

Anti-Glare 처리 표면에 SiO₂/TiZrO₂ Anti-Reflection 구조의 광학 특성

전범주 

신한대학교 에너지공학과

Optical Properties of SiO₂/TiZrO₂ Anti-Reflection Deposition Layer on Anti-Glare Surface

Bup Ju Jeon

Department of Energy Engineering, Shinhan University, Uijeongbu 11644, Korea

(Received September 6, 2024; Revised September 20, 2024; Accepted October 4, 2024)

Abstract: This study investigates the effects of chemical etching for anti-glare (AG) treatment and the subsequent deposition of a TiZrO₂/SiO₂ double-layer anti-reflection (AR) coating on glass surfaces. The AG treatment was performed using ammonium fluoride in gel form via screen printing, followed by electron beam deposition of SiO₂/TiZrO₂ layers. The surface roughness, optical transmittance, and refractive index were analyzed. The results revealed that while the surface roughness increased with larger screen patterns during the AG treatment, it was reduced by the deposition of the AR layers. Additionally, the gloss caused by external light was higher with lower surface roughness, but it was effectively reduced by the AR coating. The optical reflectance showed minimal changes during the AG treatment, remaining similar to that of bare glass substrates. However, the AR coating significantly decreased reflectance. The combination of AG treatment and AR coating improved optical transmittance and reduced gloss, making this method beneficial for enhancing visibility in automotive displays. The findings suggest that this approach can mitigate the impact of external light and improve the clarity of displayed information, making it suitable for automotive display applications.

Keywords: Anti-glare, Anti-reflection, SiO₂/TiZrO₂, Surface morphology, Optical properties

1. 서론

디스플레이 기기에서 선명한 이미지 전달은 디스플레이 자체의 해상도와 밝기도 의존하지만 동일한 해상도와 밝기를 갖는 조건에는 디스플레이 커버글라스를 통한 표면 반사와 빛의 굴절에 의해 영향을 받는다. 특히 터치스크린 기능을 갖는 차량용 디스플레이나 윈도우 광고용 디스플레이 경우 외부 광원이 밝을 경우 반사에 의해 선명한 이미지가 구현이 어렵고 디스플레이 내부 정보를 빠르게 인식하

는데 한계가 있다. 특히 차량에 장착된 카메라를 통해 전달되는 이미지와 운전이 필요한 정보를 알려주는 디스플레이 정보를 반사에 의해 왜곡되거나 확인이 어려운 경우 위험도가 증가하게 된다. 또한 외부 조명이 밝은 환경에서 보다 정확한 정보의 확인을 위해 디스플레이 커버글라스에 반사도를 낮추는 눈부심 방지(anti-glare) 처리와 굴절을 변화시키는 반사방지(anti-reflection) 코팅 처리 과정이 필요하다. 디스플레이 표면에 커버글라스의 표면 처리에 의한 눈부심 방지 처리와 반사방지층 증착은 입사광의 표면 산란과 반사광에 의한 광 경로 변화가 발생하고 입사광은 광산란에 의해 반사광을 줄임으로써 보다 선명한 이미지 구현이 가능하다.

커버글라스로 사용되는 유리의 표면 처리는 건식 방식

✉ Bup Ju Jeon; bjjeon@shinhan.ac.kr

Copyright ©2025 KIEEME. All rights reserved.
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

보다는 에칭 속도가 빠른 습식법에 의해 처리되고 있다. 기존 연구를 통해 불화암모늄계 겔 상태의 에칭액을 사용하여 눈부심 방지 처리를 위해 첨가제에 따른 표면조도와 광학적 특성을 비교하고 광학 특성을 개선하여 눈부심 방지 처리된 커버글라스를 갖는 전지의 효율을 비교한 바 있다 [1,2].

겔 상태의 에칭액을 사용한 표면 처리에 있어서 글라스의 종류에 따라 내부에 함유된 무기물의 특성으로 인하여 표면 에칭 특성은 다르게 나타나고 특히 화학적 또는 열 강화 처리된 글라스의 표면 처리는 에칭액의 성분에 의존성이 크게 나타난다. 글라스의 종류와 겔 상태의 에칭액을 표면에 도포하는 방식에 따른 에칭 표면의 grain size 제어를 위한 연구가 진행되었다 [3]. 스크린 프린팅 방식으로 불규칙패턴 에칭에 따른 표면 특성과 광학적 특성을 연구하여 패턴 에칭의 mesh size와 에칭 시간과 같은 에칭 환경 및 표면 처리된 grain size가 선명도에 미치는 영향을 확인하였다.

