

Diode シリーズ

車載向けショットキーバリアダイオード(SBD) における小型・高放熱パッケージ「PMDE」の優位性

近年、車載機器の機電一体化が進む中、実装デバイスに対する小型化要求は大きくなっています。しかし、一般的にパッケージパワーは小型化に伴い低下するため、特にショットキーバリアダイオード（以下 SBD）など発熱による熱暴走の危険があるデバイスにとっては、小型化とパッケージパワーの両立は非常に大きな課題です。この解決策として、ロームは新パッケージ「PMDE」をご用意いたしました。PMDE は車載市場でご好評を頂いている従来の「PMDU」パッケージの後継であり、サイズは PMDU が $3.5 \times 1.6 \times 0.8\text{mm}$ に対して PMDE は $2.5 \times 1.3 \times 0.95\text{mm}$ と、実装面積を約 40% 低減しております。それに関わらず、PMDE は裏面電極面積を大きく（約 1.5 倍）することで PMDU と同等のパッケージパワーを確保するとともに、実装強度については約 40% 向上しております。本アプリケーションノートでは、従来パッケージ PMDU との外形や内部構造など物理的な差異について説明し、さらに熱シミュレーションや実機評価結果を交えて、そのメリットについて詳しく説明します。

1. 外形および内部構造

1-1. 外形比較

Figure 1. に PMDE と PMDU の外形比較を示します。

PMDE は、従来の PMDU と比べて、実装面積を約 40% 低減しているにも関わらず、裏面電極面積を約 1.5 倍に広げているため、優れた実装強度（約 1.4 倍）を誇ります。

