

# IceMOS

Technology

EFFICIENCY  
LEVEL



応用事例: ホームアプリケーション

アプリケーションガイド  
高耐圧

## スーパージャンクションMOSFET

## 目次

- 1. 適用 [P3](#)
  - 2. 電気的特性
    - 2.1 最大定格 [P3](#)
      - 2.1.1 EASアバランシェエネルギー [P3](#)
      - 2.1.2 逆回復特性時のdv/dt耐性特性 [P4](#)
    - 2.2 熱的特性 [P5](#)
      - 2.2.1 実装についてのガイドライン [P6](#)
    - 2.3 静的特性 (DC特性) [P6](#)
    - 2.4 動的特性 (AC特性) [P9](#)
    - 2.5 ゲートチャージ、ボディダイオード特性 [P11](#)
    - 2.6 安全動作領域について [P12](#)
    - 2.7 過渡熱抵抗特性について [P13](#)
  - 3. 製品ファミリー [P14](#)
    - 3.1 製品リスト
    - 3.2 製品タイプ別のDC-DCコンバーターの出力パワーレンジ
  - 4. アプリケーション
    - 4.1 使用されるアプリケーションのマトリクス [P15](#)
    - 4.2 回路図
      - 4.2.1 フルブリッジコンバーター [P16](#)
      - 4.2.2 LLC Resonant ハーフブリッジコンバーター(隔離タイプ) [P16](#)
      - 4.2.3 フォワードコンバーター(隔離タイプ) [P17](#)
      - 4.2.4 フライバックコンバーター(隔離タイプ) [P17](#)
    - 4.3 ホームアプリケーション [P18](#)  
モータードライブ、ハードスイッチコミュニケーションについて
    - 4.4 再生エネルギーインバーター 太陽光アプリケーション [P19](#)  
ソーラーインバーター技術
    - 4.5 電気自動車や家庭用家電への充電について [P21](#)
    - 4.6 データセンターサーバーの電源マネージメント [P22](#)
  - 5. パワーMOSFETの不良モードについて [P23](#)
    - 5.1 アバランシェ破壊(UISモード)
    - 5.2 EOS(安全動作領域を超えた過電圧および過電流破壊)
    - 5.3 ESD破壊
  - 6. 信頼性データ [P24](#)
  - 7. マーキングルール(捺印仕様) [P24](#)
  - 8. 新パッケージ DFN8x8 [P25](#)
  - 9. パッケージの情報 [P26](#)
- 製品の取り扱いについて [P27](#)

この文書の内容については予告なく変更になることがあります。重要事項、免責条項については最後のページをお読みください。

## 1. 適用:

本アプリケーションノートは、Icemos Technology Ltd.が提供する高耐圧 SJMOSFET 製品の電気的特性、各種回路例、データなどを参考資料として電源製品を設計される技術者の皆様にご提案いたします。

## 2. 電気的特性

### 2.1 最大定格

ICE20N170の例 (T<sub>j</sub>=25°C)

**Maximum ratings** , at T<sub>j</sub>=25°C, unless otherwise specified

パラメーター	記号	条件	規格値	単位
ドレイン電流	I <sub>D</sub>	T <sub>c</sub> =25°C T <sub>c</sub> =100°C	20 11	A
パルスドレイン電流	I <sub>D, pulse</sub>	T <sub>c</sub> =25°C	62	A
アバランシェエネルギー E <sub>AS</sub> =1/2*L*I <sup>2</sup> *(V <sub>BRDSS</sub> /(V <sub>BRDSS</sub> -V <sub>DSS</sub> ))	E <sub>AS</sub>	I <sub>D</sub> =10A	520	mJ
MOSFET dv/dt 耐性	dv/dt	V <sub>DS</sub> =480V, I <sub>D</sub> =5A, T <sub>j</sub> =125°C	50.0	V/ns
アバランシェ電流、繰り返し	I <sub>AR</sub>	limited by T <sub>jmax</sub>	10	A
ゲート・ソース電圧	V <sub>GS</sub>	Static	±20	V
		AC (f>1Hz),	±30	
消費電力	P <sub>tot</sub>	T <sub>c</sub> =25°C	236	W
ジャンクション温度および、動作温度	T <sub>j</sub> , T <sub>stg</sub>		-55 to +150	°C
取り付けトルク <sup>a</sup>		M 3 & 3.5 screws	60	Ncm

a When mounted on 1inch square 2oz copper clad FR-4

#### 2.1.1 E<sub>AS</sub>アバランシェエネルギー

E<sub>AS</sub>アバランシェエネルギーとはMOSFETがスイッチング動作オフ時に誘起電力が影響して流れる電流を耐圧中にアバランシェエネルギーとしてMOSFETが耐えうる耐量を示したもので、簡易的にはE=L\*di/dtで示されます。

実際のテスト回路としては、インダクタンス(L)にオンする時間を調整して電流のエネルギーを蓄積し、一気にドレイン電流を流して負荷をかけ、アバランシェ耐量試験を行います。このL負荷試験のことを別名でUISテスト(Unclamped Inductive Switching)とも呼びます。

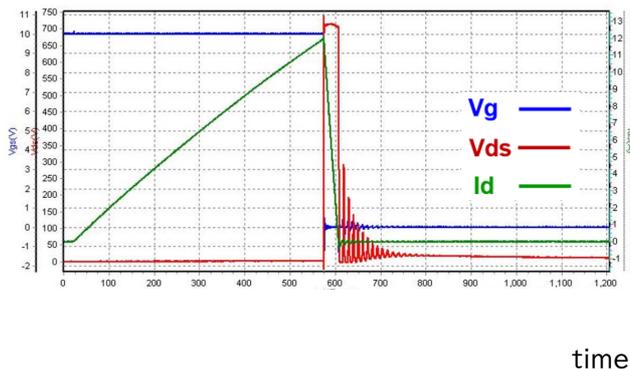


図1 UISテストの出力波形例

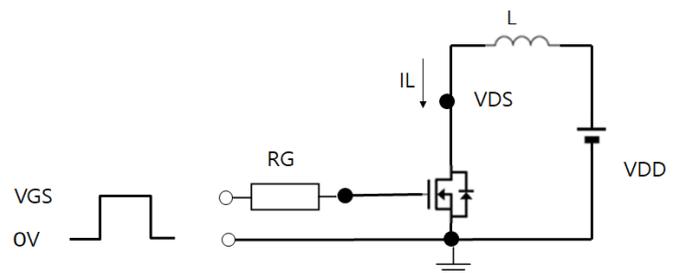


図2 測定回路例

この文書の内容については予告なく変更になることがあります。重要事項、免責条項については最後のページをお読みください。

### 2.1.2 逆回復特性時のdv/dt耐性特性

SJMOSFET内の寄生npnバイポーラトランジスタとその等価回路を示します。ターンオフ時に電圧変化 $dv/dt$ が生じると、電流がコンデンサ $C$ や抵抗 $R$ に流れます。この電流が抵抗によって電圧が生じるため、寄生npnトランジスタのゲートがONしてしまい、さらに電流が流れるため、破壊に至る可能性があります。

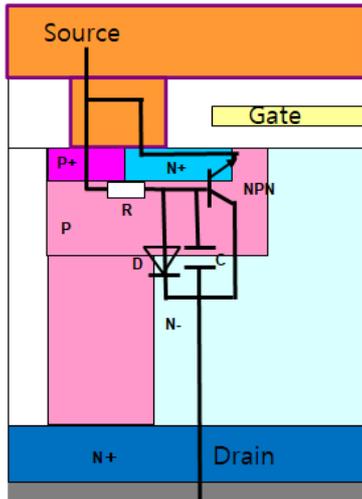


図3 寄生npnトランジスタ

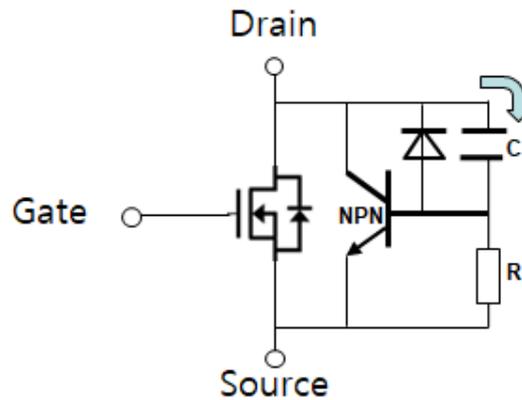


図4 等価回路図

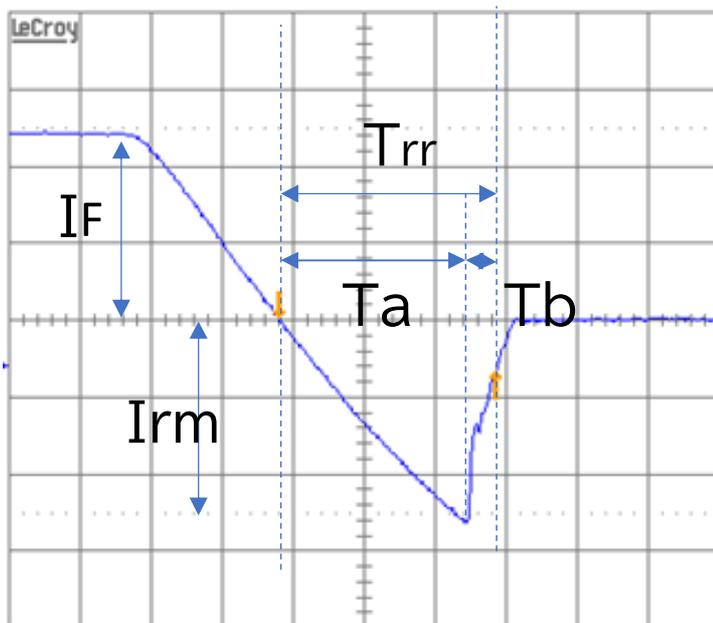


図5 逆回復時間 $T_{rr}$ の波形  
時間の比  $T_b/T_a$ はソフトリカバリーの指標となります。

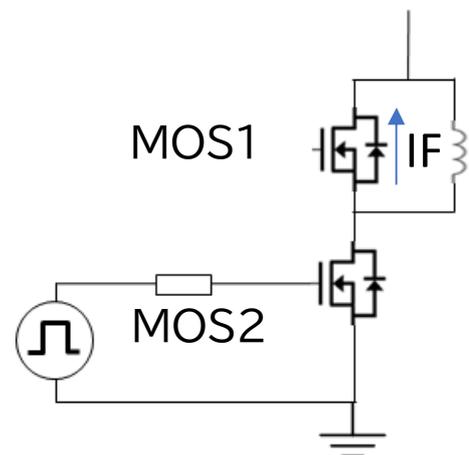


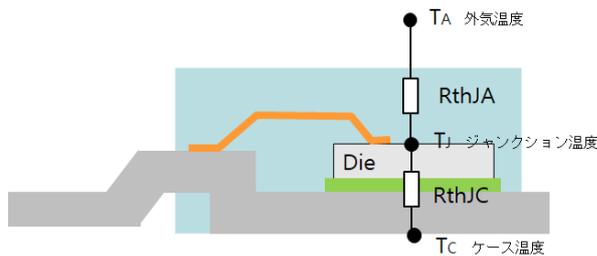
図6 スイッチング回路例  
MOS2に電流流れてからOFFすると、MOS1に $I_F$ が流れます。再びMOS2がONするとこの電流がMOS2に流れ、MOS1のボディダイオードは逆回復動作として電圧が上昇、この $dv/dt$ 変化の電流波形が図5に示されます。

## 2.2 熱的特性

パラメーター	記号	測定条件	規格値			単位
			Min	Typ	Max	

### Thermal characteristics

熱抵抗 (ジャンクション-ケース間)	$R_{thJC}$		-	-	0.53	°C/ W
熱抵抗 (ジャンクション-外気間)	$R_{thJA}$	leaded	-	-	62	
実装温度 (ウエーブソルダーリング10秒)	$T_{sold}$	1.6mm (0.063in.) from case for 10 s	-	-	260	°C



$$P_{tot} = I^2 * R_{max} * T_c = (T_j - T_c) / R_{thJC}$$

$$= (150 - 25) / 0.53$$

$$235.8491$$

図7 各温度のポイントの定義および消費電力の計算  
 $P_{TOT}$ (消費電力)は熱抵抗の $R_{thJC}$ をもとに算出されます。

### 3.2.1 実装についてのガイドライン (JSTD020/JSTD-020より鉛フリープロセス参照)

方法(method)	はんだ温度 (solder temp)	浸漬時間 (Duration)	回数
フロー/リフロー	260°C MAX	10sec MAX	2 times
手はんだ(Soldering iron)	380°C MAX	3sec MAX	1 time

