

디스플레이 커버 글라스의 표면 처리에 의한 광학요소 제어

김성수, 황재석, 전범주^a

신한대학교 에너지환경공학과

Optical Properties Control by Surface Treatment on Display Cover Glass

Sung Soo Kim, Jai Suk Hwang, and Bup Ju Jeon^a

Department of Energy & Environmental Engineering, Shinhan University, Seoul 483-777, Korea

(Received July 9, 2015; Revised August 4, 2015; Accepted August 4, 2015)

Abstract: To provide the clear images from the direct light on electrical board and display devices, anti glare treatment of display cover glass is needed. In this study, the effects of surface treatment temperature, concentration, and etching solution coating thickness of the gel phase on optical elements control such as gloss, haze of reflected light and transmittance, were investigated. Cover glasses were treated at different coating thickness and additive concentration. The optical properties were examined using spectrophotometer, gloss and haze meter. The surface morphology and roughness were measured by the optical microscope and Ra measuring instrument. The etching rate and surface morphologies were dramatically affected by the concentration of acid additive in the viscous gel because of re-crystallization of components in the etching solution, hydrogel formation and coagulant after coating on glass substrate. In our experimental range, cover glass which is surface-treated with various optical properties as well as the morphology uniformity was obtained; in particular, optical properties could be controlled by etching solution coating thickness of the gel phase and the concentration of additive. The gloss was depended on the surface roughness and it showed the linear relationship between optical transmittance and haze of reflected light, respectively.

Keywords: Anti glare glass, Surface treatment, Etching solution, Display cover glass, Gloss, Optical transmittance

1. 서 론

직사조명이나 자연광이 있는 밝은 환경에서는 각종 디스플레이 기기의 표면에서 광 반사에 따른 선명한 화면의 제공이 어렵고, 장시간 사용에 따른 눈의 피로도로 인하여 디스플레이 기기 표면에서 광 반사를 줄

이는 것이 필요하다. 최근 휴대용 디스플레이 장치(portable display device)나 차량용 LCD (liquid-crystal display), 전자칠판 (electrical board), UV 차단(ultra-violet shield) 기능을 갖는 투명 스마트 창호(transparent smart window)와 옥외 광고 디스플레이 시장이 확대되면서 유리의 표면 처리에 대한 관심이 높아지고 있다.

기존에는 주변 환경의 밝기에 따라 광 반사와 왜곡을 줄이고 영상정보를 정확히 전달하기 위하여 디스플레이 기기 표면에 물리·화학적으로 처리한 반사방지 (anti reflection) 기능과 3H(hardness) 이상의 표면 경도를 갖는 고분자 보호필름을 부착하여 사용되어 왔

a. Corresponding author; bjjeon@shinhan.ac.kr

다. 또한 사용자의 편의에 따라 디스플레이 화면에 직접 터치기능이 부여된 모바일 기기나 스마트 기기가 사용되면서 지문방지와 정전기 방지 등 다양한 기능을 갖는 기능성 필름이 사용되고 있다 [1-5]. 그러나 기능성필름은 장시간의 사용과 잦은 터치기능에 따른 표면 손상으로 인한 스크래치(scratch)와 광에 의한 에이징(aging)으로 표면에 잔상이 남고 이로 인한 광 산란 때문에 영상의 선명도가 낮아지는 문제점이 발생하고 있다. 이에 따라 터치기능을 갖는 스마트기기에 반사방지 처리된 고분자필름을 사용하는 대신 직접 커버 글라스(cover glass)의 표면을 처리하여 반사방지와 눈부심 방지(anti-glare)기능을 갖는 유리로 대체하고 있다 [6-10]. 또한 투명 스마트 창호와 전자칠판과 같이 주변의 조명환경 변화에 따라 낮은 광 반사도를 갖고 고내구성과 광량을 제어하는 복합기능성 스마트 유리의 개발이 진행되고 있다.

눈부심 방지 기능을 갖는 유리의 표면 처리방법은 졸-겔(sol-gel)법에 의해 유리와 굴절률이 서로 다른 나노물질을 유리표면에 코팅하는 방법과 에칭(etching) 용액을 이용하여 유리표면을 직접 부식하는 방법, 진공 조건에서 화학 증착(chemical vapor deposition, CVD)하는 방법이 적용되고 있다 [11-14]. 유리표면에 눈부심 방지처리를 위해서는 빛의 굴절률이 서로 다른 매질 사이에 굴절률을 변화시켜 계면에서 반사되지 않고 투과율을 높이는 방법이 사용되고 있다. 일반적으로 난반사 처리를 위해서 유리보다 굴절률이 낮은 물질을 코팅하고 굴절률에 따라 저굴절 재료와 중굴절 재료 고굴절 재료로 나누어지며 SiO_2 , MgF_2 , ZrO_2 , Ta_2O_5 , TiO_2 를 단일막 또는 다층막(multi-layer)의 구조로 스프레이 코팅(spray coating)이나 물리증착(physical vapor deposition, PVD) 또는 화학증착법에 의해 박막을 형성하는 방법이 사용되고 있다 [15,16]. 그러나 최근에는 고분자필름을 접착하는 방법보다는 터치기능의 확대를 직접 커버 글라스의 표면을 처리하여 광 반사를 줄이기 위한 연구가 진행되고 있다 [17]. 이들의 응용을 위해서는 80% 이상의 광 투과도(optical transmittance)와 광 반사를 줄이고 결함(defect)에 의한 무아래(moire) 현상과 스파클(sparkle)이 없는 균일한 표면 제어가 중요하다. 또한 표면 처리에 따른 표면형상(surface morphology)과 표면조도(surface roughness)인 물리적 요소의 제어와 광학적 특성인 광택도(gloss), 헤이즈(haze)의 제어가 중요하다.

