

유연 광섬유 기반 스마트 디스플레이 의류의 제품개발 사례

A Case of Development of Apparel Product with Displaying Function on the basis of the flexible POF technology

양은경^{*,}, 박수진^{a,}, 이주현^{a†,}, 정기삼^{b,}, 조하경^{c,}, 홍순교^{d,}, 김용^{e,}, 정행아^{f,}, 이대오^{f,}, 손병욱^{f,}, 우민우^{f,}, 손서희^f

연세대학교 의류환경학과^a

용인송담대학교 의료정보시스템전공^b

한국섬유소재연구소^c

(주)엘티전자^d

(주)디지털솔루션^e

코오롱인더스트리(주) FnC부문, 코오롱 스포츠 BU^f

Key words: Plastic Optical Fiber, Flexible Textile Display, Smart Clothing

1. 서론

최근 IT 융합 기술이 글로벌 시장의 핵심 화두로 떠오르면서 스마트 의류 기술이 발전을 거듭해왔다. 이러한 동향의 하나로써, 최근 의류분야에서는 디지털 기능이 추가된 ‘스마트 디스플레이 의류(Smart Displaying Clothing)’가 개발되고 있다.

이러한 스마트 디스플레이 의류에는 물리적 또는 화학적으로 클래딩을 에칭하여 그 사이로 빛이 새어 나오게 하는 측광 효과의 플라스틱 광섬유가 자주 사용된다. 최근에는 에칭된 광섬유사의 표면에 합성수지를 코팅 처리하는 ‘내수성 & 유연 광섬유(이하 ‘광섬유’로 약칭) 가공 기술 (출원번호:10-2007-0071801)’이 개발되어 의류용으로 적용 가능한 광섬유 직물 디스플레이의 개발이 가능해졌다.

이에 본 연구에서는 예비 실험을 통해 스마트 의류에의 적용을 위한 직물 디스플레이의 발광 특성을 탐색한 후, 직물화의 구체적인 방법에 따른 발광 효과와 특성에 관한 체계적인 연구결과를 제시하였다. 또한 이를 바탕으로 개발된 안전보호 기능 스마트 디스플레이 의류의 제품개발 사례를 제시하였다.

2. 연구목적

본 연구의 목적은 스마트 디스플레이 의류 제품개발을 위한 일련의 과정을 소개하는 것이다. 이를 위한 세부적 연구목표는 첫째, 내수성 광섬유의 경편, 직조, 기계자수 3 가지 직물화 방식에 따른 발광특성을 탐색하고, 둘째, 직물화 방법에 따른 휘도와 물리적 가시도, 시각적 가시도를 분석하는 것이며, 셋째, 제품화된 안전보호 기능의 스마트 디스플레이 의류의 발광효과를 탐색하는 것이다.

광원부 및 광원제어부, 전원부 등에 대한 개발 과정 및 결과는 본 논문의 범위에서 제외되었다.

3. 예비실험

3.1. 예비실험 I

예비실험 I에서는 직조, 편성, 기계자수의 3 가지 직물화 방법에 따른 광섬유 직물의 발광특성을 고찰하였다.

시료: 예비실험 I에서는 3 가지 직물화 방법, 즉 직조, 편성, 기계자수의 방법으로 제작한 시료와, 비교 시료(reference material) 로서 순수 광섬유 시료(pure POF array)를 포함한 총 4 가지 시료를 제작하였다. 모든 시료의 크기는 2inch x 19inch 로, 각 시료에 포함되는 광섬유의 총 가닥수는 28 가닥으로 통제되었다. 또한 광원으로는 LED 의 RGB 삼색광 중 광효율이 가장 높은 녹색 컬러 (모델 KSI, 소비전력 0.24W, LED 사이즈 5050 칩)를 사용하였다.

