안녕하세요, 자가치유 디스플레이에 대하여 발표를 할, 나노광전자학과 진태원입니다.

오늘 저는 자가치유 디스플레이가 어떤 기술이며, 이 기술이 어떤 문제들을 해결 할 수 있는지에 대해 설명을 하고자 합니다. PPT는 다음과 같이 세가지 파트로 구성 해 보았습니다. 먼저 웨어러블 디스플레이가 마주한 문제를 이야기하고, 그 다음 자가치유 디스플레이의 원리에 대하여, 마지막으로 자가치유 디스플레이의 활용에 대하여 이야기 해 보겠습니다.

서론

웨어러블 디스플레이는 사람이 착용할 수 있는 디스플레이를 의미합니다. 애플 워치나 구글 글래스, VR을 위해 착용하는 오큘러스등도 전부 웨어러블 디스플레이라고 할 수 있지만 최근에는 옷이나 신발등의 의류 계열에 디스플레이를 적용한 형태가 많이 연구되고 있습니다. 사람이 입고, 착용하고 다녀야 하는 특성 때문에 웨어러블 디스플레이는 얇고 가벼우며, 소비전력이 적고, 내구성이 우수한 특징을 가지게 만들어야 하며, 이런 웨어러블 디스플레이를 만들 때 가장 중요하게 여겨지는 요소는, 바로 착용감입니다.

왜 착용감이 웨어러블 디스플레이에 있어서 가장 중요한 요소라고 이야기할까요? 결국 웨어러블 디스플레이는 사람이 입는 것이 목적인 디스플레이이기 때문입니다. 사람의 신체는 곡면으로 이루어져 있기에, 편한 착용감을 얻기 위해서는 디스플레이의 유연성이 필요하게 됩니다.

디스플레이의 유연성이 필요하다는 것에서 알 수 있겠지만, 웨어러블 디스플레이는 대부분 플렉시블 디스플레이인 경우가 많습니다. 다음 영상에서 나오는 신발은, 신발의 옆 면에 플렉시블 디스플레이가 부착되어 신발의 디자인을 원하는 대로 바꿀 수 있는 Shiftwear사의 스마트 신발인데요, 이 신발처럼 웨어러블 디스플레이면서, 플렉시블 디스플레이기도 한 기술을 웨어러블 플렉시블 디스플레이 기술이라고 말합니다.

그런데, 현재 이 웨어러블-플렉시블 디스플레이 기술은 큰 문제를 마주했습니다. 이 문제점은 현재의 플렉시블 디스플레이 기술이 가지고 있는 한계점으로부터 시작되는데요, 그것은 바로 플렉시블 디스플레이에 사용되는 소자가 Stretchable하지 못하다는 것입니다.

Stretchable은 자유 가변형이라고도 하며, 방향에 상관없이 반복적인 변형이 가능한 형태를 말합니다. 현재의 플렉시블 디스플레이 기술은 매우 유연한 성질을 지녀 폴더블, 롤러블 등의 구조를 구현하는 단계까지 오기는 했으나, 이 유연함을 넘어선 변형이 일어날 경우, 다시 원래 형태로 돌아오지 못하는 상태에 머물고 있습니다. 즉 다시 말해, 현재의 플렉시블 디스플레이는 소자에 한계 이상의 Stress가 들어오면, 이를 해결할 수 있는 능력이 없습니다. 몇번 입고 다니면 고장나는 셔츠, 세탁도 하지 못하는 신발들을 차세대 디스플레이라고 부를 수는 없을 것입니다. 이런 Stretchable하지 못한 플렉시블 디스플레이 기술이 해결 되어야만, 웨어러블 디스플레이의 현실화가 가능 해 질 것입니다.

