



# SiC パワーデバイス・モジュール

## アプリケーションノート

Rev. 002

発行 2014 年 8 月

14103JBY01

# 目次

---

1. SiC 半導体.....	3
1.1 SiC 材料の物性と特徴.....	3
1.2 パワーデバイスとしての特徴.....	3
2. SiC SBD の特徴.....	4
2.1 デバイス構造と特徴.....	4
2.2 SiC-SBD の順方向特性.....	4
2.3 SiC-SBD のリカバリ特性.....	5
3. SiC-MOSFET の特徴.....	7
3.1 デバイス構造と特徴.....	7
3.2 規格化オン抵抗.....	8
3.3 Vd-Id 特性.....	9
3.4 駆動ゲート電圧とオン抵抗.....	9
3.5 Vg-Id 特性.....	10
3.6 ターン・オン特性.....	11
3.7 ターン・オフ特性.....	12
3.8 内部ゲート抵抗.....	13
3.9 ゲートドライブ回路.....	14
3.10 ボディダイオードの Vf と逆導通.....	15
3.11 ボディダイオードのリカバリ特性.....	16
4. SiC パワーモジュールの特徴.....	17
4.1 SiC モジュールの特徴.....	17
4.2 回路構成.....	17
4.3 スイッチング特性.....	18
4.3.1 ドレイン電流依存性ならびに温度依存性.....	18
4.3.2 ゲート抵抗依存性.....	19
4.3.3 ゲートバイアス依存性.....	21
4.4 IGBT モジュールとのスイッチング損失比較.....	21
4.4.1 トータルスイッチング損失の比較.....	21
4.4.2 リカバリ損失(Err)の比較.....	22
4.4.3 ターン・オン損失(Eon)の比較.....	22
4.4.4 ターン・オフ損失(Eoff)の比較.....	23
5. SiC-SBD の信頼性.....	24
5.1 dV/dt 破壊、dI/dt 破壊.....	24
5.2 SiC-SBD 信頼性試験結果.....	24
6. SiC-MOSFET の信頼性.....	25
6.1 ゲート酸化膜.....	25

6.2	閾値安定性 (ゲート正バイアス).....	26
6.3	閾値安定性 (ゲート負バイアス).....	26
6.4	ボディダイオード通電に関する信頼性.....	27
6.5	短絡耐量.....	28
6.6	dV/dt 破壊.....	29
6.7	宇宙線起因中性子耐量.....	29
6.8	静電破壊耐量.....	29
6.9	SiC-MOSFET 信頼性試験結果.....	30
7.	SiC パワーモジュールの使用手法と信頼性.....	31
7.1	サージ電圧の対策.....	31
7.2	誤点弧の対策.....	31
7.3	RBSOA (逆バイアス安全動作領域).....	32
7.4	SiC パワーモジュールの信頼性試験結果.....	33
8.	形名の構成.....	34
8.1	SiC-SBD (ディスクリート品).....	34
8.2	SiC-MOSFET (ディスクリート品).....	34
8.3	SiC パワーモジュール.....	35
8.4	SiC-SBD (チップ品).....	35
8.5	SiC-MOSFET (チップ品).....	35
9.	応用回路例.....	36
9.1	力率改善(PFC)回路 (連続モード).....	36
9.2	パワーコンディショナー用インバータ.....	36
9.3	DC/DC コンバータ.....	36
9.4	双方向コンバータ.....	37
9.5	IH 用インバータ.....	37
9.6	モータドライブ.....	37
9.7	降圧チョップ.....	38
9.8	オーディオ DC アンプ.....	38

# 1. SiC 半導体

## 1.1 SiC 材料の物性と特徴

SiC(シリコンカーバイド)はシリコン(Si)と炭素(C)で構成される化合物半導体材料です。絶縁破壊電界強度が Si の 10 倍、バンドギャップが Si の 3 倍と優れているだけでなくデバイス作製に必要な p 型, n 型の制御が広い範囲で可能であることなどから、Si の限界を超えるパワーデバイス用材料として期待されています。SiC には様々なポリタイプ(結晶多系)が存在し、それぞれ物性値が異なります。パワーデバイス向けには 4H-SiC が最適とされており、現在 3inch~6inch の単結晶ウエハが量産化されています。

Properties	Si	4H-SiC	GaAs	GaN
Crystal Structure	Diamond	Hexagonal	Zincblende	Hexagonal
Energy Gap : $E_G$ (eV)	1.12	3.26	1.43	3.5
Electron Mobility : $\mu_n$ ( $\text{cm}^2/\text{Vs}$ )	1400	900	8500	1250
Hole Mobility : $\mu_p$ ( $\text{cm}^2/\text{Vs}$ )	600	100	400	200
Breakdown Field : $E_B$ (V/cm) $\times 10^6$	0.3	3	0.4	3
Thermal Conductivity (W/cm $^\circ\text{C}$ )	1.5	4.9	0.5	1.3
Saturation Drift Velocity : $v_s$ (cm/s) $\times 10^7$	1	2.7	2	2.7
Relative Dielectric Constant : $\epsilon_s$	11.8	9.7	12.8	9.5
p, n Control	○	○	○	△
Thermal Oxide	○	○	×	×

## 1.2 パワーデバイスとしての特徴

SiC は絶縁破壊電界強度が Si と比べ約 10 倍高いことから、600V~数千 V の高耐圧パワーデバイスを Si デバイスと比較して高い不純物濃度かつ薄い膜厚のドリフト層で作製することができます。高耐圧パワーデバイスの抵抗成分のほとんどはこのドリフト層の抵抗であるので、SiC では単位面積当たりのオン抵抗が非常に低い高耐圧デバイスを実現できることとなります。理論上は同じ耐圧であれば Si と比較して 1/300 に面積あたりのドリフト層抵抗を低減できます。Si では高耐圧化に伴うオン抵抗の増大を改善するために IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor : 絶縁ゲートバイポーラトランジスタ) などの少数キャリアデバイス(バイポーラデバイス)が主に用いられてきましたが、スイッチング損失が大きいという問題があり、その結果発生する発熱によって高周波駆動には限界がありました。SiC では高速なデバイス構造である多数キャリアデバイス(ショットキーバリアダイオードや MOSFET)で高耐圧を実現できますので「高耐圧」、「低オン抵抗」、「高速」の 3 者を同時に実現できます。

またバンドギャップが Si の約 3 倍広いため、高温においても動作可能なパワーデバイスを実現できます(現在はパッケージの耐熱信頼性の制約から 150 $^\circ\text{C}$ ~175 $^\circ\text{C}$ 保証としていますが、パッケージ技術が進展すれば 200 $^\circ\text{C}$ 以上の保証温度も将来可能となります)。

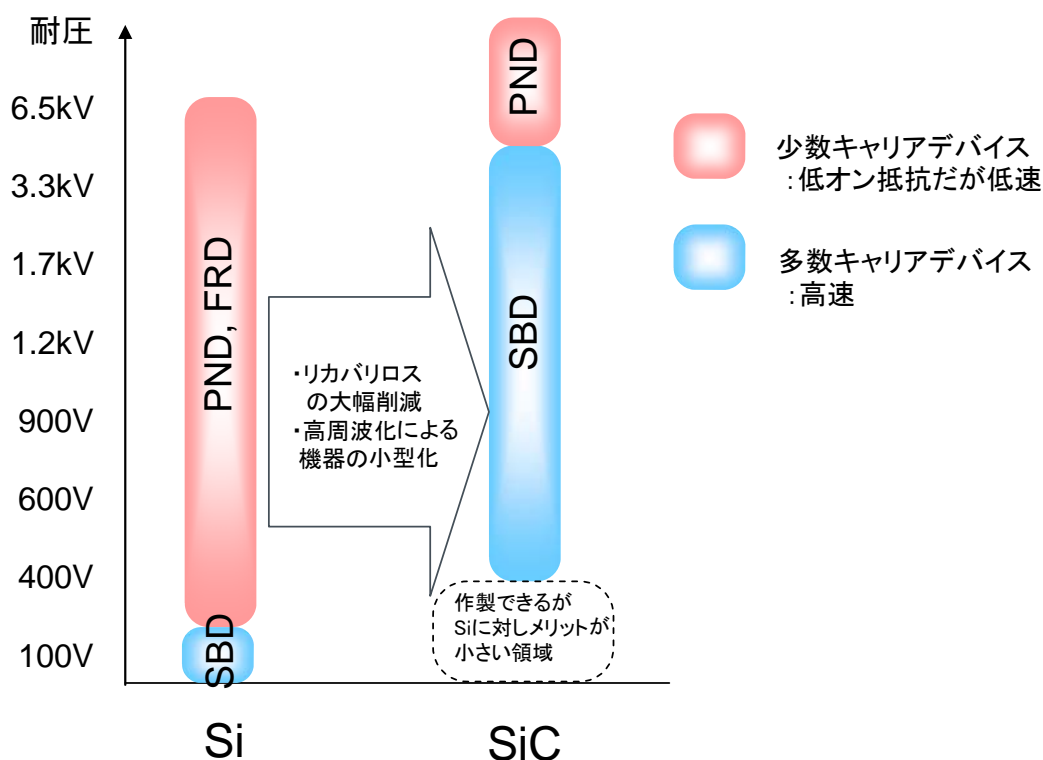
## 2. SiC SBD の特徴

### 2.1 デバイス構造と特徴

SiC では高速なデバイス構造である SBD(ショットキーバリアダイオード)構造で 1200V 以上の高耐圧ダイオードを実現可能です (Si では SBD は最高で 150V 程度まで)。

このため現在主流の高速 PN 接合ダイオード(FRD:ファーストリカバリーダイオード)から置き換えることによりリカバリ損失を大幅に削減できます。電源の高効率化や高周波駆動によるコイル等の受動部品の小型化、ノイズ低減に貢献します。力率改善回路(PFC 回路) や整流ブリッジを中心に、エアコン、電源、太陽光発電パワーコンディショナー、EV 急速充電器などに応用が広がっています。

現在ロームでは 600V, 1200V の SBD をラインナップ中で、1700V 品も開発中です。

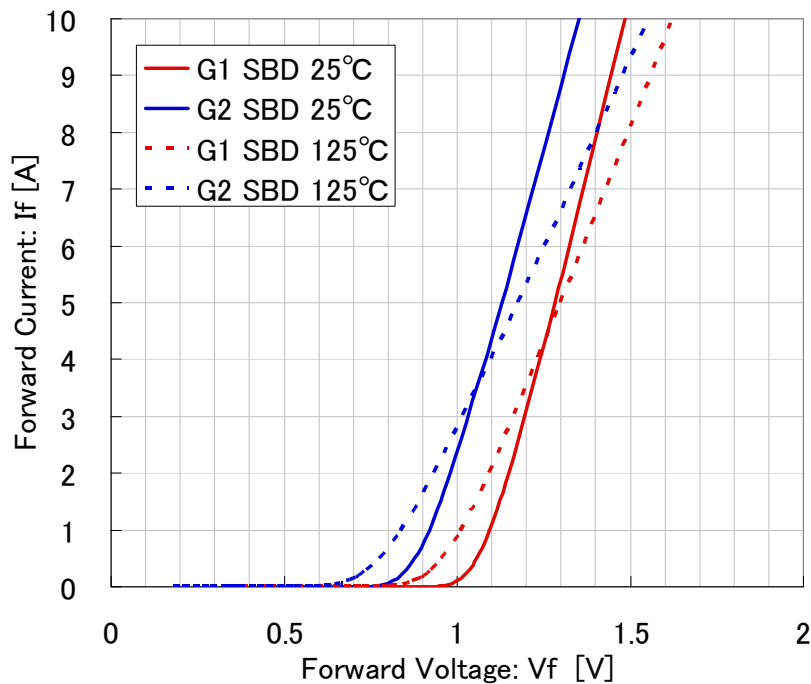


### 2.2 SiC-SBD の順方向特性

SiC-SBD の立ち上がり電圧は Si-FRD と同等で 1V 弱です。立ち上がり電圧はショットキー障壁のバリア高さにより決まり、通常バリア高さを低く設計すると立ち上がり電圧は低く出来ますが一方で逆バイアス時のリーク電流が増加してしまうというトレード・オフの関係にあります。ロームの第二世代 SBD ではプロセスを工夫することにより、リーク電流やリカバリ性能を従来品と同等に保ちながら立ち上がり電圧を約 0.15V 低減することに成功しています。

温度依存性は Si-FRD と異なり、高温ほど動作抵抗の増加によって Vf が増加します。熱暴走しにくい傾向ですので、安心して並列接続でお使いいただけます。

Forward Characteristics of 600V 10A SiC-SBD



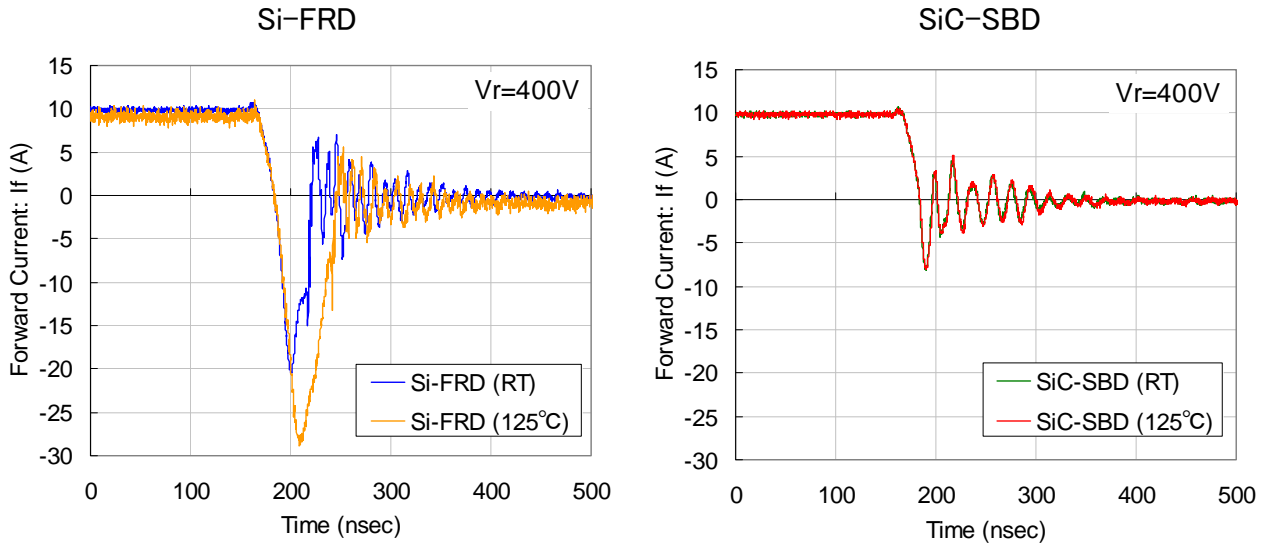
### 2.3 SiC-SBD のリカバリ特性

Si の高速 PN ダイオード (FRD: ファーストリカバリダイオード) では順方向から逆方向に切り替わる瞬間に大きな過渡電流が流れてしまい、この期間に逆バイアス状態に移行することで大きな損失を発生していました。これは順方向通電時にドリフト層内に蓄積した少数キャリアが、消滅するまでの期間 (蓄積時間) 電気伝導に寄与してしまうために起こります。順方向電流が大きいほど、また温度が高いほどリカバリ時間やリカバリ電流は大きくなり、多大な損失となります。

