

광학시트 생산과정의 정전기 방지 대책

임무섭*, 임중국**

*한국교통대학교 대학원 공정안전관리학과

**한국교통대학교 공과대학 산업경영 안전공학부

e-mail:jkrhim@ut.ac.kr

Anti-static Electricity Measures in the Optical Sheet Production Process

Mu-Seob Im*, Jong-Kuk Rhim**

*Dept. of PSM, Korea National University of Transportation

**Dept. of Safety Engineering, Korea National University of Transportation

요 약

본 연구는 광학 시트 생산 과정에서의 정전기 피해를 최소화할 수 있는 정전기 방지대책을 제시하였다. 우선 정전기 생성요인에 대하여 살펴 보았고, 정전기 측정방법과 방지방법을 조사하였으며 이를 기본으로 광학시트 제조 공정에서의 방지대책에 대하여 연구하였다. 이들 연구를 통해 다음의 결론을 도출하였다.

첫째, 공간 제전의 개념을 광학 시트 생산 현장에 도입함으로써, 정전기 및 이물질까지 제거할 수 있어 생산성 향상은 물론 제품의 불량률을 줄일 수 있다.

둘째, 공간 제전은 적용사례에서 본 바와 같이 산업계전반에 적용이 가능하기에 확대·적용이 필요하다.

셋째, 광학 시트의 고도화가 이루어지고 있는 시점에서 정전기에 대한 연구는 광학 시트 개발 기술의 새로운 접근이 가능하게 하여 기술력과 국가경쟁력 확보에 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

본 연구의 한계점 및 향후 연구과제로는 정전기는 발화요인이 되어 화재 등 사고를 발생시켜 산업안전을 저해할 우려가 크므로 정전기에 대한 광범위한 실증적인 연구와 고전적인 방법의 정전기 방지대책보다는 소재의 다양화에 적합한 방안을 찾아내는 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

1. 서론

정보통신산업의 획기적인 발전으로 LCD, 고품위 패널(Panel) 등 광학 시트의 사용량이 폭발적으로 증가하고 있는 가운데, 광학 시트의 생산 과정에서 정전기로 인한 피해가 확대됨에 따라, 광학 시트 관련 산업 분야에서 정전기를 어떻게 관리할 것인가가 중요한 이슈로 떠오르고 있다. 특히, 적절하게 제어되지 않는 정전기는 화재·폭발, 생산 장애 및 시스템 파괴와 같은 여러 가지 산업 재해를 유발하고 있다. 반면에 정전기 현상은 그 재현성이 어렵고 과학적으로 다루는 것이 쉽지 않아 과거에는 깊은 연구 대상이 되지 않았지만, 최근에는 석유화학산업 및 반도체산업 등이 급속 도로 발전함에 따라 정전기의 발생과 예방에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는 경향에도 불구하고, 광학 시트 제조 분야에서의 정전기 방지 관련 국내의 연구는 아직 미흡한 수준이다.

본 연구는 첫째, 정전기 생성요인을 살펴본 후 정전기 측정 방법에 대한 국가규격을 소개한다. 둘째로, 기본적인 광학 시트 제조 과정을 살펴본 후

실질적으로 산업현장에서 정전기의 발생을 최소화시키는 방안을 제시함으로써 「중대재해 처벌 등에 관한 법률」 시행에 따른 광학시트 관련 업계의 피해를 최소화 해보고자 한다.

2. 본론

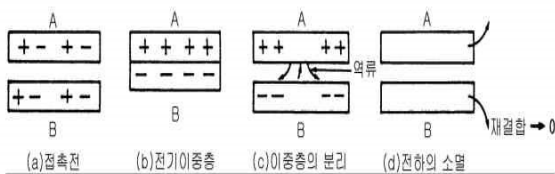
2.1 정전기 개요 및 발생원리

정전기(static electricity)는 흐르지 않고 멈춰있는 전기로써 정전기를 문자대로 정의하면 “공간의 모든 장소에서 전하의 이동이 전혀 없는 전기”라고 규정할 수 있다. 정전기 현상 발견 기록은 기원전 6세기경 철학자 탈레스(Thales)는 당시 귀부인들이 장식용으로 달고 다녔던 호박에 먼지가 달라붙어 더러워지는 것을 이상히 여기고 그것이 무엇인가를 생각하기 시작한 것이 최초의 기록이다.

