

パワーMOSFET とは

パワーMOSFET の一般的な概要と弊社製品について

目次

| | |
|--|----|
| 目次 | 2 |
| 1. 概要 | 3 |
| 2. パワーMOSFET について | 3 |
| 2.1. パワーMOSFET とは | 3 |
| 2.2. パワーMOSFET の特徴 | 4 |
| 2.3. 絶対最大定格 | 5 |
| 2.4. 電気的特性 | 6 |
| 2.4.1. ドレイン-ソース間降伏電圧 $V_{(BR)DSS}$ | 7 |
| 2.4.2. ゲートしきい電圧 $V_{GS(TH)}$ | 8 |
| 2.4.3. ドレイン-ソース間オン抵抗 $R_{DS(ON)}$ | 9 |
| 2.4.4. 容量特性 (C_{iss} , C_{oss} , C_{rss}) | 11 |
| 2.4.5. 電荷特性 (Q_G , Q_{GS} , Q_{GD}) | 12 |
| 2.4.6. スイッチング特性 ($t_{d(ON)}$, t_r , $t_{d(OFF)}$, t_f) | 13 |
| 2.4.7. ボディダイオード | 14 |
| 2.5. 熱的特性 | 15 |
| 2.6. パワーMOSFET が破壊する要因 | 16 |
| 2.6.1. アバランシェ降伏による破壊 | 16 |
| 2.6.2. SOA 破壊 | 19 |
| 2.6.3. ボディダイオード破壊 | 20 |
| 2.6.4. 寄生発振による破壊 | 20 |
| 2.6.5. 静電破壊 | 21 |
| 注意書き | 22 |

1. 概要

本資料ではパワーMOSFET の一般的な概要について説明します。弊社が提供するパワーMOSFET 製品の詳細は、以下の URL を参照してください。

- パワーMOSFET

<https://www.semicon.sanken-ele.co.jp/ctrl/product/category/MOSFET/>

2. パワーMOSFET について

2.1. パワーMOSFET とは

パワーMOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) は、MOS 構造の電界効果トランジスタです。パワーMOSFET の構造は横型と縦型に分類され、弊社パワーMOSFET の主要製品は縦型です。縦型はプレーナ型とトレンチ型に分類されます。

図 2-1 にプレーナ型パワーMOSFET (N チャネル) の断面例を示します。本資料ではプレーナ型パワーMOSFET (N チャネル) を例にして説明します。縦方向に電流が流れる縦型は、微細化できるためチップ面積あたりのオン抵抗を小さくできます。

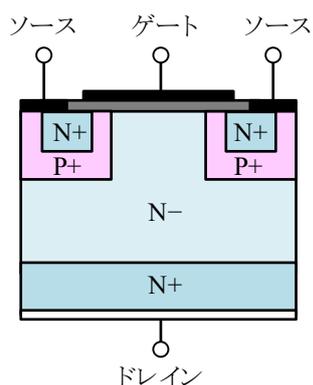


図 2-1 プレーナ型パワーMOSFET (N チャネル) の断面例

2.2. パワーMOSFETの特徴

バイポーラトランジスタおよびIGBTと比較した場合のパワーMOSFETの特徴を以下に示します。

| 項目 | パワーMOSFET | バイポーラトランジスタ | IGBT |
|--------------------------|---|---|---|
| 構造 (矢印はドレイン電流/コレクタ電流の向き) | | | |
| 回路図 | | | |
| 制御方法 | 電圧制御 | 電流制御 | 電圧制御 |
| 駆動電力 | 小さい | 大きい | 小さい |
| スイッチング速度 | 高速 | 低速 | 中速 |
| 耐圧 | 30 V～800 V 程度 | 50 V～800 V 程度 | 400 V～1200 V 程度 |
| 大電流化 | 容易 (1 A～100 A 程度) | 困難 (2 A～25 A 程度) | 容易 (15 A～40 A 程度) |
| 用途例 | <ul style="list-style-type: none"> ● 低圧ステッピングモータ ● 低圧/高圧ブラシレス DC モータ ● スwitching電源 | <ul style="list-style-type: none"> ● オーディオ ● 低圧/高圧ブラシレス DC モータ ● ソレノイド | <ul style="list-style-type: none"> ● 高圧ブラシレス DC モータ ● インバータ |

2.3. 絶対最大定格

絶対最大定格とは、一瞬でも超えてはならない許容値を示したものです。その値を超えるとその半導体は故障する可能性があり、半導体を使用する電子機器は、半導体にその値を超えるストレスが一瞬でも加わらないように設計する必要があります。

また、絶対最大定格は信頼性を保証するものではありません。絶対最大定格の範囲内で使用した場合でも、推奨条件を超えている場合は耐久性が低下し、長期間の使用に耐えない場合があります。

以下に、パワーMOSFET のデータシートに記載されている絶対最大定格の代表項目を示します。パワーMOSFET の種類によって、記載されている絶対最大定格の項目は異なります。

