

2022 Symposia on VLSI Technology and Circuits Review

서강대학교 전자공학과 석박통합과정 고승원

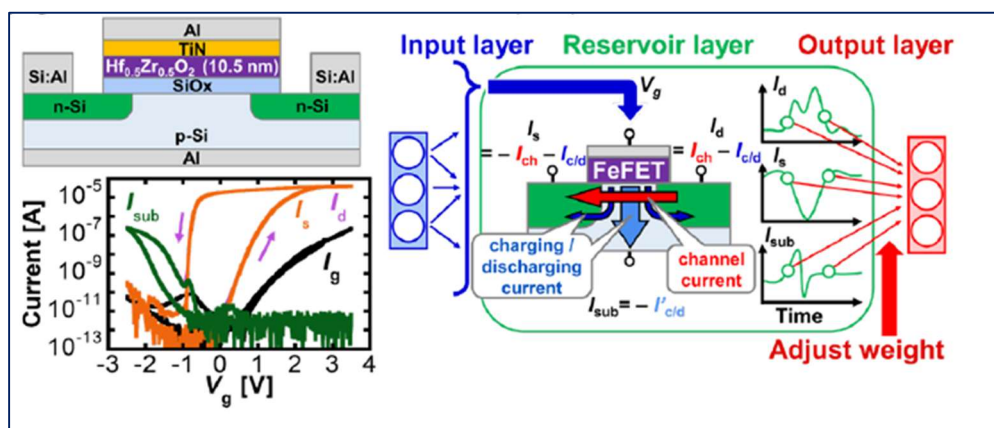
Topic : Beyond-CMOS technologies and platforms, such as quantum devices and computing systems

Session 25 : Beyond-CMOS

이번 2022 VLSI의 Session 25은 Beyond-CMOS technologies and platforms, such as quantum devices and computing systems 분야는 총 4편의 논문이 발표되었다. 이는 기존 사용하던 소자가 아닌 활발하게 연구되어 오고 있는 beyond von-Neumann 컴퓨팅 구조를 가능하게 하는 소자로 연구되었다. 이를 통해 시스템 구조뿐만 아니라 신 소자를 사용하여 더 효율적인 computing system의 guideline을 제시하였다.

#25-1 Experimental demonstration of novel scheme of HZO/Si FeFET reservoir computing with parallel data processing for speech recognition

Reservoir computing 기법을 활용해 인공지능 학습(i.e., weight로 데이터를 training)을 가능케 하여 시켜 데이터를 읽을 수 있게 한다. 본 논문에서는 ferroelectric FET (FeFET)의 polarization switching을 활용하여 computing-in-memory를 실험적으로 확인하였다. FeFET의 경우 drain, source와 substrate처럼 여러 개의 terminal이 존재하여 각기 다른 특성을 나타내기 때문에 이를 통해 하나의 소자로 그림 1처럼 reservoir state를 구현할 수 있다.

