

携帯電話やデジタルカメラなどのメモ리카ード、あるいは USB メモリなどにみられるように、フラッシュメモリは、私たちに身近な記憶デバイスとして普及しています。今回は、「バッキーボー

ル」を使って、このフラッシュメモリの性能をさらに高められる可能性があることを伝えた記事を取り上げます。

右ページの用語解説を頼りに、読み進めてみましょう。

NEWS

語数：436 words 分野：工学・材料・化学

Published online 22 April 2008 | *Nature* | doi:10.1038/452921a

Buckyballs give flash a boost

Fullerenes could be used to reduce amount of power needed in memory devices.

<http://www.nature.com/news/2008/080422/full/452921a.html>

Eric Hand



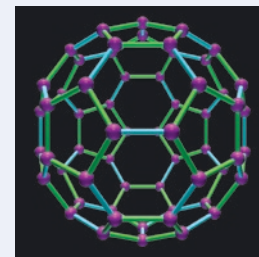
フラッシュメモリ。

- Flash memory, the **workhorse** of mobile phones and digital cameras, could be made more efficient by using buckyballs. These spherical fullerene molecules, **comprised of** 60 carbon atoms, would allow flash memory to operate at a lower **voltage** and save on power, researchers reported last week.
- "We're the first ones trying to borrow **molecular electronics** concepts and put them into **non-volatile memory**," says electrical engineer Tuo-Hung Hou of Cornell University in Ithaca, New York, who led the research (T.-H. Hou *et al. Appl. Phys. Lett.* **92**, 153109; 2008).
- Most desktop computers use a type of **random access memory (RAM)** that is lost when the power is shut off. Non-volatile memory, however, keeps its content even without power, and flash has **become the dominant type**. Flash memory holds its **zeros and ones** in a circuit that contains an island **transistor**, **insulated by** a thin layer of **silicon oxide**.
- To write or erase the memory, current **is pumped across the barrier**, either injecting electrons into the transistor or **sucking them out**. The charge **stays put** — most flash memory is guaranteed to last for ten years — but electrons eventually **leak through** the barrier. The barrier has to be thick enough to prevent leakage, but thin enough for current to pass through during a write or erase.
- The necessary current is relatively high, which translates to relatively high voltages. **Cycle after cycle**, the voltage can **wear down** the flash memory circuits. It also requires **peripheral circuitry** — which takes up precious space — to **boost** the low voltages available from batteries or USB ports. And most importantly, it wastes power that could otherwise extend battery life. "The major **bottleneck** of the current flash memories is the voltage," says Hou.
- Enter** the buckyball. By adding buckyballs to the barrier layer, the Cornell engineers create **resonances** that **amplify** the current during the high-voltage write or erase phase. So the voltage needed during writing or erasing is lowered, by an **order of magnitude** or more. "It's a very interesting twist," says Sanjay Banerjee, an electrical engineer at the University of Texas at Austin, who was not involved in the research.
- Chenming Hu, an electrical engineer at the University of California, Berkeley, says that the concept is attractive, and could help extend the **tenure** of flash as the dominant form of non-volatile memory. But he cautions that other types are already **nipping at the heels** of flash, such as **magnetic RAM**, which stores information using the **polarity** of **ferromagnetic** plates, and **phase-change RAM**, which relies on switching between **amorphous** and crystalline phases of tiny glass filaments. "The general feeling is something else will replace flash," he says.

Topics フラーレン (fullerene) とは?

炭素原子だけで構成されたかご状のクラスターのこと。最も有名なものが、60個の炭素原子からなるサッカーボール型のバックミンスターフルーレン (バッキーボール; **buckyball** ともいう) である。この C₆₀ のほかに、C₇₀ や C₇₆ など、さらに多くの炭素原子をもつ高次のフルーレンが存在する。現在知られているフルーレンはどれも、6員環 (炭素が6つ結合して六角形になっているもの) が数十個と、5員環 (炭素が5つ結合して五角形になっているもの) が12個が結合してできて

おり、5員環どうしは隣り合わない。生成するには、黒鉛にレーザーを照射、炭化水素を真空高温で燃焼などの方法がある。フルーレンのナノ構造や電気的性質は、それ自体で電子デバイスなどへの応用が期待できるが、誘導体も新素材として注目を集めている。例えば、炭素繊維強化プラスチックにフルーレンを添加して強度を高めた軽いテニスラケットなどが、既に商品化されている。また、エイズウイルスの酵素の阻害剤になったり、抗酸化作用があったりするので、医薬品への応用も期待されている。



