

<研究論文(學術)>

산소 저온 플라즈마 처리에 의한 PVA 편광필름의 기능성 개선

박영미* · 황종호** · ¹구 강

*영남대학교 공업기술연구소

**계명문화대학

영남대학교 섬유패션학부

(2004. 5. 10. 접수/2004. 6. 16. 채택)

Functional Improvement of Poly(Vinyl Alcohol) Polarized Film by O₂ Low Temperature Plasma Treatment

Young Mi Park*, Jong Ho Hwang**, and ¹Kang Koo

*Institute of Industrial Technology, Yeungnam Univ., Kyeongsan, Korea

**Keimyung College, Daegu, Korea

School of Textiles and Fashion, Yeungnam Univ., Kyeongsan, Korea

(Received May 10, 2004/Accepted June 16, 2004)

Abstract—In this research, we accomplished in order to improving color fastness of sublimation for Poly(vinyl alcohol) (PVA)-iodine polarized film. The poor iodine sublimation problem has greatly improved by O₂ low temperature plasma treatment.

We obtained the followings: (1) plasma treatment has contributed in adhesive ability via peel strength, AFM image and roughness were investigated, But the improvement in adhesive strength was not linearly proportional to the treatment time. (2) O₂ plasma treated PVA-iodine polarized film was good enough as to maintain the transmittance and polarization even after iodine conc. of 0.05mol/L and dipping time of 50sec. (3) O₂ low temperature plasma treated PVA-iodine polarized film has obtain high durability because of good adhesive strength.

Keywords : Poly(vinyl alcohol), sublimation, adhesive strength, durability

1. 서 론

환경문제가 범세계적으로 대두되고 있는 현시점에서 건식처리 기법인 저온 plasma의 응용이 첨단가공기술로서 뿐만 아니라, 무공해가공기술, 고분자재료의 고기능화 기술로서 연구가 지속되고 있다.

섬유공업에 있어서 저온 plasma 처리 기술의 응용은 발호정련 등의 전처리, 감량처리, 방축처리,

친수흡습처리, 접착성향상처리, 대전방지, 방오처리, 발수처리 및 농색성의 향상 등에 광범위하게 활용될 수 있는 것으로 알려져 있다¹⁻³⁾.

Plasma란 기체에 전압을 걸면 극히 소량 존재하는 전자가 전기적 에너지를 흡수하여 운동에너지를 갖게되어 가속되고, 다른 분자나 원자에 충돌해서 해리나 이온화가 일어난다. 그리고 생성된 입자도 전장에 의해서 동일한 반응을 일으켜 가속됨으로써 이온화가 일어난다. 이러한 반응이 반복되어 전자구름을 만들고 결국 안정한 plasma를 이루게 된다.

¹Corresponding author. Tel. : +82-53-810-2785 ; Fax. : +82-53-810-4686 ; e-mail : kkoo@yumail.ac.kr

저온 plasma는 glow 방전이나 corona 방전으로 쉽게 만들 수 있다. 그 가운데서도 고주파 glow 방전은 균일한 plasma를 생성시킬 수 있기 때문에 가장 많이 사용되고 있다. 또한 etching에 의해 고분자 표면의 청정화 또는 거칠기의 변화가 일어나며⁴⁾, 저온 plasma process에 있어서 고분자 물질의 무게 감소는 plasma etching 작용의 원리를 따른다⁵⁾.

한편, 1990년대에 들어 10인치 TFT LCD의 양산화가 실현되면서 노트북 PC의 대표적인 디스플레이로 자리잡고, CRT를 대체하는 디스플레이 중 하나로 각광받고 있는 LCD는, 2개의 얇은 유리판 사이에 고체와 액체의 중간물질인 액정을 주입해 상하 유리판 위 전극의 전압차로 액정분자의 배열을 변화시킴으로써, 명암을 발생시켜 숫자나 영상을 표시하는 일종의 광 스위치 현상을 이용한 소자로서 액정 표시소자와 관련된 부품 및 소재의 중요성이 더욱 강조되고 있다. 또한 LCD의 가장 중요한 개선점으로 주목되는 저소비 전력화, 광시야각화, 대형화, 그리고 내구성 향상을 위해서는 고품질 편광필름의 개발이 수반되어야 할 것으로 생각된다⁶⁾.

