

# アルミ陽極酸化膜を用いた次世代不揮発性 メモリの開発

北澤英明\*、児子精祐\*†、木戸義勇(リーダー)\*  
\*(独)物質・材料研究機構、†(有)みすゞR&D

アルミ陽極酸化膜に出来るナノホール周辺のアモルファス状のアルミナで現れる電界誘起のON-OFF効果を利用した次世代不揮発性メモリを開発する。アルミというありふれた元素であっても、ナノ構造を形成することによって出現する特異な電気的効果を利用することで、機能性素子になることを実証する。また、本技術は有害廃棄物を発生しないので、酸化物エレクトロニクス分野の発展と元素戦略プロジェクトに寄与する。

# 次世代メモリ(ユニバーサル・メモリ)



## ● ユニバーサル・メモリ: 以下の全ての特長を備えたメモリ

- ・ SRAM の高速アクセス(書き込み/読み出し)
- ・ DRAM の高集積
- ・ 不揮発性

FeRAM、MRAM、PRAM :

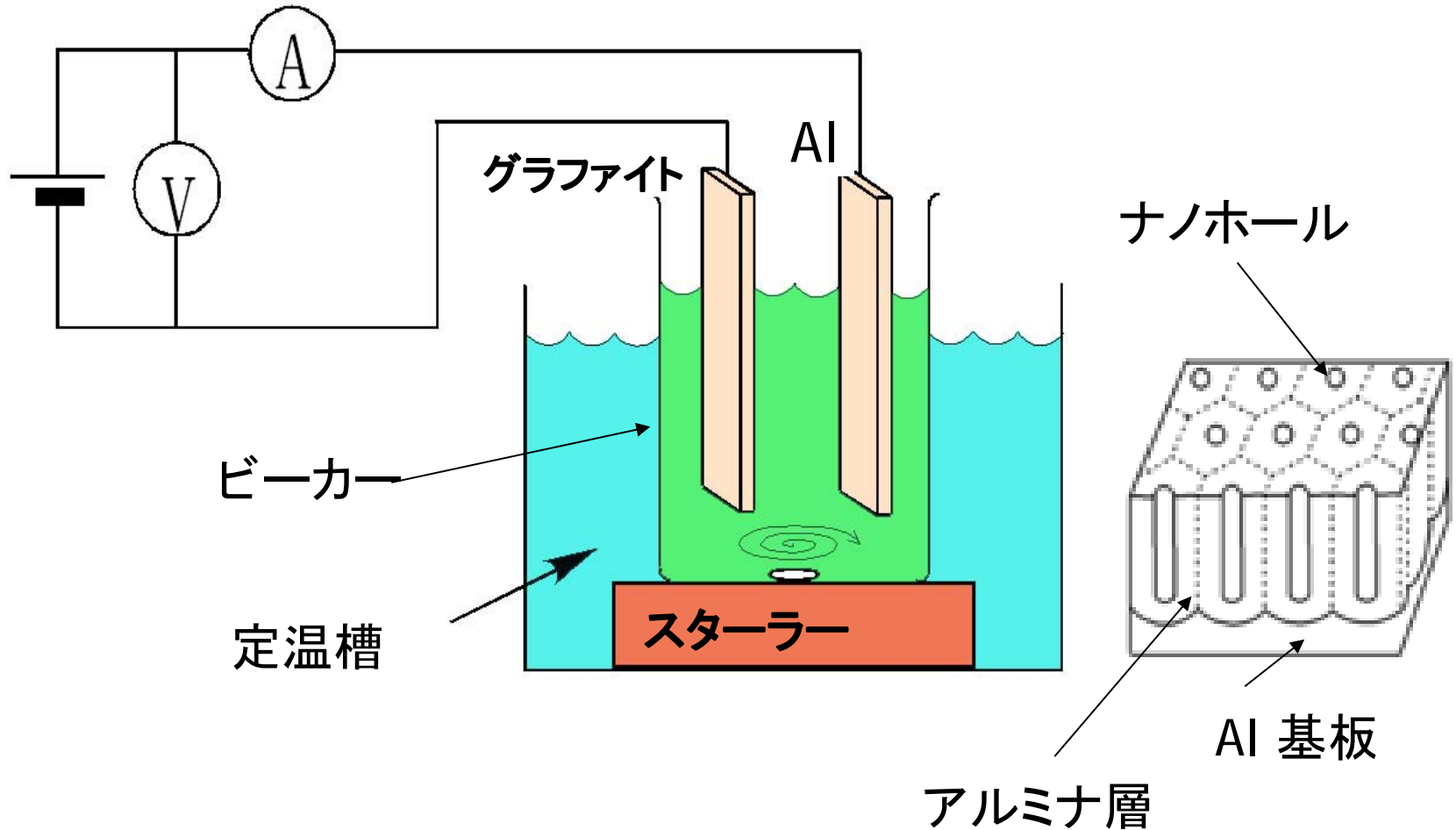
ユニバーサル・メモリ条件を満たしていないが各々の特長を活かした分野で、棲み分けした実用化が進められている