정전기는 일반적으로 두 종류의 물체를 마찰하거나 접촉시키면, 자유전자의 과다 또는 부족으로 전기를 갖게 물체 상호 간 또는 주위의 가벼운

물체를 당기는 힘이 생긴다. 이때 양 물질은 대전(electrification) 되었다고 하며되며, 이것은 전하(electric charge)라고 말하는 전기량이 양 물질에 생기기 때문이다. 물체는 정(+)으로 대전하든가 또는 부(-)로 대전하게 되는데 두 물체에 대전하는 전기량은 같다.

정전기의 발생은 두 물체의 접촉으로 인한 정전기의 발생과정은 3단계 즉, 접촉면에 전기 이중층(二重層)의 형성, 전기 이중층의 분리에 의한 전위상승, 분리된 전하의 소멸로 나누어지며 대전 현상은 이 3단계 과정이 연속적일 때 발생한다. (그림 1 참조)



[그림 1] 정전기의 발생과정

또한 정전기의 발생 종류는 마찰에 의한 발생, 박리에 의한 발생, 유동에 의한 발생, 분출에 의한 발생, 충돌에 의한 발생, 파괴에 의한, 교반이나 침강에 의한 발생, 기타 그 외에 의한 발생 등으로 분류할 수 있다.

2.2 정전기의 방전

정전기의 발생으로 인하여 두 대전체 사이에 고전압이 인가되면, 기체 내에서 정전기가 방전하여 화재 및 폭발 등의 재해가 발생한다. 정전기로 인해 물체의 표면 전계가 기체의 절연파괴 전압을 초과하면 방전을 시작한다. 이러한 방전의 종류는 코로나 방전, 스트리머 방전(Streamer Discharge), 불꽃방전(Spark Discharge), 연면(鉛面)방전, 뇌상 방전 등이 있으며 자세한 설명은 생략한다.

2.3 정전기 측정방법

한국산업표준(KS C IEC 61340-2-2:2000(2020 확인))은 물질에서 마찰이 발생하거나 다른 물질 위를 흘러내릴 때의 전하 발생을 측정하기 위한 적절한 시험 방법을 기술하고 있다. 일반적인 전하발생 상황은 다음과 같다.

- 1) 운송 튜브 및 장치에서 미끄러져 나오는 반도체소자 및 운송 가방에서 미끄러져 나오는 키트회로판
- 2) 표면 위를 미끄러지는 물질
- 3) 분말의 공압 운송
- 4) 파이프 및 필터를 통한 액체의 운송
- 5) 물질의 마찰

6) 미끄럼 면을 통과하는 직물과 필름 물질 및 테이프를 벗길 때

7) 바닥면을 걸을 때의 인체

일반적으로 ①패러데이 케이지는 1)~4)의 측정에 사용 ②필드미터는 5)~6) 측정에 사용 ③정전 전위계는 7)측정에 사용 ④대전판 모니터는 5)~7)측정에 사용된다. 각각의 측정 방법에 대해서는 생략하겠다.

2.4 광학 시트

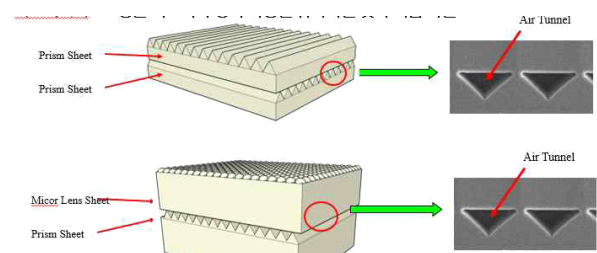
2.4.1 광학시트

정보표시기술에서 표시장치는 지난 반세기 이상 브라운관(CRT)이 독보적인 위치를 점하였으나 급속히 발전하는 정보시대를 맞아 보다 대형화되고 박형화된 디스플레이 기술이 요구되었다. 이에 따라 대형화 및 박형화가 가능한 평판디스플레이 기술이 발전되어 왔는데, 평판 디스플레이로는 액정 디스플레이(LCD), 프로젝션 디스플레이 및 플라스마 디스플레이(PDP)가 주류를 이루고 있고, 전계방출디스플레이(FED)와 전계발광디스플레이(ELD) 등이 관련 기술의 향상과 더불어 발전되어 왔다. 이를 가능하게 한 것이 광학 시트의 개발이다.