| 項目 | 記号 | 内容 | 補足説明 |
|-----------------------------|-----------|-----------------------------------|-----------|
| ドレイン-ソース間電圧 | V_{DS} | ドレイン-ソース間に印加できる最大電圧 | |
| ゲート-ソース間電圧 | V_{GS} | ゲート-ソース間に印加できる最大電圧 | 2.4.2 項 |
| ドレイン電流 (DC) | I_D | ドレイン端子に連続で流せる最大電流 | |
| ドレイン電流 (パルス) | I_{DM} | ドレイン端子に短時間流せる最大電流 | |
| ソースドレイン間ボディダイオード順方向電流 (DC) | I_S | ボディダイオードに連続で流せる最大電流 | |
| ソースドレイン間ボディダイオード順方向電流 (パルス) | I_{SM} | ボディダイオードに短時間流せる最大電流 | |
| アバランシェエネルギー | E_{AS} | 単発パルスを印加しアバランシェ降伏した際に許容できる最大エネルギー | 2.6.1.1 項 |
| アバランシェ電流 | I_{AS} | アバランシェ降伏した際に流せる最大電流 | 2.6.1.1 項 |
| 最大ドレイン-ソース dv/dt | $dv/dt1$ | 許容できるドレイン-ソース間の最大電圧変化率 | |
| 最大ダイオード逆方向回復 dv/dt | $dv/dt2$ | ボディダイオードが逆回復した際に許容できる最大電圧変化率 | |
| 最大ダイオード逆方向回復 di/dt | di/dt | ボディダイオードが逆回復した際に許容できる最大電流変化率 | |
| 損失 | P_D | 許容できる最大電力損失 | |
| 動作時接合部温度 | T_J | 製品内の半導体接合部 (ジャンクション) で許容できる最大温度 | |
| 保存温度 | T_{STG} | 素子が動作していない状態で保存できる温度範囲 | |

2.4. 電気的特性

電気的特性とは、温度や電圧、電流などの条件を指定して、製品の性能を表現したものです。

以下に、データシートに記載されている電気的特性の代表項目を示します。パワーMOSFETの種類によって、記載されている電気的特性の項目は異なります。

| 項目 | 記号 | 内容 | 補足説明 |
|--------------------------|---------------|---|---------|
| ドレインソース間降伏電圧 | $V_{(BR)DSS}$ | ドレインソース間の降伏電圧 | 2.4.1 項 |
| ドレインソース間漏れ電流 | I_{DSS} | ゲート電圧 0 V 時のドレイン漏れ電流 | |
| ゲートソース間漏れ電流 | I_{GSS} | ゲート電圧を指定の条件にした際のゲート漏れ電流 | |
| ゲートしきい電圧 | $V_{GS(TH)}$ | パワーMOSFET がオンし、ドレイン電流が流れ始める際のゲート電圧 | 2.4.2 項 |
| ドレインソース間オン抵抗 | $R_{DS(ON)}$ | ドレイン電流が流れている際のドレインソース間の抵抗成分 | 2.4.3 項 |
| 内部ゲート抵抗 | $R_{G(INT)}$ | パワーMOSFET 内部のゲート抵抗 | |
| 入力容量 | C_{iss} | ゲートドレイン間容量とゲートソース間容量の和 | 2.4.4 項 |
| 出力容量 | C_{oss} | ゲートドレイン間容量とドレインソース間容量の和 | |
| 帰還容量 | C_{rss} | ゲートドレイン間容量 | |
| 全ゲートチャージ電荷量 | Q_G | ゲート電圧が 0 V から指定の電圧になるまでの総電荷量 | 2.4.5 項 |
| ゲートソース間電荷量 | Q_{GS} | ゲート電圧が 0 V からミラー電圧に達するまでの電荷量 | |
| ゲートドレイン間電荷量 | Q_{GD} | ゲート電圧がミラー電圧に達してからドレインソース間電圧 ≈ 0 V になるまでの電荷量 (ミラー期間の電荷量) | |
| ターンオン遅延時間 | $t_{d(ON)}$ | ターンオンするまでの遅延時間 | 2.4.6 項 |
| ターンオン上昇時間 | t_r | ターンオンするまでの上昇時間 | |
| ターンオフ遅延時間 | $t_{d(OFF)}$ | ターンオフするまでの遅延時間 | |
| ターンオフ下降時間 | t_f | ターンオフするまでの下降時間 | |
| ソースドレイン間ボディダイオード順方向降下電圧 | V_{SD} | ボディダイオードに順方向電流が流れたときの電圧降下 | 2.4.7 項 |
| ソースドレイン間ボディダイオード逆方向回復時間 | t_{rr} | ボディダイオードにリカバリ電流が流れてから、リカバリ電流がピーク値の 90%回復するまでの時間 | 2.4.7 項 |
| ソースドレイン間ボディダイオード逆方向回復電荷量 | Q_{rr} | 逆方向回復時間に流れる電流の電荷量 | 2.4.7 項 |

2.4.1. ドレインソース間降伏電圧 $V_{(BR)DSS}$

$V_{(BR)DSS}$ はドレインソース間の降伏電圧です。電気的特性では最小値で規定され、回路動作の安全性のため、実力値に対してマージンを設けます。しかし、 $V_{(BR)DSS}$ とドレインソース間オン抵抗 $R_{DS(ON)}$ はトレードオフの関係があり、 $V_{(BR)DSS}$ のマージンを大きくすると $R_{DS(ON)}$ が大きくなります。そのため、一般的に $V_{(BR)DSS}$ のマージンはできるだけ小さくなるように設計されます。また、 $V_{(BR)DSS}$ は正の温度係数をもち、温度が上昇するほど $V_{(BR)DSS}$ は高くなります。低温時は $V_{(BR)DSS}$ が低くなることを考慮して回路を設計する必要があります。