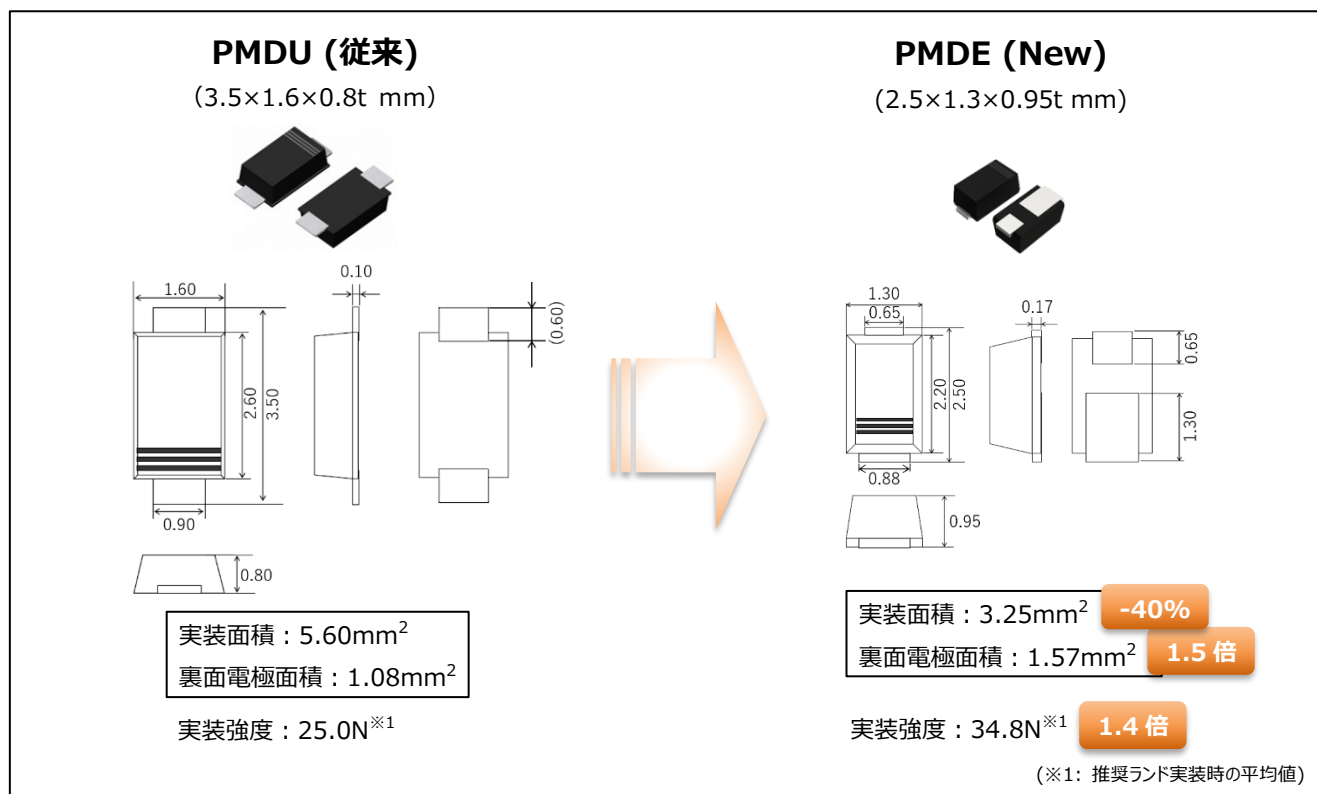


Figure 1. PMDU, PMDE 外形比較

1-2. 内部構造と放熱経路の比較

Figure 2.に PMDE と PMDU の内部構造と放熱経路の比較を示します。

PMDE は従来の PMDU と同様、素子とフレームとの電氣的接続にワイヤを使用せず、素子を直接フレームで挟み込む「ワイヤレス構造」を採用しています。これによりサージ電流によるワイヤ溶断のリスクが無くなるため、高いサージ電流耐量(I_{FSM})を実現しています。後ほど(第 4 章)で紹介する SBD のラインアップの場合、 I_{FSM} の保証値は 20~30A と非常に大きな値を誇ります。

また、カソード側の放熱経路について、PMDU は下面のほとんどがモールド樹脂で覆われているため、主にリードフレームを経由した横方向の熱伝播になります。しかし PMDE は下面電極を大きく露出させることで、よりダイレクトに効率良く基板へ放熱する構造を採用しています。このように PMDE では、小型化によりパッケージパワーが低下しないよう配慮しています。

