

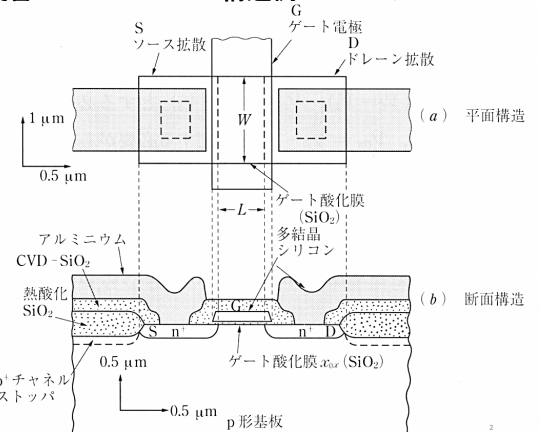
前回の復習:

IC用ダイオード:
トランジスタのBE間
やBC間接合を転用
する。通常、不純物
濃度はコレクタ、
ベース、エミッタの
順に高くなっている
ので、BC間接合は
キャリア濃度不足の
ため応答速度が遅
い。また、BE間接合
は、応答速度は良
いが、耐電圧が低
い(6~7V)。

トランジスタによるダイオードの構成とその特性例

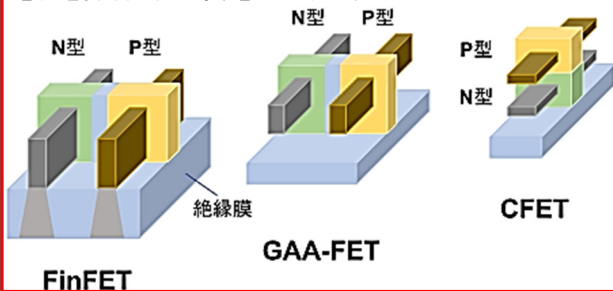
構 成	BE間	
	(a)	(b)
等価回路		
耐 圧 [V]	7	55
端子間容量 (pF)	0.5	0.7
対地容量 (pF)	2.9	2.9
全 容 量 (pF)	3.5	3.3
蓄積時間 (ns)	9	53
順方向電圧 [V]	0.85	0.94
寄生トランジスタ (npn) の β	0	2

前回の復習: MOS-FET ICの構造例: nMOS、



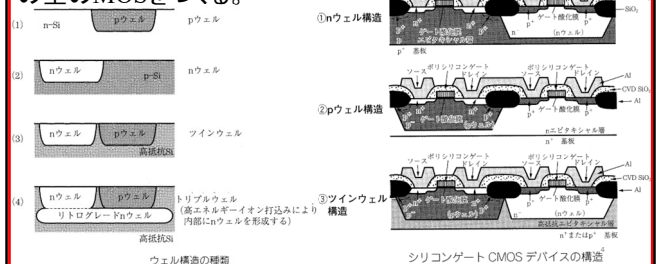
前回の復習:

マルチゲートFET: 立体構造でゲート
面積を増やし、静電容量 C_0 を減らす
に素子サイズを縮小する。同時に、
ゲート絶縁膜の膜厚を厚くしてリーク
電流を抑制し低消費電力化する。

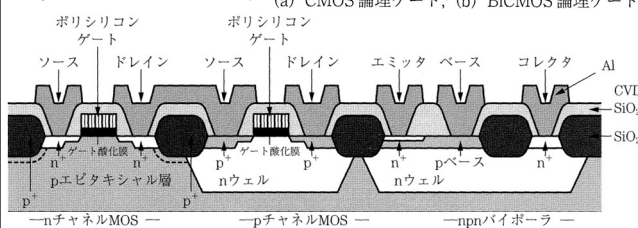
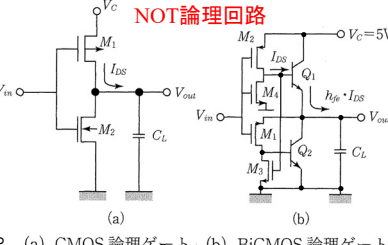


前回の復習:集積回路のCMOSの

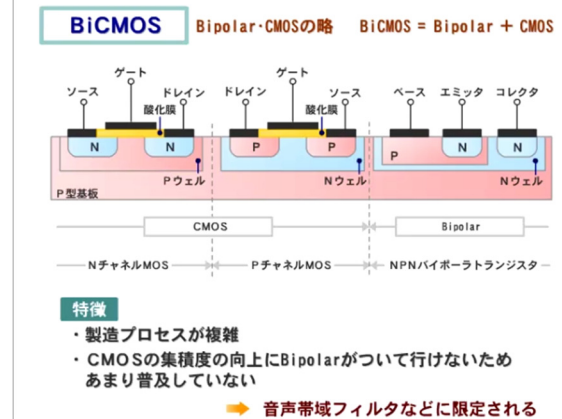
構造:CMOSでは、同一基板上に
 n MOSと p MOSの両方が作り
込まれているため、ウェルと
いう領域を形成して、その中
にどちらか一方(または両方)
の型のMOSをつくる。