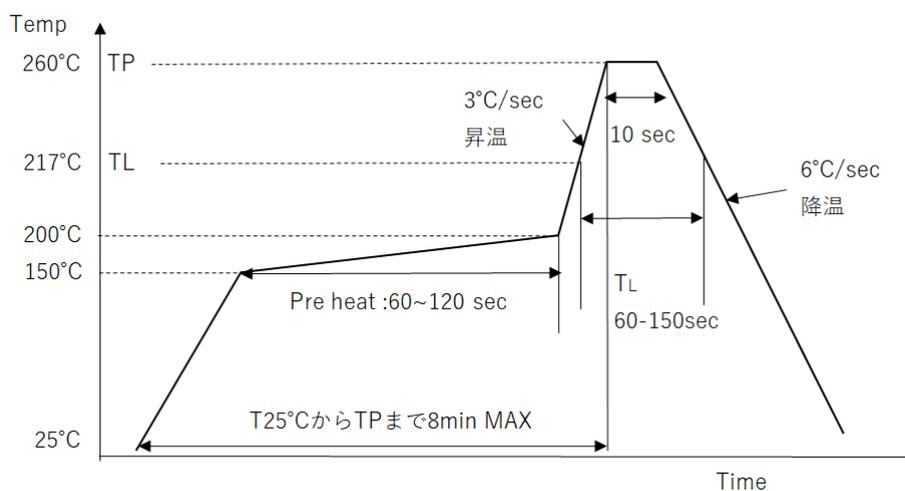


図8 フロー温度プロファイル例

この文書の内容については予告なく変更になることがあります。重要事項、免責条項については最後のページをお読みください。

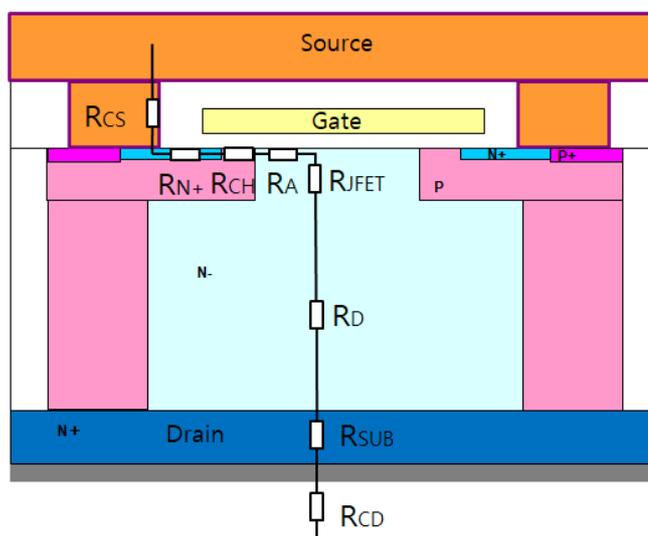
## 2.3 静的特性（DC特性）（ $T_j=25^\circ\text{C}$ ） ↓ :温度依存あり

パラメーター	記号	測定条件	規格値			単位
			Min	Typ	Max	

*Electrical characteristics* , at  $T_j=25^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified

### Static characteristics

ドレイン・ソース破壊電圧 ↓ PとNのチャージバランスや $R_{DS(on)}$ と相関あり	$V_{(BR)DSS}$	$V_{GS}=0\text{ V}$ , $I_D=1\text{ mA}$	600	650	-	V
ゲート閾値電圧 ↓ スイッチング動作に影響	$V_{GS(th)}$	$V_{DS}=V_{GS}$ , $I_D=250\mu\text{A}$	2.1	3	3.9	
ドレイン遮断電流 ↓	$I_{DSS}$	$V_{DS}=600\text{ V}$ , $V_{GS}=0\text{ V}$ , $T_j=25^\circ\text{C}$	-	0.1	1	$\mu\text{A}$
		$V_{DS}=600\text{ V}$ , $V_{GS}=0\text{ V}$ , $T_j=150^\circ\text{C}$	-	100	-	
ゲート漏れ電流	$I_{GSS}$	$V_{GS}=\pm 20\text{ V}$ , $V_{DS}=0\text{ V}$	-	-	100	nA
ドレイン・ソース オン抵抗 ↓ オン特性損失に関連する重要 パラメータ	$R_{DS}$ (on)	$V_{GS}=10\text{ V}$ , $I_D=10\text{ A}$ , $T_j=25^\circ\text{C}$	-	0.17	0.199	$\Omega$
		$V_{GS}=10\text{ V}$ , $I_D=10\text{ A}$ , $T_j=150^\circ\text{C}$	-	0.49	-	
ゲート抵抗	$R_G$	$f=1\text{ MHz}$ , open drain	-	3.8	-	$\Omega$



$R_{DS(on)}$ は以下の成分を  
合わせた値：

- RCS: ソース・コンタクト抵抗
- RN+: ソースN+抵抗
- RCH: チャンネル抵抗
- RD: ドリフト抵抗(メイン成分)
- RJFET: JFET抵抗
- RA: 蓄積抵抗
- RSUB: 基板抵抗
- RCD: ドレイン・コンタクト抵抗

図9 オン抵抗の成分

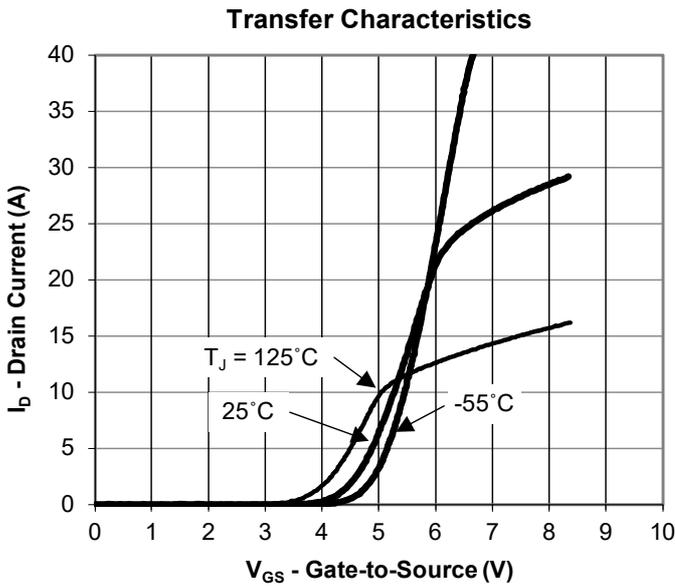


図10の $V_{GS}$ - $I_{DS}$ 特性  
 $V_{GS(th)}$ 以上流すとドレイン-ソース間に電流が流れだします。温度によって特性が影響します。

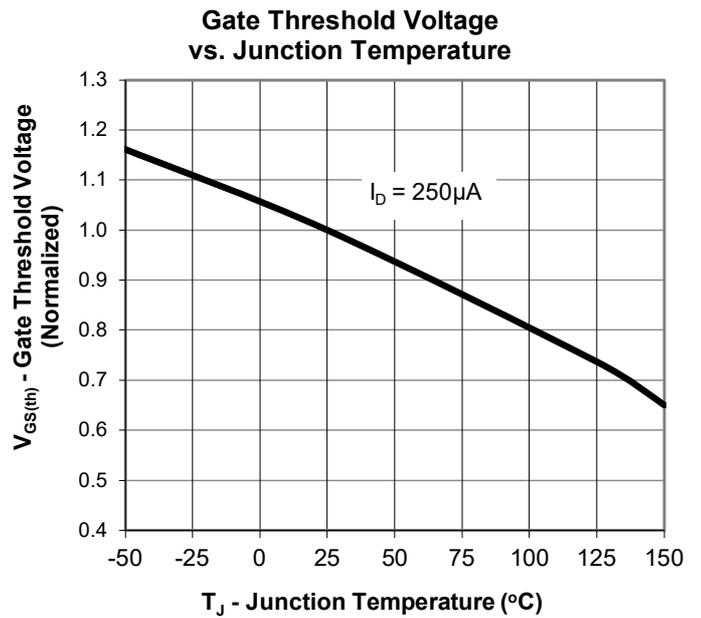


図11  $V_{GS(th)}$ とジャンクション温度の関係

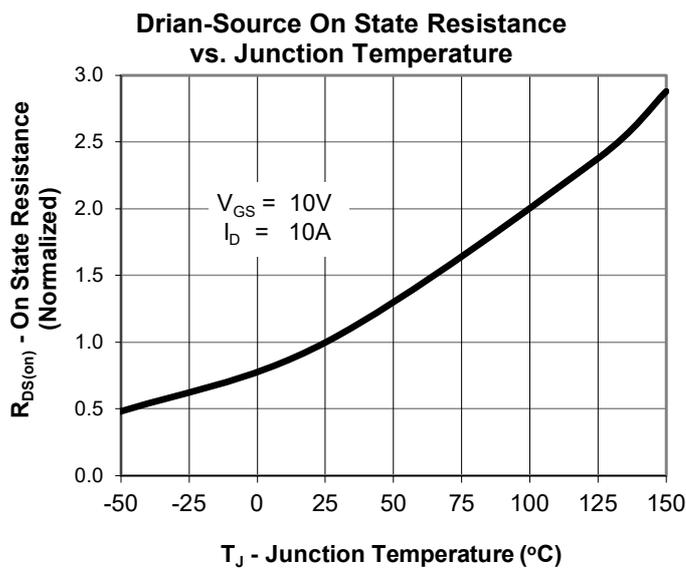


図12 オン抵抗 $R_{DS(ON)}$ とジャンクション温度の関係

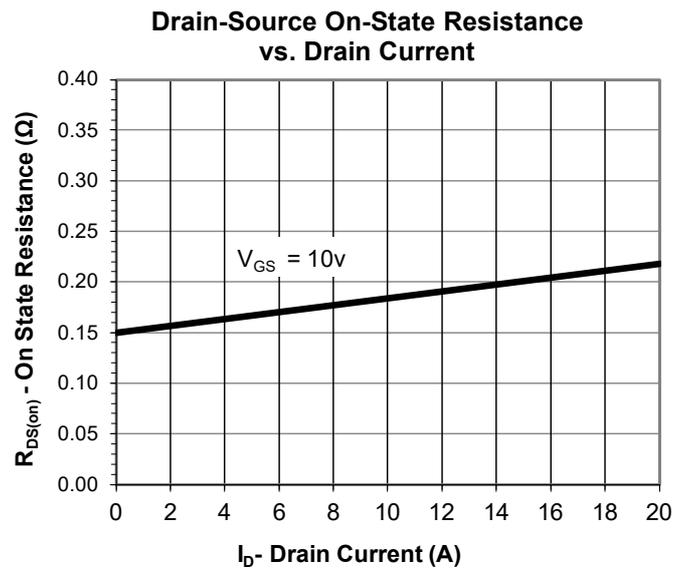


図13  $I_D$ - $R_{DS(ON)}$ 特性

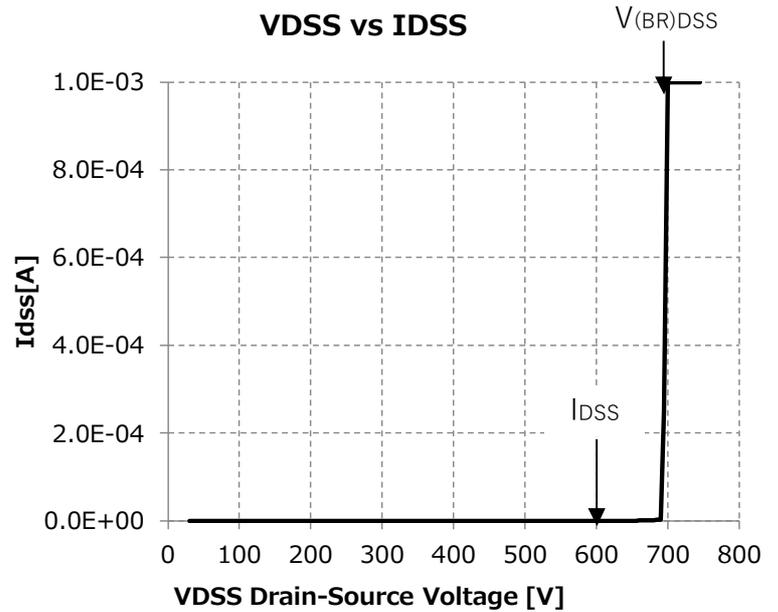
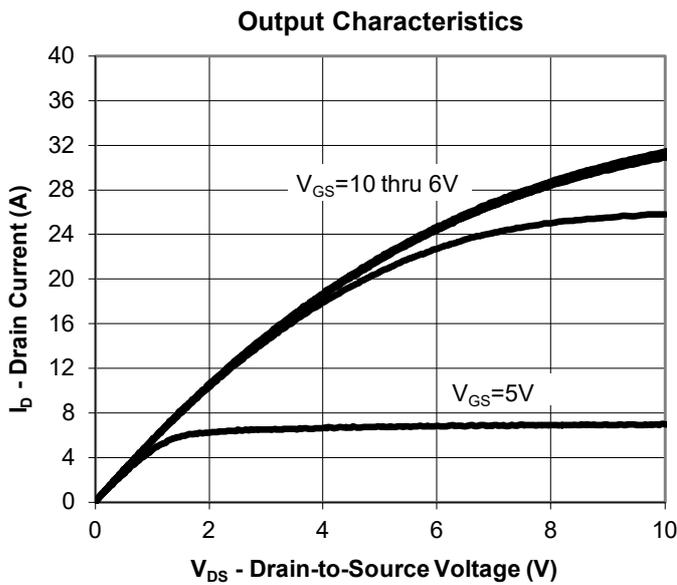