휘도측정: 시료당 총 3 개의 측정점을 설정한 후, 휘도 평균화 측정(Minolta CS-200)기능을 활용하여 그 값을 측정하였다. 이 때 인접한 주위의 휘도값은 모두 0.02 cd/m^2 (아무것도 보이지 않는 어두운 상태)로 통제되었다.

결과: 예비실험 I 연구결과 동일 조건 하에서 휘도는 순수 광섬유 시료의 경우 2.69 cd/m^2 , 기계자수 시료 1.13 cd/m^2 , 편성 시료 1.03 cd/m^2 , 직조 시료 0.90 cd/m^2 순으로 나타났다. 즉, 순수 광섬유 시료를 제외하고 기계자수의 휘도 값이 가장 높게 나타났다.

또한 배경의 휘도 대 관찰하려는 물체의 휘도와 배경의 휘도의 차로 정의되는 휘도 대비값을 산출한 결과, 직조, 편성, 기계자수의 3 가지 시료 모두 'Discrimination(물체가 구별되는 상태)' 영역에 속하여, 야간 환경 또는 어두운 환경에서 눈에 잘 띄는 정도의 발광 효과를 지닌 것을 알 수 있었다.

3.2. 예비실험 II

예비실험 II에서는 광섬유 직조물의 길이에 따른 휘도와 물리적 가시도, 지각적 가시도를 통한 발광 특성을 고찰하였다.

시료: 16 종광 AVL Computer Dobby Loom 과 CAD-CAW(Computer-Aided Weaving) 소프트웨어 프로그램인 Weave Point 6.4 를 사용하여 경사는 실크사(600D), 위사는 직경 0.25mm 인 내수성 광섬유사(POF, ㈜엘티전자)와 실크사(600D)를 사용하여, 위사 길이가 다른 총 4 가지의 시료를 제작하였다. 광원은 LED RGB 삼색광 컬러 3 가지(모델 KSI, 소비전력 0.24W , LED 사이즈 5050 칩)로 하여, 직물 길이에 따른 총 4 가지 시료에 대한 휘도와 물리적 가시도, 지각적 가시도를 고찰하였다.

휘도측정: 각 시료의 각 거리 대역별로 가장 밝은 지점을 시작점으로부터 2cm 간격으로 휘도를 측정하였다(Minolta CS-200). 평균화 측정방식을 통해 산출된 5 개의 측정값들의 산술평균을 최종적인 휘도값(단위: cd/m^2)으로 사용하였다.

지각적 가시도 측정: 사람이 시감적으로 지각하는 4 가지 시료의 발광 효과를 알아보기 위해 20~30 대 여성 피험자 5 명을 대상으로 모든 시료들의 지각된 가시도를 평가하였다. 측정 환경은 원거리 실험이 가능한 실외 운동장으로 선정하였으며, 측정 시 주변 환경 휘도는 암실상태와 유사한 0.02cd/m^2 내외였다. 이 때, 광원은 휘도 및 물리적 가시도 측정 시와 동일한 것을 사용하였다. 이를 위하여 시료와 피험자 간 거리를 5m 단위로 나누고, 무선회된(randomized) 순서로 4 가지 시료를 각 피험자에게 제시하여 거리대역 별로 지각되는 밝기의 정도를 3 점 순위형 척도에 응답하도록 하여 지각적 가시도를 평가하게 하였다.

결과: 예비실험 II의 광섬유 직물 디스플레이의 길이에 따른 4 가지 시료에 대한 휘도와 물리적 가시도 결과, 4 개 유연 광섬유 직물 시료의 각 측정점 별 휘도분포(물체휘도; object luminance)는 $0.47 \text{ cd/m}^2 \sim 11.58 \text{ cd/m}^2$ 까지의 값을 나타냈으며, 이는 식별이 쉽게 가능한 '물체가 구별되는 상태(Discrimination)' 영역에 속하여, 이는 야간 등반 환경에서 타인으로부터 눈에 잘 띄 수 있을 정도의 발광효과를 지닌 것을 알 수 있었다. 녹색 광원을 사용하였을 때, 모든 시료에서의 최대 가시거리는 100m 내외로 나타났으므로 4 개 시료 모두 산악복의 안전보호 기능에 유용한 성능을 가진 것으로 판단되었다.