따라서 본 연구에서는 커버 글라스의 표면을 직접 처리하기 위해 처리공정이 간단하고, 화학물질에 의한

오염을 줄일 뿐만 아니라 공정비용이 저렴한 겔(gel) 상태의 부식액을 사용하여 부식된 부산물을 응집시켜 제거하는 부식액 코팅 방법을 사용하였다. 광학요소인 커버 글라스의 광택도와 광 투과도, 반사광 헤이즈의 제어를 위해 표면 처리 온도와 겔 상태 부식액의 코팅 두께와 산 첨가제에 따른 변화를 확인하고 표면형상이 광 특성에 미치는 영향을 비교하였다.

2. 실험 방법

2.1 표면 에칭

유리의 표면부식에 따른 광 특성을 확인하기 위하여 기판유리로 두께가 3 mm인 저철분 유리를 사용하였다. 표면 처리를 위해 사용된 bare glass의 물리 및 광학적 특성은 평균 가시광 광투과도가 91%이고, 헤이즈(haze)가 0, 60°에서 광택도 99%, 표면조도는 0.001 μm 였다. 표면을 에칭하기 전에 유리표면에 유기물과 무기물로 존재하는 불순물을 제거하기 위해 에탄올과 아세톤을 각각 50 vol% 혼합한 용액과 20 wt%의 황산용액으로 표면을 처리한 후 증류수로 세척하여 건조하였다. 건조된 유리기판은 코팅액의 두께가 10 μm 까지 조절이 가능한 닥터 블레이드(doctor blade)를 사용하여 점성을 갖는 불화암모늄계 부식액의 두께를 조절하여 부식 정도를 확인하였다. 부식액을 일정 두께로 유리표면에 코팅한 후 10~300 sec 동안 표면반응시간을 조절하여 표면 처리를 진행하였다. 일정 반응시간 경과 후 물로 세척하고 건조단계를 거쳐 시료를 제작하였다.

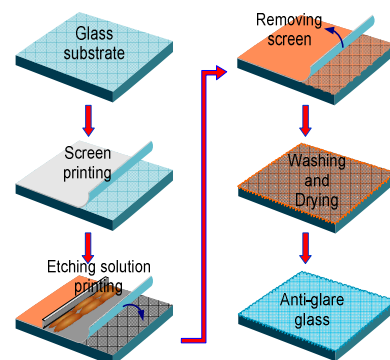
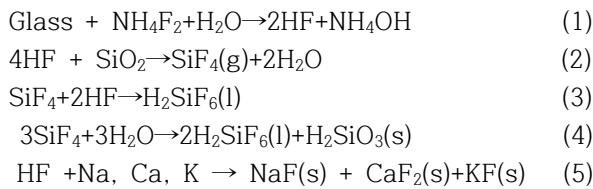


Fig. 1. Schematics diagram for surface etching of the anti-glare glass by screen printing.

그림 1은 저철분 유리를 사용하여 anti glare(AG) glass 제작을 위한 표면 처리 단계를 나타내었다. 겔 상태의 부식액은 유리의 주요 성분인 이산화규소(SiO₂)를 부식시키는 불화암모늄과 부식반응으로 생성된 입자들을 응집하기 위한 응집제인 염화제이철(FeCl₃·6H₂O), 그리고 증점제의 일정량을 첨가하여 일정한 점성을 유지하며 낮은 유동성으로 부식표면에서 일정형태를 유지하도록 하였다. 산 첨가제의 영향을 확인하기 위하여 여기에 25°C의 등온조건에서 저속교반하며 첨가제로 황산과 염산, 질산을 각각 5~15 wt% 첨가 후 4시간 동안 500 rpm으로 균일하게 교반하여 제조하였다. 이와 같이 제조된 부식액을 이용한 유리표면에서 표면반응은 다음과 같이 여러 단계의 액상과 고상의 불균일반응(heterogeneous reaction)으로 진행된다.