편광필름은 빛 중에서 편광축과 동일한 방향으로 진동하는 빛만 투과시키고 나머지 방향으로 진동하는 빛은 적당한 매질을 이용하여 흡수 또는 반사하여 특정한 한 방향으로 진동하는 빛을 만드는 역할을 한다. 액정 cell의 양면에 편광필름의 편광축이 서로 직교 또는 평행하도록 부착되기 때문에 액정 cell을 통과하는 동안 편광축의 회전정도에 따라 투과광의 세기가 조절되어 black과 white 사이의 gray 표면이 가능하게 된다. 편광필름의 구조를 Fig. 1에 나타내었다. 편광필름은 일반적으로 PVA 또는 polyene구조를 갖는 고분자의 필름을 요오드로 염착하여 연신한 후 편광성을 부여시켜 사용되어 왔다^{7,8)}. 이 중 PVA는 광학적 성질이 우수하여 필름을 형성하였을 때, 투명성이 우수하고 연신했을 때 불균질률이 높아 각종 광학용 고분자 필름으로서 각광받고 있다. 이 편광필름은 PVA와 요오드가 PVA 필름내의 결정영역과 비결정영역에서 PVA-올리고 요오드 이온의 착체를 형성하였을 때^{9,10)} 연신 방향으로 배향된 올리고 요오드 이온이 편광효과를 나타낸다. PVA-요오드 편광필름은 우수한 투과도와 편광특성을 가짐에도 불구하고, 요오드 자체의 높은 승화성때문에 높은 온도와 습도에서 장시간 방치하는 경우, 편광특성은 물론 편광필름 자체의 내구성이 현저히 떨어지는 문제점을 가지는 것으로 알려져 있다.

따라서 본 연구에서는 PVA-요오드 편광필름의 내구성을 증진시키기 위해 PVA 필름에 산소 저온 plasma처리를 함으로써 필름의 내구성 개선에 어떠한 영향을 미치는지에 대해 알아보았다.

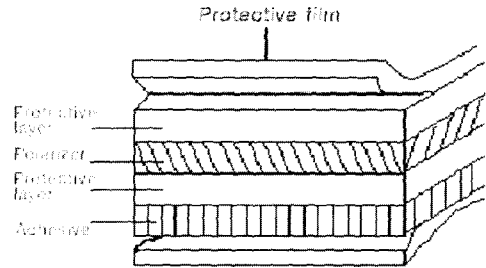


Fig. 1. Structure of the polarizing film.

2. 실험

2.1 시료 및 시약

PVA 필름과 CTA 필름은 시판하는 것으로 중합도는 1,700이며, 비누화도는 99.9%의 atactic 시료로서 두께는 80 μ m이다. plasma처리에 사용된 산소 가스는 순도 99.99%의 공업용 가스를 정제 없이 그대로 사용하였다. 요오드는 DUKSAN PURE Chemical Co., Ltd. 요오드칼륨과 봉산은 DC Chemical Co., Ltd. 제품을 사용하였다.

2.2 plasma 장치

Plasma장치는 13.56MHz의 RF-generator(Max. Power ; 650W)가 장착된 glow-discharge etching system을 사용하였고, Fig. 2에 실험장치의 개요를 나타내었으며 그 재원은 다음과 같다.

- Reactor capacity : 0.3m³ (130 liter)
- Electrode mode : 내부전극형
- Reactor type : Cylindrical chamber
- Electrode size : 175mm × 550mm × 3mm
- Vacuum pump : 200 liter/min.

2.3 실험 방법

2.3.1 PVA 필름의 plasma 처리

Plasma처리를 하기 위해서 PVA 필름을 40 $^{\circ}$ C, 12시간 동안 진공건조 후 silica gel이 들어있는 진공감압 desiccator에서 24시간 이상 항량화시켰다.

Plasma처리는 진공도 0.5torr, 처리시간 1, 3, 5, 7, 9, 11min, 방전 출력 100W, 150w에서 실시하였다.

