

**KHOA KHOA HỌC & CÔNG NGHỆ VẬT LIỆU**

**BỘ MÔN NANO MÀNG MỎNG**

Môn Vật liệu và linh kiện lưu trữ dữ liệu

# **RRAM (Resistive RAM)**

Thực hiện

Lê Hải Đoàn 1419070

Hoàng Minh Nguyệt 1419199

Hồ Thị Thanh Nhân 1419201

Nguyễn Trần Thảo Nhi 1419209

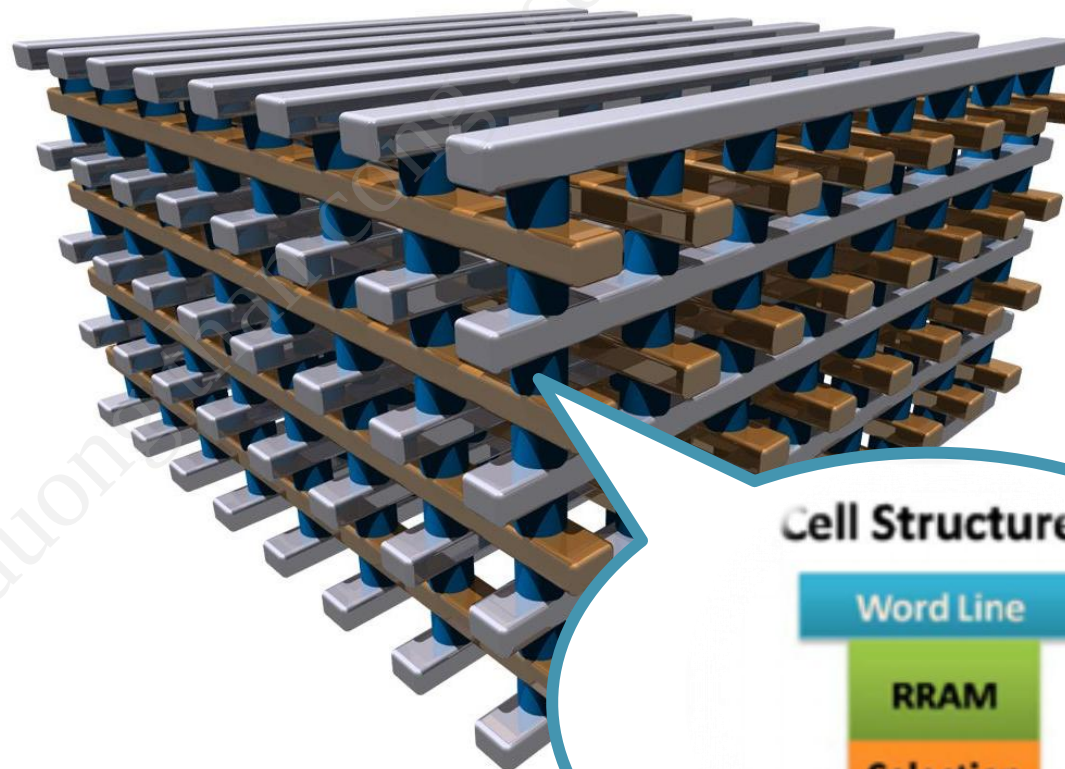
Võ Thị Hoài Xuân 1419391

