

# 目录

- 1. 范围 [P3](#)
- 2. 电气特性
  - 2.1最大额定值[P3](#)
    - 2.1.1  $E_{AS}$  雪崩能源 [P3](#)
    - 2.1.2 MOSFET dv/dt 强度 [P4](#)
  - 2.2热特性 [P5](#)
    - 2.2.1焊接指南 [P5](#)
  - 2.3静态特性 (DC parameter) [P6](#)
  - 2.4动态特性 (AC parameter) [P9](#)
  - 2.5栅极电荷特性和体二极管特性 [P11](#)
  - 2.6安全操作区Safe Operating Area [P12](#)
  - 2.7瞬态热响应 [P13](#)
- 3. 产品系列[P14](#)
  - 3.1产品列表
  - 3.2按产品类型划分的 DCDC 转换器输出功率范围
- 4.应用
  - 4.1应用矩阵 [P15](#)
  - 4.2电路
    - 4.2.1 全桥转换器[P16](#)
    - 4.2.2 LLC 谐振半桥转换器 (隔离型) [P16](#)
    - 4.2.3正向转换器 (隔离型) [P17](#)
    - 4.2.4飞返转换器 (隔离型) [P17](#)
  - 4.3 功能应用: 家用电器
    - 电机驱动应用和硬开关换向[P18](#)
  - 4.4 可再生能源 - 太阳能应用 太阳能逆变器技术[P19](#)
  - 4.5电动汽车充电基础设施[P21](#)
  - 4.6 数据中心电源管理阶段[P22](#)
- 5.功率 MOSFET 的故障模式 [P23](#)
  - 5.1雪崩故障 (UIS 模式)
  - 5.2 EOS 故障 (由于过电压或过电流而超出 SOA)
  - 5.3 ESD 故障
- 6.可靠性测试结果[P24](#)
- 7.标记规则[P24](#)
- 8.新封装介绍--DFN 8X8 [P25](#)
- 9.包装信息 [P26](#)
- 处理我们产品的指导原则 [P27](#)

## 1.范围:

本应用说明提供有关 高压超级结 MOSFET 产品的信息，包括电气特性和建议的应用电路。本应用说明面向参与电源模块产品电路设计的工程师。

## 2.电气特性

### 2.1最大额定值

ICE20N170 示例 ( $T_j=25^\circ\text{C}$ )

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

Parameter	Symbol	Condition	Value	Unit
Continuous drain current	$I_D$	$T_c=25^\circ\text{C}$ $T_c=100^\circ\text{C}$	20 11	A
Pulsed drain current	$I_{D, \text{pulse}}$	$T_c=25^\circ\text{C}$	62	A
Avalanche Energy, single pulse $E_{AS}=1/2*L*I^2(V_{BRDSS}/(V_{BRDSS}-V_{DSS}))$	$E_{AS}$	$I_D=10\text{A}$	520	mJ
MOSFET dv/dt ruggedness	dv/dt	$V_{DS}=480\text{V}$ , $I_D=5\text{A}$ , $T_j=125^\circ\text{C}$	50.0	V/ns
Avalanche current, repetitive	$I_{AR}$	limited by $T_{jmax}$	10	A
Gate source voltage	$V_{GS}$	Static	$\pm 20$	V
		AC ( $f>1\text{Hz}$ ),	$\pm 30$	
Power dissipation	$P_{tot}$	$T_c=25^\circ\text{C}$	236	W
Operating and storage temperature	$T_j, T_{stg}$		-55 to +150	$^\circ\text{C}$
Mounting torque <sup>a</sup>		M 3 & 3.5 screws	60	Ncm