図14  $V_{DS}$ - $I_D$ 特性

$V_{DS}$ —ドレイン・ソース間電圧と $I_D$ —ドレイン電流の出力特性について  
ゲート電圧を $V_{GS(th)}$ 以上に上げることで、ドレイン電流をドレイン電圧に応じて流します。

図15  $V_{DSS}$ - $I_{DSS}$ 特性

ゲート電圧0Vの状態でもドレイン—ソース間に電圧を加えていくと雪崩電流が流れだし、その時の規定の電流に達した電圧をブレークダウン電圧(ドレイン・ソース間破壊電圧)として $V_{(BR)DSS}$ と定義します。

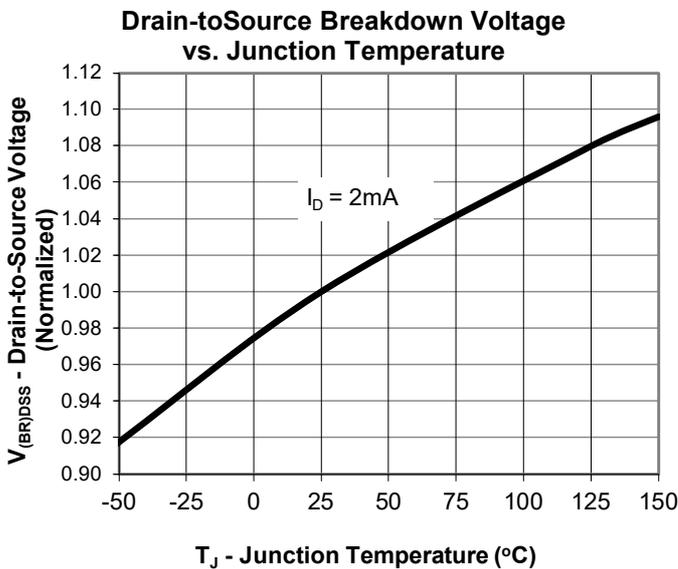


図16  $V_{(BR)DSS}$  とジャンクション温度の関係

25°Cを1としたとき、相対的に温度が上がると、 $V_{(BR)DSS}$ 電圧も上がります。

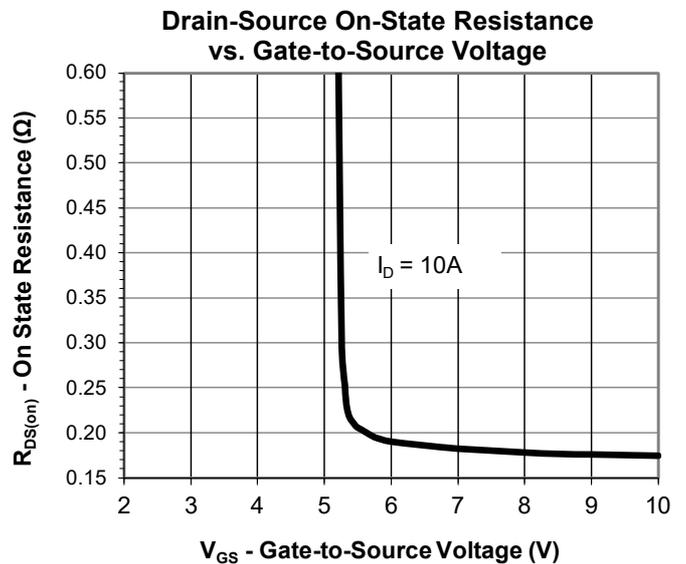


図17  $V_{GS}$ -  $R_{DS(on)}$ 特性

$V_{GS}$ —ゲート・ソース間電圧と $R_{DS(on)}$ オン抵抗の関係  
 $I_D$  10Aを流すために必要な電圧と、その時の $R_{DS(on)}$ オン抵抗の値を示します。

## 2.4 動的特性 (AC特性) (Tj=25°C) ↓:温度依存あり

パラメーター	記号	測定条件	規格値			単位
			Min	Typ	Max	

### Dynamic characteristics

入力容量 VDSに依存	$C_{iss}$	$V_{GS}=0\text{ V},$ $f=1\text{ MHz}$	$V_{DS}=25\text{ V}$	-	2064	-	pF
出力容量 VDSに依存	$C_{oss}$		$V_{DS}=100\text{ V}$	-	87	-	
逆伝達容量 VDSに依存	$C_{rss}$		$V_{DS}=25\text{ V}$	-	18	-	
相互コンダクタンス ↓	$g_{fs}$	$V_{DS}>2*ID*R_{DS},$ $ID=10\text{ A}$	-	17	-	-	S
ターンオン遅延時間 VGS, Rg, Qgdに依存 上昇時間	$t_{d(on)}$	$V_{DS}=380\text{ V}, V_{GS}=10\text{ V},$ $ID=10\text{ A},$ $R_G=4\Omega$ (External)	-	-	23.2	-	ns
ターンオン遅延時間 Vg, Rg, Qgdに依存 ターンオン損失に影響	$t_r$		-	-	11.8	-	
ターンオフ遅延時間 VGS(th), Rg, Qgdに依存	$t_{d(off)}$		-	-	92.5	-	
下降時間 VGS(th), Rg, Qgdに依存	$t_f$		-	-	3.9	-	

### Capacitance

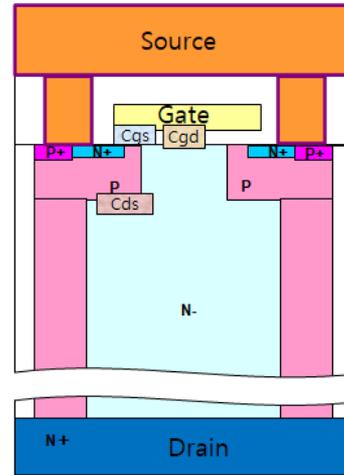
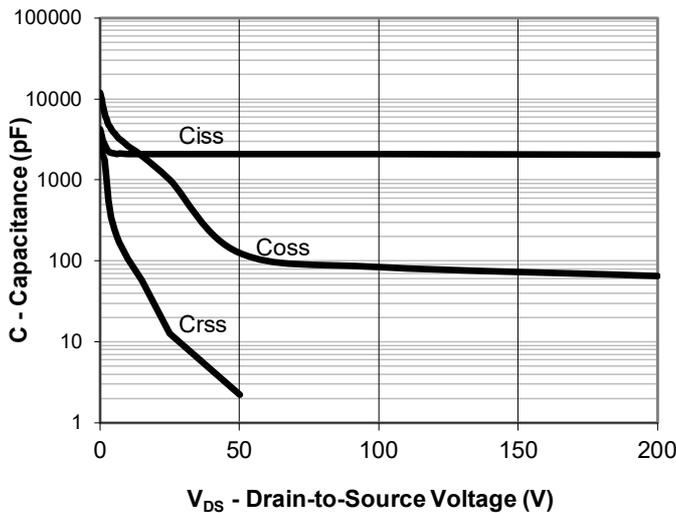


図18 各静電容量 $C_{iss}, C_{oss}, C_{rss}$ の  
VDS依存の関係

図19. SJMOSFETの簡易構造図と静電容量

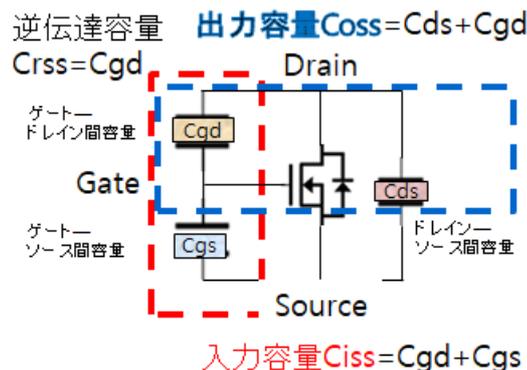
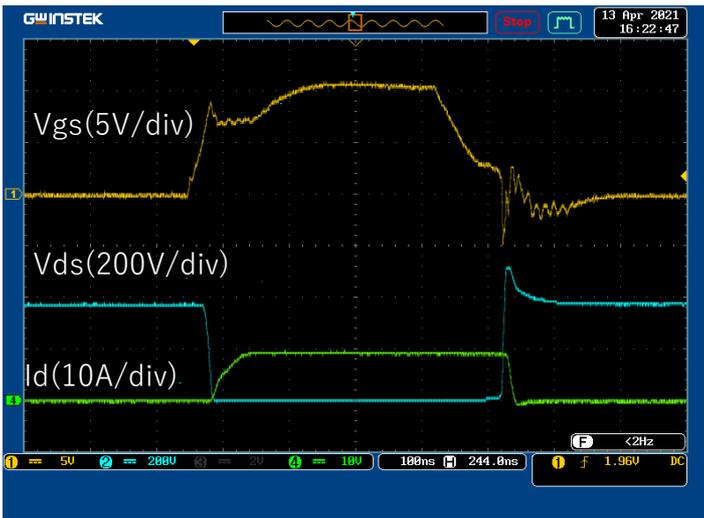


図20デバイス回路図における $C_{iss}, C_{oss}, C_{rss}$ とそれぞれの寄生容量の関係

この文書の内容については予告なく変更になることがあります。重要事項、免責条項については最後のページをお読みください。

## ICE20N170 のスイッチング特性例@ Id 10A.



Td (on) (ns)	tr (ns)	Td (off) (ns)	Tf (ns)	Condition
23.0	11.5	82.2	5.5	VDS=380V VGS=10V ID=20A Rg=4ohm (external)
23.2	11.8	92.5	3.9	VDS=380V VGS=10V ID=10A Rg=4ohm (external)

測定コンディション 20Aと10Aに  
大きな差は見られない。

Duty50%で周波数は380kHzとなる。  
(安全率を適用しない場合)

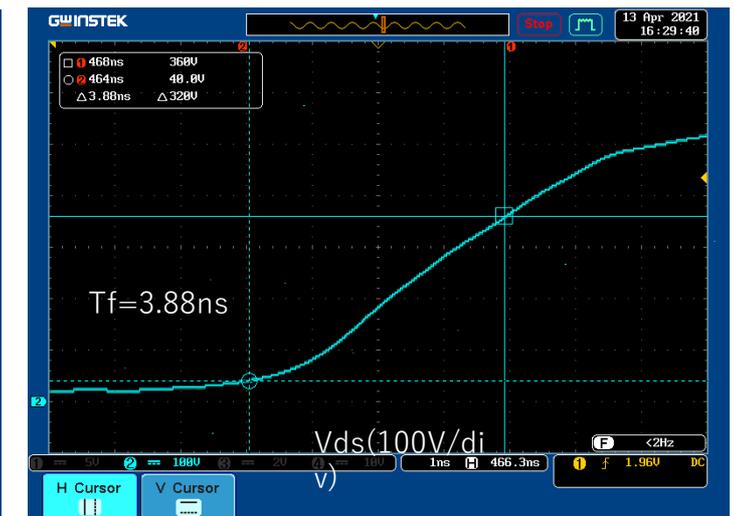
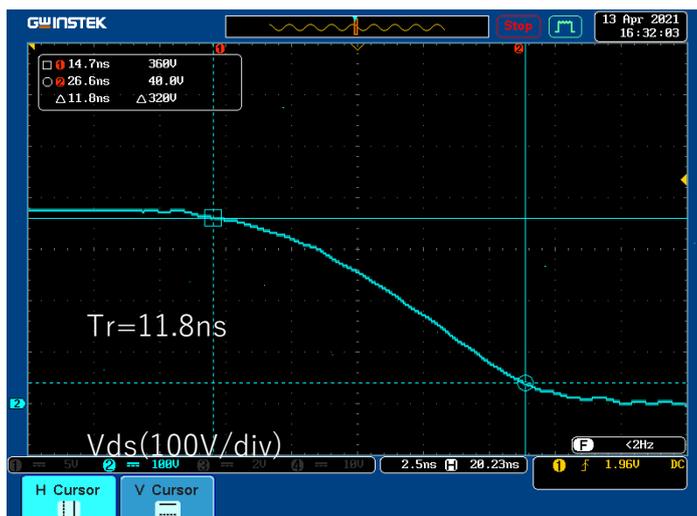
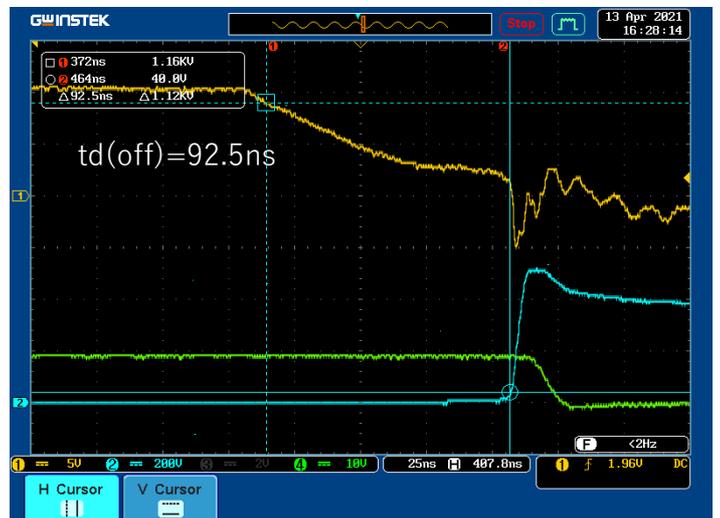
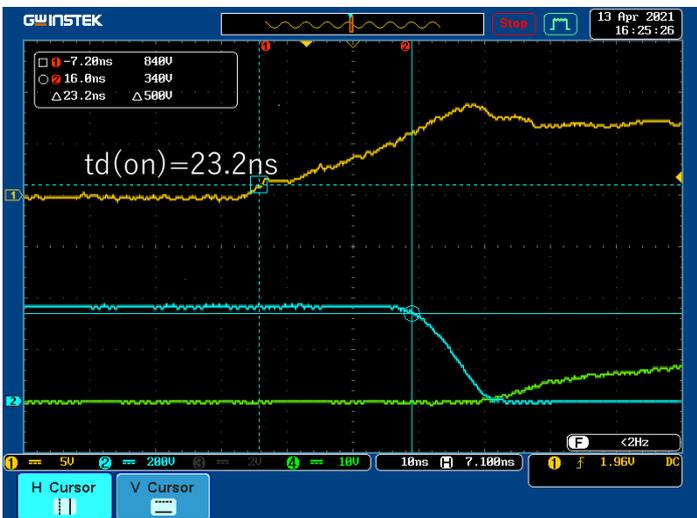