BiCMOS: CMOSと
バイポーラが作り込ま
れている。CMOS(低
消費電力、低雑音、高
集積度)とバイポーラ
(高速、電流駆動、アナ
ログ動作)の利点を組
合わせる事が出来る。



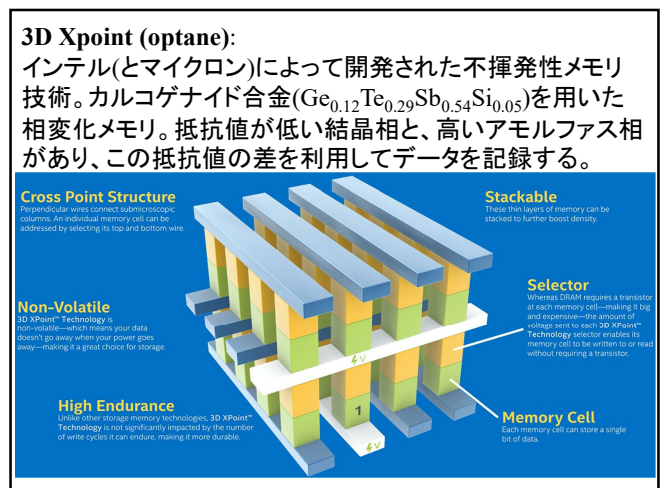
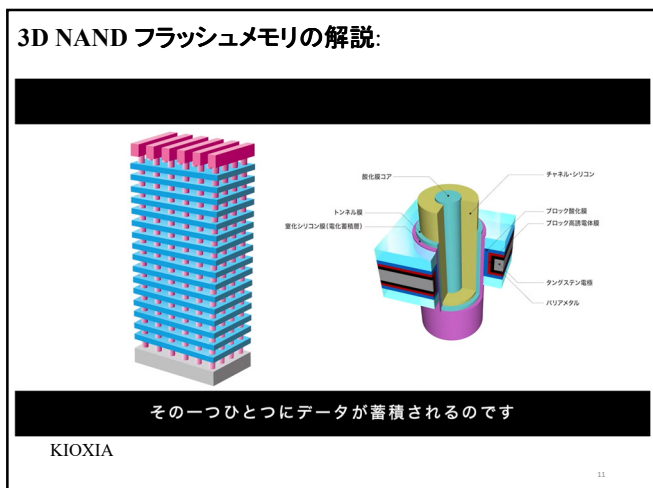
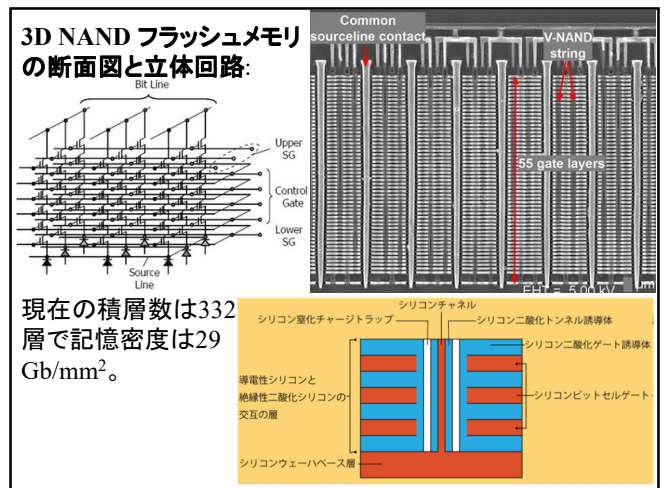
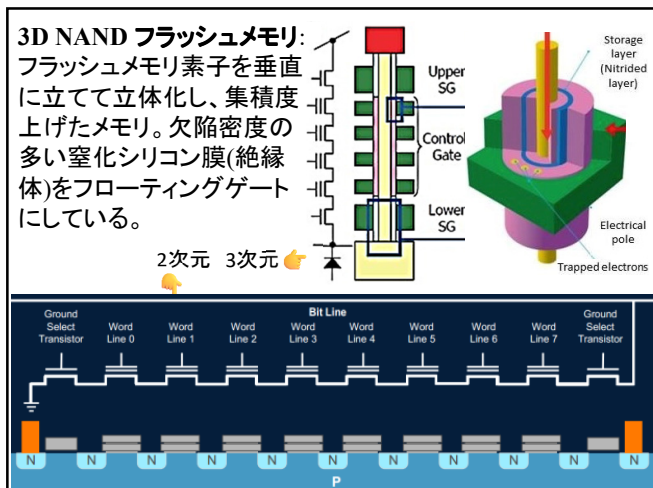
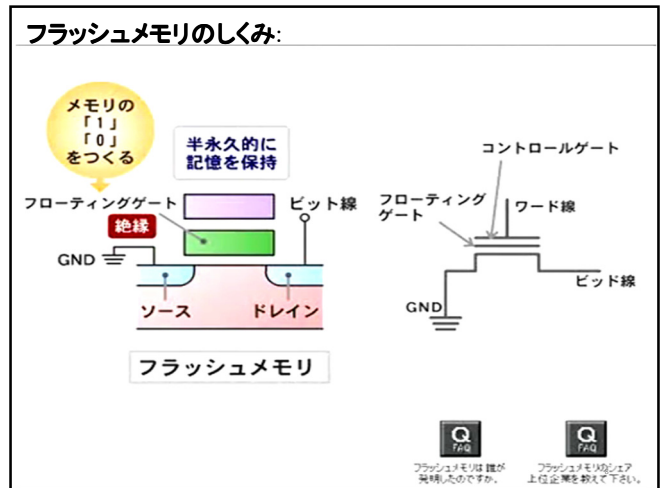
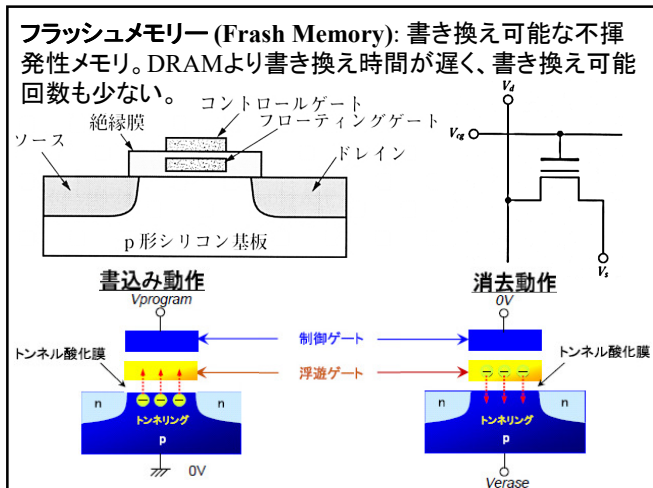
BiCMOS:



特徴

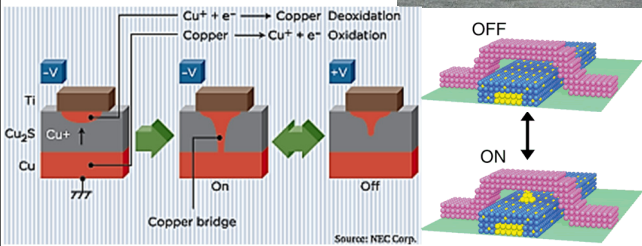
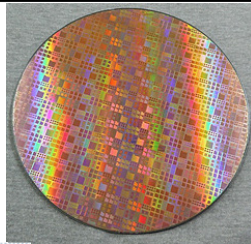
- ・製造プロセスが複雑
- ・CMOSの集積度の向上にBipolarがついて行けないためあまり普及していない

➡ 音声帯域フィルタなどに限定される

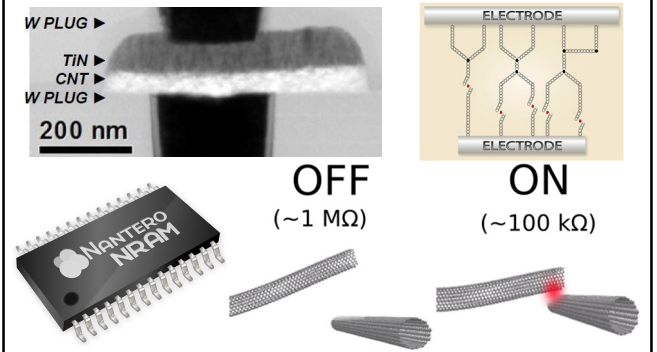


Nanobridge(原子スイッチ):

