

# 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) みずろ 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

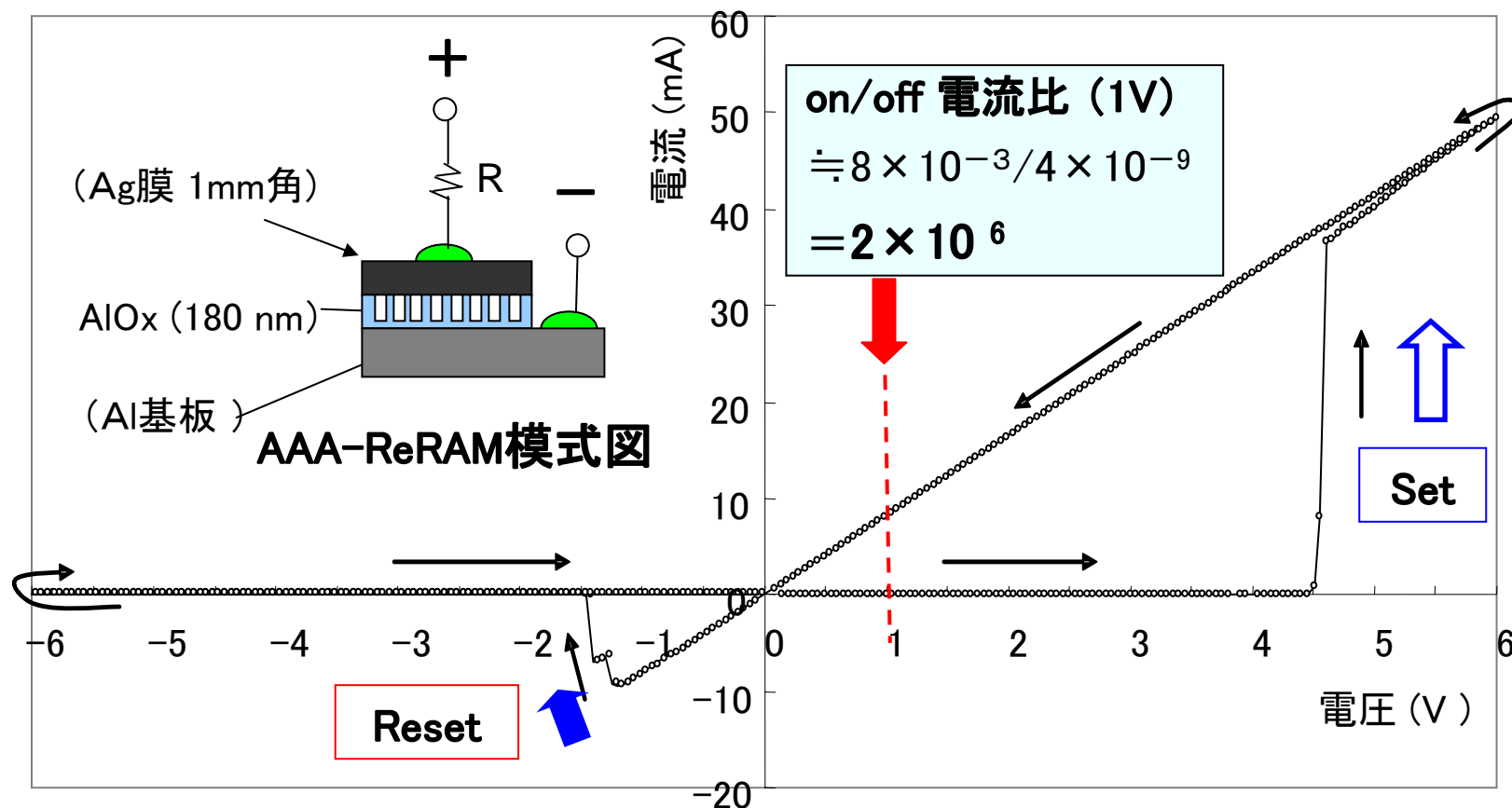
- FeRAM、MRAM、PRAM は、各々の特長を活かした分野で実用化が進んでいるが、何れもユニバーサル・メモリの条件を満たしてはいない。
- AlO<sub>x</sub>薄膜を用いて、ユニバーサル・メモリの条件を満たすReRAMを開発する。  
(開発ポイント)
  - 1) 希少元素を使用しない
  - 2) Si 半導体製造ラインとの親和性を高める
  - 3) 動作原理を明らかにする