図21 スwitchング特性のグラフ

この文書の内容については予告なく変更になることがあります。重要事項、免責条項については最後のページをお読みください。

## 2.5ゲートチャージ、ボディーダイオード特性 (T<sub>J</sub>=25°C) ⚠:温度依存あり

パラメーター	記号	測定条件	規格値			単位
			Min	Typ	Max	

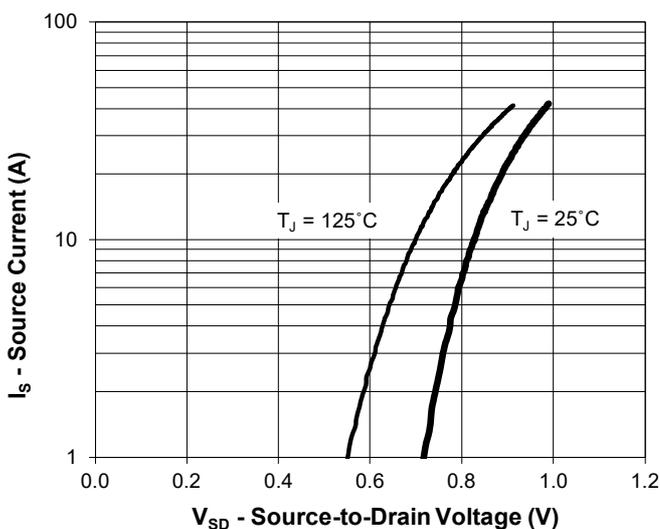
### Gate charge characteristics

パラメーター	記号	測定条件	Min	Typ	Max	単位
ゲート・ソース 電荷量	$Q_{gs}$	$V_{DS}=480V, I_D=20A,$ $V_{GS}=10V$	-	8	-	nC
ゲート・ドレイン 電荷量 スイッチング特性に影響	$Q_{gd}$		-	19	-	
トータルゲートチャージ量 ゲート電圧が ドライブ損失に影響	$Q_g$		-	59	-	
ゲートプラトー電圧 スイッチング時に、ミラー容量の 充放電が始まるゲート電圧の値。	$V_{plateau}$		-	4.2	-	V

### Reverse Diode (ソースとドレイン間の特性)

パラメーター	記号	測定条件	Min	Typ	Max	単位
ソース電流 MOSFETのボディーダイオードの 順方向電流の許容最大値(連続)	$I_S$	$V_{GS}=0V$	-	-	20	A
ダイオードの順方向電圧 ⚠ ボディーダイオードに順方向の電 流が流れたときの電圧	$V_{SD}$	$V_{GS}=0V, I_S=I_F$	-	0.9	1.2	V
逆回復時間 ⚠ 逆回復電流が消滅するまでの時 間	$t_{rr}$	$V_{RR}=480V, I_S=I_F,$ $d_{IF}I_{dt}=100 A/\mu S$	-	358	-	ns
逆回復電荷量 逆回復電流が消滅するまでの 電荷量	$Q_{rr}$		-	6.8	-	$\mu C$
ピーク逆回復電流 逆回復特性時のピークの電流値	$I_{rm}$		-	43.1	-	A

Source-Drain Diode Forward Voltage



ボディーダイオード

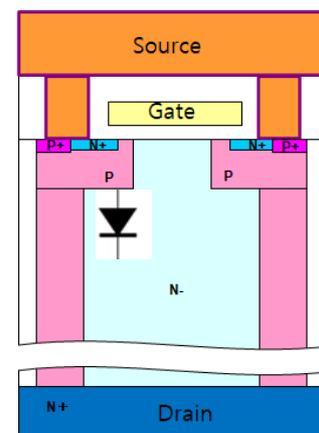
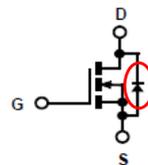


図22 ソースドレイン間にあるダイオードの順方向電圧に流れる電流の関係  
V<sub>SD</sub>ソース・ドレイン電圧とI<sub>S</sub>—ソース電流

この文書の内容については予告なく変更になることがあります。重要事項、免責条項については最後のページをお読みください。

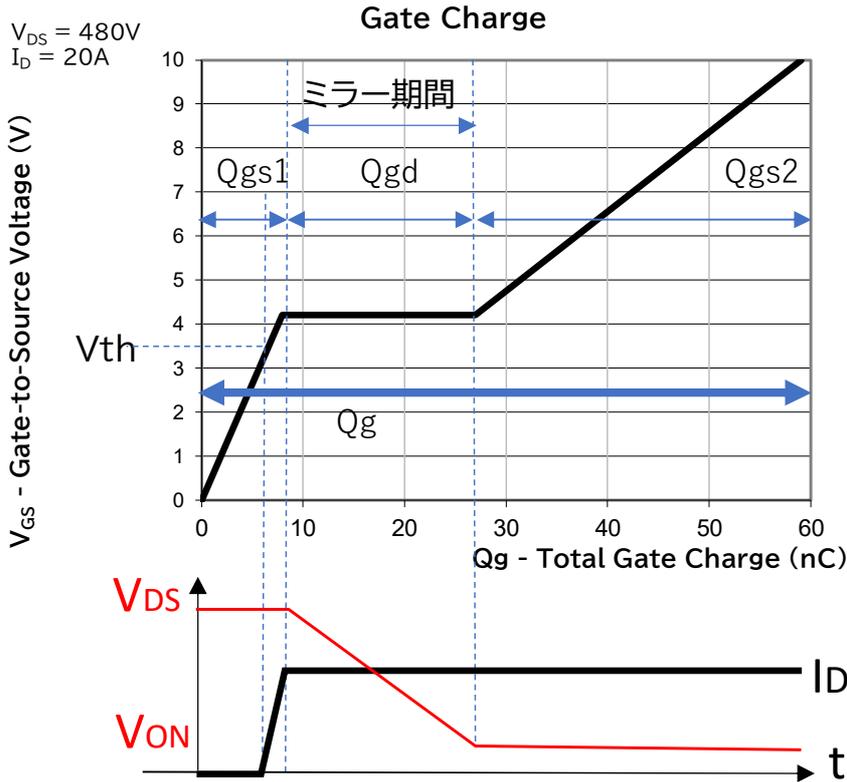


図23 ゲートの電荷容量の特性  
 $Q_{gs} = Q_g - Q_{gd}$   
 $Q_{gs} = Q_{gs1} + Q_{gs2}$

ゲートへ定電流印加するとゲート電圧があがり、MOSFETがオンし、ゲートとソース間そしてミラー期間にゲートとドレイン間に電荷がチャージされます。このときのゲート電流と時間の総量でゲート電荷量 $Q_g$ が決まります。ゲートドライブロスにつながるの、低い値が良いとされます。

**FOM** :Figure Of Meritはパワー半導体の性能指数として使われ、  
 $FOM = R_{DS(on)} \times Q_g (\Omega \cdot nC)$ で示されます。より低い値が優れた特性となります。

## 2.6 安全動作領域について

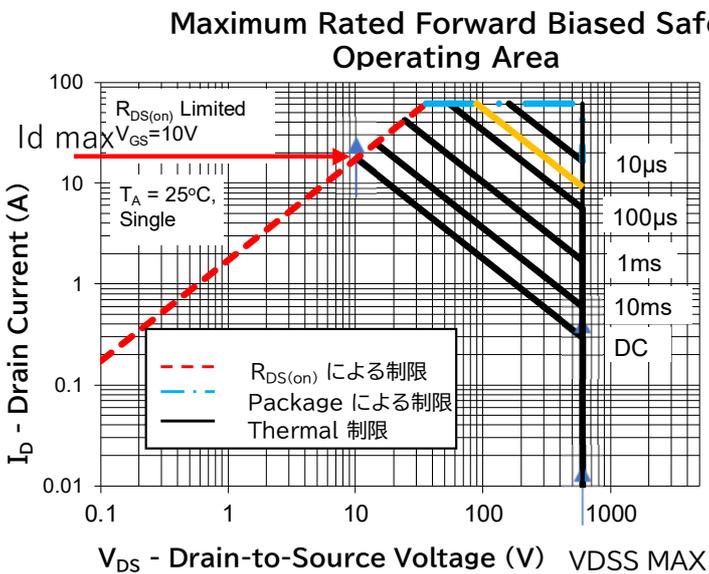


図24 安全動作領域  
 $I_{dmax}$ ,  $R_{DS(on)}$ 、チャネル損失 $PW=10ms$ 、 $BVR_{DSS}$ で制限される領域内で使用

この表は25°Cを基本に表示されていますが、ケース温度が上がるとSOA範囲が狭まります。

例:パルス幅10usec、ケース温度 $T_c=75degC$ の時どのようにSOAが狭まるか説明します。

ケース温度 $T_c$ へ温度変換するときは、Derating Rate  $D = (150 - T_c) / 125 * 100$ として計算します。

$$\begin{aligned}
 &PW=10\mu s, T_c=75^\circ C \text{の保証は} \\
 &16A * 600V = 9600W \\
 &D=0.6 \text{なので、} \\
 &P_d(75) = P(25) \times D \\
 &= 9600 \times 0.6 \\
 &= 5580W
 \end{aligned}$$

よって、図のオレンジのラインがパルス幅10µsec、 $T_c=75degC$ の時のSOA範囲となります。

### 3.7 過渡熱抵抗特性について

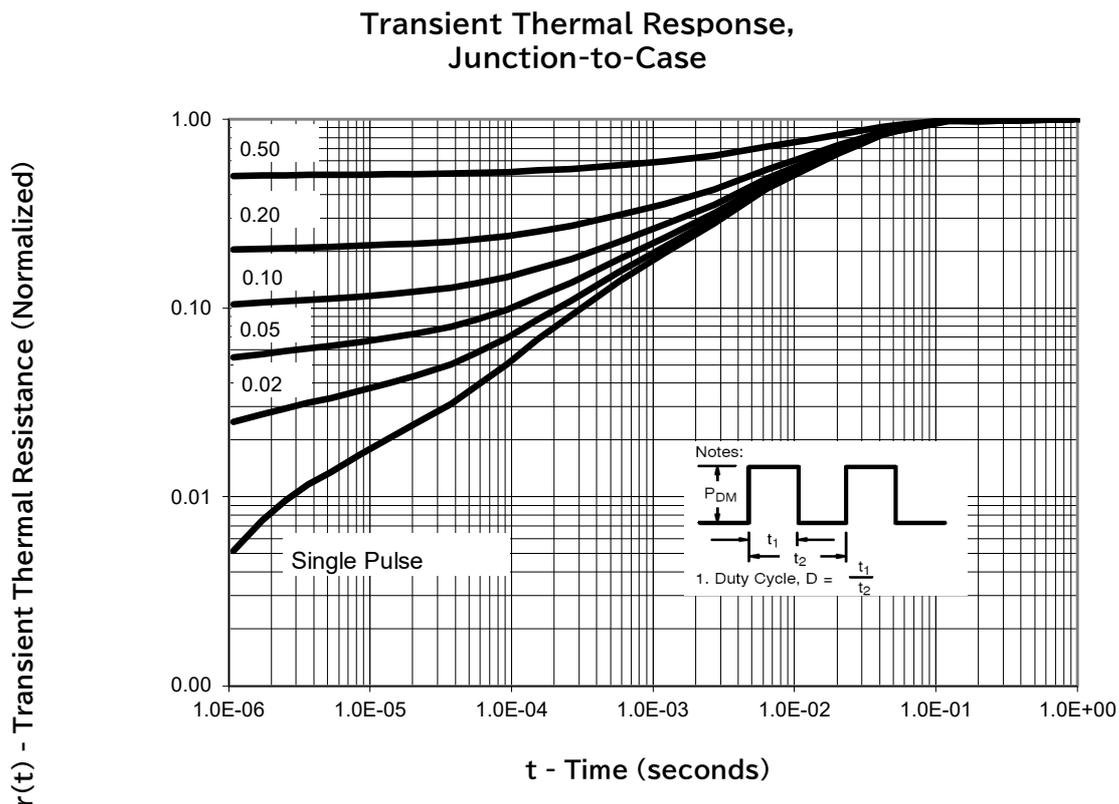


図25 過渡熱抵抗特性 $r(t)$ -パルス幅時間特性

$t_1$ =Pulse Width= $PW$

$t_2$ =Total Time

Duty= $t_1/t_2$

MOSFETのチャネル上昇 $\Delta T_{ch}$ を算出するのに、図24から $r(t)$ の値を参照します。

例1パルス幅 $t_1$   $PW=10ms$ ,  $D=0.2$  (Duty Cycle=20%)のとき、消費電力60Wのときの温度上昇はいくらになりますか。