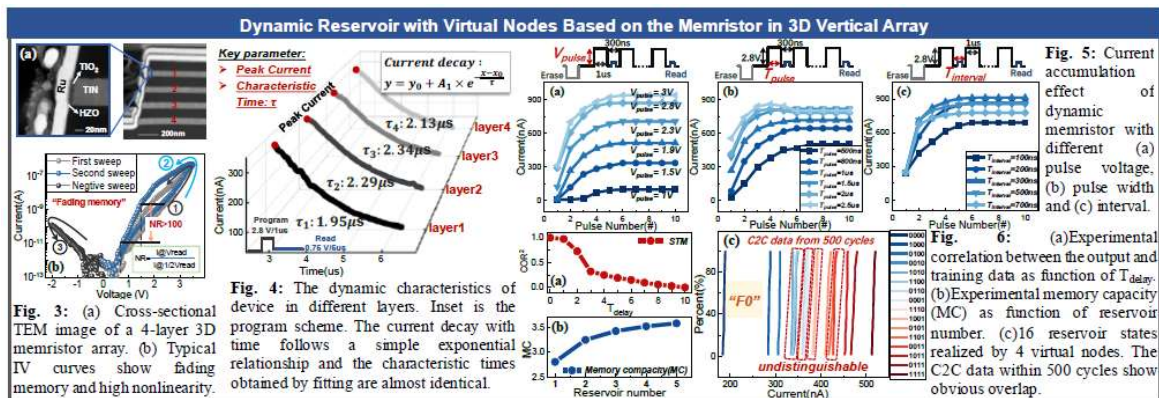


[그림 1] FeFET를 활용하여 reservoir computing 특성을 나타내는 개략도

하지만 기존 보고된 FeFET처럼 endurance 특성이 좋지 않아 계속해서 pulse를 인가하면 memory capacity가 열화 되는 것을 확인할 수 있다. 이를 통해 본 소자의 operation condition을 확인할 수 있었다. 또한 소자에서의 current 차이로 0~9의 state를 뽑아내고 이러한 결과물을 통해 여러 개의 소자를 병렬적으로 연결하여 그 결과물을 통해 검증할 수 있는 시스템을 구축하였고, 서로 다른 input bias scheme과 인가하는 frequency channel의 type을 변화하여 측정된 결과 가장 독립적인 frequency channel을 가지는 경우에 accuracy가 가장 좋은 결과를 나타낼 수 있었다.

#25-2 3D Reservoir Computing with High Area Efficiency (5.12 TOPS/mm²) Implemented by 3D Dynamic Memristor Array for Temporal Signal Processing

본 논문에서는 적층이 가능하고 소자의 크기가 작아 area efficiency가 좋으며 저항의 크기가 바뀌는 memristor를 활용하여 low training cost를 가능케하는 reservoir computing system을 구현하였다. 이는 아래 그림과 같이 구성되어 있으며 sweep에 따라 달라지는 I-V를 활용하여 16개의 reservoir state를 구현할 수 있는 system을 다양한 pulse 조건으로 구현하였다.

