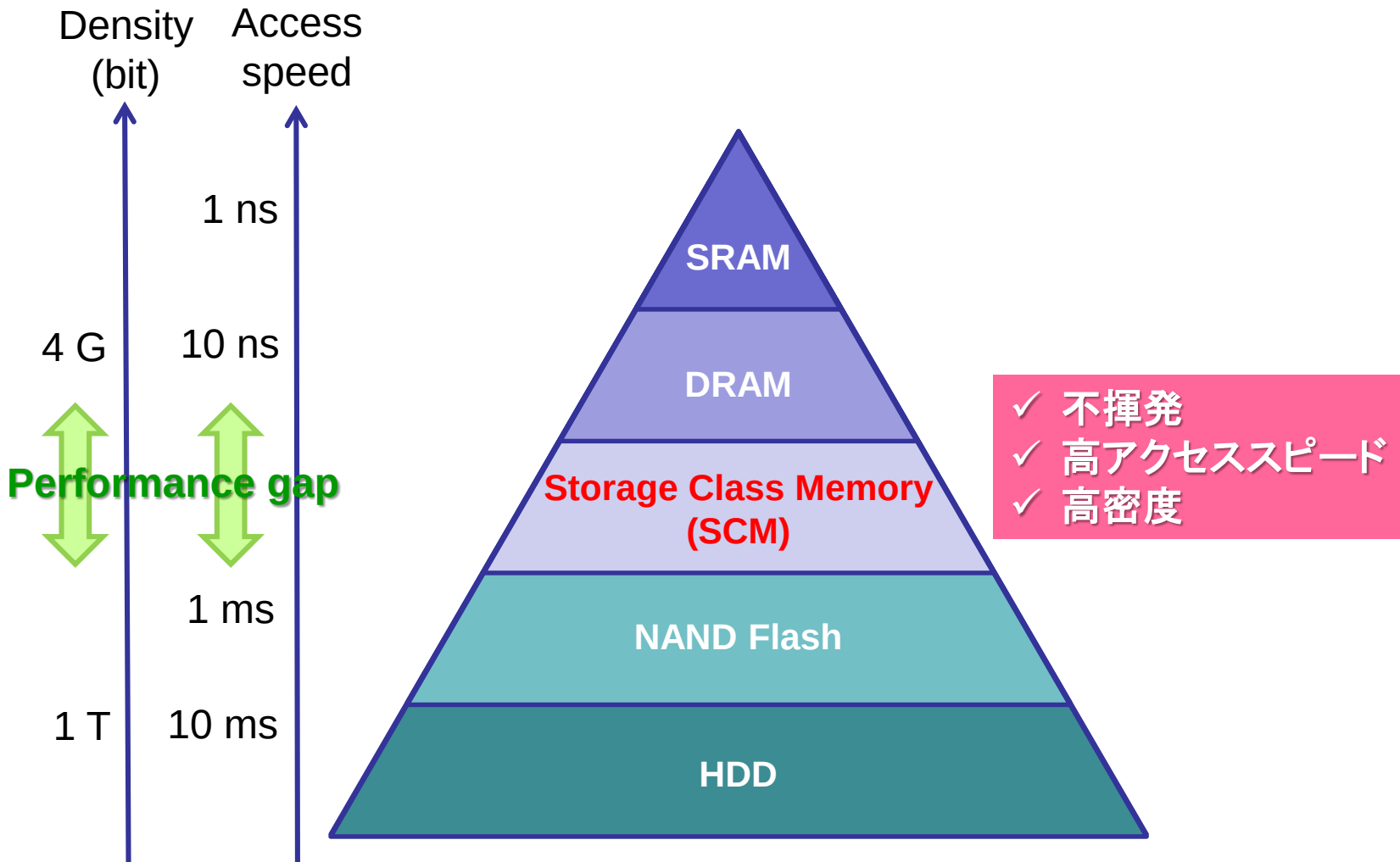


強誘電抵抗変化RAM

澤 彰仁, 山田 浩之*

(国研)産業技術総合研究所 電子光技術研究部門
(*JST さきがけ)