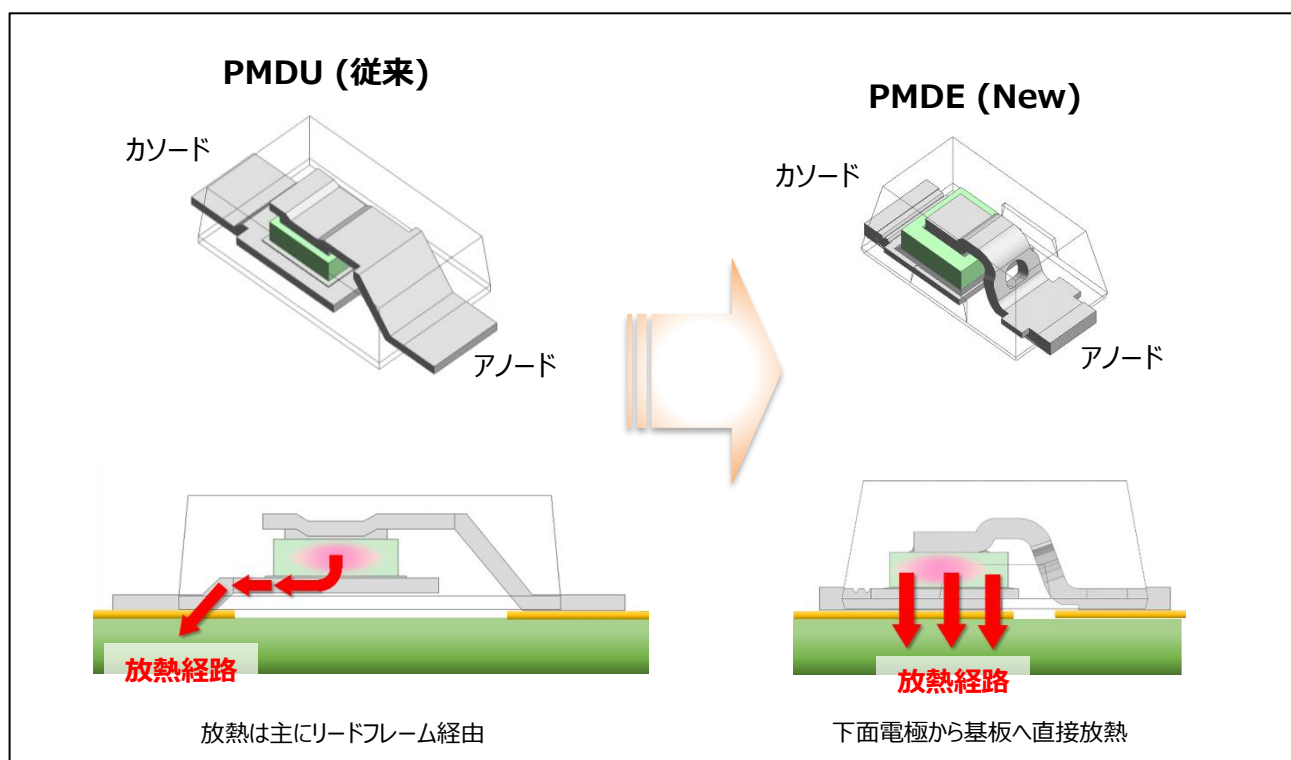
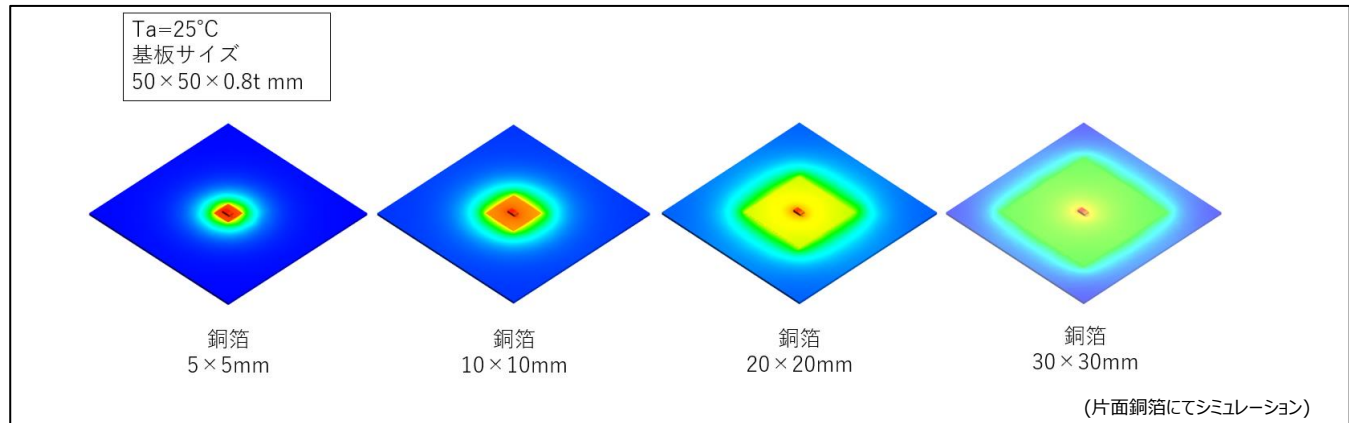


Figure 2. 内部構造と放熱経路の比較

2. 放熱性能比較（シミュレーション）

2-1. 熱シミュレーション方法

Figure 3.のように、50×50×0.8t(mm)の PCB 基板について、製品を実装する銅箔サイズを振り（5×5mm から 50×50mm/片面）、その時の素子温度 T_j と熱の伝わり方をシミュレーションしました。銅箔面積が大きくなるに従って、熱が周囲に拡散していく様子が良く分かります。言い換えれば、PCB のガラスエポキシ部への熱伝搬は非常に少ないため、製品を十分に放熱するには銅箔面積の大きさが非常に重要だと言えます。