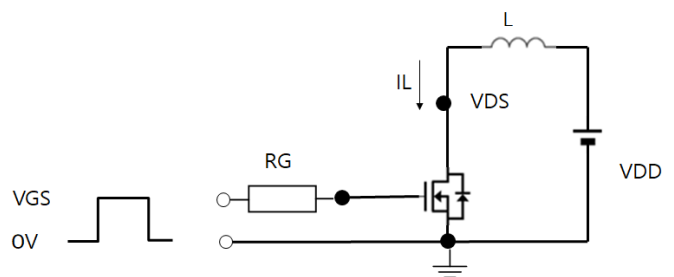
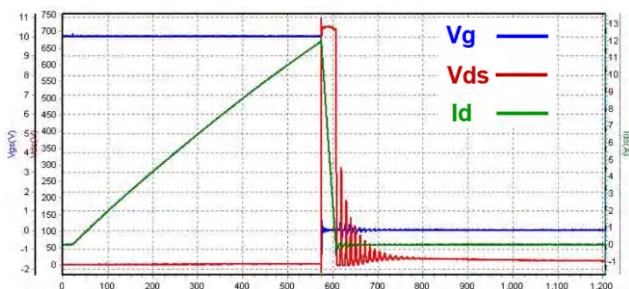
<sup>a</sup> When mounted on 1inch square 2oz copper clad FR-4

#### 2.1.1 $E_{AS}$ 雪崩能源

$E_{AS}$  雪崩能量是 MOSFET 关断时由于电感 (L) 产生的感应电流而激增的能量，其简单方程如下所示

$$E=L * di/dt$$

在测试电路中，调整接通时间以产生电感 (L) 并保持一定的电流能量。然后在关断时强制电流通过测试设备。这种测试被称为 UIS 测试（非闭合电感开关），通过测试提供设备所能承受的能量，从而显示设备的鲁棒性。



本文件内容如有更改或更新，恕不另行通知。重要说明和免责声明写在最后一页

### 2.1.2 MOSFET dv/dt 强度

SJMOSFET 中的寄生 npn 双极晶体管如图 4 所示。在关断时，当电压随 dv/dt 变化时，电流会流经电容器 C 和电阻器 R。由于电流会因电阻产生电压，寄生 npn 双极晶体管的栅极可能会导通，并进一步产生电流，从而导致 MOSFET 毁损。