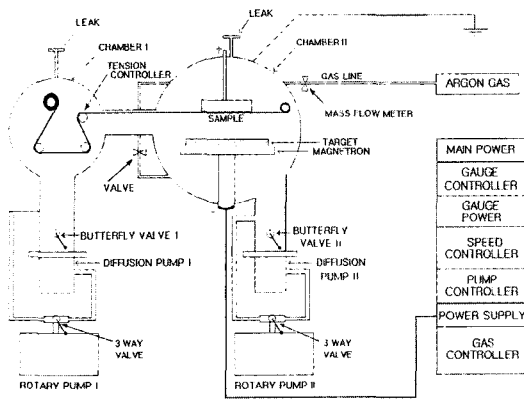


Fig. 2. Schematic diagram of the glow discharge etching system.

2.3.2 박리강도 측정

Plasma처리 조건에 따른 PVA 필름의 접착성 정도를 알아보기 위해 PVA 필름과 insulating tape를 접착해 3.2 × 15cm로 자른 후 유리판(두께 3mm) 사이에 시료를 넣고 3kg의 하중을 가해 2시간 동안 방치 후 Testometric micro 350(하중-250kgf) 을 사용하여 박리강도를 측정하였다.

2.3.3 AFM(automatic force microscope)관찰

시료표면의 거칠기와 높이를 측정하기 위해 주사탐침전자현미경(Nano Scope III a, Digital instruments)을 사용하였으며 사양은 다음과 같다. Roughness(Rq)는 식(1)에 의해 계산하였다.

- Scan size : 2µm
- Scan rate : 0.5Hz
- Mode : tapping AFM

$$Rq = \sqrt{\frac{Z1^2 + Z2^2 + Z3^2 + \dots + Zn^2}{N}} \dots\dots\dots \text{식(1)}$$

; 여기서 Z는 각 피크의 높이를 말한다.

2.3.4 ESCA 측정

X선 광전제/오제이 시스템(VG microtec, MT-500/1 Etc.)을 이용하여 시료 크기 1×1cm, 진공도 10⁻⁹ torr 조건하에서 X-ray source는 Mg anode를 사용하여 측정을 하였다.

2.3.5 편광도 및 투과도

2.3.5.1 편광도 및 투과도

UV/VIS/NIR 분광광도계(CARY 500, VARIAN)를 사용하여 380~700nm 영역에서 투명한 유리판

2개를 겹쳐서(두께 : 1.349mm) baseline을 잡은 후 평행투과율(Y_{||}) 및 직교투과율(Y_⊥)을 측정하고, 식 (2)에 의하여 편광도 (degree of polarization, ρ)를 구하였다.

$$\rho(\%) = \sqrt{\frac{Y_{||} - Y_{\perp}}{Y_{||} + Y_{\perp}}} \times 100 \dots\dots\dots \text{식(2)}$$

이때, 요오드 농도와 침지시간의 적정조건을 찾기 위해 5분간 plasma 처리한 시료와 미처리시료 각각에 대해 요오드농도는([I₂]mol : [KI]mol = 1:2)로 0.01mol/L, 0.05mol/L, 0.1mol/L 로 요오드 침지시간은 40초, 50초, 60초, 70초로 하여 편광도 및 투과도를 측정한 후, 결과가 가장 우수한 농도와 시간을 선택하여 승화건뢰도 실험을 행하였다. 편광필름을 만들기 위한 방법은 Fig. 3에 나타내었다.

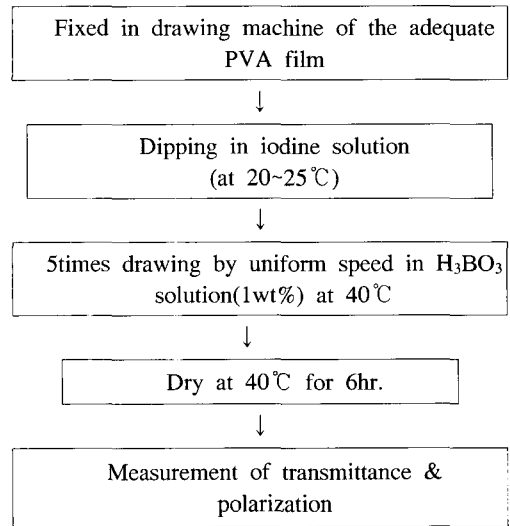


Fig. 3. Manufacturing method of polarizing film.

