



# ReRAM用 $\text{AlO}_x$ 薄膜の アモルファス・ナノ構造

児子精祐<sup>1, 2</sup>、梅田直樹<sup>1</sup>、北澤英明<sup>1</sup>、加藤誠一<sup>1</sup>、木戸義勇<sup>1</sup>

(独) 物質・材料研究機構<sup>1</sup>

(有)みすゞR&D<sup>2</sup>

平成19年9月5日

# 1. 各種メモリの概要



電子ジャーナル社・次世代メモリの最新動向(H18. 4)より

	SRAM	DRAM	FLASH	次世代メモリ			
				FeRAM	MRAM	PRAM	ReRAM
セルサイズ	~130 F <sup>2</sup>	4~8 F <sup>2</sup>	4 F <sup>2</sup>	12~25 F <sup>2</sup>	16~40 F <sup>2</sup>	4 F <sup>2</sup>	4~6 F <sup>2</sup>
高速性	○	○	-	○	○	-	○
不揮発性	-	-	○	○	○	○	○
回数制限	なし	なし	あり		なし		
動作原理	トランジスタ回路のインターロック	コンデンサの電荷	フローティングゲートの電荷	強誘電体膜の分極	磁気抵抗効果	結晶/非結晶間の相転移	電界誘起の抵抗変化

① SRAMの高速性    ② DRAMの高集積度    ③ フラッシュメモリの不揮発性

①②③の全てを満たすユニバーサル・メモリの開発が要望されている

## 2. 開発テーマの背景

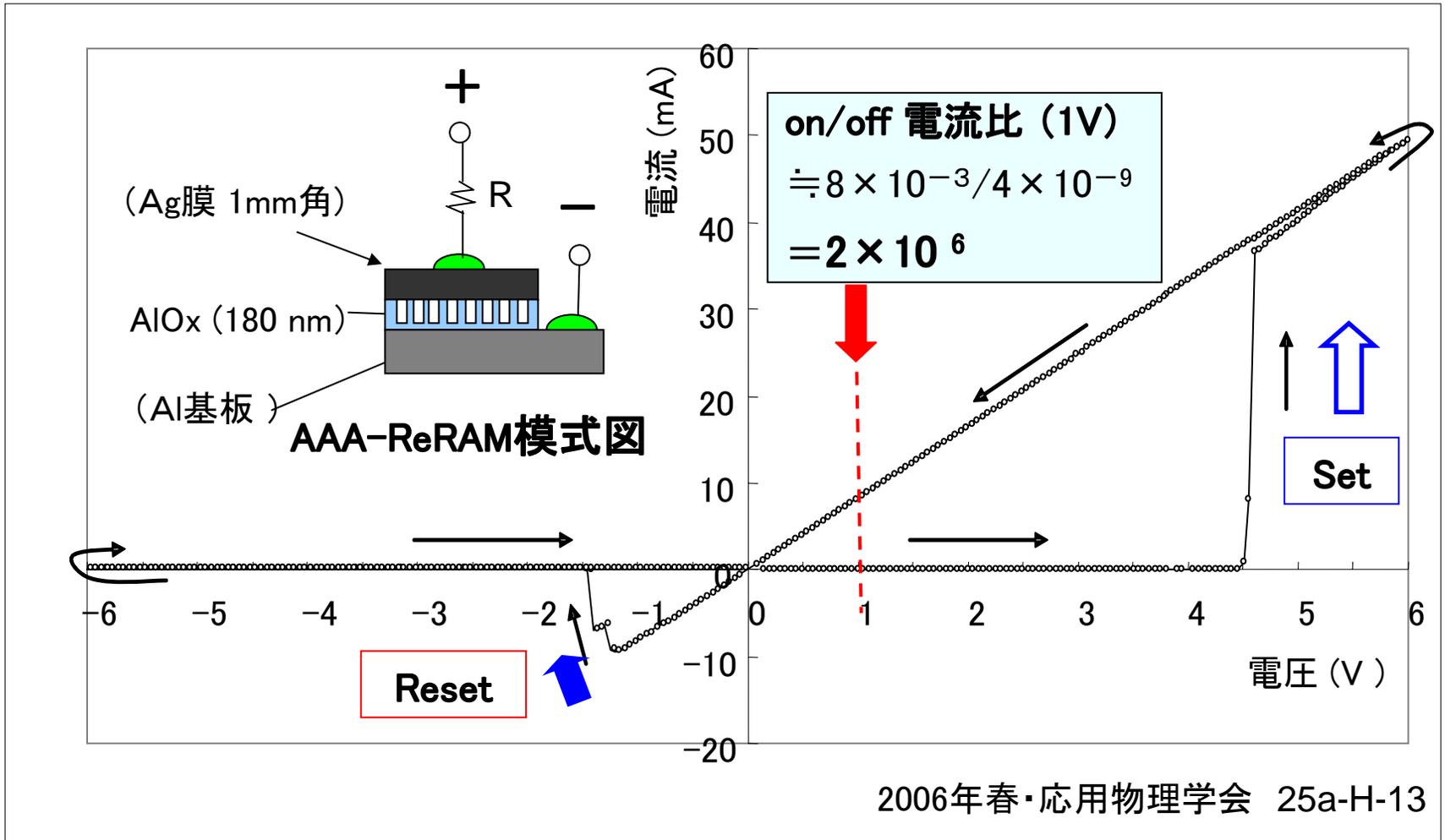
- FeRAM、MRAM、PRAM は、各々の特長を活かした分野で実用化が進んでいるが、何れもユニバーサル・メモリの条件を満たしてはいない。
- AlO<sub>x</sub>薄膜を用いて、ユニバーサル・メモリの条件を満たすReRAMを開発する。  
(開発ポイント)
  - 1) 希少元素を使用しない
  - 2) Si 半導体製造ラインとの親和性を高める
  - 3) 動作原理を明らかにする