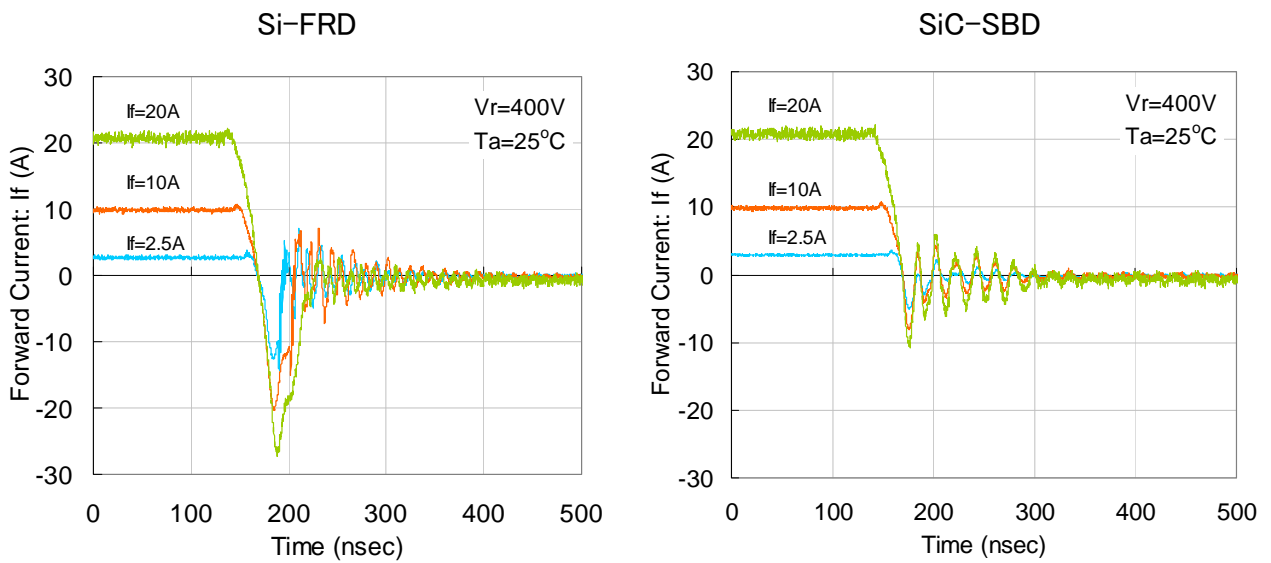
一方、SiC-SBD は少数キャリアを電気伝導に使用しない多数キャリアデバイス (ユニポーラデバイス) であるため、原理的に少数キャリアの蓄積が発生しません。接合容量を放電する程度の小さな電流が流れるのみで、Si-FRD と比較して損失を大幅に削減できます。この過渡電流は、温度や順方向電流にほとんど依存しないため、どんな環境でも安定した高速リカバリを実現できます。また、リカバリ電流に起因して発生していたノイズ削減も期待できます。

## Reverse Recovery Waveform (600V 10A)

### Temperature Dependency



### Forward Current Dependency



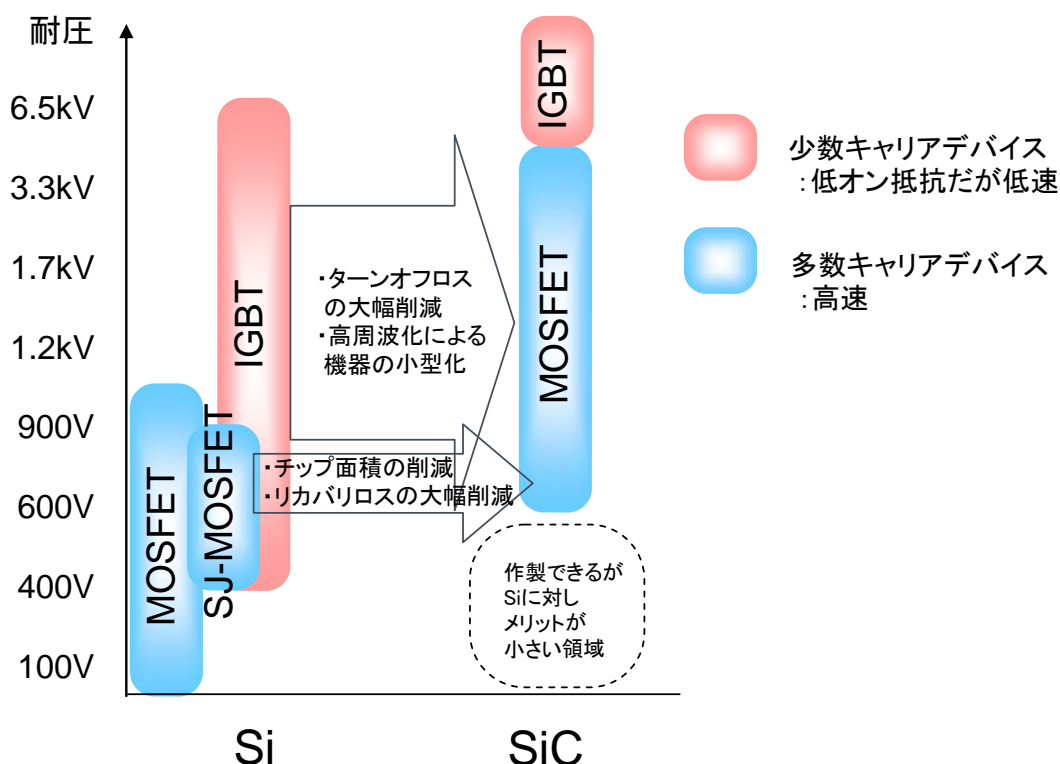
### 3. SiC-MOSFET の特徴

#### 3.1 デバイス構造と特徴

Si では高耐圧のデバイスほど単位面積当たりのオン抵抗が高くなってしま(耐圧の約 2~2.5 乗で増加)ため、600V 以上の電圧では主に IGBT(絶縁ゲートバイポーラトランジスタ)が使用されてきました。IGBT は伝導度変調といって少数キャリアである正孔をドリフト層内に注入することによって MOSFET よりもオン抵抗を小さくしていますが、一方で少数キャリアの蓄積によってターン・オフ時にテイル電流が発生し大きなスイッチング損失の原因となっていました。

SiC ではドリフト層の抵抗が Si デバイスよりも低いため、伝導度変調を使用する必要がなく、高速なデバイス構造である MOSFET で高耐圧と低抵抗を両立できます。MOSFET では原理的にテイル電流が発生しないため、IGBT からの置き換えの場合、スイッチング損失の大幅削減と冷却器の小型化を実現できます。また、IGBT では不可能であった高周波駆動によって受動部品の小型化にも貢献します。600V~900V の Si-MOSFET に対してもチップ面積が小さいこと(小型パッケージに実装可能)やボディダイオードのリカバリ損失が非常に小さいなどの利点があります。

現在ロームでは1200Vのプレーナ型MOSFETをラインナップ中で、650V品、1700V品も開発中です。産業機器の電源や、高効率パワーコンディショナーのインバータ・コンバータ部などに向けて応用が広がっています。

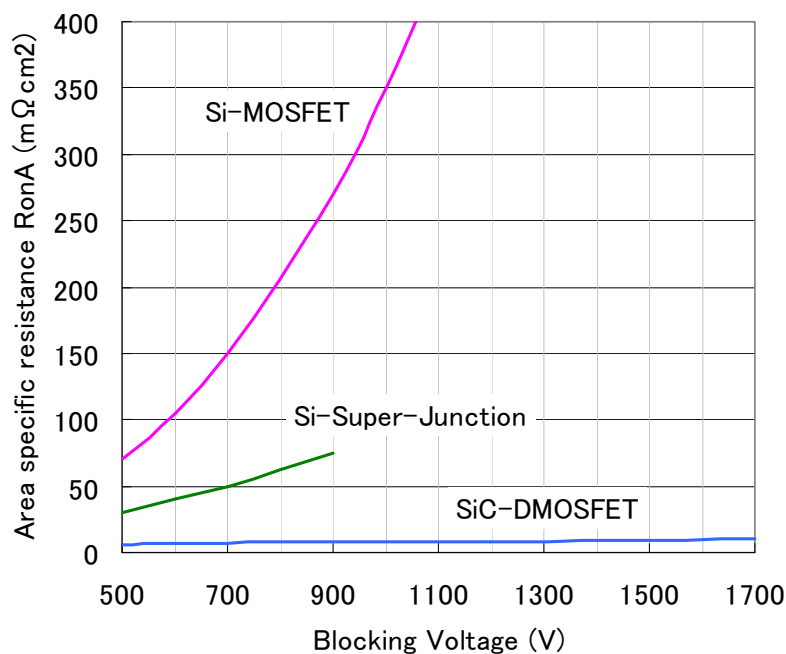




### 3.2 規格化オン抵抗

SiCは絶縁破壊電界強度がSiの10倍であることから低い比抵抗、薄い膜厚のドリフト層で高い耐圧を実現できます。このため同じ耐圧同士で比較すると規格化オン抵抗(単位面積当たりオン抵抗)の小さなデバイスが可能です。例えば900VではSi-MOSFETの35分の1、SJ-MOSFETの10分の1のチップサイズで同じオン抵抗を実現できます。小さなパッケージで低オン抵抗を実現できるほか、ゲート電荷量 $Q_g$ 、容量なども小さくなります。

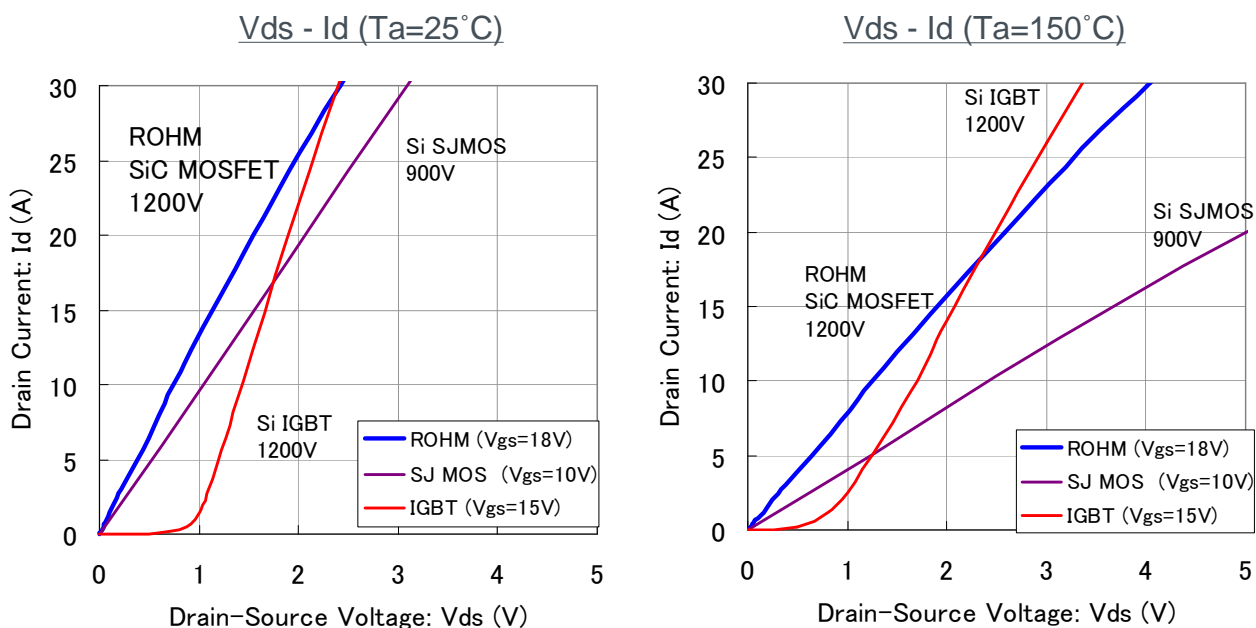
現在、Super Junction MOSFETは900Vまでの製品しか存在していませんがSiCでは1700V以上の耐圧も低いオン抵抗で実現することができます。IGBTのようなバイポーラデバイス構造(オン抵抗は低くなる一方スイッチングが遅い)をとる必要がないため、低オン抵抗、高耐圧、高速スイッチングの全てを兼ね備えたデバイスを可能にします。



### 3.3 Vd-Id 特性

SiC-MOSFET は IGBT のような立ち上がり電圧がないため小電流から大電流まで広い電流領域で低導通損失を達成できます。

また Si-MOSFET は 150°C においてオン抵抗が室温の 2 倍以上に上昇しますが SiC-MOSFET では上昇率が比較的低いため熱設計がしやすく、高温においても低オン抵抗を実現できます。



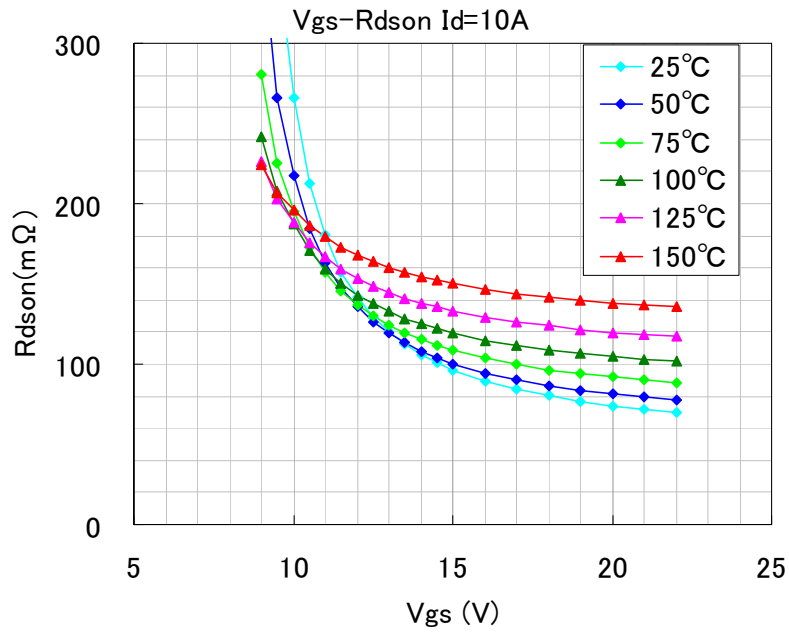
※本データは、ロームにおける同一条件下での評価結果をご参考までに示すものです。ここで示された特性を弊社が保証するものではありません。

### 3.4 駆動ゲート電圧とオン抵抗

SiC-MOSFET はドリフト層抵抗が Si-MOSFET よりも低い一方で、現在の技術レベルでは MOS チャネル部分の移動度が低いため、チャネル部の抵抗が Si デバイスと比較して高くなっています。このため、高いゲート電圧ほど低いオン抵抗を得ることができます (Vgs=20V 以上で徐々に飽和)。一般的な IGBT や Si-MOSFET で用いられる駆動電圧 Vgs=10~15V では本来の低オン抵抗の性能を発揮できませんので、十分な低オン抵抗を得るために、Vgs=18V 前後での駆動を推奨します。