ストレージクラスメモリ

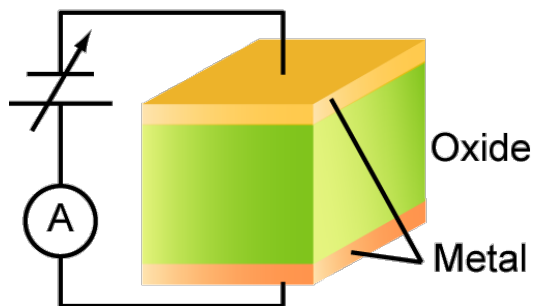
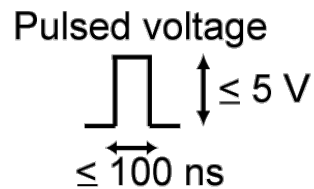


SCM can fill the performance gap between memory and storage

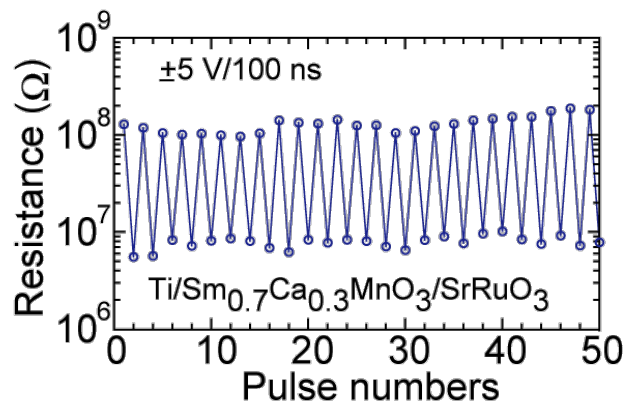
酸化物抵抗変化メモリ ReRAM

抵抗変化不揮発性メモリ: ReRAM

Resistive switching in metal oxides



(Pr,Ca)MnO₃, SrTiO₃, NiO, TiO₂, HfO₂, Ta₂O₅, . . .



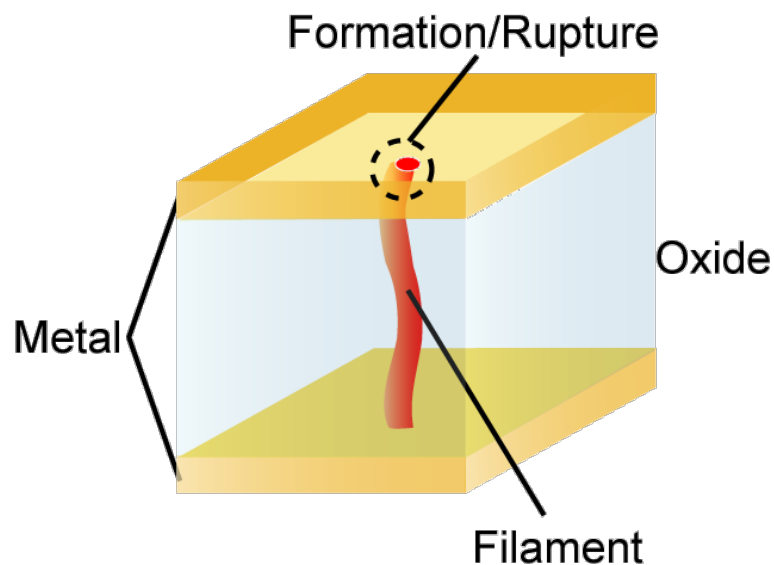
- Reversible switching
- Large resistance change
- Nonvolatile switching
- High speed switching
- Low power consumption

A. Sawa, Materials Today 11, 6, 28 (2008)

動作メカニズム

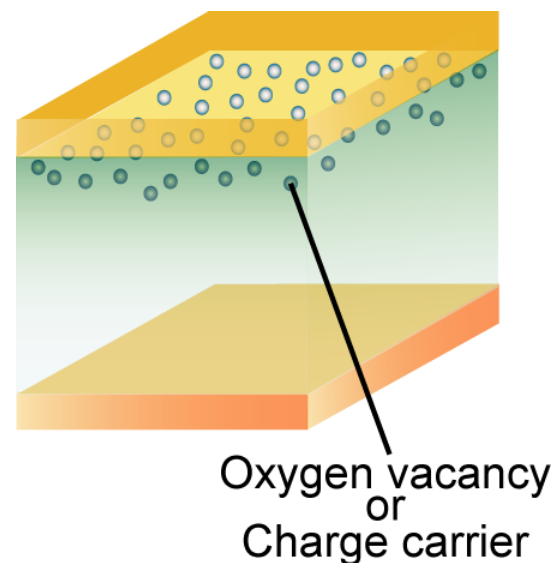
Filament

Formation and rupture of filaments



Interface

Electromigration of oxygen vacancy at metal/oxide interface



A. Sawa, Mater. Today **11**, 28 (2008)

Redox reaction

Chemical/structural alteration → Degradation of device properties

課題:

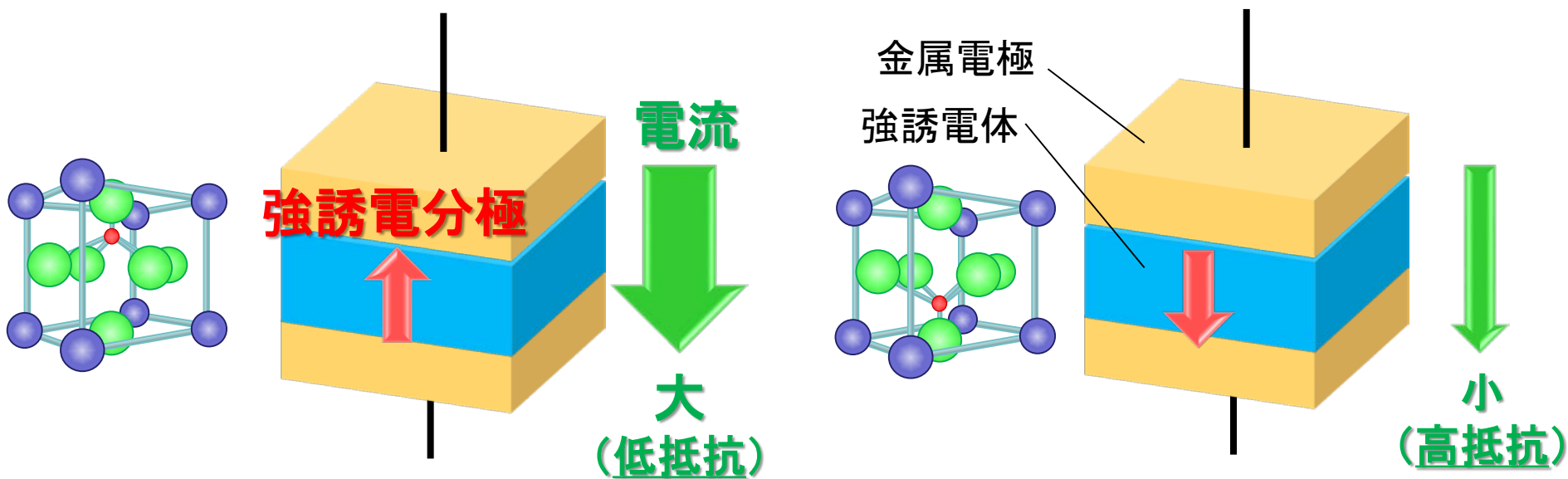
データ書換耐性(信頼性)／特性ばらつきの改善

強誘電抵抗変化メモリ

～電子的機構の抵抗変化メモリ～

強誘電抵抗変化メモリ

強誘電体の強誘電分極の向きに依存して抵抗値が変化する
キャパシタ型素子(金属電極/強誘電体酸化物/金属電極)