2.3.5.2 승화건뢰도 측정

승화건뢰도를 비교하기 위하여 시판되고 있는 PVA 호제와 TAC(triacetate cellulose)을 사용하였다. Fig. 4와 같이 PVA-요오드 film과 18%의 NaOH 용액으로 처리한 TAC film 사이에 3% 농도의 PVA 호제를 넣고 65°C, 진공감압하에서 건조시켰다. 완전히 건조된 시료를 65°C, 92% RH조건에서 1시간, 6시간, 12시간, 24시간, 48시간, 96시간 방치한 후 투과도 및 편광도를 측정하였다.

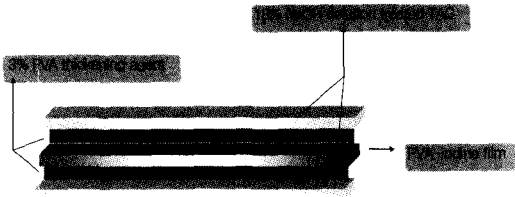


Fig. 4. Attachment method of TAC on the PVA-iodine polarizing film.

3. 결과 및 고찰

3.1 박리강도 측정

Fig. 5는 plasma처리한 PVA 필름의 시간에 따른 박리강도를 나타낸 것이다. plasma처리로 인한 요철은 접착성과 상관성이 있을 것으로 기대된다. 그림에서와 같이 plasma 처리시간이 길어질수록 높은 하중의 값을 나타내어 미처리 시료는 0.6 (Kgf)의 값을 나타내고 있지만, 3분 정도의 plasma 처리에도 2배 정도의 높은 값을 나타내고 있다. 이 때 박리강도가 7min. 까지는 증가하지만 그 이상의 처리에서는 값이 점차 저하함을 볼 수 있다. 따라서 7min.일 때 표면적이 가장 크며 insulating tape와의 접착성도 가장 크다고 할 수 있다. 또한 접착력은 plasma처리 시간에는 비례하지 않는 것을 확인할 수 있다. 그리고 plasma 처리 출력에 대해서는 그다지 큰 차이를 나타내지 않았다.

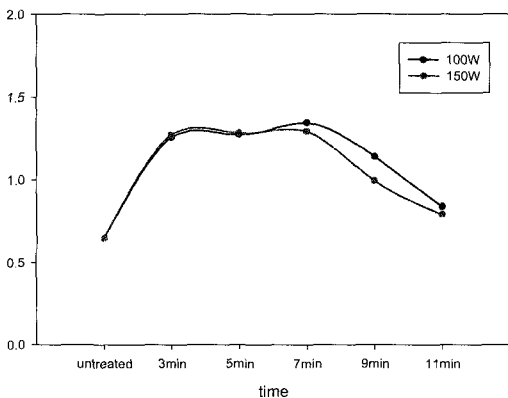


Fig. 5. Peel strength of the PVA film treated with O₂ plasma.

3.2 표면의 물리적 변화

3.2.1 AFM image

Fig. 6은 표면의 굴곡형태를 3차원으로 확인하

는 AFM 사진이다. Fig. 6에서 알 수 있듯이 미처리 시료와 비교해서 산소 저온 plasma처리한 시료의 경우 표면에서의 plasma etching에 의한 조면화가 두드러지며, 이는 앞에서 설명한 박리강도의 경우와 동일한 경향을 보이고 있음을 알 수 있다. 표면에서의 etching이 진행됨에 따라 돌기의 크기가 증가하다가 7분 이후에는 조면화가 완만해지는 것을 알 수 있는데, 이는 시간이 지남에 따라 돌기의 가장자리가 다시 etching되기 때문인 것으로 생각된다.

위와 같은 사실은 자료를 제시하지는 않았지만 plasma 출력조건을 달리 하였을 경우도 유사한 경향을 나타내는 것을 알 수 있었다.

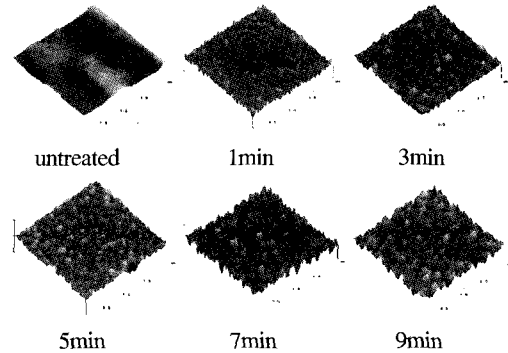


Fig. 6. AFM images of the PVA film treated with O₂ plasma(100W). (image size : 2 μ m, data scale : 100nm)

