

こうして使おうパワー・デバイス

第1回 MOSFETの原理と使い方



MOSFETは、ゲートに加える電圧でドレイン-ソース間の電流を制御するデバイスです。駆動用の定常電流が非常に低く、オフ漏れ電流が小さく、オン抵抗が低く、スイッチングも高速という点で、理想に近いスイッチと言えるでしょう。今回はこのMOSFETについて、原理や種類、選び方や使い方のポイントをご紹介します。

MOSFETの原理と種類

MOSFETは、電流経路(チャンネル)となる半導体と、絶縁されたゲート電極をもちます。ゲート電圧を加えない状態ではオフで、ゲート電圧を加えるとチャンネル部分にキャリアを集めてオンになるデバイスです。このタイプをエンハンスメント型と呼びます。

逆に、ゲート電圧を加えない状態ではオンで、電圧を加えるとオフになるというディプリーション型もありますが、製品は少数です。

ゲート電極(Metal)、酸化物による絶縁層(Oxide)、チャンネルとなる半導体(Semiconductor)の3層構造という特徴から、MOSという呼び名が生まれたことは有名です。ただし、昔はゲート電極にアルミなどの金属を使っていましたが、最近ではポリシリコン電極が使われているので、語源通りの“MOS”とはちょっと構造が変わってしまっています。

チャンネル部分の半導体の極性によって、nチャンネル(電子が多数キャリア)とpチャンネル(正孔が多数キャリア)に分類されます。ただし、正孔は電子よりも移動度が低く、nチャンネルと同等のpチャンネルMOSFETを作ろうとするとチップサイズが大きく、コストが高くなってしまいます。そのため、pチャンネルMOSFETの製品は少数です。

なお、エンハンスメント型の場合は、ゲート電圧を加えないときのチャンネル部分は逆極性(nチャンネルならばp型、pチャンネルならばn型)の半導体で、電流が流れるのを阻止しています。ゲート電圧を加えることによってチャンネル部分の極性が反転し、電流が流れるようになります。

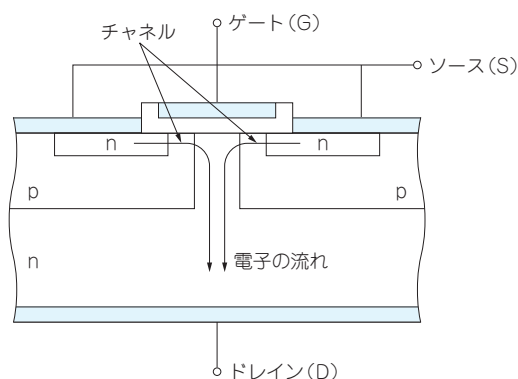


図1 縦型MOSFET

耐圧とオン抵抗、スイッチング速度のトレードオフ

MOSFETは、バイポーラ・トランジスタなど他のパワー素子に比べて低損失で高速という特徴をもちますが、そのかわり耐圧は数V～1200V程度とやや低くなっています。

これは、MOSFETでは耐圧を高めるほどオン抵抗が高くなる性質があるためです。それ以上の耐圧のものを作ろうとしても、他のデバイスに比べて利点が少なくなってしまいます。耐圧が数100V以上の用途では、MOSFETの他にIGBTなどのデバイスも広く用いられています。

また、スイッチング速度とオン抵抗の関係も同様で、高速にするほどオン抵抗が高くなってしまいます。

そのため、多くのMOSFET製品では、低耐圧で低オン抵抗を追求した製品、低耐圧で高速性を追求した製品、高耐圧でオン抵抗や速度はほとんどの製品というように作り分けられています。必要以上に耐圧が高い製品を選ぶと、損失が増えてしまったり、十分なスイッチング速度が得られない場合もあるので注意が必要です。

耐圧が数100Vになると、MOSFETと並んでIGBTが一般的になってきます。IGBTはMOSFETと同様に絶縁されたゲート電極をもち、ゲート電圧でオン、

オフを制御するデバイスです。MOSFETよりも高耐圧、大電流に適しています。スイッチングはMOSFETより低速ですが、バイポーラ・トランジスタよりは高速です。

MOSFETとHVIC

MOSFETの中では、nチャンネルかpチャンネルかという選択もあります。原理的に、特性とコストではnチャンネルの方が優れていますが、回路構成上はpチャンネルが便利な場合もあります。

低電圧側のラインを断続するローサイド・スイッチには、nチャンネルMOSFETのソースを接地して使えば簡単です。一方、高電圧側のラインを断続するハイサイド・スイッチでは、pチャンネルMOSFETのソースを高電圧側に接続して、それより低い電圧でゲートを制御するのが最も簡単です。

ハイサイド・スイッチをnチャンネルで構成すると、高電圧側よりも高いゲート電圧を供給するために、ゲート駆動回路が複雑になってしまいます。Hブリッジ回路をnチャンネルだけで構成する場合も同様です。

このような用途では、安価で高性能なnチャンネルMOSFETと必要なゲート駆動回路を統合して簡単に使えるHVICを活用すれば、コストと性能を満足できます(図2参照)。また、ゲート駆動回路だけのICもいろいろ製品化されています。

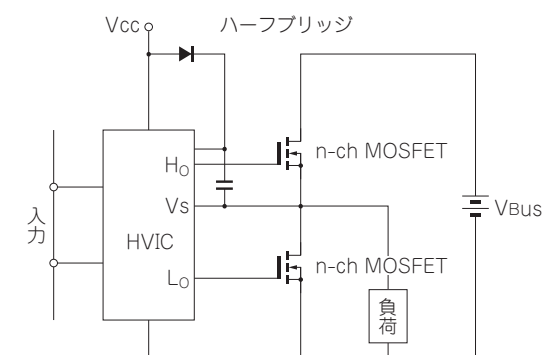


図2 HVICを使用してnチャンネルMOSFETだけで構成した例

MOSFETの高性能化と今後の展開

ロジック素子としてのMOSFETは、LSIプロセスの微細化とともに性能が進化してきました。パワーMOSFETの場合は、微細化による進化に加えて、トレンチゲート、SJ(スーパージャンクション)などの新しい構造が登場して、低損失化、高速化などの進化が実現されてきました。

今後は、シリコンウエーハの薄型化、パッケージ構造の改良、GaNやSiCなど新しい半導体材料の採用によって、パワー素子としてのMOSFETはさらに進化を続けていくと考えられています。

▶この記事の詳細はIRジャパンホームページ
<http://www.irf-japan.com>へ

超低オン抵抗のパワー MOSFET

特徴

- 非常に低いオン抵抗
- 定格電流が大きい
- バッテリー・パック、インバータ、UPS、DCモーターなど用途に合わせ多様なパッケージを用意

製品ラインナップは <http://www.irf-japan.com/Ad/StrongIRFET.html>へ