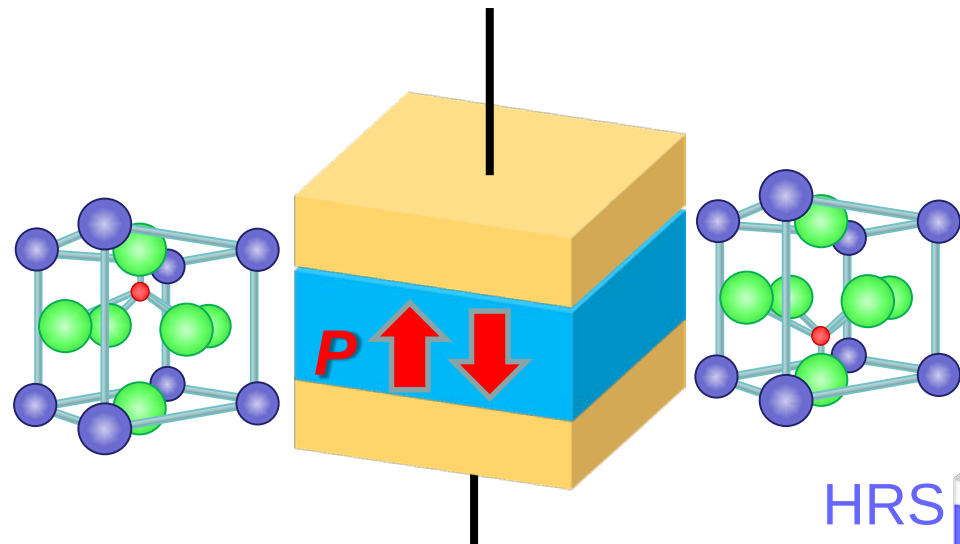
特長

“省電力性”に優れた従来型の強誘電メモリ(FeRAM)と、“高密度化”に優れた従来型の抵抗変化メモリ(ReRAM)の双方の利点を有する

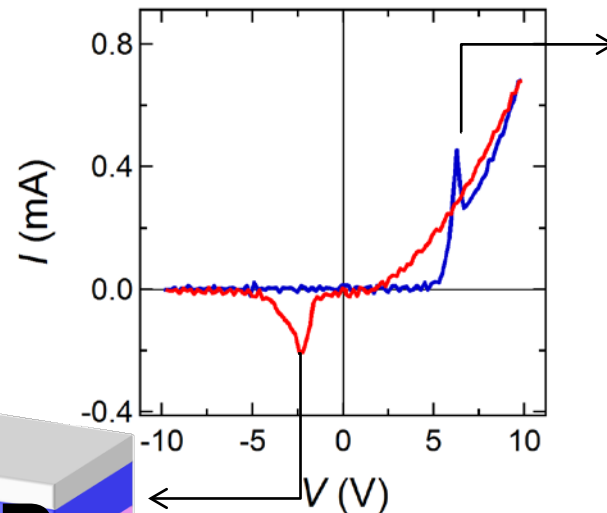
省電力・高密度不揮発性メモリ

強誘電抵抗変化メモリ

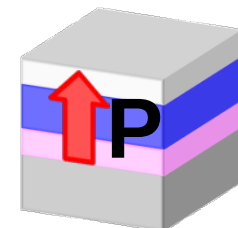
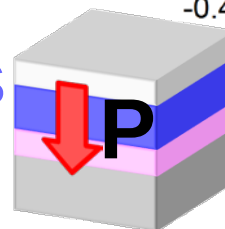
Pt/ $\text{Bi}_{1-\delta}\text{FeO}_3$ /SrRuO₃



P: ferroelectric polarization



HRS



LRS

- Advanced Functional Materials (2012)
- 「不揮発性メモリ」特願2011-141308
- プレス発表（2012年1月12日）

開発した強誘電抵抗変化メモリの特長：

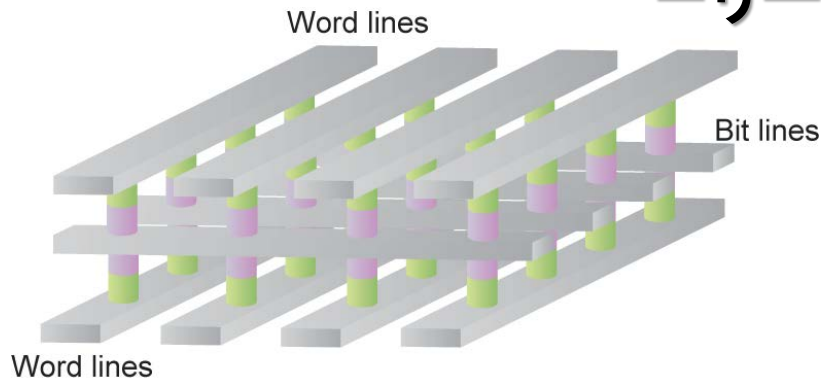
- ✓ 強誘電分極の反転を利用
- ✓ 素子自体がダイオード特性を有する

→ “電子的機構”
→ “セクター素子機能”

“信頼性の高い高密度抵抗変化不揮発メモリの開発に好適”