バックミンスターフルーレン。
直径は約0.7ナノメートル。

Science key words

タイトル **flash (memory):** フラッシュメモリ

電氣的にデータの書き換えが可能で、電源を切っても記憶しているデータが失われない (これを不揮発性という) 半導体記憶素子。携帯電話やデジタルカメラなどのメディアとして広く普及している。

2. **molecular electronics:** 分子エレクトロニクス
集積回路は、チップに精密な回路を刻み込むことで計算速度を向上させてきた。しかし物理学的空間が限られており、精密さに限界がある。これに対し分子エレクトロニクスでは、電子素子の役割をもった分子を組み立てて新しいナノ構造をもつ集積回路を作製する。
2. **non-volatile memory:** 不揮発性メモリ
フラッシュメモリの項参照。
3. **random access memory (RAM):** ランダム・アクセス・メモリ
電源を切るとデータが失われる揮発性の半導体記憶素子。データの書き込みと読み出しが可能である。コンピュータのメインメモリとして広く使用されている。
3. **transistor:** トランジスタ
電流を増幅したり、スイッチの役割をしたりする半導体素子。ゲルマニウムやケイ素 (シリコン) を材料にして作製されることが多い。
3. **silicon oxide:** シリコン酸化物
シリコン、つまりケイ素の酸化物。主として二酸化ケイ素。
5. **peripheral circuitry:** 周辺回路
6. **resonance(s):** 共振
振動している物体に外部から周期的な力 (エネルギー) が加わると、

元の振動と外部の振動がやがて重なって大きな振幅となる。これを共振という。物体の振動だけでなく、音、光、電気回路などでもみられる。

7. **magnetic RAM:** 磁気 RAM
磁気を利用した不揮発性の記憶素子。磁気とはいえ磁気ディスクとは違って、原子内の電子のスピンの向きを利用している。この分野はスピントロニクスとよばれ、現在注目を集めている。
7. **polarity:** 極性
分子内に存在する電氣的な偏りのことをいう。ここでは、電子のスピンの向きの偏りのことを指す。
7. **ferromagnetic:** 強磁性の
外部から磁化を加えなくても、物質内部に自発磁化をもつことを強磁性といい、その物質を強磁性体 (ferromagnetism) という。簡単にいえば、磁石にくっつく物質が強磁性体である。
7. **phase-change RAM:** 相変化 RAM
物質の相をアモルファス (下記参照) と結晶の間で変化させてデータを書き込み、状態変化に伴う抵抗変化を利用してデータを読み出す不揮発性の記憶素子。
7. **amorphous:** アモルファス、非晶質
物質は通常、固体では原子が規則正しく並んだ結晶構造をとり、液体では原子は自由に動き回って流動状態である。アモルファス状態では、原子に自由度があるにもかかわらず、流動性がない。酸化物、金属、半導体、高分子など多くの物質系でアモルファス状態は存在する。また同じ物質でも、結晶状態とアモルファス状態では、電気伝導性、光学特性、磁性、物理的強度、耐食性、超伝導性などに違いがある。

Words and phrases

タイトル **give ... a boost:** 「後押しする」「高める」「助長する」

5. the **boost** は動詞として用いられ、「(電圧を) 上げる」という意味。

1. **workhorse:** 「丈夫で信頼できるもの」「大きく貢献するもの」
「馬車馬などの使役馬」のことで、転じてよく働くことを表す。
1. **(be) comprised of ...:** 「...で構成されている」
1. **voltage:** 「電圧 (値)」
3. **become the dominant type:** 「主役になる」
3. **zeros and ones:** 「二進数データ」
3. **(be) insulated by ...:** 「絶縁されている」
4. **(be) pumped across the barrier:** 「絶縁膜に (電気) を流して」
pump A across B は「Aを送り込んでBを透過させる」こと。
4. **suck(ing) ... out:** 「...を吸い出す」
4. **stay(s) put:** 「一定の状態とどまる」「動かずにじっとしている」
「そこにいて!」「じっとしていなさい」という口語表現としてよく用い