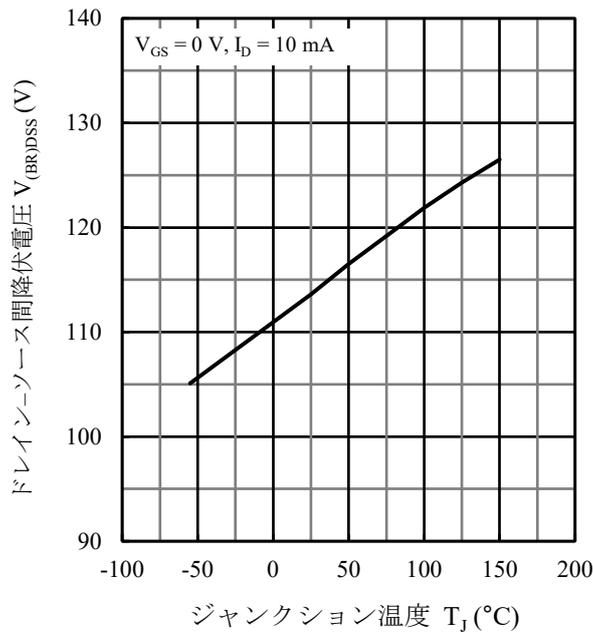


図 2-2 $V_{(BR)DSS}$ - T_J 代表特性例

2.4.2. ゲートしきい電圧 $V_{GS(TH)}$

$V_{GS(TH)}$ はパワーMOSFETがターンオンし、ドレイン電流 I_D が流れ始める際のゲート-ソース間電圧です。負の温度係数を持ち、温度が上昇するほど $V_{GS(TH)}$ は低くなります（図 2-3 参照）。回路動作時は高温になり、低い電圧でパワーMOSFETがターンオンしてしまうため、ノイズなどで誤作動しないように、温度特性による $V_{GS(TH)}$ の変化を十分に考慮して回路を設計する必要があります。

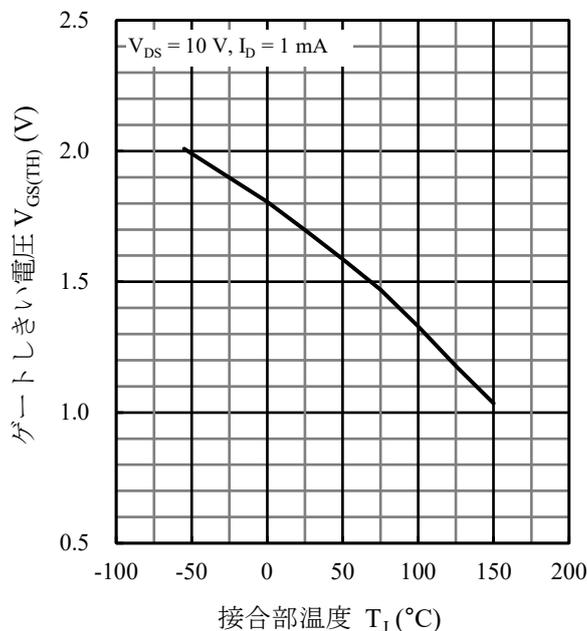


図 2-3 $V_{GS(TH)} - T_J$ 代表特性例

V_{GS} はゲート-ソース間の印加電圧です。 V_{GS} でドレイン電流 I_D を制御するため、データシートに記載の $I_D - V_{GS}$ 特性を確認し、必要な I_D を流せるように V_{GS} を設定します（図 2-4 参照）。

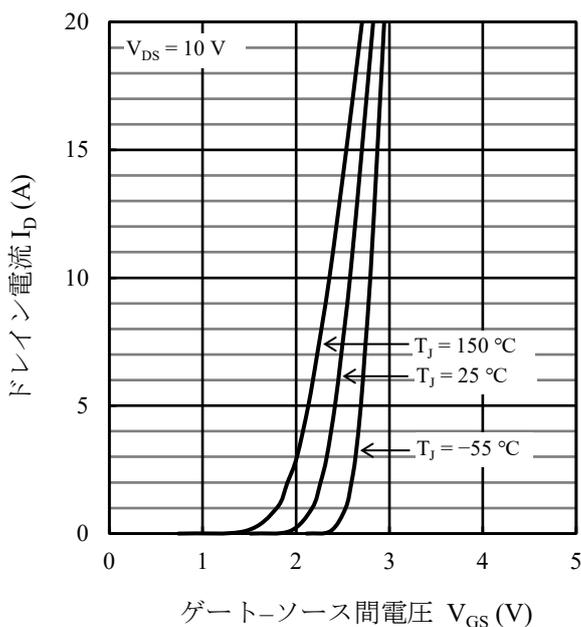


図 2-4 $I_D - V_{GS}$ 代表特性例

2.4.3. ドレインソース間オン抵抗 $R_{DS(ON)}$

$R_{DS(ON)}$ はドレイン電流 I_D が流れている際のドレインソース間の抵抗成分です。 $R_{DS(ON)}$ が大きくなるほど電力損失が大きくなるため、 $R_{DS(ON)}$ が小さいパワーMOSFET が理想です。また、 $R_{DS(ON)}$ は正の温度係数を持ち、温度が上昇するほど $R_{DS(ON)}$ は大きくなります（図 2-5 参照）。高温で使用する場合は、温度特性による $R_{DS(ON)}$ の変化を考慮して使用します。また、パワーMOSFET を並列に接続した場合、それぞれの $R_{DS(ON)}$ にばらつきがあると $R_{DS(ON)}$ が小さいパワーMOSFET に多くの電流が流れます。しかし温度上昇により $R_{DS(ON)}$ が大きくなるため、流れる電流は減少します。ひとつのパワーMOSFET に集中して電流が流れることなく、それぞれのパワーMOSFET に流れる電流のバランスがとれます。これをパワーMOSFET の自己安定化作用と呼びます。