디스플레이 커버글라스의 광학 특성은 글라스 표면을 에칭하여 반사도를 낮추는 눈부심 방지 처리에 의해 디스플레이 정보의 선명도를 개선할 수 있고 또한 반사방지 표면 코팅의 광 굴절을 변화에 의한 광학설계로 선명도를 향상시킬 수 있다. 반사방지 처리를 위한 대표적인 방법은 표면에 SiO_2 [4], TiO_2 [5], MgF_2 [6], $\text{SnO}_2\cdot\text{F}$ [7]와 같은 굴절률이 서로 다른 물질을 sputtering과 ion-beam 또는 MOCVD (metal-organic chemical vapor deposition) 방식으로 물리적 또는 화학적 증착 방식에 의해 코팅층을 형성하여 광 경로 변화를 통해 개선될 수 있다. 반사방지 표면 코팅층은 굴절률이 서로 다른 물질을 다단층으로 증착하여 광 경로를 변화시킬 수 있다 [8,9].

반사방지 표면 코팅층으로 광 투과도와 같은 특성은 개선될 수 있으나 외부조명이 밝은 경우 반사에 의해 디스플레이 내부정보 전달에 방해가 발생할 수 있다. 따라서 굴절률을 변화시키는 반사방지 코팅층에 의한 광학설계와 동시에 눈부심 방지 처리가 진행될 경우 이미지를 명확하게 전달할 수 있다. 이와 관련하여 커버글라스 표면을 겔 상태의 화학적 에칭으로 표면조도를 변화시켜 반사방지 기능을 부여하고 TiZrO_2 와 SiO_2 반사방지층을 증착하여 광특성을 비교한 바 있다 [10]. 연구를 통해 커버글라스의 표면을 에칭하여 눈부심 방지 처리된 동일한 표면조도를 갖는 시료 표면에 $\text{TiZrO}_2/\text{SiO}_2/\text{TiZrO}_2/\text{SiO}_2$ 층의 4단계 반사방지층을 구성하여 눈부심 방지 처리 시료보다 선명도가 크게 개선됨을 확인하였다.

유리기판에 굴절률이 높은 $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ 층과 $\text{ZrO}_2/\text{SiO}_2$

층을 각각 증착하여 2개 층의 광학설계를 통해 광 투과도를 개선한 연구가 진행되었다 [11]. 본 연구에서 SiO_2 층은 550 nm 파장에서 굴절률이 1.46이고 TiZrO_2 층의 주성분을 이루고 있는 ZrO_2 층에서 굴절률이 2.22로 증가하고 있어 4층의 반사방지층을 구성하여 광학 설계하는 것보다 눈부심 방지 처리된 유리기판 위에 높은 굴절률을 갖는 물질 2개 층의 $\text{TiZrO}_2/\text{SiO}_2$ 층을 구성하는 것이 광학설계에 의한 광 특성 개선이 효율적일 것으로 판단되었다. 그리고 눈부심 방지 처리된 표면의 조도와 반사 헤이즈 그리고 광 투과도 등 광 특성과 상관관계를 비교하고자 한다.

따라서 본 연구에서는 디스플레이 커버 글라스의 표면을 화학적 에칭에 의해 눈부심 방지 처리 후 반사방지 증착의 2단층을 형성하여 표면조도 변화와 광 투과도와 같은 광학적 특성에 미치는 영향을 확인하였다.

2. 실험 방법

광투과율이 91%인 저철분 유리를 사용하여 눈부심 방지 처리 후 반사방지 증착으로 광학적특성을 개선하기 위해 먼저 스크린 프린팅 방식으로 겔 상태의 에칭 용액을 도포하여 표면을 에칭하였다. 사용된 유리기판은 두께가 1 mm인 저철분 유리로 표면조도의 특성을 구현하기 위해 스크린 프린팅에 사용되는 3가지의 서로 다른 200, 150, 100 mesh의 스크린에 불화암모늄을 갖는 겔 상태의 에칭 용액을 도포하여 에칭을 진행하였다. 에칭 용액의 특성과 농도변화에 따른 에칭 속도와 에칭 방식에 의한 표면조도 변화는 이전 연구에서 수행하였다 [3].

그림 1은 유리기판에 스크린 프린팅을 위해 스크린 위에 겔 상태의 에칭 용액을 300 μm 도포하고 2분 동안 반응시킨 후 충분히 증류수로 세척하고 잔류물 제거를 위해 1.5 v% HF로 2분 동안 처리 후 얻어진 에칭된 표면 형상과 에칭 표면 위에 증착된 $\text{SiO}_2/\text{TiZrO}_2$ 층의 개념도를 나타내었다.

