

리튬 불소계 화합물과 4차 암모늄염을 사용한 대전방지제의 표면저항 및 대전방지필름의 특성 평가

소순영^{1*}, 전용진¹, 이재경²
¹청운대학교 화학공학과, ²(주)지엔비

Surface Resistance of Antistatic Agent Using Lithium-Fluoro Compound and Quaternary Ammonium Salt and Characteristics Evaluation of Antistatic Film

Soon-Young Soh^{1*}, Yong-Jin Chun¹, Jae-Kyeong Lee²
¹Department of Chemical Engineering, Chungwoon University
²GnB Corporation

요약 낮은 표면저항값과 높은 투과도가 요구되는 LCD용 대전방지필름에 사용할 수 있는 무색상을 지닌 대전방지제를 개발하였다. 리튬 불소계 화합물과 4차 암모늄염 중에서 전기전도도를 바탕으로 대전방지 물질을 선정하고 대전방지제를 제조하여 표면저항값을 측정하였다. 그 결과 대체적으로 전도도가 높은 물질이 비교적 낮은 표면저항값 즉 상대적으로 양호한 대전방지 성능을 보여주고 있음을 알 수 있었다. 선정된 대전방지 물질을 중심으로 최적의 대전방지제를 제조하는 배합비를 실험계획법을 통하여 수립하고 각 인자들이 미치는 영향을 분석하였다. 대전방지 물질로 사용한 리튬 불소계 화합물의 사용량이 많을수록, 상대적으로 다관능기를 갖는 올리고머의 사용비율이 높을수록 표면저항값이 작게 나타났다. 4차 암모늄염은 리튬 불소계 화합물의 대전방지 성능을 증가시켰으나 사용량에 따른 영향은 상대적으로 크지 않았다. 대전방지용 PET 필름을 제조한 후 특성을 평가한 결과 낮은 표면저항값($<10^9 \Omega/\text{sq.}$) 및 높은 투과도($>92\%$), 낮은 헤이즈($<0.5\%$) 및 높은 백색도($L^*>95$)를 나타내었다. 또한 고온 고습의 조건하에서도 10% 이내의 안정적인 표면저항 변화율을 보임으로서 대전방지필름의 신뢰도가 아주 우수함을 확인하였다.

Abstract A colorless antistatic agent was prepared for use in antistatic films for liquid crystal displays (LCDs) requiring low surface resistance and high transmittance. Among various lithium-fluoro compounds and quaternary ammonium salts, antistatic materials were selected based on their electrical conductivity, and antistatic agents were prepared to measure the surface resistance. As a result, the material with high conductivity showed a relatively low surface resistance, i.e., relatively good antistatic performance. Based on the antistatic materials selected, the formulation ratio for producing the best antistatic agent was established through the experimental design method and the effects of each factor were analyzed. The higher the use of lithium-fluoro compounds as antistatic materials, the higher the ratio of oligomer use with multi-functional groups, and the smaller the surface resistance. The quaternary ammonium salts increased the antistatic performance of the lithium-fluoro compounds, but the effects of the amount used were not relatively large. After manufacturing the antistatic PET film, the properties of the antistatic film showed low surface resistance values ($<10^9 \Omega/\text{sq.}$), high permeability ($>92\%$), low haze ($<0.5\%$), and high whiteness ($L^*>95$). In addition, the antistatic film reliability was found to be excellent by showing a stable surface-resistance change rate of less than 10%, even under high temperature and high humidity conditions.

Keywords : Antistatic Agent, Surface Resistance, Conductivity, Experimental Design, Antistatic Film Evaluation

본 논문은 중소벤처기업부의 지원(과제번호 : S2618622)으로 수행되었음.