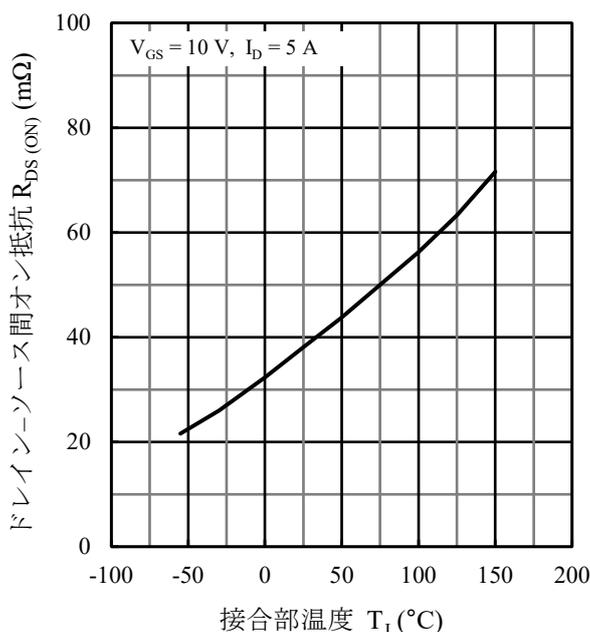


図 2-5 $R_{DS(ON)} - T_J$ 代表特性例

- $R_{DS(ON)}$ の抵抗成分

図 2-6 に、プレーナ型パワーMOSFET (N チャネル) の $R_{DS(ON)}$ の抵抗成分を示します。

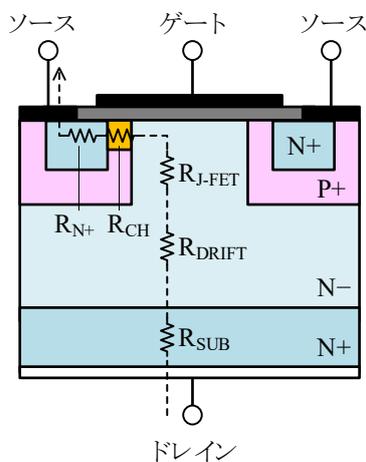


図 2-6 プレーナ型パワーMOSFET (N チャネル) の $R_{DS(ON)}$ の抵抗成分

$R_{DS(ON)}$ の抵抗成分は以下の式で計算できます。

$$R_{DS(ON)} = R_{SUB} + R_{DRIFT} + R_{J-FET} + R_{CH} + R_{N+}$$

ここで、

- R_{SUB} : 基板抵抗
- R_{DRIFT} : ドリフト抵抗
- R_{J-FET} : J-FET 抵抗
- R_{CH} : チャネル抵抗
- R_{N+} : N+層抵抗

耐圧と $R_{DS(ON)}$ はトレードオフの関係があり、耐圧を高くすると $R_{DS(ON)}$ は大きくなります。パワーMOSFETの耐圧を高くするためには、図 2-6 に示すN-層を厚くする必要があります。そのため高耐圧パワーMOSFETの $R_{DS(ON)}$ はドリフト抵抗 R_{DRIFT} に依存します。逆に、低耐圧パワーMOSFETの $R_{DS(ON)}$ は R_{DRIFT} よりもチャネル抵抗 R_{CH} に依存します。

2.4.4. 容量特性 (C_{iss} 、 C_{oss} 、 C_{rss})

図 2-7 に示すように、パワーMOSFET は構造上、寄生容量 (C_{GS} 、 C_{GD} 、 C_{DS}) が生成されます。これらの寄生容量はスイッチング特性に影響します。

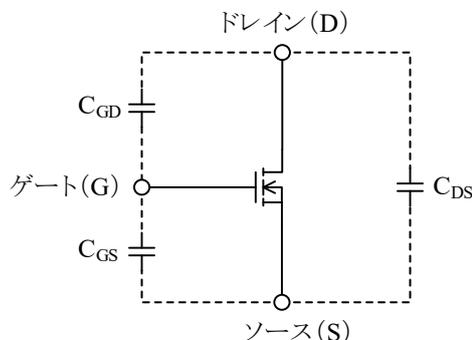


図 2-7 パワーMOSFET の寄生容量

● 入力容量 C_{iss}

入力容量 C_{iss} は遅延時間に影響します。 C_{iss} が大きいと、パワーMOSFET をターンオン／ターンオフする際に多くの電荷を充電／放電する必要があるため、遅延時間が長くなります。また、 C_{iss} が大きいと電力損失も大きくなります。 C_{iss} が小さいパワーMOSFET が理想です。

C_{iss} は以下の式で計算できます。

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

● 出力容量 C_{oss}

出力容量 C_{oss} はターンオフ特性に影響します。 C_{oss} が大きいと、パワーMOSFET がターンオフした際にドレイン－ソース間電圧 V_{DS} の電圧変化率 dv/dt が小さくなり、ノイズの影響を小さくできますが、ターンオフ下降時間 t_f が長くなります。

C_{oss} は以下の式で計算できます。

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

● 帰還容量 C_{rss}

帰還容量 C_{rss} は、ミラー容量とも呼ばれます。

C_{rss} は高周波特性に影響します。 C_{rss} が大きくなるほど、以下の特徴を示します。

- ターンオン時のドレイン－ソース間電圧 V_{DS} の立ち下がり時間が長くなる
(ターンオン上昇時間 t_r が長くなる)
- ターンオフ時のドレイン－ソース間電圧 V_{DS} の立ち上がり時間が長くなる
(ターンオフ下降時間 t_f が長くなる)
- 電力損失が大きくなる

帰還容量 C_{rss} は以下の式で計算できます。

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

2.4.5. 電荷特性 (Q_G 、 Q_{GS} 、 Q_{GD})

全ゲートチャージ電荷量 Q_G 、ゲートソース間電荷量 Q_{GS} 、ゲートドレイン間電荷量 Q_{GD} は、パワー MOSFET を駆動させるために必要な電荷量です (図 2-8 参照)。これらはスイッチング特性に影響します。値が小さいほど電力損失が小さくなり、高速スイッチングが可能です。