# NỘI DUNG

## 1. Giới thiệu

- Cấu trúc
- Hoạt động
- Cơ chế
- Đặc điểm

## 2. Kết luận



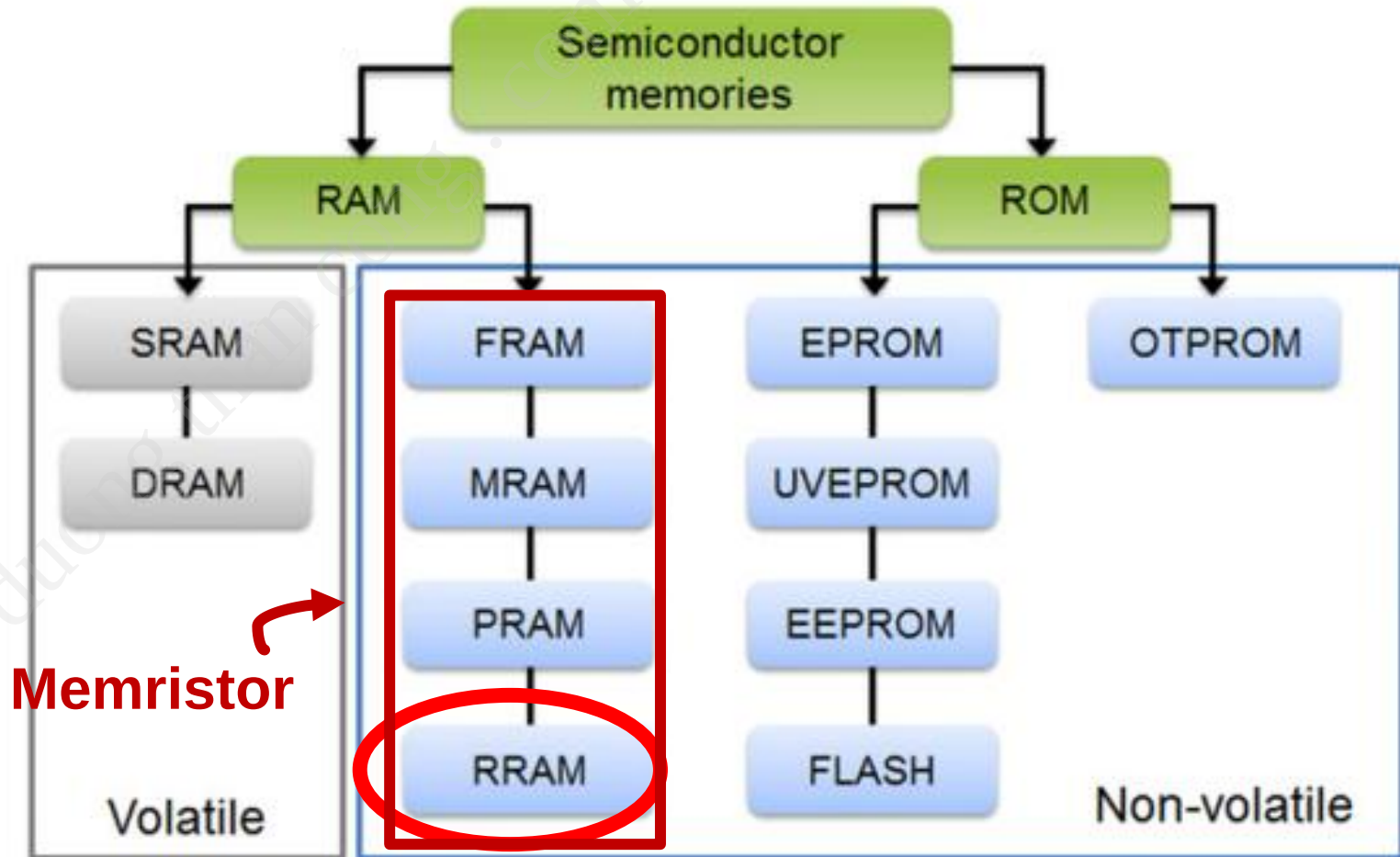
Cell Structure



2

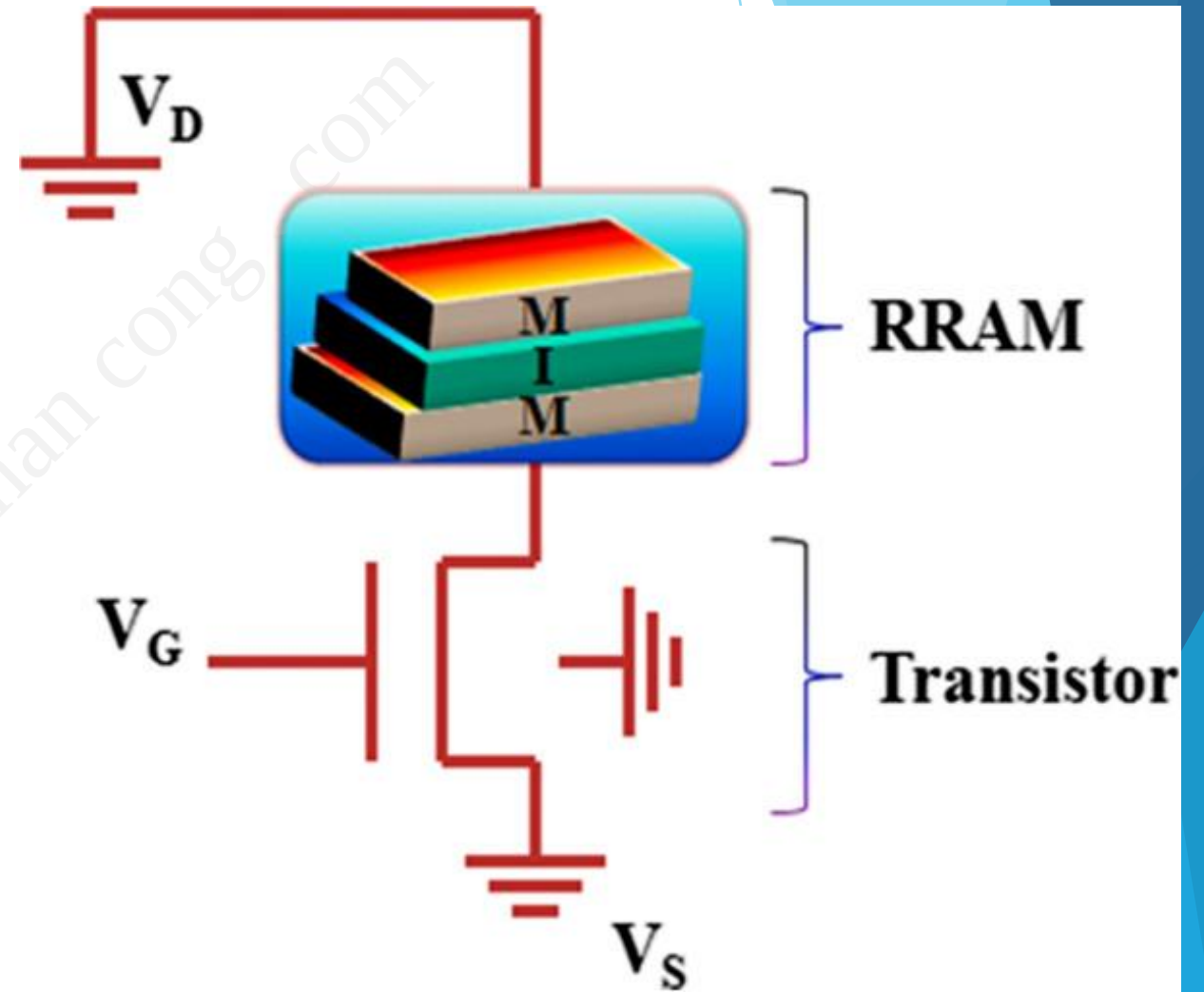
# 1. Giới thiệu

- RRAM là một bộ nhớ độc lập (a Standalone Memory)
- Không khả biến
- Thay đổi điện trở trên một vật liệu thể rắn điện môi
