 못하고 PET층과의 틈이 발생한 것을 알 수 있다.

마이크로프리즘과 유리구슬을 사용하여 제조되는 재귀반사지를 비교하면 다음과 같다. 알루미늄 증착 공정, 전처리 코팅 및 대량의 유리구슬을 사용하는 유리구슬 재귀반사지 제조방법은 생산단가와 다양한 설비를 요구하는 반면, 마이크로프리즘 재귀반사지의 경우 제조하는 방법은 비슷하나 단순한 공정으로 구성되어 생산 시간 및 단가를 줄일 수 있다. 또한 유리구슬을 사용하여 제조되는 재귀반사지 보다 높은 휘도를 갖는 재귀반사지를 제조할 수 있는 장점을 가지고 있다. 유리구슬의 경우 재귀반사지의 제조원가 중 약 23%로서 큰 비중을 차지하고 있다. 또한 휘도를 증가시키기 위한 목적으로 알루미늄 증착 공정을 사용하는데, 이 역시 생산단가를 비싸게 하는 요인 중의 하나이다. 그러나 마이크로프리즘 재귀반사의 경우 반영구적인 마이크로프리즘 금형을 이용하여 제조를 하기 때문에 초기비용은 들지만 유리구슬 재귀반사 제품의 생산단가와 비교하여 마이크로 프리즘 재귀반사 제품이 생산을 시작되는 순간부터 짧은 기간 내에 금형 제조비용을 포함한 생산단가 차이는 줄어들게 된다.

마이크로프리즘을 이용하여 제조된 황색과 회색의 초고휘도 재귀반사지의 사진을 Figure 6에 나타내었다. 이것은 위의 제조 과정을 모두 거친 후 최종 완성된 재귀반사지로서 투명성이 우수한 PVC를 사용하여 마이크로프리즘을 이용하여 재귀반사시트를 제조한 후 별집무늬를 넣어 보다 뚜렷하고 균일한 색상을 가지고 있다는 것을 알 수 있다. 두 종류의 마이크로프리즘 재귀반사지에 새겨진 별집무늬의 선 두께가 노란색의 경우 약간 두껍다는 것을 알 수 있다. 같은 색상이라도 별집무늬의 선 두께를 두껍게 한 경우 휘도가 감소하고, 별집무늬 선 두께를 얇게 한 경우 휘도는 높아졌으나 내후성이 감소하는 결과가 나왔다. 별집무늬를 새기기 위하여 압착하는 경우에 직접 압착되는 별집무늬의 선을 따라 마이크로프리즘이

붕괴되고 따라서 그 부분에서는 빛이 재귀반사되지 못하므로 휘도가 전혀 나오지 않게 된다. 실제 휘도를 나타내는 부분은 별집무늬의 안쪽이다. 그러므로 별집무늬 선이 굵어지면 휘도를 나타내는 마이크로프리즘의 면적이 감소하여 휘도가 떨어지나, 위 아래 부분이 압착되는 면적은 증가하여 내후성은 향상된다.

Figure 5에 나타낸 바와 같이 최종적으로 평균 $320 \mu\text{m}$ 이하의 두께를 갖는 다양한 색상의 마이크로프리즘 재귀반사지를 제조하고, 각각의 휘도를 측정하였다. 백색, 황색 및 청색 기준으로 마이크로프리즘 재귀반사지의 휘도가 각각 700 , 450 및 $320 \text{ cd}/1\text{x}\cdot\text{m}^2$ 으로 초고휘도급 재귀반사지를 마이크로프리즘 방식으로 제조할 수 있었다.^{6,7} 이러한 고휘도급 마이크로프리즘 재귀반사지는 도로 표지용 뿐만 아니라 안전용, 광고용 등으로 활용이 가능하며 다양한 분야의 제품에 적용이 가능하다.