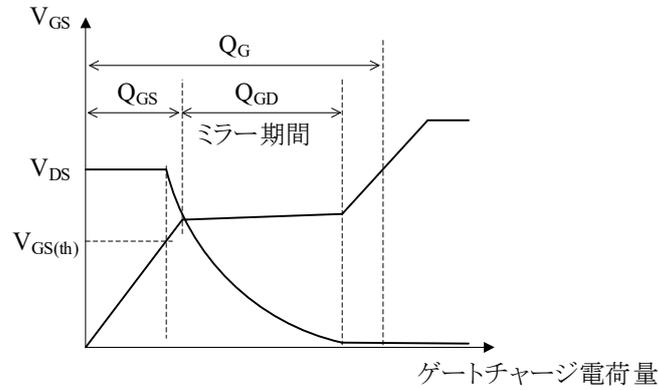


図 2-8 V_{GS} とゲートチャージ電荷量の関係

2.4.6. スイッチング特性 ($t_{d(ON)}$ 、 t_r 、 $t_{d(OFF)}$ 、 t_f)

図 2-9 にスイッチング時間の定義を示します。

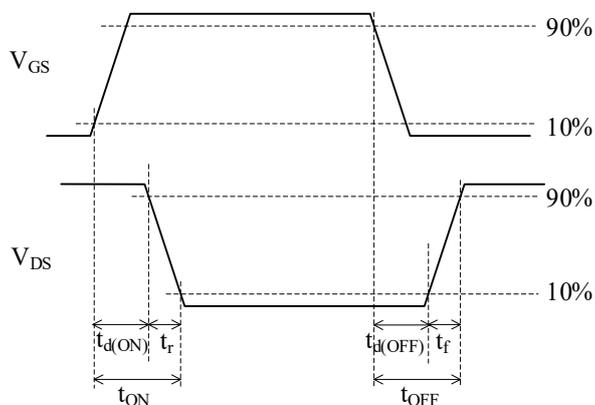


図 2-9 スイッチング時間の定義

- ターンオン遅延時間 $t_{d(ON)}$
 V_{GS} 設定値の 10% から V_{DS} 設定値の 90% までの時間
- ターンオン上昇時間 t_r
 V_{DS} 設定値の 90% から 10% までの時間
- ターンオン時間 t_{ON}
 $t_{d(ON)}$ と t_r を合計した時間
- ターンオフ時間 $t_{d(OFF)}$
 V_{GS} 設定値の 90% から V_{DS} 設定値の 10% までの時間です。
- ターンオフ下降時間 t_f
 V_{DS} 設定値の 10% から 90% までの時間
- ターンオフ時間 t_{OFF}
 $t_{d(OFF)}$ と t_f を合計した時間

2.4.7. ボディダイオード

パワーMOSFET は、その構造上、ソースドレイン間にボディダイオードが生成されます。図 2-10 にボディダイオードの $I_S - V_{SD}$ 特性を示します。また、 V_{SD} は負の温度係数を持ち、温度が上昇するほど V_{SD} は低くなります。

図 2-11 にボディダイオードの逆方向回復特性を示します。リカバリ電流のピーク値を I_{RM} と定義します。逆方向回復時間 t_{rr} および逆方向回復電荷量 Q_{rr} が小さくなるほど、電力損失が小さくなります。

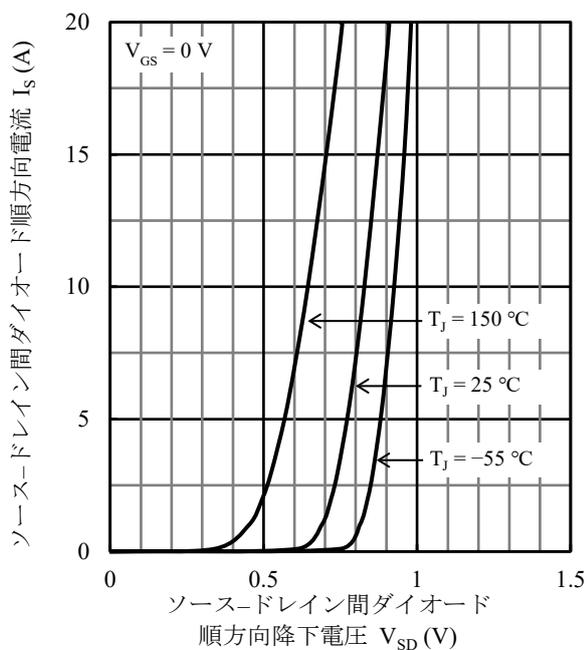


図 2-10 $I_S - V_{SD}$ 代表特性例

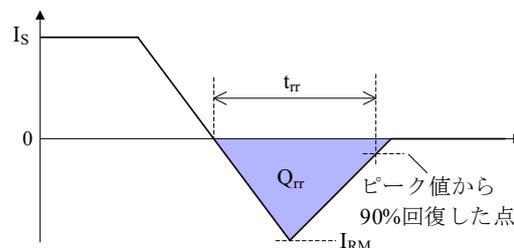


図 2-11 逆方向回復特性

2.5. 熱的特性

以下に、データシートに記載されている熱的特性の代表項目を示します。パワーMOSFETの種類によって、記載されている熱的特性の項目は異なります。

| 項目 | 記号 | 内容 |
|-----|-----------------|--------------------------|
| 熱抵抗 | $R_{\theta JC}$ | 半導体接合部（ジャンクション）とケース間の熱抵抗 |
| | $R_{\theta JA}$ | 半導体接合部（ジャンクション）と周囲間の熱抵抗 |

2.6. パワーMOSFET が破壊する要因

パワーMOSFET は主に、以下に示す 5 つの要因で破壊します。

- アバランシェ降伏による破壊
- SOA 破壊
- ボディダイオード破壊
- 寄生発振による破壊
- 静電破壊

2.6.1. アバランシェ降伏による破壊

ドレイン-ソース間の電圧が絶対最大定格を超えて降伏電圧 $V_{(BR)DSS}$ 以上になると、アバランシェ降伏が起きます。降伏領域では以下に示す要因により、パワーMOSFET が破壊する可能性があります。