4. 대량생산 가능성의 탐색

예비실험 I, II 결과, 3 가지 광섬유 직물화 방식 중 휘도, 물리적 가시성, 지각적 가시성 측면에 있어 우수한 특성을 나타낸 기계자수, 직조 등 2 개 방식을 광섬유 직물의 대량생산 후보 방식으로 선정하고, 그 가능성을 탐색하였다.

그 결과 직조 방식의 경우 광섬유사의 내구성 결여로 인하여 자카드직기로 대량 직조하는 데에 한계점이 발견되었다. 따라서 광섬유 직물화의 방식으로서, 기계자수 방식을 최종 선정하였다.

5. 본 실험 및 결과

시료: 직경 0.25mm 인 내수성 광섬유사를 기계자수 방식으로 직물화하고 이를 산악복 재킷에 적용하였다. 광원은 Red LED(45mA, 2.15V, 소비전력 0.1W, LED 사이즈 5050 칩, SMD 타입)를 사용하였다.

측정방법: 광섬유직물 부의 휘도와 물리적 가시도, 지각적 가시도를 고찰하였으며, 휘도 측정은 예비실험 I 과 동일한 조건에서 실시하였으며, 지각적 가시도는 예비실험 II 와 동일한 조건에서 실시하였다.

결과: 산악복 재킷에 적용된 광섬유직물부의 휘도는 6.97 cd/m^2 로 나타났으며, 450~500m 떨어진 지점까지 그 밝기가 인지되는 지각적 가시도를 나타내었다.

여기에서, 예비실험 I 에서와 동일한 전원과 기계자수 방식을 사용하였음에도 불구하고 광섬유직물부의 휘도가 1.13 cd/m^2 에서 6.97 cd/m^2 로 6 배 이상 증가 한 것은, 광섬유 가닥수가 증가한 것과 광섬유-전원부 간 접촉이 더욱 안정된 데에서 기인한 것으로 사료된다.

6. 결론 및 논의

본 연구에서는 안전보호 기능의 산악복 용도에 적합한 발광효과를 나타내는 광섬유 직물 디스플레이 의류 적용 요건을 탐색하고, 직물화 방법에 따른 발광 특성 및 대량생산 가능성을 탐색하였다. 또한 그 결과를 바탕으로 스마트 디스플레이 의류를 위한 직물 디스플레이의 구체적인 구현 방법 및 조건을 적용하여 안전보호 기능의 산악복 재킷을 개발하였다.

본 연구는 유연 광섬유 적용 기술의 응용범위를 넓히고, 향후 유연 광섬유 직물 적용을 위한 범용적 스마트 포토닉 의류의 디자인 연구에 기여 할 수 있을 것이다.

본 연구는 정보통신산업진흥원을 통한 지식경제부의 연구비 지원(과제번호: ITAA1350100200210001000300200)에 의해 수행되었으며, 본 학술발표는 코오롱 인더스트리(주) FnC 부문과의 협업을 통해 수행되었습니다.

참고문헌

- 양은경, 신혜영, 이주현 (2011). 후가공 측광 광섬유 직조물의 스마트 의류 적용 요건의 고찰-직물 길이를 중심으로-. *한국감성과학회 춘계학술대회*.
- 양은경 (2011). 유연 광섬유 직물의 특성과 아웃도어용 디지털 컬러 의류 적용. *석사학위논문, 연세대학교 대학원, 의류환경학과*.
- 홍순교, 이주현 (2007). 내수성 광섬유사 그 제조방법 및 장치. 10-2007-0071801. (주)엘티전자, 연세대학교 산학협력단.