- RRAM ~ CBRAM và PCM



# Cấu trúc RRAM

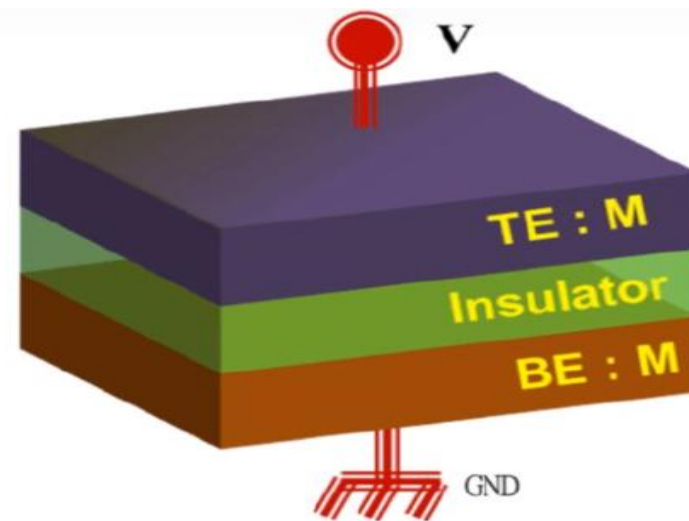
- ▶ Lớp cách điện kẹp giữa hai điện cực
- ▶ Gồm: 1 transistor (1T), 1 diode (1D) và 1 điện trở (1R)
- ▶ Điện trở của thiết bị RRAM có thể **thay đổi** bằng cách áp dụng độ lệch bên ngoài qua khe **MIM**