Vgs=13V 以下では熱暴走の可能性がありますので ご使用にならないようご注意ください。

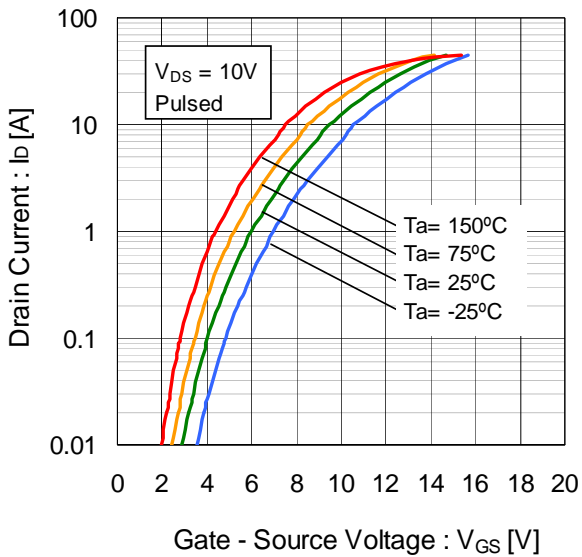
### On-resistance vs Vgs



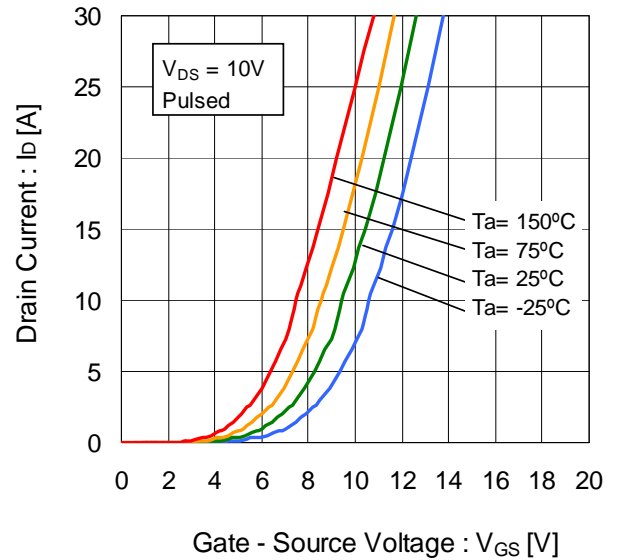
### 3.5 Vg-Id 特性

SiC-MOSFET の閾値電圧は数 mA で定義した場合 Si-MOSFET と同等で、室温で約 3V です(ノーマリ・オフ)。しかしながら、数 A 流すために要するゲート電圧は室温で約 8V 以上ですので、誤点弧に対する耐性は IGBT と同等といえます。閾値電圧は高温ほど低下する傾向です。

Vg- Id Characteristics (log scale)

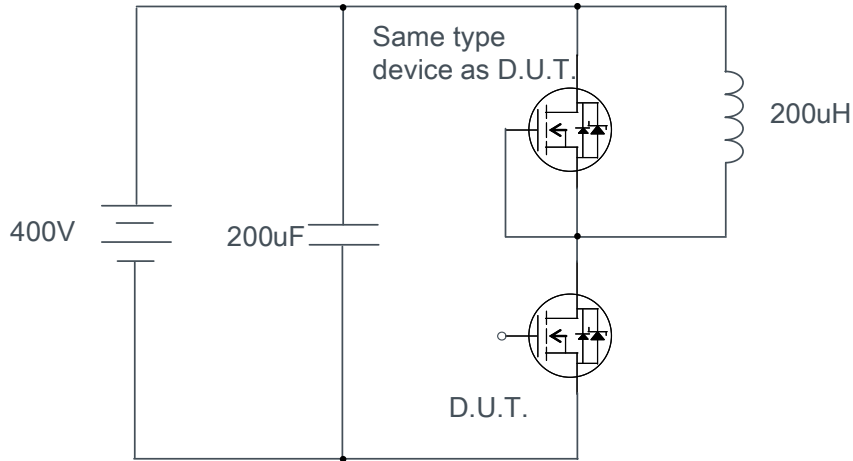


Vg- Id Characteristics (linear scale)



### 3.6 ターン・オン特性

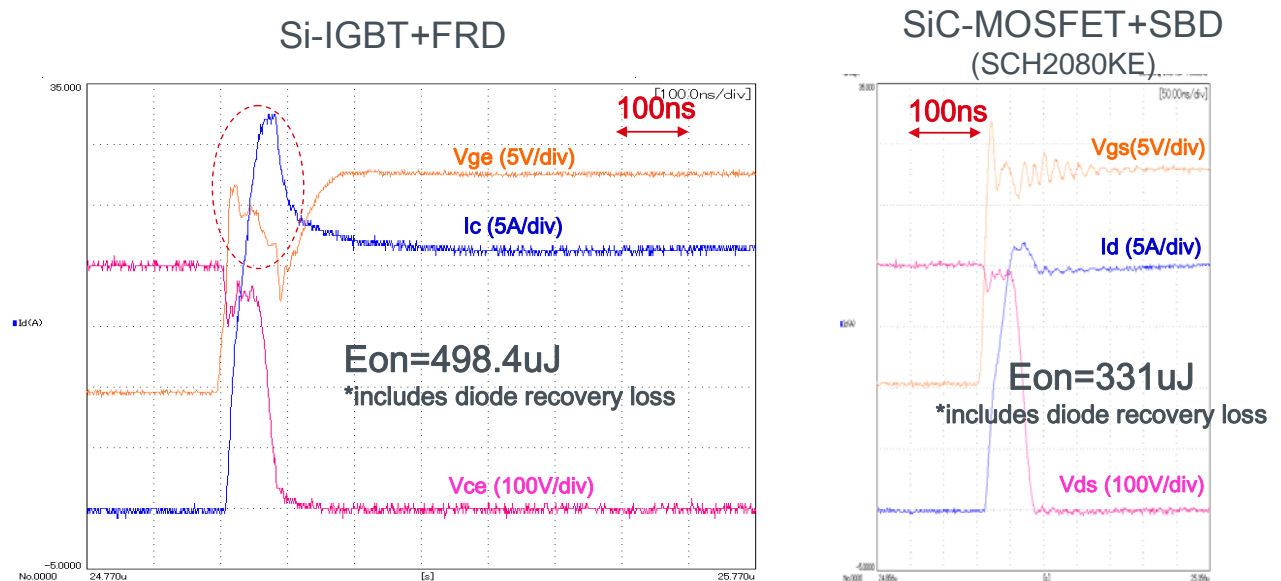
SiC-MOSFET/SiC-SBD 同梱品である SCH2080KE と、同クラスの Si-IGBT/Si-FRD 同梱品でそれぞれハーフブリッジ回路を構成し、誘導負荷ダブルパルス試験により、スイッチング波形を比較しました。



SiC-MOSFET のターン・オン速度は Si-IGBT や Si-MOSFET と同等で数十 ns です。しかし誘導負荷スイッチングの場合、上アームのダイオードへの転流によって生じるリカバリ電流が下アームにも貫通して流れるため、ダイオードの性能によっては大きな損失が上乘せされます。

Si-FRD や、Si-MOSFET のボディダイオードは通常リカバリ電流が非常に大きく 多大な損失を発生します。また高温ではさらにこの損失は大きくなる傾向です。一方、SiC-SBD は温度によらず高速リカバリが可能で、SiC-MOSFET のボディダイオードも Vf は高いものの SBD と同等の高速性能を示します。これら高速リカバリ性能によってターン・オン損失(Eon)を数割削減することが可能です。

スイッチングスピードは外付けゲート抵抗 Rg に大きく依存します。高速動作を実現するためには数 Ω 程度の低いゲート抵抗を推奨します。サージ電圧を考慮したうえで適切なゲート抵抗をご選定下さい。



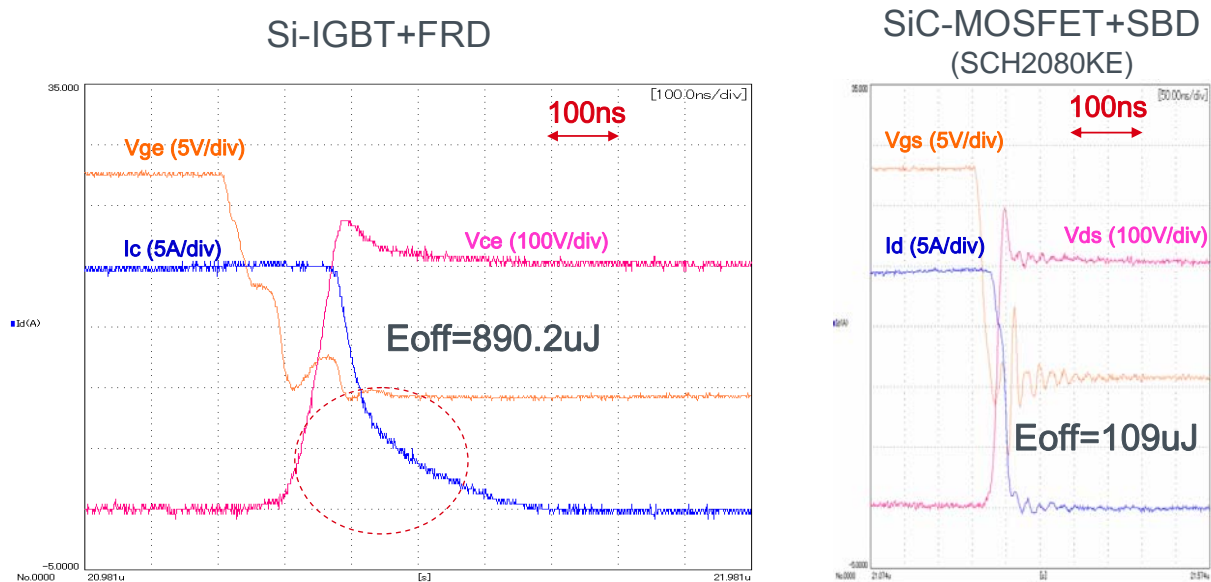
※本データは、ロームにおける同一条件下での評価結果をご参考までに示すものです。ここで示された特性を弊社が保証するものではありません。

### 3.7 ターン・オフ特性

SiC-MOSFET の最大の特長は IGBT に見られるテイル電流が原理的に発生しないことです。SiC では 1200V 以上の耐圧においても高速な MOSFET の構造をとれるため IGBT に比べターン・オフ損失 ( $E_{off}$ ) を約 90%削減でき、回路の省エネや冷却機構の簡素化・小型化に貢献します。IGBT のテイル電流は高温ほど大きくなるのに対し、MOSFET では温度依存性がほとんどありません。

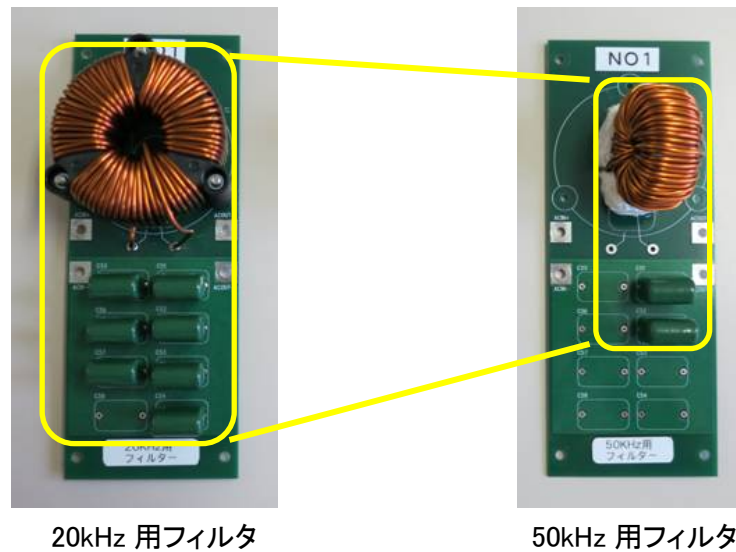
また IGBT では大きなスイッチング損失による発熱でジャンクション温度( $T_j$ )が定格を越えてしまうため、通常 20kHz 以上の高い周波数領域では使用することが出来ませんでした。SiC-MOSFET は  $E_{off}$  が小さいため 50kHz 以上の高速スイッチング動作が可能です。高周波化によってフィルタなどの受動部品の小型化が可能です。

スイッチングスピードは外付けゲート抵抗  $R_g$  に大きく依存します。高速動作を実現するためには数  $\Omega$  程度の低いゲート抵抗を推奨します。サージ電圧を考慮したうえで適切なゲート抵抗をご選定下さい。



※本データは、ロームにおける同一条件下での評価結果をご参考までに示すものです。ここで示された特性を弊社が保証するものではありません。

### 高周波化によるフィルタの小型・軽量化



### 3.8 内部ゲート抵抗

チップ内部ゲート抵抗はゲート電極材料のシート抵抗とチップサイズに依存します。同じ設計であればチップサイズに反比例し、小さいチップほど高いゲート抵抗となります。SiC-MOSFET のチップサイズは Si デバイスと比べ小さいため、容量は小さい一方でゲート抵抗は大きくなっています。1200V 80m $\Omega$  品では内部ゲート抵抗は約 6.3 $\Omega$  です。

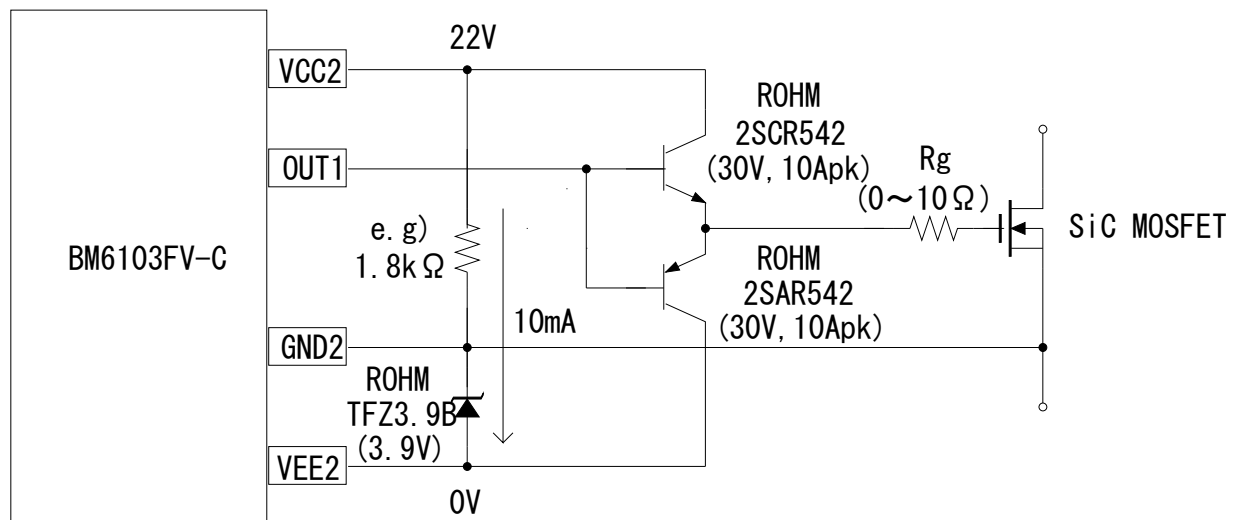
スイッチング時間は外付けゲート抵抗に大きく依存します。高速スイッチングを実現するにはサージの状態を確認しながら数 $\Omega$ 程度のなるべく小さい外付けゲート抵抗をお使いください。