먼저 반응단계 (1)의 과정에서 불화암모늄은 물에 용해되어 암모니아수와 불화수소가 생성되고 반응 (2)의 단계에서 불화수소가 산화규소와 1차 반응으로 불화규소가 생성된다. 반응 (3)단계에서는 낮은 온도에서 불화규소가 불화수소와 반응하여 용액상태에서 규불화수소산인 결합산으로 전환된다. 또한 반응 (4)단계에서 불화규소는 물과 반응하여 하이드로겔의 고체상과 규불화수소산이 생성되며 고상의 하이드로겔은 부식액 내 응집제에 의해 부식표면에서 응집되어 유리기판과 분리된다. 유리 속에 포함되어 있는 나트륨과 칼륨, 칼슘은 반응 (5)단계에 의해 불화수소와 반응으로 NaF(s), CaF₂(s), KF(s)로 용출되고 세척공정에서 부식액을 구성하는 음이온 계면활성제에 의해 부식 표면으로부터 쉽게 분리되도록 하였다.

2.2 분석 방법

제조된 부식액의 조성 분석은 ICP/QMS(Perkin Elmer, NexION 300D)와 AAS(Thermo Scientific, ICE 3500 AA system)를 이용하여 확인하였으며 표면 처리된 표면형상을 분석하기 위해 광학현미경을 이용하여 확인하였다. 대면적으로 처리된 유리표면의 처리 전·후 가시광투과도 측정을 위해 Spectrophotometer(Varian

5000 UV- Vis-NIR)를 사용하여 550 nm 파장에서 투과도로 나타내었다.

표면 광택도는 Rhopoint Gloss meter(iQ 3 Angle)인 portable장비를 이용하여 60°에서 광택도와 반사광 헤이즈(reflection haze)를 측정하였으며 표면 처리 전·후 표면 상태를 확인하기 위해 조도 측정기(Mitutoyo SJ 210/SJ)를 이용하여 표면 거칠기를 JIS1994 규격으로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

디스플레이 기기나 전자철판에 나타나는 정보를 명확하게 보기 위해서는 표면 처리된 cover glass표면에서 광반사를 줄이고 결함에 의한 무아래 현상과 스파클이 없는 균일한 표면 처리가 필요하다. 유리표면에 일정한 굴곡의 패턴을 갖는 표면 처리를 통해 광의 균일한 분산과 골이 깊지 않는 표면 처리로 이물질의 제거가 용이하도록 표면 특성을 제어해야 하므로 부식액의 에칭 속도에 영향을 주는 농도, 표면 반응시간, 부식액의 코팅 두께, 그리고 생성물의 탈착을 위한 응집제의 조절이 중요하다. 양질의 표면 처리를 위해서는 다양한 변수들이 작용할 수 있으나 이중 유리 표면에 균일한 부식액의 코팅과 부식 과정에 유리표면 생성되는 잔상을 제거하기 위해 부식액 내 산 첨가제의 영향이 중요하므로 이에 따른 영향을 확인하였다.

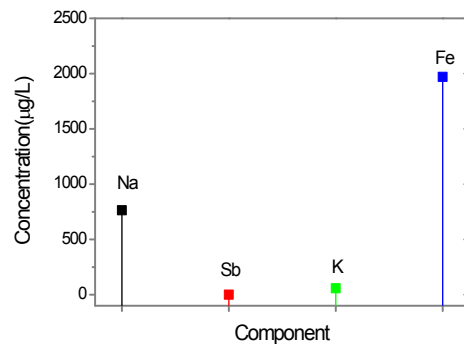


Fig. 2. Major components in the etching solution for surface etching of the anti-glare glass by ICP-QMS and AAS.

먼저 부식액 내에 응집제와 계면활성제를 구성하는 무기물과 금속원소의 조성 분석을 위해 ICP/QMS와 AAS를 이용하여 확인한 결과를 그림 2에 나타내었다.

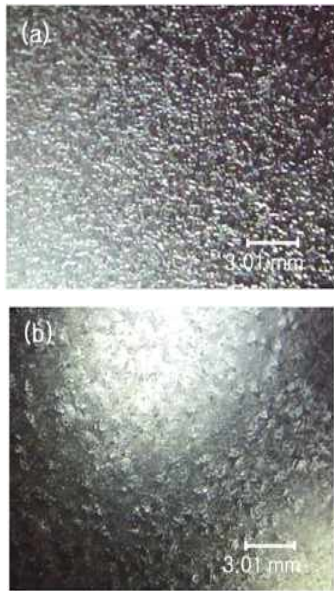


Fig. 3. Optical microscope images of etched surface at (a) coating thickness of 40 μm and (b) additive H_2SO_4 15 wt% at 20°C.

부식액을 구성하고 있는 무기물과 금속원소의 주요 성분은 Fe, Na, K, Sb로 각각 1.97×10^3 , 764, 58.1, 0.04 ppm으로 확인되었다.