2.4.2 광학시트의 종류

2.4.2.1 복합시트

복합시트(Composite Prism Sheet)는 확산시트, 렌즈, 프리즘시트 등의 2장 또는 3장의 기능을 한 장으로 구현하는 광학시트를 말하며 시트 사이에 공기층을 확보하여 광학기술을 유지하는 것이 핵심 기술이며 그림 2와 같다.

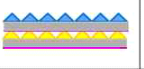
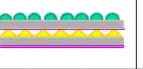
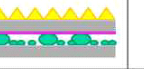
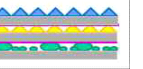


[그림 2] 복합시트 구성

복합시트의 종류는 ① 프리즘 2매 일체화형(POP) ②프리즘과 렌즈의 일체화형(MOP) ③확산과 프리즘 일체화형 ④확산과 프리즘 2매 일체화 형으로 나눌 수 있다.

①과 ②는 현재 삼성전자에서 생산 중이며, ③과④는 개발이 진행되고 있는 상태이다. ①은 주로테블릿, 노트북, TV등에 사용되고 있으며, ②는주로TV에만 사용 중이다.

각각의 구조는 그림 3과 같다.

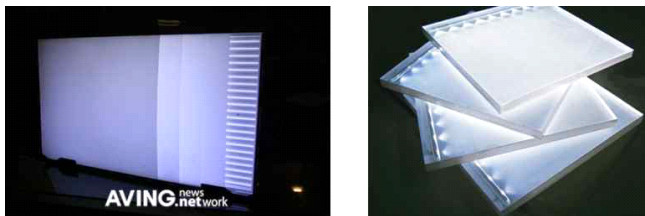
POP (GCS220)	MOP (GCS230)	GCS120	GCS122
			
Prism 2배 일체화	Prism + Lens 일체화	확산 + Prism 일체화	확산 + Prism 2배 일체화

[그림 3] 복합시트 구성도

2.4.2.2 BLU(Back Light Unit)용 광학시트

액정 디스플레이(LCD)는 자체로 빛을 내지 못하기 때문에 LCD 뒷쪽에 빛을 비춰야만 LCD에 나타난 화면을 볼 수 있다. 이 때 LCD 뒷쪽에 고정시키는 광원을 백라이트라고 하며 통상적으로 BLU로 지칭한다. 용도는 ①선광원(형광램프) 또는 점광원(LED)을 균일한 면광원으로 만들 ②Direct Type BLU의 형광등 또는 점광원의 암부

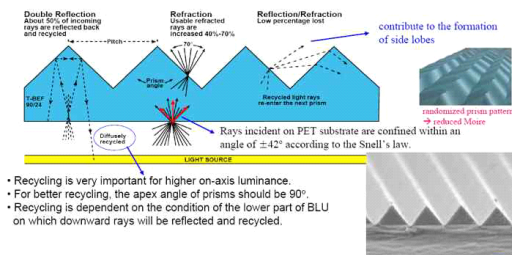
를 은폐 ③Edge Type의 패턴을 은폐 ④BLU 자체 휘도를 강화하는데 사용된다.



[그림 4] BLU 형태

2.4.2.3 BLU(Back Light Unit) 종류

①프리즘시트 : TV 발광체의 빛 손실을 최소화하고 밝기를 높이는 광학필름으로 광원이 되는 CCFL 이나 LED로부터 빛을 더 밝게 해주는 기능을 함으로써 BLU에서 꼭 필요한 핵심 부품이다.



[그림 5] Prism Sheet

② 편광필름 : 입사광의 수직 또는 수평 편광을 구분하여 통과시키거나 차단시킬 수 있는 성질의 필름으로 노트북 컴퓨터와 모니터 등의 박막 트랜지스터 액정 표시 장치(TFT-LCD)나 카메라 특수 효과용 필터이며 입체 영화 안경 등에 사용되는 광학 필름이다. 액정 표시 장치(LCD) 모듈의 백라이트에서 나오는 빛의 세기는 모든 방향으로 균등하나 편광 필름은 이러한 빛 중에서 편광 축과 동일한 방향으로 진동하는 빛만 투과시키고 그 외는 흡수 또는 반사하여 특정 방향의 편광을 만드는 역할을 한다.