## ● ユニバーサル・メモリ候補の遷移金属酸化物 ReRAM の問題点

- ① 希少元素を使用する、再生処理での環境負荷がある
- ② Si 半導体製造ラインへの親和性の欠如
- ③ フォーミング処理が必要
- ④ 動作原理が明らかでない ⇒ 実用化上の問題点

本研究で開発するメモリには、上記①、②、③の欠点がない

# 陽極酸化膜の製造

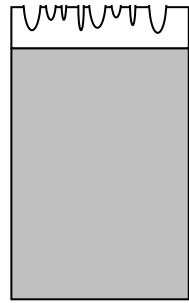


**MBE技術: Mediaeval Beaker Electrochemistry**

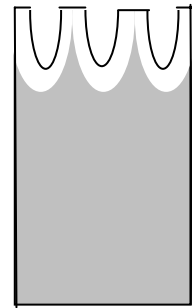
# AlO<sub>x</sub>膜・製造方法(2段陽極酸化)



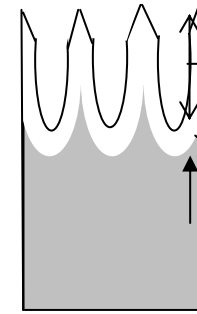
バリア層形成



不規則な微細孔

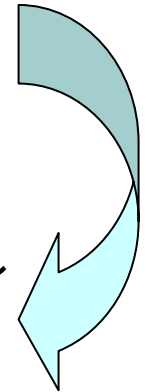