● 電流による破壊

図 2-12 にプレーナ型パワーMOSFET (N チャネル) の断面図を示します。降伏領域に入ると、図 2-12 の (A) のようにアバランシェ電流 I_{AS} が流れます。このとき寄生 NPN バイポーラトランジスタのベース抵抗 R_B の両端に電圧が発生します。この電圧が寄生 NPN バイポーラトランジスタをターンオンするベース-エミッタ間電圧以上になると、図 2-12 の (B) のように電流が流れます。このときドレイン-ソース間の電圧が高いと寄生 NPN バイポーラトランジスタは 2 次降伏し、トランジスタに流れる電流が急増します。これによりパワーMOSFET が破壊します。

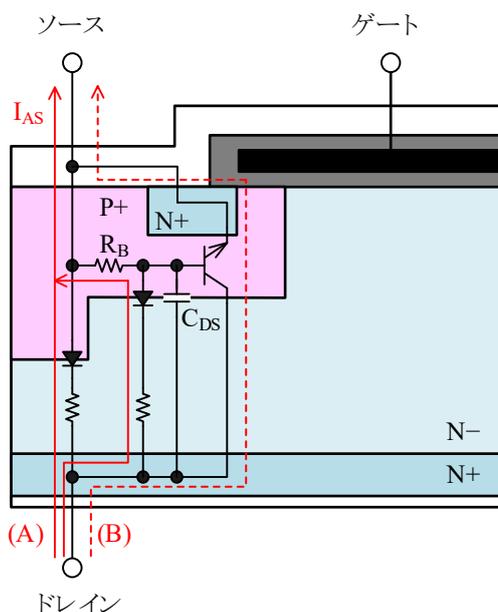


図 2-12 プレーナ型パワーMOSFET (N チャネル) の断面図

● エネルギーによる破壊

アバランシェ降伏によるエネルギーの損失で温度が上昇し、接合部温度 T_J が絶対最大定格を超えるとパワーMOSFET が破壊します。

● dv/dt による破壊耐量の低下

図 2-13 に示すように、パワーMOSFET はドレイン-ソース間に寄生容量 C_{DS} が生成されます。

パワーMOSFET がターンオフした際、図 2-13 の (A) のように電流 I が流れます。電流 I は以下の式で計算できます。

$$I = C_{DS} \times dv/dt$$

ここで、

C_{DS} : 寄生容量

dv/dt : ドレイン-ソース間電圧 V_{DS} の立ち上がり変化率

このとき寄生 NPN バイポーラトランジスタのベース抵抗 R_B の両端に電圧 ($R_B \times I$) が発生します。この電圧が寄生 NPN バイポーラトランジスタをターンオンするベース-エミッタ間電圧以上になると、図 2-13 の (B) のように電流が流れます。この結果、パワーMOSFET の破壊耐量が低下します。

パワーMOSFET ターンオフ時の dv/dt が大きいほど流れる電流 I が大きくなり、寄生 NPN バイポーラトランジスタがターンオンしやすくなるため注意が必要です。

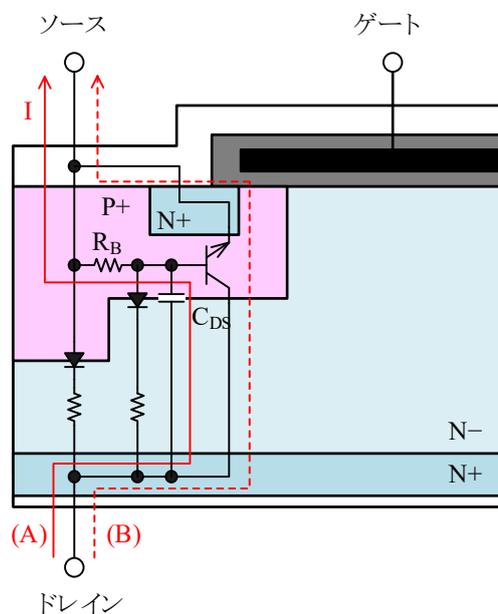


図 2-13 プレーナ型パワーMOSFET (Nチャネル) の断面図

● 対策

アバランシェ降伏による破壊を抑制するために、以下の対策が有効です。

- 配線をできるだけ太く、短くし、浮遊インダクタンスを低減する
- 外付けゲート抵抗の値を大きくし、 dv/dt を小さくする
- ドレイン-ソース間にスナバ回路またはツェナーダイオードを接続し、サージ電圧を吸収する

2.6.1.1. アバランシェエネルギーの測定

誘導負荷回路においてパワーMOSFETをターンオフした際に、ドレインソース間の電圧が絶対最大定格を超えて降伏電圧 $V_{(BR)DSS}$ 以上になると、アバランシェ降伏が起きます。このときに流れる電流をアバランシェ電流 I_{AS} 、発生するエネルギーをアバランシェエネルギー E_{AS} と呼びます。