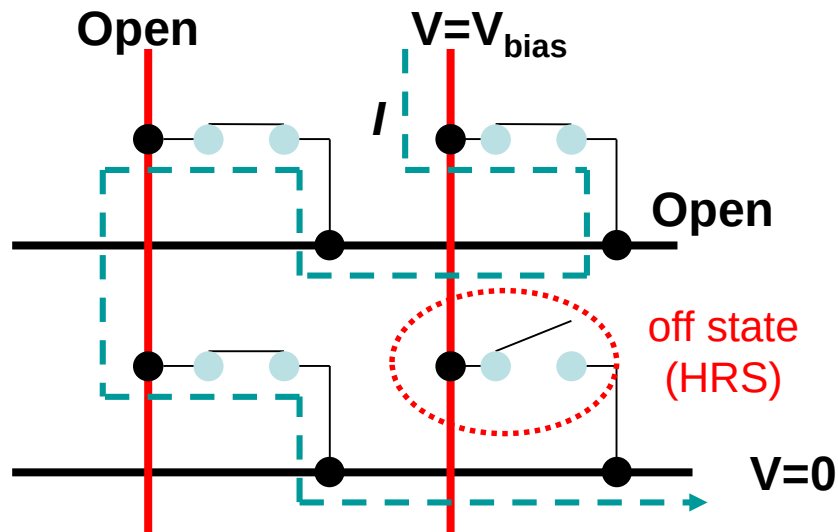
高密度集積化の課題

リーク電流問題



3次元クロスポイント・メモリアレー

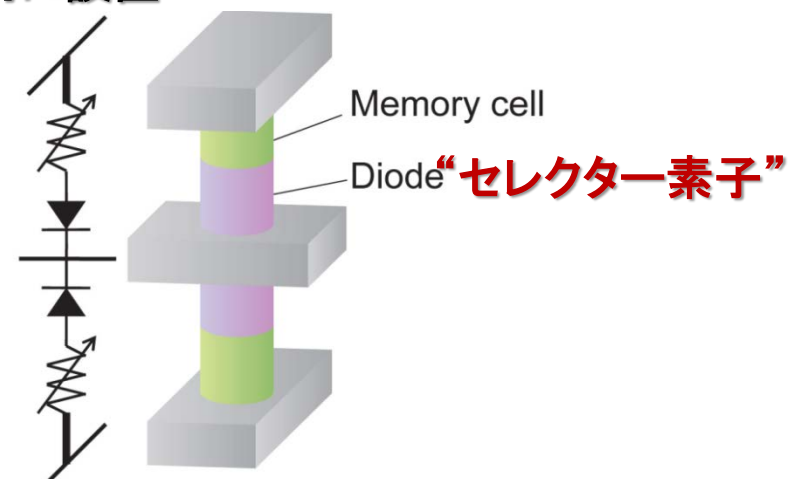
Leakage (sneak) current



Small size: $4F^2$

解決方法

・セクター素子(ダイオード)を抵抗変化素子と直列に設置



現在、セクター素子の開発が課題となっている

研究開発課題

- 強誘電抵抗スイッチングを実現するためには
ピンホールフリーの膜厚数nmの強誘電体バリア層を作製することが必要

Si/SiO₂, 金属電極 ↔ **強誘電体酸化物**
(ペロブスカイト型遷移金属酸化物)