3.2.2 Roughness

표면의 굴곡을 수학적으로 나타낸 roughness는 식 (2)에 의해 얻어졌고 결과는 Table 1에 나타났다. 처리시간이 길어질수록 roughness값이 7min.까지는 증가하다가 그 이상에서는 값이 저하하는 것을 알 수 있다. 이것은 앞의 AFM image와 유사한 경향으로 나타났다. plasma의 출력조건을 변화시켜도 그 경향은 동일하며 산소 plasma 처리한 경우는 100W의 조건에서 7min.일 때 표면 굴곡이 가장 많은 것을 알 수 있다. 또한 시간이 지나면서 표면의 요철이 감소하는 것은 plasma처리로 깎여나간 부분이 표면으로 deposition 한 결과로 예상된다.

3.3 표면의 화학적 변화

Plasma처리는 물리적 변화와 화학적 변화가 동시에 일어나는데, PVA 필름에 plasma처리를 함으로써 표면의 화학적 조성이 어떻게 바뀌었는지

Table 1. Roughness value of plasma treated PVA film according to treating time

| treated time(min) | roughness | |
|-------------------|-----------|--------|
| | 100W | 150W |
| 0 | 1.650 | 1.650 |
| 3 | 6.254 | 10.888 |
| 5 | 8.956 | 12.143 |
| 7 | 14.241 | 17.836 |
| 9 | 11.032 | 12.920 |
| 11 | 9.140 | 10.246 |

ESCA를 통해 알아보았다. 일반적으로, plasma 처리는 -C-O-, -C=O, -COO-와 같은 functional group이 생기면 표면의 접착성과 젖음성이 증가한다고 알려져 있다¹¹⁾. Table 2의 결과를 보면 처리시간이 증가할수록 $O_{1s}+N_{1s}/C_{1s}$ ratio가 증가하여 친수성이 증가하지만 그 양은 미비한 것을 알 수 있다.

Table 2. Reactive peak area of plasma treated PVA film according to treating time(100W)

| treated time (min) | Relative peak area, % | | | | |
|--------------------|-----------------------|----------|----------|-----------------|------------------------|
| | C_{1s} | O_{1s} | N_{1s} | O_{1s}/C_{1s} | $O_{1s}+N_{1s}/C_{1s}$ |
| 0 | 67.2 | 32.8 | - | 48.8 | 48.8 |
| 3 | 67.4 | 31.7 | 0.9 | 47.0 | 48.4 |
| 5 | 66.4 | 31.3 | 2.3 | 47.1 | 50.6 |
| 7 | 64.3 | 33.6 | 2.1 | 52.3 | 55.5 |
| 9 | 63.3 | 35.5 | 1.1 | 56.0 | 57.8 |
| 11 | 62.8 | 36.2 | 0.90 | 57.6 | 59.0 |

3.4 편광도 및 투과도

PVA-요오드계 편광필름의 내구성 강화를 위한 기존의 연구들은 대부분이 편광효과를 나타내는 요오드, 이색성 염료 또는 이중결합의 흡착, 도입의 조건을 변화시켜 소기의 목적을 달성하는 방향으로 진행되어 왔다¹²⁾. 본 연구에서는 PVA 필름에 plasma 처리를 한 후, 요오드계 편광필름의 취약점인 내구성 향상에 어떠한 영향을 미치는지 조사하였다. 따라서 요오드의 농도에 따른 편광도와 투과도를 알아보기 위하여 최적의 요오드농도 및 침지시간을 검토하고 최적조건에서 시간에 따른 투과도와 편광도를 통해 승화건뢰도를 살펴보았다.