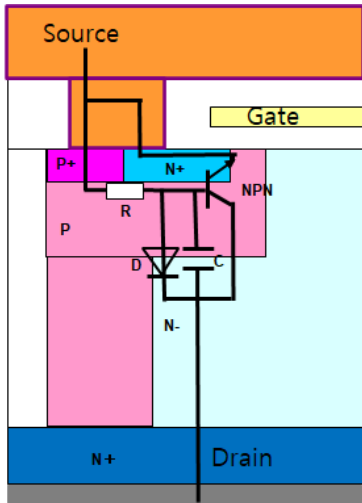


Fig.3寄生 npn 晶体管

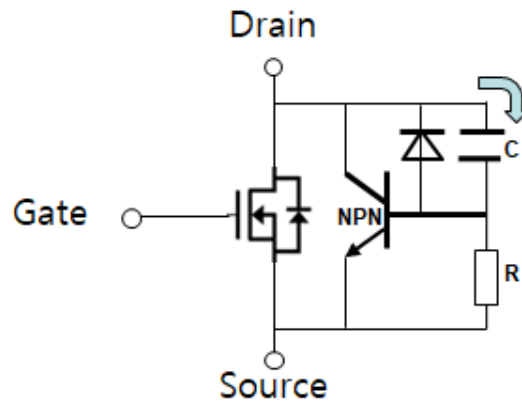


Fig.4等效电路

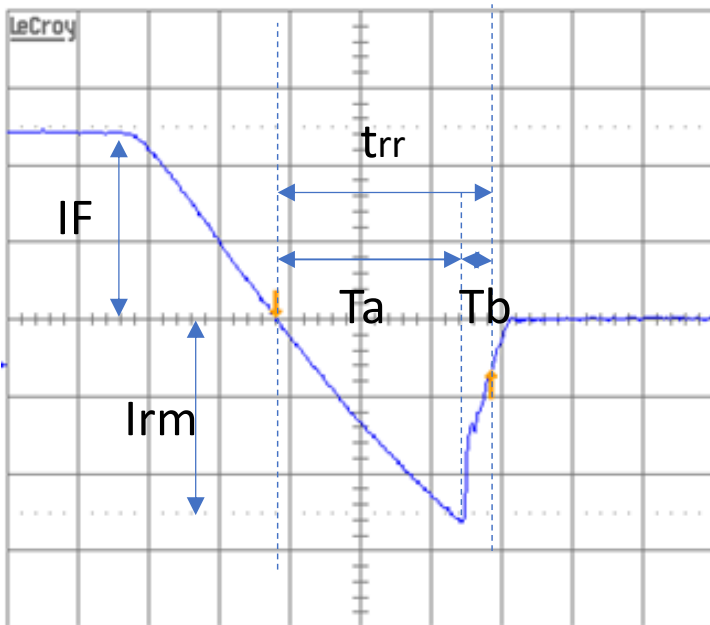


Fig.5 Trr waveform at Reverse recovery 时间比  $T_b/T_a$  可以作为软恢复指数。指数

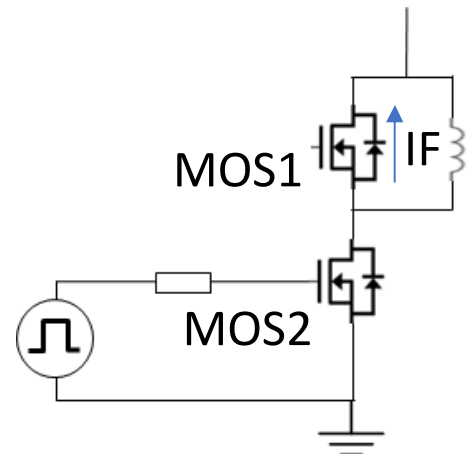
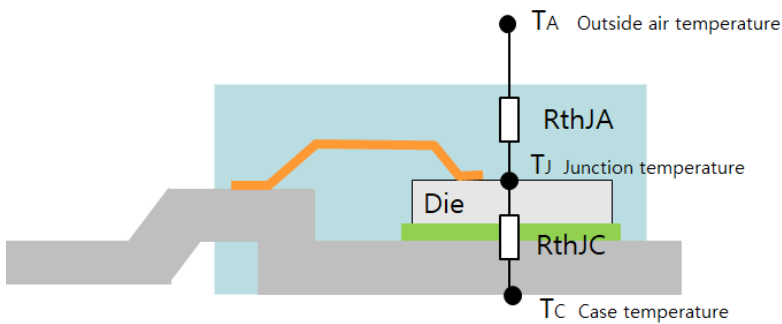


Fig.6 开关电路示例 当电流流过 MOS2，然后关闭时，中频电流流过 MOS1。当 MOS2 再次开启时，该电流流过 MOS2 电流流过 MOS2 时，MOS1 的体二极管的电压会升高。MOS1 的体二极管电压上升，显示出反向恢复操作，电流波形如图 5 所示。

## 2.2热特性

Parameter	Symbol	Conditions	Values			Unit
			Min	Typ	Max	
<b>Thermal characteristics</b>						
Thermal resistance, junction-case <sup>a</sup>	$R_{thJC}$		-	-	0.53	°C/W
Thermal resistance, junction-ambient <sup>a</sup>	$R_{thJA}$	leaded	-	-	62	
Soldering temperature, wave soldering only allowed at leads	$T_{sold}$	1.6mm (0.063in.) from case for 10 s	-	-	260	°C



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

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

$$235.8491$$

Fig.7各温度点的定义以及如何计算功率耗散 PTOT。PTOT 可根据 RthJC 计算。

### 2.2.1焊接指南

(参考 JSTD020/JSTD-020 的无铅工艺)

Method	Solder Temperature	Duration time	Times
Flow/ Reflow	260°C MAX	10 sec MAX	2 times
Soldering iron	380°C MAX	3 sec MAX	1 time