## 3. 今回の報告内容

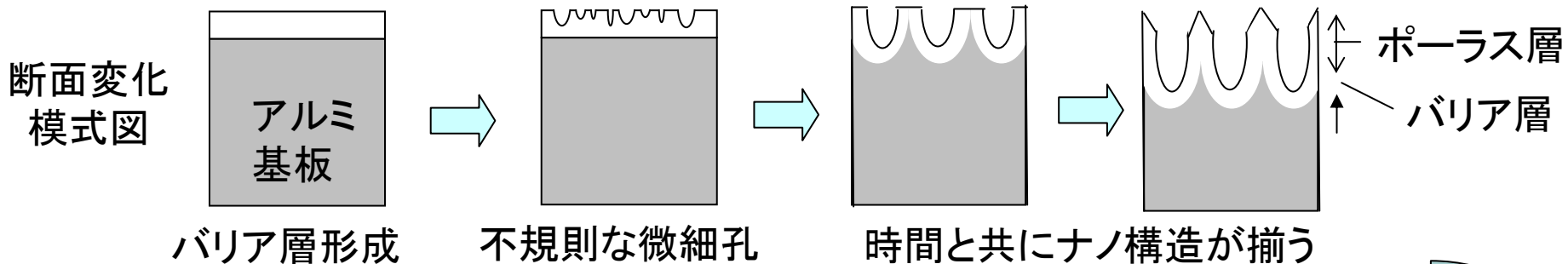
- 1) ReRAMに用いるAlO<sub>x</sub>薄膜のナノ構造
- 2) アモルファス・ナノ構造の酸素欠陥に起因するバンド構造  
⇒ 熱刺激電流(TSC)法により欠陥準位を評価
- 3) バンド構造による動作原理

## 4. AAA-ReRAM の I-V 特性

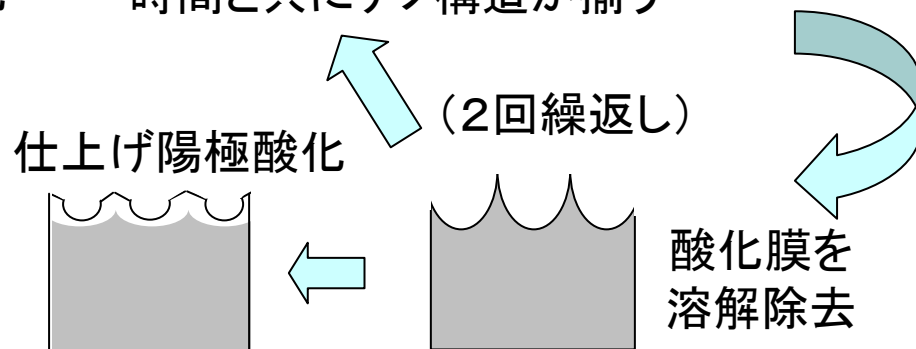
AAA-ReRAM ( Anodic Aluminum Amorphous oxide Resistive Random Access Memory )