*Corresponding Author : Soon-Young Soh(Chungwoon Univ.)

email: sysohhot@chungwoon.ac.kr

Received February 4, 2020

Revised March 20, 2020

Accepted April 3, 2020

Published April 30, 2020

1. 서론

디스플레이 성능 개선 필요성이 증대함에 따라 무색투명하면서 투과도가 높은 LCD용 대전방지필름 제조에 사용될 수 있는 고성능의 대전방지제의 개발이 요구되고 있다. 최근 다양한 고분자 형태의 대전방지제를 합성하여 첨가제로 사용하여 대전방지 성능을 부여하기 위한 연구가 행해지고 있다[1-6]. 그러나 고분자 형태의 대전방지제의 경우 여러 단계의 합성공정이 필요하여 공정이 복잡해짐에도 불구하고, 제조된 대전방지필름의 표면저항값이 $10^9 \sim 10^{10} \Omega/\text{sq}$.를 나타냄으로서 복잡한 제조공정에 비해 그 효과가 아주 뛰어나다고 평가하기 어렵다. 이에 따라 무색투명하면서 투과도도 높을 뿐 아니라 안정적인 표면저항 변화율을 나타낼 수 있는 LCD용 대전방지필름을 제조하는데 필요한 고성능 대전방지제를 보다 간단하게 제조하는 공정을 개발하고자 하였다.

상기의 목적에 부합한 대전방지제를 개발하기 위하여 리튬 배터리 전해질로 사용이 검토되는 리튬 불소계 화합물[7,8]과 4차 암모늄염을 혼합하여 낮은 전기저항값을 나타낼 수 있는 대전방지제를 개발하고자 하였다. 대전방지 물질의 선정은 전기전도도에 기초하였으며, 대전방지 물질이 적용된 대전방지필름의 표면저항과 전기전도도와 상관을 규명하고자 하였다. 이렇게 선정된 대전방지 물질을 중심으로 최적의 대전방지제를 제조하는 배합비를 실험계획법을 통하여 수립하였다. 개발된 대전방지제를 PET 필름에 코팅한 후 U.V. 경화시킨 대전방지필름의 특성을 평가하였다. 보통 대전방지제는 표면저항값이 약 $10^{12} \Omega/\text{sq}$ 이하부터 대전방지 효과가 있으며 표면저항값이 약 $10^{11} \Omega/\text{sq}$ 이하일 경우 그 효과가 우수한 것으로 분류된다[9]. 따라서 본 실험에서는 대전방지 필름의 표면저항값이 $10^{10} \Omega/\text{sq}$. 이하를 나타내면서 고온 고습하에서도 안정적 표면저항 변화율을 보이는 한편, 높은 투과도와 낮은 헤이즈 및 높은 백색도를 보유하는 대전방지 필름을 제조할 수 있는 대전방지제를 개발하고자 하였다.

2. 실험

2.1 대전방지제 제조

비이커 250ml에 MEK(Methyl ethyl ketone, 대정화금제) 40ml와 TOL(Toluene, 대정화금제) 40ml를 혼합한 용매에 IBOA(Isobornyl acrylate, Aldrich제)

16g과 다관능 올리고머(Polynatron-3640 & Polynatron-3292, Polynatron 사) 36g을 넣고 완전히 녹을 때까지 교반하였다. Lithium bis(trifluoromethane sulfonyl)imide 10g과 Tetraethyl ammonium tetrafluoroborate 0.5g을 넣고 교반하면서 BYK-333(BYK-Chemie GmbH) 0.1g과 PI-184(Aldrich제) 2.0g을 넣어 대전방지제를 제조하였다.

2.2 대전방지 필름 제조 및 특성 평가

배합된 대전방지제를 PET 필름에 Bar Coater (bar #10)로 코팅한 뒤, 100°C에서 2분 동안 용제를 건조한 다음 UV로 경화(조사강도: UV-A기준 $500\text{mV}/\text{cm}^2$, 조사량: $400\text{mJ}/\text{cm}^2$, Hg Lamp)하였다. 제조된 필름의 코팅 층의 두께는 약 $2\mu\text{m}$ 내외였다.

특성 평가를 위하여 대전방지제로 코팅된 필름의 표면저항을 Lab에서 표면저항측정기(SIMCO, ST-4)로 측정하였다. 또한 헤이즈미터(Nippon Denshoku, NDH-5000)를 이용하여 투과율(Transmittance)과 헤이즈(Haze)를 측정하였으며, 분광광도계(Konica Minolta, CM-3600A)를 사용하여 필름의 백색도를 측정하였다. 아울러 연필경도 시험기(Landtek, HT-6510T)를 이용하여 1000g하중을 걸고 연필경도를 측정하였다. 연필은 미쓰비시 제품으로 한 연필경도당 5회 실시하였다.