# Cấu trúc RRAM

- ▶ Lớp cách điện kẹp giữa hai điện cực.
- ▶ Có thể thay đổi từ điện trở này sang điện trở khác bằng cách áp điện áp.
- ▶ Có nhiều loại RRAM, trong đó Oxide kim loại RRAM phổ biến nhất.

|                               |
|-------------------------------|
| <b>Top electrode (TE)</b>     |
| <b>Transition Metal Oxide</b> |
| <b>Bottom electrode (BE)</b>  |



Sơ đồ của RRAM

# Cấu trúc RRAM

|                               |
|-------------------------------|
| <b>Top electrode (TE)</b>     |
| <b>Transition Metal Oxide</b> |
| <b>Bottom electrode (BE)</b>  |

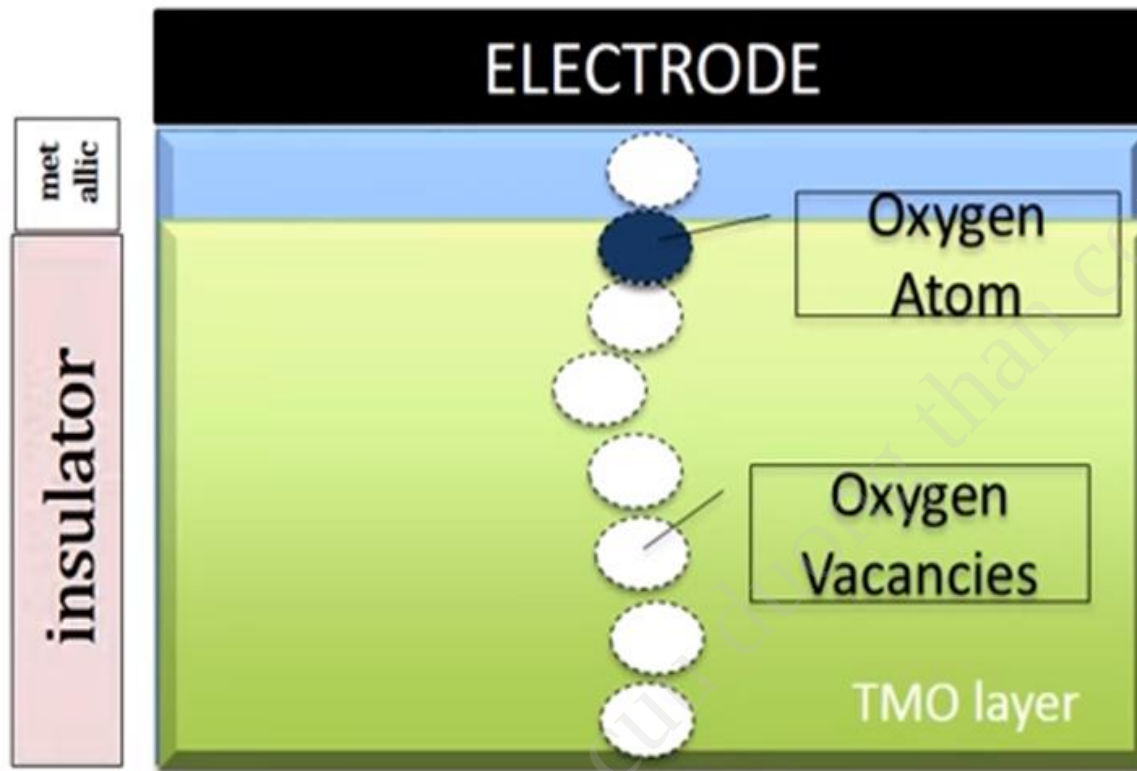
|                               | <b>Ví dụ</b>                                                                                                                           |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Top electrode</b>          | Pt, TiN/Ti, TiN, Ru, Ni ...                                                                                                            |
| <b>Transition Metal Oxide</b> | TiO <sub>x</sub> , NiO <sub>x</sub> , HfO <sub>x</sub> , WO <sub>x</sub> , TaO <sub>x</sub> , VO <sub>x</sub> , CuO <sub>x</sub> , ... |
| <b>Bottom electrode</b>       | TiN, TaN, W, Pt, ...                                                                                                                   |

