

MOSFETの代表的な応用分野の一つにロード・スイッチ(load switch)があります。ロード・スイッチとは、LSIやモータなどに電力を供給するラインのON/OFFコントロールを行うスイッチのことです。

MOSFETは電圧駆動デバイスなので駆動回路がシンプルであること、一度ONしてしまうと基本的にゲートにチャージ電流を流さなくてよいこと、ON電圧が非常に低いことなど、ロード・スイッチとして優れた特性をもっています。現在、小型機器から大電流を取り扱う機器まで幅広い分野で使用されています。

一般に、取り扱う電力によって、図1に示すような製品が、それぞれの領域でロード・スイッチとして使用されています。ここでは目安としてパッケージごとに領域を記載しましたが、実際には後述するように素子に印加される電力を計算して、使用環境と製品の技術資料から最適となる製品を選択します。

## ロード・スイッチ用 MOSFET の基本特性

ここではまず、ロード・スイッチとしてMOSFETを使用するうえで必要な基本特性と、実際に使用する際の注意事項について説明しておきます。はじめに、いくつかのパラメータについて簡単に解説します。

### ● 最大定格

表1にTPC8020-H(東芝)の最大定格を示します。最大定格とは素子に加えることのできる最大値で、瞬時たりとも越えないようにしなければなりません。

#### ▶ ドレイン-ソース間電圧 ( $V_{DSS}$ )

MOSFETのドレイン-ソース間に加えることのできる最大電圧を示します。これより大きな電圧が加えると素子はブレイクダウンします。

素子がブレイクダウンした状態が続くと、ドレイ

ン-ソース間降伏電圧が印加された状態で電流が流れ続けるため、非常に大きな電力が素子で消費され続けていることになり、チップ温度が急上昇し破壊に至ります。

#### ▶ ゲート-ソース間電圧 ( $V_{GSS}$ )

ゲート-ソース間に加えることのできる最大電圧を示します。

MOSFETはゲート-ソース間に加えた電圧によってドレイン電流を制御することができます。ただし、瞬時でも最大定格を越えるとMOSFET内部のゲート酸化膜が破壊します。ゲート-ソース間に静電保護のツェナー・ダイオードを内蔵した素子が主流にはなっていますが、この規格値を越えることは絶対に避けなければなりません。

表1 ロード・スイッチ用 MOSFET の最大定格の例 (TPC8020-H, 東芝)

項目	記号	定格	単位
ドレイン-ソース間電圧	$V_{DSS}$	30	V
ドレイン-ゲート間電圧 ( $R_{GS} = 20 \text{ k}\Omega$ )	$V_{DGR}$	30	V
ゲート-ソース間電圧	$V_{GSS}$	$\pm 20$	V
ドレイン電流	DC	$I_D$	13
	パルス	$I_{DP}$	52
許容損失 ( $t = 10 \text{ s}$ )	$P_D$	1.9	W
アバランシェ・エネルギー(単発)	$E_{AS}$	110	mJ
アバランシェ電流	$I_{AR}$	13	A
アバランシェ・エネルギー(連続)	$E_{AR}$	0.084	mJ
チャネル温度	$T_{ch}$	150	$^{\circ}\text{C}$
保存温度	$T_{stg}$	$-55 \sim 150$	$^{\circ}\text{C}$

(a) 最大定格 ( $T_a = 25^{\circ}\text{C}$ )

項目	記号	最大	単位
チャネル-外気間熱抵抗 ( $t = 10 \text{ s}$ )	$\theta_{th(ch-a)}$	65.8	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$

(b) 熱抵抗特性

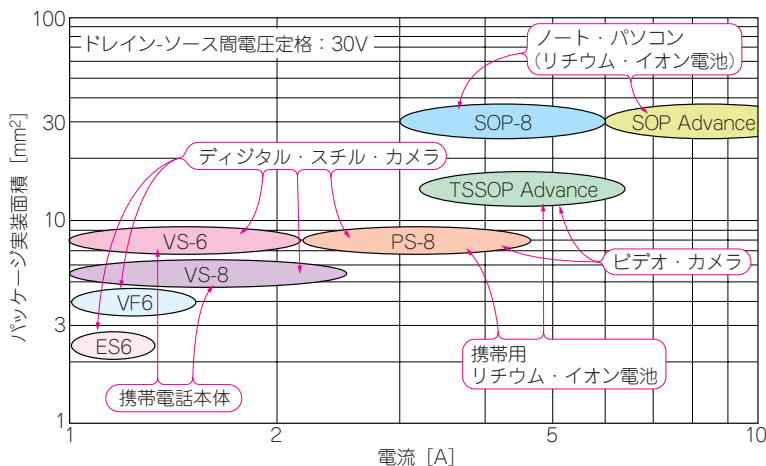


図1 ロード・スイッチ用 MOSFET のパッケージ実装面積と主な用途

## ▶ ドレイン電流 ( $I_D$ )

直流 (DC) 時とパルス時で規定されています。直流時の定格はパッケージの許容損失と製品のドレイン-ソース間の ON 抵抗によって決められます。

## ▶ 許容損失 ( $P_D$ )

周囲温度  $T_a$  やケース温度  $T_c$  が  $25^\circ\text{C}$  のときに、パッケージが許容できる損失です。ドレイン-ソース間 ON 抵抗  $R_{DS(ON)}$  が同じ場合、許容損失が大きい製品ほどたくさんの電流を流すことができます。