불화암모늄과 응집제로 제조된 산이 첨가되지 않은 부식액을 이용하여 온도가 20°C 조건에서 유리표면에서 일어나는 표면반응에 의해 처리된 표면형상과 동일한 부식액에 첨가제로 황산 15 wt%가 함유된 부식액을 사용하여 처리된 표면형상을 그림 3에 나타내었다. 그림 3(a)는 부식액의 코팅 두께가 40 μm 이고, 표면반응 온도가 20°C인 조건에서 에칭된 표면 형상을 나타내었다. 첨가제인 황산이 첨가되지 않은 불화암모늄계 부식액에 의해 처리된 표면은 전체적으로 일정한 패턴을 갖는 형상을 나타내고 있다. 그러나 그림 3(b)에 나타낸 첨가제로 황산이 15 wt% 첨가된 부식액에 의해 처리된 표면 형상은 그림 3(a)와 달리 부분적으로 평균 크기가 280 μm 인 grain들을 나타내고 있다. 이는 유리 속에 함유되어 있는 Na와 K 주변에 미세하게 형성된 grain이 황산에 의해 에칭되고, 일부 반응성이 낮은 Na와 K를 중심으로 주변에서 부식속도가 느려 평균 크기가 280 μm 인 grain들이 형성된 것으로 판단된다.

그림 4는 부식된 표면의 조도를 확인하기 위하여 표면측정기에 의해 측정된 표면조도 값을 나타내었다. 표면조도가 0.001 μm 인 bare 유리를 사용하여 부식액의

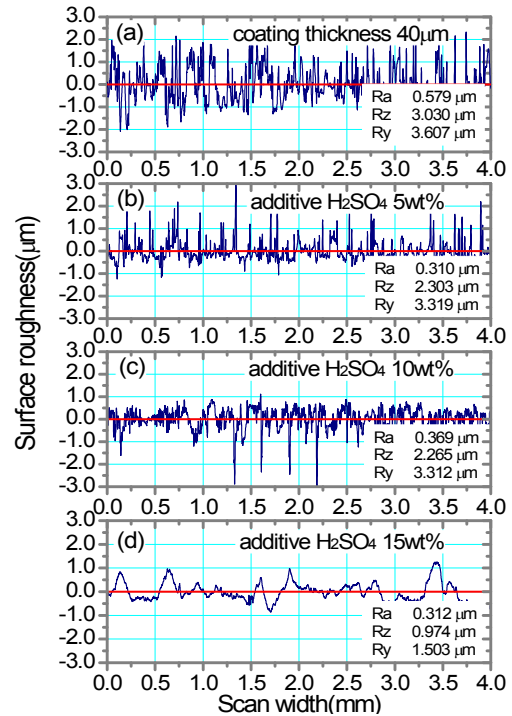


Fig. 4. Surface roughness analysis of the anti glare glass obtained by (a) 40 μm etching solution coating of gel phase at 20°C, (b) additive H_2SO_4 5 wt%, (c) 10 wt%, and (d) 15 wt%.

코팅 두께가 동일한 조건에서 황산첨가제의 농도변화에 따른 영향을 확인하였다. 황산이 첨가되지 않은 그림 4(a)는 부식된 유리표면에서 골과 마루의 깊이(Ra)가 일정한 높이로 부식되고 평균 표면조도인 골과 마루의 깊이 값이 0.579 μm 를 나타내었다. 그림 4(b)는 5 wt% 황산이 첨가된 부식액으로 부식된 표면조도 분석으로 표면조도 값이 0.310 μm 로 감소하여 나타났다. 황산이 첨가된 경우 황산이 첨가되지 않은 그림 4(a)의 표면형상과 달리 황산에 의해 생성된 미세 grain이 부식되어 일부분이 평탄화 되었기 때문이다. 그림 4(c)는 첨가제인 황산의 농도가 10 wt%인 조건에서 부식된 표면 조도값으로 그림 4(b)의 결과와 유사한 값을 나타내고 있다. 그림 4(d)는 (c)보다 황산농도가 높은 15 wt% 조건에 부식된 표면조도를 나타내었다. 표면 조도 값은 0.312 μm 로 (b)와 (c)의 표면조도와 유사하게 나타났으나 골과 마루에 수직선상의 간격인 Ry와 Rz의 값이 크게 감소했음을 확인할 수 있다. 이는 1차 부식으로 형성된 조도가 황산에 의해 2차 부식되면서 작은 grain들이 에칭되어 평탄화 되었기 때문이다.

