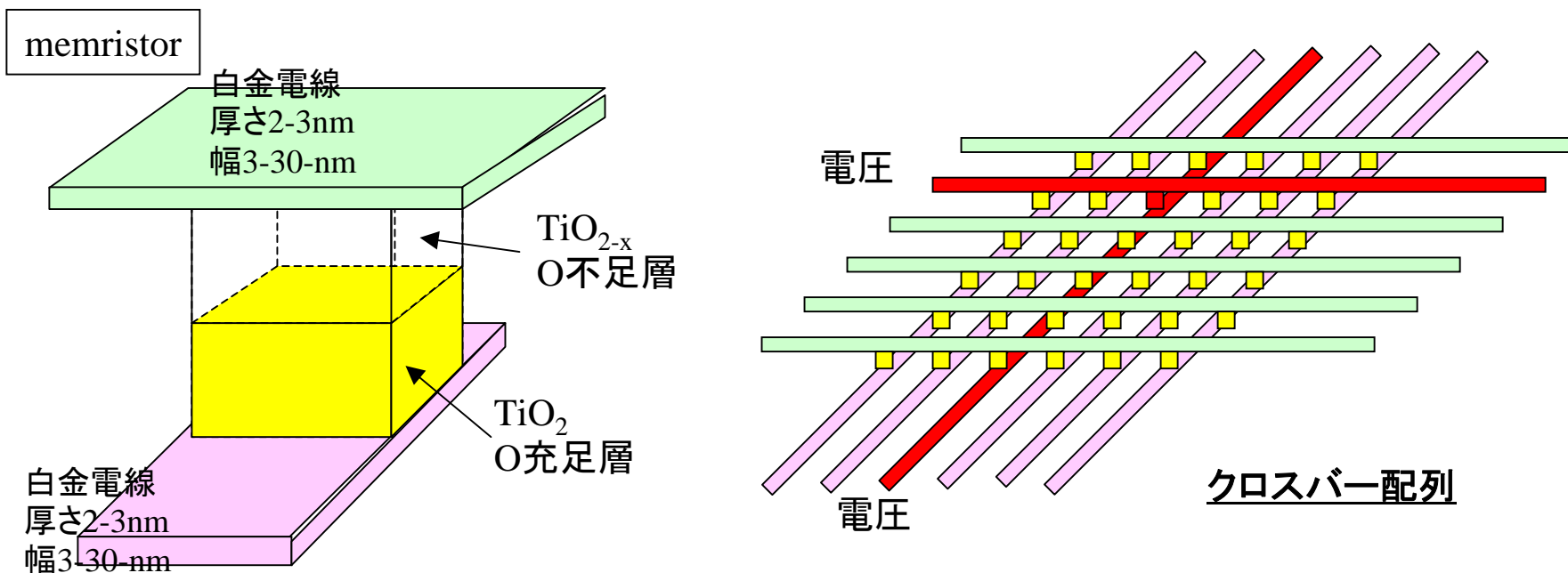


第4の回路素子メモリスタ memristor (memory+resistor)

IEEE Spectrum 12.08 の紹介

抵抗、インダクタンス、キャパシタンスに続く第4の受動型回路素子として“memristor”の存在が1971年に加州大バークレー校のLeon Chua 教授によって、磁束と電荷との関係を表すものとしてその存在が予言されていたが、HP社研究所のR.Stanley Williams らによってそれが実現しNature 誌に発表された。これは、電圧によって抵抗値が変化し、かつ、電圧を取り去ったとき、最後の電圧に相当する抵抗値が保存(記憶)される素子である。

ムーアの法則、すなわち、「トランジスタは2年で半分の大きさになる」が継続して行くと、いずれ、原子の大きさの何倍かという限界*に達してしまうのに対する新たな打開策を提供するものである。*(1個の半径で約 $10^{-10}\text{m}=0.1\text{nm}$ 程度)
Chua教授によれば、memristor 1個の構成にはtransistor 15個を要するとのこと



抵抗変化の原理

TiO₂ のOが不足する層は空孔が多い。
Oが充足している部分は高抵抗である。
上側に+の電圧を加えると不足層が下に拡大し、抵抗が減少する。
逆極性の電圧を加えると不足層が縮小し抵抗が増大する。

