

パワーMOS FET

構造と特長

R07ZZ0007JJ0200
 (Previous: RJJ27G0014-0100Z)
 Rev.2.00
 2014.08.18

ルネサスパワーMOS FETには、Dシリーズ(縦形構造)とSシリーズ(横形構造)があります。それらの構造を図1、図2に示します。両者には、特性に若干の差がありますが、パワーMOS FETの持っている本質的な

- キャリアの蓄積効果がなく、周波数特性、スイッチング特性が優れている。
- 電流集中がなく、破壊耐量が大きい。
- 電圧制御素子であるため、駆動電力が小さい。

などの優れた特性を有しています。

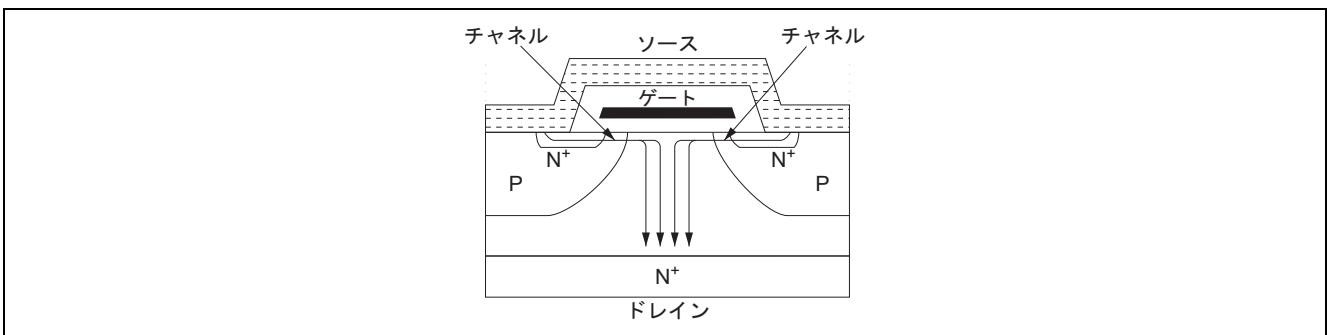


図1 Dシリーズ(縦形)の構造(Nチャンネル)

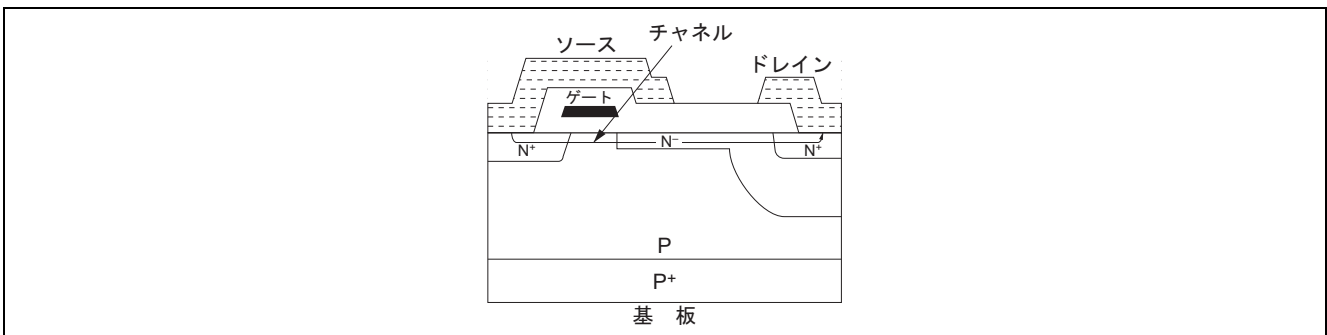


図2 Sシリーズ(横形)の構造(Nチャンネル)

パワーMOS FETの構造、特性を理解するため、基本的なN-ch MOS FETの構造と動作を考えてみます。

N-ch MOS FETの基本的な構造を図3に示します。電流を制御するゲート電極が、酸化膜に囲まれていることから、この構造をMOS構造と呼びます。ソースは、荷電粒子(この場合は電子)の源、ドレインは電子の取り出し口を意味します。

ゲート電極に正の電圧を加えますと、ゲート直下のP層が反転してチャンネルが形成され、ドレインからソースにドレイン電流が流れ、動作します(P-chはその逆になります)。

ドレイン・ソース間に電圧を加えますとチャンネル内の電子は、ドレインに移動しドレイン電流が流れます。

ゲート電圧が0Vでもドレイン電流が流れるものをデプレッション形(ノーマリオン形)、ドレイン電流が流れないものをエンハンスメント形(ノーマリオフ形)といいます。ルネサスパワーMOS FETはすべてエンハンスメント形(ノーマリオフ形)です。

