

## 電子技術キーワード解説

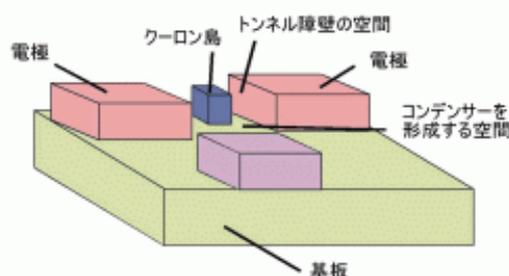
## 知っておきたい最新の動き

## [単電子トランジスタ]

2007年3月、英国マンチェスター大学の研究者たちが、単電子トランジスタ(SET: Single Electron Transistor)の設計において飛躍的な進化を遂げた(SI・EMC トピックスレター07年3月号(6)項)とのニュースがありました。あまり聞きなれないこの「単電子トランジスタ」とは、いったいどのようなものなのでしょう。

単電子トランジスタとは、電子1個を操ることができる究極の省エネルギー素子の総称です。制御用電極の電子数を1個変化させるだけで、電流の流れをオン・オフすることができます。普通のトランジスタでは、電流のオン・オフの制御に約十万個の電子を必要となりますが、これを量子効果によりゲート電圧で、電子一個単位の制御を可能とした素子です。

構造を右に示しますが、ソース電極とドレイン電極間に数ナノメートルのクーロン島(導電性島)を配置し、二つのトンネル接合を介して、ソース電極からドレイン電極へ電流を流すトランジスタです。クーロン島は、容量結合した第三(ゲート)電極で、そのポテンシャルを変えることで制御します。電子1個がクーロン島に入ると、島のポテンシャルが上がり、次の電子が入ることが出来なくなります。このようなクーロンブロック効果を利用することにより、電子1個1個が、島を経て流れます。



単電子トランジスタの歴史としては、1987年、電子1個でオン・オフの制御が可能な「単電子トランジスタ」の概念が、米国のLikharev(現・ニューヨーク市立大学教授)によって提案されました。単電子トランジスタでは、ソース電極とドレイン電極の間に絶縁体を介してクーロン島が位置し、電子は1個ずつクーロン島を通過してソース電極からドレイン電極へ移動します。クーロン島に電子が入ったときに十分大きな静電ポテンシャルの変化が生じることが、単電子トランジスタの室温動作には必要となります。ただし、それにはクーロン島のサイズが数10nm以下でなければならず、Likharevが提案した当時には、単電子トランジスタの作製は不可能でした。その後の研究の初期段階では、小さいサイズのクーロン島がなかなかできず、低温でしか動作しませんでした。現在では金属、半導体などのいくつかの材料において単電子トランジスタとしての室温動作が確認されているものが出始めています。

残念ながら、単電子トランジスタは構造自体が、本質的に小さく高密度集積化に適していますが、この集積化に関する研究は、まだ初期の段階にあります。従来のシリコン集積回路を構成しているデバイスを、単に単電子トランジスタで置き換えることには困難があります。すなわち、多くの単電子トランジスタを微細な配線を用いて結ぶ必要がありますが、ナノメータスケールの微細配線はまだ作製が困難です。また単電子トランジスタは単電子で駆動させるため、この出力を利用して動作できる次段の単電子トランジスタの数には制限があります。

単電子トランジスタの材料としては、シリコンプロセスに整合する材料が望ましいと言えます。もし、材料としてシリコンを使うことができれば、現在のシリコン集積回路製造ラインをほぼそのまま使える点が有利となります。シリコン以外の有望な材料としてはカーボンナノチューブをあげることができます。産業技術総合研究所の松本和彦博士らのグループは、最近カーボンナノチューブを用いた単電子トランジスタの集積化技術を開発しました。カーボンナノチューブにより微細な配線も一緒にできてしまいます。したがって、今後、単電子トランジスタの集積化技術として、さらに発展していくことが予想されます。

この単電子トランジスタが注目されるのは、もし、単電子で動作するデバイス・システムで集積回路を

作ることができれば、従来の集積回路と比較し、消費電力が1万分の1から10万分の1程度と少なくて済みます。さらに、動作限界が緩和されるとともに、発熱によって集積回路が機能しなくなるという問題を回避できそうだという期待があるからです。実用化への道はまだ遠いでしょうが、劇的な省電力化を実現できるという単電子デバイス・システムへの期待は極めて大きいと言えます。

( <http://www.nanonet.go.jp/japanese/nano/primer/nano04.html> などを参考 )

Copyright (C) Satoru Haga 2007, All right reserved.

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>技術・経営の戦略研究・トータルサポータ</b> |  |
| <b>ティー・エム研究所</b>           |  |
| E-Mail: GHH12525@nifty.com | URL: <a href="http://homepage3.nifty.com/s-haga">http://homepage3.nifty.com/s-haga</a> |

|  |
|--|
| 工学博士<br>中小企業診断士<br>社会保険労務士(登録予定)<br>代表 <b>芳賀 知</b> |
|--|