時間と共にナノ構造が揃う

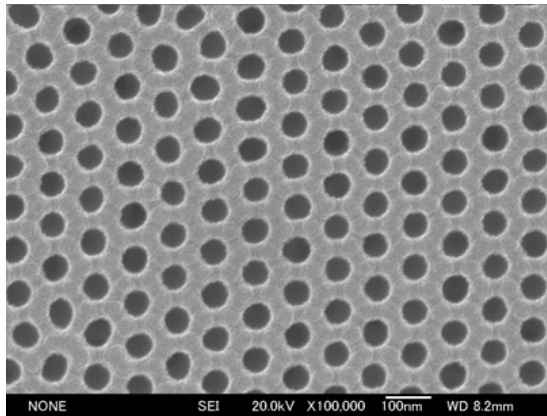


ポーラス層

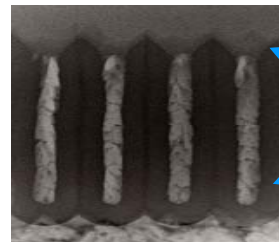
バリア層



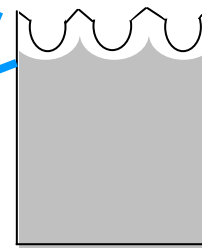
2回繰返し



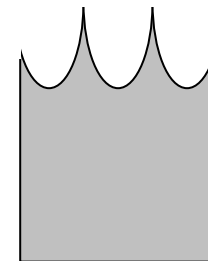
平面TEM像、穴と穴の間隔は50-150nmで制御可能



断面TEM像



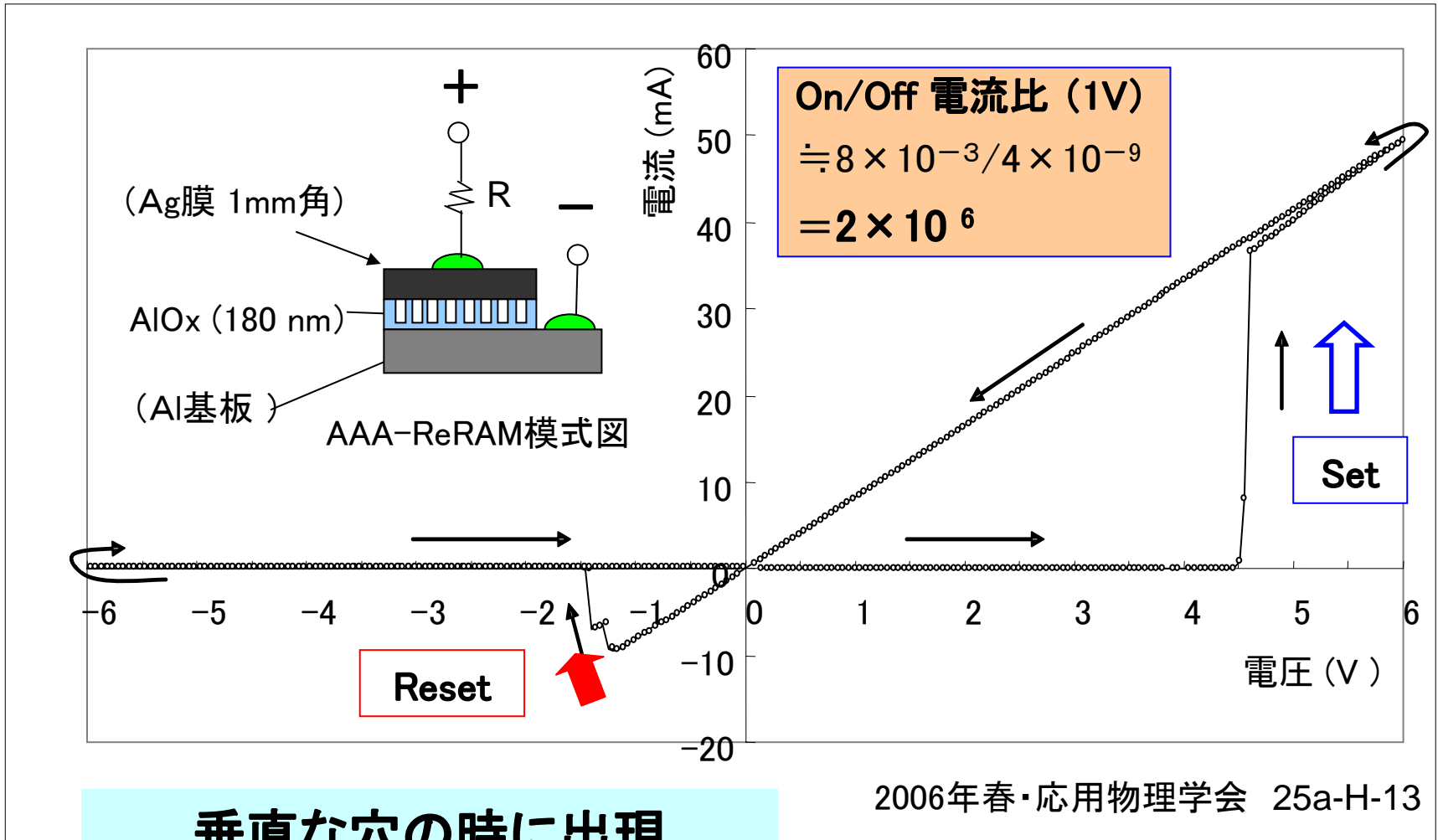
仕上酸化



酸化膜を溶解除去

# 陽極酸化膜を用いたAAA-ReRAMのOn/Off電流比

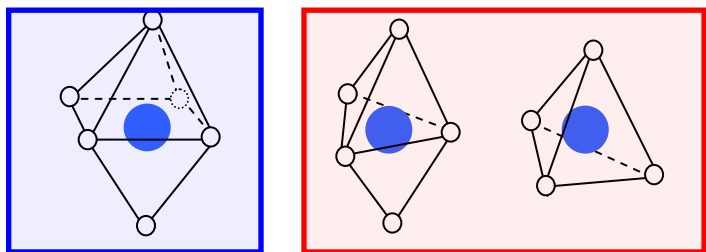
AAA-ReRAM (Anodic Aluminum Amorphous oxide Resistive Random Access Memory)