눈부심 방지 처리된 유리기판에 SiO_2 층과 TiZrO_2 2단의 반사방지층의 증착을 위해 dual beam electron beam evaporator를 사용하여 40 mTorr의 압력조건에서 증착을 진행하였다.

겔 상태의 불화암모늄으로 스크린 프린팅에 의해 표면 눈부심 방지 처리된 유리기판에 electron beam에 의해 $\text{SiO}_2/\text{TiZrO}_2$ 반사방지층을 증착한 시료의 표면조도와 표면형상 및 광학적 특성을 분석하였다. 눈부심 방지 처리와 반사방지층 증착 전후의 표면조도는 조도측정기(Mitutoyo SJ 210)를 사용하여 4 mm를 스캔하여 측정하였다.

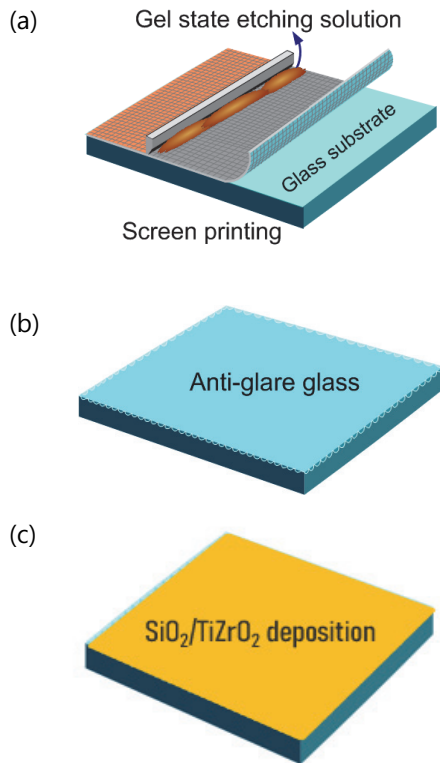


Fig. 1. (a) Schematic diagram for surface etching, (b) anti-glare glass obtained by screen printing, and (c) SiO₂/TiZrO₂ deposition.

눈부심 방지 처리와 반사방지층이 증착된 표면 상태를 확인하기 위해 Park Science사의 atomic force microscopy (Park Science Instrument) 분석을 진행하고, SiO₂/TiZrO₂ 반사방지층의 증착 두께와 조성 확인을 위해 auger electron spectroscopy (ULVAC-PHI 700)와 x-ray photoelectron spectroscopy (PHI 5800) 분석을 진행하였다. 눈부심 방지 처리된 표면에서 광택 분석을 위해 광택계측기(G-320)로 60° 각도에서 광택도를 측정하고 반사방지층 증착 전후 광 투과도와 반사 헤이즈는 spectro photometer (Varian 5000 UV-Vis-NIR)를 사용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

디스플레이 내부 화면 정보의 선명한 이미지는 외부 커버글라스의 표면 에칭을 통한 눈부심 방지뿐만 아니라 빛의 굴절률을 변화시키는 반사방지막의 증착층에 의해 영향을 받는다. 외부에서 커버글라스의 표면에 입사되는 표

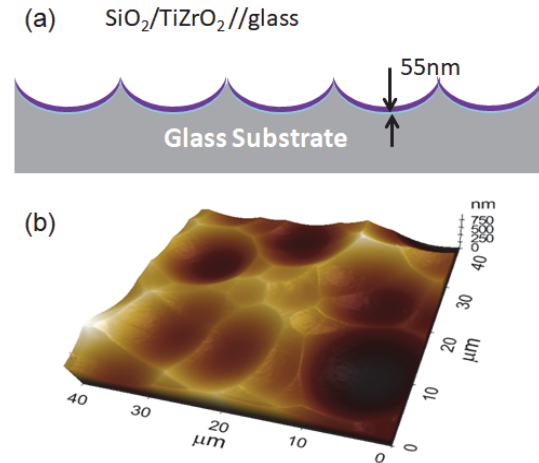


Fig. 2. (a) Concept image of AR multi-coating layer on etching surface treated AG and (b) AFM topography image of AG/AR surface.