## 5. $\text{AlO}_x$ 膜の製造方法: 2step陽極酸化

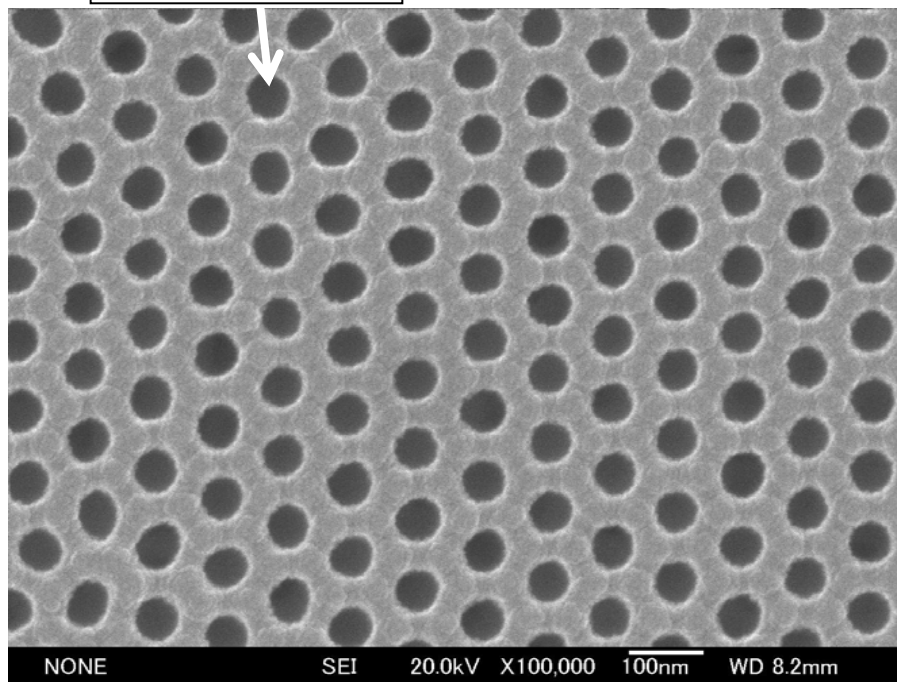


ナノホール

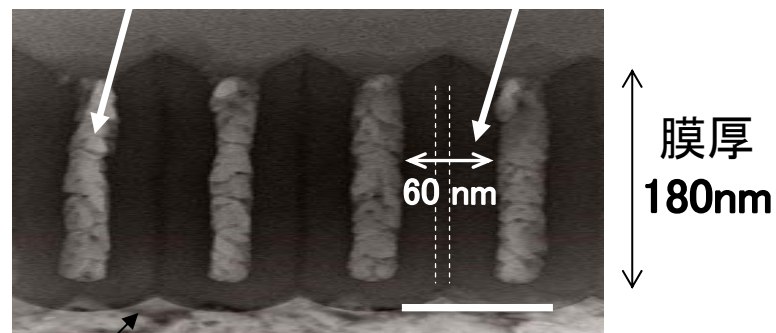


ナノホール

ナノホールに挟まれた隔壁



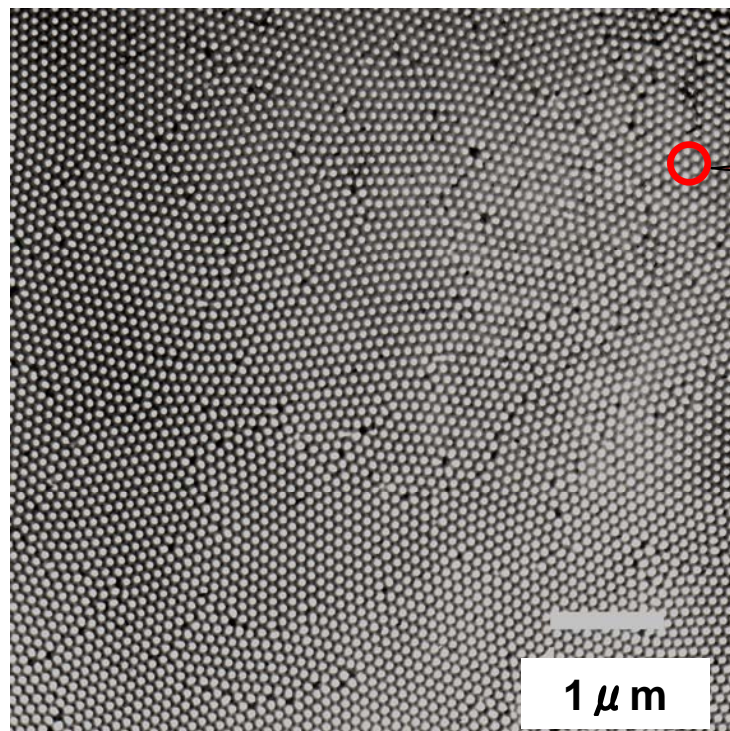
表面SEM



Al 基板