- ✓ 結晶構造、格子定数、熱膨張率が異なる
- ✓ 界面で化学反応(拡散)が発生

Si基板上に平坦かつ低欠陥密度の極薄膜(< 10 nm)を作製するのが困難

これまでの研究: 酸化物単結晶基板上に素子を作製



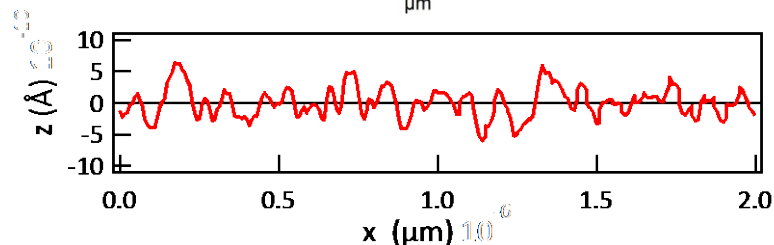
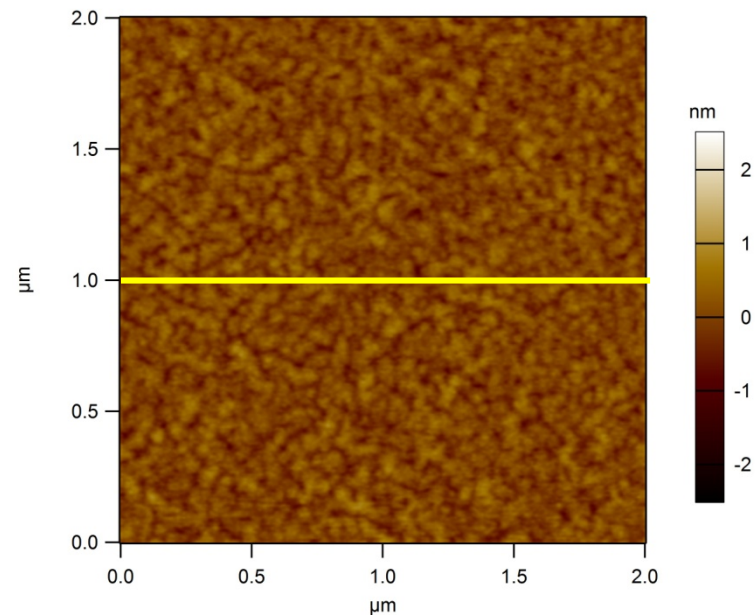
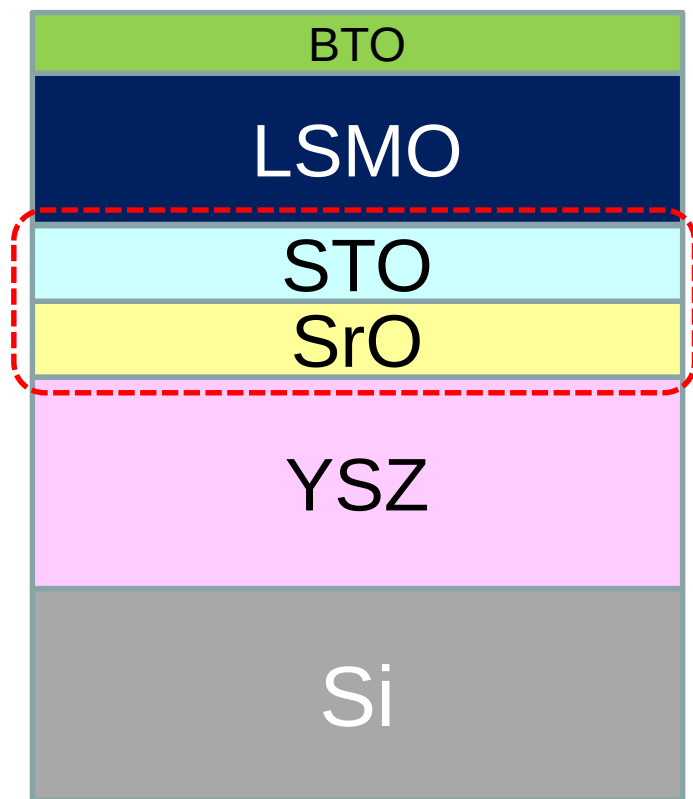
実用化を目指すには

シリコン基板上への強誘電抵抗変化メモリの作製

バッファ層の開発

BaTiO₃(~ 4nm)/La_{1-x}Sr_xMnO₃ /SrTiO₃/SrO/YSZ*/Si(001)