면 처리에 의해 빛이 분산되지 않으면 반짝임에 의한 거울 작용으로 디스플레이 내부정보를 명확하게 인식하기 어렵다. 커버글라스의 표면 처리는 겔 상태의 에칭 용액에 의해 무질서하게 분산된 다양한 크기의 오목한 형태의 셀을 형성한다. 표면 에칭이 진행될 때 규칙적인 패턴을 갖고 에칭이 진행될 경우 무아래 현상이 발생하여 영상정보의 왜곡을 일으킬 수 있어 불규칙적인 랜덤한 셀을 갖도록 에칭이 진행되어야 한다.

그림 2는 유리표면을 겔 상태의 산용액으로 150 mesh로 스크린 프린팅한 후 에칭하고 HF 용액에서 잔류물질을 제거한 다음 55 nm 두께로 SiO₂층을 증착한 후 TiZrO₂층의 2단층을 형성한 (a) 개념도와 (b) 반사방지막을 증착한 유리 표면을 AFM으로 40 μm × 40 μm를 분석한 topography 이미지를 나타내었다. 스크린 프린팅 조건이 유리기판의 에칭 형상에 미치는 영향을 확인하기 위해 200 mesh, 150 mesh, 100 mesh를 적용하여 스크린 프린팅한 후 이미지를 비교한 바 있다 [3]. 그림 2(b)에 나타난 이미지에서 확인된 바와 같이 눈부심 방지 처리를 위한 에칭 후 반사방지를 위한 SiO₂/TiZrO₂층을 갖는 표면 이미지가 오목한 형태의 20 μm에서 5 μm 범위의 불규칙적인 셀을 형성한 것을 확인할 수 있다.

눈부심 방지 처리된 표면에 반사방지층인 SiO₂/TiZrO₂층의 증착을 위해 dual beam electron beam evaporator를 사용하여 2단으로 증착한 표면의 조성분포를 확인하였다. 그림 3에 나타난 바와 같이 에칭속도 15 A/min으로 에칭하여 표면에 존재하는 SiO₂는 23분까지 에칭한 층에서 O원자와 Si원자가 분포되는 것을 확인할 수 있다. 에칭

23분 후부터 O원자와 Zr원자 분포가 나타나고 미량의 Ti 이 확인되었다. 에칭 속도와 에칭한 시간으로부터 35 nm 두께를 갖는 SiO₂층과 20 nm 두께를 갖는 TiZrO₂층이 형성되었음을 확인하였다.

표면 처리된 기판에 증착한 반사방지층인 SiO₂/TiZrO₂ 층의 표면 화학적 조성확인을 위해 MgK radiation source를 사용한 XPS 분석으로 결과를 그림 4에 나타내었다. 결합 에너지는 284.8 eV에서 C1s 피크를 기준으로 계산되었다. 표면에 존재하는 SiO₂/TiZrO₂층 spectra로부터 먼저 SiO₂층에서 C1s 기준으로 O1s, Si2p 피크를 확인할 수 있다. SiO₂층 하단에 존재하는 TiZrO₂에서 Ti와 Zr는 SiO₂층 하단에 위치하여 뚜렷한 피크는 나타나지 않았다. SiO₂ 결합을 나타내는 O1s와 Si2p spectra는 결합 에너지 530 eV와 103 eV 부분에서 각각 대칭 형태로 나타남을 확인할 수 있다. TiZrO₂층의 Ti-O-Si 또는 Ti-O-Zr 결합에서 Ti2p 피크는 458.65 eV와 458.68 eV에서 나타나나 SiO₂층 하단에 존재하고 그림 3의 Auger 분석 결과와 같이 미량 존재하여 명확한 피크로 검출되지 않았다. ZrO₂ 나노 입자에서는 Zr은 Zr3d_{5/2}와 Zr3d_{3/2}의 182.5 eV와 184 eV에서 나타나고 [12] 본 실험에서 얻어진 박막 형태의 경우 Zr3d_{5/2}의 미세한 피크를 확인할 수 있다. 저철분 유리기판에 표면조도를 변화시켜 눈부심 방지 효과를 확인하기 위해 스크린 프린팅 방식으로 3가지의 서로 다른 mesh 크기를 갖는 스크린으로 습식 표면 에칭을 진행하였다. 젤 상태의 불화암모늄 에칭액을 200, 150, 100 mesh 스크린에 동일한 두께로 도포하고 mesh를 통해 불화암모늄과 유리기판과의 반응시간을 5분으로 일정하게 반응시켰다. 반응 후 증류수로 세정하여 얻어진 기판의 표면조도를 측정된 결과를 그림 5에 나타내었다. 표면조도는 4 mm 폭을 조도계로 스캔하여 에칭 표면의 골과 마루의 변화를 평균하여 표면조도 ra 값이 얻어졌다. 스크린의 패턴 크기가 작은 200 mesh로 스크린 프린팅한 JM 1 시료의 경우 표면조도는 0.180 μm로 150 mesh의 크기가 큰 스크린 패턴에서 얻어진 JM 2 시료의 표면조도 0.196 μm보다 더 작은 값을 나타내었다. 스크린 패턴이 가장 큰 100 mesh인 JM 3의 경우 표면조도가 0.212 μm로 가장 큰 값을 나타내었고 이러한 경향성은 기존에 스크린의 패턴 크기를 변화시켜 에칭한 표면조도 변화와 유사한 경향성을 나타내었다 [3]. 즉 표면조도의 변화는 젤 상태의 에칭 용액을 도포하는 스크린 mesh의 크기에 의해 영향을 받을 수 있다.