Stretchable하지 못한 문제를 해결하기 위해서는, 어떻게 해야 할까요? 플렉시블 디스플레이가 더 유연해지면 가할 수 있는 Stress는 더 높아 질 것이고, 소자는 좀 더 Stretchable 해 진다고 볼 수 있겠지만, 결국 임계점 이상의 Stress가 들어오면 이를 해결 할 능력은 가지지 못합니다. 이런 근본적인 문제, 즉 소자에 임계점 이상의 Stress가 들어와도 여전히 Stretchable하게 만들기 위해서 우리가 사용해야 하는 기술이 바로 자가치유 디스플레이 기술입니다.

다음 영상이 바로 자가치유 EL 디스플레이, SSELD에 대한 영상입니다. 영상에서 SSELD를 물리적으로 자른 후 방치하면 다시 복구되는 모습을 볼 수 있는데요, 물리적 손상, 전기적 손상을 받아도 전계 방출이라는 특성을 유지하며 복구되는 디스플레이가 바로 자가치유 디스플레이 입니다.

웨어러블한 소자가 물리적 충격을 받아도, 전기적 충격을 받아도 영상의 디스플레이처럼 다시 복구될 수 있다면, 우리는 이를 Stretchable 한 디스플레이라고 부를 수 있을 것이며, 이런 점을 생각해 보면 왜 SSELD가 웨어러블 디스플레이의 한계점을 뛰어 넘는데 도움이 될 수 있는지 이해가 되실 것입니다.

이제 이 SSELD의 원리에 대해 간략하게 알아보도록 하겠습니다. 우선 SSELD에는 자가치유 고분자가 쓰입니다. 자가치유 고분자는 기계적 손상에 반응하여, 자발적으로 손상 부위를 치유하는 응답형 고분자입니다. 자가치유 고분자의 시작은 왼쪽에 보이는 캡슐형 자가 치유 방식 이였는데, 고분자 매트릭스 내에 마이크로 캡슐이 들어가 있고, 손상이 생길 경우 캡슐이 깨지면서 내부 물질(dicyclopentadiene)이 흘러나와 파단면을 수복하는 방식 이였습니다. 이런 방식은 한번 손상이 되어버린 부분은 다시 반응하지 않는 등의 문제가 있어, 이후 형상 기억, 자기집합 상 분리, 손상 감지 등의 기술과 결합하여 발전하는데, SSELD는 이 중 형상 기억을 이용한 디스플레이입니다.

형상 기억 효과는 일정한 온도에서 형상을 기억시키면, 다른 온도에서 변형이 되어도 기억 시킨 온도에서 기억시킨 형상으로 돌아가는 효과로, 이를 일으키는 금속을 형상 기억 합금이라고 합니다. SSELD 에서는 형상 기억 합금으로 황화 아연에 구리를 도핑하고, 여기에 트리톤이란 물질을 섞은 VLC를 사용하는데, 이 VLC은 OLED에 쓰이는 전계 발광을 일으키는 물질이며, 자체로도 점성과 탄성이 높아 플렉시블 디스플레이로 만들 수 있기에 웨어러블-플렉시블 디스플레이를 만들 수 있는 미래의 자원이라고 말할 수 있습니다.

우측 그림은 VLC에 높은 전기장을 인가 하면, Electrical breakdown이 생기고, 형상 기억 합금의 특성에 의해 VLC가 자가치유되며, 결과적으로 EL 특성을 회복하는 과정을 보여주는 그림입니다.

이런 VLC의 특성 때문에, 앞에서 보여준것과 같이 물리적, 전기적 충격에서도 다시 전계발광 특성을 회복할 수 있습니다.

웨어러블 디스플레이의 방향성을 해결 할 수 있다는 점에서 자가치유 디스플레이를 설명 하긴 했으나, 이 기술은 이 외에도 많은 곳에 적용 될 수 있을 것 입니다. 자가치유 디스플레이를 사용하면 소자의 수명이 대폭 증가하기에 OLED의 소자 수명이 다 되어 생기는 번인 현상도 해결 할 수 있을 것이고, 소자의 복구 기능을 생각하면 관리가 어려운 공공 디스플레이나 외부에 배치하는 사이니지등의 수명 증대에도 쓰일 수 있을 것입니다.

이상으로 준비한 발표를 마치도록 하겠습니다