한편, 제조된 대전방지 필름의 신뢰성 평가를 위하여 Climatic Chamber(Weiss, WKL-64/70)를 사용하여 85°C/85%RH 환경에서 10일 동안 필름을 보관후 High Resistivity Meter(Mitsubishi Chemical, Hiresta-UX)를 사용하여 테스트 전후의 표면저항값의 변화를 보다 정밀하게 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 전기전도도에 기초한 대전방지 물질 선정

3.1.1 리튬 불소계 화합물 선정

리튬 불소계 화합물의 전도도를 측정하여 대전방지 물질 선정 기준으로 삼았다. 4종류의 리튬 불소계 화합물을 용매에 녹인 후 용액의 변색여부를 관찰하였다. 용매는 PC(Propylene carbonate)/DMP(Dimethoxy propane), MEK/TOL 및 MEK/PC 혼합용매 세가지 타입의 조합을 사용하였다. 4종류의 리튬 불소계 화합물 중에서 Lithium hexafluorophosphate는 용매에 녹였을 때 즉시 연보

라색으로 용액의 색깔이 변하는 현상이 관찰되어 전기전도도 측정에서 제외하였다. 용액상에서 즉시 변색이 발생하지 않은 3개의 리튬 불소계 화합물(Type A : Lithium bis(trifluoromethanesulfonyl)imide, Type B: Lithium trifluoromethanesulfonate, Type C : Lithium tetrafluoroborate)를 사용하여 3개의 용매 조합(Type A : PC/DMP, Type B : MEK/TOL, Type C: MEK/PC)에서의 전기전도도를 Conductivity Meter(Thermo Scientific, Orion 5 Star)를 사용하여 측정한 결과를 Fig. 1에 수록하였다. Lithium tetrafluoroborate의 경우 비록 용매 타입 C에서는 가장 높은 전기전도도를 보였음에도 불구하고 용매 A 타입(PC/DMP 혼합용매)에서 시간이 경과함에 따라 노란색으로 변색되다가 최종적으로 검게 변색되는 현상이 관찰되어 용매 사용에 제약이 있음에 따라 선정에서 배제하였다. 다른 두 종류의 리튬 불소계 화합물의 경우 비슷한 전기전도도를 보였으므로 보다 싼 가격에 대량구입이 용이한 Lithium bis(trifluoromethanesulfonyl) imide를 대전방지용 배합물질로 선정하였다.

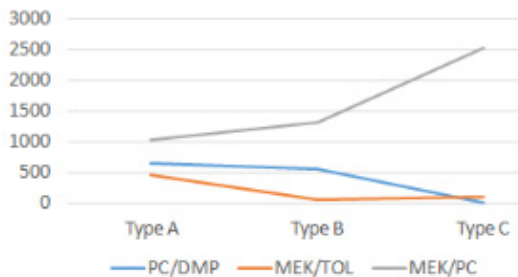


Fig. 1. Conductivity by Li-F chemical type (X-axis:Li-F Chemical Type, Y-axis:Conductivity(µS/cm))

3.1.2 4차 암모늄염 선정

대전방지 물질로 사용하는 4차 암모늄염의 경우도 리튬 불소계 화합물과 동일한 방식으로 전기전도도를 측정하여 선정하였다. 6종류의 4차 암모늄염(No.1: Tetrabutylammonium tetrafluoro borate, No.2: Tetraethylammonium tetrafluoro borate, No.3: Pentadecafluorooctanoic acid ammonium salt, No.4:Tetrabutylammonium hexafluorophosphate, No.5: Ammonium trifluoromethanesulfonate, No.6: Ammonium hexafluorophosphate)을 각각 1 : 1 비율로 혼합한 혼합용매 80ml에 녹인 후 색 변색여부를 관찰하고 전도도를 측정하였다(Table 1). 4차 암모