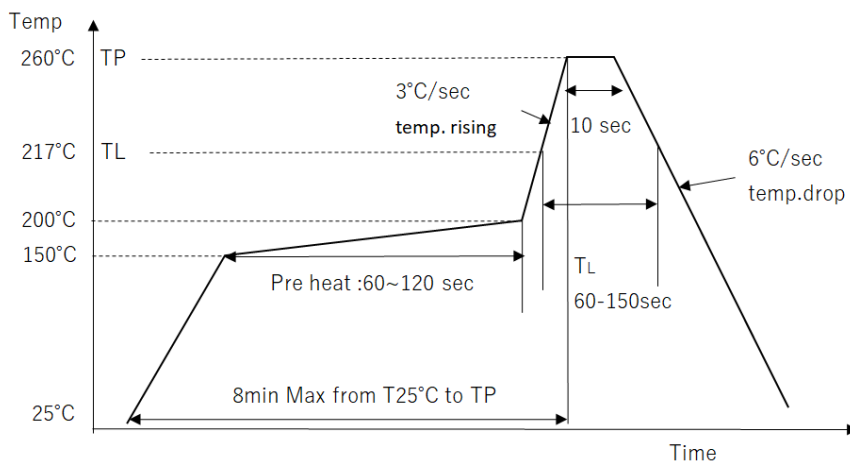


Fig.8流动温度曲线示例。

本文件内容如有更改或更新，恕不另行通知。重要说明和免责声明写在最后一页

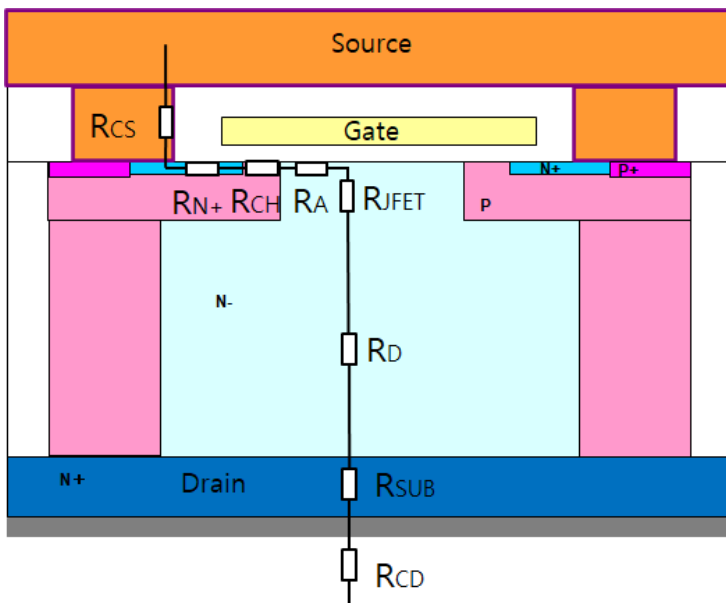
2.3 静态特性 (DC characteristics) ( $T_j=25^\circ\text{C}$ ) ⚡ :Temperature dependent

Parameter	Symbol	Conditions	Value			unit
			Min	Typ	Max	

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

**Static characteristics**

Drain-source breakdown voltage ⚡ Relationship with P and N Charge balance , $R_{DS(ON)}$	$V_{(BR)DSS}$	$V_{GS}=0\text{ V}, I_D=250\mu\text{A}$	600	650	-	V
Gate threshold voltage ⚡ Affect switching performance	$V_{GS(th)}$	$V_{DS}=V_{GS}, I_D=250\mu\text{A}$	2.1	3	3.9	
Zero gate voltage drain current ⚡	$I_{DSS}$	$V_{DS}=600\text{V}, V_{GS}=0\text{V}, T_j=25^\circ\text{C}$	-	0.1	1	$\mu\text{A}$
		$V_{DS}=600\text{V}, V_{GS}=0\text{V}, T_j=150^\circ\text{C}$	-	100	-	
Gate source leakage current	$I_{GSS}$	$V_{GS}=\pm 20\text{ V}, V_{DS}=0\text{V}$	-	-	100	nA
Drain-source on-state resistance ⚡ Important parameter for <b>on-state</b> power loss	$R_{DS(on)}$	$V_{GS}=10\text{V}, I_D=10\text{A}, T_j=25^\circ\text{C}$	-	0.17	0.199	$\Omega$
		$V_{GS}=10\text{V}, I_D=10\text{A}, T_j=150^\circ\text{C}$	-	0.49	-	
Gate resistance	$R_G$	$f=1\text{ MHz}, \text{open drain}$	-	3.8	-	$\Omega$



