

크기에 관계 없이 동일하게 영향을 미친다. 이들 두 가지 노이즈 때문에 전자기기를 설계하거나 전자기기로 정교한 측정을 해야 할 때 한계가 있을 수밖에 없다. 연구진이 새로 발견한 노이즈는 이들 둘과는 또 다르다. 연구진이 '델타T 잡음(Delta-T noise)'이라고 이름 붙인 이 노이즈는 전류가 흐르고 있는 도체에서 여러 부분들 간 온도 차이 때문에 발생한다. 샷 잡음처럼 일부 전자들은 앞으로 이동하고 나머지는 후진하는 양상으로 나타나는데, 전자기기 시스템이 나노미터(1nm=10억분의 1m) 수준으로 작아질 때 잘 드러난다. 연구진은 끝부분이 뾰족한 두 개의 금 전극 사이에 수소분자를 걸어놓은 초미세 전자 시스템에서 델타T 노이즈의 존재를 증명했다. 이런 유형의 전극은 현재 기술로 만들 수 있는 가장 작은 전자 시스템이라고 연구진은 설명했다. 낭비되는 열을 전력으로 변환하거나 양자모터를 개발하는 등의 최신 연

구에선 대개 나노미터 수준의 온도 측정이 필요하다. 지금까지는 이렇게 미세한 시스템에서 온도를 측정하려면 정교한 온도계를 별도로 만들어야 했다. 하지만 델타T 노이즈를 제어할 수 있다면 나노 수준 온도계가 필요 없어질 거라고 연구진은 예상하고 있다. 새로운 노이즈 발견은 미래 전자산업에도 큰 도움이 될 수 있다. 전자기기 크기가 나노미터 수준으로 줄어들면 내부 전자회로에서 나타나는 온도 변화가 더 큰 영향을 미치게 된다. 지금까지는 이런 현상에 대해 정확히 파악하기가 어려웠다. 앞으로는 새로운 노이즈를 연구함으로써 온도 변화의 영향을 줄이는 방향으로 전자회로를 설계할 수 있게 될 것으로 연구진은 내다보고 있다.

원문 링크 <https://wis-wander.weizmann.ac.il/chemistry/tale-three-noises>

## 마이크로 섬유 형태의 웨어러블 땀센서 개발 - 섬유를 기반으로 생체이식형 전자소자 출현 기대

한 가닥의 섬유처럼 생긴 웨어러블 땀센서가 개발되어, 탈수 여부를 실시간 측정할 수 있게 되었다.

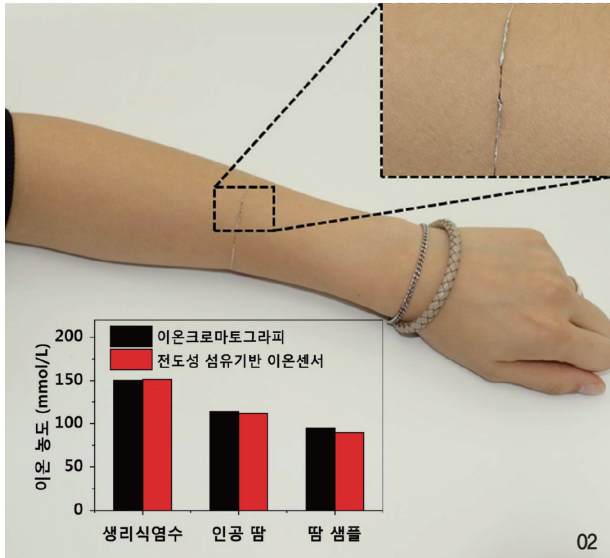
유명한 교수(광주과학기술원), 주상현 교수(경기대학교) 공동연구팀은 전기가 흐르는

단일 가닥의 고분자 섬유를 기반으로 웨어러블 땀센서를 개발했다고 한국연구재단(이사장 노정혜)은 밝혔다.

