パワーを制する者が未来を制する－Si も、SiC も、GaN も－

The person who controls power controls the future. – Si, SiC and GaN -

°湯之上　隆（微細加工研究所）
°Takashi Yunogami (Fine Processing Institute)
E-mail: yunogami@gmail.com

半導体の出荷数は毎年約 250 億個ずつ増大し、2013 年には 7000 億個を超えた。その市場規模は 2015 年に 3500 億ドルに達する（図 1）。一人当たり 1 年の半導体消費量は、先進国で 150 ドル、途上国で 75ドルと見積もられる。現在 72 億人の世界人口は、2050 年には 90 億人を超えると予測されているが、このまま半導体出荷数が増大し続けた場合、2050 年の半導体市場は 7500 億ドルに達すると計算できる。

このように半導体は右肩上がりの成長産業と言えるが、その明るい未来の前には、「パワーの問題」が大きな壁として立ちはだかっている。

PC を脇役に追いやったスマートフォンにおいては、プロセッサの低消費電力化が技術開発の最大の焦点となっている。また、ビッグデータ時代の到来とともに急増するデータセンターにおいては、発熱したサーバーを冷却するための空調の電力が、サーバーの消費電力を超える事態となっている。

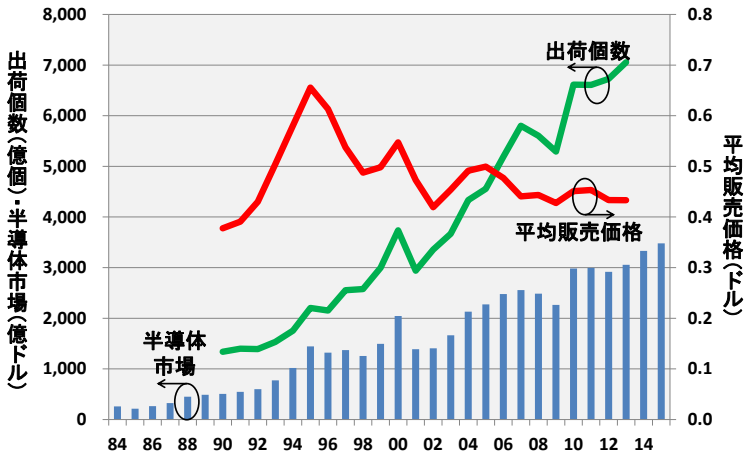

図1　世界半導体市場、半導体出荷個数、平均販売価格の推移

出所：ガートナーおよびWSTSのデータをもとに筆者作成

一方、世界人口の増大と経済発展の結果、増加の一途を辿っている電力については、発生、輸送、貯蔵、消費の過程で、効率的な変換・制御技術が必要である。しかし、Si の材料物性的な限界のために、低損失性、高速性、高耐圧性を根本的に改善することができない。そこで、Si よりも材料物性に優れた SiC や GaN がクローズアップされてきた。

SiC については、トヨタがハイブリット車のモーターを制御するパワー半導体を開発するなど実用化が進められている。しかし、SiC や GaN の普及には、最終的にはコストの問題を解決しなくてはならない。

Si 半導体では、“トランジスタの集積度は 2 年で 2 倍になる”というムーアの法則が 50 年続いてきた。その間、トランジスタの集積度は 50 万倍以上になり、トランジスタ寸法は約千分の一に微細化され、トランジスタ 1 個当たりのコストは 1 億分の一になった。年率 35%という猛烈なコストダウンを続けてきたのである。

このコストダウンへの寄与は、8 割が微細化、2 割がウエハの大口径化との試算がある。ただし、この試算には、「歩留り 90%」という前提条件がある。つまり、「歩留り 90%」が実現しなければ、ムーアの法則は、早々に破綻していただろうし、これほど Si 半導体が普及することも無かっただろう。

「歩留り 90%」に大きく貢献してきたのが洗浄技術である。現在の洗浄技術では、1～2nm のパーティクルが除去できる。また、プロセスフローの 3～4 割が洗浄工程で占められている。SiC や GaN デバイスを高歩留りに製造するためにも、Si でブラッシュアップされた洗浄技術が大きく役に立つと確信している。

© 2015年 応用物理学会