

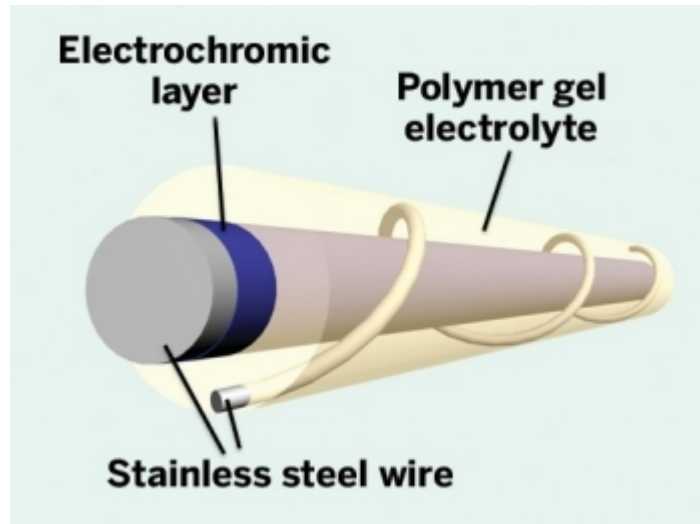
스위치를 누를 때마다 색깔이 변하는 섬유

필요에 따라서 색을 바꿀 수 있는 직물이 있다면, 군사용으로 주위 환경에 은닉하기에 적합한 위장용 소재, 웨어러블 디스플레이나 웨어러블 센서로 활용할 수 있을 것이다. 그러한 섬유 소재에 대한 연구로서, 최근 전기 전압에 따라 빨간색, 녹색, 파란색, 또는 노란색으로 변하는 유연한 직물이 개발되었다. 이전에 개발된 변색섬유와는 달리, 이번에 새로 개발된 섬유는 낮은 전압에서 작동해서 천분의 일초 만에 색이 변하며, 약 30분 동안 그 색을 유지한다. 또한 섬유에 꼬임을 주었을 때도 작동하는 장점이 있다.

이 새로운 섬유는 전기 전압에 따라 가역적으로 색을 바꾸는 이른바 감전발색(electrochromic) 물질을 사용한다. 이와 같은 감전발색 물질을 이용한 개발품으로, 삼산화텅스텐(tungsten trioxide)과 같은 감전발색 금속 산화물을 건물의 창에 사용하여 투명한 색과 햇빛을 막는 어두운 색 사이에서 변화하는 스마트 유리(smart glass)를 들 수 있다.

색이 변하는 섬유소재와 관련하여, 폴리아닐린(polyanilines)과 폴리티오펜(polythiophenes)과 같은 감전발색 중합체에 대한 연구도 진행되고 있다. 최근 이들 물질을 사용하여 전기전도성 코어의 온도가 올라가면, 바깥쪽의 색이 변화하는 동축 고분자 필라멘트(coaxial polymer filament)가 소개되었다. 그러나 이들 물질은 50 V에서 작동하기 때문에, 매우 큰 건전지가 필요하다. 이와는 대조적으로 이번에 개발된 감전변색 섬유는 1.4에서 2.6 V 사이의 전압으로 작동하는데, 이 정도는 시계용 작은 건전지로도 가능하다.

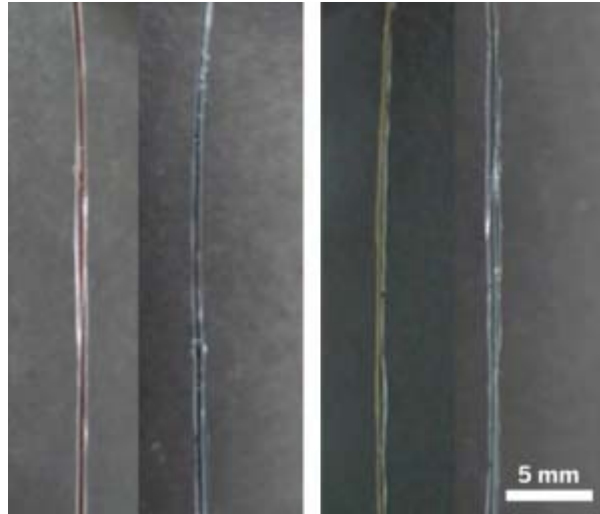
새로운 감전변색 섬유를 개발하기 위해, 중국 동화대학 연구진은 낮은 전압에 빨리 반응하며 다양한 색을 나타낼 수 있고, 긴 시간동안 유지할 수 있는 감전발색 고분자로, poly(3,4-ethylenedioxythiophene) (PEDOT), poly(3-methylthiophene) (P3MT), poly(2,5-dimethoxyaniline) (PDMA) 세 가지 감전발색 고분자를 선택하였다. 이들 물질을 사용하여 섬유 구조를 설계할 때, 연구팀은 섬유기반의 태양전지에 사용되는 나선형 구조를 사용하였다. 먼저 직경 0.1 mm와 0.3 mm 스테인리스 스틸 와이어를 세 가지 고분자 중 하나로 코팅한 후, 과염소산 이온들을 포함하는 고분자 겔 전해질 용액에 침지하였다. 마지막으로, 코팅된 와이어를 더 가는 스테인리스 스틸 와이어를 사용하여 감고, 다시 전해질 용액에 침지하였다.



<그림 1> 새로운 감전변색섬유의 구조

이렇게 제조된 섬유는 양 또는 음의 전압을 적용했을 때, 전해질로부터 과염소산 이온이 감전발색 고분자 안으로 또는 밖으로 이동해서 전기 도핑 작용을 한다. 이러한 작용을 통해 전도성 고분자의 색이 바뀌게 된다. PEDOT-코팅 섬유는 회색과 어두운 파란색 사이에서 변했고, P3MT-코팅 섬유는 파란색과 빨간색 사이에서 변했으며, PDMA-코팅 섬유는 녹색과 노란색 사이에서 변했다. 또한 바깥쪽에 감은 가는 금속 와이어와 전해질 겔이 감전변색섬유에 강도와 유연성을 부여한다. 이들 섬유들을 활용하여 고해상도의 색 변화를 보여주는 다색 직물의 제조도 가능하다.

새로 개발된 감전변색 섬유는 낮은 전압에서 색 변화가 가능하기 때문에 의복용으로 적용하는데 필요한 안전성을 확보하는 데 유리할 것으로 예상되고 있다. 앞으로 성능발현 및 유지시간을 향상시키기 위한 추가적인 연구가 필요하다. 향후 이와 같은 감전발색 섬유 시스템 및 에너지원에 대한 연구를 통해 새로운 웨어러블 일렉트로닉스 개발이 가능할 것으로 예상된다.



<그림 2> 감전변색 섬유

(좌) poly(3-methylthiophene) 코팅 섬유 : 빨간색에서 파란색으로 변색

(우) poly(2,5-dimethoxyaniline) 코팅 섬유 : 노란색에서 녹색으로 변색

♠ Chemical & Engineering News, August 15, 2014