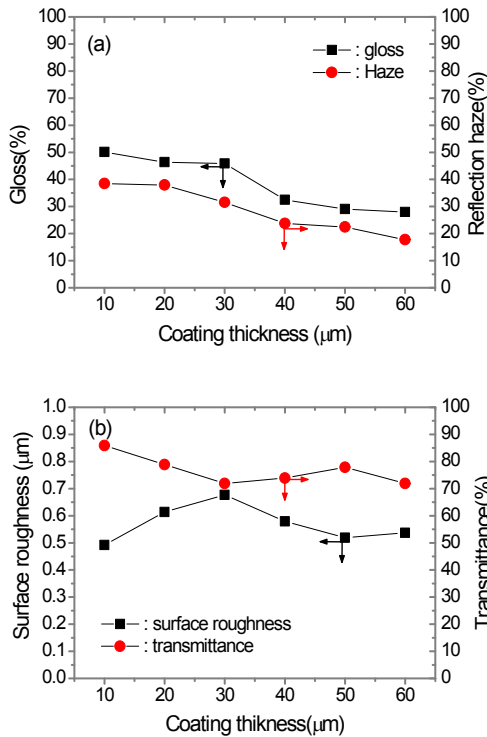


Fig. 5. Comparisons of (a) the gloss & reflection haze and (b) surface roughness & optical transmittance of surface etching glass as function of coating solution thickness.

따라서 황산농도가 증가하면서 미세하게 형성된 grain의 부식되어 평균 280 μm 정도의 큰 grain이 형성되었음을 알 수 있으며 이는 그림 3(b)에 나타난 이미지 결과와 잘 일치됨을 알 수 있다.

그림 5는 겔 상태 부식액의 코팅 두께에 따른 표면 조도 변화와 광 특성인 광택도, 반사광에 의한 헤이즈와 광 투과도를 나타내었다. 그림 5(a)는 광택도와 반사광 헤이즈를 나타낸 결과로 부식액의 두께가 증가할수록 부식정도는 증가하여 광택도가 일정하게 감소함을 확인할 수 있고 반사광에 의한 반사광 헤이즈 또한 반사광의 감소로 헤이즈가 감소함을 알 수 있다. 그림 5(b)는 표면조도와 투과도의 변화로 부식액의 코팅 두께가 10~30 μm 영역에서는 두께가 증가할수록 표면조도가 증가하는 경향을 나타내지만 30 μm 이상의 조건에서는 표면조도가 감소하는 경향을 나타내고 있다. 이는 부식액의 코팅 두께가 30 μm의 두께까지는 응집된 하이드로겔의 고체상과 부식된 유리계면으로 부식액이 확산되어 부식이 진행되었으나 30 μm 이상의

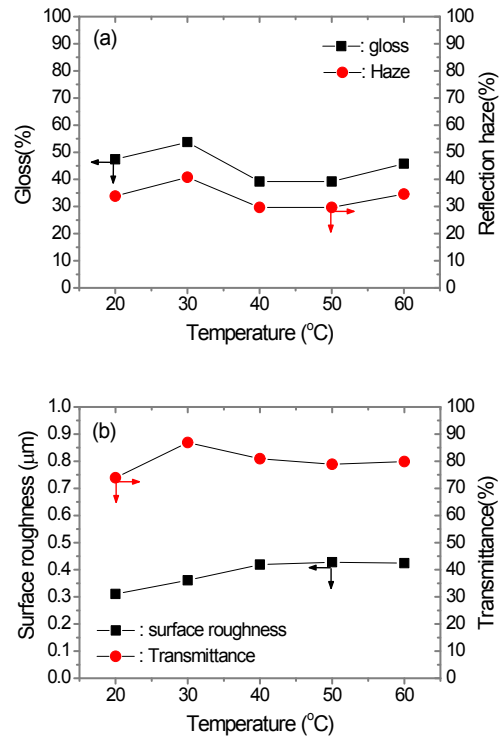


Fig. 6. Comparisons of (a) the gloss & reflection haze and (b) surface roughness & optical transmittance of surface etching glass as function of process temperature.

조건에서는 과량의 부식액에 의해 형성된 grain의 상층이 부식되면서 표면조도가 감소하는 경향을 보이고 있다. 광 투과도는 30 μm의 두께까지는 조도의 증가로 광투과도가 감소하였으며 코팅 두께가 30 μm의 조건에서는 광 투과도가 일정하였다. 따라서 부식액의 코팅 두께는 유리표면의 부식과 이미 형성된 표면을 다시 부식하여 평탄화 하는데 영향을 주기 때문에 적정 코팅 두께가 필요함을 확인할 수 있다.

그림 6은 표면 부식반응 온도가 표면 에칭과 광 특성에 미치는 영향을 확인하기 위해 20~60°C까지 10°C 간격으로 반응온도를 증가시켜 에칭된 표면에 광학적 물성을 확인하였다. 일반적으로 부식반응은 반응온도가 증가할수록 표면이 활성화되어 부식반응이 빠르게 진행되기 때문에 표면조도의 변화가 클 수 있다. 그러나 본 실험범위에서는 온도에 따른 표면조도가 반응온도 40°C까지는 반응 속도의 증가로 표면조도의 증가하였으나 40°C 이후의 온도에서는 부식의 진행 정도가 빨라 일정한 조도를 나타내고 광 특성에 큰 영향을 미치

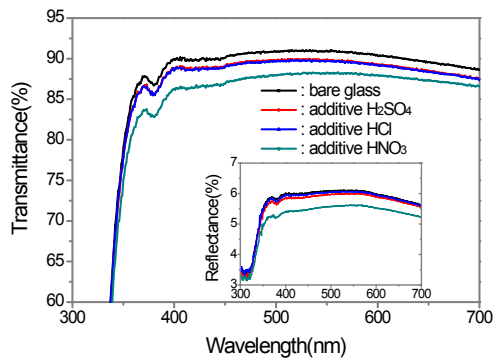


Fig. 7. Optical transmission and reflection of surface etching glass with additive.