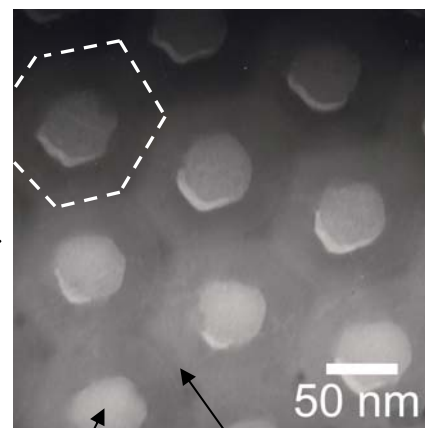
断面TEM

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

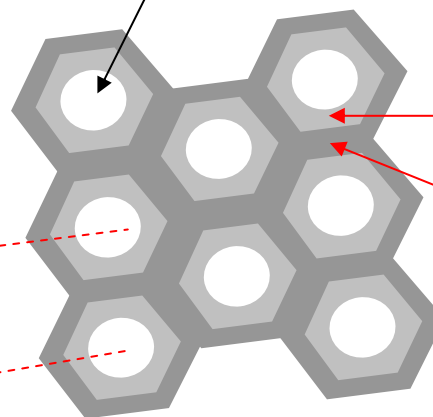


アルミ陽極酸化膜 $\text{AlO}_x$   
平面TEM (膜厚: 180nm)

拡大



ナノホール ハニカム隔壁・境界



模式図



アモルファス・パターン  
(電子線回折)