그림 5에 나타낸 스크린 mesh별로 유리기판의 표면조도를 변화시키기 위해 젤 상태의 에칭 용액과 1.5 v% HF 용액으로 잔류물을 제거한 눈부심 방지 처리 시료에 반사

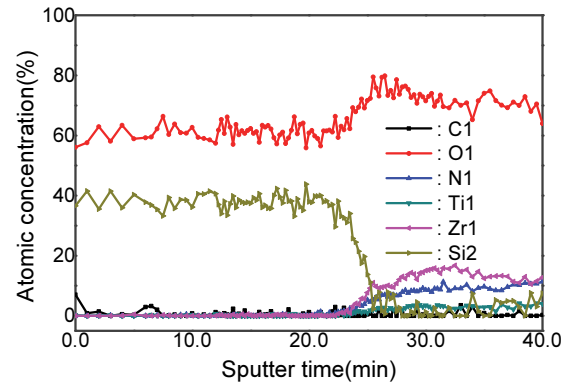


Fig. 3. Auger depth profile analysis of AR multi-coating layer on etching surface treated AG.

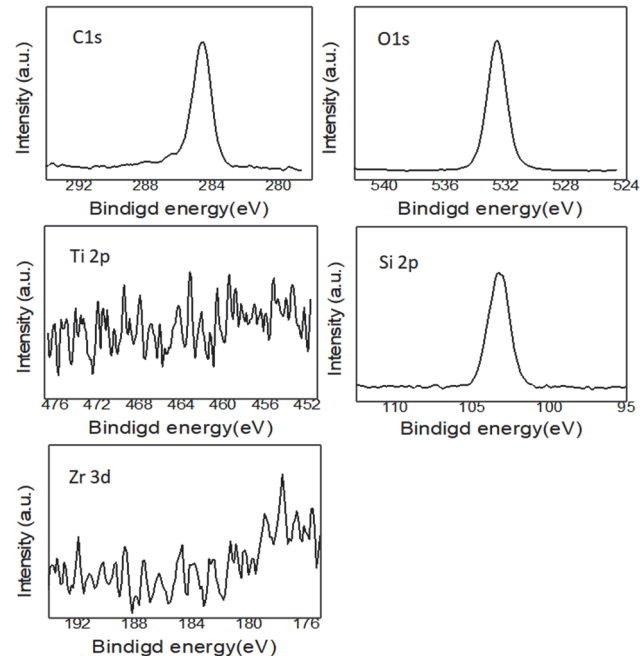


Fig. 4. XPS spectra C1s, Ti 2p, O1s, Si2p, and Zr3d region spectra at the surface of SiO₂/TiZrO₂ layer.

방지층을 코팅한 후 표면조도의 변화를 확인하였다. 반사방지층인 SiO₂층과 TiZrO₂층의 2단층을 증착한 후 표면조도의 변화를 스크린 mesh를 변화시킨 시료별로 그림 6에 나타내었다. 눈부심 방지 처리만을 하였을 때 표면조도는 젤 상태의 에칭 용액을 도포하는 스크린의 패턴 크기가 증가할 수로 표면조도가 일정하게 증가함을 알 수 있다. 또한 반사방지 처리를 위해 표면을 에칭한 눈부심 방지 처리 시료의 표면에 55 nm 두께로 SiO₂층과 TiZrO₂층의 반사

