

MOSFET シリーズ

安全動作領域 (SOA) の温度ディレーティングについて

MOSFET に印加される電圧、電流および電力には制限があり、その制限範囲のことを安全動作領域 (Safety Operating Area: SOA) と言います。一般的に SOA には温度依存性がありますが、通常 SOA は室温 (25°C) で規定されるため、素子温度が上昇している場合は温度ディレーティングが必要となります。本アプリケーションノートでは、温度上昇時の SOA のディレーティング方法について説明します。なお、バイポーラトランジスタ (BJT) についても、基本的な考え方は同様です。

1. SOA について

弊社 Super Junction MOSFET (以下 SJMOS) R6024KNX の SOA を、Figure 1. に表します。Figure 1. の(1)~(5)に示すように、SOA は以下の5つの領域に分類することができます。(これら5つの領域については、アプリケーションノート「MOSFET の破壊メカニズムについて」[1]でも詳しく説明しておりますので、そちらもご参照下さい。)

(1) オン抵抗制限領域

オン抵抗 $R_{DS(on)}$ によって理論的に制限される領域で、 $I_D = V_{DS}/R_{DS(on)}$ となります。

(2) 電流制限領域

ドレイン電流 I_D (もしくは I_{Dpulse}) の定格により、制限される領域です。

(3) 熱制限領域*¹ (*1: 熱制限領域は、デバイスの実装条件によって変わります)

許容損失 P_D で制限される領域です。この領域では P_D = 一定であり、両対数グラフでは -1 の傾きになります。

(4) 二次降伏領域*² (*2: 二次降伏領域は、デバイスの実装条件によって変わります)

素子内の局所的な発熱および電流集中により、制限される領域です。

(5) ドレイン・ソース間電圧制限領域

ドレイン・ソース間耐圧 V_{DSS} の定格により、制限される領域です。

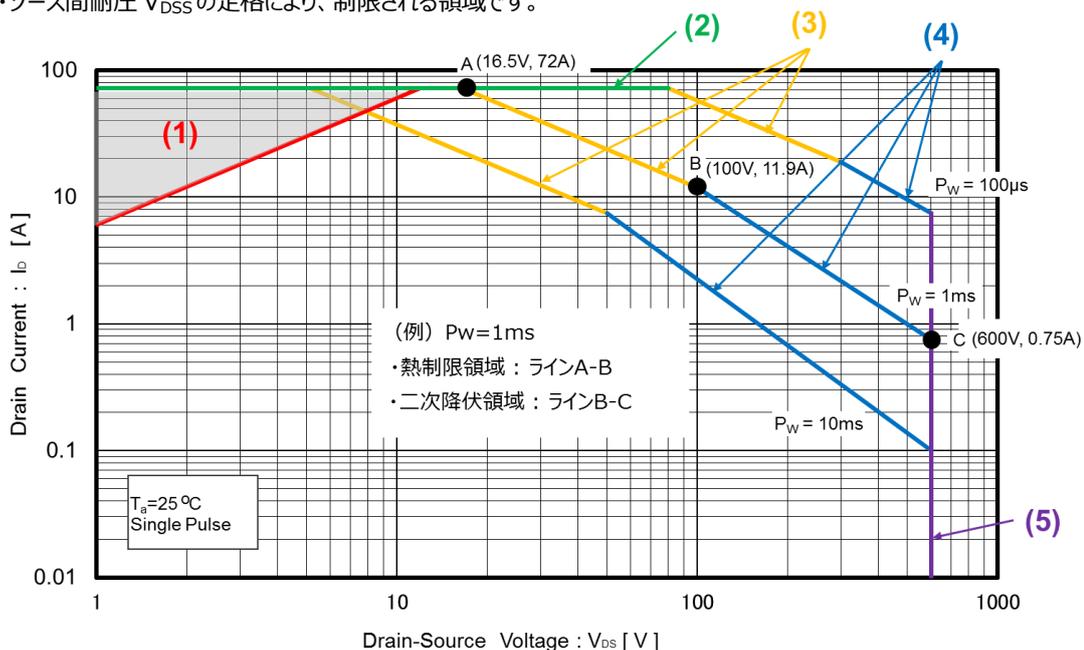


Figure 1. R6024KNX の SOA

2. SOA の温度デレーティング方法について

データシートに記載している SOA は、一般的に周囲温度 T_a (もしくは素子ジャンクション温度 T_j) が 25℃時で規定しております。よって、 T_a (もしくは T_j) が 25℃より大きい場合、SOA は温度デレーティングが必要となります。

(しかし、逆に 25℃よりも低い場合は、SOA を広げることは一般的に行いませんので注意が必要です。)