$R_{ds(ON)}$  is total summary of Below Resistance :

- $R_{cs}$ : Source contact Resistance
- $R_{N+}$ : Source N+ Resistance
- $R_{ch}$ : Channel Resistance
- $R_D$ : Drift Resistance(Main resistance)
- $R_{JFET}$ : JFET Resistance
- $R_A$ : Accumulation Resistance
- $R_{sub}$ : Substrate resistance
- $R_{cd}$ : Drain Contact Resistance

Fig. 9 ON 电阻的组成部分

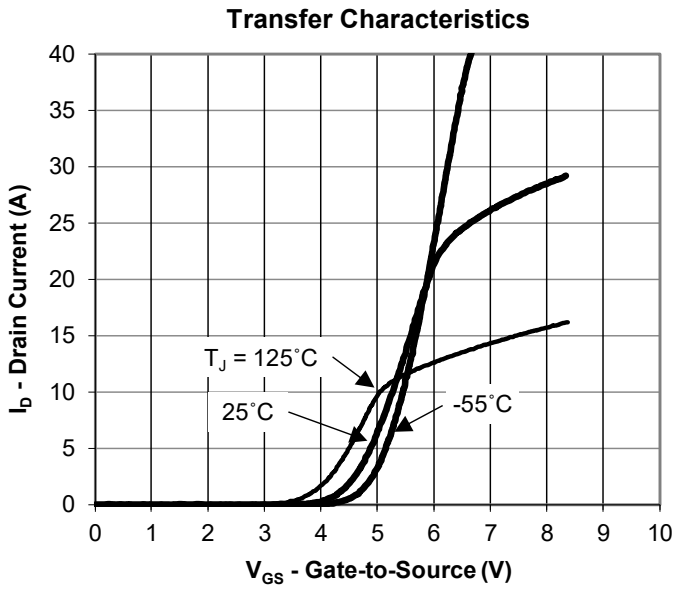


Fig 10  $V_{GS}$ - $I_{DS}$  Characteristic  
 超过  $V_{GS(th)}$  的电压会产生漏源电流。电流可能因温度而异。

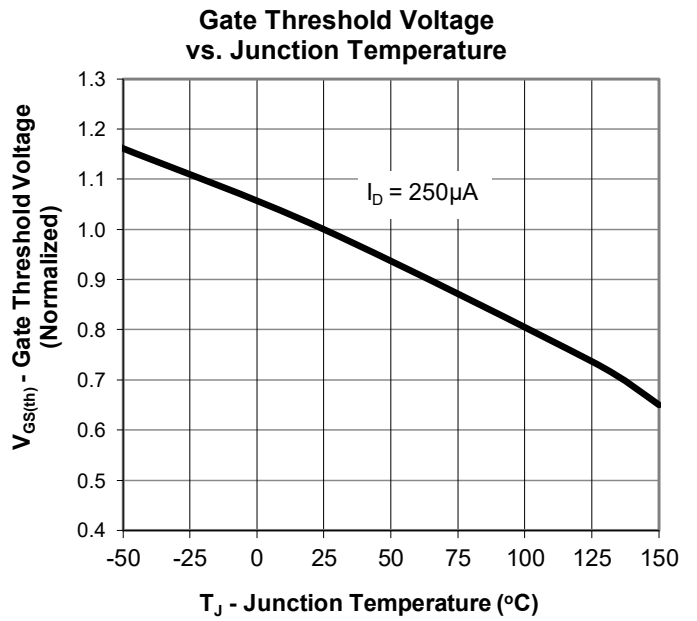


Fig.11  $V_{GS(th)}$  Vs  $T_J$  Junction temperature.