NMRによる構造解析

Outer layer  $\text{AlO}_6$

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

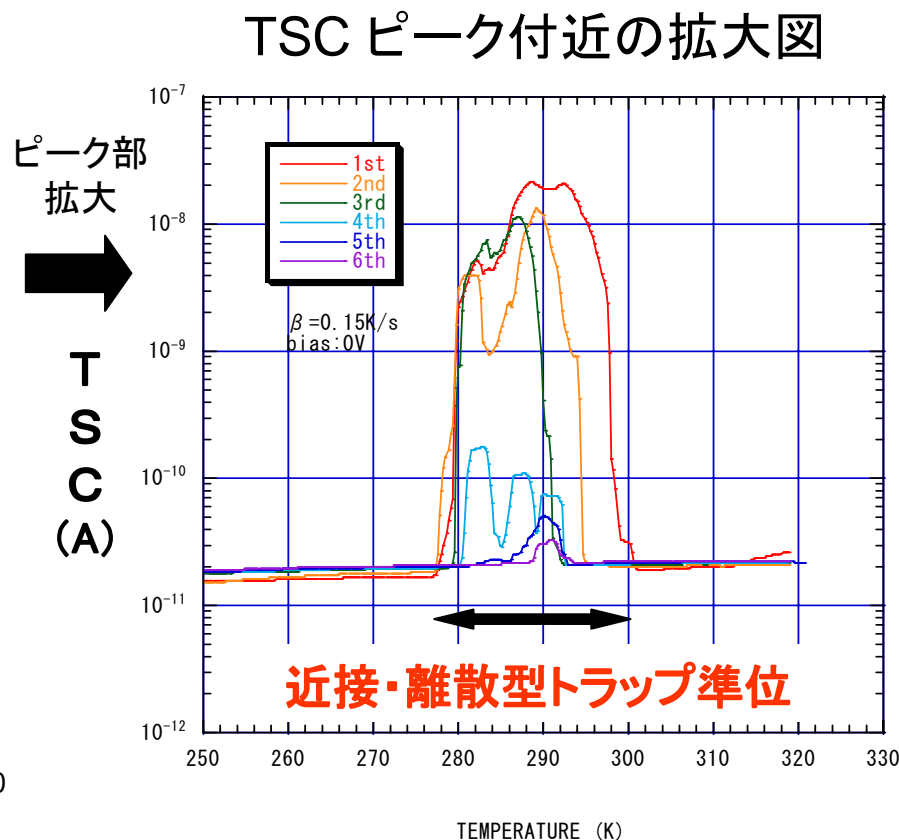
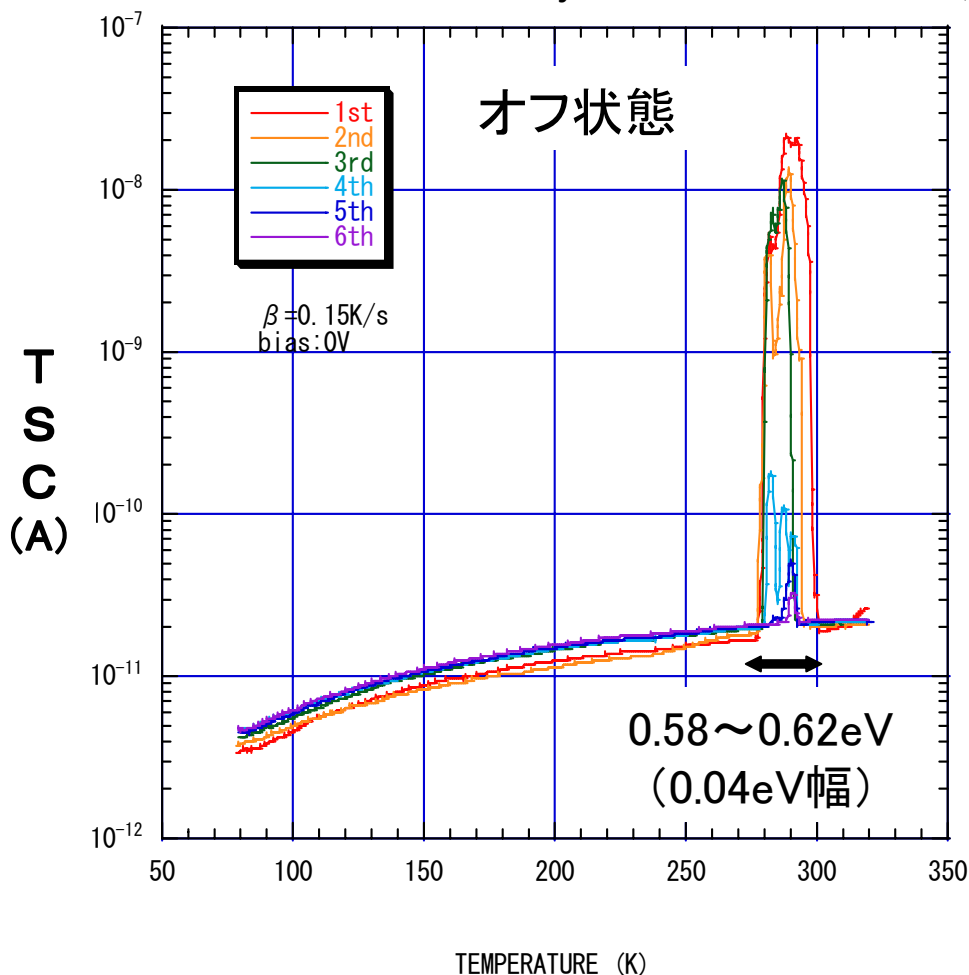
Iijima et al.  
Chem.Lett.,34,9 (2005)