3.4.1 편광도 및 투과도 측정

우선 요오드 농도와 침지 시간의 적정기준을

정하기 위하여 Fig. 7과 Fig. 8에서 보는 바와 같이 가장 우수한 투과도와 편광도를 가지는 조건에 대해 실험하였다. 여기서 plasma 처리시료는 100W, 5min.으로 하였다. 먼저 Fig. 7은 침지시간을 60sec.로 고정하고 그 외의 조건들도 동일하게 하여 요오드 농도를 0.01mol/L, 0.05mol/L, 0.1mol/L의 3가지로 비교하였다. 그래프에서 보면 동일 처리시간에서의 투과도 및 편광도는 처리액의 농도가 클수록 투과도는 감소하고 있다. 보통 편광필름에서 투과도는 42% 이상, 편광도는 99.9% 이상일 때 이상적인 값으로 볼 수 있는데 0.05mol/L로 처리했을 경우에도 편광도가 99.9% 이상의 값을 가졌다. 이는 plasma 처리시료와 미처리 시료 모두 유사한 결과가 나왔다. Fig. 8은 요오드 농도를 0.05mol/L로 고정하고 다른 조건들도 동일하게 하여 편광도와 투과도에 대한 침지시간의 효과를 나타낸 결과이다. 침지시간이 증가할수록 투과도는 감소하고 편광도는 증가하는데, 이상적인 편광도와 투과도를 생각할 때 50sec.가 가장 적합한 시간이라고

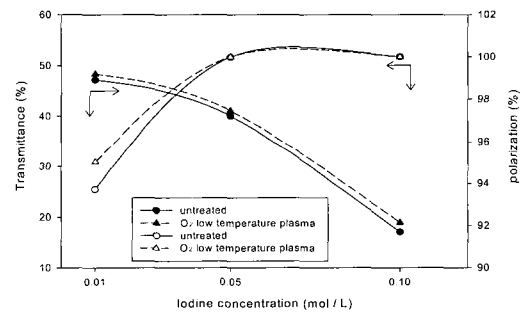


Fig. 7. Effect of iodine concentration on the transmittance and polarization of PVA-iodine polarized film prepared by soaking in aqueous iodine solution for 60sec.

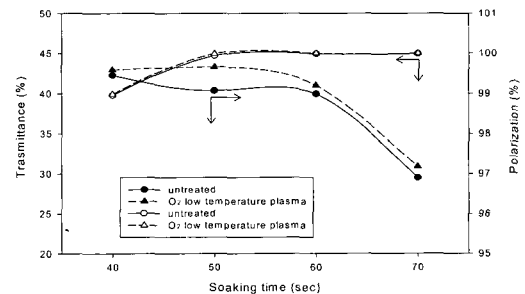


Fig. 8. Effect of soaking time on the transmittance and polarization of PVA-iodine polarized film at the 0.05mol/L of iodine concentration.

판단하였다. 따라서 요오드 농도와 침지 시간을 0.05mol/L, 50sec.로 하여 본 실험의 최종 목적인 내구성 향상을 측정하였다.

Fig. 9와 10은 요오드농도가 0.05mol/L이고 침지 시간이 50sec일 때 plasma처리에 따른 투과도 및 편광도 값을 나타낸 결과이다. 거의 모든 값이 40% 이상의 투과도를 나타내고 있으며, 특히 3min., 5min., 7min. 처리시에 투과도가 현저하게 좋은 것을 알 수 있다. Plasma 처리한 시료의 편광도는 Fig. 10에서 보는 바와 같이 plasma 처리를 하지 않은 경우와 큰 차이는 없지만 미처리 시료보다 5분, 7분 처리에서 거의 100%에 가까운 높은 투과도를 가지는 것을 확인할 수 있다.

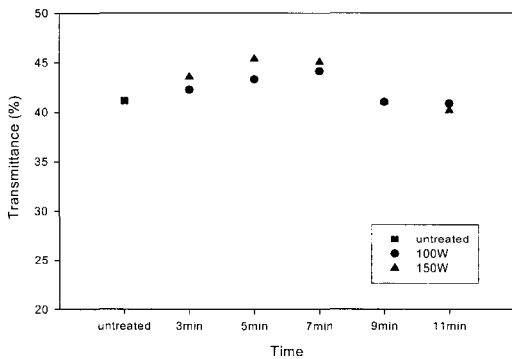


Fig. 9. Transmittance of PVA polarized film according to treatment time (iodine conc. : 0.05mol/L, soaking time in iodine sol'n : 50 sec.).

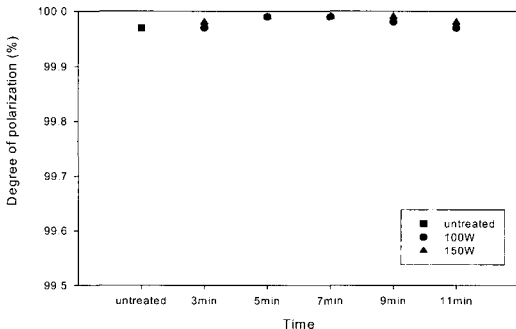


Fig. 10. Degree of polarization of PVA polarized film according to treatment time (iodine conc. : 0.05mol/L, soaking time in iodine sol'n : 50 sec.).