### 3.9 ゲートドライブ回路

SiC-MOSFET は駆動が容易で、ドライブ電力が少ないノーマリオフタイプ・電圧駆動型のスイッチング素子です。基本的な駆動方法は IGBT や Si-MOSFET と同様です。推奨駆動ゲート電圧はオン側が +18V 前後、オフ側は 0V です。高いノイズ耐性や高速なスイッチングが要求される場合には -3~-5V 程度の負電圧も印加可能です。

下記はローム製ゲートドライブ IC (BM6103FV-C) を使用し +18V/-4V を供給する場合の回路例です。大電流素子やパワーモジュールを駆動する場合にはバッファ回路の利用を推奨いたします。

高速なスイッチングを実現するために、外付けゲート抵抗は数  $\Omega$  程度の低い値をご選定下さい。

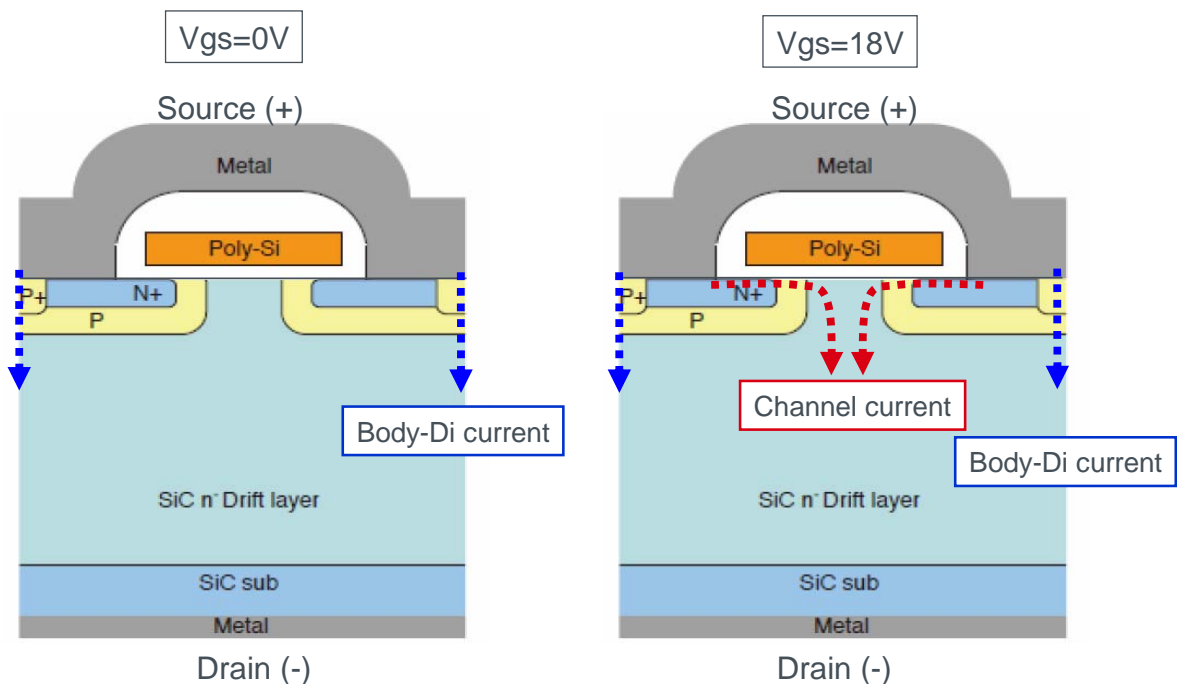


### 3.10 ボディダイオードの Vf と逆導通

SiC-MOSFET には Si-MOSFET と同様に pn 接合で形成されたボディダイオード(寄生ダイオード)が存在します。ただし SiC のバンドギャップが Si の 3 倍であるという理由から、pn ダイオードの立ち上がり電圧は 3V 前後と大きく、順方向電圧降下(Vf)が比較的高いという特徴があります。従来、Si-MOSFET に転流用の外付け高速ダイオードを取り付ける場合、ボディダイオードと外付けダイオードの Vf が等しいために、リカバリの遅いボディダイオード側への転流を抑止する目的で低耐圧ブロッキングダイオードを MOSFET に直列に付加する必要があり、部品点数の増加や導通損失悪化の問題がありました。一方で SiC-MOSFET のボディダイオードの Vf は転流用の高速ダイオードの Vf よりも十分高いため、外付けダイオードを逆並列接続する際には低耐圧ブロッキングダイオードは必要ありません。

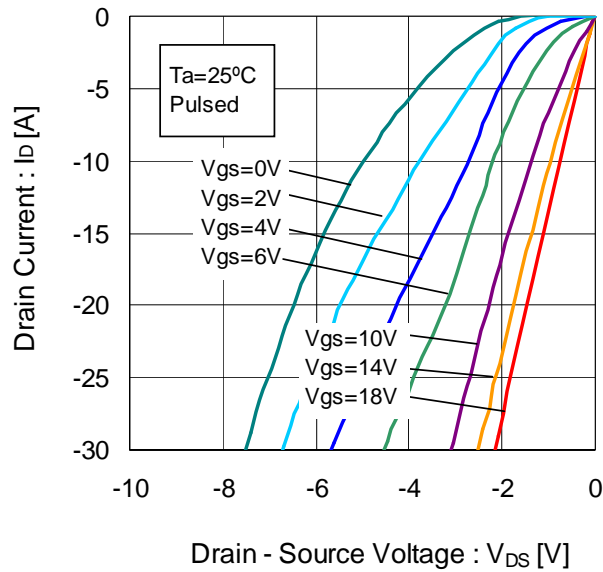
ボディダイオードの高い Vf は、同期整流のようにゲートにオン信号を入力し逆導通させることで低減が可能です。インバータ駆動では転流側のアームにデッドタイム完了後にゲートオン信号が入る場合が多いため(ご使用の CPU の動作をご確認下さい)、ボディダイオードへの通電はデッドタイム中のみとなり、その後ほとんどの期間はチャネル側に逆導通されます。これによって MOSFET のみ(逆並列 SBD なし)でブリッジ回路を構成した場合でもボディダイオードの Vf の高さは問題になりません。また、リカバリ特性は 3.11 節のとおり非常に高速です。

ソースからドレインへの電流経路





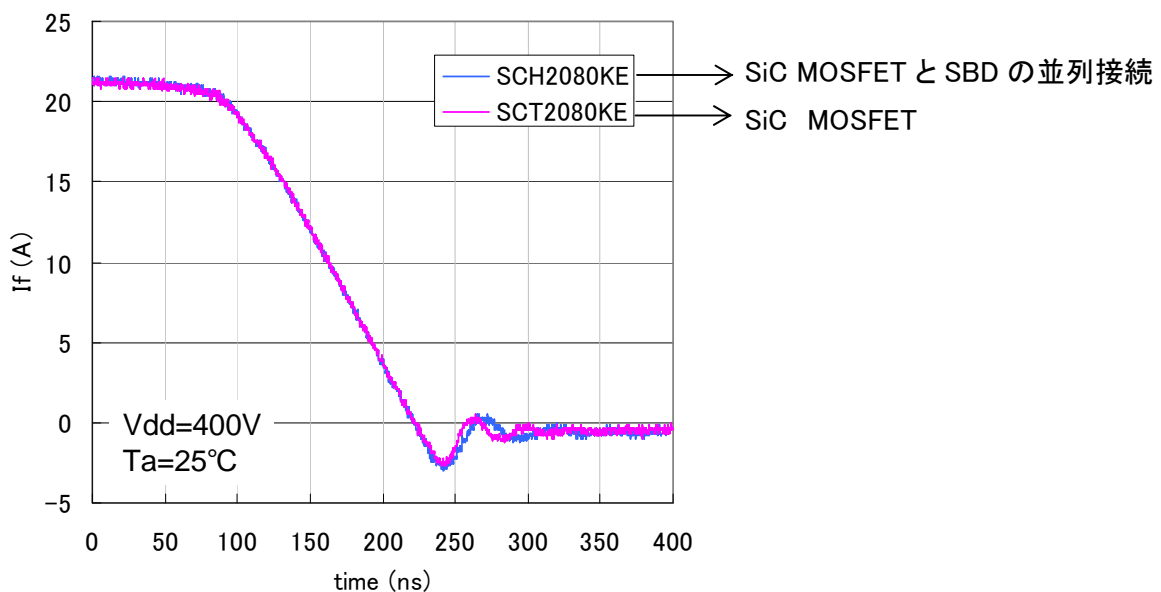
Vd- Id Characteristics (reverse direction)



### 3.11 ボディダイオードのリカバリ特性

SiC-MOSFET のボディダイオードは pn ダイオードでありながら少数キャリア寿命が短いため少数キャリアの蓄積効果がほとんど見られず、SBD と同等の超高速リカバリ性能 (数十 ns)を示します。これにより Si-MOSFET のボディダイオードや IGBT 外付けの FRD と比較してリカバリ損失を数分の 1 から数十分の 1 に削減できます。

ボディダイオードのリカバリ時間は SBD と同じく順方向注入電流  $I_f$  に依存せず一定です ( $di/dt$  が一定の場合)。インバータ応用においては MOSFET のみでブリッジ回路を構成しても非常に小さなリカバリ損失を達成できるとともに、リカバリ電流に起因して発生していたノイズの低減も期待できます。



## 4. SiC パワーモジュールの特徴

### 4.1 SiC モジュールの特徴

現在、大電流を扱うパワーモジュールには Si の IGBT と FRD を組み合わせた IGBT モジュールが広く用いられています。ロームでは世界に先駆けて、SiC-MOSFET と SiC-SBD を搭載したパワーモジュールの販売を開始しています。IGBT のテイル電流と FRD のリカバリ電流に起因して生じていた大きなスイッチング損失は、SiC モジュールによって大幅に削減可能なため、

1. スwitching 損失の低減による電源効率改善ならびに冷却器の簡素化

(例: ヒートシンクの小型化、水冷/強制空冷の自然空冷化)

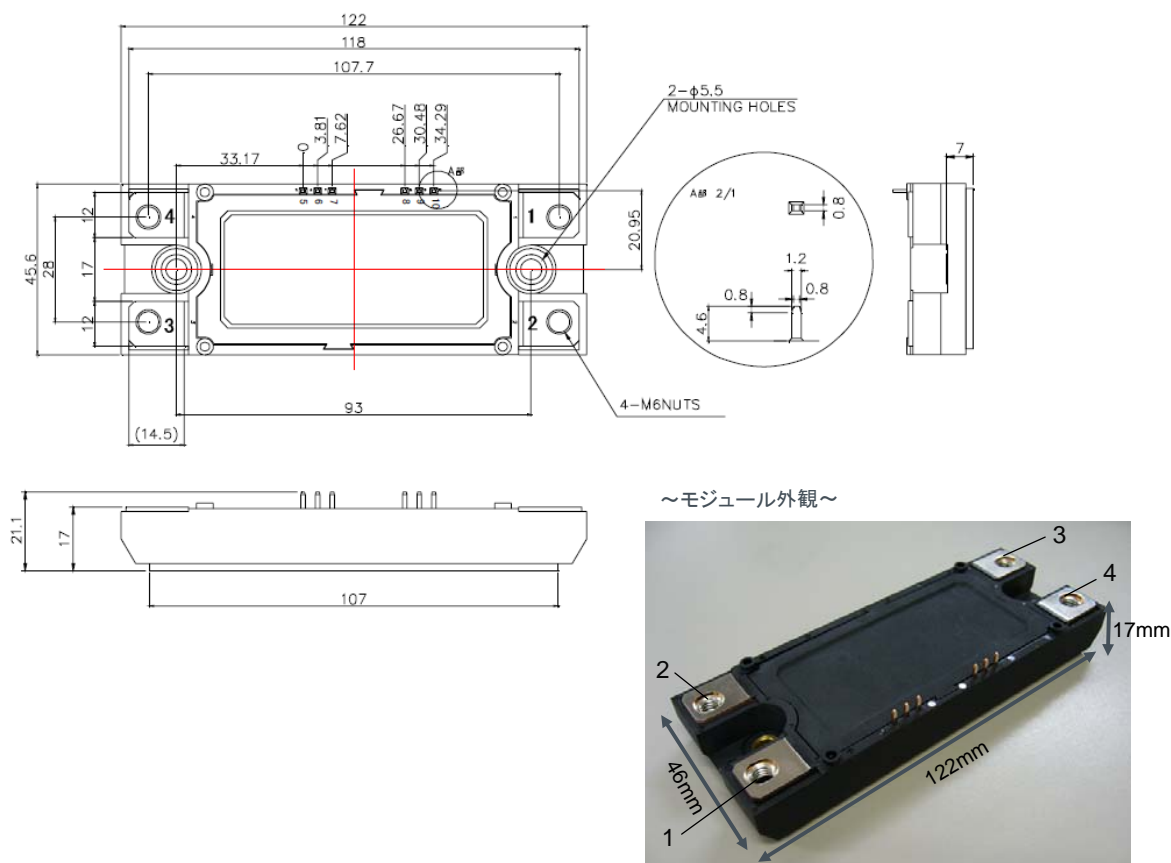
2. 動作周波数の高周波化による周辺部品の小型化

(例:リアクトルやコンデンサ等の小型化)

などの効果が得られます。産業機器の電源や、太陽光発電のパワーコンディショナーなどに応用が広がっています。

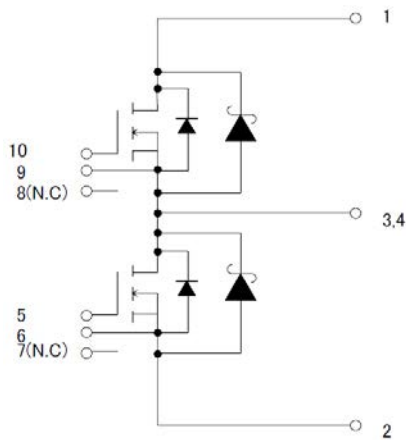
### 4.2 回路構成

現在製品化している SiC パワーモジュールは、1 モジュールでハーフブリッジ回路を構成できる 2in1 タイプです。SiC MOSFET+ SiC SBD タイプと、SiC MOSFET のみで構成されたタイプがあり、用途に応じてお選びいただけます。