③ 확산 시트(Diffuser Sheet) : 광원에 전원을 넣으면 빛이

발생하는데, 확산판에 다다른 빛은 약간의 굴절이 발생되어 확산된 내부로 진행한다. 확산판 내부에서 확산제와 만난 빛은 다시 반사와 분산을 반복하며 진행하고 이 과정에서 표면 전체에 일정한 밝기를 형성한다. 최근에는 렌즈모양의 패턴을 확산 시트에 형성하여 휘도를 개선

한 고휘도 확산시트를 사용한다.

또한, 확산 시트의 한 형태인 마이크로렌즈 시트는 표면에 반구형 마이크로패턴들이 형성되어 있는 구조이고, 프리즘시트의 휘도 향상 기능과 확산시트의 광확산 기능을 모두 수행하기에 일반적인 프리즘시트 보다는 낮은 휘도 특성을 나타내나 확산시트보다는 높은 휘도 구현이 가능하다.

2.4.3 광학시트 생산 공정

일반적으로 광학시트 제작 공정은 그림 26과 같다. 다만, 다양화된 광학시트의 특성에 따라 특수한 과정이 추가되어 고유의 기능에 적합한 제품이 생산된다고 볼 수 있다.

2.5 광학시트 생산공정의 정전기 방지대책

2.5.1 일반적인 정전기 방지대책

2.5.1.1 도체 방지 대책

다음과 같이 접지 방법을 사용하여 대전을 방지한다. ①누설 저항이 1,000Ω을 넘는 제조설비, 장치 등을 접지 ② 부도체가 대전 물체에 설치되어 있거나, 또는 그 가까이에서 정전유도 등에 의해

대전될 수 있는 금속물체가 있는 경우에 이를 접지 ③고전압 가까이에서 있는 설비, 장치 등을 접지 ④이동물체 또는 가반물체에 전도성 재료를 쓴 경우에는 그 누설저항을 108Ω이하로 저하시킨다.

2.5.1.2 부도체 방지 대책

①전도성이 높은 물질을 사용(전도화) : 접지해도 정전기를 제거할 수 없는 절연체(수지성형품이나 고무)를 접지하는 것에 의해 제전될 수 있도록 제품이나 재료 자체에 도전성(카본이나 금속성분등)을 혼합하거나 대전 방지제를 도포하거나 하는 방법

② 환경에 의한 대책 : 습도 65%이상이 되면 정전기가 거의 발생하지 않는다고 하는 물리 현상을 응용하여 주위 환경의 습도 컨트롤을 하는 방식으로 환경자체를 컨트롤하는 것이 되므로 장치나 설비가 필요하다.

③제전기를 사용하는 방법 : 제전 브러쉬, 리본에 의한 제전(자기방전식), 제전기(전압인가식)로 전극압에 고전압을 인가하여 코로나 방전에 의해 발생하는 이온을 이용하여 제전하는 것으로 바형, 송풍기형, 스폿형 제전기 등이 있다.

2.5.1.3 작업자의 대전 방지 대책

인체는 정전기적으로는 도체로 간주되기 때문에 정전화 작업화와 전도성 바닥 등 부속물을 통하여 인체의 누설저항을 저하시킨다. 레일 작업처럼 작업자가 일정 위치에 머무르는 작업은 리스트 스트랩 등을 이용하여 직접 접지한다. 또한 대전 방지처리 및 가공한 대전 방지 작업복을 착용한다.

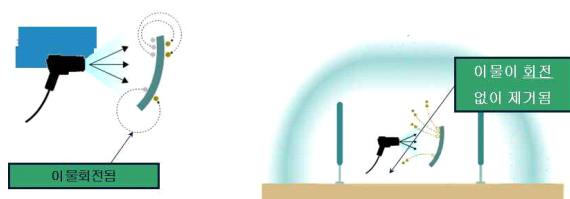
2.5.2 광학 시트 공정 중 정전기 방지대책

박막화한 미세회로의 반도체는 작업자가 인지하지 못하는 100V 이하에서도 정전기에 의해 파괴될 수 있다. 또한 여러 장의 광학 시트를 한 장으로 합지하는 과정에서는 정전기는 이물질들을 끌어들이며 필름지들 사이에 이물질이 박혀 물 손상을 시켜 손상된 물 부분에 지나가는 필름지들이 스크래치, 눌림 현상이 일어나 제품에 손상을 주는 사례가 발생하고 있다. 이에 따라 광학 시트 생산 공간을 제전하는 “공간 제전” 방식을 접목해보고자 한다.