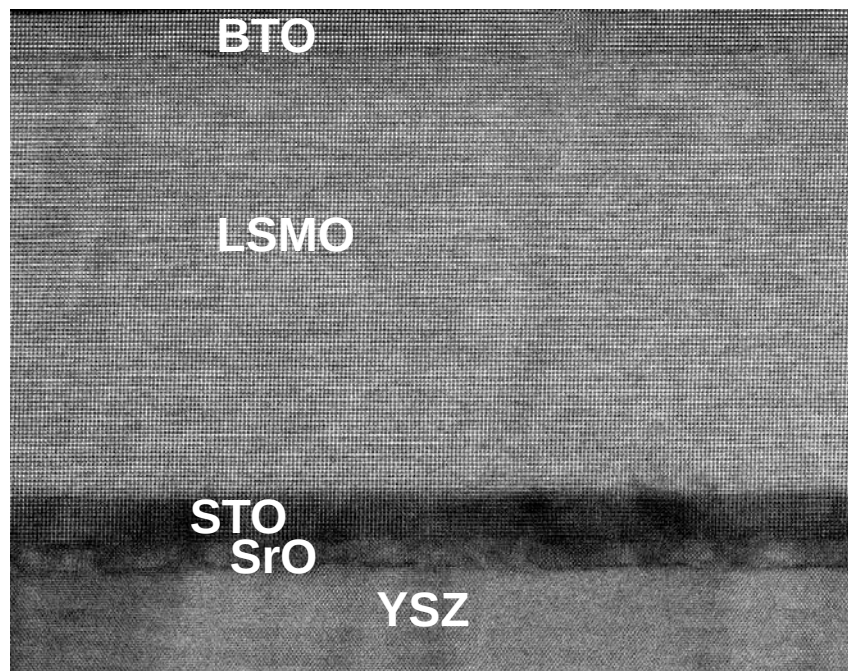
*Yttria-stabilized ZrO₂



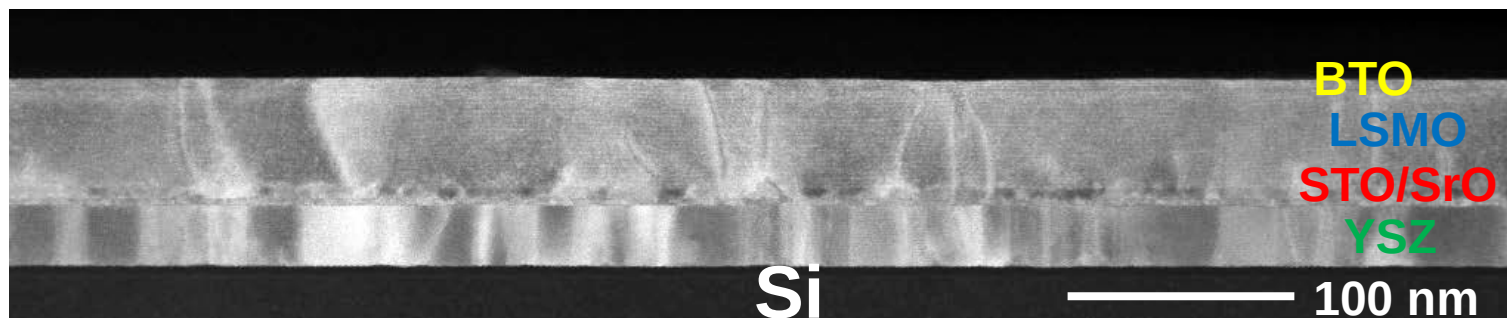
- H. Yamada *et al.*, Adv. Elect. Mater. (2016)
- 特願2015-001745

- ✓ High crystallinity
- ✓ Good flatness (Rq~0.25 nm)

STEM



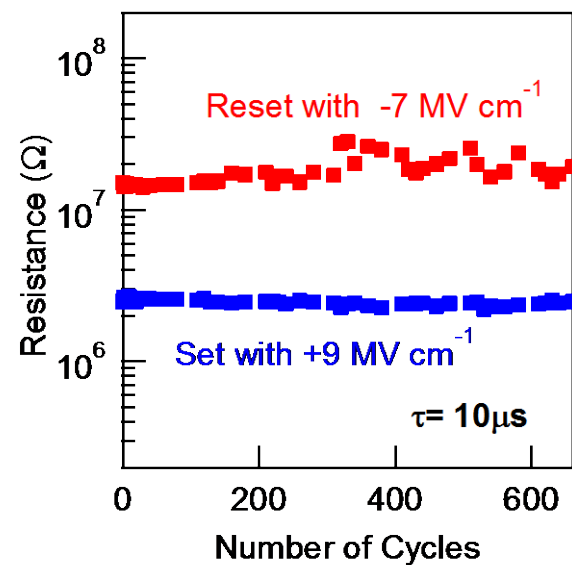
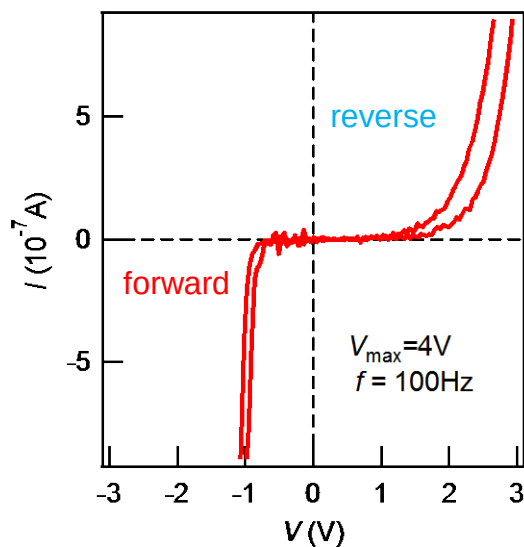
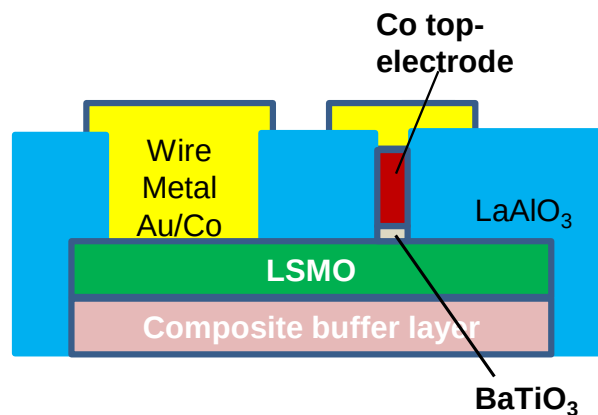
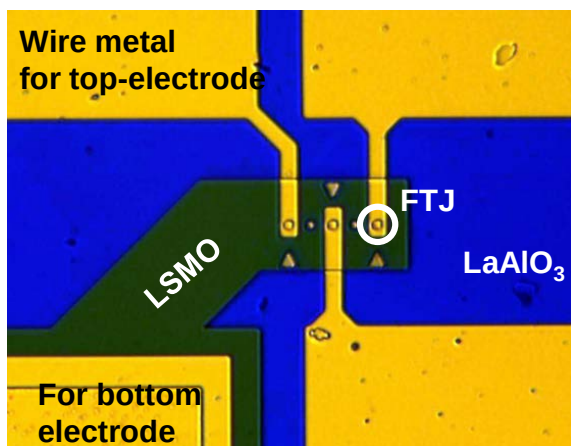
STEM - LAADF* (sensitive to local defects)



