



シリコンより1000倍以上高性能って
ホント? 600 V, 20 A品で比べる

ウルトラ・ハイスピード・ パワー・トランジスタ GaN HEMT 実験レポート

山本 真義 Masayoshi Yamamoto

● スリム化とハイ・パワー化の両立を目指している

電源やモータ・ドライバなどのパワー・エレクトロニクス回路は、小信号回路と比較してかなり大きなサイズと重量になるので、つねに小型軽量化が求められます。例えば、デスクトップ・パソコンでは、電源にかなりの体積を占めるので、電源が小さくできれば筐体を小さくできます。EVならパワー回路を少しでも小型化して、そのぶんバッテリーを積めます。

パワー回路を小型化するには、スイッチング周波数を高くしてLやCなどの受動部品を小さくすることや、損失を減らして放熱器を小さくすることが必要です。

しかし、スイッチングするとき電力損失が発生するので、スイッチング周波数を高くすると、効率は下がります。パワー回路の小型化には、高速でスイッチングできるパワー半導体が必要です。

● 新素材のパワー半導体がすぐそこに

一般的に使われているパワー半導体はシリコン(Si, ケイ素)で作られています。材料を変えて高性能なパワー半導体を作る研究がされています。例えば、炭

表1 今回入手したデバイスの材料「窒化ガリウム」はシリコンの1128倍高性能と言われている

基本的な構造のMOSFETを考えると、オン抵抗は耐圧の二乗に比例する関係式が得られる。このときの比例係数から、半導体材料にかかわる値だけ取り出したのがバリガ指数。この指数が大きいと、同じ耐圧でより低いオン抵抗のデバイスが作れる

| 特性 | 材料 | Si (1.12) | GaAs (1.43) | 4H-SiC (3.26) | GaN (3.39) |
|---|----|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|
| 比誘電率 ϵ | | 11.8 | 13.1 | 10 | 9.5 |
| 電子移動度 μ [cm^2/Vs] | | 1350 | 6000 | 700 | 1500 |
| 電子飽和速度 [cm/s] | | 1×10^7 | 2×10^7 | 2×10^7 | 2.7×10^7 |
| 絶縁破壊電界強度 E_C [MV/cm] | | 0.3 | 0.4 | 3 | 3.3 |
| バリガ指数 ($\epsilon\mu E_C^3$) の相対値 (Siを1とする) | | 1 | 12 | 439 | 1128 |

※材料下のカッコ内はバンドギャップ [eV] の値

GaNは、電源用デバイスとしての性能指数がSiの1000倍超!

化ケイ素(SiC)のパワー半導体などです。

SiCよりさらに高速スイッチングに向けた材料とし

祝ノーベル賞! GaNは青色LEDの素材でもある

赤崎勇・名城大学教授、天野浩・名古屋大学教授、中村修二・米カリフォルニア大学教授が2014年のノーベル物理学賞を受賞されました。これは窒化ガリウム(GaN)の青色発光ダイオードの実用化に大きく寄与したことが認められたものです。

ダイオードはP型とN型の半導体から構成されますが、1989年にGaNでは非常に困難と言われていたP型半導体が、赤崎先生、天野先生により発表されたことで大きくその実用化の一步を踏み出しました。低コスト化を実現する実用化には中村先生のご貢献が非常に大きいです。

こういった偉大な先生方の恩恵により、光だけでなく電力を扱うパワー・エレクトロニクス分野にお

いても、大きな技術革新が起きました。パワー半導体GaNの登場です。パワー半導体も、P型とN型の半導体の集合体です。1989年のP型半導体のインパクトは、豊田合成、日亜化学工業のLED事業化、ソニーのブルーレイDVD事業化、サンケン電気のエピ事業化を経験しながら、今や産業界の国家戦略の中核を担うまでに成長してきました⁽¹⁾。

次のパワー・エレクトロニクス分野は、炭化シリコン(SiC)かGaNが中心となって世界を牽引していく、と予想されています。GaNパワー半導体は我が国の電機業界を牽引する屋台骨になっているのです。

〈山本 真義〉