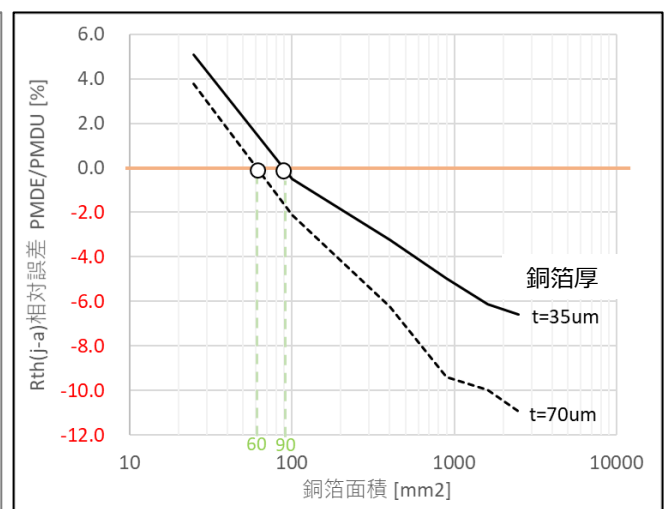
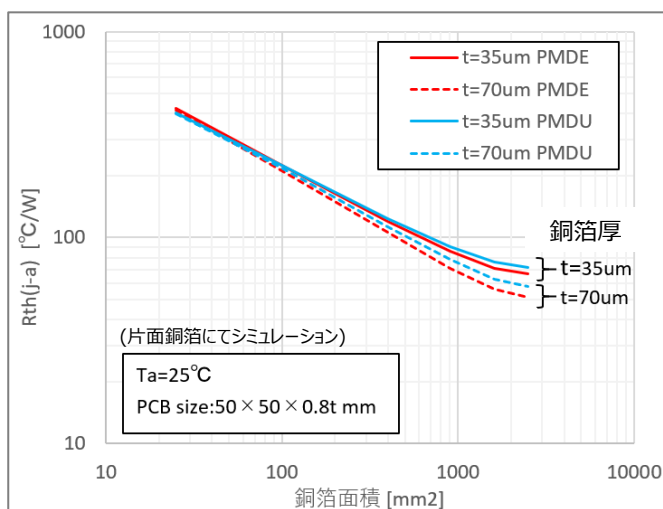


2-2. 熱抵抗 $R_{th}(j-a)$ と銅箔面積

2-1 の熱シミュレーション結果から、Figure 4.に PMDE と PMDU のジャンクション-周囲間 熱抵抗 $R_{th}(j-a)$ と銅箔面積の関係を示します。また、Figure 5.に PMDU を基準にした場合の $R_{th}(j-a)$ (PMDE) の相対誤差を示します。

銅箔面積が小さいと、PMDE の裏面放熱効果が十分に発揮されず、 $R_{th}(j-a)$ (PMDE) は PMDU よりも大きな値となります。そして、銅箔面積が大きくなるに従って放熱効果が向上し PMDU との差は小さくなり、銅箔厚 $t=35\mu\text{m}$ の場合は約 90mm^2 、 $t=70\mu\text{m}$ の場合は約 60mm^2 で、PMDU と同等の熱抵抗となります。その後は、銅箔面積の拡大に従って両者の差は大きくなり（PMDE の放熱性がさらに向上していき）、 $2,000\text{mm}^2$ 付近から飽和し始めます。

つまり、PMDE を使用する際、PMDU よりも高い放熱性を発揮するには、適切な銅箔面積を確保することが大切であると言えます。銅箔面積が小さ過ぎると PMDU よりも放熱性が悪く、逆に大き過ぎてもそれ以上放熱性能は向上せず基板面積が無駄になります。また、銅箔が厚い方が、より省面積で PMDE の放熱性能を十分に発揮することができ、PMDU との差も大きくすることが可能です。



3. 実機評価（弊社 車載用 LED ドライバ BD81A44EFV-M 評価ボード）

弊社車載用 LED ドライバ BD81A44EFV-M とその評価ボードを用いて、PMDU と PMDE それぞれの発熱と効率の比較評価を行いました。

3-1. 回路図 および PCB レイアウト

Figure 6.に、本評価ボードにおける LED 駆動回路（DC-DC 部）を示します。

本 LED ドライバでは、昇降圧型の DCDC コンバータにより出力電流をコントロールします。今回ダイオード D1 および D2 について、PMDE パッケージ品として「[RBR2VWM40ATF](#)」、PMDU パッケージ品として「[RBR2MM40ATF](#)」を使用します。これらの製品は素子が同一で、パッケージが異なるのみです。