늄염의 경우 시간이 경과함에 따라 필름의 계면으로 이동하여 표면의 거칠기에 영향을 주는 경향이 있으므로 대전방지 효과가 있는 범위 안에서 가급적 적게 사용하는 것이 바람직하다고 판단되어 4차 암모늄염을 보다 적게 사용한 경우를 선택의 기준으로 하였다. 6종류의 4차 암모늄염 중에서 각주에 표기된 것처럼 변색이 되지 않으면서 적절한 용매 사용량으로 용액을 제조하는 것이 가능한 3개의 4차 암모늄염 중에서 Tetraethylammonium tetrafluoroborate가 시간이 지나도 용액상에서 색이 변하지 않고 높은 전기전도도를 보임으로서 대전방지용 배합물질로 선정하였다.

Table 1. Effect of Amount and Solvent on Conductivity by Type of Ammonium Salt

| Ammonium Salt | Amount (g) | Conductivity(µS/cm) | | Remark |
|---------------|------------|---------------------|---------|--------|
| | | PC/DMP | MEK/TOL | |
| No. 1 | 0.05 | 89.4 | 43.3 | Normal |
| | 0.5 | 924 | 246.5 | |
| No. 2 | 0.05 | 200.5 | 32.5 | Normal |
| | 0.5 | 1526 | 56.7 | |
| No. 3 | 0.05 | 43.6 | 2.6 | 1) |
| | 0.5 | - | - | 2) |
| No. 4 | 0.05 | 114.5 | 60.8 | Normal |
| | 0.5 | 845 | 297.5 | |
| No. 5 | 0.05 | 288.5 | 24.1 | 1) |
| | 0.5 | - | - | 2) |
| No. 6 | 0.05 | 258 | 54 | 3) |
| | 0.5 | 1903 | 240 | |

Note 1) When left at R.T., the color gradually changes to black.
 2) When dissolve in solvent, the color rapidly turns black.
 3) Low solubility requires a lot of solvent usage.

3.2 대전방지 성능향상을 위한 배합조건 검토

대전방지 필름의 성능을 결정하는 표면저항값을 KPOV(Key Process Output Variable)로 하고, 이에 영향을 미칠 것으로 판단되는 리튬 불소계 화합물 사용량, 4차 암모늄염 사용량, 모노머 사용량, 올리고머 타입 및 용매 타입을 5가지 인자로 선정하였다. 실험계획법(5인자 2수준, ¼부분요인법)을 적용하여 Table 2처럼 디자인하여 9종의 시료를 제조하고 필름의 표면저항을 측정하였다. 표면저항 측정한 결과를 Minitab 프로그램으로 분석하였다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 표면저항에 대하여 리튬 불소계 화합물 사용량이 가장 크게 영향을 미치고 있으며 사용량이 많을수록 낮은 표면저항 값을 보여 주었다. 올리고머 타입의 경우 3910(9 관능기)이 3640(6 관능기)보다 낮은 표면저항값을 나타내었으며, 4차 암모늄 염의 경우도 사용량에 따른 영향은 상대적으로 크지 않지만 많은 사용량이 보다 낮은 표면저항 값을

보여주었다. 나머지 두 인자 경우는 표면저항에 미치는 영향이 앞의 세 인자와는 달리 거의 없었다.

Table 2. Experimental Design and Surface Resistance

| No. | Li-F | Ammonium Salt | IBOA | Oligomer Type | Solvent Type | Result ($\Omega/\text{sq.}$) |
|-----|------|---------------|------|----------------|--------------|--------------------------------|
| 1 | 10g | 0.5g | 16g | 3640/3292 | MEK/TOL | $10^{8.7}$ |
| 2 | 2g | 0.5g | 16g | 3910/3292 | PC/DMP | $10^{10.0}$ |
| 3 | 10g | 0.5g | 4g | 3640/3292 | PC/DMP | $10^{8.6}$ |
| 4 | 2g | 0.5g | 4g | 3910/3292 | MEK/TOL | $10^{10.1}$ |
| 5 | 10g | 0.1g | 4g | 3640/3292 | MEK/TOL | $10^{11.0}$ |
| 6 | 2g | 0.1g | 4g | 3910/3292 | PC/DMP | $10^{8.4}$ |
| 7 | 2g | 0.1g | 16g | 3640/3292 | PC/DMP | $10^{10.7}$ |
| 8 | 6g | 0.3g | 10g | 3910/3640/3292 | MEK/PC | $10^{9.6}$ |
| 9 | 10g | 0.1g | 16g | 3910/3292 | MEK/TOL | $10^{8.4}$ |