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



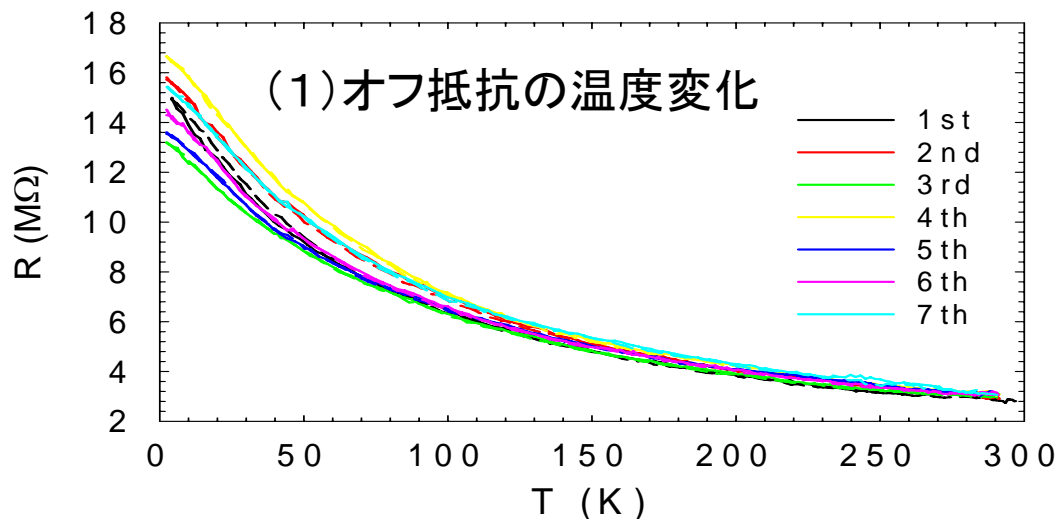
TSC: Thermally Stimulated Current 法(コベルコ科研にて測定)



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

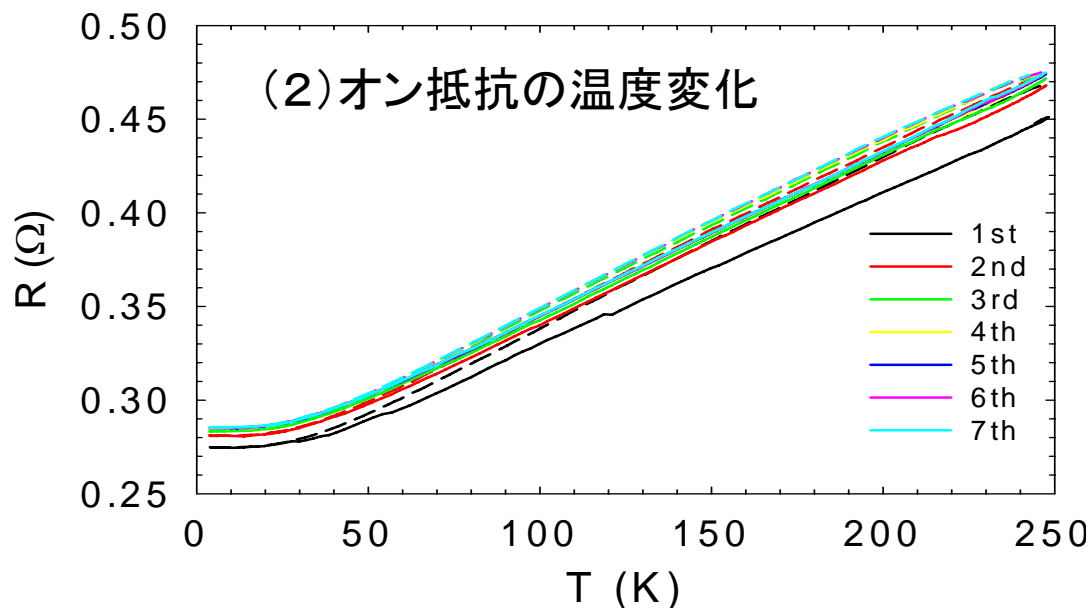
$$R = a + b \cdot \text{Exp}(-T/\Delta)$$