## 3. 今回の報告内容

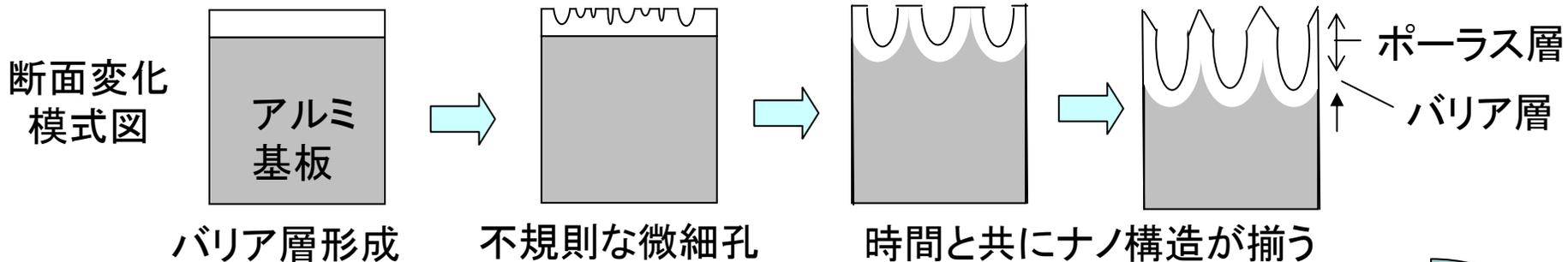
- 1) ReRAMに用いるAlO<sub>x</sub>薄膜のナノ構造
- 2) アモルファス・ナノ構造の酸素欠陥に起因するバンド構造  
⇒ 熱刺激電流(TSC)法により欠陥準位を評価
- 3) バンド構造による動作原理