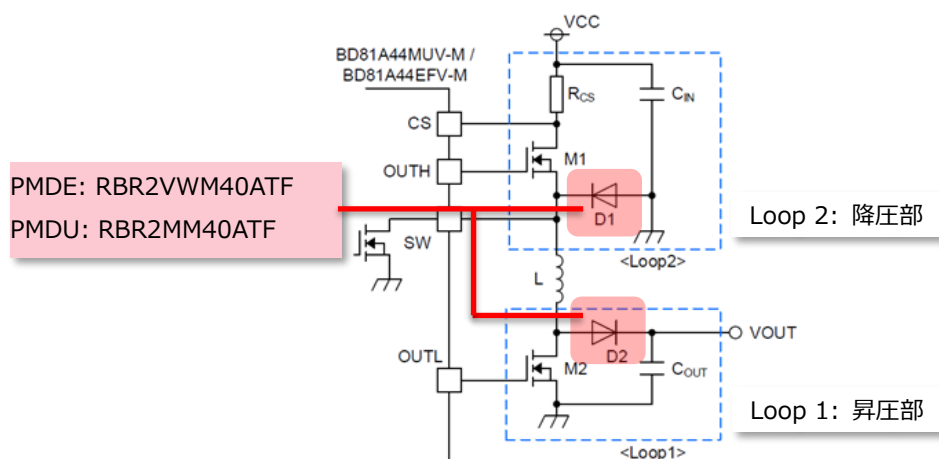
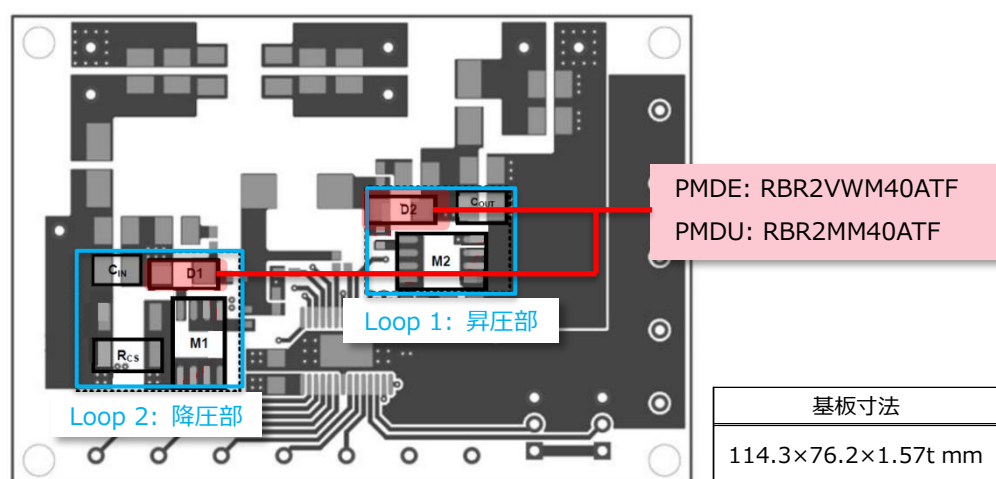


Figure 6. 回路図（DC-DC 部）

Figure 7.に、本評価ボードの PCB 情報を示します。

評価ボードは全 4 層構成で、表面と 4 層目（裏面）の銅箔厚は 70 μ m、2,3 層目は 35 μ m です。1 層目のパターンは Figure 7 の通り、2,3,4 層目は 74.2 μ m $\square$ の正方形パターンとなります。ダイオードの実装位置は D1 および D2 の位置（ピンク色）です。この位置に、[RBR2VWM40ATF\(PMDE\)](#)、[RBR2MM40ATF\(PMDU\)](#)を実装して比較評価を行いました。



1 層目（表面）銅箔		2 層目、3 層目（内層）銅箔		4 層目（裏面）銅箔	
銅箔パターン	銅箔厚	銅箔パターン	銅箔厚	銅箔パターン	銅箔厚
実装ランドパターン +電極引出し用配線	70 μ m	74.2 mm $\square$ （正方形）	35 μ m	74.2 mm $\square$ （正方形）	70 μ m

Figure 7. PCB 情報

3-2. 発熱比較

Figure 8.に、本評価ボード動作時における、PMDU および PMDE のサーモグラフィ測定結果（パッケージ温度 T_c ）を示します。
PMDE と PMDU の間で T_c の差は僅少で、その温度差は 降圧側 $\Delta T_c(D1)=1.7^\circ\text{C}$ 、昇圧側 $\Delta T_c(D2)=1.2^\circ\text{C}$ でした。
PMDE は小型パッケージにも関わらず、基板に対して効率的に放熱することで PMDU と同等のパッケージ温度に抑えられていることが分かります。