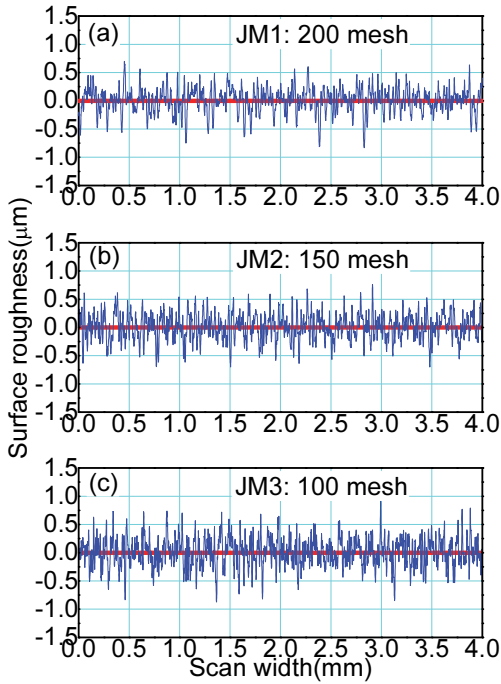


Fig. 5. Surface roughness after surface etching by (a) 200 mesh, (b) 150 mesh, and (c) 100 mesh.

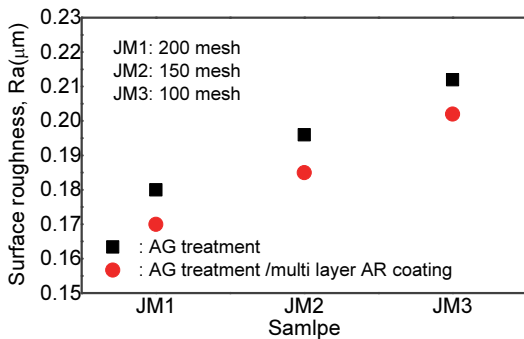


Fig. 6. Comparison of surface roughness of the samples obtained by AR multi-coating layer after AG surface etching.

방지 2단층을 증착한 후 표면조도의 변화를 확인하였다. 200 mesh로 스크린 프린팅한 JM 1 시료의 경우 반사방지 2단층을 증착한 후 표면조도는 $0.17 \mu\text{m}$ 로 반사방지 증착 전인 $0.18 \mu\text{m}$ 보다 표면조도가 5.5% 더 작아짐을 확인하였다. 150 mesh인 JM 2 시료의 경우 에칭 후와 $\text{SiO}_2/\text{TiZrO}_2$ 층을 증착한 후 $0.196 \mu\text{m}$ 와 $0.185 \mu\text{m}$ 로 나타났다. 100 mesh인 JM 3 시료의 경우도 SiO_2 층과 TiZrO_2 층의 반사방지 2단층을 증착함에 따라 $0.212 \mu\text{m}$ 와 $0.202 \mu\text{m}$ 로 얻어졌다. JM 2와 JM 3 시료는 $\text{SiO}_2/\text{TiZrO}_2$ 층 증착 전후에 각

각 표면조도가 감소가 5.6%, 4.7%로 나타났다.

그림 7은 표면 에칭에 의한 눈부심 방지 처리한 시료와 $\text{SiO}_2/\text{TiZrO}_2$ 층의 반사방지 2단층을 증착한 기판의 광반사도와 반사광 헤이즈, 광택도와 광 투과도를 비교하여 나타내었다.

반사 헤이즈는 기판표면의 광택도와 관계가 있는 광학 현상이므로 표면에서 거칠기를 나타내는 표면조도에 의존성이 크다. 표면 거칠기 증가에 따른 반사 헤이즈가 증가하면 표면에서 불안정성 산란에 의해 광택도가 감소한다. 유리 기판 위에 서로 다른 굴절률을 갖는 반사방지층은 서로 간섭이 없을 경우 다음과 같이 반사도(R)의 함수로 식 (1)과 같이 표현된다.

$$n = \frac{1+R+\sqrt{R}}{1-R} \quad (1)$$

흡광도는 $A=1-T-R$ 로 투과도와 반사도로 표현되고 흡수계수(α)는 다음과 같이 extinction coefficient (k)와 파장의 함수로 식 (2)와 같이 표현된다.

$$k = \frac{\alpha \lambda}{4\pi} \quad (2)$$

광 흡수계수(α)는 흡광도(A)와 막의 두께(x)로 식 (3)과 같이 나타난다.

$$\alpha = 2.303 \frac{Ax}{t} \quad (3)$$

이와 같이 표면 처리된 표면조도의 변화와 반사방지층의 굴절률 변화는 반사도와 광 투과도 및 반사 헤이즈와 광택도에 영향을 줄 수 있다. 그림 7은 표면조도의 변화에 따른 반사 헤이즈와 광택도, 반사도와 투과도의 변화를 나타내었다.