グラフより $r(t)=0.6$ ,  $R_{thjc}=0.69degC/W$  よって  
 $\Delta T_{ch}=P*r(t)=60 \times 0.6 \times 0.69=24.84^{\circ}C$

例2 ケース温度 $T_c=85^{\circ}C$ 、電力40W、印加時間 10ms, Single Pulseのとき $T_j$ はいくらになりますか。

$T_c=85degC$ ,  $R_{thjc}=0.69degC/W$ 、 $P=40W$ 、Duty=0、 $r(t)=0.5$  よって  
 $\Delta T_{ch}=P*r(t)=40 \times 0.5 \times 0.69=13.8^{\circ}C$   
 $T_j=T_c+P*r(t)=85+(40 \times 0.5 \times 0.69) =98.8^{\circ}C$

例3 ケース温度 $T_c=85^{\circ}C$ 、周波数2kHz, Duty Cycle=20%, ピーク電力50Wのとき、ジャンクション温度 $T_j$ はいくらになりますか。

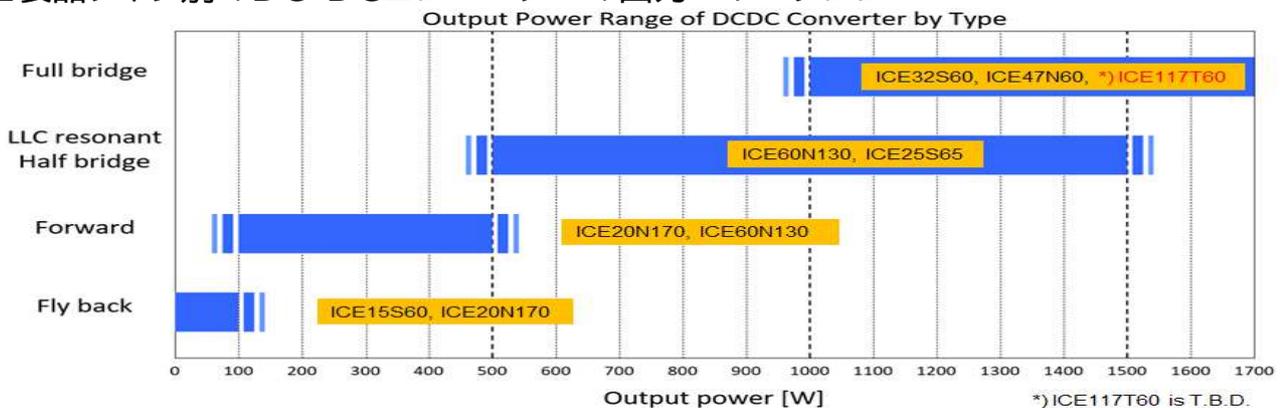
$T_c=85degC$ ,  $R_{thjc}=0.69degC/W$ 、 $P=50W$ 、Duty=0.2、 $f=2kHz$   
 $r(t)=0.24$  Pulse width=Duty\* $1/f=0.2/2000=1E-4sec$   
 $T_j=T_c+P*r(t)=85+(50 \times 0.24 \times 0.69) =93.28^{\circ}C$

### 3. 製品ファミリー

#### 3.1 製品リスト

GEN	Product	BVDS Min. (V)	ID Max. (A)	RDS(on) Max. ( $\Omega$ )	Qg Typ. (nC)	FOM ( $\Omega \cdot$ nC)	IAR		Package *Pbfree TO=TO220* FP=Full Pak* W=TO247* D=TO252 L=DFN B=TO263 C=Wafer*
							(A)	Avalanche Current	
1	ICE47N60	600	47	0.068	189	12.85	20		W,C
	ICE60N130	600	25	0.15	84	12.60	11.5		TO,FP,W,C
	ICE22N60	600	22	0.16	84	13.44	11		TO, B ,W
	ICE20N170	600	20	0.199	59	11.74	10		TO,FP,W,C,B
	ICE20N60	600	20	0.19	59	11.21	10		TO,FP,W,B,C
	ICE19N60	600	19	0.22	59	12.98	9.5		L8x8
	ICE15N60	600	15	0.25	59	14.75	7.5		TO,FP,W,L8x8
	ICE11N70	700	11	0.25	84	21.00	7.5		TO,FP,W,B,C
	ICE10N60	600	10	0.33	43	14.19	5		TO,FP,W,B,L8x8
2	ICE32S60	600	32	0.078	47	3.67	10		TO,FP,W,C
	ICE25S65	650	25	0.133	34	4.52	8		TO,FP,W,C,B
	ICE24S65	650	24	0.141	34	4.79	8		L8x8
	ICE15S60	600	15	0.175	30	5.25	5		TO,FP,W,C,B
	ICE14S65	650	14	0.195	24	4.68	5		TO,FP,W,C,B
	ICE8S65	650	7.8	0.4	11.5	4.60	2.7		TO,FP,W,B,C,L5x6
3	ICE117T60*	600	117	0.0134	304	4.07	13		Wplus
	ICE18T60*	600	18	0.15	31	4.65	5		TO,FP,W,B,D,C,L5x6
	ICE15T65*	650	15	0.22	23	5.06	2		TO,FP,W,,B,D,C,L5x6

### 3.2 製品タイプ別のDC-DCコンバーターの出力パワーレンジ



回路は出力パワー毎に異なります。フルブリッジ回路は1700W 以上出ることがありますので、出力パワーに合った製品をお選び下さい。例えば、100Wのフライバックであれば、ICE20N170がMax Id=20Aとして使用推奨、Max Id=15Aであれば、ICE15S60が推奨されます。

この文書の内容については予告なく変更になることがあります。重要事項、免責条項については最後のページをお読みください。

## 4.0 アプリケーション

### 4.1 使用されるアプリケーションのマトリクス ★:各アプリケーションで使われる回路を表示

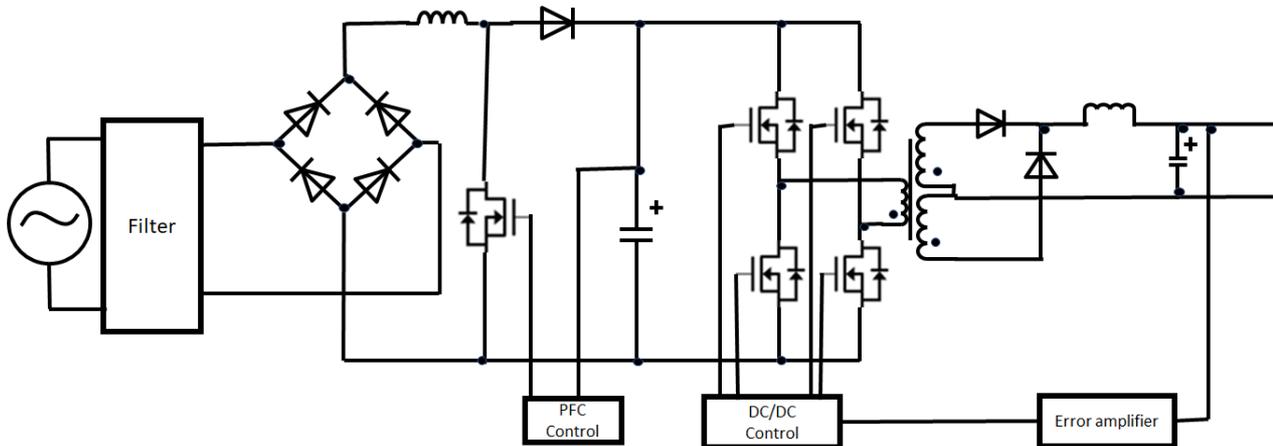
#	アプリケーション	出力電力(W)		回路							ICEMOS 品番	
				AC-DC			DC-DC					DC-AC
		Min	Max	Half wave	Full Wave1	Full Wave2	Fly back	For ward	LLC Half Bridge	Full Bridge		Inverter
a1	SMPS 効率改善	500							★	★		ICE25S65 ICE60N130
a2	LLCハーフブリッジ	1000									★	ICE47N60 ICE32S60
b	低電力SMPS 疑似共振フライバック		100				★					ICE15S60 ICE20N170
c	高電力SMPS LLCハーフブリッジ	500	1500						★			ICE47N60 ICE32S60
d	ATX電力	200	1600	★	★	★	★	★	★			ICE47N60 ICE32S60
e1	LEDテレビ (140inch)	5k				★					★	ICE117T60 ICE47N60
e2	LEDライト	20	500	★	★	★	★	★				ICE25S65 ICE60N130
f	データセンター AC/DC (サーバ・テレコム)	500k-1k node				★					★	ICE117T60 ICE47N60
g	急速充電器	3k	400k			★					★	ICE117T60 ICE47N60
h	チャージャー PCアダプタ	36	90	★	★		★					ICE15S60 ICE20N170
i	TV電源	24	410		★	★	★	★				ICE25S65 ICE60N130
j	UPS	500	10k			★			★	★	★	ICE117T60 ICE47N60
k	太陽光インバータ	300	6k					★	★	★	★	ICE117T60 ICE47N60
l	HID道路照明	22	500			★		★	★			ICE25S65 ICE60N130
m	ゲーム	100	200		★	★		★				ICE60N130 ICE19N60L
n	LEDサイン電灯	10	250	★	★			★				ICE60N130 ICE20N170
o	電動自転車	600	40k			★			★	★		ICE117T60 ICE47N60
p	プリンター	10	1500	★	★	★	★	★	★	★		ICE10N60FP ICE47N60
q1	家電 冷蔵庫	200	300			★			★	★	★	ICE60N130 ICE20N170
q2	家電 洗濯機	800	1500			★			★	★	★	ICE117T60 ICE47N60
r1	オーディオアンプ	200 x n	5k x n			★			★	★		ICE117T60 ICE47N60
r2	プロジェクター	300	2k			★		★	★	★		ICE47N60 ICE8S65FP
s1	自動車オーディオ	10 x n	100xn				★	★				ICE47N60 ICE32S60
s2	自動車ナビ	10	20				★					ICE15S60 ICE19N60L
u	3Dプリンター	180	1500	★	★	★	★	★	★	★		ICE117T60 ICE47N60
v	スマホアダプタ	20	90	★	★		★					ICE15S60 ICE20N170
w	組立電源	320	1300			★			★	★		ICE117T60 ICE47N60
x	タブレット端末	200	1500	★	★		★					ICE15S60 ICE20N170
y	極小インバータ	200	1500						★	★	★	ICE117T60 ICE47N60

## 4.2 回路図

### 4.2.1 フルブリッジコンバーター(絶縁型)

サーバー電源回路構成例:

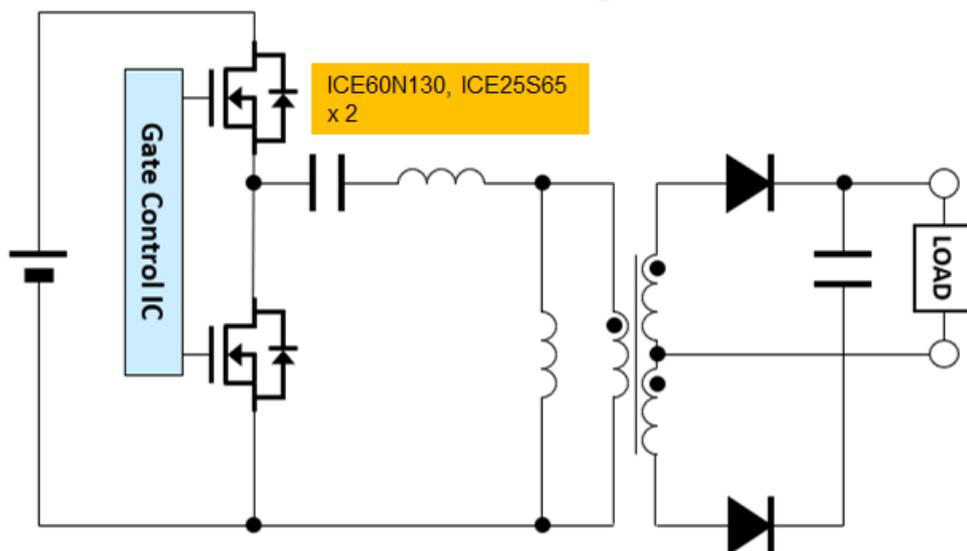
ICE32S60, ICE47N60, ICE117T60 x 4



ICE47N60やICE32S60を4個使用

### 4.2.2 LLC Resonant ハーフブリッジコンバーター(絶縁型)

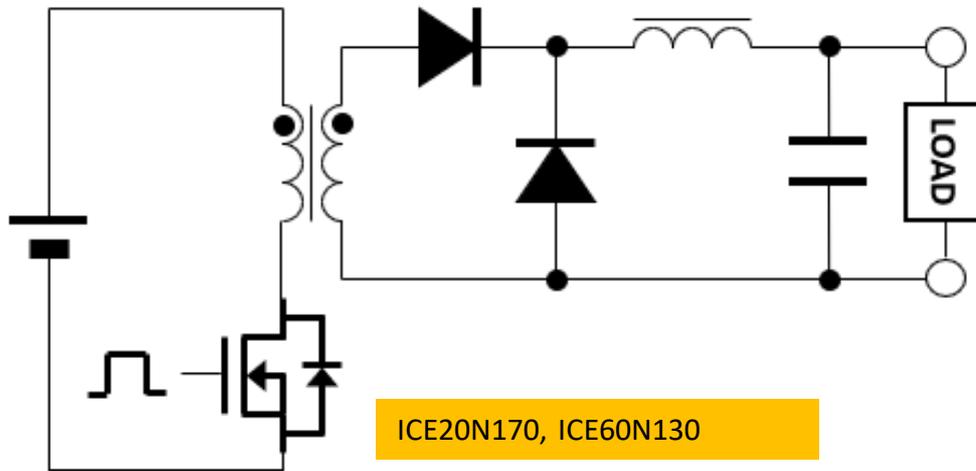
## LLC Resonant Half Bridge Converter



ICE60N130やICE25S65を2個使用した例

### 4.2.3 フォワードコンバーター(絶縁型)

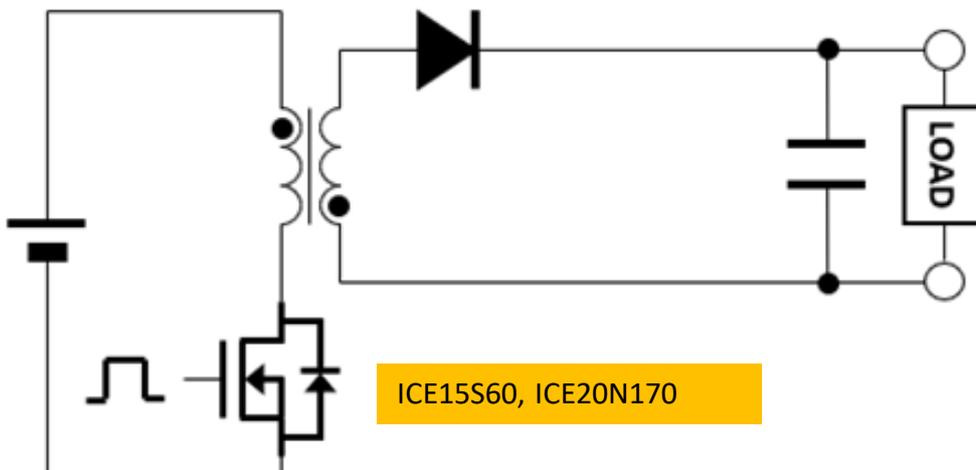
## Forward converter



ICE20N170,ICE60N130を1つ使用した例。このシステムは広範囲の出力を供給できます。フライバックに比べ、ダイオードとチョークコイルを入れる必要がありますが、リップル電圧は低くなります。出力電圧は一次側と二次側のTurn比で決まります。

### 4.2.4 フライバックコンバーター(絶縁型)

## Flyback converter



ICE15S60やICE20N170を2個使用した例

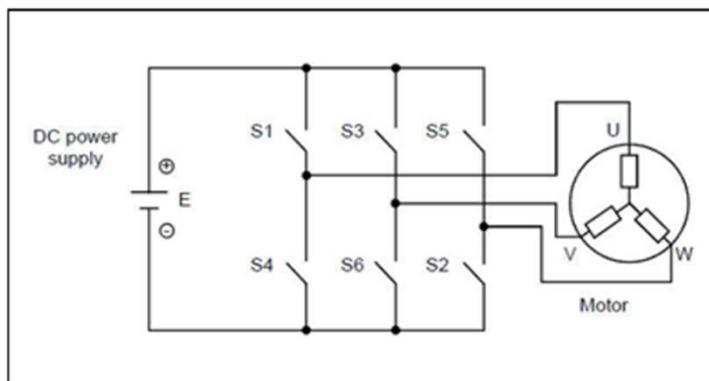
リップル電圧は他のコンバーターと比べると大きいので比較的大き目のキャパシターが必要となる。出力電圧は一次側と二次側のTurn比で決まります。

### 4.3 応用アプリケーション: ホームアプリケーション モータードライブやハードスイッチコミュニケーション

モータードライブマーケットでは効率化、コンパクトサイズ、システムの頑強さが求められます。白物家電のスマート化が特にアプリケーションにおいて必要とされるためです。パワースイッチ技術は異なるオペレーション状態のために選択され、マーケットの要求事項に見合う事が重要となってきます。スーパージャンクションはこのような要求に見合う実用性のあるオプションとなります。

エネルギーコストが上昇した結果、高い優先順位となるのは省エネの促進です。定常状態時のパワーロスを減らすことに、注意する必要があります。いくつかのアプリケーションでは、フルロード時に加え、低負荷においても同様に、省エネが求められます。効果的なスイッチを選ぶことで、低電流状態をコントロールすることがゴールに到達するためには重要な要素となります。

モーターコントロールのアプリケーションは、様々な電圧と周波数のインバーターで組まれています。パワーコンバーターの目的は、電圧と周波数のコントロールを可能にすることで、DC回路のパルス幅変調からAC波形を生み出すことです。これを可能にするのが、いくつかの変調技術です。このイラストは、一般的なモーターコントロールのアプリケーション例です。基礎的な電圧ソースのインバーターで、3つのハーフブリッジ、または、モータへ3相ACを作り出します。



このトポロジーは6つのパワースイッチで構成されており、モータへ電圧を供給し、モーターのスピードや、位置、電磁トルクを管理します。それぞれのハーフブリッジはハードスイッチで整流し、抵抗性誘導負荷であるモーターにおいて、引き続き電流を流して、すべての整流が惰性で稼働する状態になるように、6つのダイオードがパワースイッチと結合され、逆電流が導通します。

ローサイドのダイオードが、リバーシリカバリーの状態となった時、電流の方向がハイサイドのスイッチとおなじ方向に流れ、または逆もしかり、ターンオンしてオーバーシュートが起こることで、パワーロスを引き起こします。これはハーフブリッジのトポロジーにおいて、ハードスイッチの整流をさせることを意味するため、還流ダイオードにおいては、低い順方向電圧特性とファストリバーシリカバリー特性(低い trrとQrr)が求められます。

様々なモータードライブアプリケーションが4kHzから20kHzにおいて駆動されていますが、人に聞こえるノイズを減らすように努めています。主に低い導通ロスをなくし、二次的にはスイッチングロスを減らすような、完全なパワースイッチが必要となります。

モータードライブに使われるようなデバイスは、頑強で、アクティブ化したときには、図式を保護するようにするために、十分に長い時間の障害時に耐えうる能力のあるデバイスを推奨します。

#### 4. 4. 応用事例:再生エネルギーインバーター 太陽光アプリケーション ソーラーインバーター技術

典型的なインバーターデザインは主に2つ(位相とパワースイッチコントロール)により特徴づけられます。コントロールを自己振動、もしくは別の回路で駆動させることにより、位相をシングル、またはダブルエンドの回路構成にします。好ましいアプローチは対費用効果によるパフォーマンスによります。

シングルエンド位相はダブルエンド位相と比べ、より少ないパワースイッチとその関連回路構成になるので、費用を低く抑えることができます。しかしながらトランジスターをパワースイッチとして使用するので、電流、電圧において回路全体をロードさせる必要があります。従ってシングルエンドはダブルエンドデザインよりも、より大きい電流駆動と高いブレークダウン電圧のデバイスを必要とします。それにはバイポーラトランジスター並みのパフォーマンスを求められますが、残念ながら低い周波数における制限があります。

そこで、問題を解決するのがスーパージャンクションMOSFETとなります。低い  $R_{DS(on)}$  によりバイポーラトランジスター並みの電流駆動を可能にします。早いスイッチングスピードとシンプルな回路駆動でMOSFETがシングルエンド位相の選択となります。

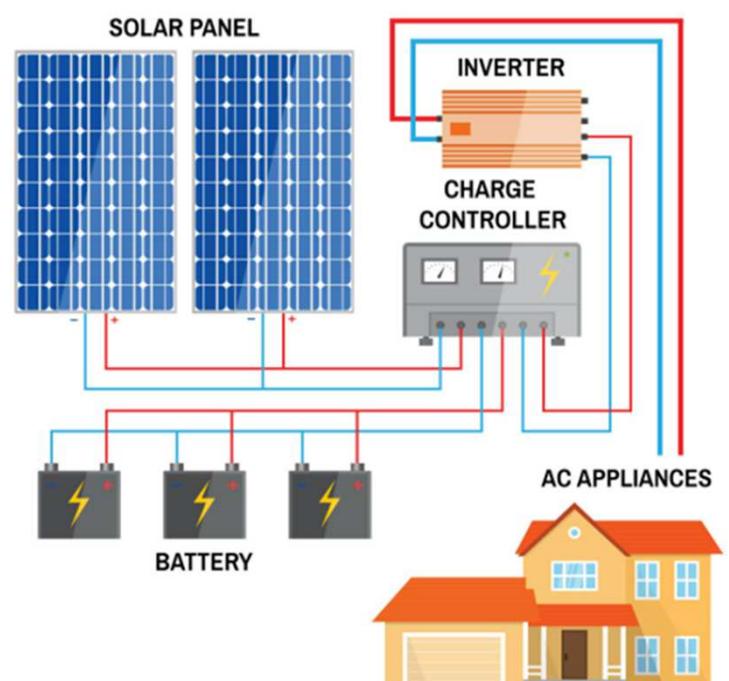
ダブルエンドインバーターは、少なくとも2つのパワースイッチを使います。結果として、それぞれのパワートランジスターはすべてのロード電流を運びますが、それは半分の電圧となります。他の位相ではトランジスターは半分の電流を運びますが、それはフル電圧となります。よって同じように、MOSFETは、優れた  $R_{DS(on)}$  とシンプルな回路駆動の選択となり、スーパージャンクションパワーMOSFETが理想的でしょう。

ソーラーパネルでは、インバーターはDCのソースからの電力をもらい駆動します。電力は250V~600Vの範囲で作られます。DCパワーはインバーターの中でACパワーに変換されます。