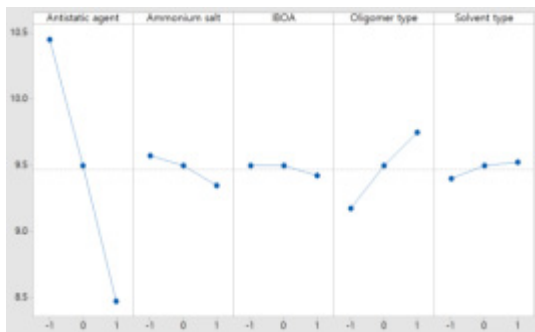


Fig. 2. Influence of each factor on surface resistance

교호작용을 분석한 결과(Fig. 3) 올리고머 타입과 4차 암모늄염, 용매 종류와 모노머 사이에는 강한 상관관계가 있으며 대전방지제와 4차 암모늄염 사이에도 실험 계획법에 사용된 범주 밖에서 상관관계가 있음을 파악할 수 있었다.

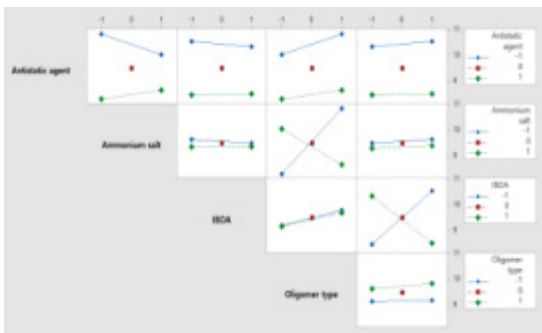


Fig. 3. Interaction between each factor

3.3 4차 암모늄염이 표면저항에 미치는 영향

실험계획법 상에서 분석한 바에 의하면 4차 암모늄염의 사용량에 따른 표면저항값에 대한 영향이 리튬 불소계 화합물의 사용량에 대한 영향보다 작게 나타났다. 이에 따라 4차 암모늄의 사용이 대전방지 성능에 미치는 영향을 보다 명확하게 파악하기 위하여 3종의 리튬 불소계 화합물에 Tetraethylammonium tetrafluoroborate 0.5g을 사용한 경우와 사용하지 않은 경우에 따른 표면저항값을 측정하고 그 결과를 Fig. 4에 나타내었다.

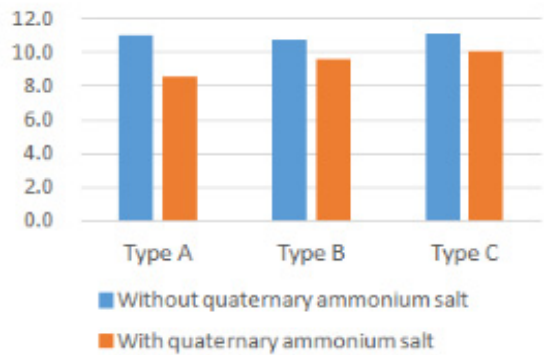


Fig. 4. Effect of quaternary ammonium salt on surface resistivity
(X-axis: Li-F Chemical Type, Y-axis: Surface Resistance($10^{\circ}\Omega/\text{sq.}$))

리튬 불소계 화합물 3종류 모두 4차 암모늄염과 혼합하여 대전방지 물질로 사용할 경우 리튬 불소계 화합물을 단독으로 사용한 경우보다 표면저항값이 작아지는 결과를 보임으로서 4차 암모늄염이 대전방지 성능에 보다 좋은 영향을 미치는 것을 확인하였다. 이는 4차 암모늄염이 용매를 건조하는 공정에서 공기/필름 계면으로 이동이 발생하여 표면저항을 떨어뜨린다는 Y. Kugimoto 등 [10]의 연구 결과와 일치한다고 사료된다.