垂直な穴の時に出現

# 陽極酸化膜の動作原理研究(構造解析)

## Duplex AlOx



$\text{AlO}_6$   $\text{AlO}_5$   $\text{AlO}_4$

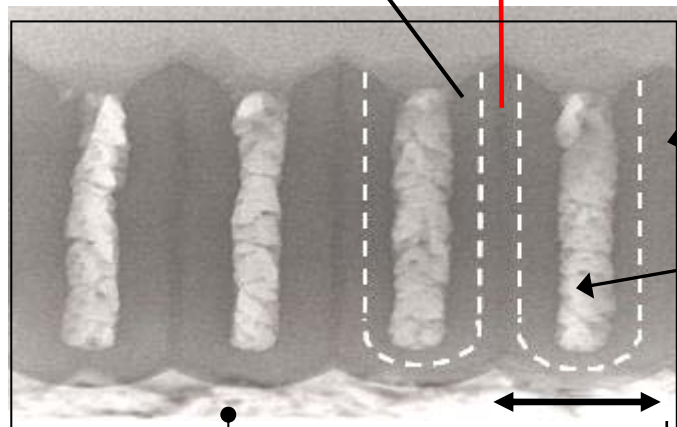
T.Iijima, G.Kido, T.Shimizu,  
Chem.Lett. 34, 9 (2005)

21.9T (930MHz)  
固体NMR分光計

NMR分光結果



アモルファス状パターン  
(電子線回折)