られるので、覚えておくとう便利。

4. **leak through ...:** 「...を通して漏れ出す」
5. **cycle after cycle:** 「データの書き込みと消去があるたびに」
直訳すれば「毎サイクル」ということ。ここでの cycle は、反復性のある一連の事象のことで、具体的にはデータの書き込みと消去のこと。
5. **wear down:** 「すり減らす」「劣化させる」
5. **bottleneck:** 「ネック」
「びんの首」「ほかよりも狭くなっている部分」のことで、比喩的表現として使われる場合に「障害」「障壁」といった意味がある。
6. **Enter ...:** 「...登場」 脚本のト書きで使われる表現。
6. **amplify:** 「増幅する」
6. **order of magnitude:** 「(十進数の) 桁」
7. **tenure:** 「在任期間」
7. **nip(ping) at the heels:** 「かなり追い上げられている」
nip は「かむ」こと。追いかけてくる相手が、自分のかかとかみついてきている状態。

NEWS

参考訳

Published online 22 April 2008 | *Nature* | doi:10.1038/452921a

バッキーボールでフラッシュメモリの性能を強化する

フラーレンを使うことで、記憶デバイスが必要とする電力量を減らせる可能性がある。

<http://www.nature.com/news/2008/080422/full/452921a.html>

エリック・ハンド



建築家リチャード・バックミンスター・フラーによるジオデシック・ドーム。これと同様の構造をもつことから、C₆₀ はバックミンスターフラーレンとよばれている。

- フラッシュメモリは、携帯電話やデジタルカメラで大活躍しているが、バッキーボールを使うことで、その効率を高められる可能性がある。バッキーボールとは、60個の炭素原子からなる球形のフラーレン分子のことである。先週、研究者たちは、バッキーボールを使ったフラッシュメモリは、従来よりも低い電圧で作動することができ、電力の節約になると報告した。
- 「私たちは、分子エレクトロニクスのコンセプトを借用して、不揮発性メモリに応用することを初めて試みているのです」。こう話すのは、今回の研究のリーダーを務めたコーネル大学（米国ニューヨーク州イサカ）に所属する電気工学者 Tuo-Hung Hou である (T.-H. Hou et al. *Appl. Phys. Lett.* **92**, 153109; 2008)。
- ほとんどのデスクトップコンピュータにはランダムアクセスメモリ (RAM) の一種が使用されているが、電源を切ると、記憶内容は失われてしまう。これに対して、不揮発性メモリは、電源を切っても記憶内容は保持される。各種の不揮発性メモリの中で現在、最も優勢なのはフラッシュメモリである。フラッシュメモリでは、酸化シリコン薄膜で絶縁されたトランジスタアイランドを含む回路に二進数データが記憶される。
- メモリにデータを書き込んだり、メモリのデータを消去したりする際には、絶縁膜に電流を流して、トランジスタに電子を注入したり、トランジスタの電子を吸い出したりする。この電荷は保持されるため、ほとんどのフラッシュメモリは、10年の寿命が保証されている。しかし、電子はしだいに絶縁膜から漏れ出していく。絶縁膜には、電子の漏出を防げるだけの厚みと、データの書き込みや消去の際に電流を流せるだけの薄さが求められているのである。
- （フラッシュメモリには）比較的大きな電流が必要であるため、比較的高い電圧が必要となる。データの書き込みと消去のサイクルのたびに、この電圧がフラッシュメモリ回路を劣化させる可能性がある。また、フラッシュメモリには、内蔵バッテリーや USB ポートから供給される低電圧電力を昇圧するための周辺回路も必要であり、そのために貴重なスペースを割かなければならない。最も重要な点は、フラッシュメモリが電力をむだに使っている点であり、これがなければバッテリーの寿命を延ばせるはずである。「電圧は、現在のフラッシュメモリの主要なネックとなっているのです」と Hou はいう。
- そこで登場するのがバッキーボールである。Hou たちは、絶縁膜層にバッキーボールを加えて共振を生じさせることで、高電圧でのデータの書き込みや消去の際の電流を増幅させた。これにより、データの書き込みや消去に必要なとされる電圧が1桁以上低下した。この研究には参加していなかったテキサス大学オースチン校（米国）の電気工学者 Sanjay Banerjee は、「これは予想外の展開で、非常に興味深いものがあります」と語る。
- カリフォルニア大学バークレー校（米国）に所属する電気工学者 Chenming Hu は、このコンセプトには魅力があり、フラッシュメモリが不揮発性メモリの主流であり続ける期間を延長するのに役立つ可能性がある、と指摘する。けれども彼は、強磁性板の極性を使って情報を記憶する磁気 RAM (MRAM) や微小ガラスフィラメントの非晶質相と結晶相との相変化を利用した相変化 RAM (PRAM) など、ほかの種類の不揮発性メモリがフラッシュメモリを追い上げてきている点にも注意を促す。「フラッシュメモリは何か別のものに置き換わるだろう、というのが一般的な見方なのです」と Hu は語った。