

전기화학적 산화법을 이용한 수직구조 유연 반도체 소자

임경근 | 한국표준과학연구원 산업응용측정본부 (E-mail : kglim@kriss.re.kr)

최근 한국표준과학연구원 임경근 선임연구원과 독일 드레스덴공대 칼 레오 교수 연구팀은 전기화학적 산화공정을 이용하여 우수한 성능의 수직구조의 유연 트랜지스터를 안정적으로 제작할 수 있는 기술을 개발했다.

유기 트랜지스터는 디스플레이, 센서, 메모리 등을 가볍고 유연하게 만들 수 있는데다 값싸게 대량 생산까지 가능하여 차세대 반도체 소자로 주목받고 있다. 또한 유기 트랜지스터의 고질적 문제였던 낮은 전하 이동도와 안정성을 해결한 연구결과가 최근 보고되면서 기존 무기 트랜지스터에 대한 대체 가능성이 높아지고 있다. 주로 광물로부터 얻어지는 무기물과 달리 유기물은 화학 반응만으로 만들 수 있어 소재가 유연하고 제조비용이 저렴하다.

하지만 유기 트랜지스터가 상용화 수준에 도달하기까진 아직 많은 걸림돌이 있다. 트랜지스터의 전극이 수평으로 배열되어 소자 면적이 넓어져 구동 전압과 반응시간이 클 뿐만 아니라, 구조적인 문제로 전극에 기생하는 정전용량이 높아 성능이 제한

되어 왔기 때문이다.

한국표준과학연구원 임경근 선임연구원과 독일 드레스덴공대 칼 레오 교수 연구팀은 기존 문제점을 극복하기 위해 전극과 유기 반도체를 수직으로 쌓아 배열했다. 전자의 흐름을 수직으로 조절하면 이동거리가 수백 배 짧아져 구동속도가 급격히 빨라진다. 이러한 수직구조에서 핵심은 반도체 층 내부에 있는 투과전극(permeable base)의 성능이다. 연구팀은 기존보다 누설전류를 1만 배 이상 감소시키는 투과전극을 제작하는 데 성공했다.

연구팀은 감귤류 과일에 흔히 존재하는 시트르산이 희석된 수용액에 투과전극을 넣고 전압을 흘려주는 아노다이징(anodizing) 공정을 이용, 수 나노미터의 동공과 산화막이 형성된 투과전극을 제작했다. 투과전극은 소자가 켜진 상태에선 전자를 많이 빠르게 투과시키고, 꺼진 상태에선 누설전류 없이 전하이동을 차단해야 한다. 하지만 기존의 열성장 등의 방법으로 제작된 투과전극은 미세 나노 구조를 제어할 수 없어 성능이 떨어진다는 평가를 받아왔다. 이번 기술은 투과전극을 통과하는 전자 흐름을 효과적으로 제어할 수 있을 뿐만 아니라, 비싸고 복잡한 공정 없이 아노다이징 전압의 세기 조절만으로 투과전극을 안정적으로 제작할 수 있다. 기존 기술에서의 제조법과 스위칭 성능 문제가 해결됨에 따라 상용화를 크게 앞당길 것으로 전망된다(그림 1).

한국연구재단 신진연구지원사업의 지원을 받은 이번 연구결과는 소재분야 세계적 학술지인 *Advanced Materials* (IF 21.950)에 "Vertical Organic Thin Film Transistor with Anodized Permeable Base for Very Low Leakage Current"란 제목으로 2019년 게재되었다.

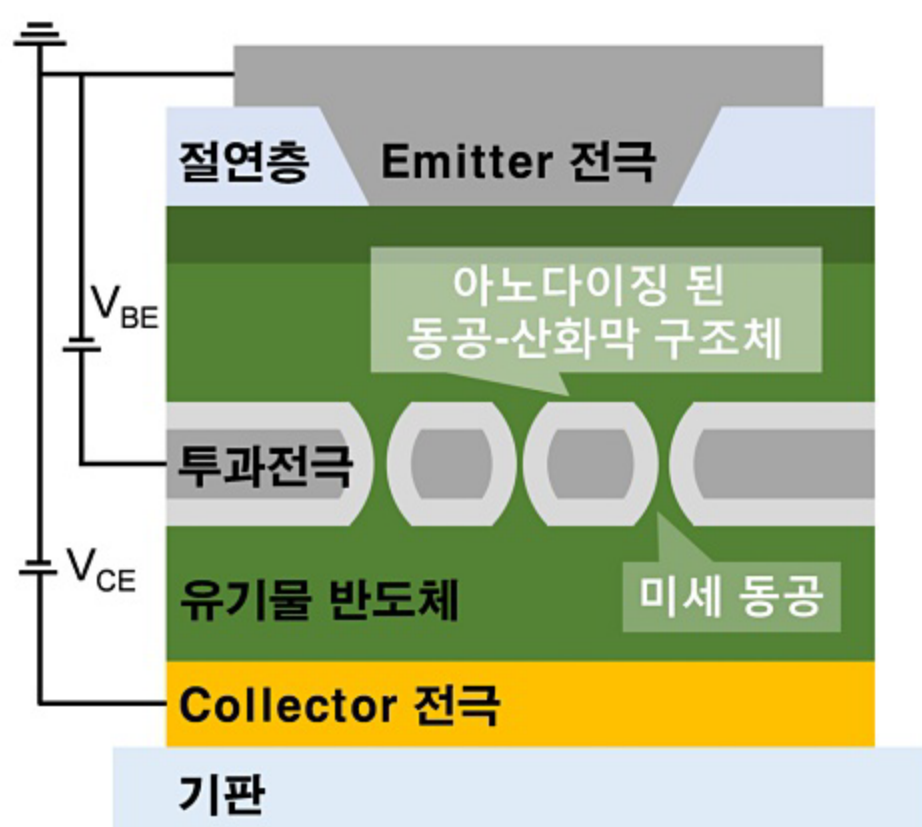


그림 1. 수직구조 유연 트랜지스터의 개요도. 아노다이징 공정으로 개발된 투과전극(동공-산화막 구조체)이 게이트 전극으로 사용됨.