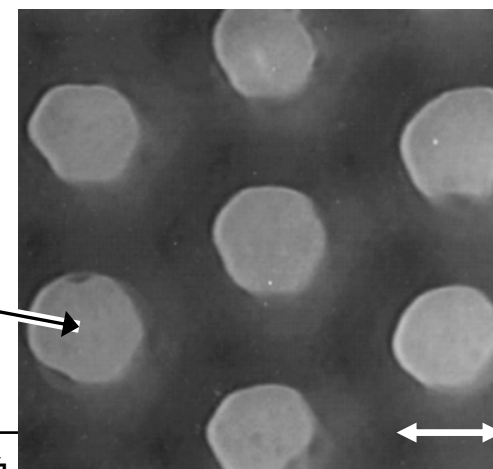
Al-基板

100nm

アモルファス隔壁

ナノホール  
40 nm  $\Phi$

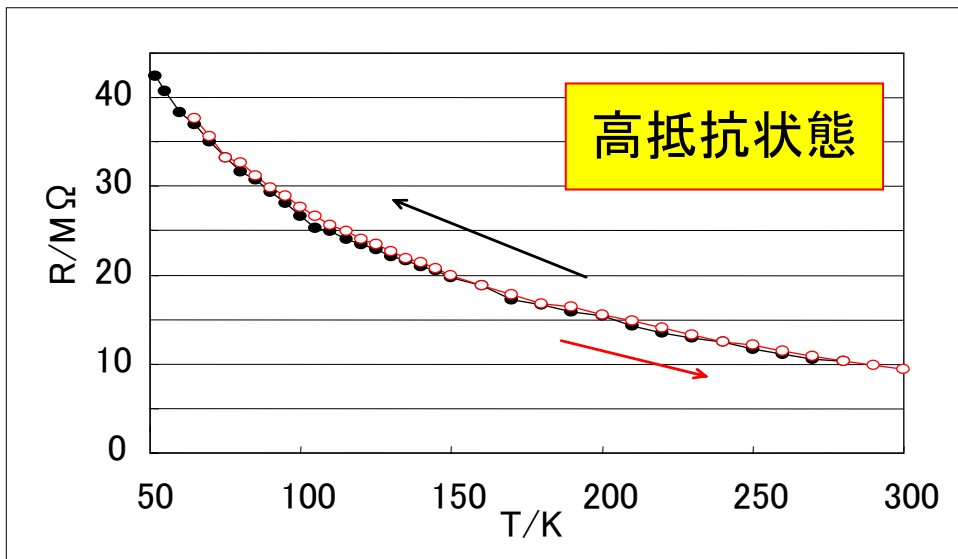
断面TEM像



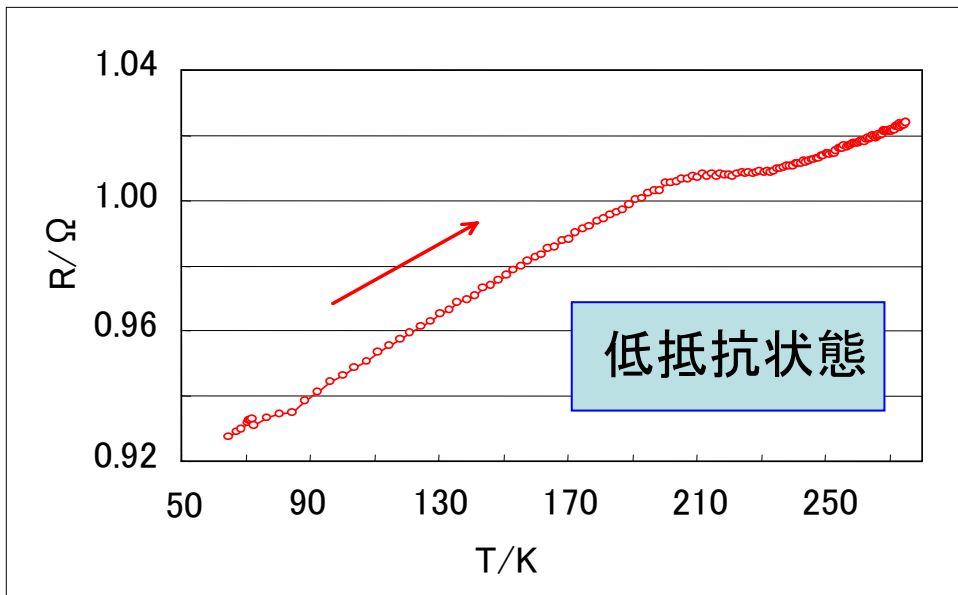
平面TEM像

50nm

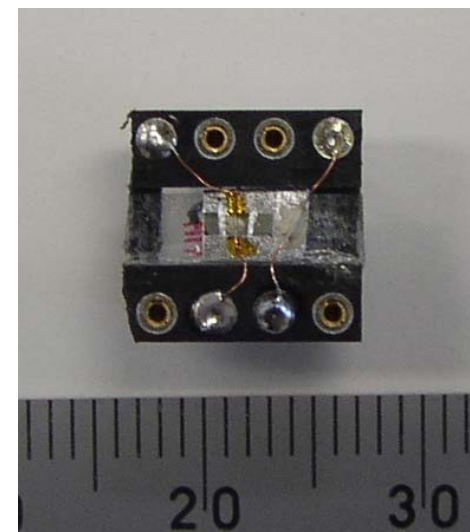
# 温度依存性



オフ抵抗は、温度上昇と共に減少する（絶縁体）



オン抵抗は、温度上昇と共に増加する（金属）



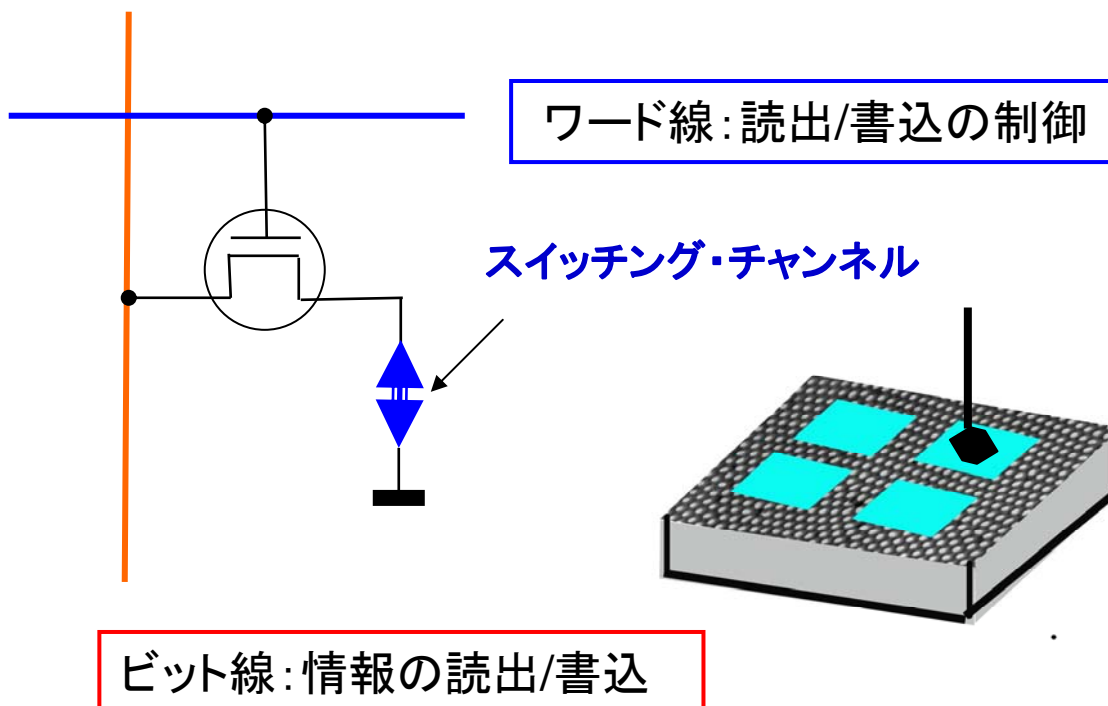
試料