- Có nhiều loại RRAM, trong đó Oxide kim loại RRAM phổ biến nhất bởi vì sự tương thích với kỹ thuật CMOS

# Hoạt động của RRAM

- ▶ RRAM lưu trữ dữ liệu bằng cách sử dụng **ion** để thay đổi điện trở, chứ không phải là **điện tử**.
- ▶ RRAM tạo ra khuyết tật trong lớp oxit mỏng, như nút khuyết oxy, có thể thay đổi và tạo dòng dưới một điện trường.
- ▶ Sự chuyển động của các ion oxy và các vị trí trong oxit tương tự như chuyển động của các điện tử và các lỗ trống trong bán dẫn.

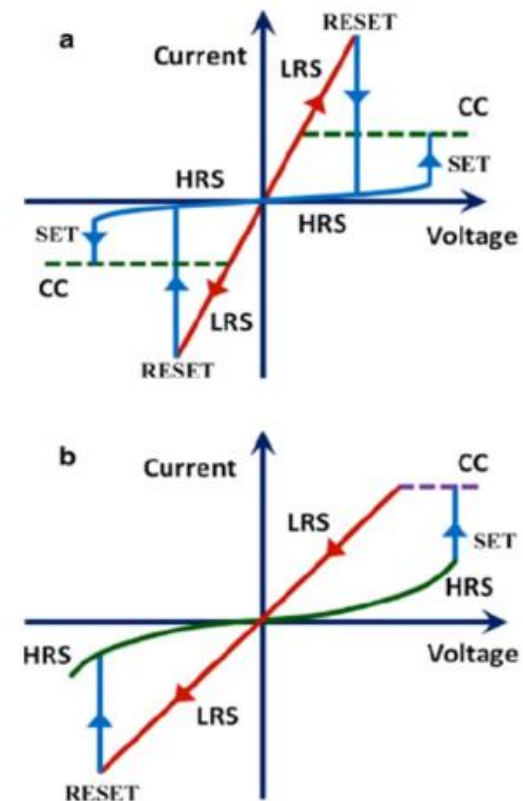
# Hoạt động của RRAM



# Cơ chế chuyển đổi trong RRAM

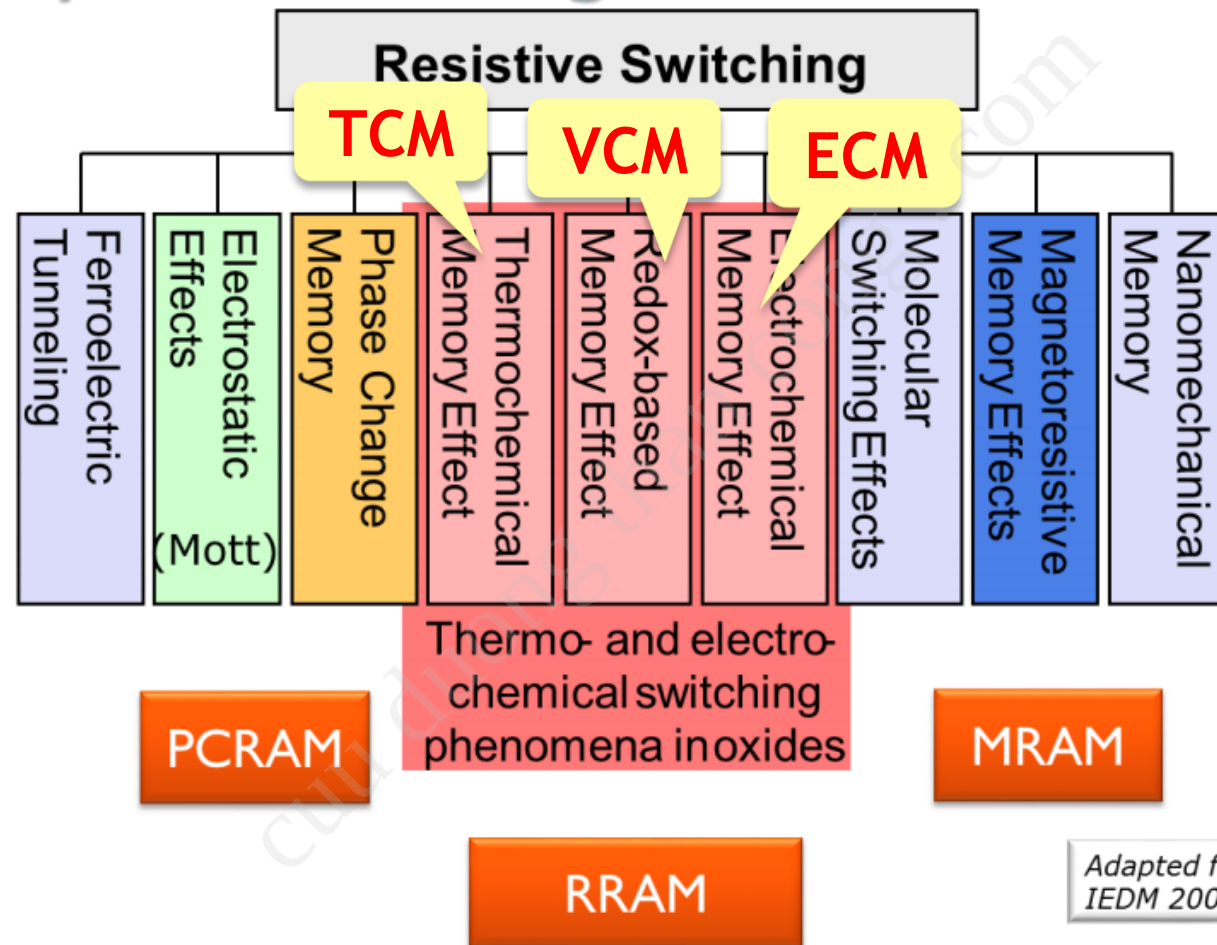
Các chế độ chuyển đổi có thể được phân loại là:

- ▶ Điện áp phân cực
  - đơn cực (unipolar): đảo mạch không phụ thuộc vào sự phân cực của điện áp đặt
- ▶ Đảo điện trở: điều khiển quá trình đảo điện trở theo nhiệt, hóa, hoặc điện
  - lưỡng cực (bipolar): nhảy với sự phân cực của điện áp. Set và reset xảy ra ở cực phân cực



I-V curves for (a) unipolar switching  
(b) bipolar switching

# Cơ chế chuyển đổi trong RRAM



- ▶ Đảo điện trở: điều khiển quá trình đảo điện trở theo nhiệt, hóa, hoặc điện

# Đặc điểm

| Single cell @ 45nm node | Phase Change Memory | STT-MRAM                                 | RRAM                         |