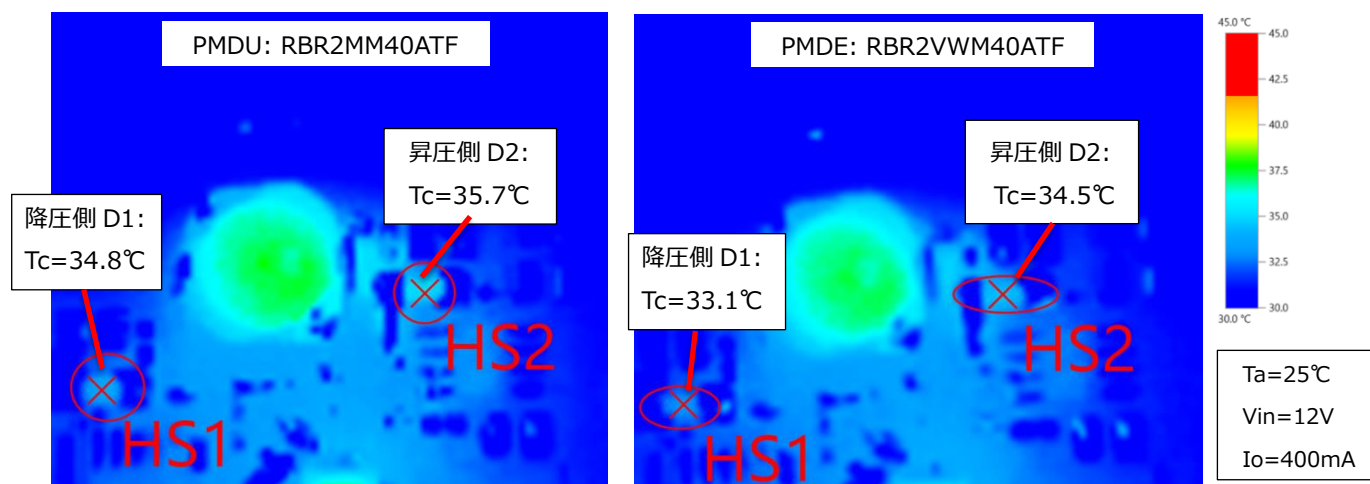


Figure 8. サーマグラフィ比較

3-3. 効率比較

Figure 9.に、効率の比較結果を示します。

PMDE の効率ピークは $\eta_{\text{peak}}(\text{PMDE})=88.6\%$ 、PMDU は $\eta_{\text{peak}}(\text{PMDU})=88.7\%$ であり、同等の結果でした。
今回のサンプルは素子が同一（各温度係数が同じ）なので、素子温度 T_j も同等と推測できます。
つまり、今回の評価条件において PMDE は、従来の PMDU よりも小型パッケージにも関わらず、PMDU と同等の放熱性を発揮し熱暴走リスクを同等程度に抑えることができたと言えます。