3.4.2 승화견뢰도

Fig. 11과 Fig. 12는 PVA-편광필름의 내구성을

측정하기 위해 TAC필름을 붙인 후 65°C, 92% RH 조건에서 시료를 방치한 후 일정 시간이 지난 다음 시료를 꺼내 투과도와 편광도를 측정한 결과를 나타낸 것이다. 먼저 Fig. 11은 plasma 처리 출력이 100W일 때 시간에 따른 투과도 결과이다. 전반적으로 미처리한 시료보다 투과도 증가율이 낮은 것을 알 수 있는데 plasma처리한 시료는 수분전달이 잘 되지 않는 TAC과의 접착력이 우수하여 수분 전달되는 양이 미처리 보다 적어 이와 같은 결과를 보인 것으로 생각한다. 그리고 48시간 이후에서는 요오드가 많이 승화한 것을 보였고, 96시간 이상이 되면 요오드가 거의 보이지 않을 정도로 승화하였는데, 미처리 시료는 요오드가 전혀 남아 있지 않았지만 plasma처리한 시료는 조금이라도 요오드가 남아있는 것을 확인할 수 있었다.

Fig. 12는 plasma처리 시간에 따른 편광도를 측정한 결과이다. 이는 투과도의 결과와 마찬가지로 plasma처리한 시료가 미처리 시료보다 편광도 감소율이 적었다. 시간이 지남에 따라 미처리 시료는 급격하게 편광도가 감소하였지만, plasma처리한 시료는 감소하기는 하지만 감소폭이 미처리 시료보다는 적은 것을 알 수 있었다. 이것도 역시 48시간 이상에서는 매우 낮은 편광도 값을 보이는데, plasma 처리한 시료의 편광도는 70%정도인데 비해 미처리 시료는 40% 이하로 나타나 값이 상당히 차이가 나는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 96시간 이후의 결과는 시료에 남아있는 요오드 양이 현저하게 감소하여 결과에는 나타나지 않았지만, 미처리 시료는 요오드를 확인할 수 없는 것에 비해 plasma처리 시료는 조금이라도 흔적이 남

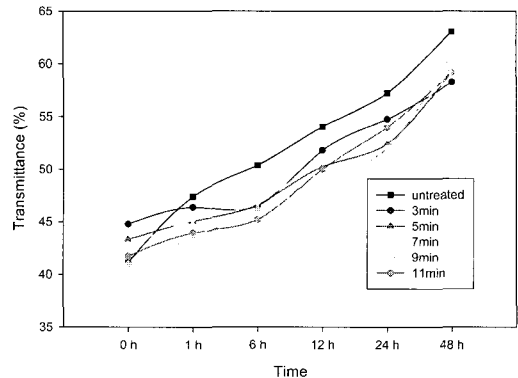


Fig. 11. Transmittance changes of PVA film according to plasma treatment time at 65°C, 92% RH(100W).

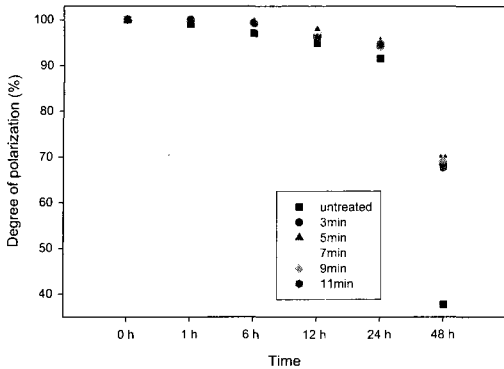


Fig. 12. Degree of polarization changes of PVA film according to plasma treatment time at 65 °C, 92% RH(100W).

아있는 것을 볼 수 있었다. 따라서 plasma처리를 함으로써 요오드 편광필름의 가장 큰 문제점으로 지적되고 있는 승화건뢰도의 취약한 점을 개선할 수 있었다.