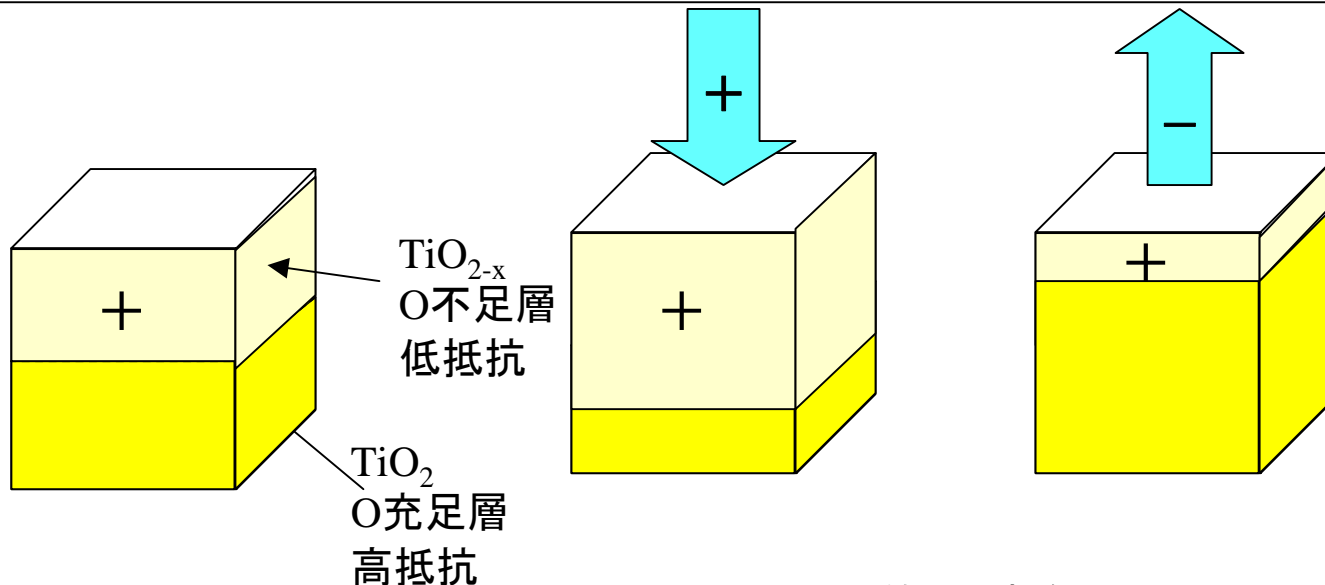
応用例

FPGA(field-programmable gate array)
をクロスバー方式で作ったところ、トランジスタの場合の1/10の面積になり、電力消費量で相対化したスピードが改善された。
memristorは受動素子であるため、トランジスタなどの能動素子と組み合わせて使う。

記憶の原理

不足層と充足層の境界は、加えられた(累積)電荷の値により決まり、その位置は電圧を取り去った後も移動しない。このため、最後に電圧を掛けたときの抵抗値が保存される。これを記憶装置として使う。

読み出しのためには、抵抗値に影響を与えない微小電圧または交流電圧を掛けて抵抗値を測定(高か低かの2値)する。



Missing (行方不明、所在不明、未発見)といわれた理由

Leon Chua は1971年の論文でメモリスタの名称と理論を発表している。

在来型の受動素子 R, L, C は、回路の電圧(降下) V , 電流 I , 磁束 Φ , 電荷 Q の4要素のうちの、二つずつの間の関係を示している。すなわち、

$$R = \frac{V}{I}, L = \frac{\Phi}{I}, C = \frac{Q}{V} \text{ である。}$$

また、 $\Phi = \int V dt, \left(V = \frac{d\Phi}{dt} \right), Q = \int I dt \left(I = \frac{dQ}{dt} \right)$ という関係もある。

4要素から2要素をとる場合の数は、 ${}_4C_2 = 6$ であり、上記で5つの式があるからあと一つが不足している。これが Φ と Q との関係であり、この関係を表す要素を *memristor* $M(Q)$ とし、その存在を予言した。

$$M(Q) = \frac{\Phi}{Q}, \text{ 接線値をとれば、} M(Q) = \frac{d\Phi}{dQ} = \frac{d\Phi/dt}{dQ/dt} = \frac{V}{I} \text{ であり抵抗と同じ次元で、かつ、}$$

電荷 Q の関数である。すなわち通過電流の積分値 = 電荷によって値が変化する抵抗である。

交流では、最大値が影響するかも知れない点を除けば、通過した電荷すなわち電流の積分値は0に近く影響を与えないが直流では電荷が累積し M の値が変化する。

これが予言から37年後の2008年に *HP Lab.* の *R. Stanley Williams* によって実現したというわけである。

注、この理論では、抵抗体でも電圧降下 V に伴い磁束 $\Phi = \int V dt$ が発生すると考えている。