具体的に、SOA の温度デレーティングは、Figure 1. の(3)熱制限領域、および(4)二次降伏領域に対して実施します。

2-1. 熱制限領域のデレーティング

例えば、パルス幅 $P_w=1ms$ のシングルパルス印加、その時の周囲温度 $T_a=75℃$ の場合を想定します。

デレーティング前 ($T_a=25℃$) の熱制限領域は、Figure 1. の点 A, B により規定されています。

点 B より、 $T_a=25℃$ 時の許容損失は、 $P_D(1ms) = 100V \times 11.9A = 1,190W$ と分かります。

また、Figure 2. より、 $T_a=75℃$ 時の許容損失比率 $P_D/P_{Dmax}(75℃)$ は、 $T_a=25℃$ 時に比べて 60% となります。

よって、 $T_a=75℃$ の場合の熱制限領域は、 $1,190W \times 60\% = 714W$ にデレーティングされます。

以上により、デレーティング後の点 A', B' を計算すると、

点 A' の電圧 $V_{DS_{A'}} = 714W/72A \approx 9.91V$ 、よって 点 A' (9.91V, 72A)。

点 B' の電流 $I_{D_{B'}} = 714W/100V = 7.14A$ 、よって 点 B' (100V, 7.14A) となります。

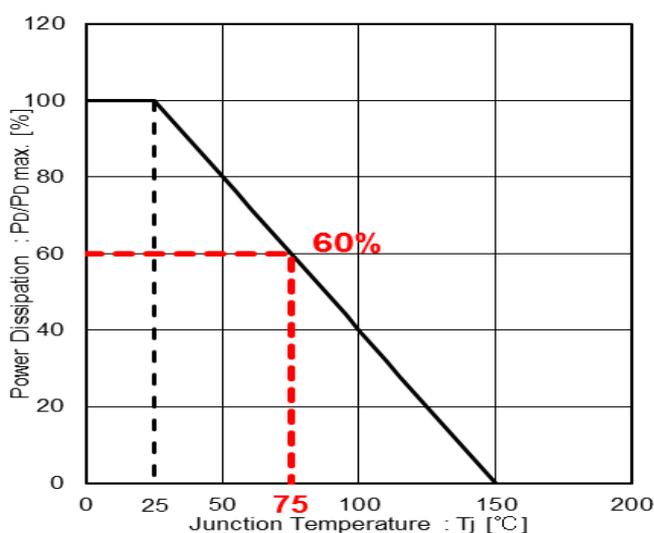


Figure 2. 許容損失比率

$$\begin{aligned} P_D/P_{Dmax}(75^\circ C) \\ = 100 \times \{1 - (75 - 25)/(150 - 25)\} = 60 [\%] \end{aligned}$$

2-2. 二次降伏領域のデレーティング

デレーティング後の点 C' を計算すると、Figure 2. より $T_a=75℃$ 時の許容損失比率 $P_D/P_{Dmax}(75℃)$ は 60% なので、