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

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

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

(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)

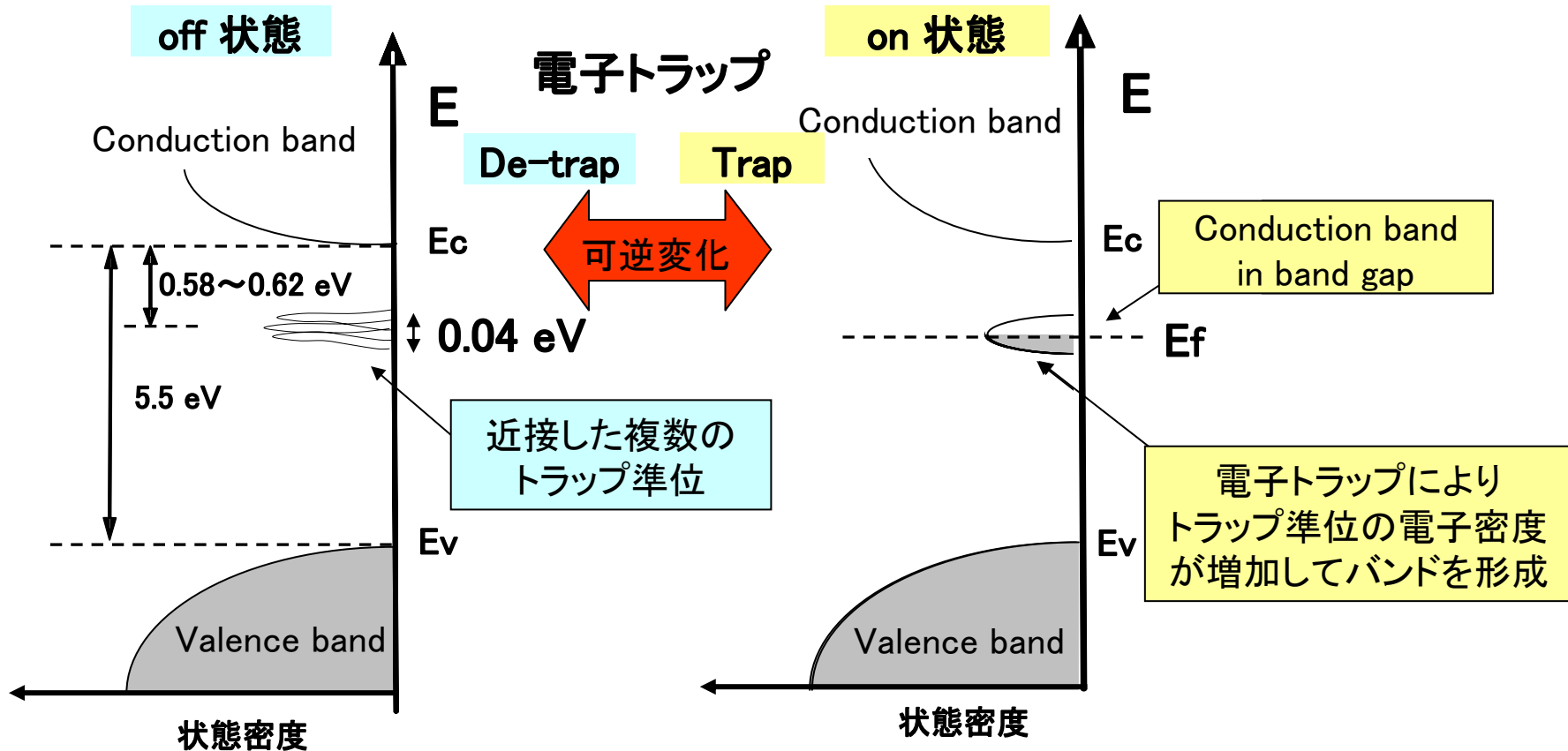
$$R \propto T \text{ (50K以上)}$$

(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)  $\text{AlO}_x$ 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。