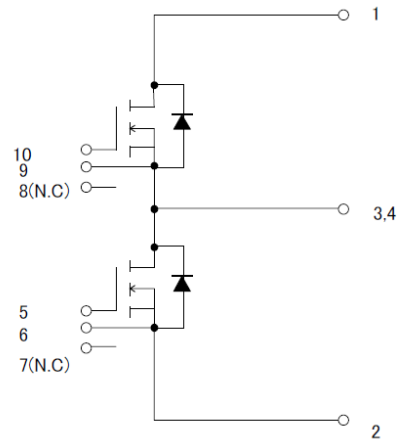


## SiC パワーモジュール回路図(ハーフブリッジ回路)

■ SiC-MOSFET + SiC-SBD 構成

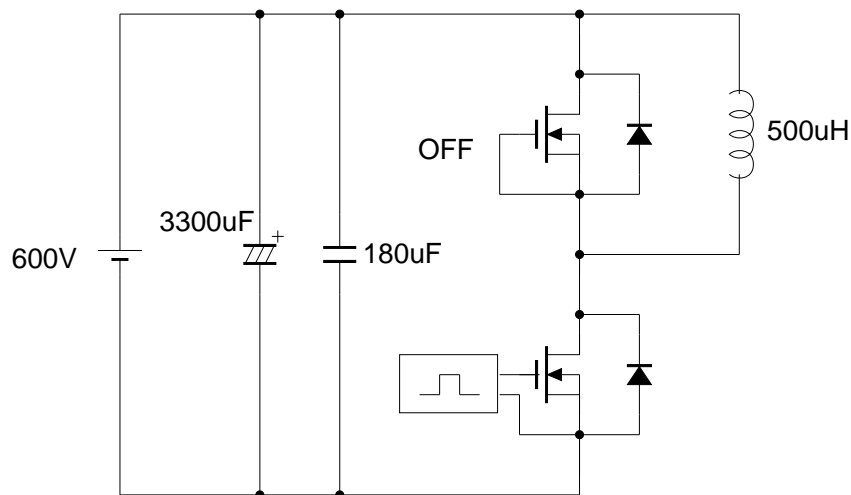


■ SiC-MOSFET 構成



### 4.3 スイッチング特性

SiC パワーモジュールのスイッチング特性を下記インダクタンス負荷 ダブルパルス試験により評価しました。モジュール内部の寄生インダクタンスは約 25nH, 回路の寄生インダクタンスは約 15nH です。

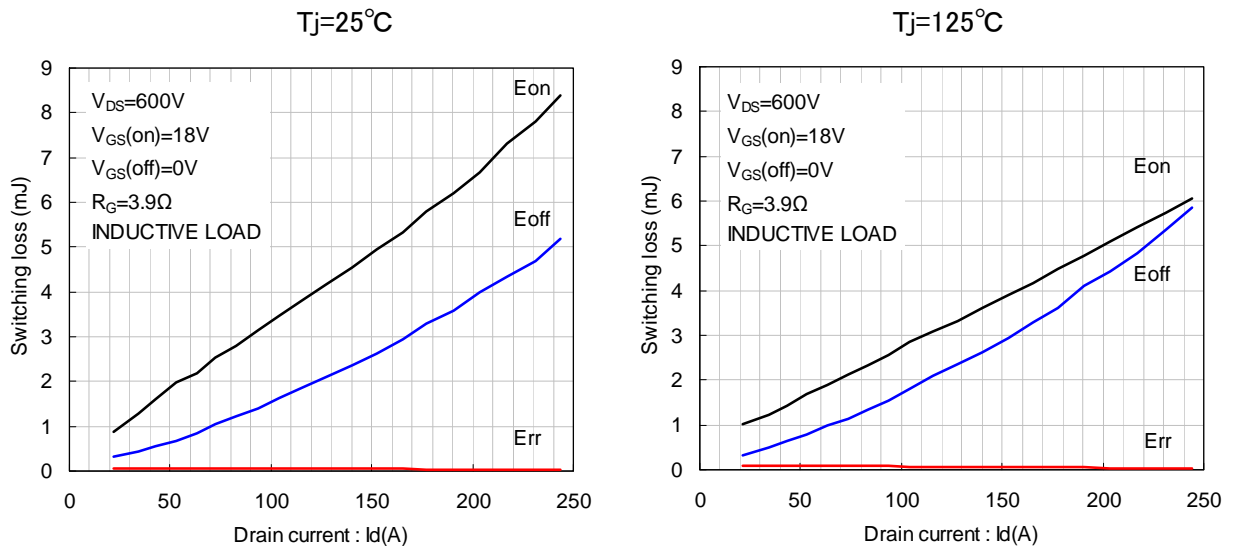


#### 4.3.1 ドレイン電流依存性ならびに温度依存性

SiC パワーモジュールでは SBD (または MOSFET のボディダイオード)の高速リカバリ性能のおかげでリカバリ損失  $E_{rr}$  はほぼゼロです。また MOSFET にテイル電流がないことから  $E_{off}$  も IGBT と比較して非常に小さい特長があります。 $E_{on}$  と  $E_{off}$  は電流にほぼ比例して増加する傾向です(外付け  $R_g$  により上昇の傾向は異なります)。Si-FRD のリカバリ電流や IGBT のテイル電流が高温において大きくなる

のに対して、多数キャリアデバイスで構成された SiC モジュールでは温度に対するロスの変化は非常に小さいです。高温で閾値が低下するため、Eon は小さくなり、Eoff はわずかに大きくなる傾向にあります。

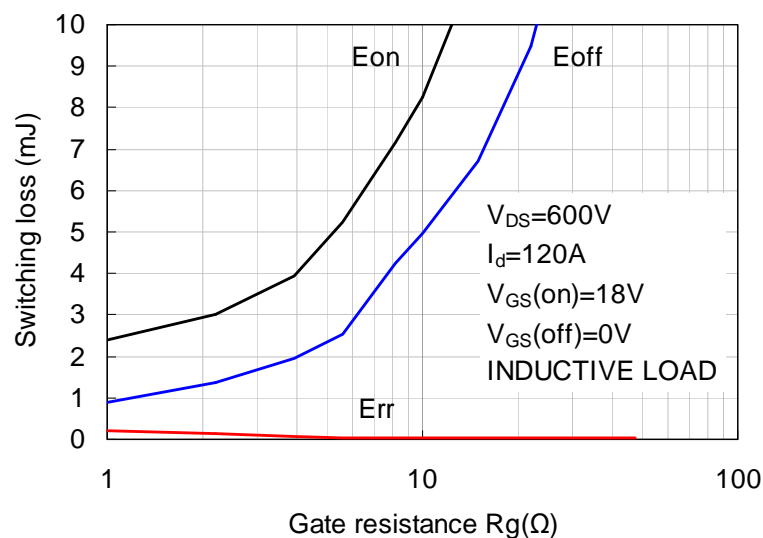
Switching Loss vs Drain Current



#### 4.3.2 ゲート抵抗依存性

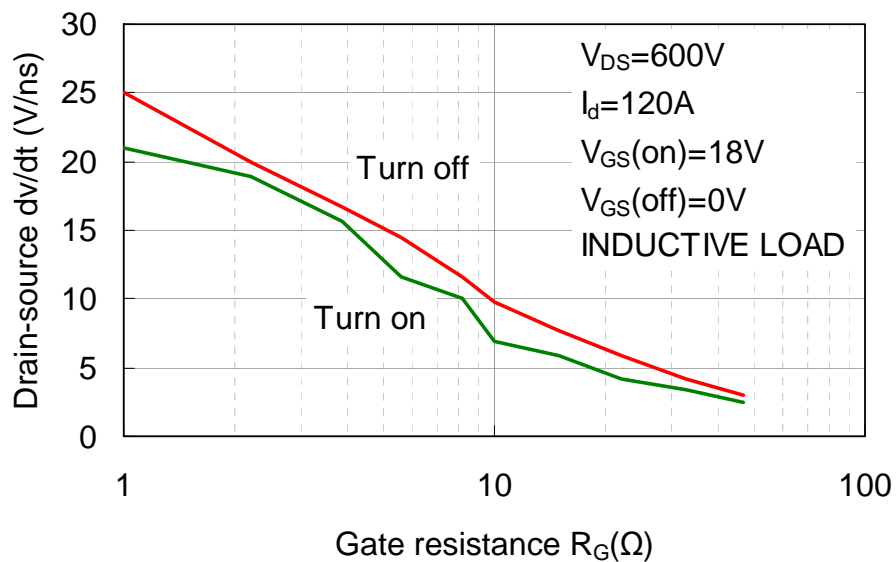
外付けゲート抵抗が大きい場合、ゲートへの充放電電流値が小さくなり、スイッチングスピードは遅くなります。これに伴い  $E_{on}$ 、 $E_{off}$  が高くなり、本来の性能が発揮できない場合がありますのでなるべく小さなゲート抵抗をご選定下さい。

Switching Loss vs Gate Resistance ( $T_j = 25^\circ\text{C}$ )

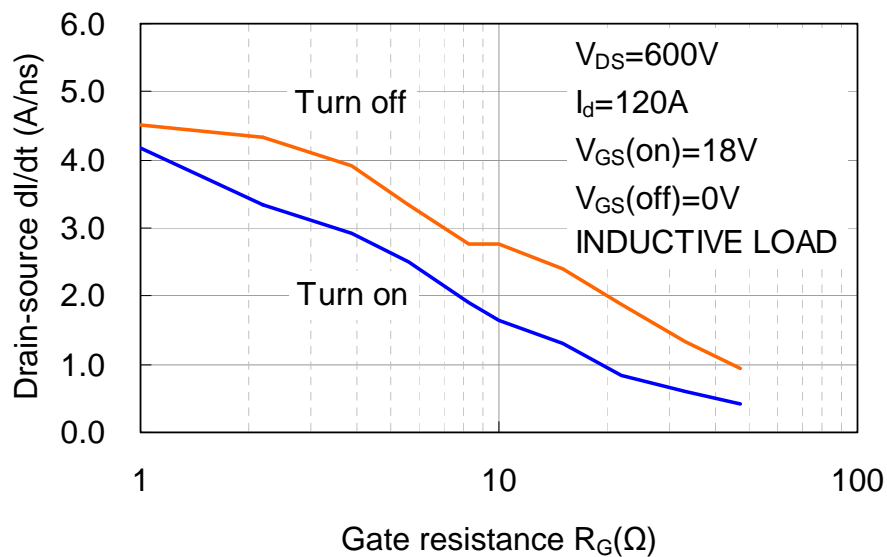


外付けゲート抵抗に対する  $dV/dt$ 、 $dI/dt$  の依存性は下記のとおりです。外付けゲート抵抗を小さくすることで  $dV/dt$ 、 $dI/dt$  ともに大きな値となります。ロームの SiC パワーモジュールでは様々な条件下で実験しておりますが、現在までの調査で  $dV/dt$  破壊、 $dI/dt$  破壊のモードは確認されておられません。

$dV/dt$  vs Gate Resistance ( $T_j=25^\circ\text{C}$ )



$dI/dt$  vs Gate Resistance ( $T_j=25^\circ\text{C}$ )



### 4.3.3 ゲートバイアス依存性

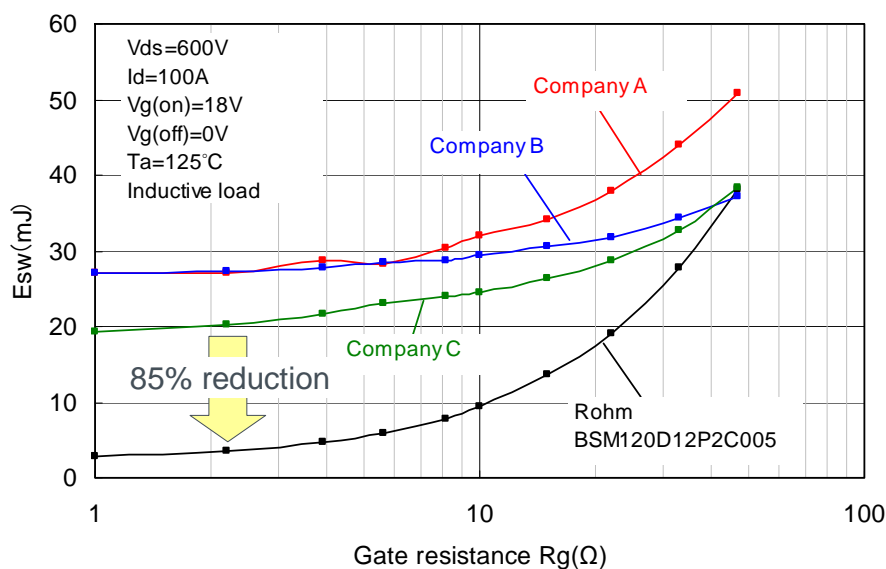
SiC-MOSFET の  $V_{gs}$  定格は  $-6 \sim +22V$  の範囲です。推奨駆動条件は  $V_{gs(on)}=18V$ 、 $V_{gs(off)}=0V$  または負バイアス使用の場合  $-3V \sim -5V$  です。  $V_{gs(on)}$ 、 $V_{gs(off)}$  は大きいほどゲートの充放電が高速となり  $E_{on}$ 、 $E_{off}$  は小さくなる傾向にあります。ただし定格の範囲内でお使い下さい。

## 4.4 IGBT モジュールとのスイッチング損失比較

異なる3社から製品化されている最新の(2012年時点)1200V 100A クラス 2in1 構成 IGBT モジュールと、SiC パワーモジュールの比較をした結果を示します。

### 4.4.1 トータルスイッチング損失の比較

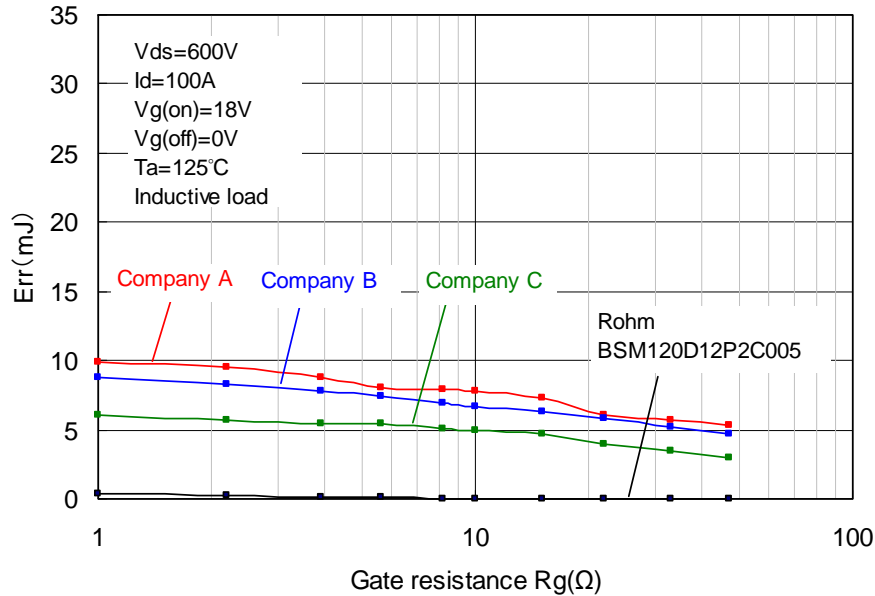
適切なゲート抵抗を選択した場合、SiC パワーモジュールは最も損失の小さい IGBT モジュールと比較してトータルスイッチング損失( $E_{on} + E_{off} + E_{err}$ )を 85%削減可能です。これにより従来 IGBT モジュールでは実現できなかった 50kHz 以上での駆動が可能となり、リアクトルなど受動部品を小型化することができます。また、通常 IGBT モジュールではスイッチング損失による発熱の課題があり、定格電流の半分程度の電流でしか使用できませんでしたが、スイッチング損失の小さい SiC モジュールでは高周波駆動時においても大幅な電流ディレーティングをせずにお使いいただけます。つまり、より大きな定格電流の IGBT モジュールを置き換えることが可能です。