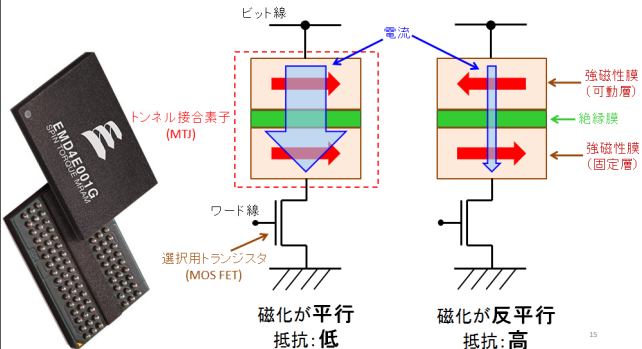
超イオン電導体中で銀や銅イオンを移送して金属突起を伸び縮みさせ、オンとオフを切り替える。消費電力が小さく、高速動作が可能で、低製造コストで超高集積化ができる。



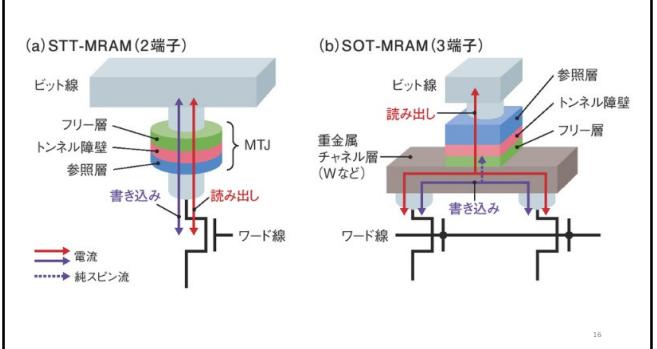
NRAM (Nanotube RAM): TiNとW電極間に挟まれたCNT薄膜に-2V前後の電圧を印加してCNT同士を接触させると、抵抗が低い状態となる。逆に+3V前後電圧を印加してCNT同士を分離させると、高抵抗状態となる。



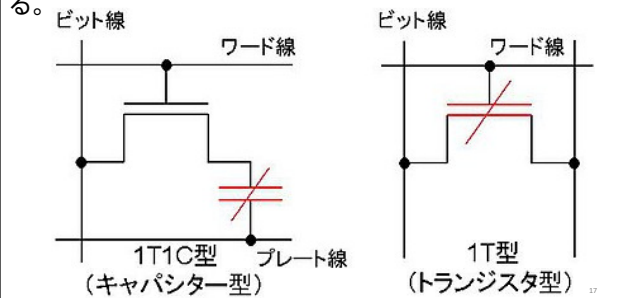
STT-MRAM (Spin-Transfer-Torque Magnetoresistive RAM), SOT-MRAM (Spin-Orbit-Torque MRAM): 二層の強磁性体の磁化が平行の場合は低抵抗状態、反平行の場合は高抵抗状態になる。GMR素子と同様の原理。



STT-MRAMとSOT-MRAMの違い: フリー層(可動層)の磁化を書き換える時に、STTの方は参照層(固定層)を通してスピン偏極電流を作り出すが、SOTの方はスピン軌道相互作用でスピン流を作り出す。

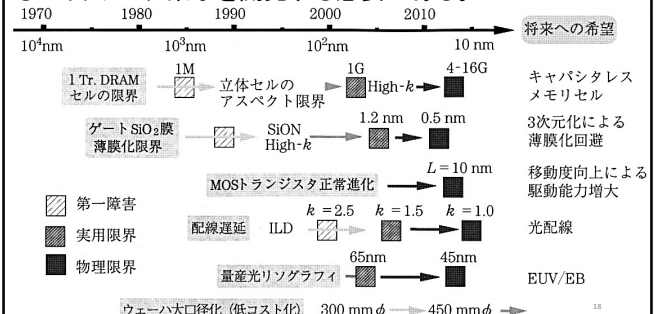


FeRAM (Ferroelectric RAM): DRAMのコンデンサの誘電体を強誘電体に置き換えたものと、MOSのゲート絶縁膜を強誘電体膜に置き換えたものがある。両方とも強誘電体の自発分極の向きで0と1を記録する。



微細化限界 (Siテクノロジーの終焉): 集積回路は、2035年以降にゲート長が数nm程度になると物理的に動作しなくなる限界に達する。

ナノエレクトロニクス技術で、全く別の材料・原理で動作するスイッチング素子を開発する必要がある。



カーボンナノチューブ(CNT)とグラフェン:

カーボンナノチューブやグラフェンは、移動度 μ がシリコンより大きいので、超高速・超高集積で安価な次世代トランジスタを作れる可能性がある。

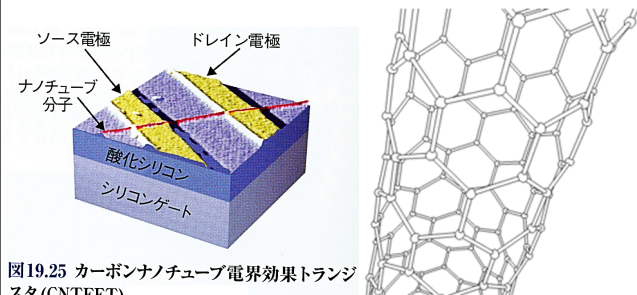


図19.25 カーボンナノチューブ電界効果トランジスタ (CNTFET)

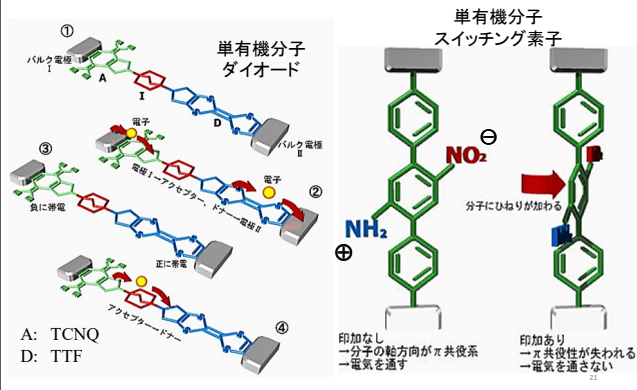
19

グラフェンの解説:



20

分子エレクトロニクス: 有機単分子をスイッチング素子として使用する。究極的な超小型の電子素子を構成できる。

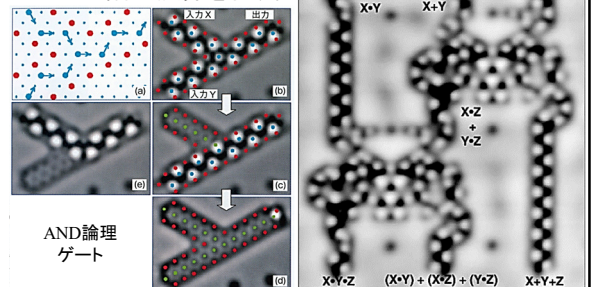


21

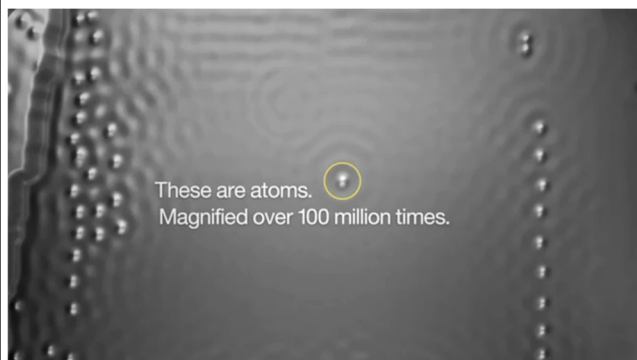
原子操作技術を用いた論理回路:

分子を1個ずつ配置して、論理回路を構築する。

銅表面に並べた一酸化炭素分子がドミノ倒しで次々移動することによって論理演算を行う。

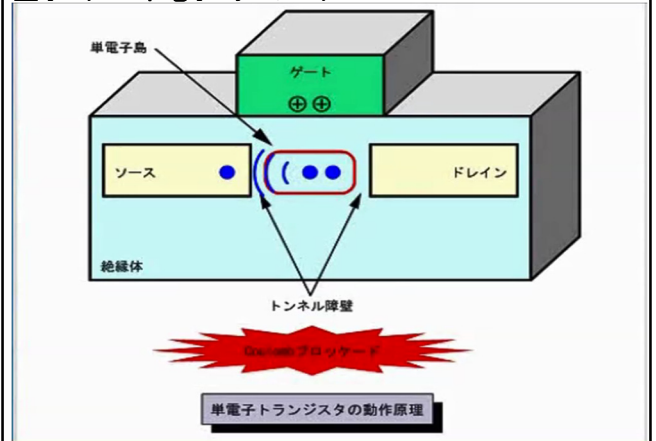


原子操作技術:



23

量子ドットと単電子トランジスタ:



(参考)絶縁ゲートバイポーラトランジスタ(IGBT):

MOSの高いオン抵抗と、バイポーラの低スイッチング速度を補うため、入力にMOS、出力にバイポーラを構成した。G・E間電圧によってオン・オフができる。電力制御の用途で使用する。