図 2-14 にアバランシェエネルギーの測定回路を示します。図 2-15 にスイッチング波形を示します。

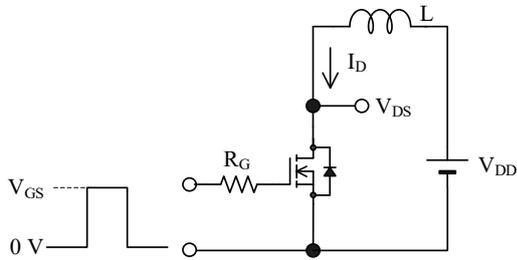


図 2-14 アバランシェエネルギー測定回路

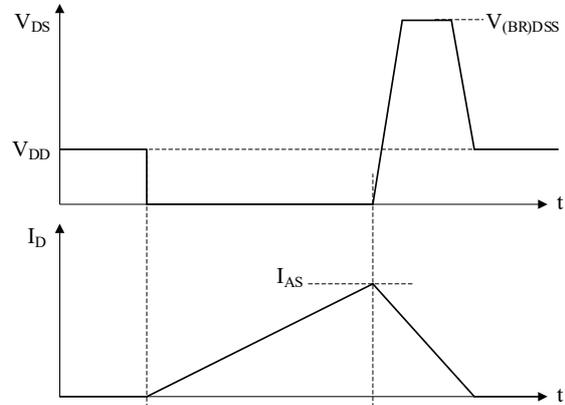


図 2-15 スイッチング波形

アバランシェエネルギー E_{AS} は以下の式で計算できます。

$$E_{AS} = \frac{1}{2} \times L \times I_{AS}^2 \times \frac{V_{(BR)DSS}}{V_{(BR)DSS} - V_{DD}}$$

ここで、

E_{AS} : アバランシェエネルギー (J)

V_{DD} : 電源電圧 (V)

L : インダクタンス (H)

I_{AS} : アバランシェ電流 (A)

$V_{(BR)DSS}$: ドレインソース間降伏電圧 (V)

2.6.2. SOA 破壊

ドレイン電流の最大定格、ドレイン-ソース間電圧 V_{DS} の最大定格、ジャンクション温度の最大定格のいずれかが安全動作領域を超えることでパワー-MOSFET が異常に発熱し、パワー-MOSFET が破壊する可能性があります。安全動作領域については 2.6.2.1 項を参照してください。

2.6.2.1. 安全動作領域 (SOA : Safe Operating Area)

安全動作領域 (SOA : Safe Operating Area) は、パワー-MOSFET が劣化や破壊することなく使用できる電流と電圧の範囲です。安全動作領域は以下の制限によって領域が区分されます。

- (1) ドレイン電流の最大定格値で制限された領域
- (2) オン抵抗 $R_{DS(ON)}$ の最大値で制限された領域
- (3) ジャンクション温度の最大定格値で制限された領域
- (4) 2次降伏で制限された領域
- (5) ドレイン-ソース間電圧 V_{DS} の最大定格値で制限された領域

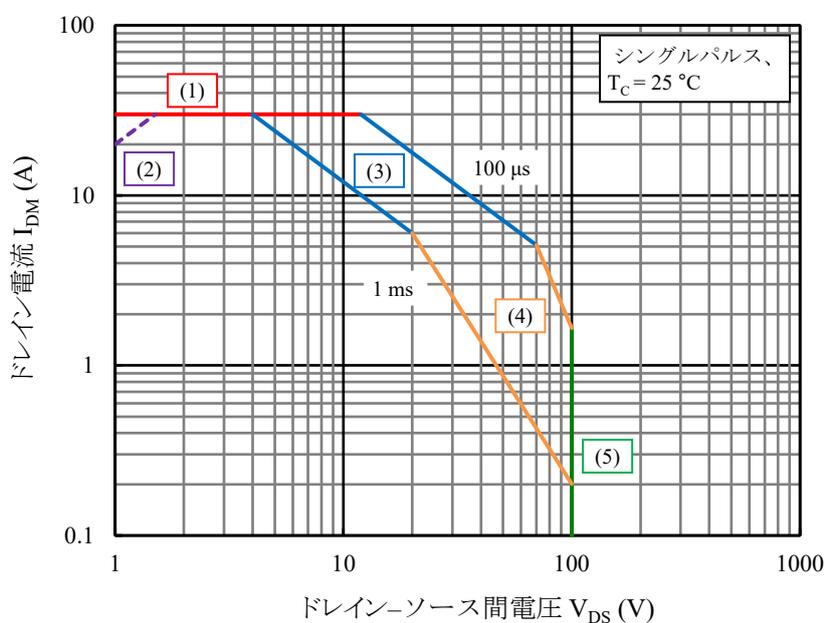


図 2-16 安全動作領域例

データシートには、理想条件（シングルパルス、 $T_c = 25\text{ °C}$ など）での安全動作領域グラフが記載されています。実際の動作条件に合わせてグラフをディレーティングし、安全動作領域内でパワー-MOSFET を使用します。ディレーティングについては以下の URL を参照してください。

<https://www.semicon.sanken-ele.co.jp/support/reliability/4-5.html#sec2>

2.6.3. ボディダイオード破壊

ソースドレイン間のボディダイオードを意図的に使用する回路において、ボディダイオードが逆回復する際の電流変化率 (di/dt) が急峻な場合、その際の電圧変化率 (dv/dt) も急峻になります。このとき、パワーMOSFET 内部の寄生 NPN トランジスタがターンオンして電流が流れ、パワーMOSFET が破壊する可能性があります。

● 対策

- 配線をできるだけ太く、短くし、浮遊インダクタンスを低減する
- 外付けゲート抵抗の値を大きくし、 dv/dt を小さくする
- ドレイン-ソース間にスナバ回路またはツェナーダイオードを接続し、サージ電圧を吸収する