点 C' の電流 $I_{D_{C'}} = 0.75A \times 60\% = 0.45A$ 、よって 点 C' (600V, 0.45A) となります。

2-1. および 2-2. の計算結果より、Figure 3. にデレーティングによる SOA の変化を示します。

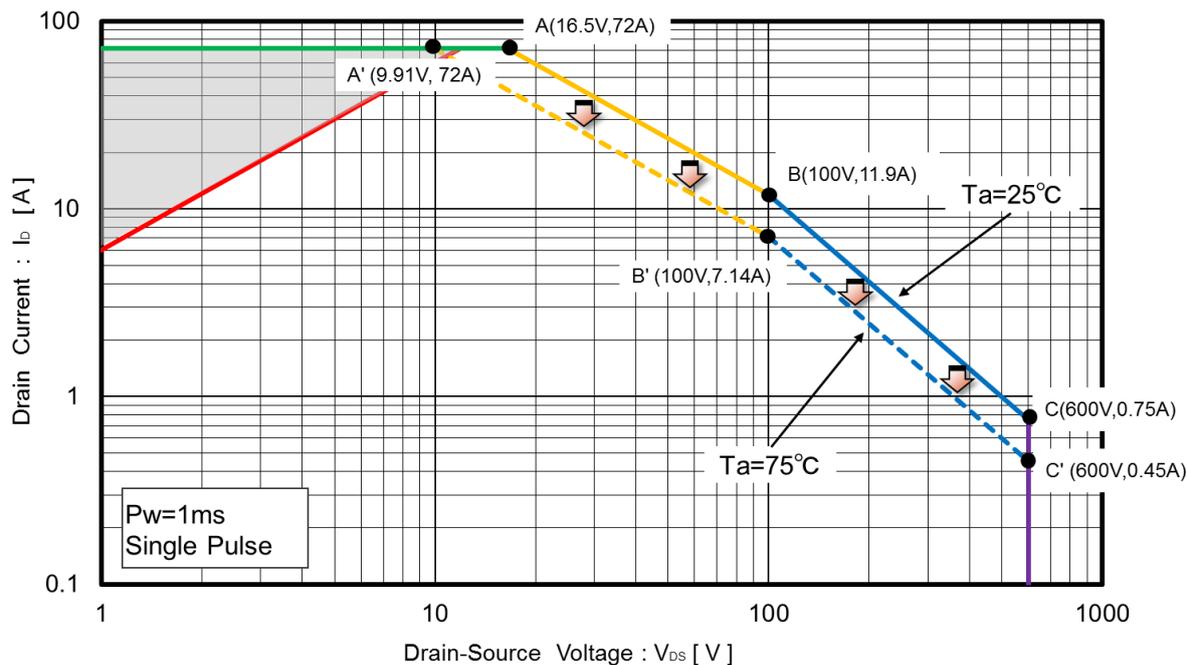


Figure 3. デレーティングによる SOA の変化 (Pw=1ms, Ta=25°C→75°C)

3. まとめ

- ・MOSFET の使用可否の判断に用いる SOA は、素子温度に対してデレーティングを実施する必要があります。
- ・SOA の温度デレーティングは、熱制限領域、および二次降伏領域に対して実施します。
- ・温度デレーティングには、許容損失比率のグラフを用います。
- ・温度デレーティング後の SOA に対して、実際の V_{DS} および I_D が SOA 外の場合、回路条件、もしくはデバイスの再検討が必要です。

4. 参考文献

- [1] MOSFET の破壊メカニズムについて , アプリケーションノート(No. 62AN015J Rev.001) , ローム株式会社 , 2019 年 6 月.

ご 注 意

- 1) 本資料の記載内容は改良などのため予告なく変更することがあります。
- 2) 本資料に記載されている内容は製品のご紹介資料です。ご使用に際しては、別途最新の仕様書を必ずご請求のうえ、ご確認ください。
- 3) ロームは常に品質・信頼性の向上に取り組んでおりますが、半導体製品は種々の要因で故障・誤作動する可能性があります。
万が一、本製品が故障・誤作動した場合であっても、その影響により人身事故、火災損害等が起こらないようご使用機器でのディレーティング、冗長設計、延焼防止、バックアップ、フェイルセーフ等の安全確保をお願いします。定格を超えたご使用や使用上の注意書が守られていない場合、いかなる責任もロームは負うものではありません。
- 4) 本資料に記載されております応用回路例やその定数などの情報につきましては、本製品の標準的な動作や使い方を説明するものです。
したがって、量産設計をされる場合には、外部諸条件を考慮していただきますようお願いいたします。
- 5) 本資料に記載されております技術情報は、製品の代表的動作および応用回路例などを示したものであり、ロームまたは他社の知的財産権その他のあらゆる権利について明示的にも黙示的にも、その実施または利用を許諾するものではありません。上記技術情報の使用に起因して紛争が発生した場合、ロームはその責任を負うものではありません。
- 6) 本資料に掲載されております製品は、耐放射線設計はなされていません。
- 7) 本製品を下記のような特に高い信頼性が要求される機器等に使用される際には、ロームへ必ずご連絡の上、承諾を得てください。
・輸送機器（車載、船舶、鉄道など）、幹線用通信機器、交通信号機器、防災・防犯装置、安全確保のための装置、医療機器、サーバー、太陽電池、送電システム
- 8) 本製品を極めて高い信頼性を要求される下記のような機器等には、使用しないでください。
・航空宇宙機器、原子力制御機器、海底中継機器
- 9) 本資料の記載に従わないために生じたいかなる事故、損害もロームはその責任を負うものではありません。
- 10) 本資料に記載されております情報は、正確を期すため慎重に作成したものです。万が一、当該情報の誤り・誤植に起因する損害がお客様に生じた場合においても、ロームはその責任を負うものではありません。
- 11) 本製品のご使用に際しては、RoHS 指令など適用される環境関連法令を遵守の上ご使用ください。
お客様がかかる法令を順守しないことにより生じた損害に関して、ロームは一切の責任を負いません。
本製品の RoHS 適合性などの詳細につきましては、セールス・オフィスまでお問合せください。
- 12) 本製品および本資料に記載の技術を輸出又は国外へ提供する際には、「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」など適用される輸出関連法令を遵守し、それらの定めにしたがって必要な手続を行ってください。
- 13) 本資料の一部または全部をロームの許可なく、転載・複写することを堅くお断りします。



ローム製品のご検討ありがとうございます。
より詳しい資料やカタログなどご用意しておりますので、お問合せください。

ROHM Customer Support System

<http://www.rohm.co.jp/contact/>