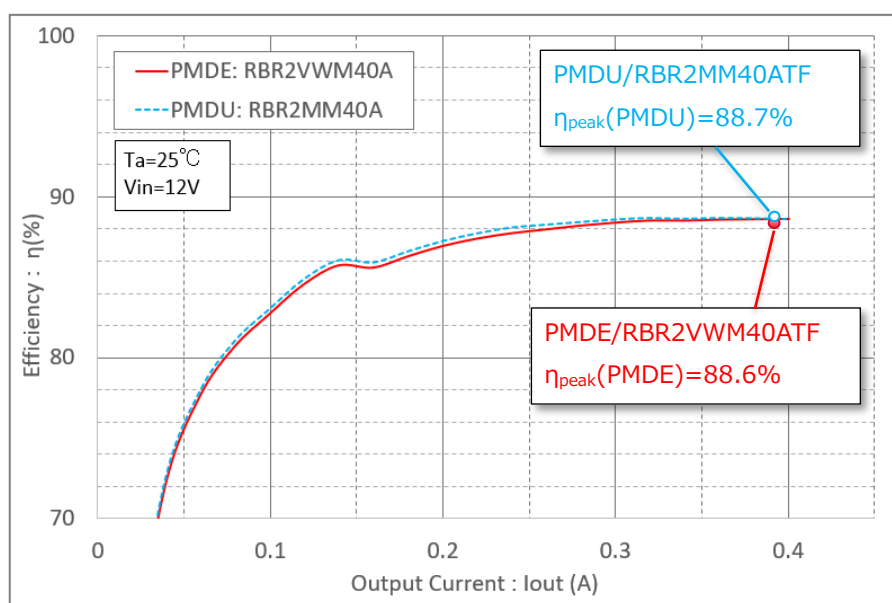


Figure 9. 効率比較

4. 車載向け PMDE パッケージ SBD ラインアップ

Figure 10.に、PMDE パッケージの SBD ラインアップをご紹介します(青字の製品名をクリックすると製品ページへジャンプできます)。

今回の実機評価に使用した低 V_F が特長の RBR シリーズをはじめ、超低リークの RBxx8 シリーズなど幅広くご用意しております

また、SBD 以外にも、ファストリカバリダイオード(FRD)、ツェナーダイオード(ZD)、サージ吸収ダイオード(TVS)なども予定しておりますので、お気軽にお問合せ下さい。

シリーズ名	Part No.	性能 コード※	絶対最大定格				電気的特性			
			V_{RM} (V)	I_o (A)	I_{FSM} (A)	T_j max (°C)	V_F max (V)		I_R max (uA)	
							条件		条件	
低 V_F /高効率 RBRシリーズ	RBR1VWM30A	TF	30	1	30	150	0.48	$I_F=1A$	50	$V_R=30V$
	RBR2VWM30A	TF		2	30		0.53	$I_F=2A$	50	
	RBR1VWM40A	TF	40	1	20		0.52	$I_F=1A$	50	$V_R=40V$
	RBR2VWM40A	TF		2	20		0.62	$I_F=2A$	50	
	RBR1VWM60A	TF	60	1	20		0.53	$I_F=1A$	75	$V_R=60V$
	RBR2VWM60A	TF		2	20		0.65	$I_F=2A$	75	
超低 I_R RBxx8シリーズ	RB168VWM-30	TF	30	1	30	175	0.69	$I_F=1A$	0.6	$V_R=30V$
	RB068VWM-30	TF		2	30		0.75	$I_F=2A$	0.6	
	RB168VWM-40	TF	40	1	30		0.69	$I_F=1A$	0.5	$V_R=40V$
	RB068VWM-40	TF		2	30		0.79	$I_F=2A$	0.5	
	RB168VWM-60	TF	60	1	30		0.76	$I_F=1A$	0.5	$V_R=60V$
	RB068VWM-60	TF		2	30		0.84	$I_F=2A$	0.5	
	RB168VWM100	TF	100	1	30		0.84	$I_F=1A$	0.3	$V_R=100V$
	RB068VWM100	TF		2	30		0.94	$I_F=2A$	0.3	
	RB168VWM150	TF	150	1	30		0.89	$I_F=1A$	1	$V_R=150V$
	RB068VWM150	TF		2	30		0.96	$I_F=2A$	1	

※：性能コード「TF」は AEC-Q101 準拠を表す

Figure 10. PMDE SBD ラインアップ

5. まとめ

- ・PMDE パッケージは従来の PMDU パッケージに比べ、小型（実装面積 40%低減）ながら、裏面電極からの放熱性を向上させることで、基板条件によっては同等以上のパッケージパワーが実現可能です。
- ・限られたスペースの中で PMDE の放熱性能を十分に発揮するためには、実装する銅箔面積および厚さの設定が非常に重要です。
- ・基板設計が適切ならば、PMDE パッケージは「省スペース・低発熱」要求の厳しい車載機器に対して、非常に大きなメリットを発揮します。

4. 参考文献

[1] 4ch カレントドライバ内蔵 昇降圧型車載用 LED ドライバ BD81A44MUV-M BD81A44EFV-M

データシート(No. TSZ02201-0T3T0C600060-1-1 Rev.006) ローム株式会社, 2019 年 10 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でご使用ください。
お客様に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/>