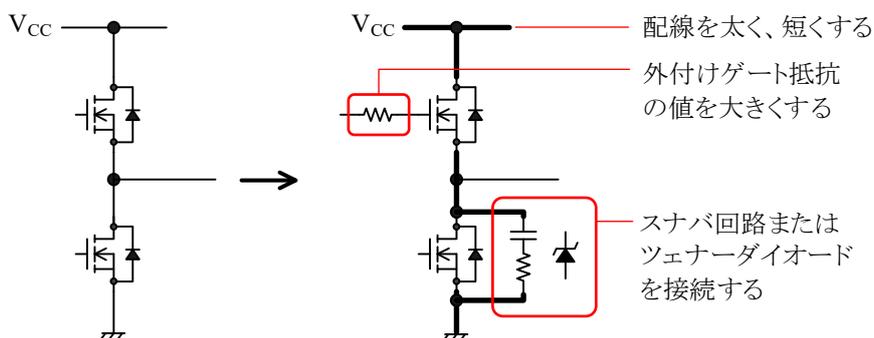


図 2-17 ボディダイオード破壊対策例

2.6.4. 寄生発振による破壊

図 2-18 に示すように、パワーMOSFET にゲート抵抗を接続せずに並列接続すると、寄生発振しやすくなります。寄生発振によりゲート-ソース間電圧 V_{GS} が最大定格値を超えたり、パワーMOSFET が誤動作して発熱したりして、パワーMOSFET が破壊する可能性があります。

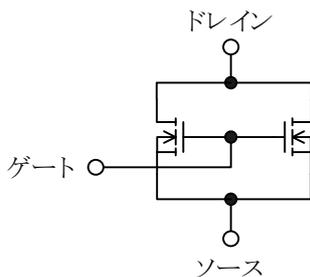


図 2-18 並列接続（ゲート抵抗なし）

● 対策

- 配線をできるだけ太く、短くし、浮遊インダクタンスを低減する
- 各パワーMOSFET のゲートに抵抗を接続する
- 各パワーMOSFET のゲートにフェライトビーズを接続する

2.6.5. 静電破壊

ゲート端子は静電気に弱いです。人体や実装装置から発生する静電気やサージ電圧がゲートに印加され、ゲートの静電気耐量を超えるとパワーMOSFET が破壊する可能性があります。

● 対策

- 導電性ストラップなどを使用し、人体アースをする
- 作業台では導電性のテーブルマットなどを使用する
- 装置を接地する

注意書き

- 本書に記載している製品（以下、「本製品」という）のデータ、図、表、およびその他の情報（以下、「本情報」という）は、本書発行時点のものであります。本情報は、改良などで予告なく変更することがあります。本製
- 品を使用する際は、本情報が最新であることを弊社販売窓口を確認してください。
- 本製品は、一般電子機器（家電製品、事務機器、通信端末機器、計測機器など）の部品に使用されることを意図しております。本製品を使用する際は、納入仕様書に署名または記名押印のうえ、返却をお願いします。高い信頼性が要求される装置（輸送機器とその制御装置、交通信号制御装置、防災装置、防犯装置、各種安全装置など）に本製品を使用することを検討する際は、必ず事前にその使用の適否について弊社販売窓口へ相談いただき、納入仕様書に署名または記名押印のうえ、返却をお願いします。本製品は、極めて高い信頼性が要求される機器または装置（航空宇宙機器、原子力制御、その故障や誤動作が生命や人体に危害を及ぼす恐れのある医療機器（日本における法令でクラスⅢ以上）など）（以下「特定用途」という）に使用されることは意図されておられません。特定用途に本製品を使用したことでお客様または第三者に生じた損害などに関して、弊社は一切その責任を負いません。
- 本製品を使用するにあたり、本製品に他の製品や部材を組み合わせる際、あるいはこれらの製品に物理的、化学的、その他の何らかの加工や処理を施す際は、使用者の責任においてそのリスクを必ず検討したうえで行ってください。
- 弊社は、品質や信頼性の向上に努めていますが、半導体製品は、ある確率で欠陥や故障が発生することは避けられません。本製品が故障し、その結果として人身事故、火災事故、社会的な損害などが発生しないように、故障発生率やディレーティングなどを考慮したうえで、使用者の責任において、本製品が使用される装置やシステム上で、十分な安全設計および確認を含む予防措置を必ず行ってください。ディレーティングについては、納入仕様書および弊社ホームページを参照してください。
- 本製品は、耐放射線設計をしておりません。
- 本書に記載している回路定数、動作例、回路例、パターンレイアウト例、設計例、推奨例、本書に記載しているすべての情報、およびこれらに基づく評価結果などは、使用上の参考として示したものです。
- 本情報に起因する使用者または第三者のいかなる損害、および使用者または第三者の知的財産権を含む財産権とその他一切の権利の侵害問題について、弊社は一切その責任を負いません。
- 本情報を、文書による弊社の承諾なしに転記や複製をすることを禁じます。
- 本情報について、弊社の所有する知的財産権およびその他の権利の実施、使用または利用を許諾するものではありません。
- 使用者と弊社との間で別途文書による合意がない限り、弊社は、本製品の品質（商品性、および特定目的または特別環境に対する適合性を含む）ならびに本情報（正確性、有用性、および信頼性を含む）について、明示的か黙示的かを問わず、いかなる保証もしておりません。
- 本製品を使用する際は、特定の物質の含有や使用を規制する RoHS 指令など、適用される可能性がある環境関連法令を十分に調査したうえで、当該法令に適合するように使用してください。
- 本製品および本情報を、大量破壊兵器の開発を含む軍事用途やその他軍事利用の目的で使用しないでください。また、本製品および本情報を輸出または非居住者などに提供する際は、「米国輸出管理規則」や「外国為替及び外国貿易法」など、各国で適用される輸出管理法令などを遵守してください。
- 弊社物流網以外における本製品の落下などの輸送中のトラブルについて、弊社は一切その責任を負いません。
- 本書は、正確を期すために慎重に製作したのですが、本書に誤りがないことを保証するものではありません。万一、本情報の誤りや欠落に起因して、使用者に損害が生じた場合においても、弊社は一切その責任を負いません。
- 本製品を使用する際の一般的な使用上の注意は弊社ホームページを、特に注意する内容は納入仕様書を参照してください。
- 本書で使用されている個々の商標、商号に関する権利は、弊社を含むその他の原権利者に帰属します。

DSGN-CJZ-16003