그림 7(a)에 나타난 눈부심 방지 처리 시료의 반사광 헤이즈는 스크린 mesh를 다르게 하여 표면조도를 변화시킴에 따라 표면조도 의존성을 갖는 것으로 나타났다. 표면조도가 작은 200 mesh (JM 1) 시료의 경우 반사 헤이즈가 높게 나타나고, 반면 표면조도가 높은 JM 3 시료의 경우 표면조도가 높아 반사 헤이즈가 작은 값을 갖고 표면조도와 상반된 경향성을 나타내었다. 그림 7(b)에 나타난 반사도는 표면조도를 변화시킨 눈부심 방지 처리 시료와 처리하지 않은 bare 유리기판과 유사하게 나타나고 표면조도의 의존성이 없는 것으로 나타났다. $\text{SiO}_2/\text{TiZrO}_2$ 층의 반사방지 2단층을 증착한 기판은 AR 처리에 따른 굴절률 변화에 의해 눈부심 방지 처리 시료와 bare 유리기판보다 반사도가 낮게 나타났으나 표면조도에 의한 영향은 없는 것으로 나타났다.

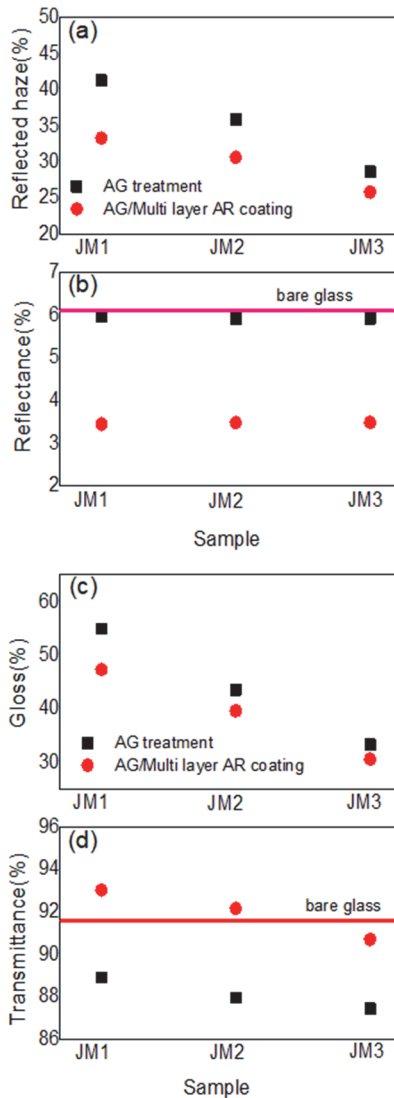


Fig. 7. (a) Reflected haze, (b) reflectance, (c) gloss, and (d) transmittance of the samples obtained by AR multi-coating layer after AG surface etching.

그림 7(c)에 나타난 광택도는 표면조도가 작은 값을 갖는 200 mesh에서 표면의 골과 마루의 깊이가 낮아지기 때문에 표면 평탄화도가 높아 광택도가 증가하는 것으로 나타났다. 눈부심 방지 처리 시료에 SiO₂/TiZrO₂층의 반사방지를 갖는 경우 조도 변화에 따른 경향성은 같게 나타났으나 AR층에 의한 굴절로 인하여 눈부심 방지 처리 시료보다 광택도가 전반적으로 낮게 나타났다. 광 투과도는 550 nm 파장에서 투과도를 기준으로 반사방지 전후의 광 투과도를 비교하여 그림 7(d)에 나타내었다. 눈부심 방지 처리 시료의 경우 표면조도에 따른 광 투과도 변화가 크지

않아 표면조도 의존성이 약하게 나타났다. 반면 SiO₂/TiZrO₂층의 반사방지를 증착한 시료는 표면조도가 작은 경우 광 투과도가 bare 유리기판보다 크게 개선됨을 확인할 수 있다. JM 1 시료는 눈부심 방지 처리 시료의 광 투과도보다 반사방지막 증착 후 굴절률이 변화되어 88.9%에서 93.0%로 4.6% 투과율이 증가하였다. JM 2 시료는 87.9%에서 92.2%로 JM 3 시료는 87.42%에서 90.7%로 반사방지막이 증착된 경우 투과율이 향상되었다.

표면조도가 작은 기판에 SiO₂/TiZrO₂의 반사방지막을 증착함으로써 광 투과도를 증가시킬 수 있다.