このDCからAC変換にはソリッドステートのデバイスが使われます。例えばIGBTや、スーパージャンクションMOSFETなどがあります。

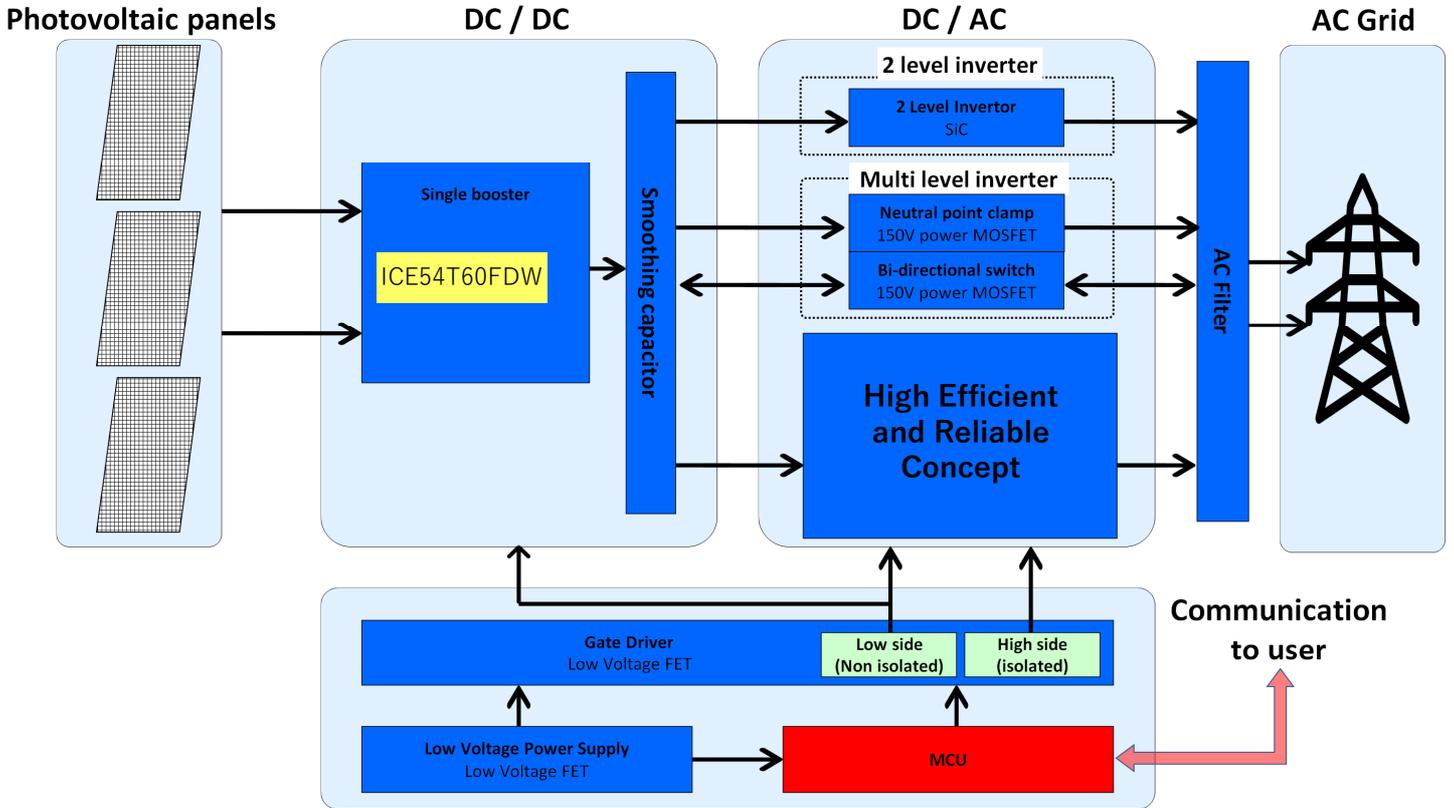
これらのデバイスは、典型的なH-Bridge回路に接続されDCパワーを発振し、それによって、ACパワーが生成されるのです。

### TYPICAL SOLAR PANEL SYSTEM



Solar Inverter System Illustration (Source: Herholdt's Group (Pty) Ltd.)

### 6kWまでのソーラーデザインのシステムブロック図

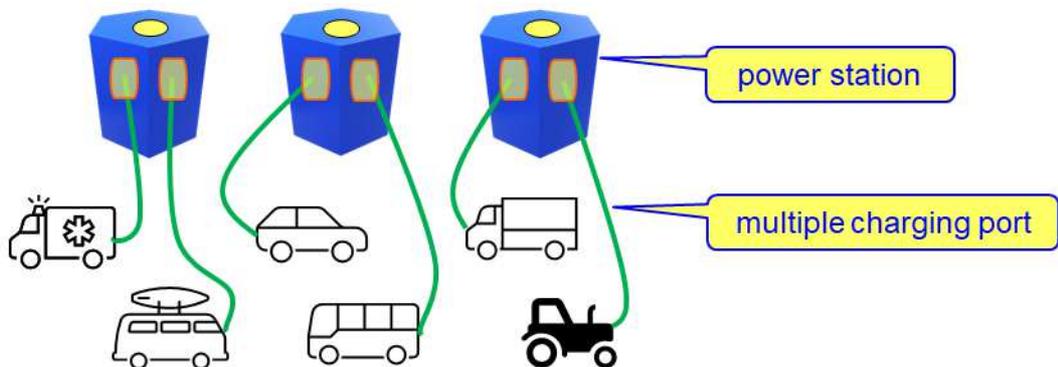


DC-DC回路においては シングルブースター回路が通常使われます。  
DC-AC回路には上の図のように3つの方法があります。

GEN	Product	BVDSS Min. (V)	ID Max. (A)	RDSON Max. (Ω)	Qg Typ. (nC)	Pd (W)	FOM (Ω· nC)	Rthjc (degC/W)	IAR (A)  Avalanche  Current	Package TO=TO220 FP=Full Pak W=TO247 D=TO252 8=DFN8x8 C=Wafer
1	ICE47N60	600	47	0.068	189	431	12.85	0.29	20	W,C
3	ICE54T60FDW fast recovery	600	54	0.037	136	255	5.03	0.49	7	W

#### 4.5.電気自動車や家庭用家電への充電について

電気自動車のEV急速充電器にはいくつかのコネクタ形状があり、Communication方式もCAN, PLCなど規格も異なります。最大電力は $1000V \times 400A = 400kW$ ,  $950V \times 250A = 237.5kW$ ,  $410V \times 330A = 135kW$ などがあります。スローチャージの場合は主に3kW、7kWなどのタイプがあり、家電や一般公共の場所での充電に使われています。例えば、電気自動車に3kWシステムでチャージした場合、フル充電するのに12~13時間、7kWでは6時間かかります。50kW(125A)で急速DCチャージをした場合、20分から1時間程度で8割の充電ができます。今後はバッテリーの容量も増えていく傾向にあることから新しい電気自動車は100kWを超えるような超急速充電器の能力が必要となります。

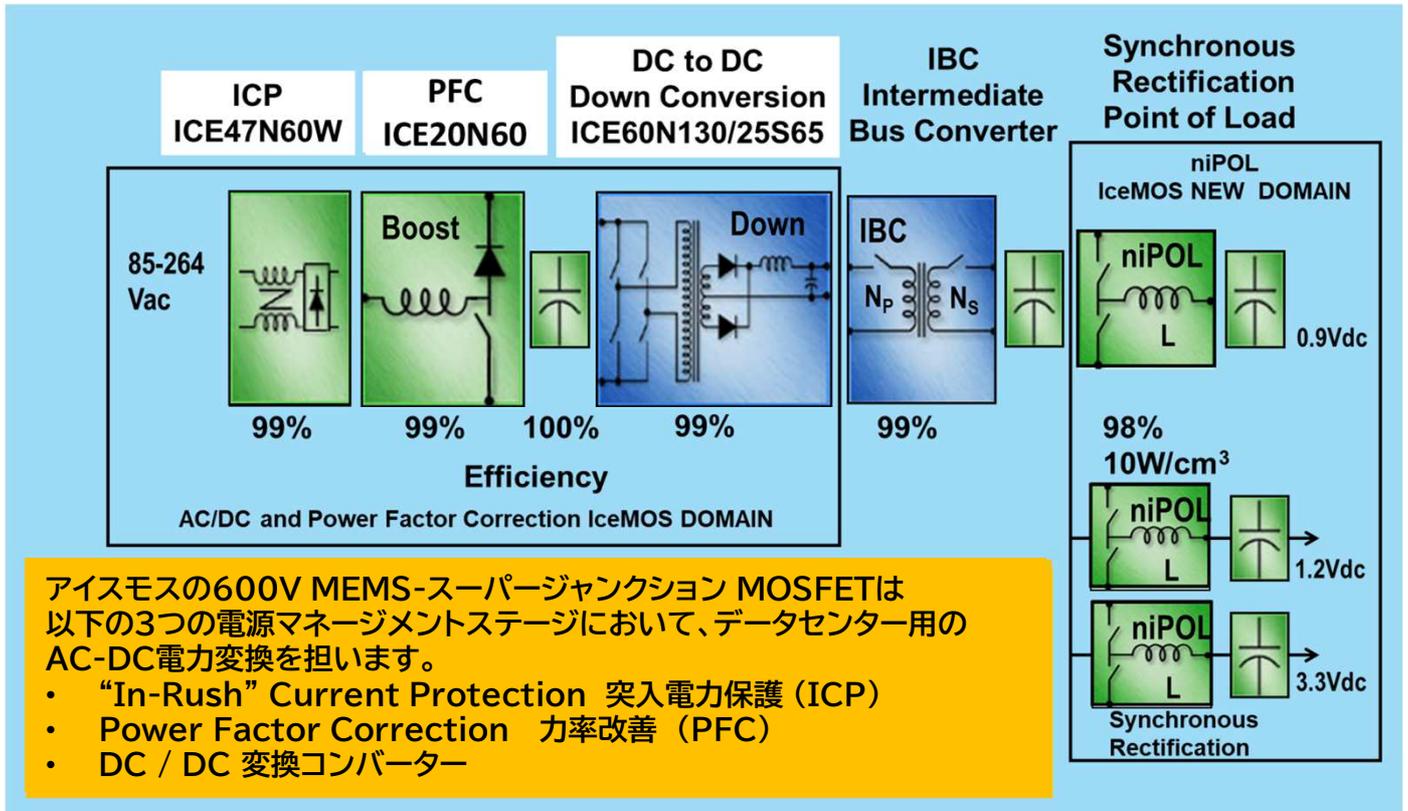


同時に複数の電気自動車へのチャージをするようなステーションでは、100kW以上を出力させるために15kW~30kWのチャージ回路を平行につなげる必要があります。現在開発中である、BVDSS 600Vの弊社製品—TO247パッケージ ICE117T60(GEN3) が超急速充電に15~30kWのシステムを可能にします。超急速充電器の重要なパラメータとしては低いオン抵抗とPd(W)が重要なファクターとなります。

GEN	Product	BVDSS Min. (V)	ID Max. (A)	RDSON Max. (Ω)	Qg Typ. (nC)	Pd (W)	FOM (Ω· nC)	Rthjc (degC/W)	IAR (A)  Avalanche Current	Package TO=TO220 FP=Full Pak W=TO247 D=TO252 8=DFN8x8 C=Wafer
3	ICE117T60*	600	117	0.0134	304	624	4.07	0.2	13	Wplus

弊社製品はウエハーやDIE売りが可能ですので、御社のモジュールやパッケージに合わせ、デバイスを複数組み合わせ一つのモジュールを作製するなど、自由に設計することができます。

#### 4.6. データセンターサーバーの電源マネージメント



#### サーバー電源マネージメントのデバイス 主要スペック

Product	ICE47N60W	ICE20N60	ICE60N130
Stage	ICP	PFC	DC/DC
Id (MAX)	47A	20A	25A
V(BR)DSS (MIN)	600V	600V	600V
RDS(on) (TYP)	0.06 Ω	0.17 Ω	0.14 Ω
Qg (TYP)	189nC	59nC	72nC

アイスモスのスーパー Junction MOSFET 技術はデータセンター電源のデザイナーにとって、高いパフォーマンス、信頼性、コスト効果のある解決法となります。

- ✓ 優れたアバランシェ特性(EAS) – IceMOS GEN-1 シリーズはアバランシェ特性に優れています。
- ✓ デバイスの多機能性 – ICE47N60W Nチャンネルデバイスはデバイスの多機能性の面で、回路デザイナーからも、最も評判の良いデバイスの一つです。このデバイスは、高いパフォーマンスの電源システムに使われており、AC-DC, DC-DC, DC-AC回路などに組み込まれています。

## 5. パワーMOSFETの不良モードについて

主に、以下のような不良モードがあります。

### 5.1 アバランシェ破壊(UISモード)

L負荷回路のようなスイッチングオフ時に発生するEAS耐量以上の電圧・電流負荷により、デバイスが破壊に至ります。

VG(th)劣化やドレインソース間のショートなどの現象が確認されます。

アバランシェ状態のチャネル温度Tjが150°C以下であることも必要です。

### 5.2 EOS(安全動作領域を超えた過電圧および過電流破壊)

サージ電圧、過電流、熱的ストレスなど、デバイスの安全動作領域を超えたストレスが加わると電氣的オーバーストレスとして、メタル焼損やシリコンが溶解するなど破壊痕が残ります。3端子がショートするなどの現象が確認されます。

サージ耐量としては、IEC61000-4-5 Surge Generatorによるクラス2 1000Vでゲートやソース周りの破壊が確認されます。

### 5.3 ESD破壊

弊社のSJMOSFETのESD耐量はMIL-STD-1686の電圧レンジにより

Human Body Model クラス3(4000-15999V)

Machine Model クラスM5 > +-800Vのカテゴリーの耐量となります。

ESDによりポリゲートやゲート酸化膜破壊によるゲートリーク、ドレインソース間の抵抗性ショートなどの不具合が発生することがあります。

お取り扱い時は1MΩのアース、装置の設置などのESD対策が必要となります。

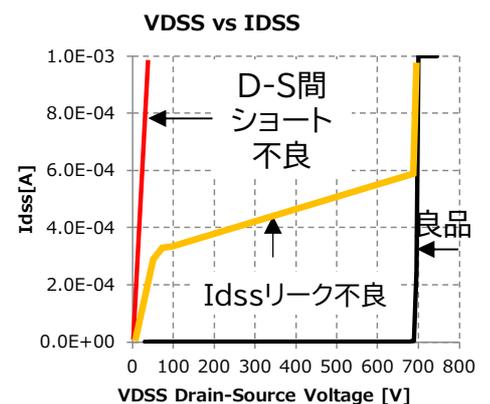
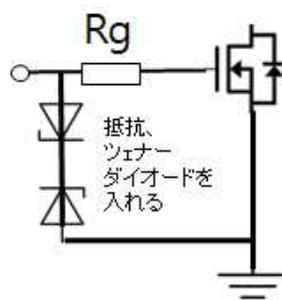
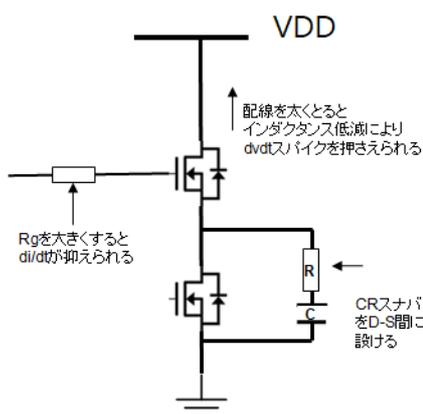