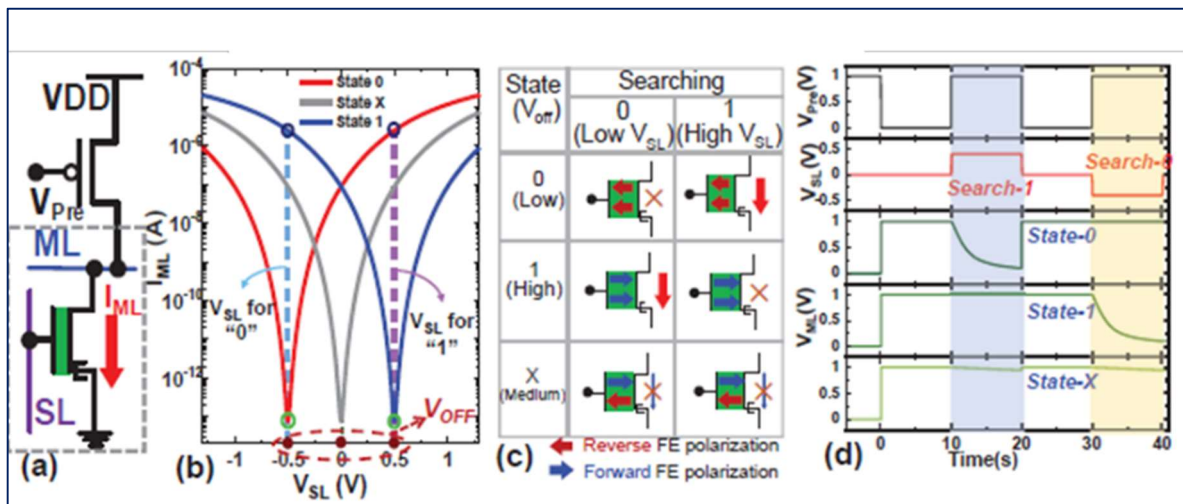


[그림 2] 제작한 3D 형태의 memristor와 다양한 pulse 조건으로 얻어낸 reservoir state

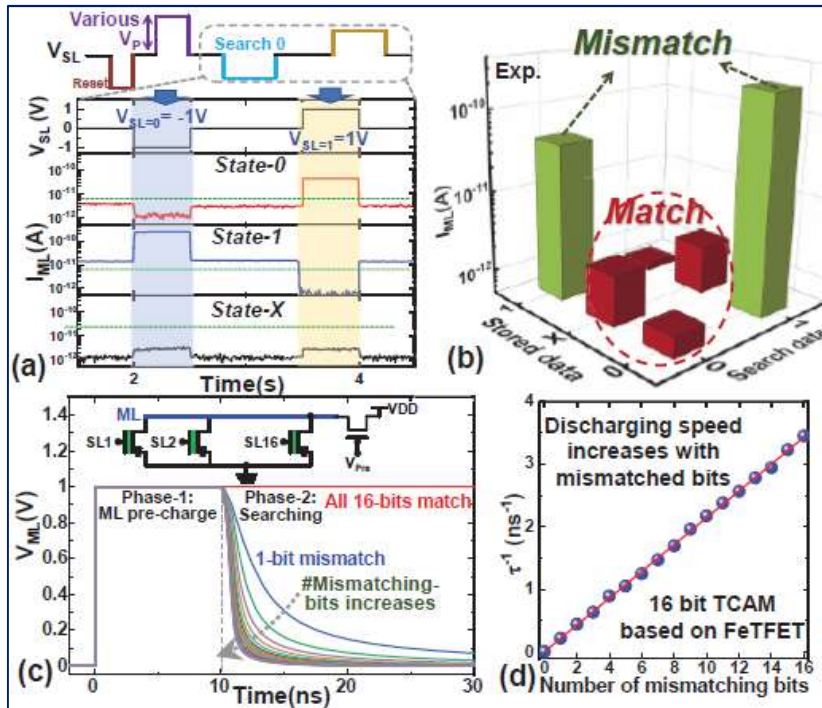
또한 4/8/16 reservoir states를 구현하는 memristor 소자를 input signal에 따라 다른 node로 결합하면서 1 V/500 ns의 동작범위에서 높은 정확도를 가지는 시스템을 5.12 TOPS/mm²의 area efficiency로 구현하였다.

#25-4 A Novel Ambipolar Ferroelectric Tunnel FinFET based Content Addressable Memory with Ultra-low Hardware Cost and High Energy Efficiency for Machine Learning

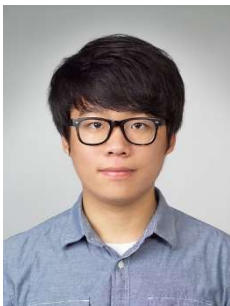
Content addressable memory (CAM)이란, 자신의 메모리 공간 전체를 탐색하여 해당 검색어가 위치하고 있는 주소 및 경우에 따라서는 연관된 데이터를 반환할 수 있는 메모리이다. 그러나 기존의 SRAM-based CAM 의 경우는 최소 10 개의 transistor 를 필요로 하여 집적 관점에서 한계를 가지고 있지만 최근 다양한 비휘발성 메모리들을 활용함으로써 이러한 문제를 해결할 수 있다. 이 중 ambipolar current 가 커서 하나의 cell 에서 다양한 state 를 구현할 수 있는 ferroelectric tunnel FinFET (Fe-FinTFET)을 사용하여 이러한 문제를 해결하고 더 나아가 높은 energy efficiency 를 구현하고자 하였다. 이는 아래 그림과 같이 ambipolar current 와 on current 가 모두 없어지는 구간인 V_{OFF} 시점을 기준으로 XNOR logic operation 을 가능케 할 수 있다. 이를 ternary CAM (TCAM) 관점에서 보자면 아래 그림 3 과 같이 "1","0" 혹은 "X" 상태를 서로 다른 voltage 를 인가한 상태에서 searching voltage 를 다르게 지정하면 저장되어 있는 "1"과 "0" state 를 찾아낼 수 있다 (그림 4). 이를 활용하여 단순 2 bit 뿐만 아니라 여러 비트의 CAM 에서 값을 읽어낼 수 있는 system 을 구현하였다.



[그림 3] FeFinTFET의 state와 XNOR logic 연산이 가능한 특성



[그림 4] 각 state를 찾아내는 match and mismatch bias scheme과 그에 맞는 data 추출



명예기자 고승원

- 소속 : 서강대학교 전자공학과 석박통합과정
- 연구분야 : ferroelectric based low power device, memory
- 이메일 : wonpuppy@sogang.ac.kr
- 홈페이지 : <https://sdrl.sogang.ac.kr/sdrl/index.html>