3.4 표면저항과 전기전도도의 상관관계

전기전도도를 필름의 열역학적 안정성과 연계하여 실험을 수행한 연구[11,12]에서도 표면 저항과 전기전도도의 상관관계를 규명한 연구는 수행되지 않았다. 대전방지 물질을 용매에 용해시킨 후 측정된 전기전도도와 대전방지 필름으로 제조한 후 측정된 표면저항값 사이의 상관관계 규명을 위하여 실험계획에 따라 배합한 코팅원제의 전기전도도를 측정하고 코팅한 필름의 표면저항 값과 비교하였다. Fig. 5에 나타난 바와 같이 대체적으로 음의

상관관계, 즉 전기전도도가 높은 물질이 낮은 표면저항값을 보여주고 있음을 알 수 있다. 즉 보편적으로 높은 전기전도도를 보인 대전방지제가 보다 양호한 대전방지 성능을 지니고 있음을 보여준다.

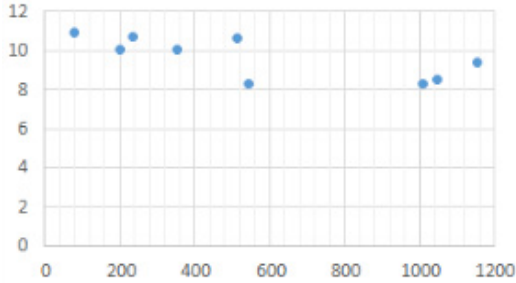


Fig. 5. Correlation between conductivity and surface resistance (X-axis: Conductivity(μS/cm), Y-axis: Surface resistance(10⁹Ω/sq.))

전기전도도와 표면저항값이 완전한 음의 상관관계를 보이지 못함은 전기전도도는 용매에 녹여서 측정하는 반면, 필름의 표면저항값은 오븐에서 건조하는 과정을 거치는 과정에서 용매를 제거한 후 측정하는 데 따른 영향으로 파악된다. 전도도가 높은 물질이 비교적 낮은 표면저항값을 보여주고 있으므로 향후 다양한 형태의 대전방지제 개발을 추진할 경우 전기전도도 측정을 통하여 대전방지 물질에 대한 대전방지 성능을 일정수준 예측할 수 있다고 판단된다.

3.5 대전방지필름 특성 평가

선정된 대전방지제로 제조한 대전방지 필름의 특성 평가를 위하여 동일한 대전방지제를 사용하여 5장의 대전방지필름을 제조하고 각각의 필름마다 특성을 평가하여 Table 3에 수록하였다. 제조된 5장의 필름 모두 92% 이상의 투과도와 0.5% 이하의 헤이즈를 보였으며, 그 편차도 작았다. 백색도의 경우 L*값이 95를 상회함으로써 무색상을 발현하는 필름을 제조하였음을 확인하였으며, 연필경도도 모두 3H의 양호한 경도를 보였다.

Table 3. Characteristics Evaluation of Antistatic Film

| | Transmittance(%) | Haze(%) | Whiteness (L*) | Hardness |
|---------|------------------|---------|----------------|----------|
| sample1 | 92.74 | 0.30 | 96.88 | 3H |
| sample2 | 92.73 | 0.31 | 95.87 | 3H |
| sample3 | 92.75 | 0.31 | 96.84 | 3H |
| sample4 | 92.59 | 0.30 | 96.76 | 3H |
| sample5 | 92.67 | 0.31 | 96.76 | 3H |