2.5.2.1 공간 제전

“제전 구역화”라고도 볼 수 있으며, 일정 구역 내에 이온 배치로 정전기 활성 이물을 비활성 이물로 전환하여 공간의 정전기를 제거하는 방식이다. 활성 이물은 정전기를 띄고, 흡착력을 내포한 이물이며, 비활성 이물은 정전기가 제거되어 흡착력을 상실한 이물이다.

기존의 송풍기를 이용한 방법은 (+), (-)를 송풍에 의한 중화는 이온의 흡착력이 약화되어 이물 제거가 효율적이지 못하며, 특히 이물의 분리만 있을 뿐 제거할 수 없는 단점이 있다. 이를 해결하기 위해 “공간 제전기”를 도입하여 제전구역 내측은 공간의 정전기를 제거하여 클린 특히, 공간 제전기를 동기신호로 연결하면 큰 면적을 제전할 수 있는 장점이 있다.



[그림 6] 공간 제전 개념도

2.5.2.2 공간제전 효과

첫째로, 무풍, 무소음으로 작업자의 피로도를 최소화하여 생산성 향상시키며, 둘째로 무풍 제전은 이물의 흩날림으로 인한 제2의 이물 불량을 근본적으로 해결할 수 있고, 셋째로 기존 방식으로 불가능한 이물 회전을 방지할 수 있다.

3. 결 론

본 연구는 광학 시트 생산 과정에서의 정전기 피해를 최소화할 수 있는 정전기 방지대책을 제시하였다.

첫째, 공간 제전의 개념을 광학 시트 생산 현장에 도입함으로써, 정전기 및 이물질까지 제거할 수 있어 생산성 향상은 물론 제품의 불량률을 줄일 수 있다.

둘째, 공간 제전은 적용사례에서 본 바와 같이 산업계 전반에 적용이 가능하기에 확대·적용이 필요하다.

셋째, 광학 시트의 고도화가 이루어지고 있는 시점에서 정전기에 대한 연구는 광학 시트 개발 기술의 새로운 접근이 가능하게 하여 기술력과 국가경쟁력 확보에 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

본 연구의 한계점 및 향후 연구과제로는 정전기는 발화요인이 되어 화재 등 사고를 발생시켜 산업안전을 저해할 우려가 크므로 정전기에 대한 광범위한 실증적인 연구와 고전적인 방법의 정전기 방지 대책 보다는 소재의 다양화에 적합한 방안을 찾아내는 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

감사의 글: 2022년 한국교통대학교 지원을 받아 수행하였음

참고문헌

- [1] D. M. DeJoy, B. S. Schaffer, M. G. Wilson, R. J. Vandenberg and M. M. Butts, "Creating Safer Work-places: Assessing the Role and Determinants of Safety Climate", Journal of Safety Research, Vol. 35, pp.81-90, 2004
- [2] T.C. Wu, C. H. Chen and C. C. Li, "A Correlation among Safety Leadership, Safety Climate and Safety Performance" Journal of Loss Prevention in the Process Industries. Vol.21, No. 3, pp. 307-318, 2008.
- [3] D. M. DeJoy, B. S. Schaffer, M. G. Wilson, R. J. Vandenberg and M. M. Butts, "Creating Safer Work-places: Assessing the Role and Determinants of Safety Climate", Journal of Safety Research, Vol. 35, pp. 81-90, 2004.
- [4] S. A. Felknor, L. A. Aday, K. D. Burau, G. L. Delclos and A. 5. Kanpadia, "Safety Climate and its Association with Injuries and Safety Practices in Public Hospitals in Costa Rica", International Journal of Occupational and Environmental Health, Vol. 6, pp. 18-25, 2000.
- [5] O. Siu., D. R. Phillips and T. Leung, "Safety Climate and Safety Performance among Construction Workers in Hong Kong: The Role of Psychological Strains as Mediators", Accident Analysis and Prevention, pp.359-366, 2004.
- [6] K. S. Kim and Y. S. Park. "The Effects of Safety Climate on Safety Behavior and Accident", Korean Journal of Industrial and Organizational Psychology, Vol. 15. No. 1, pp.19-39, 2002.