ドレイン電流が流れ始めるときのゲート電圧を、ゲート遮断電圧 $V_{GS(off)}$ といいます(図4)。

一般的に $I_{DS}-V_{GS}$ の関係は、2次の相関関係にあります。この曲線の勾配が相互コンダクタンス g_m ($=\Delta I_{DS} / \Delta V_{GS}$)であり、増幅の大きさを示します。

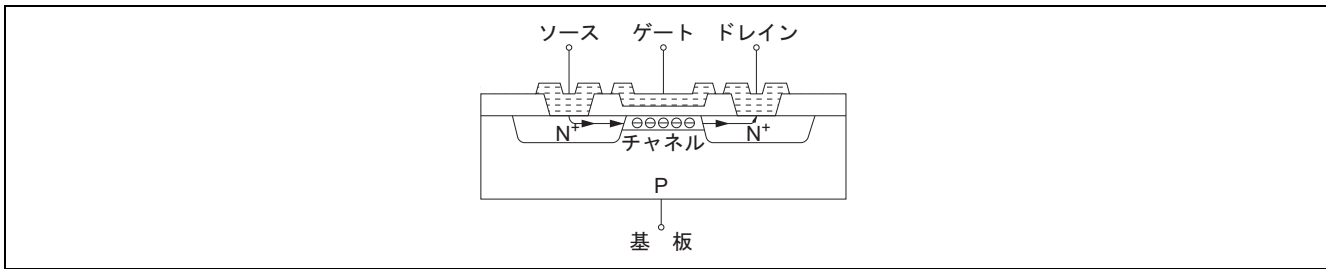


図3 MOS FETの基本的構造 (Nチャネル)

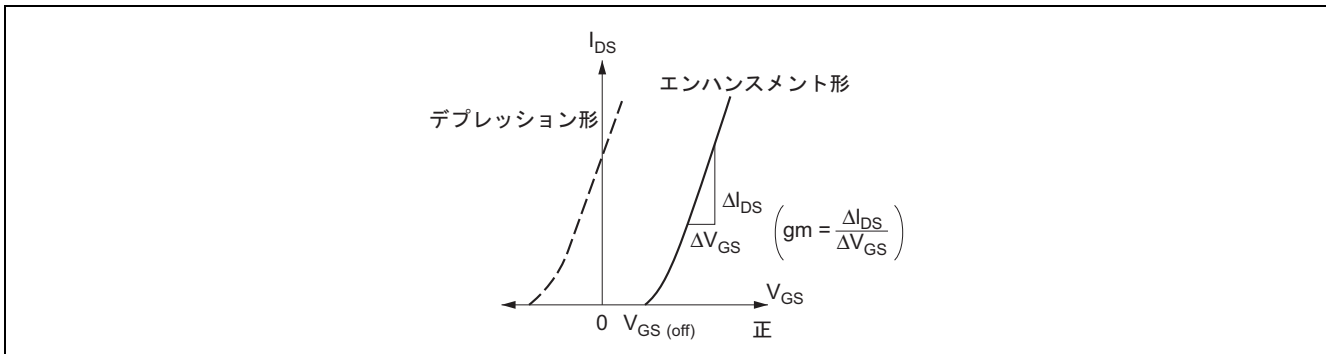


図4 伝達特性

ドレイン耐圧は、図3のドレインN⁺領域と、ゲート電極間の構造で決定されます。ドレインN⁺領域が、薄いゲート酸化膜をはさんですぐ近くにあるため、この間で強い電界の集中が起こり、ドレイン電圧は大きくできません。通常のMOS FETでは、この値は20~30Vです。

ドレイン耐圧を高めるには、このドレインN⁺領域とゲート電極の間隔を広げ電界集中を緩和させることで達成できます。このとき、ドレインN⁺領域とチャネル間は、電流の通路となるN層とします。

したがって、高耐圧MOS FETは、通常のMOS FETのドレイン側に抵抗が付加されたものと理解できます。

パワーMOS FETは多数のセルが内部で並列接続された構造となっています。

パワーMOS FETの構造は、大きく分けて2通りあり、一方をDシリーズ(縦形構造)、他方をSシリーズ(横形構造)と呼びます。構造は図1、図2に示しましたが、各々の構造および特長についてもう少し詳しく説明します。

● Dシリーズ(縦形構造)

Dシリーズでは、ドレインN⁺領域はシリコン基板の下側にあります。ゲート電極は、チャネルにはさまれたN層の全面をおおい、ゲート下の電界集中を緩和します。電子は、ソースからチャネルを水平に通ってN層に達します。このとき、ゲート電極の正の電圧によりN層の表面はN⁺蓄積層になっており、このN⁺蓄積層を通してN層の全面を垂直に電子が流れドレインに達します。このため、Dシリーズを縦形構造というケースがドレインとなります。