4. 결 론

PVA-요오드계 편광필름은 우수한 투과도와 편광도를 가져 다른 어떤 재료보다 광전자 소자로서 각광받고 있지만, 고온 다습한 조건에서는 요오드 승화성으로 인해 내구성이 취약한 것이 단점으로 지적되고 있다. 따라서 이러한 단점을 개선하기 위하여 산소 저온 plasma를 PVA film에 처리하였고, 처리된 PVA film의 특성변화를 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Plasma처리는 접착력 향상에 크게 기여하는데 박리강도와 AFM image, roughness를 통하여 확인한 결과, 박리강도는 미처리 시료일 때 0.6(Kgf)의 값을 나타냈으나 3분 정도의 plasma처리에도 2배 이상 증가하였고, AFM image의 결과 7분 처리시에 표면굴곡이 가장 많이 나타났으며 이는 roughness 결과와도 일치하였다.
2. 산소 저온 plasma처리를 한 결과 편광도와 투과도는 요오드농도와 요오드침지 시간이 각각 0.05mol/L, 50sec.일 때 최적조건을 나타내었고, 전반적으로 미처리 시료보다 다소 좋은 결과를 보였다.
3. 승화건뢰도를 측정된 결과 산소 저온 plasma처리한 시료가 미처리 시료보다 처리시간이 길어질수록 투과도와 편광도 모두 우수한 값

을 나타내었다. 이것은 산소 저온 plasma처리에 의해 film 표면에 물리적, 화학적 개질로 인해 접착력이 향상된 결과로 생각된다.

4. 요오드 편광필름의 문제점인 승화건뢰도를 향상시키기 위해 본 실험을 실시한 결과 산소 저온 plasma처리로 그 문제점을 해결할 수 있었다. 저온 plasma처리가 진공에서 행하여지는 경제적인 문제점이 남아 있지만, 우수한 승화건뢰도 결과를 얻을 수 있었으므로 앞으로 그 개선 가능성이 기대된다.

참고문헌

1. J. A. Yu and J. W. Kim, Increase of Color Depth of PET Micro Fiber by Corona Discharge and Low Temperature Plasma Treatments, *J. Korean Fiber Soc.*, **30**, 903(1993).
2. M. S. Kim and T. J. Kang, Improvement of Dimensional Stability in Wool Fabric by Low Temperature Plasma(I), *J. Korean Fiber Soc.*, **38**, 359~365(2001).
3. T. Goto, T. Wakida and K. Koo, Effect of Temperature During Low Temperature Plasma Treatment on Durability of Hydrophilic Property of Polyester Fabrics, *Sen-i Gakkashi*, **47**, 136 (1991).
4. Y. Osada, “低温 플라즈마材料科學”, 産業圖書(株), 東京, pp.27(1994).
5. K. Koo, T. Wakida and Ueda, Effect of Preheat-Treatment Temperature on Weight Loss of Poly(Ethylene Terephthalate) Fiber by Low-Temperature Oxygen Plasma Treatment, *J of Kor. Soc. Dyers & Finishers*, **7**, 223(1995).
6. E. W. Thulstrup, “Spectroscopy with Polarized Light”, Applied Science Publishers, London (1998).
7. R. Mizoguchi, K. Kobayashi, T. Shimomura and S. Kobayashi, Evaluation and Optimization by Colorimetry of Polarizers for Liquid Crystal Display, *Displays*, **4**, 201~206(1983).
8. H. Sata, M. Murayama and S. Shimamoto, Properties and Applications of Cellulose Triacetate Film, *Macromolecular Symp.*, **208**, 323~334 (2004).
9. M. Tahara, N. K. Cuong, Y. Nakashima, Improvement in Adhesion of Polyethylene by Glow-

- Discharge Plasma, *Surface and Coatings Technology*, **173-174**, 826~830(2003).
11. T. Hirotsu and P. Nugroho, Surface Coating Protective Against Oxidative Plasma Etching of Polypropylene, *J. Appl. Polym. Sci.*, **66**, 1049~1058(1997).
 12. W. S. Lyoo, J. H. Yeum, J. H. Choi, B. C. J, H. D. Ghim, J. P. Kim, T. H. Noh and W. J. Yoon, A method to determine Iodine Desorption of High Molecular Weight Syndiotactic Poly (Vinyl Alcohol)/Iodine Complex Film, *Polymer Testing*, **20**, 503~507(2001).