平坦かつ低欠陥密度の膜厚数nmの強誘電薄膜の作製に成功
(ピンホールフリー)

* Low-Angle -Annular-Dark-Field

抵抗スイッチング・メモリ特性



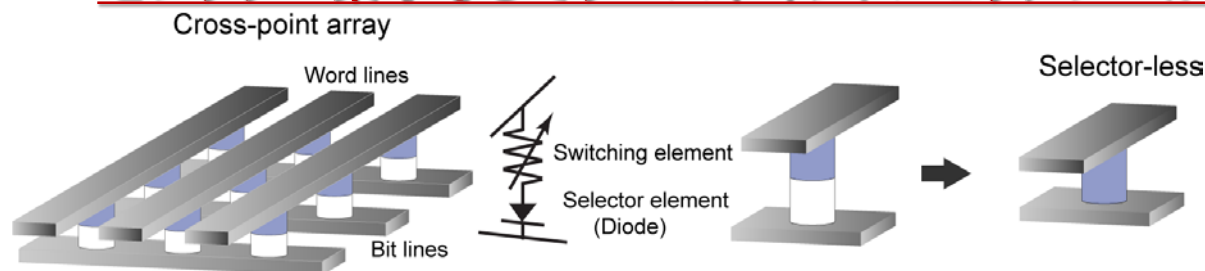
ダイオード特性とパルス電圧による抵抗スイッチングを確認

H. Yamada et al., Adv. Elect. Mater. (2016)

まとめ

強誘電抵抗変化RAM

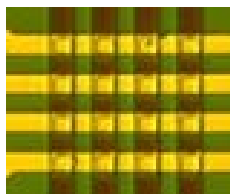
- “省電力性”に優れた従来型の強誘電メモリ(FeRAM)と、“高密度化”に優れた従来型の抵抗変化メモリ(ReRAM)の双方の利点を有する
- 一つの素子(セル)がダイオード特性と抵抗変化メモリセルの両方の機能を有する
 - ➔ セレクトー素子なしでクロスポイントメモリアレーが作製可能



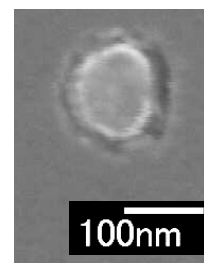
- 課題であったSi基板上への素子作製も可能となった

■ 現在進行中の研究開発

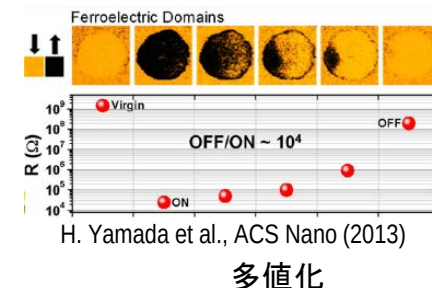
- ✓ クロスポイントメモリアレー
- ✓ 微細化 (< 100 nm ϕ)
- ✓ 多値化



クロスポイント



微細化



ストレージクラスメモリ