# 4. AAA-ReRAM の I-V 特性

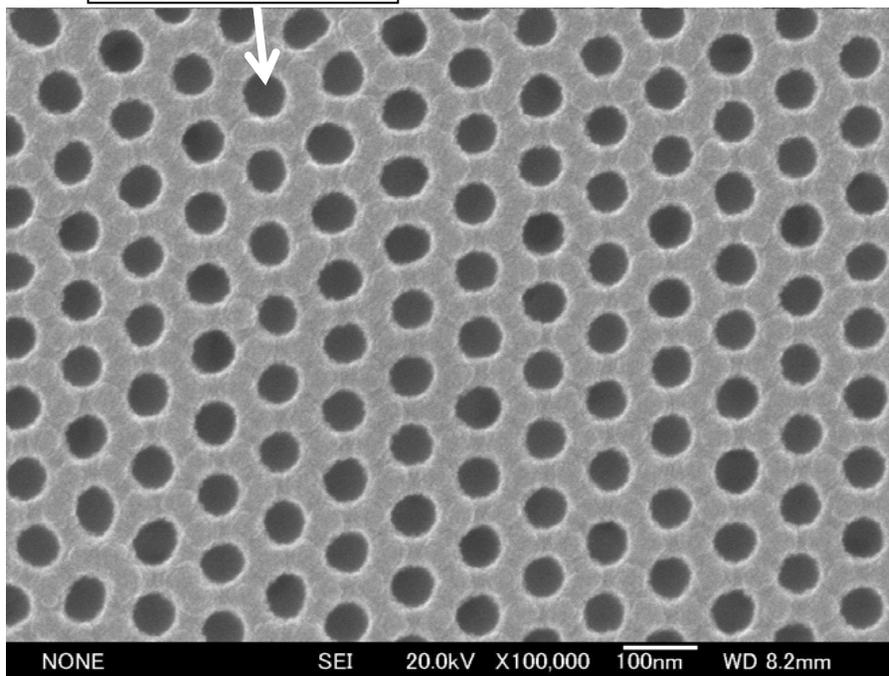
AAA-ReRAM (Anodic Aluminum Amorphous oxide Resistive Random Access Memory)