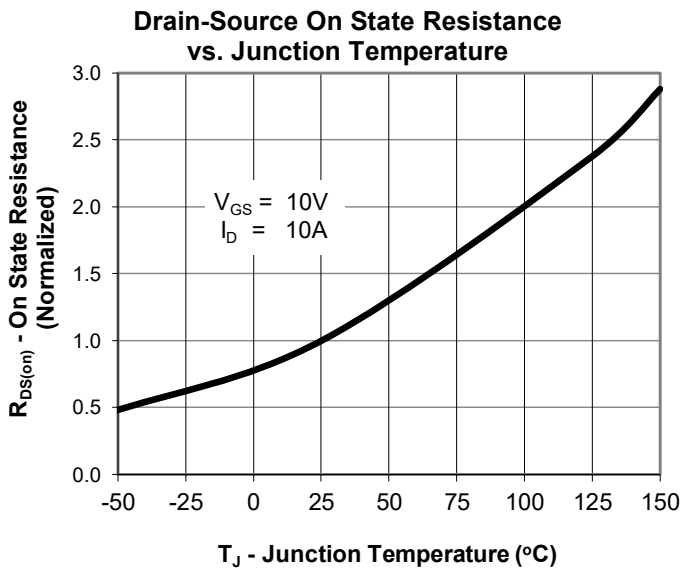


Fig.12  $R_{DS(ON)}$  Vs  $T_J$  Junction temperature.