지 않음을 확인할 수 있다. 따라서 불화암모늄계 부식액을 이용한 표면 에칭은 40°C 범위에서 충분히 진행될 수 있음을 확인할 수 있다.

그림 7은 농도가 15 wt%인 황산, 염산과 질산 첨가제에 따라 표면 처리된 시료를 파장범위 300 nm~700 nm에서 1 nm 간격으로 측정된 광 투과도와 반사도를 나타내었다. 가시광영역인 300 nm~700 nm범위에서 광투과도와 반사도는 유사한 경향을 나타내고 있으며 광 투과도는 황산, 염산 질산 첨가제 순으로 높게 나타났다. 이는 표면조도에서 나타난 바와 같이 황산농도가 높은 15 wt% 조건에 부식된 경우 표면조도는 염산과 질산 첨가제의 처리와 유사하나 표면에 미세하게 형성된 grain이 황산첨가제에 의한 부식으로 Ry와 Rz의 값이 크게 줄어들고, 광투과도가 가장 높게 나타났다. 광 반사도는 부식액 내 산 첨가제의 종류에 따라 미세한 차이를 보이고 있으며 염산처리 경우 가장 높았고 황산, 질산처리 순으로 나타났다.

첨가제가 유리 표면부식에 미치는 영향을 확인하기 위하여 코팅 두께는 40 μm 로 하고 표면반응 온도는 20°C로 일정하게 유지한 조건에서 황산과 염산, 질산을 사용하여 각각 농도를 5~15 wt%로 변화시켰다. 첨가제로서 산의 첨가는 유리 중에 함유되어 있는 Na, K, Ca와 같은 양이온들과 반응을 통해 부식 속도를 증가시키고, 표면 반응이 진행되는 계면에서 미반응물을 탈리시켜 깨끗한 형상을 갖도록 표면을 부식시키는 역할을 한다. 특히 부식반응으로 생성된 K와 Ca는 불용성염을 형성하여 유리표면에 침적되어 표면형상에 영향을 준다 [15].

그림 8은 산 첨가제로 황산과 염산, 질산을 사용하여 농도 변화에 따라 표면 처리에 미치는 영향과 광 특성을 비교하였다.

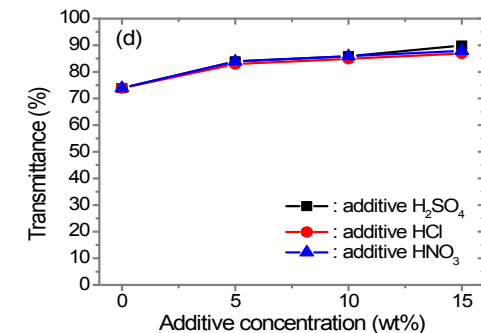
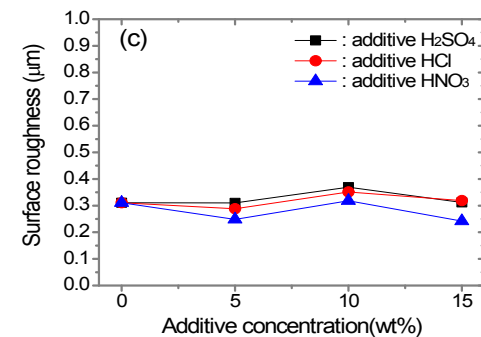
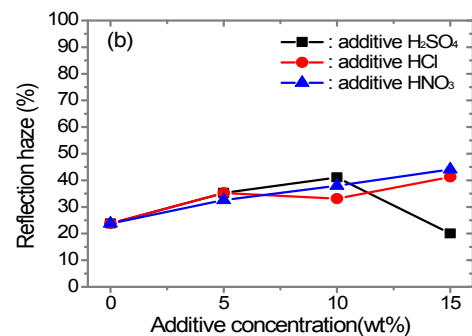
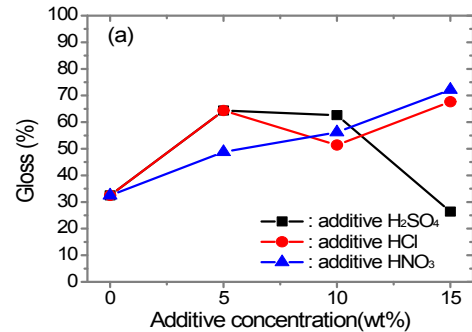


Fig. 8. Comparisons of the (a) gloss, (b) reflection haze, (c) surface roughness, and (d) optical transmission of surface etching glass as function of additive concentration.