ドレイン電圧を保つ部分(N層)が、シリコン中にあるため、1ユニットの大きさが小さくできるので、同じ電圧、同じチップサイズのSシリーズよりもオン抵抗が小さくできます。

静電容量は、図5に示すような接合容量とMOS容量を持っています。

ゲート・ドレイン間容量C_{GD}が比較的大きく、ソース接地での入力容量C_{iss}、出力容量C_{oss}および帰還容量C_{rss}に対するC_{GD}の影響は無視できなくなります。

$$C_{iss} = C_{GS} + C_{GD}$$

$$C_{oss} = C_{DS} + C_{GD}$$

$$C_{rss} = C_{GD}$$

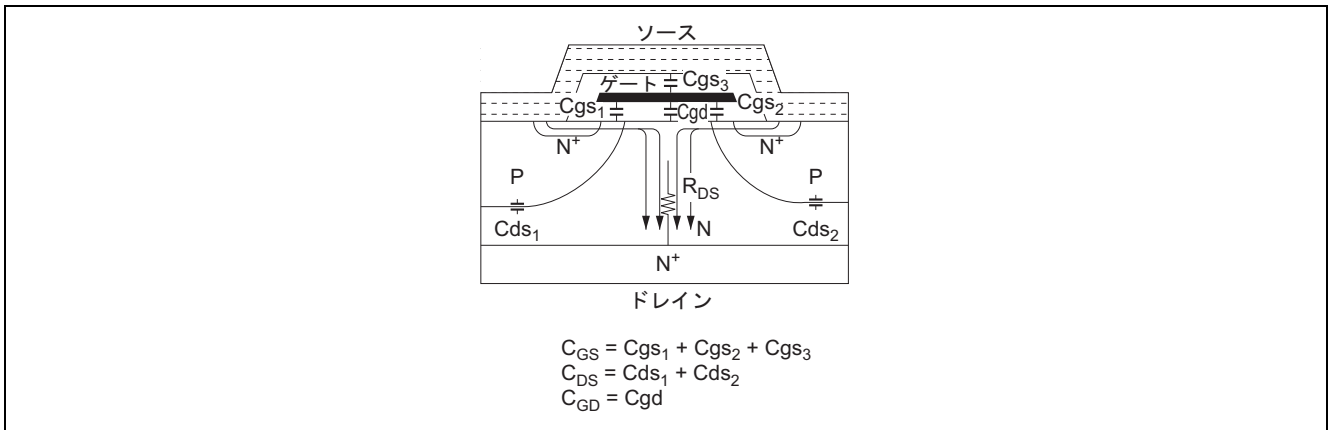


図5 Dシリーズ (縦型) の構造 (Nチャネル)

ゲート電極はCMOS・LSIで実績のあるポリシリコンを使用しています。ポリシリコンは、アルミニウムやモリブデンのような金属材料に比較して、約100倍大きな抵抗を持っていますが、ポリシリコンゲートと金属電極との接続を工夫して、ゲート抵抗を下げています。スイッチング時間は、縦形構造の場合、帰還容量Cgdが大きく、かつドレイン電圧依存性が大きいので、単純に入力容量をゲート抵抗の時定数で決めることはできず、動作解析が複雑となってきます。詳細は、「パワーMOS FETの使用上の注意」で述べています。

● Sシリーズ (横形構造)

Sシリーズでは、ドレインN+領域はシリコン表面にあります。ドレインN+領域とチャネル間には、N層が設けられこの間の電界の強さを平均化します。さらに、ソース電極をN層の上まで伸ばし、フィールドプレートとしてゲート近傍の電界集中を防いでいます。電子は、ソースよりチャネルおよびN層を水平に通り、ドレインに達します。このため、Sシリーズを横形構造といいます。基板電位を一定に保つために、基板はソース電極に接続されており、ケースはソースとなります。

帰還容量Crssは、図6のCgdに対応します。ソースフィールドプレートがN層の上まで伸びているため、フィールドプレートとN層の容量CdsによりCgdはシールドされ、帰還容量Crssは非常に小さな値になります。