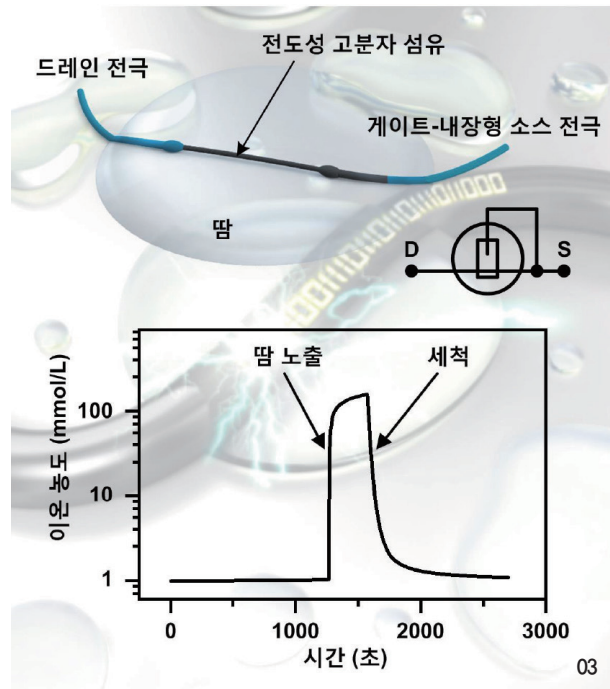
땀의 이온 농도를 실시간 측정하는 웨어러블 땀센서는 여름철 폭염일수와 온열 질환이 급증하면서 더욱 주목받고 있다. 특히 노인과 어린이, 야외 노동자와 같은 폭염 취약계층은 탈수에 대한 민감도가 낮으므로 기기를 이용한 실시간 점검과 주의가 필요하다.



01 물 속 안정성, 생체 적합성을 지닌 웨어러블 땀센서  
전도성고분자 단일 마이크로 섬유 기반 웨어러블 땀센서는 물 속에서 안정적이며, 생체 적합한 특성이 있다.



02



03

02 피부 위에서 구동하는 웨어러블 땀센서 사진  
개발한 땀센서로 측정된 농도는 기존 이온 크로마토그래피로 측정된 농도와 비교할 때 매우 정확하다.

03 웨어러블 땀센서의 모식도와 실시간 이온 농도 측정 결과  
이 연구에서 제시한 게이트-내장형 소스 전극 기술을 통해, 실 한가닥의 구조체 만으로도 복잡한 3전극 트랜지스터 기반의 이온농도 센서와 동일한 메커니즘으로 이온의 농도를 측정할 수 있다.

기존 센서에 포함된 반도체 소자는 얇은 막 형태라서, 늘어나는 등의 유연성이 부족했다. 또한 박막의 규격에 따라 성능이 변화해 정확성이 낮은 점이 상용화의 걸림돌이 되었다.

연구팀은 2차원 박막 형태에서 벗어나 1차원 섬유 가닥 형태의 트랜지스터를 개발했고, 이를 기반으로 사용 편의성이 극대화된 땀센서를 제작했다. 직물에 센서 한 가닥을 삽입하는 간단한 제작 방식으로 생산성도 향상되었다. 사용된 고분자 물질의 특성으로 인해 장기간 물속에서도 안정적으로 구동되며, 높은 생체 적합성을 가진다. 개발한 땀센서로 측정된 농도는 기존 이온 크로마토그래피로 측정된 농도와 비교할 때 매우 정확하다.

특히 개발된 센서는 95% 이상의 높은 재현성과 정확성을 보였다. 반도체의 규격에 상관없이 이온 농도를 정확히 측정하는 기법을 적용한 덕분이다. 이 방법에서는 이온 농도 변화와 측정전류의 변화 비\*가 비례하는 점을 이용했다.

\*측정전류의 변화비 : 측정하고자 하는 용액에서의 측정된 전류값과 기준농도에서의 전류값 사이의 변화비율로, 이를 통해 반도체 규격에 영향을 받는 요소들을 모두 상쇄시킬 수 있다.

유명한 교수는, “수계 전도성고분자의 응용성을 기존 2차원 박막 소자에서 단일 섬유 형태의 소자까지 확장시키는 새로운 패러다임을 제시했다”라며, “가까운 미래에 신개념 섬유 기반 이식형 생체 전자소자의 출현을 앞당길 것으로 기대한다”라고 연구 의의를 설명했다.

이 연구 성과는 과학기술정보통신부-한국연구재단 기초연구사업(중견연구), 민군기술협력사업, 나노소재기술개발사업의 지원으로 수행되었다. 네이처 자매지인 국제학술지 NPG 아시아 머티리얼즈(NPG Asia Materials) 11월 26일자에 게재되었고, 특집 논문(featured article)으로 선정되었다.