|-------------------------|---------------------|------------------------------------------|------------------------------|
| Materials               | TiN/GeSbTe/TiN      | Ta/PtMn/CoFe/Ru/CoFeB<br>• /MgO/CoFeB/Ta | TiN/Ti/HfO <sub>x</sub> /TiN |
| Write Power             | 300uW               | 60uW                                     | 50uW                         |
| Switching Time          | 100ns               | 4ns                                      | 5ns                          |
| Endurance               | 10 <sup>12</sup>    | >10 <sup>14</sup>                        | 10 <sup>10</sup>             |
| Retention               | 10 years, 85°C      | 10 years, 85°C                           | 10 years, 85°C               |

So sánh **RRAM** với PRAM – MRAM

# Đặc điểm

- ✓ Khả năng **lưu trữ** lên đến 1TB dữ liệu trên một con chip duy nhất, bằng cách "xếp chồng 3D"
- ✓ Hoạt động ở một khoảng **thời gian** nhanh hơn
- ✓ **Cấu trúc** cell nhỏ hơn, đơn giản hơn
- ✓ Một lựa chọn tốt cho **thiết kế** bộ lưu đệm (cache)
- ✓ Dùng ít **năng lượng** hơn ~20 lần, kéo dài tuổi thọ pin trong các thiết bị
- ✓ Khả năng **đọc / ghi** nhanh của vài nano giây