※本データは、ロームにおける同一条件下での評価結果をご参考までに示すものです。ここで示された特性を弊社が保証するものではありません。

#### 4.4.2 リカバリ損失(Err)の比較

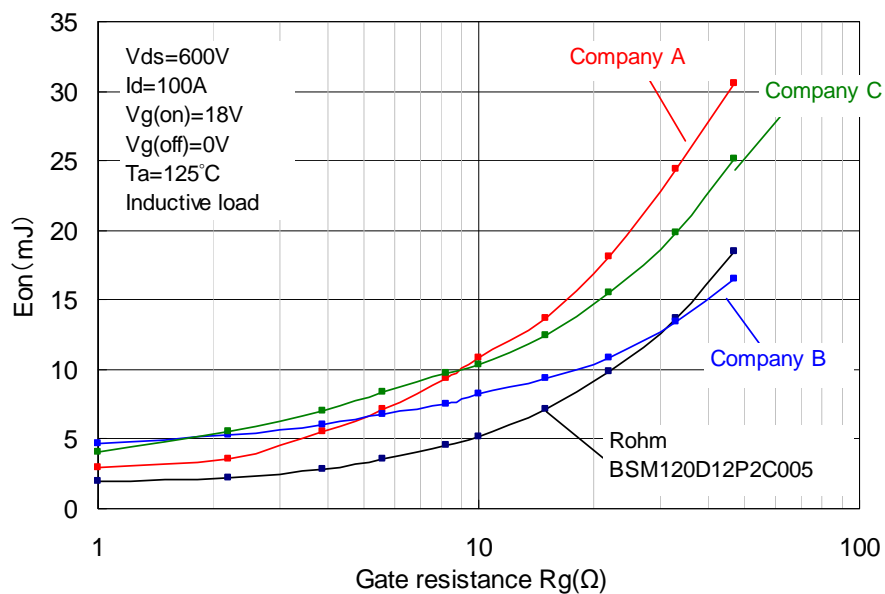
IGBT モジュールでは FRD の逆回復ピーク電流  $I_{rr}$ 、逆回復時間  $t_{rr}$  が大きいいため、大きな損失を発生していましたが、SiC-SBD の  $I_{rr}$ 、 $t_{rr}$  は非常に小さく損失は無視できるほど小さい値です。



※本データは、ロームにおける同一条件下での評価結果をご参考までに示すものです。ここで示された特性を弊社が保証するものではありません。

#### 4.4.3 ターン・オン損失( $E_{on}$ )の比較

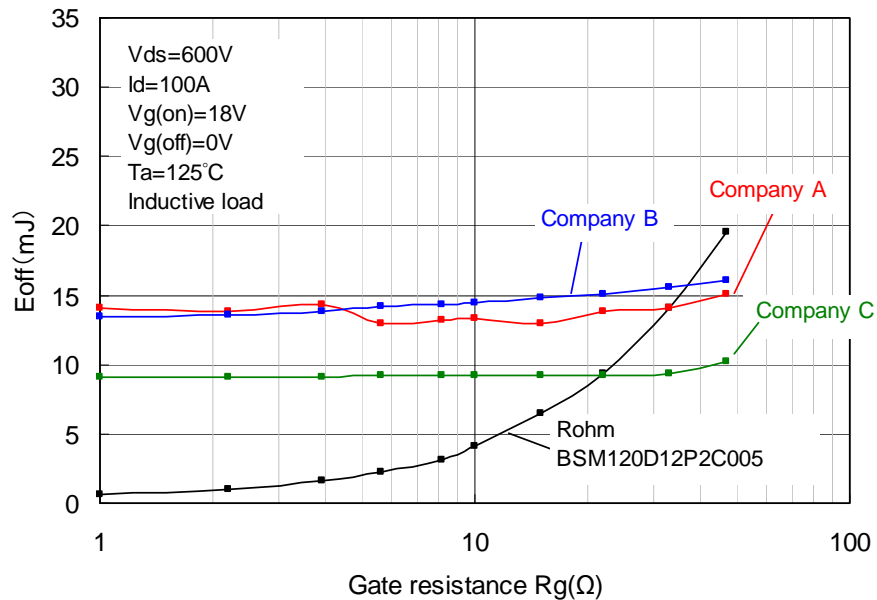
転流アームで発生したリカバリ電流は対抗アーム側に貫通するためスイッチングデバイスのターン・オン損失を増大させます。ダイオードのリカバリが高速な SiC パワーモジュールではリカバリ損失と同様、ターン・オン損失も小さくなります。外付けゲート抵抗が小さいほど低損失になります。



※本データは、ロームにおける同一条件下での評価結果をご参考までに示すものです。ここで示された特性を弊社が保証するものではありません。

#### 4.4.4 ターン・オフ損失( $E_{off}$ )の比較

IGBT のターン・オフ損失はテイル電流に起因するため、ゲート抵抗依存性が顕著には見られず、常に大きな値となっています。これに対し、SiC-MOSFET ではテイル電流が原理的に存在しないため非常に高速で、低損失スイッチングが可能です。外付けゲート抵抗が小さいほど低損失になります。



※本データは、ロームにおける同一条件下での評価結果をご参考までに示すものです。ここで示された特性を弊社が保証するものではありません。



## 5. SiC-SBD の信頼性

### 5.1 dV/dt 破壊、dI/dt 破壊

大きな dV/dt が印加された場合に SiC-SBD の外周構造が破壊されるモードが他社従来製品において確認されていましたが、ロームの SBD では、現在までの調査では 50kV/us 程度の動作においてもこの破壊モードは確認されていません。

また Si-FRD では di/dt が大きい場合にリカバリ電流  $I_{rr}$  が大きくなり、電流集中によって破壊するモードがありますが SiC-SBD ではリカバリ電流が非常に小さくこのモードは起こりにくいと考えられます。

### 5.2 SiC-SBD 信頼性試験結果

寿命試験 (Life Test)				
試験項目 Test Item	試験方法/準拠規格 Test Method/Standard	試験時間 Test Condition	サンプル数 n(pcs)	不良数 pn
高温逆バイアス試験 High Temperature reverse bias	Ta=Tjmax, VR=Vrmax X 0.8 EIAJ ED-4701/100-101	1000h	22	0
高温高湿バイアス Temperature humidity bias	Ta=85°C, Rh=85%, VR=100V EIAJ ED-4701/100-102	1000h	22	0
温度サイクル Temperature cycle	Ta= -55°C (30min) ~ Ta=150°C (30min) EIAJ ED-4701/100-105	100cycle	22	0
蒸気加圧 Pressure cooker	Ta=121°C, 2atm, Rh=100% JESD22-A102C	48h	22	0
高温保存 High Temperature storage	Ta= 175°C EIAJ ED-4701/100-201	1000h	22	0
低温保存 Low Temperature storage	Ta= -55°C EIAJ ED-4701/100-202	1000h	22	0

強度試験 (Stress Test)				
試験項目 Test Item	試験方法/準拠規格 Test Method/Standard	試験時間 Test Condition	サンプル数 n(pcs)	不良数 pn
はんだ耐熱性1 Resistance to solder heat1	260±5°Cのはんだ槽に端子を浸漬 Dipping leads into solder bath at 260±5°C. EIAJ ED-4701/300-302	10sec	22	0
はんだ耐熱性2 Resistance to solder heat2	350±10°Cのはんだ槽に端子を浸漬 Dipping leads into solder bath at 350±10°C. EIAJ ED-4701/300-302	3.5sec	22	0
はんだ付け性 Solderability	235±5°Cのはんだ槽に端子を浸漬 Dipping leads into solder bath at 235±5°C. EIAJ ED-4701/300-303	5sec	22	0
熱衝撃 Thermal shock	0 +5 (5min) ~ 100 +0 (5min) -0 (5min) EIAJ ED-4701/300-307	100cycle	22	0
端子強度 (引張り) Terminal strength (Pull)	引張力 ; 20N Pull force ; 20N EIAJ ED-4701/400-401	10sec	22	0
端子強度 (曲げ) Terminal strength (Bending)	曲げ荷重 ; 10N Bending load ; 10N EIAJ ED-4701/400-401	2times	22	0

※ 故障判定は仕様書に記載されている電気的特性にて行っています。

Failure criteria : According to the electrical characteristics specified by the specification.

はんだ付け性試験については濡れ面積≥95%にて判定しています。

Regarding solderability test, failure criteria is 95% or more area covered with solder.

※ サンプル基準: 信頼度水準90%,不合格信頼性水準  $\lambda = 1=10\%$ ,  $C=0$ 判定を採用し, MIL-STD-19500の指数分布型計数1回抜取表に従い, サンプルを22個としています。

Sample standard: [Reliability level:90%][Failure reliability level( $\lambda$ ):10%][C=0 decision] is adopted. And the number of samples is being made 22 in accordance with single sampling inspection plan with exponential distribution type based on MIL-STD-19500.

## 6. SiC-MOSFET の信頼性

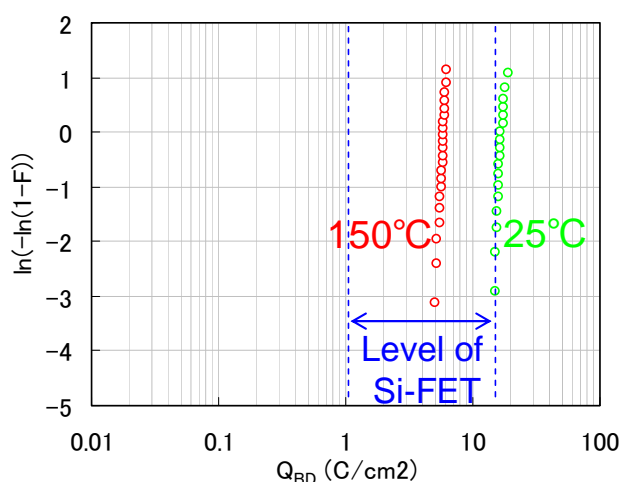
### 6.1 ゲート酸化膜

SiC 上に形成されるゲート絶縁膜は長年にわたり信頼性が疑問視されてきましたが室温ではゲート酸化膜形成プロセスの開発やデバイス構造の最適化により今日広く使用されている Si-MOSFET や IGBT と同等の品質を達成しています。

CCS TDDB (Constant Current Stress Time Dependent Dielectric Breakdown) 試験の結果、ゲート酸化膜の品質の指標となる  $Q_{BD}$  は  $15\sim 20\text{C}/\text{cm}^2$  であり Si-MOSFET と同等です。

#### CCS TDDB ( $24\text{mA}/\text{cm}^2$ )

DMOSFET  $2.2\text{mm}\times 2.4\text{mm}$ ,  $n=22$  each

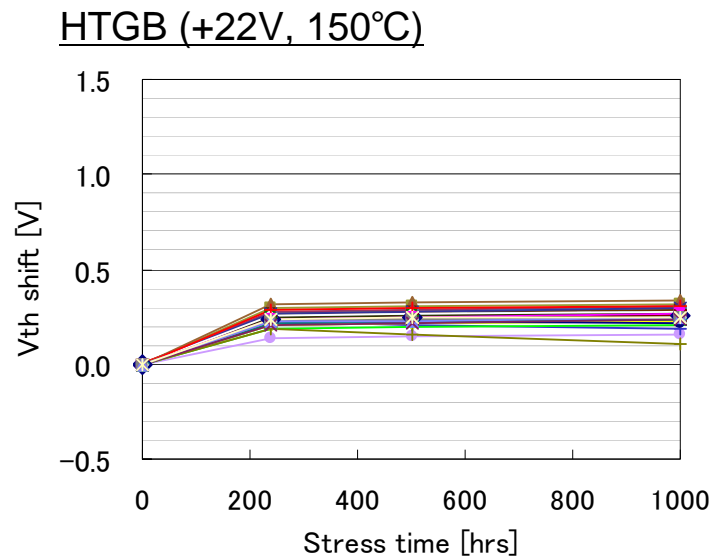


高いゲート絶縁膜の品質があったとしても SiC 結晶にはまだ多くの結晶欠陥が存在しており、これら結晶欠陥による初期故障の懸念がありました。室温では、独自のスクリーニング技術の採用により初期故障を市場に流通させない努力を行っています。

HTGB (High Temperature Gate Bias:高温ゲートバイアス)試験 (+22V, 150°C)の結果、通算 1000 個以上のデバイスで故障や特性変動なく 1000 時間通過を確認しています。また 3000 時間通過も 300 個以上のデバイスで確認済みです。

## 6.2 閾値安定性（ゲート正バイアス）

SiC 上に形成されるゲート絶縁膜界面には現在の技術レベルではトラップが形成されており、DC で長時間ゲート正バイアスが印加されるとトラップに電子が捕獲されることで閾値が上昇します。ただしこの閾値シフトは  $V_{gs}=+22V$ ,  $150^{\circ}C$  で 1000 時間後に 0.2~0.3V と非常に小さく業界最小レベルです。トラップのほとんどはストレス印加初期の数十時間で埋まりきるためその後は変動なく安定しています。

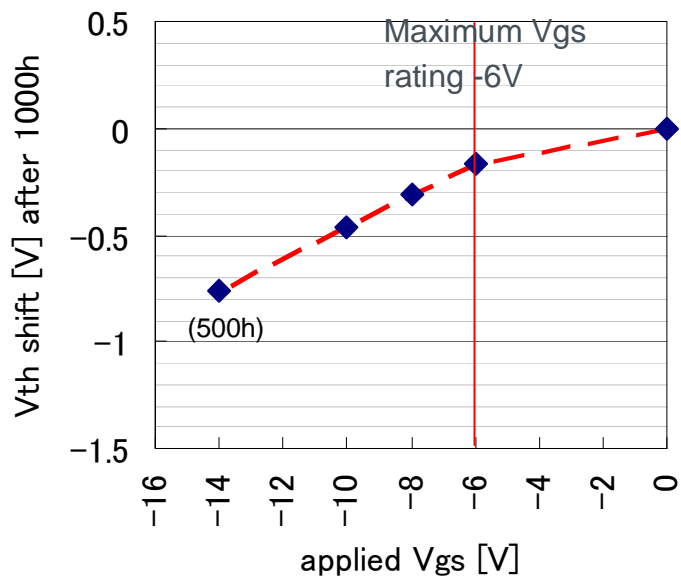
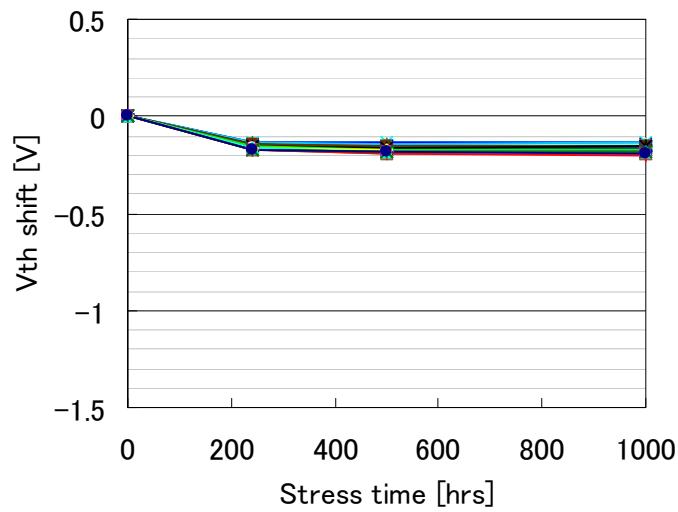