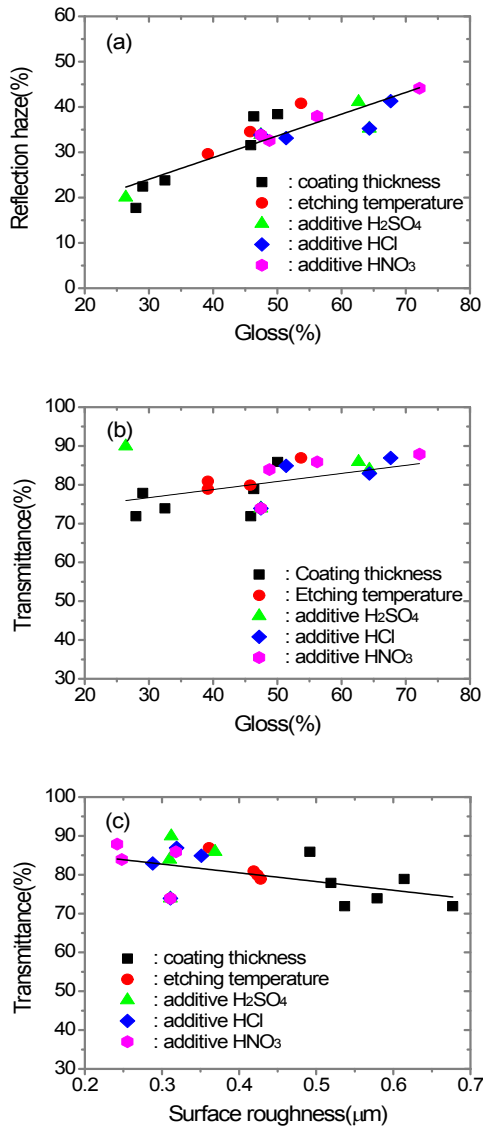


Fig. 9. Relationship between optical properties and physical property of (a) reflection haze and gloss, (b) optical transmittance and gloss, and (c) optical transmission and surface roughness.

그림 8(a)는 산 첨가제의 농도에 따른 광택도를 나타내었으며 첨가제의 농도가 증가할수록 광택도는 증가하는 것으로 나타났다. 이는 표면에 침적된 미세한 grain이 에칭되어 깨끗한 형상을 제공하기 때문으로 판단되며 이에 따른 반사광에 의한 헤이즈도 미세하게 증가하였다. 그러나 황산의 경우 15 wt%의 조건에서

광택도와 헤이즈가 감소하는 것으로 나타났다. 이는 질산과 염산보다 많은 수소이온에 의해 그림 3과 그림 4에서 비교된 바와 같이 주변에 생성된 미세 grain을 부식시켰기 때문이며 그림 4에서 언급된 바와 같이 황산 15%인 경우 Ry와 Rz의 값이 크게 줄어 광택도와 반사광 헤이즈에 영향을 주었기 때문이다. 광 투과도는 산 농도가 증가함에 따라 증가하였으며 황산의 경우 미세 grain의 부식으로 평탄화되어 질산과 염산보다 약간 높게 나타났다.

표면 처리된 유리기판의 광학적 특성과 물리적 특성인 조도와의 상관관계를 확인하기 위하여 본 실험과정에서 측정된 광택도와 반사광 헤이즈, 광 투과도와 광택도, 광 투과도와 표면조도의 관계를 그림 9에 나타내었다. 그림 9(a)는 반사광 헤이즈와 광택도와의 관계로 광택도 증가에 따라 반사광 헤이즈가 증가하는 것으로 나타났다. 이는 광이 투과되는 매질이 바뀌는 계면에서 반사광에 의해 표면 처리된 유리표면에서 반사되는 광량이 증가할수록 상대적으로 반사광 헤이즈도 증가했기 때문이다. 그림 9(b)는 광 투과도와 광택도의 관계로 광택도가 증가할수록 광 투과도가 증가하였다. 일반적으로 광 반사도가 증가하면 광 투과도는 감소하나 광택도는 반사광에 의존성보다 표면 상태에 민감한 반사광의 헤이즈와 연관성이 높기 때문에 광택도가 증가해도 광 투과도가 증가하는 것으로 나타났다. 그림 9(c)는 광 투과도와 표면조도와 관계를 나타내었다. 표면조도가 증가함에 따라 광 투과도는 감소하는 경향을 나타내었으며 표면조도가 증가할수록 투과되는 광보다 반사와 산란에 의해 투과광량이 감소하기 때문이며 이들 관계는 일차함수관계로 나타남을 확인할 수 있다.

따라서 화면에서 제공되는 선명한 정보를 얻기 위해서는 전면에서 입사되는 광을 측면으로 산란시키거나 투과시켜 표면에서 반사되는 반사광을 줄이는 특성을 갖는 표면 처리로 해결될 수 있었다.