**Vật liệu đơn giản, nhưng vẫn chuyển đổi tốt:**  
Ưu điểm lớn của RRAM

# Giải pháp khắc phục vấn đề kích thước tế bào\*

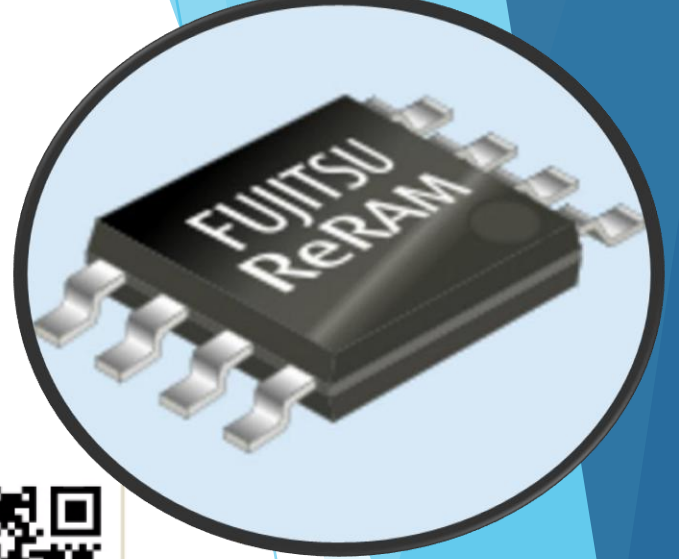
## **Dòng ghi thấp hơn:**

(ví dụ) sử dụng điện cực kim loại oxide, ý tưởng khác...

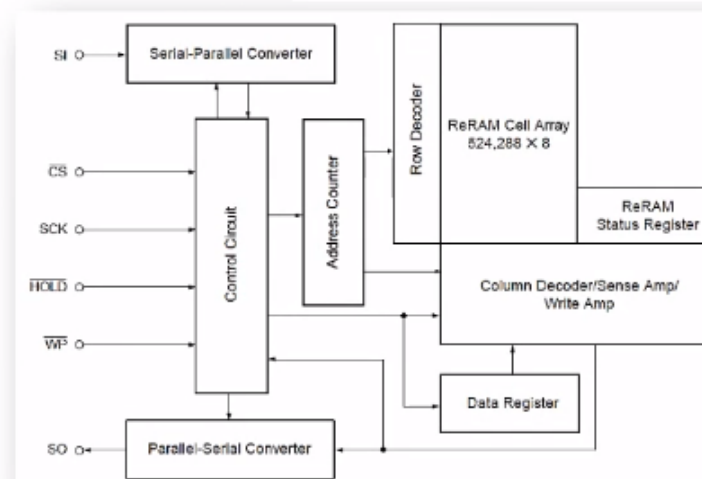
## **Kiến trúc thay thế:**

dựa trên BJT [ITRI, IEDM 2010], kiến trúc mảng Rambus

# Một vài thông số của thiết bị RRAM của Fujitsu



- It is optimal for battery operated wearable devices and medical devices
- Bit configuration : 4 Mbits (524,288 words × 8 bits)
- SPI (Interface)
- Write buffer size : 256 bytes
- Operating frequency : 5 MHz (Max)
- Data endurance :  $1.2 \times 10^6$  times / byte
- Data retention : 10 years (+85 °C)
- power supply voltage : 1.65 V to 3.6 V
- Rewrite current 1.3 mA (Typ)
- Read-out current 0.2 mA (Typ@5 MHz)
- Standby current 10  $\mu$ A (Typ)
- Sleep current 2  $\mu$ A (Typ)