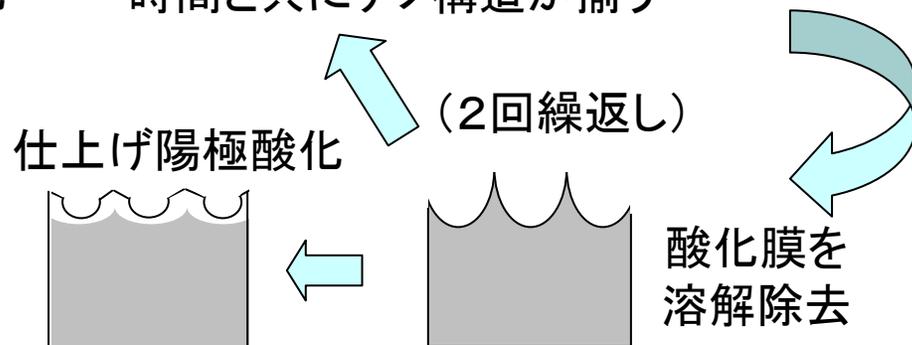
# 5. AlO<sub>x</sub>膜の製造方法: 2step陽極酸化



ナノホール

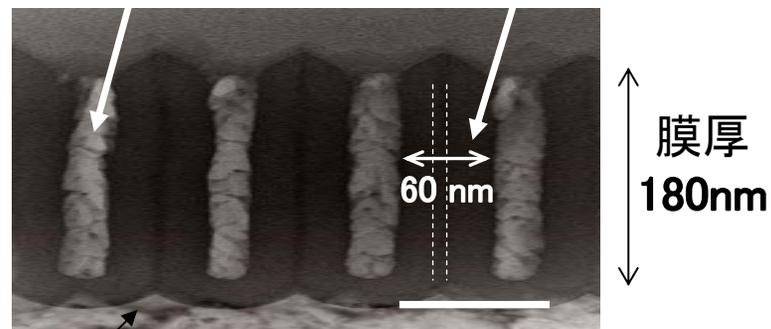


表面SEM



ナノホール

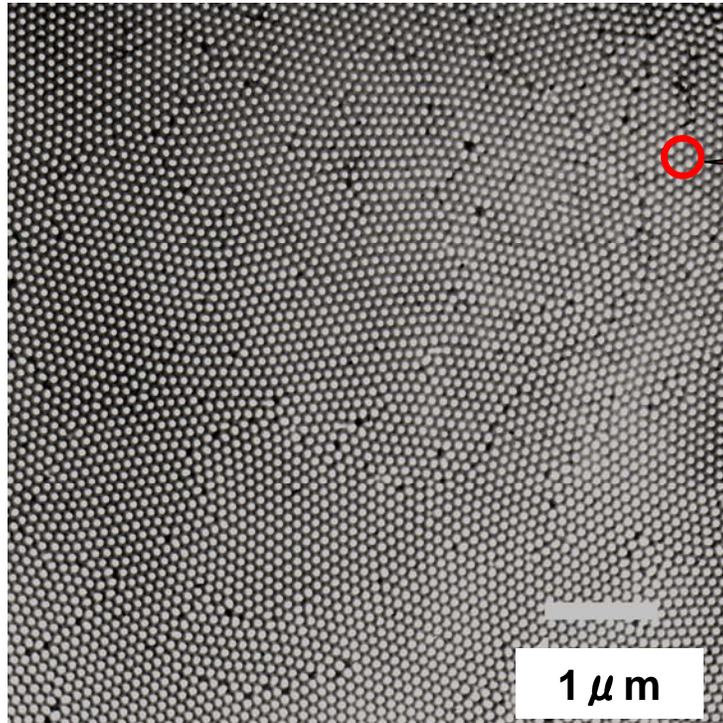
ナノホールに挟まれた隔壁



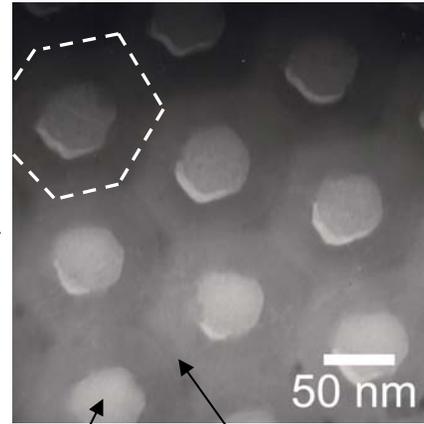
Al 基板

断面TEM

# 6. 陽極酸化膜 $\text{AlO}_x$ のアモルファス・ナノ構造

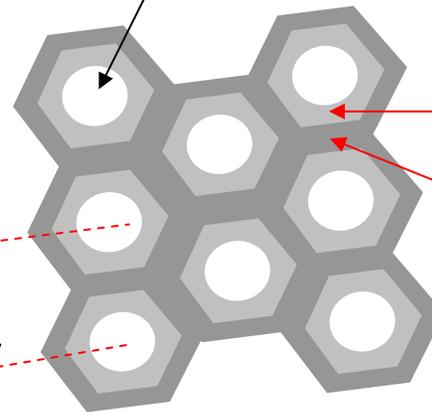


拡大



アモルファス・パターン  
(電子線回折)

ナノホール ハニカム隔壁・境界



模式図

NMRによる構造解析

Outer layer  $\text{AlO}_6$

Inner layer  
 $\text{AlO}_4 + \text{AlO}_5$

Iijima et al.  
Chem.Lett.,34,9 (2005)

