

지느러미 형태의 차세대 고분자 강유전체 비휘발성 메모리 소자

정범진 | 부산대학교 유기소재시스템공학과 (E-mail: bjeong@pusan.ac.kr)

물고기 지느러미 구조로 설계된 트랜지스터(FinFET) 소자 구조는 반도체 산업에 큰 혁신을 가져온 소자 기술이었다. 최근 2단자 고분자 강유전체 메모리 소자에 지느러미 형태의 구조를 도입하여 동작 특성을 크게 개선한 사례가 보고되어 주목을 받고 있다. 지느러미 형태로 설계한 고분자 강유전체 메모리 소자는 구조가 매우 간단하여 집적화에 유리하고, 저전력 및 고속 동작이 가능하여 차세대 비휘발성 메모리 및 뉴로모픽 반도체 소자 기술로 유망할 것으로 기대된다.

강 유전체는 전기장을 제거해도 분극이 유지될 수 있는 물질로, 분극의 크기와 방향을 제어할 수 있어 비휘발성 메모리 소자로 널리 사용되어 왔다. 특히, 고분자 강유전체는 기계적으로 유연하며, 박막, 패턴, 섬유 등 다양한 형태로 가공이 용이한 이점 등을 가져 다양한 형태의 메모리 소자로 연구가 활발히 진행되고 있다. 고분자를 비롯한 강유전체 기반의 메모리 소자 구조는 커패시터 형태의 FeRAM(ferroelectric random access memory)을 트랜지스터와 함께 사용하는 1T1F 구조가 대표적이며, 이들을 한 소자의 형태로 융합한 강유전체 전계 효과 트랜지스터(ferroelectric field-effect transistor, FeFET)의 3단자 소자가 최근 널리 연구되고 있다. 그러나 3단자 소자 또한 집적도 측면에서 한계점이 있어 이보다 더 간단한 터널 접합(ferroelectric tunnel junction, FTJ)과 같은 2단자 소자 또한 연구되고 있으나, FTJ의 경우 안정적인 소자 구동에 대한 이슈가 문제로 남아 있다.

최근, 간단한 2단자 소자의 형태로 매우 안정적으로 구동할 수 있는 새로운 형태의 강유전체 메모리

소자 구조가 학계에 보고되어 주목을 받고 있다 (그림 1). 이 소자는 P(VDF-TrFE) [poly(vinylidene fluoride-co-trifluoroethylene)] 공중합체 고분자 박막 커패시터 소자의 측면에 산화물 반도체 물질을 채널로 덧대어 만든 방식으로 마치 물고기 지느러미와 유사해 강유전체 핀 다이오드(ferroelectric fin diode, FFD)로 명명되었다. FFD 구조에서는 반도체 채널 층이 강유전체 층의 프로그래밍 과정에 직접적으로 참여하지 않아 동작 과정이 안정적이고 비파괴적이며, 이는 10^7 회 이상의 매우 우수한 수준의 동작 반복 특성으로 검증되었다. 나아가 약 20 fJ의 낮은 에너지 소모량과 100 나노초 수준의 고속 동작 특성을 보여 차세대 비휘발성 메모리 및 뉴로모픽 반도체 소자 기술로도 충분히 응용이 가능함을 보여주었다. 21세기 반도체 산업의 트랜지스터 소자 기술에 혁신을 가져왔던 지느러미 형태의 구조가 강유전체 메모리 소자의 난제를 해결하는데 다시 한번 돌파구를 제시할 수 있을지 귀추가 주목되고 있다.

본 연구결과는 *Nature Communications*에 “A ferroelectric fin diode for robust non-volatile memory”의 제목으로 2024년 1월에 게재되었다 (DOI: 10.1038/s41467-024-44759-5).

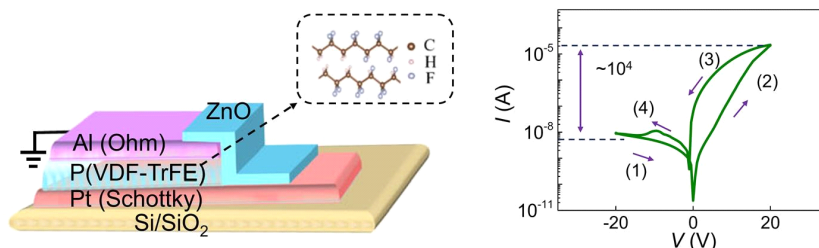


그림 1. 강유전체 핀 다이오드 소자 구조 및 메모리 동작 특성.