또한, 제조된 대전방지 필름의 신뢰성 평가를 위하여 오븐(85℃/85%RH 환경)에서 10일 동안 필름을 보관하면서 표면저항값의 변화를 측정하는 실험을 수행하였다. 대전방지필름을 제조한 후 보다 정밀한 측정을 위하여 국가공인시험기관인 한국산업기술시험원(Korea Testing Laboratory, KTL)에서 고온고습시험 후 표면저항 변화에 대한 측정 평가를 진행하였다. 시험전의 표면저항값과 시험 후의 표면저항값을 sample당 4회씩 측정하여 평균값을 계산하여 시험 전과 시험 후의 표면저항 변화율을 산출하였다(Table 4). 그 결과 고온고습시험 후 표면저항 값이 9.84 x 10⁸ Ω/sq.부터 1.02 x 10⁹ Ω/sq.까지 측정됨으로서 시험 후에도 우수한 표면저항값을 유지하고 있음을 보여주었다. 이에 따라 고온고습시험 전후의 표면저항 변화율이 9.39%부터 9.82%까지 나타나 표면저항 변화율 10%이내를 만족시킴으로서 필름의 신뢰도가 아주 우수한 필름이 제조되었음을 확인하였다.

Table 4. Surface Resistance Change Before and After High Temperature and High Humidity Test

| | Surface Resistance (x10 ⁸ Ω/sq.) | | Change Rate(%) |
|---------|---|-------|----------------|
| | Before | After | |
| sample1 | 9.20 | 10.1 | 9.78 |
| sample2 | 9.24 | 10.1 | 9.39 |
| sample3 | 9.26 | 10.2 | 9.75 |
| sample4 | 8.96 | 9.84 | 9.82 |
| sample5 | 9.07 | 9.94 | 9.59 |

현재 시판되는 L사 제품(고투명성 대전방지 하드코팅액, 대한민국)의 경우 표면저항 10⁸~10¹⁰Ω/sq. 표면경도 2H, 광투과도 91%~93%로 표기되어 있다[13]. 따라서 본 연구를 통하여 개발된 대전방지제로 제조한 대전방지필름을 시판제품의 성능과 비교할 때 동등 또는 그 이상이라고 판단된다.

4. 결론

리튬 불소계 화합물과 4차 암모늄염 중에서 전기전도도를 바탕으로 대전방지 물질을 선정하고 대전방지제를 제조하여 표면저항값을 측정하였다. 선정된 대전방지 물질을 중심으로 최적의 대전방지제를 제조하는 배합비율을 실험계획법을 통하여 수립하고 각 인자들이 미치는 영향을 분석하였다. 대전방지 물질로 사용된 리튬 불소계 화합물의 사용량이 많을수록, 상대적으로 다관능기를 갖

는 올리고머의 사용비율이 높을수록 표면저항값이 작게 나타났다. 4차 암모늄염은 리튬 불소계 화합물의 대전방지 성능을 증가시켰으나 사용량에 따른 영향은 상대적으로 크지 않았다. 대전방지용 PET 필름을 제조한 후 특성을 평가한 결과 낮은 표면저항값($<10^9 \Omega/\text{sq.}$) 및 높은 투과도($>92\%$), 낮은 헤이즈($<0.5\%$) 및 높은 백색도($L^* > 95$)를 나타내었다. 또한 고온 고습의 조건하에서 10% 이내의 안정적인 표면저항 변화율을 보임으로서 대전방지필름의 신뢰도가 아주 우수함을 확인하였다.