## 6.3 閾値安定性（ゲート負バイアス）

DC で長時間ゲートに負バイアスを印加された場合も正孔がトラップされることで閾値の低下が起こります。この閾値変化の度合いは正バイアスの場合よりも大きく、 $V_{gs}$  が  $-10V$  以上では閾値が  $0.5V$  以上低下します。第二世代 MOSFET(SCT2□□□シリーズ, SCH2□□□シリーズ)ではゲート負バイアスの保証電圧を  $-6V$  としています。 $-6V$  よりも大きな負バイアスでは大幅な閾値の低下が起こりますのでご使用にならないで下さい。

正負をまたぐ AC でのバイアスではトラップへの充電と放電が繰り返されるため、シフトの影響は少ないと考えられます。

### HTGB (-6V, 150°C)



#### 6.4 ボディダイオード通電に関する信頼性

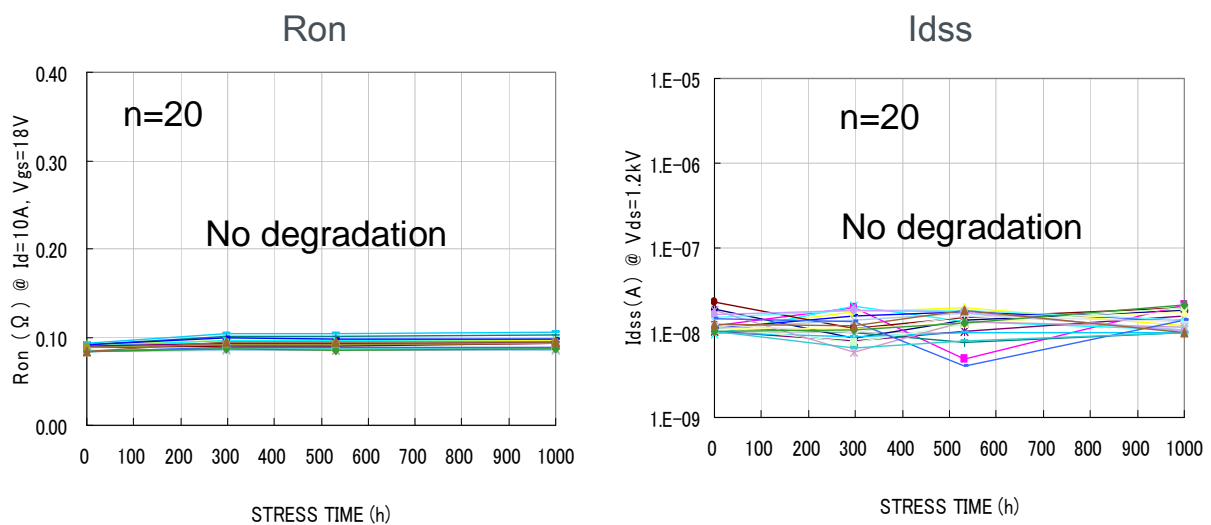
SiC 特有の信頼性の問題として、ボディダイオードの通電劣化と呼ばれる故障モードが長年問題視されてきました。MOSFET のボディダイオードのような SiC の pn ダイオードに順方向電流を流し続けた場合、電子-正孔対の再結合エネルギーを受けて、積層欠陥と呼ばれる面欠陥が拡張し電流経路をふさぐことでオン抵抗やダイオードの Vf が上昇します。オン抵抗が数倍に上昇することが熱設計を崩壊させるだけでなく、さらにこの積層欠陥は場合によっては耐圧の劣化も引き起こすため、ボディダイオードへの転流が起こる回路(インバータ・DC/DC コンバータなど)に応用した場合重大な事故を引き起こす可能性があります。(この問題はバイポーラデバイスのみ発生しますので SBD や、MOS の第一象限動作では起こらない問題です。)

ロームは SiC 基板、エピの結晶欠陥を低減させるとともに積層欠陥が拡張しない独自のプロセスを開発することでボディダイオード通電に対する信頼性を確保することに成功しています。

8A DC の通電試験 1000 時間で、オン抵抗・リーク電流をはじめ全ての特性に変動がないことが確認されています。ボディダイオードへの転流が起こる回路(インバータ・昇降圧チョップパなど)にも安心してお使いいただけます。

また  $V_{gs}=18V$  印加での逆導通状態での信頼性試験においても、15A DC の通電試験 1000 時間で、オン抵抗・リーク電流をはじめ全ての特性に変動がないことが確認されています。

Body-diode conduction test ( $I_f=8A$  DC,  $T_a=25^\circ C$ , 1000h)  
DUT: SCT2080KE (TO247 w/o SiC SBD),



## 6.5 短絡耐量

SiC-MOSFET は Si デバイスに比べチップ面積が小さく、電流密度が高いデバイスであるため熱破壊モードである短絡に対する耐量は Si デバイスと比べ低い傾向にあります。TO247 パッケージの 1200V 級 MOSFET では、 $V_{dd}=700V$ ,  $V_{gs}=18V$  における短絡耐久時間は約 8~10 $\mu s$  です。より低いゲート電圧では飽和電流が小さくなるため耐久時間は長くなります。また電源電圧が低い場合も発熱が小さくなることで耐久時間は長くなります。

ロームのゲートドライブ IC (BM6103FV-C)は過電流検知時に約 2 $\mu s$  で遮断することができる絶縁素子内蔵 IC で、ソフトターン・オフなどの機能があります(詳しくは BM6103FV-C のデータシートをご確認下さい)。SiC MOSFET のターン・オフに要する時間は極めて短いため、 $V_{gs}$  の遮断速度が高速な場合、急激な  $di/dt$  により大きなサージ電圧が発生する場合があります。ゲート電圧を徐々に下げるソフトターン・オフの機能などを利用して過電圧がかからない条件で遮断するようにしてください。

## 6.6 dV/dt 破壊

Si-MOSFET では高い dV/dt により容量 C<sub>ds</sub> を通して過渡電流が流れ、寄生バイポーラトランジスタが動作することで破壊するモードが存在します。

SiC-MOSFET においては寄生バイポーラトランジスタの電流増幅率  $h_{FE}$  が低いため電流増幅が起こらないと考えられ、現在までの調査では 50kV/us 程度の動作においてもこの破壊モードは確認されていません。

ボディダイオードのリカバリ時においても、SiC-MOSFET ではリカバリ電流が非常に小さいことから回復時の di/dt が小さく、結果として dV/dt が大きくならないためこの破壊モードは起こりにくいと考えられます。

## 6.7 宇宙線起因中性子耐量

高地応用では宇宙線起因で地上にまれに降り注ぐ中性子や重イオンなどによる半導体デバイスの偶発故障（シングルイベント現象: SEB: Single Event Burnout）が問題となります。1200V クラス SiC-MOSFET (n=15) への白色中性子(エネルギー: 1~400MeV)照射試験(大阪大学核物理研究センター: RCNP にて実施)の結果、V<sub>ds</sub>=1200V(定格耐圧の 100%)において  $1.45 \times 10^9$  [neutron/cm<sup>2</sup>] の中性子照射でシングルイベントによる故障は発生しませんでした。海拔 0m での故障率は 0.92FIT 未満、高度 4000m でも 23.3FIT 未満(故障なしのため未満と表記)であり、同クラスの Si-IGBT や Si-MOSFET と比較して 3~4 桁低い故障率です。大幅な電圧デレーティングをしなくとも、高地での使用や多数個使用のセットにおいて宇宙線起因の偶発故障のリスクを限りなく低減することができます。

## 6.8 静電破壊耐量

SiC-MOSFET は Si 製品に対してチップサイズを小さくできることが特長ですが、その反面、静電破壊耐量が低くなっております。静電気対策を充分に行っていただき、お取扱いにご注意ください。

### 静電気対策例

- ・イオナイザによる人体、デバイス、作業環境の静電気除去（推奨）
- ・リストバンド、アースによる人体、作業環境の静電気除去（デバイス帯電に対しては効果がありませんのでこれのみでは不十分です）

## 6.9 SiC-MOSFET 信頼性試験結果

寿命試験 (Life Test)				
試験項目 Test Item	試験方法/準拠規格 Test Method/Standard	試験時間 Test Condition	サンプル数 n(pcs)	不良数 pn
高温逆バイアス試験 High Temperature Reverse Bias	Ta=Tjmax, V <sub>DS</sub> =V <sub>rmax</sub> X 0.8 EIAJ ED-4701/100-101	1000h	22	0
高温ゲートバイアス試験 High Temperature Gate Bias	Ta=Tjmax, V <sub>GS</sub> =+22V EIAJ ED-4701/100-101	1000h	22	0
高温ゲートバイアス試験 High Temperature Gate Bias	Ta=Tjmax, V <sub>GS</sub> = -6V EIAJ ED-4701/100-101	1000h	22	0
高温高湿バイアス Temperature humidity bias	Ta=85°C, Rh=85%, V <sub>DS</sub> =100V EIAJ ED-4701/100-102	1000h	22	0
温度サイクル Temperature cycle	Ta= -55°C (30min) ~ Ta=150°C (30min) EIAJ ED-4701/100-105	100cycle	22	0
蒸気加圧 Pressure cooker	Ta=121°C, 2atm, Rh=100% JESD22-A102C	48h	22	0
高温保存 High Temperature storage	Ta= 175°C EIAJ ED-4701/100-201	1000h	22	0
低温保存 Low Temperature storage	Ta= -55°C EIAJ ED-4701/100-202	1000h	22	0

強度試験 (Stress Test)				
試験項目 Test Item	試験方法/準拠規格 Test Method/Standard	試験時間 Test Condition	サンプル数 n(pcs)	不良数 pn
はんだ耐熱性1 Resistance to solder heat1	260±5°Cのはんだ槽に端子を浸漬 Dipping leads into solder bath at 260±5°C. EIAJ ED-4701/300-302	10sec	22	0
はんだ耐熱性2 Resistance to solder heat2	350±10°Cのはんだ槽に端子を浸漬 Dipping leads into solder bath at 350±10°C. EIAJ ED-4701/300-302	3.5sec	22	0
はんだ付け性 Solderability	235±5°Cのはんだ槽に浸漬 Dipping into solder bath at 235±5°C. EIAJ ED-4701/300-303	5sec	22	0
熱衝撃 Thermal shock	0 <sup>+5</sup> / <sub>-0</sub> (5min) ~ 100 <sup>+0</sup> / <sub>-5</sub> (5min) EIAJ ED-4701/300-307	100cycle	22	0
端子強度 (引張り) Terminal strength (Pull)	引張力 ; 20N Pull force ; 20N EIAJ ED-4701/400-401	10sec	22	0
端子強度 (曲げ) Terminal strength (Bending)	曲げ荷重 ; 10N Bending load ; 10N EIAJ ED-4701/400-401	2times	22	0

※ 故障判定は仕様書に記載されている電気的特性にて行っています。

Failure criteria : According to the electrical characteristics specified by the specification.

はんだ付け性試験については濡れ面積≥95%にて判定しています。

Regarding solderability test, failure criteria is 95% or more area covered with solder.

※ サンプル基準: 信頼度水準90%, 不合格信頼性水準  $\lambda=10\%$ , C=0判定を採用し, MIL-STD-19500の指数分布型計数1回抜取表に従い, サンプルを22個としています。

Sample standard: [Reliability level: 90%][Failure reliability level( $\lambda$ ): 10%][C=0 decision] is adopted. And the number of samples is being made 22 in accordance with single sampling inspection plan with exponential distribution type based on MIL-STD-19500.

## 7. SiC パワーモジュールの使用方法和信頼性

### 7.1 サージ電圧の対策

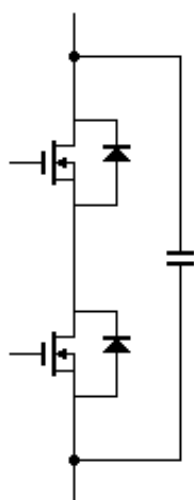
SiC モジュールはスイッチングスピードが速く、大電流を取り扱うため、モジュール内部、もしくは周辺の配線インダクタンス  $L$  により、 $V = -L \times di/dt$  のサージ電圧が発生し、場合によっては定格電圧を超えてしまう場合もあります。

これらを抑制するために SiC パワーモジュールと同様、下記のような対策を推奨いたします。スイッチングに影響を与える場合もありますので波形を確認のうえ実回路にてご調整下さい。

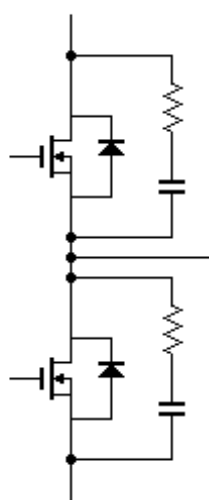
- ・主回路及びスナバ回路の配線をできる限り太く・短く設計し、配線インダクタンスを低減する
- ・コンデンサの実装位置を MOSFET の近くに配置し、配線インダクタンスを低減する
- ・スナバ回路を付加する
- ・ゲート抵抗を大きくし、 $di/dt$  を小さくする

#### スナバ回路例

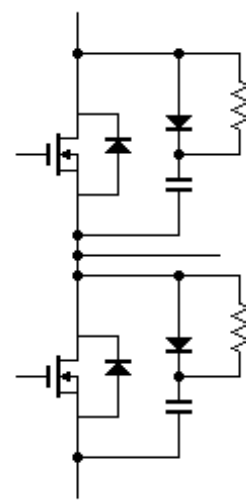
<C スナバ回路>



<RC スナバ回路>



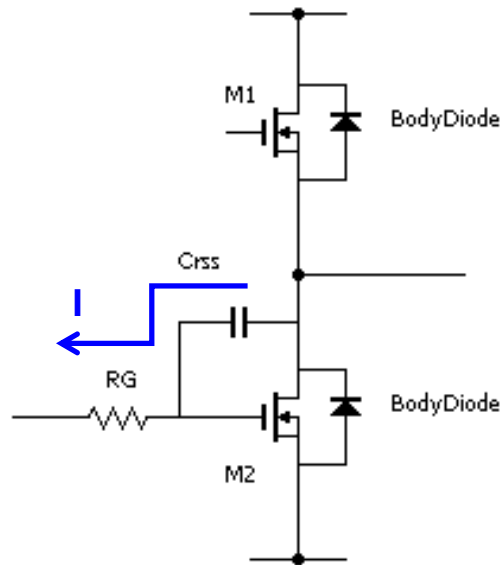
<RCD スナバ回路>



### 7.2 誤点弧の対策

ハーフブリッジにおいて上アームの MOSFET (M1) がターン・オンする際、下アームの MOSFET (M2) の還流ダイオード(外付け SBD またはボディダイオード)に流れていた順方向電流が逆回復し、同時に M2 のドレイン・ソース間電位が上昇します。このときに発生する  $dV/dt$  は M2 の帰還容量  $C_{rss}$  を介して過渡的なゲート電流 ( $I = C_{rss} \times dV/dt$ ) となり、この電流がゲート抵抗に流れることで M2 のゲート電位は上昇します。この電圧がゲートしきい値電圧を大きく超える場合 MOSFET (M2) は誤点弧され、上下アームが短絡状態となります。