IV. 결 론

본 연구에서는 마이크로프리즘 재귀반사 시트의 제조 및 특성에 대하여 알아보았다. 현재 도로용으로 많이 쓰이는 유리구슬형 재귀반사 시트는 캡슐렌즈형인데 이는 내후성은 좋으나 휘도가 떨어지는 단점이 있다. 마이크로프리즘의 휘도는 백색 기준으로 $700 \text{ cd}/1\text{x}\cdot\text{m}^2$ 으로 매우 높고 캡슐렌즈형 반사지와 마찬가지로 마이크로프리즘 위에 층이 있어서 약천후에도 매우 좋은 특성을 나타낸다. 또한 유리구슬형 재귀반사 시트에 비해 공정이 단순하고 증착 공정이 없기 때문에 초기 투자비용을 포함하더라도 생산단가는 줄어들게 된다. 마이크로프리즘 재귀반사 시트에 별집무늬를 넣을 때 온도와 필름이 금형을 지나가는 속도에 따라 별집무늬선의 굵기 차이가 나는데 이는 매우 중요한 특성으로 굵기가 가늘면 면적당 마이크로프리즘이 많아져 휘도가 높지만 내후성이 감소하고 반대로 굵기가 굵어지면 휘도가 감소하나 hot-melt와 프리즘필름 사

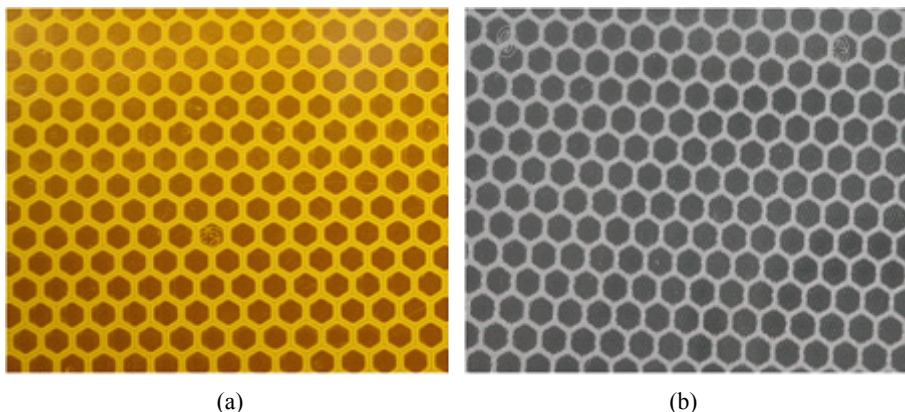


Figure 6. (a) Yellow colored and (b) grey colored prismatic reflective sheets using microprisms.

이에 압착면적이 넓어져서 내후성이 증가하였다. 벌집무늬를 넣을 때의 금형의 온도와 속도에 따라서 휘도 및 내후성의 관계에 대한 연구와 현재 사용되고 있는 hot-melt보다 마이크로프리즘 필름과 압착되는 면적이 작더라도 내후성을 높일 수 있는 고분자수지에 대한 추가 연구가 필요하다

감사의 글

이 연구는 교육과학기술부 지원사업으로 2008년에 선정된 지역혁신인력양성사업의 연구지원으로 수행되었기에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. J. H. Ahn, I. H. Kim, H. S. Ryu, J. S. Kim, M. Y. Heo, J. W. Park, J. H. Ji, D. H. Back, C. R. Shin, H. J. Ahn, and J. W. Choi, "Retro-reflection sheet, and retro-reflection object, outdoor display apparatus thereof", *Korean Patent* 10-0934468 (2009).
2. H. Y. Lee, W. T. Kwon, H. K. Jung, and Y. T. Oh, "A study on the mechanism and design of reflective sheet", *Tran. Korean Soc. Machine Tool Engineers*, **17**, 65 (2008).
3. W. S. Park, Y. K. Ryu, and H.S Cho, "Measurement of the 3-dimensional shapes of specular objects by using double pass retro-reflection", *J. Korean Soc. Prec. Eng.*, **13**, 64 (1996).
4. H. E. Lee, "Analysis on glass-bead type retroreflector's optical characteristics", *J. Korean Soc. Prec. Eng.*, **11**, 165 (1994).
5. D. H. Lim, M. H. Lee, J. H. Ahn, J. W. Park, J. H. Yu, J. S. Kim, H. S. Ryu, H. J. Ahn, and I. H. Kim, "Structural and Physical Properties of Reflective Sheets Prepared by Using Glass Beads", *Elastom. Compos.*, in press.
6. B. S. So, Y. H. Jung, and D. W. Lee, "A study on the shape of efficient retroreflective articles", *J. Korean Soc. Prec. Eng.*, **19**, 160 (2002).
7. W. J. Lee, H. J. Park, and M. H. Lee, "The refractive index measurement using total reflection", *J. Korean Ophthalmic Optics Soc.*, **1**, 103 (1996).