許容損失は放熱条件によって大きく変わるので、技術資料で条件を確認するようにします。

## ▶ 熱抵抗特性 ( $\theta_{th(ch-a)}$ , $\theta_{th(ch-c)}$ )

熱抵抗は素子が  $1\text{ W}$  消費したときの温度上昇値によって規定され、単位は  $[\text{C}/\text{W}]$  で表記されます。熱抵抗と許容損失の間には次の関係があります。

$$P_{D\max}(T_a) = \frac{T_{ch\max} - T_a}{\theta_{th(ch-a)}} \dots\dots\dots (1)$$

$$P_{D\max}(T_c) = \frac{T_{ch\max} - T_c}{\theta_{th(ch-c)}} \dots\dots\dots (2)$$

$T_{ch\max}$  : 最大チャネル温度  $[\text{C}]$

$T_a$  : 外気温度  $[\text{C}]$

$T_c$  : ケース温度  $[\text{C}]$

$\theta_{th(ch-a)}$  : チャネル-外気間熱抵抗  $[\text{C}/\text{W}]$

$\theta_{th(ch-c)}$  : チャネル-ケース間熱抵抗  $[\text{C}/\text{W}]$

## ● 電気的特性

基本特性曲線の一つとして、ドレイン電流  $I_D$  とドレイン-ソース間電圧  $V_{DS}$  の特性を図 2 に示します。ロード・スイッチ回路では、図 2 に示す ON 抵抗領域 (青色の部分) で MOSFET を動作させます。この図からもわかるように、飽和領域では同じドレイン-ソース間電圧が印加されていても、ゲート-ソース間電圧が変化すると流れる電流が大きく変化します。

MOSFET が ON しているときの抵抗値をドレイン-ソース間 ON 抵抗  $R_{DS(ON)}$  といい、ゲート-ソース間に十分な電圧が印加されて MOSFET がロード・スイッチとして正常に動作しているとき、その電力損失を決める特性は、このドレイン-ソース間 ON 抵抗になります。

## ● ON 抵抗による自己発熱

ここで、ON 抵抗特性と素子の自己発熱について考えてみます。MOSFET に直流電流が流れた場合、素子の温度はケース温度を基準にすると、印加された電力、熱抵抗、ケース温度から次の式で計算できます (注: パルス電流による瞬時の温度上昇に対しては使えない)。

$$T_{ch} = \Delta T_{ch} + T_c = P_D \theta_{th(ch-c)} + T_c$$

$$= I_D^2 R_{DS(ON)} \theta_{th(ch-c)} + T_c \dots\dots\dots (3)$$

$T_{ch}$  : チャネル温度  $[\text{C}]$

$T_c$  : ケース温度  $[\text{C}]$

$P_D$  : 消費電力  $[\text{W}]$

$\theta_{th(ch-c)}$  : チャネル-ケース間熱抵抗  $[\text{C}/\text{W}]$

ここで、周囲温度が一定のときに、ある電流値を流し続けたとすると、式 (3) における変数は  $R_{DS(ON)}$  と  $\theta_{th(ch-c)}$  だけになります。 $\theta_{th(ch-c)}$  は後述するように、放熱条件によって大きく変化します。 $R_{DS(ON)}$  は技術資料から見積もることができますが、図 3 に示すように温度によって変化するので注意が必要です。

## ● ON 抵抗の最大値を見積もる

技術資料に載っている温度特性曲線はあくまでも標準値なので、ドレイン-ソース間 ON 抵抗のその温度での最大値を求める必要があります。図 3 を使って、実際に ON 抵抗を見積もってみましょう。

技術資料の温度特性曲線は、素子が恒温 (一定温度)

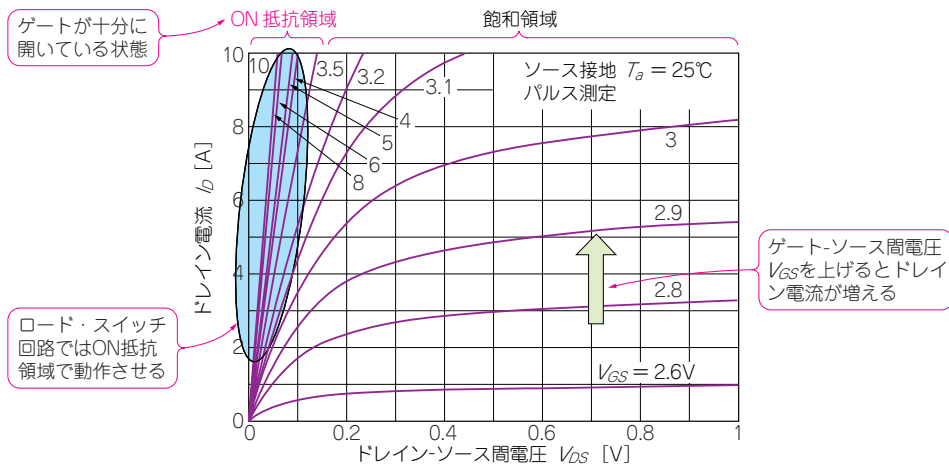


図 2 ドレイン電流とドレイン-ソース間電圧の特性