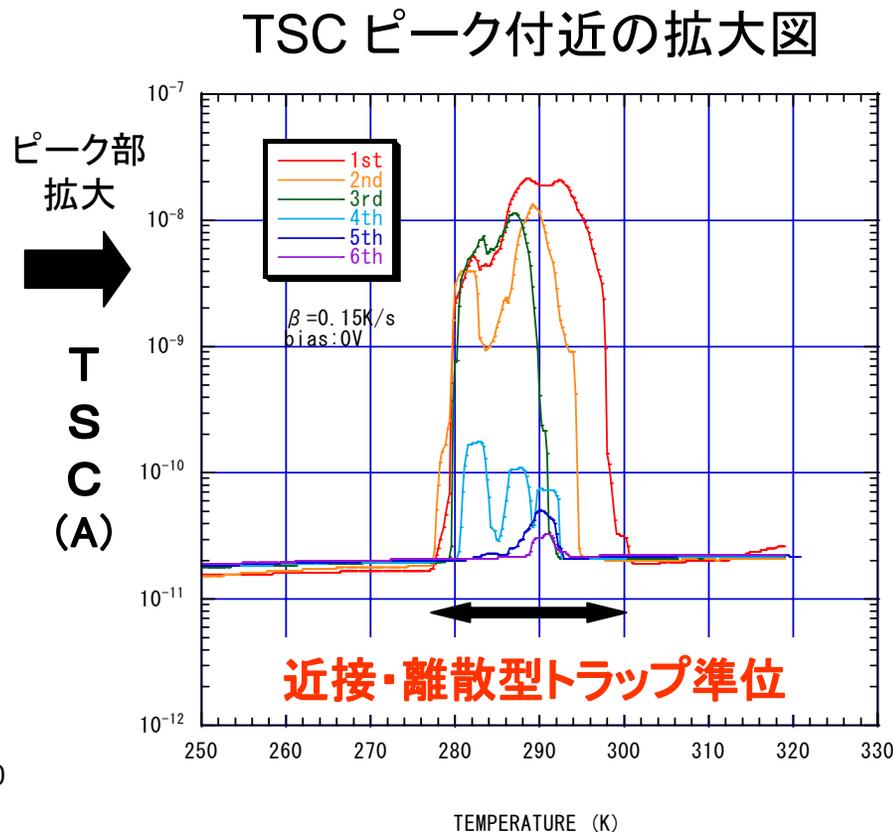
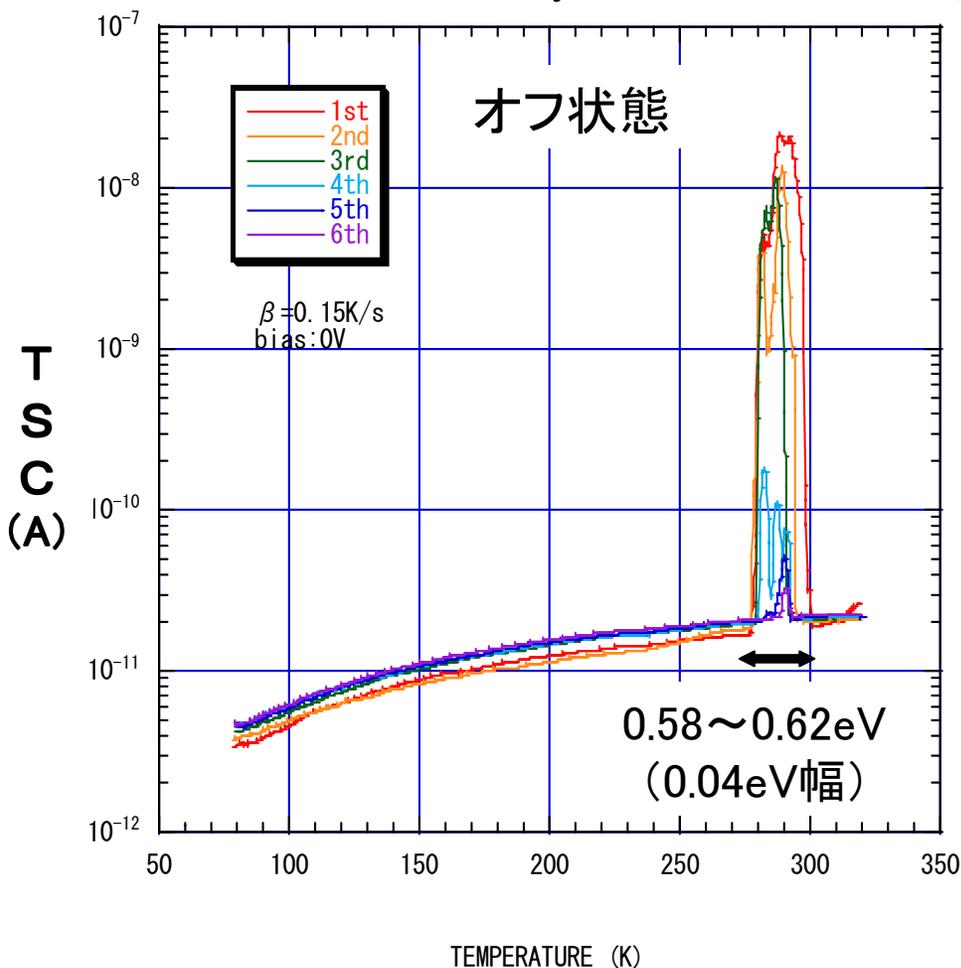
アルミ陽極酸化膜 $\text{AlO}_x$   
平面TEM (膜厚:180nm)