Sシリーズは、チップおよびパッケージの両面よりみても、入力側と出力側は分離され高周波用途に適した構造といえます。

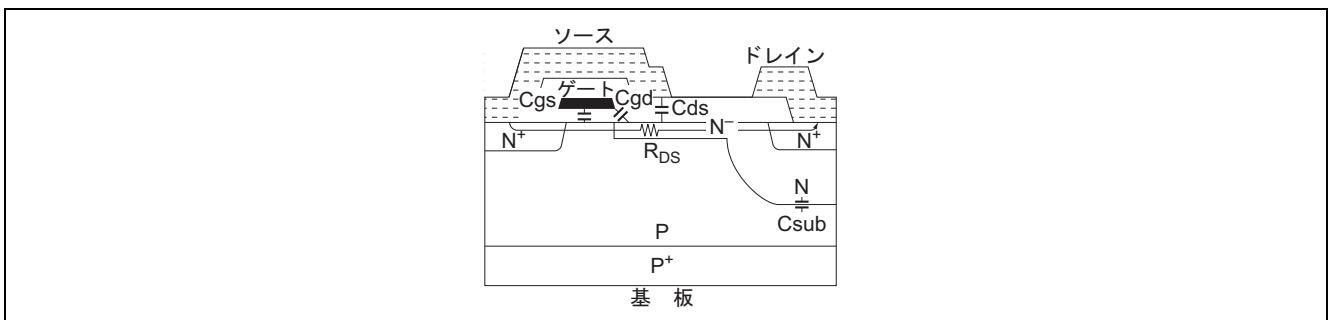


図6 Sシリーズ (横形) の構造 (Nチャネル)

ホームページとサポート窓口

ルネサス エレクトロニクスホームページ

<http://japan.renesas.com/>

お問い合わせ先

<http://japan.renesas.com/contact/>

すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2004.07.26	—	初版発行
2.00	2014.08.18	—	最新フォーマットに変更、ドキュメント番号切り替え

ご注意書き

1. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。お客様の機器・システムの設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因して、お客様または第三者に生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
2. 本資料に記載されている情報は、正確を期すため慎重に作成したのですが、誤りがないことを保証するものではありません。万一、本資料に記載されている情報の誤りに起因する損害がお客様に生じた場合においても、当社は、一切その責任を負いません。
3. 本資料に記載された製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズム、応用回路例等の情報の使用に起因して発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権に対する侵害に関し、当社は、何らの責任を負うものではありません。当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
4. 当社製品を改造、改変、複製等しないでください。かかる改造、改変、複製等により生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
5. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」および「高品質水準」に分類しており、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使用されることを意図しております。
標準水準： コンピュータ、OA機器、通信機器、計測機器、AV機器、
家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット等
高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通用信号機器、
防災・防犯装置、各種安全装置等
当社製品は、直接生命・身体に危害を及ぼす可能性のある機器・システム（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの等）、もしくは多大な物的損害を発生させるおそれのある機器・システム（原子力制御システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、使用することはできません。たとえ、意図しない用途に当社製品を使用したことによりお客様または第三者に損害が生じても、当社は一切その責任を負いません。なお、ご不明点がある場合は、当社営業にお問い合わせください。
6. 当社製品をご使用の際は、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他の保証範囲内でご使用ください。当社保証範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
7. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めていますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は耐放射線設計については行っておりません。当社製品の故障または誤動作が生じた場合も、人身事故、火災事故、社会的損害等を生じさせないよう、お客様の責任において、冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、お客様の機器・システムとしての出荷保証を行ってください。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様の機器・システムとしての安全検証をお客様の責任で行ってください。
8. 当社製品の環境適合性等の詳細につきましては、製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制するRoHS指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は、一切その責任を負いません。
9. 本資料に記載されている当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器・システムに使用することはできません。また、当社製品および技術を大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的その他軍用用途に使用しないでください。当社製品または技術を輸出する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他輸出関連法令を遵守し、かかる法令の定めるところにより必要な手続を行ってください。
10. お客様の転売等により、本ご注意書き記載の諸条件に抵触して当社製品が使用され、その使用から損害が生じた場合、当社は何らの責任も負わず、お客様にてご負担して頂きますのでご了承ください。
11. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを禁じます。

注1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサス エレクトロニクス株式会社およびルネサス エレクトロニクス株式会社とその総株主の議決権の過半数を直接または間接に保有する会社をいいます。

注2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注1において定義された当社の開発、製造製品をいいます。



ルネサス エレクトロニクス株式会社

■営業お問合せ窓口

<http://www.renesas.com>

※営業お問合せ窓口の住所は変更になることがあります。最新情報につきましては、弊社ホームページをご覧ください。

ルネサス エレクトロニクス株式会社 〒100-0004 千代田区大手町2-6-2（日本ビル）

■技術的なお問合せおよび資料のご請求は下記へどうぞ。
総合お問合せ窓口：<http://japan.renesas.com/contact/>