SiC-MOSFET の閾値電圧は  $I_d =$  数 mA で定義しているため 3V 程度と低いですが大電流を流すのに必要なゲート電圧は 8V 以上と大きいため、実際には誤点弧に対する耐性は IGBT と大きく変わりません。しかしながらご使用環境において誤点弧の可能性がある場合には Si パワーモジュールと同様、下記のような対策を推奨いたします。スイッチングに影響を与える場合もありますので波形を確認のうえご調整下さい。

- ・ オフ時のマイナスゲートバイアスを増大させる
- ・ ゲート・ソース間に容量を追加する
- ・ ゲート・ソース間にトランジスタを追加する(アクティブ・ミラークランプ)
- ・ ゲート抵抗を大きくしスイッチング速度を低下させる

### 7.3 RBSOA (逆バイアス安全動作領域)

SiC パワーモジュールの RBSOA (Reverse Bias Safe Operating Area: 逆バイアス安全動作領域)は IGBT モジュールと同様、定格電流の 2 倍 × 定格電圧の全範囲をカバーしています。

## 7.4 SiC パワーモジュールの信頼性試験結果

寿命試験 (Life Test)				
試験項目 Test Item	試験方法/準拠規格 Test Method/Standard	試験時間 Test Condition	サンプル数 n(pcs)	不良数 pn
ΔTjパワーサイクル ΔTj power cycle	ΔTj=100°C±5°C、Tj≤150°C、Ta=25±5°C EIAJ ED-4701/100-106	15000cyc	5	0
ΔTcパワーサイクル ΔTc power cycle	ΔTc=50°C±5°C、Tj≤150°C、Ta=25±5°C EIAJ ED-4701/100-106	5000cyc	5	0
温度サイクル Temperature cycle	-40°C(60min)~RT(30min)~ 125°C(60min)~RT(30min) EIAJ ED-4701/100-105	100cyc	5	0
耐湿試験 Temperature humidity storage	85°C/85% EIAJ ED-4701/100-103	1000h	5	0
高温保存 High Temperature storage	Ta=150°C EIAJ ED-4701/100-201	1000h	5	0
低温保存 Low Temperature storage	Ta=-40°C EIAJ ED-4701/100-202	1000h	5	0
高温ゲートバイアス(+) High temperature gate bias(+)	Vgs=22V、Ta=150°C JESD22-A108	1000h	5	0
高温ゲートバイアス(-) High temperature gate bias(-)	Vgs=-6V、Ta=150°C JESD22-A108	1000h	5	0
高温逆バイアス High temperature reverse bias	Vds=960V、Vgs=0V、Ta=150°C EIAJ ED-4701/100	1000h	5	0

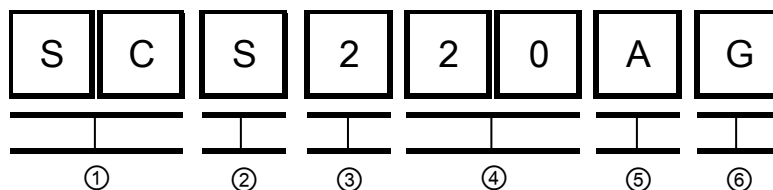
強度試験 (Stress Test)				
試験項目 Test Item	試験方法/準拠規格 Test Method/Standard	試験時間 Test Condition	サンプル数 n(pcs)	不良数 pn
振動 Vibration	10~500Hz/15min 100m/s <sup>2</sup> Each X,Y,Z axis, EIAJ ED-4701/400-403 condition code B	6h (2h / direction)	5	0
衝撃 Shock	5000m/s <sup>2</sup> pulse width 1msec Each X,Y,Z axis, EIAJ ED-4701/400-404 condition code B	3times / direction	5	0
熱衝撃 Thermal shock	0 + <sub>0</sub> <sup>5</sup> (5min) ~ 100 + <sub>-5</sub> <sup>0</sup> (5min) EIAJ ED-4701/300-307 condition code A	10cyc	5	0
端子強度 (引張り) Terminal strength (Pull)	Pull force : 40N(main terminal), 20N(signal terminal) EIAJ ED-4701/401- I	10sec	5	0
締め付けトルク強度 Mounting strength	3.5N・m(M5) EIAJ ED-4701/402- II	10sec	5	0

※ 故障判定項目は仕様書に記載されている電気的特性にて行っています。

Failure criteria : According to the electrical characteristics specified by the specification.

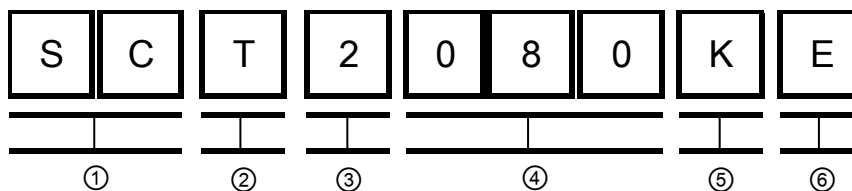
## 8. 形名の構成

### 8.1 SiC-SBD (ディスクリート品)



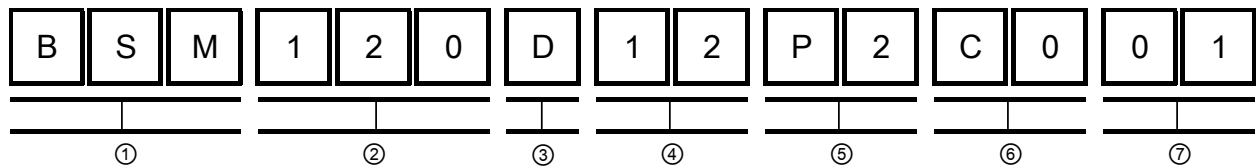
- ① SiCを表す
- ② SBDを表す
- ③ 世代を表す
- ④ 電流 [アンペア表示]    0 5→ 5A  
                                  2 0→20A
- ⑤ 電圧                        A→600V, 650V  
                                  K→1200V
- ⑥ パッケージ                E2→TO247[3pin, 2素子入り]  
                                  G→TO220AC [2pin]  
                                  J→LPTL (D2PAK)  
                                  M→TO220FM [2pin]

### 8.2 SiC-MOSFET (ディスクリート品)



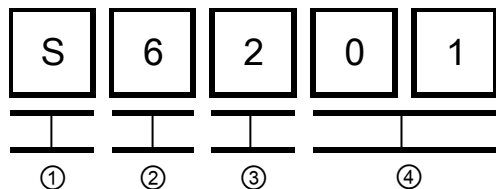
- ① SiCを表す
- ② タイプを表す    T→MOSFET  
                          H→MOSFET+SBD同梱
- ③ 世代を表す
- ④ オン抵抗値 [mΩ 表示]    0 8 0→typ. 80mΩ  
                                  1 6 0→typ. 160mΩ
- ⑤ 電圧                        A→600V, 650V  
                                  K→1200V
- ⑥ パッケージ                E→TO247  
                                  F→TO220AB

### 8.3 SiC パワーモジュール



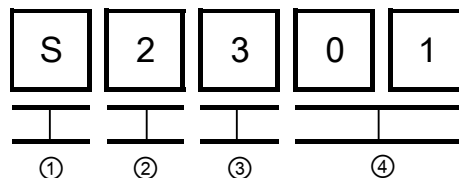
- ① SiCパワーモジュールを表す
- ② 電流[アンペア表示] 1 2 0→ 120A
- ③ 2回路入り
- ④ 電圧 1 2→ 1200V  
1 7→ 1700V
- ⑤ デバイスタイプ
- ⑥ ケースタイプ
- ⑦ 追番

### 8.4 SiC-SBD (チップ品)



- ① SiCを表す
- ② SBDを表す
- ③ 世代/耐圧を表す
  - 0→第一世代 600V
  - 1→第一世代 1200V
  - 2→第二世代 600V/650V
  - 3→第二世代 1200V
  - 4→第二世代 1700V
- ④ 通し番号

### 8.5 SiC-MOSFET (チップ品)



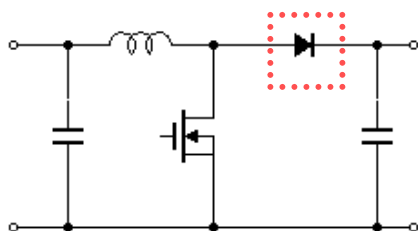
- ① SiCを表す
- ② MOSFETを表す
- ③ 世代/耐圧を表す
  - 2→第二世代 650V
  - 3→第二世代 1200V
  - 4→第二世代 1700V
- ④ 通し番号

## 9. 応用回路例

### 9.1 力率改善(PFC)回路 (連続モード)

- ・リカバリ電流の低減による効率改善、ノイズ低減
- ・Err の低減による高周波駆動→受動部品の小型化

\*臨界モード PFC ではリカバリがロスに影響しませんので大きな効果は期待できません。

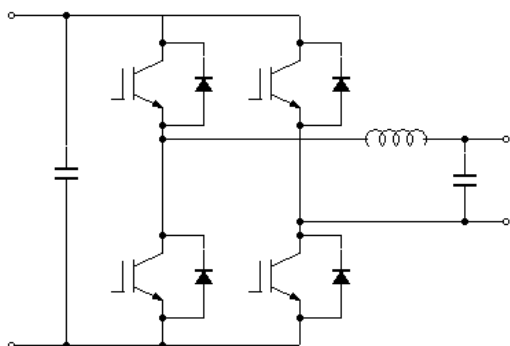


#### 推奨部品

SCS2□□AM, SCS2□□AG,  
SCS2□□AE2, SCS2□□KG,  
SCS2□□KE2 他

### 9.2 パワーコンディショナー用インバータ

- ・Eoff、Err の低減と軽負荷時の導通損低減による効率改善(売電電力の増加)
- ・冷却器の簡素化・小型化

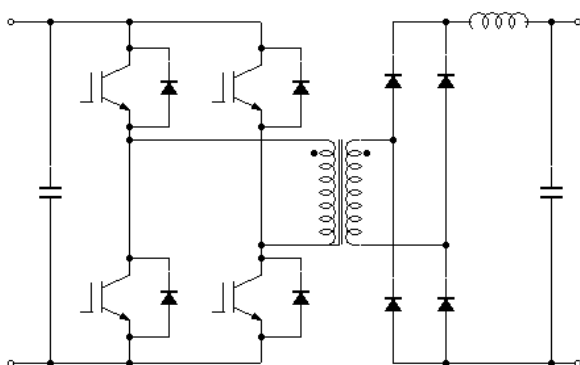


#### 推奨部品

SCT2□□□KE, SCH2□□□KE  
BSM120D12P2C005,  
BSM180D12P2C101 他

### 9.3 DC/DC コンバータ

- ・Eoff、Err の低減による効率改善、冷却器の簡素化
- ・Eoff、Err 低減による高周波駆動→トランスの小型化



#### 一次側 推奨部品

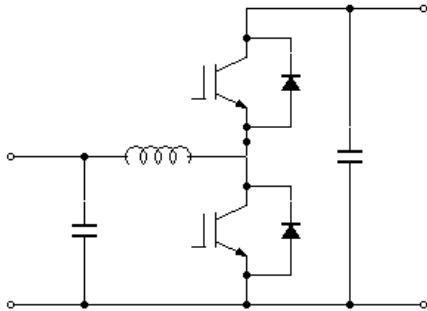
SCT2□□□KE, SCH2□□□KE  
BSM120D12P2C005,  
BSM180D12P2C101 他

#### 二次側 推奨部品

SCS2□□AM, SCS2□□AG,  
SCS2□□AE2, SCS2□□KG,  
SCS2□□KE2 他

#### 9.4 双方向コンバータ

- ・高周波駆動による受動部品の小型化
- ・Eoff、Err の低減による効率改善、冷却器の簡素化

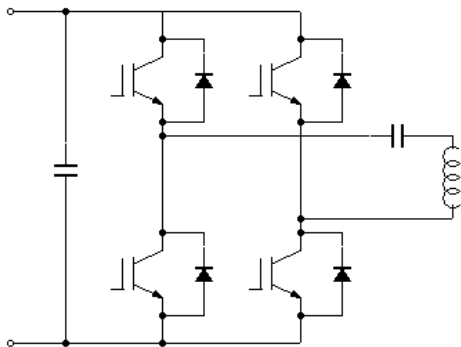


##### 推奨部品

SCT2□□□KE, SCH2□□□KE  
BSM120D12P2C005,  
BSM180D12P2C101 他

#### 9.5 IH 用インバータ

- ・高周波化による加工対象範囲の拡大
- ・Eoff、Err の低減による効率改善、冷却器の簡素化

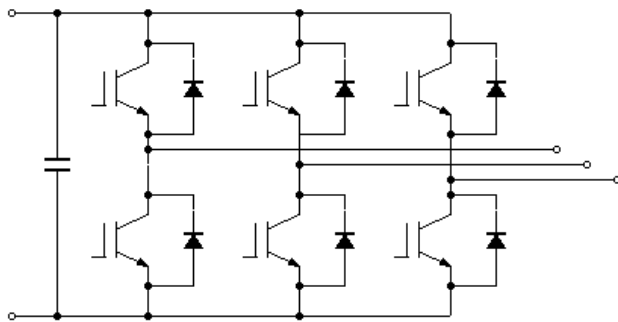


##### 推奨部品

SCT2□□□KE, SCH2□□□KE  
BSM120D12P2C005,  
BSM180D12P2C101 他

#### 9.6 モータドライブ

- ・Eoff、Err の低減による効率改善、冷却器の簡素化

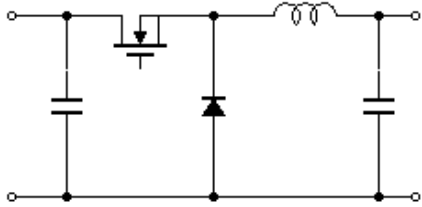


##### 推奨部品

SCT2□□□KE, SCH2□□□KE  
BSM120D12P2C005,  
BSM180D12P2C101 他

### 9.7 降圧チョッパ

- ・Eoff の低減による効率改善、冷却器の簡素化
- ・高周波駆動による受動部品の小型化



#### 推奨部品

SCT2□□□KE  
SCS2□□AM, SCS2□□AG,  
SCS2□□AE2, SCS2□□KG,  
SCS2□□KE2 他

### 9.8 オーディオ DC アンプ

- ・豊かな音響表現

#### 推奨部品

SCT2□□□KE, SCH2□□□KE  
SCS2□□AM, SCS2□□AG,  
SCS2□□AE2 他

## 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のですが、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/>