高密度の酸素欠陥が、ナノ構造中に垂直配向して積層している？

# 7. 熱刺激電流(TSC法)による欠陥準位

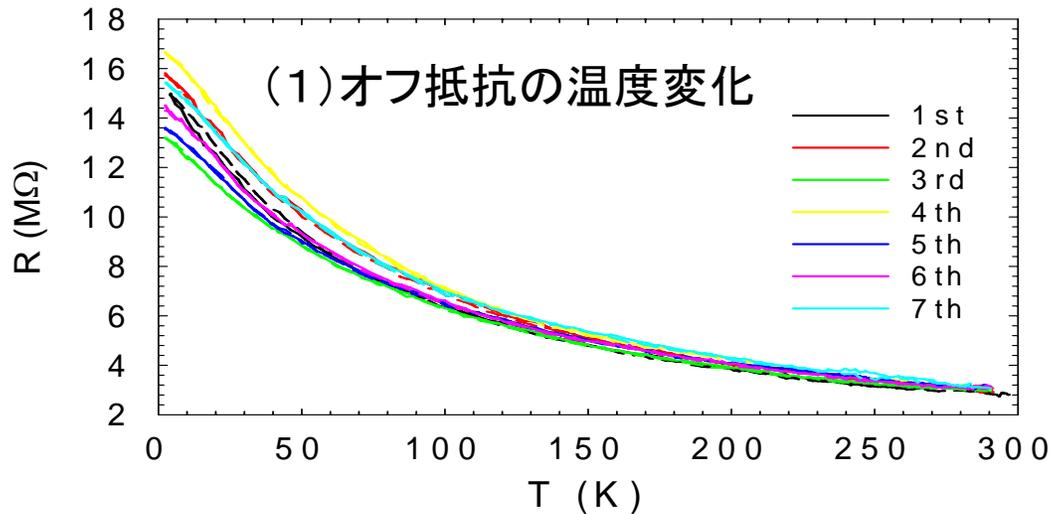


TSC: Thermally Stimulated Current 法(コベルコ科研にて測定)



離散型トラップ準位が、深い準位の狭いエネルギー範囲に高密度に分布していると考えられる。

## 8. オン・オフ抵抗の温度変化



オフ抵抗は、温度上昇と共に減少する

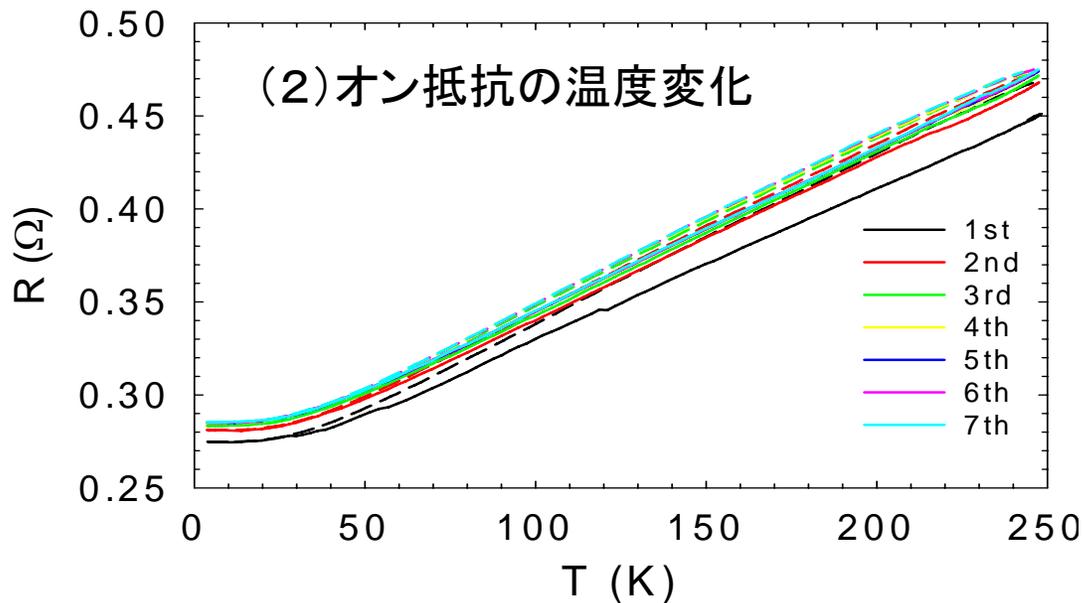
$$R = a + b \cdot \text{Exp}(-T/\Delta)$$

$$a \text{ (M}\Omega\text{)} = 2.6$$

$$b \text{ (M}\Omega\text{)} = 12.6$$

$$\Delta \text{ (K)} = 80.9$$

(絶縁体的伝導)



オン抵抗は、温度上昇と共に増加する (金属的伝導)