# AAA-ReRAM実装と要素技術開発

開発目標：素子サイズ  $250 \text{ nm}^2$  で1Gビット

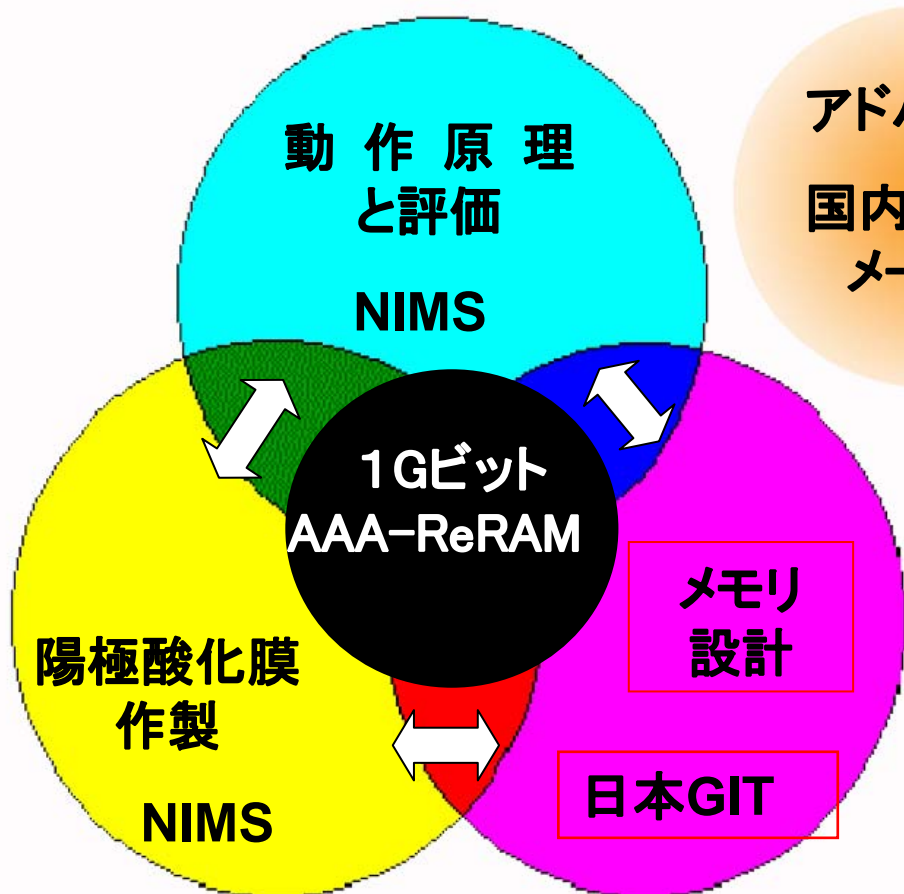
- アルミ陽極酸化膜の伝導機構などの基礎物性を明らかにする
- 微細化の要素技術の開発

## メモリーセルの基本構造(1T-1R 構造の例)





# 研究の役割分担と展望、特長



環境に優しい元素を使用  
Al はクラーク数が 0、Si に続き  
3番目と地上に多い元素

- ユニバーサル・メモリ
- 大型ガラス基板上のメモリ

- 汎用元素のナノ構造化による新機能開発
- 構造制御による機能の発現：元素戦略の推進

# 動作モデル

元素置換を伴わないナノチャネルへの  
電子の出入りによる固体還元・酸化反応