4. 결론

디스플레이 커버 글라스의 표면을 화학적 에칭에 의해 눈부심 방지 처리 후 SiO₂/TiZrO₂ 반사방지막의 2단층을 형성하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 젤 상태의 에칭 용액을 사용하여 눈부심 방지 처리만을 하였을 때 표면조도는 에칭 용액을 도포하는 스크린의 패턴 크기가 증가할수록 증가하였고 SiO₂/TiZrO₂의 반사방지막 증착으로 표면조도가 감소하였다.

2) 외부광에 의한 광택도는 눈부심 방지 처리에 의한 표면조도가 작을수록 높게 나타났으나 SiO₂/TiZrO₂ 반사방지막을 증착하여 광택도를 낮출 수 있었다.

3) 광 반사도는 눈부심 방지를 위한 표면조도 변화에 영향을 받지 않았고 bare 기판의 기판과 유사하게 나타났으며 SiO₂/TiZrO₂의 반사방지막 증착으로 크게 줄일 수 있었다.

4) 유리 커버글라스의 눈부심 방지 처리 후 SiO₂/TiZrO₂의 반사방지막 증착으로 광택도를 줄이고 광 투과도를 향상시킴으로써 디스플레이 내부 광에 의한 선명도와 외부광에 의한 광택도를 변화시키고 외부광에 의한 영향을 줄여 명확한 영상정보의 전달이 가능하여 향후 차량용 디스플레이 분야로 확대 적용 가능할 것으로 판단된다.

ORCID

Bup Ju Jeon

<https://orcid.org/0000-0002-8080-2745>

감사의 글

본 연구는 중소벤처기업부에서 지원하는 수출기업 기술개발사업(No.S2469219)의 지원으로 수행되었다.

REFERENCES

- [1] S. S. Kim, J. S. Hwang, and B. J. Jeon, *J. Korean Inst. Electr. Electron. Mater. Eng.*, **28**, 607 (2015).
doi: <https://doi.org/10.4313/JKEM.2015.28.9.607>
- [2] G. H. Kim and B. J. Jeon, *Appl. Sci. Convergence Technol.*, **25**, 133 (2016).
doi: <https://doi.org/10.5757/ASCT.2016.25.6.133>
- [3] S. S. Kim, J. W. Lee, and B. J. Jeon, *J. Korean Inst. Electr. Electron. Mater. Eng.*, **30**, 800 (2017).
doi: <https://doi.org/10.4313/JKEM.2017.30.12.800>
- [4] S. Xu, H. Jia, C. Wang, W. Zhao, Y. Wang, C. Yang, H. Wu, J. Zhu, B. Wang, and Q. Wang, *Coatings*, **10**, 737 (2020).
doi: <https://doi.org/10.3390/coatings10080737>
- [5] S. Y. Lien, D. S. Wu, W. C. Yeh, and J. C. Liu, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, **90**, 2710 (2006).
doi: <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2006.04.001>
- [6] H. R. Mahida, D. Singh, Y. Sonvane, S. K. Gupta, and P. B. Thakor, *Solid State Commun.*, **252**, 22 (2017).
doi: <https://doi.org/10.1016/j.ssc.2017.01.005>
- [7] M. Kanayama, T. Oku, T. Akiyama, Y. Kanamori, S. Seo, J. Takami, Y. Ohnishi, Y. Ohtani, and M. Murozono, *Energy Power Eng.*, **5**, 18 (2013).
doi: <https://doi.org/10.4236/epe.2013.52A003>
- [8] Y. S. Wei, S. H. Xu, L. G. Yuan, B. Wang, S. L. Liu, and G. T. Fei, *Mater. Res. Express*, **7**, 096402 (2020).
doi: <https://doi.org/10.1088/2053-1591/abb499>
- [9] N. F. Wang, T. W. Kuo, Y. Z. Tsai, S. X. Lin, P. K. Hung, C. L. Lin, and M. P. Hwang, *Opt. Express*, **20**, 7445 (2012).
doi: <https://doi.org/10.1364/OE.20.007445>
- [10] C. Hudaya, B. J. Jeon, A. Verdianto, J. K. Lee, and Y. E. Sung, *Appl. Surf. Sci.*, **490**, 278 (2019).
doi: <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2019.06.027>
- [11] J. Li, Y. Lu, P. Lan, X. Zhang, W. Xu, R. Tan, W. Song, and K. L. Choy, *Solar Energy*, **89**, 134 (2013).
doi: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2012.12.011>
- [12] Y. Li, G. Zhao, R. Zhu, and Z. Kou, *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, **322**, 022043 (2018).
doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/322/2/022043>