4. 결론

불화암모늄계 젤 상태의 부식액을 이용한 커버 글라스의 표면 처리에 따른 광학적·물리적 표면 특성을 확인한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 젤 상태인 부식액의 도포 두께에 따라 유리표면의 부식정도가 증가하였으며 이에 따라 광학적 요소인 광택도와 반사광 헤이즈, 광 투과도가 감소하였다.
- 2) 유리표면 부식에 대한 온도 의존성은 20~60°C의

범위에서 낮게 나타났으며 산계열 첨가제의 농도에 따라 광택도와 반사광 헤이즈가 높게 나타났다.

3) 표면 광택도는 표면조도에 크게 의존하여 나타났으며 광 투과도와 반사 헤이즈에 대하여 일차 선형관계가 있음을 확인하였다.

4) 디스플레이 기기와 전자칠판용 커버 글라스는 반사광에서도 선명한 영상 전달을 위해 광 투과도를 증가시키고 측면으로 광을 산란시키는 반사 헤이즈에 관하여 보다 정밀한 표면 제어가 필요하므로 후처리 공정을 위한 연구가 진행될 예정이다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2015년도 산학연협력 기술개발사업 (No. C0209192)의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- [1] K. Nakata, M. Sakai, T. Ochiai, T. Murakami, K. Takagi, and A. Fujishima, *Langmuir*, **27**, 3275 (2011). [DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/la200438p>]
- [2] H. R. Lee, D. J. Kim, and K. H. Lee, *Surf. Coat. Technol.*, **142**, 468 (2001). [DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0257-8972\(01\)01137-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0257-8972(01)01137-9)]
- [3] B. G. Kum, Y. C. Park, Y. J. Chang, J. Y. Jeon, and H. M. Jang, *Thin Solid Films*, **519**, 3778 (2011). [DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tsf.2010.12.163>]
- [4] N. Yamaguchi, K. Tadanaga, A. Matsuda, T. Minami, and M. T atsumisago, *Surf. Coat. Technol.*, **201**, 3653 (2006). [DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.surfcoat.2006.08.122>]
- [5] D. S. Hecht, D. Thomas, L. Hu, C. Ladous, T. Lam, Y. B. Park, G. Irvin, and P. Drzaic, *J. Soc. Information Display*, **17**, 941(2009). [DOI: <http://dx.doi.org/10.1889/JSID17.11.941>]
- [6] J. Moghal, J. Kobler, J. Sauer, J. Best, M. Gardener, A. R. Watt, and G. Wakefield, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **4**, 854 (2012). [DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/am201494m>]
- [7] X. T. Zhang, O. Sato, M. Taguchi, Y. Einaga, T. Murakami, and A. Fujishima, *Chem. Mater.*, **17**, 696 (2005). [DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/cm0484201>]
- [8] D. Y. Lee, M. F. Rubner, and R. E. Cohen, *Nano Lett.*, **6**, 2305 (2006). [DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/nl061776m>]
- [9] J. Choder, R. H. Pote, P. F. Becker, and R. J. Gewalt, *Anti-glare Screen with Electromagnetic Interference Rejection*, *US Patent 4,246,613* (1981).
- [10] G. Wu, J. Wang, J. Shen, T. Yang, Q. Zhang, B. Zhou, Z. Deng, F. Bin, D. Zhou, and F. Zhang, *J. Non-Crystalline Solids*, **275**, 169 (2000). [DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-3093\(00\)00257-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-3093(00)00257-X)]
- [11] T. Morimoto, Y. Sanada, and H. Tomonaga, *Thin Solid Films*, **392**, 214 (2001). [DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0040-6090\(01\)01030-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0040-6090(01)01030-6)]
- [12] C. Goebbert, H. Bisht, N. Al-Dahoudi, R. Noninger, M. A. Aegerter, and H.Schmidt, *J. Sol-Gel Sci. Technol.*, **19**, 201 (2000). [DOI: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1008728103512>]
- [13] B. T. Liu, Y. T. Teng, R. H. Lee, W. C. Liaw, and C. H. Hsieh, *Colloids and Surfaces A*, **389**, 138 (2011). [DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.colsurfa.2011.08.039>]
- [14] B. Louis, N. Krins, M. Faustini, and D. Grosso, *J. Phys. Chem. C*, **115**, 3115 (2011). [DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/jp109653p>]
- [15] Y. H. Kim, *Preparation of Mobile Anti-Glare Glass*, (Ministry of Education, Science and Technology, 2012) p. 10.
- [16] R. Y. Tsai, *Appl. Phys. Lett.*, **65**, 37 (1994). [DOI: <http://dx.doi.org/10.1063/1.113065>]
- [17] P. R. Nemeth, T. J. Barnidge, S. S. Dudley, and G. N. Prior, *Rigid Antiglare Low Reflection Glass for Touch Screen Application*, *US Patent 7889284 B1* (2011).