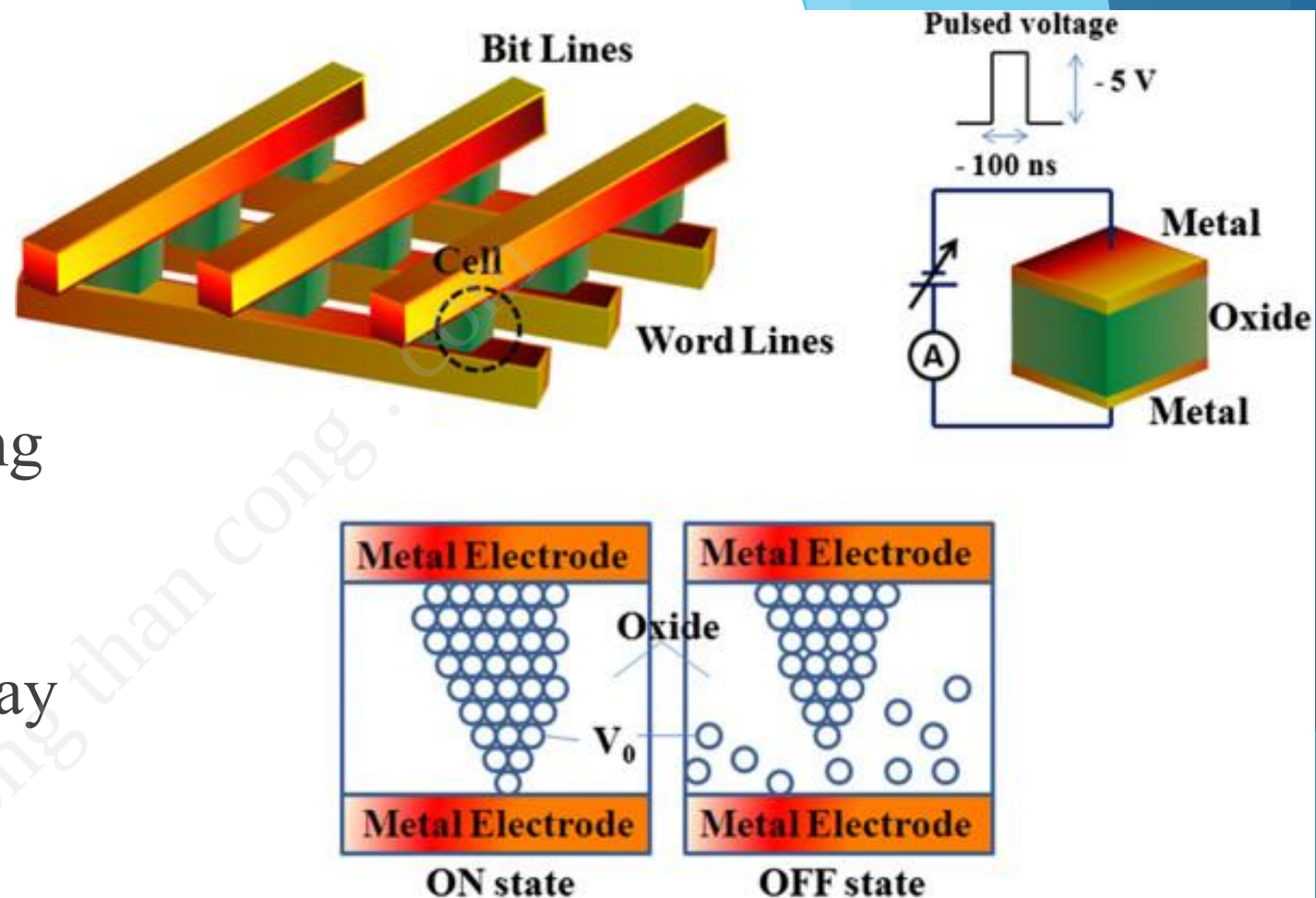
22

# Thị trường ứng dụng bộ nhớ Memristor



## 2. Kết luận

- ▶ RRAM là một mốc quan trọng trong sự phát triển của công nghệ bộ nhớ mới
- ▶ Một lựa chọn đầy hứa hẹn thay cho FLASH trong ứng dụng embedded.
- ▶ Thương mại hóa của RRAM còn hạn chế, chủ yếu là do chi phí của nó.



# TÀI LIỆU THAM KHẢO

- ▶ *ReRAM technology; challenges and prospects*, Hiro Akinaga, Hisashi Shima
- ▶ *Resistive RAM: Technology Status and Future Opportunities*, Deepak C. Sakar
- ▶ *Metal-Oxide RRAM*, By H.-S. Philip Wong, Fellow IEEE, Heng-Yuan Lee, Shimeng Yu, Student Member IEEE, Yu-Sheng Chen, Yi Wu, Pang-Shiu Chen, Byoungil Lee, Frederick T. Chen, and Ming-Jinn Tsai
- ▶ *Simulation of Resistive Switching memories*, F.M Gomer Campos, M,A. Villena, F. Jimenez Molinos, J, B. Roldan

**THANK YOU!**