References

- [1] H. K. Gürakın, A. C. Turan, and H. Deligöza, "Synthesis of a novel polyester-ether copolymer and its derivatives as antistatic additives for thermoplastic films", *Polymer Testing*, Vol. 81, Jan. 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2019.106214>
- [2] A. Tsurumaki, T. Iwata, M. Tokuda, H. Minami, M. A. Navarra, and H. Ohno, "Polymerized ionic liquids as durable antistatic agents for polyether-based polyurethanes", *Electrochimica Acta*, Vol. 308, pp 115-120, Jun. 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2019.04.031>
- [3] T. Iwata, A. Tsurumaki, S. Tajima, and H. Ono, "Fixation of ionic liquids into polyether-based polyurethane films to maintain long-term antistatic properties", *Polymer*, Vol. 55, No. 10, pp. 2501-2504, May 2014.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2014.03.028>
- [4] T. Kobayashi, B. A. Wood, A. Takemura, and H. Ono, "Antistatic performance and morphological observation of ternary blends of poly(ethylene terephthalate), poly(ether esteramide), and Na-neutralized poly(ethylene-co-methacrylic acid) copolymers", *Journal of Electrostatics*, Vol. 64, No. 6, pp. 377-385, Jun. 2006.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.elstat.2005.09.004>
- [5] J. T. Whang, "Development trend of polymer antistatic agent", *Proceedings of Autumn Conference on the Korean Polymer Society*, Vol. 43, No.1, pp.52-52, Oct. 2018.
<http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE07545322>
- [6] S. W. Park, S. Y. See, M. Y. Seo, J. H. Seo, Y. S. Shin, and G. Koo, "A study on the synthesis of durable antistatic agent using water soluble polymers and amines", *Journal of the Korean Society of Dyers and Finishers*, Vol.13, No. 6, pp.55-69, 2001.
<http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE01798405>
- [7] Z. M. Xue, C. Q. Ji, W. Zhou, C. H. Chen, "A new lithium salt with 3-fluoro-1,2-benzenediolato and oxalato complexes of boron for lithium battery electrolytes", *Journal of Power Sources*, Vol. 195, No. 11, pp. 3689-3692, Jun. 2010.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2009.12.049>
- [8] Z. M. Xue, B. H. Zhao, C. H. Chen, "A new lithium salt with 3-fluoro-1,2-benzenediolato and lithium tetrafluoroborate for lithium battery for lithium battery electrolytes", *Journal of Power Sources*, Vol. 196, No. 15, pp. 6478-6482, Aug. 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2011.04.011>
- [9] J. H. Kim, and J. W. Ha, "A study on the preparation and application of uv-curing antistatic agent", *Proceedings of 2004 Spring Conference on the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, pp.264-266, Jun. 2004.
<http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE07215790>
- [10] Y. Kugimoto, A. Wakabayashi, T. Dobashi, O.samu Ohnishi, T. K. Doi, and S. Kurokawa, "Preparation and characterization of composite coatings containing a quaternary ammonium salt as an anti-static agent", *Progress in Organic Coatings*, Vol.92, pp. 80-84, Mar. 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2015.11.013>
- [11] L. Wu, Y. Ge, L. Zhang, D. Yu, M. Wu, and H. Ni, "Enhanced electrical conductivity and competent mechanical properties of polyaniline/polyacrylate(PANI/PA) composites for antistatic finishing prepared at the aid of polymeric stabilizer", *Progress in Organic Coatings*, Vol. 125, pp. 99-108, Dec. 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2018.09.002>
- [12] H. Nikoofard, and M. Hosseini, "Study of electrical conductivity and thermochemical stability of oligo (3,4-ethylenedioxythiophene) at temperature range of 50-400 K", *Synthetic Metals*, Vol. 256, Article 116118, Oct. 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.synthmet.2019.116118>
- [13] L&J TECH Homepage, Available From: <http://lnjcompany.com/antistatic-coating> (accessed Mar, 19, 2020)

소 순 영(Soon-Young Soh)

[정회원]



- 1999년 2월 : 충남대학교 공과대학원 공업화학과 (공학박사)
- 1985년 3월 ~ 2012년 3월 : 한화케미칼 연구임원
- 2012년 12월 ~ 2014년 12월 : Univ. of Dar es Salaam (Tanzania) Advisor
- 2015년 4월 ~ 현재 : 청운대학교화학공학과 부교수

<관심분야>

화학제품 개발, 공정최적화, 경제성 평가

전 용 진(Yong-Jin Chun)

[종신회원]



- 1994년 2월 : 고려대학교 공과대학 화학공학과 (공학박사)
- 1987년 7월 ~ 1997년 2월 : KIST 연구원
- 1997년 3월 ~ 현재 : 청운대학교 화학공학과 교수

〈관심분야〉

유기합성, 친환경물질, 화장품

이 재 경(Jae-Kyeong Lee)

[정회원]



- 2015년 2월 : 서울시립대학교 에너지환경시스템공학과 (공학석사)
- 2015년 3월 ~ 2017년 5월 : 계면공학연구소(재) 연구원
- 2017년 3월 ~ 현재 : (주)지엔비 선임연구원

〈관심분야〉

Micropollutants 분석 및 처리, 디스플레이 화학소재