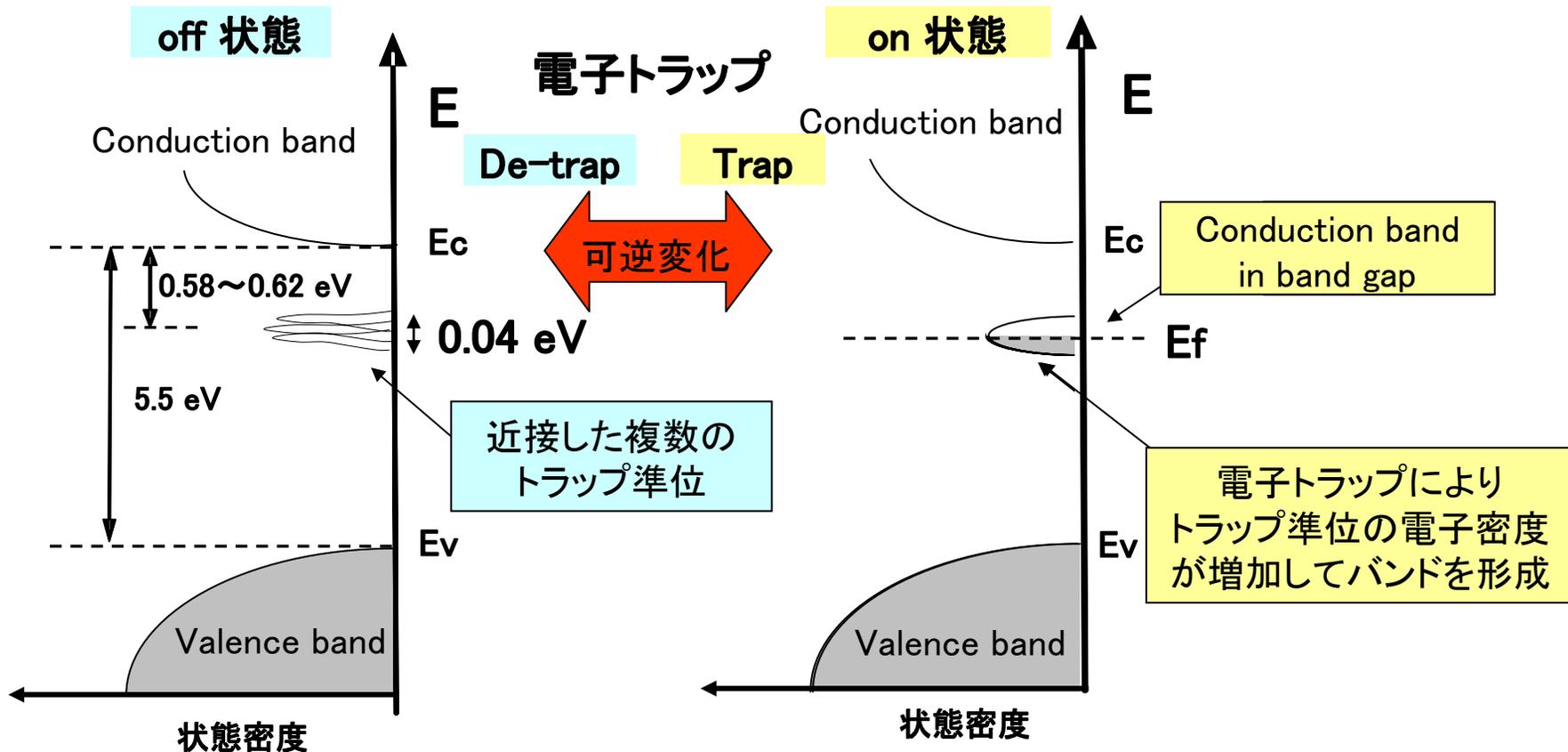
$$R \propto T \text{ (50K以上)}$$

(金属的伝導)

# 9. 動作原理



仮説: 電子トラップによってバンドギャップ中に狭いバンドが形成・消滅して発生する抵抗変化



ワイドギャップ中のトラップ準位に存在した電子は局在化  
⇒ 絶縁体

電子密度の増加したトラップ準位の電子は非局在化しバンドを形成  
⇒ 金属状態

# 10. まとめ



- 1) AlO<sub>x</sub>薄膜のナノホールによって狭搾された隔壁は、酸素配位数の異なるアモルファス・ナノ構造のDuplex oxideで形成されている。  
(TEM観察とNMRによる解析)
- 2) 隔壁中に存在する酸素配位数の違いによる酸素欠陥は、近接した高密度の離散型トラップ準位をバンドギャップ内に形成していると考えられる。(TSC法による解析)
- 3) AAA-ReRAMの動作原理:  
電子トラップによってバンドギャップ内にバンドが形成・消滅して発生する抵抗変化の可能性がある。