

電子技術キーワード解説

知っておきたい最新の動き

[グラフェン (Graphene)]

2008年6月、東北大学電気通信研究所らは、シリコン (Si) 基板の表面を工夫することで、Si 基板の上にグラフェン薄膜を作製することに、世界で初めて成功したと発表しました。

このポストシリコンとして、注目されているグラフェンとは、どのようなものでしょうか。今月は、このグラフェンの研究動向を取り上げてみたいと思います。

グラフェンは原子1個分の厚みで、炭素原子が6角形のハニカム構造を形成するシート状の物質です。(参考までですが、鉛筆の黒鉛材料のグラファイトはグラフェンが積層した構造になっています。) グラフェンは、米レンセラー工科大学が2004年に単層剥離に成功してから注目されるようになりました。

グラフェンは、炭素原子が網の目状に並んだ二次元シートですが、その中では電子が、まるで重さのない粒子として振る舞います。このため、グラフェンには電気抵抗がほとんどなく発熱しないため、シリコンと比べて電子が100倍以上の速度で移動でき、現状のギガ Hz を大きく上回るテラ Hz デバイスを実現できる可能性があると考えられています。またグラフェンは、シリコンが適用できなくなる10nm以下で半導体技術を発展させ続けることも可能になります。カーボン・ナノチューブはグラフェンが円錐形に丸まったもので回路形成手法に難点がありますが、シート状のグラフェンは扱いやすいとも考えられています。

東北大学らの成果は、実際の半導体集積加工プロセスに用いられるのと同じ結晶成長技術でグラフェン形成をSi基板上で成功したことです。

一方、米メリーランド大学の研究グループが、同じくグラフェンを使ったトランジスタの開発を進めています。その報告によると、グラフェンの電子移動度を50K (-223℃) ~500K (232℃) と広い温度範囲で測定したところ、温度に関係なく約1万5000cm²/Vs とのことでした。温度の影響を受けず、高い電子移動度を示しています。(ちなみに、Siの電子移動度は約1400cm²/Vsです。) ただ、グラフェンの持つ電子移動度は、本測定結果よりも、さらに高いポテンシャルを持っていると考えています。グラフェンの格子振動は非常に弱く、フォノンよりもむしろ不純物や基板といった2次的な要因に大きく左右されている可能性があります。研究グループによると「現段階では、グラフェンの電子フォノン散乱は非常に弱いことから、不純物によって電子移動度が制限を受けていると考えられる。仮に、この不純物を取り除くことができれば、室温で20万cm²/Vsと非常に高い電子移動度が得られるはずだ。Siの電子移動度の実に百数十倍に達する」と指摘しています。一方、グラフェンと同様に炭素 (C) からなるカーボン・ナノチューブの電子移動度は約10万cm²/Vsで、グラフェンの約半分です。

また、同研究グループによると、グラフェン・トランジスタは、基板の選択にも課題があるとしています。Cの純度が高いグラフェンを使用する場合、実験で使ったSi基板では最大の電子移動度が得られなかったことから、基板の材料、構造に関しても、検討をしていく必要があるとしています。

IBM T. J. ワトソン研究所では、グラフェンを利用する上で問題となる電気ノイズが、同材料を2層化することにより抑制されることを発見したと報告しています。

グラフェンのようなナノデバイスは小さくなればなるほど、制御不能な1/f雑音という電気ノイズが増大するフーゲの法則という難問を抱えています。オンオフに必要な電気信号と同等以上のノイズが発生すると、デバイスは機能できなくなります。同研究所では、単層シートでトランジスタを構築して電気特性

がフーゲの法則に従うことを確かめ、同じデバイスを2層に重ねたシートで製作すると、層間に強い電子結合が生まれノイズが打ち消されることを発見したと報告しています。

グラフェンは、実用化までには、まだまだ道がありそうですが、研究活動は世界で活発に行われています。しばらく、推移を見ていきたいと思えます。

(<http://www.jst.go.jp/pr/announce/20080624/index.html>、
http://www.eetimes.jp/contents/200803/32625_1_20080327173721.cfmなどを参考)

Copyright (C) Satoru Haga 2008, All right reserved.

<p>技術・経営の戦略研究・トータルサポータ</p> <p>ティー・エム研究所</p>	<p>工学博士 中小企業診断士 社会保険労務士(登録予定) 代表 芳賀 知</p>
<p>E-Mail: GHH12525@nifty.com URL: http://tm-lab.a.la9.jp/</p>	