図26 内蔵ダイオード破壊への対策例

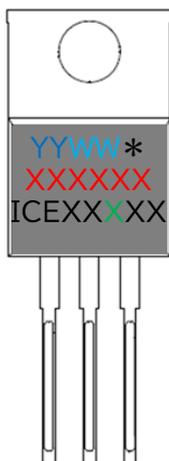
図27 ESDへの回路対策例

図28 破壊時の特性例

## 6. 信頼性データ

Items	Test Description(Abbr.) テスト項目	Test method. テスト方法	Stress Condition 試験条件	Result 結果
1	Temperature Cycle(TCT)	JESD22-A104	1000 cycles, $\Delta T_j$ -55 to 150°C	PASS 合格
2	High Temp storage(HTS)	Mil-Std. 750 Method 1032	500 hrs, $T_j = 150^\circ\text{C}$	PASS 合格
3	Stedy State Gate Bias positive (HTGB)	Mil-Std. 750 Method 1042-B	1000 hrs, $V_{GS} = +24\text{V}$ $T_j = 150^\circ\text{C}$	PASS 合格
4	Steady State Gate Bias negative (HTGB)	Mil-Std. 750 Method 1042-B	1000 hrs, $V_{GS} = -24\text{V}$ $T_j = 150^\circ\text{C}$	PASS 合格
5	Steady State Reverse bias (HTRB)	Mil-Std. 750 Method 1042-A	1000 hrs, $V_{DS} = 480\text{V}$ $T_j = 150^\circ\text{C}$	PASS 合格
6	High Temp Hugh Humidity Reverse Bias (H3TRB)	Mil-Std. 750 Method 1042-A	1000 hrs, $V_{DS} = 480\text{V}$ $T_j = 85^\circ\text{C}$ , $\text{RH} = 85\%$	PASS 合格
7	Pressure Cooker Test (PCT)	Method JESD22-A102	121C 100% RH, 205Kpa,96 hours	PASS 合格
8	Highly Accelerated stress test (HAST)	JESD22-A110D	130DegC 85% RH, 230Kpa, 96 hours	PASS 合格
9	Resistance to Solder Heat Test (RSH)	JESD22-B106(PTH)	265degC 10-12secss 3 cycles	PASS 合格
10	Solderability	JESD22-B102E	260degC 10 secs	PASS 合格

## 7. マーキングルール(捺印仕様)



YY=西暦の末尾二桁

WW=週

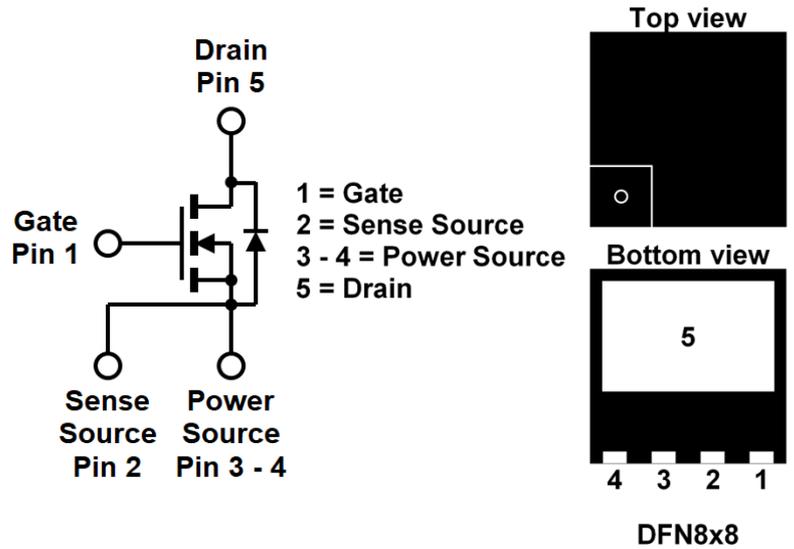
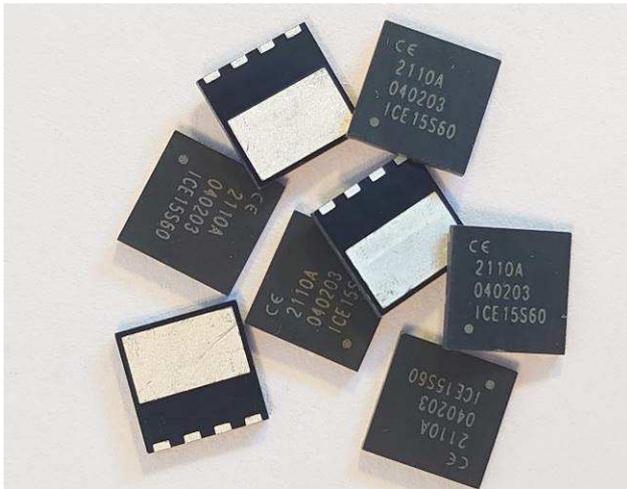
\* 製造サイトのID

XXXXXX =製造ロットのID

ICExX X XX =ICEMOSのデバイス製品名

X=N:GEN1, S:GEN2, T:GEN3

## 8. 新パッケージ DFN8x8



### DFN 8x8 Leadless Package

#### 特長:

- 低抵抗
- 超低ゲートチャージ
- 高耐ピーク電流
- 高  $dv/dt$  特性
- テープ& リールパッケージ (13 inch reel)
- 3,000 個単位のリール
- Eco-Friendly, MSL-3

#### アプリケーション:

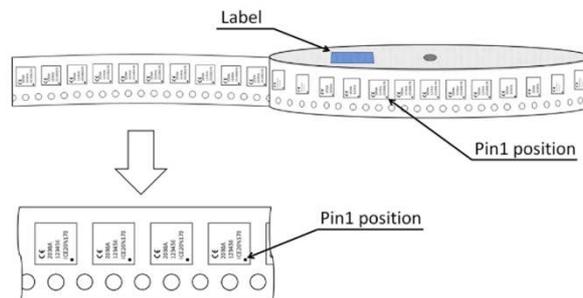
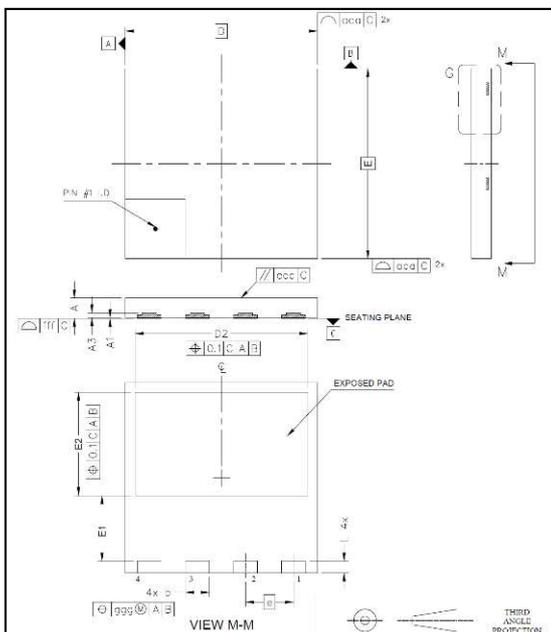
- ◆ サーバー ◆ アダプター ◆ HID ライト
- ◆ UPS ◆ 再生可能エネルギー

#### 利点:

- ✓高密度のアプリケーションに最適
- ✓自動化生産ラインに適用しやすい
- ✓リードレスで小型化

Part Number	GEN1	GEN2	GEN2
	ICE19N60L	ICE15S60L	ICE24S65L
Polarity	N	N	N
Id (Max)	19A	15A	24A
V(BR)DSS(Min)	600V	600V	650V
Rds(on)(Typical)	0.20Ω	0.165Ω	0.128Ω
Qg(Typical)	59nC	30nC	34nC
FOM(ΩxnC)	11.8	5.0	4.4

GEN1は2021年Q3,GEN2はQ4にリリース予定。



SYMBOL	MIN	MAX	NOTES
A	0.75	0.95	1.0 DIMENSIONING & TOLERANCING CONFIRM TO ASME Y14.5M-1994.
A1	0.00	0.05	
A3	0.10	0.30	2.0 ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS, ANGLES ARE IN DEGREES.
b	0.90	1.10	
D	7.90	8.10	3.0 DIMENSION b APPLIES TO METALLIZED TERMINAL AND IS MEASURED BETWEEN 0.90mm AND 1.10mm FROM TERMINAL TIP.
E	7.90	8.10	
D2	7.10	7.30	4.0 DIMENSIONS DO NOT INCLUDE BURRS OR MOLD FLASH.
E1	2.65	2.85	
E2	4.25	4.45	5.0 COPLANARITY APPLIES TO THE EXPOSED HEAT SLUG AS WELL AS THE TERMINAL.
e	2.00 DSC		
L	0.40	0.60	6.0 RADIUS ON TERMINAL IS OPTIONAL.
aaa	0.10		
eee	0.05		
ccc	0.05		
fff	0.05		



この文書の内容については予告なく変更になることがあります。重要事項、免責条項については最後のページをお読みください。

## 9. パッケージの情報



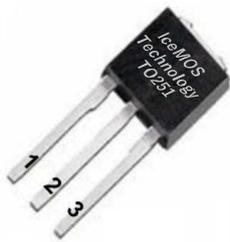
TO220   
Lead Free



TO220FP   
Full Pak Lead Free



TO247   
Lead Free



IPAK   
TO251 Lead Free



I2PAK   
TO262 Lead Free



D2PAK  
TO263-2L  
(MSL3)



DPAK  
TO252  
(MSL3)



DFN8x8  
(MSL3)



DFN5x6  
(MSL3)

### パッケージ:

- RoHS 指令準拠 (EU)2015/863
- 鉛フリー (Pb free) product. (一部表面実装タイプ除く)
- ハロゲンフリー
- 環境配慮されたモールド樹脂使用

弊社のPb Freeの定義は製品の内部、外部ともにPb不使用を指します。

この文書の内容については予告なく変更になることがあります。重要事項、免責条項については最後のページをお読みください。



### ～製品のお取り扱いについて～

1. 半田温度  
フロー、リフロー:260°CMax 浸漬10秒まで 2回  
手半田 :380°CMax 浸漬 3秒まで 1回
2. Shelf Lifeガイドライン  
パッケージ製品5年、ウエハー製品3年
3. 急激な温度変化を避け、  
温度5～35°C、湿度20～75%RHで保管して下さい。  
TO220,TO220FP,TO247のモイスチャーセンシティブレベルは  
MSL1となります。  
TO-263-2L(D2PAK)やDFN8x8、DFN5x6はMSL3となります。
4. 腐食や塩化、荷重負荷、直射日光は製品を劣化させる原因  
となるため、これらを避けて保管して下さい。
5. 静電気(ESD)によるダメージを防ぐため、保管は耐ESD  
対応の包装、また取り扱いには充分気を付けて、  
ジグ、装置、ベンチなどに抵抗を介したアースを取って、  
放電を避けて下さい。
6. 弊社製品はRoHS, REACH を順守しております。また一切の  
紛争地帯からの鉱物は使用しておりません。

#### 製品に関するお問い合わせ先:

アイスモスジャパンセールス:日高 文香 [fumikakuramae@icemostech.com](mailto:fumikakuramae@icemostech.com)

#### 重要事項に関する注意事項

本文書に掲載されている内容は、本文書が発行された時点のものであり、最新の仕様は弊社ウェブサイトに記載されておりますデータシートをご確認下さい。弊社が本文書に記載した製品または仕様書は予告なしに変更することがあります。弊社の仕様書が示す最大定格、動作電源電圧、熱特性、実装条件、使用環境など弊社保証範囲内でご使用下さい。

#### 免責条項:

本文書はアイスモス・テクノロジー・リミテッド製品を実装するアプリケーションのヒントとして提供しているもので、製品のコンディションやファンクションやパフォーマンスを保証するものではありません。したがって、すべての情報の使用に起因する損害や、第三者の知的財産権、その他の権利に対する侵害に関し、弊社は責任を負いません。弊社製品は品質および信頼性の向上には努めておりますが、半導体製品はある確率で不具合が発生したり、使用条件によって誤動作を起こしたりする場合がありますので、お客様の責任において安全な設計に配慮されるなど検証をお願いします。