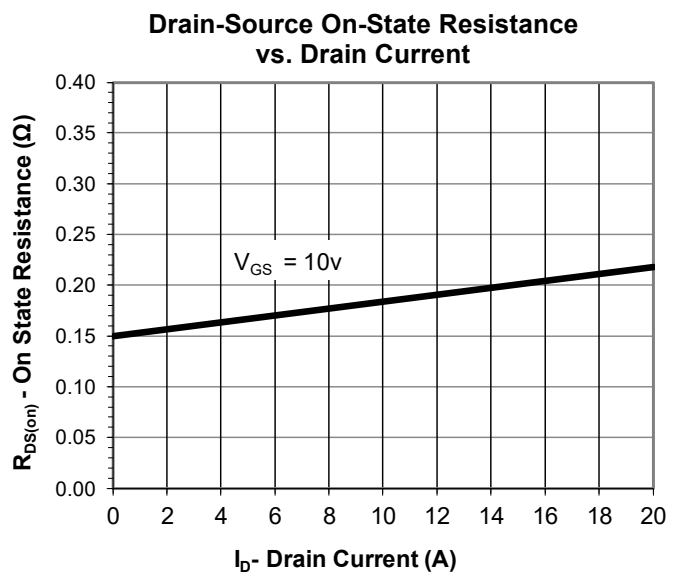


Fig.13  $I_D - R_{DS(ON)}$

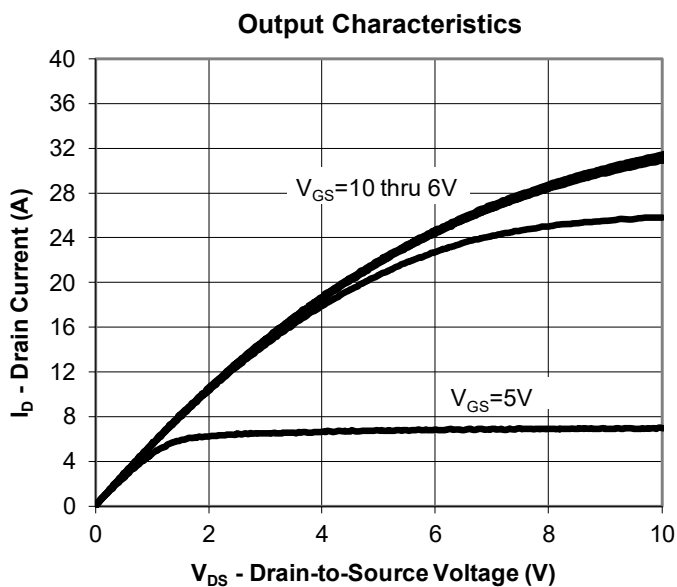


Fig.14:  $V_{DS}-I_D$   
 通过将栅极电压提高到  $V_{GS(th)}$  以上，漏极电流的流动取决于漏极电压。

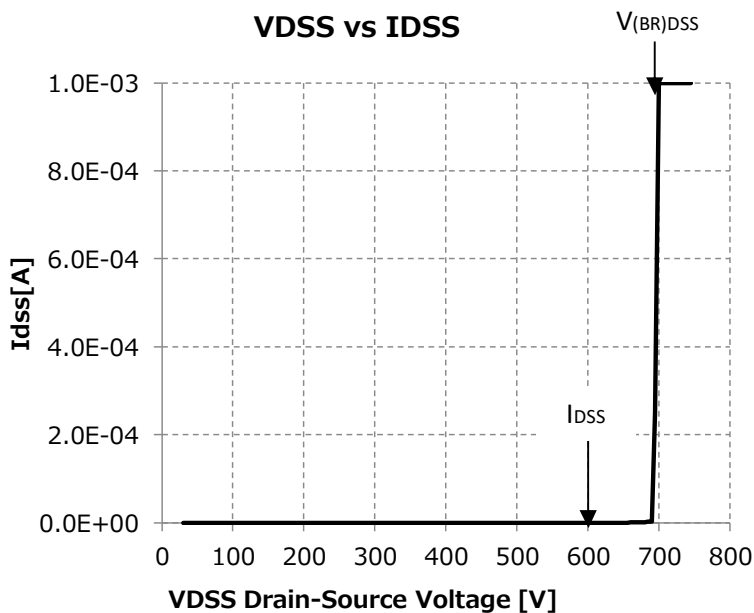


Fig.15:  $V_{DSS}-I_{DSS}$   
 当栅极电压 =0V 时，在漏极和源极之间施加电压，雪崩电流开始流动，此时达到规定电流的电压即为击穿电压 ( $V_{(BR)DSS}$ )

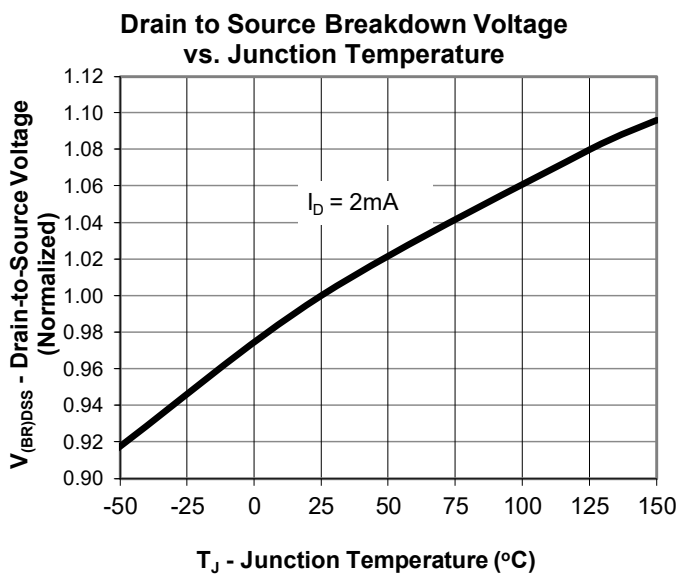


Fig.16  $V_{(BR)DSS}$  Vs  $T_J$  Junction temperature.  
 在 25°C 时， $V_{(BR)DSS}$  与  $V_{DSS}$  的归一化比率为 1，随后随着温度的升高而增大

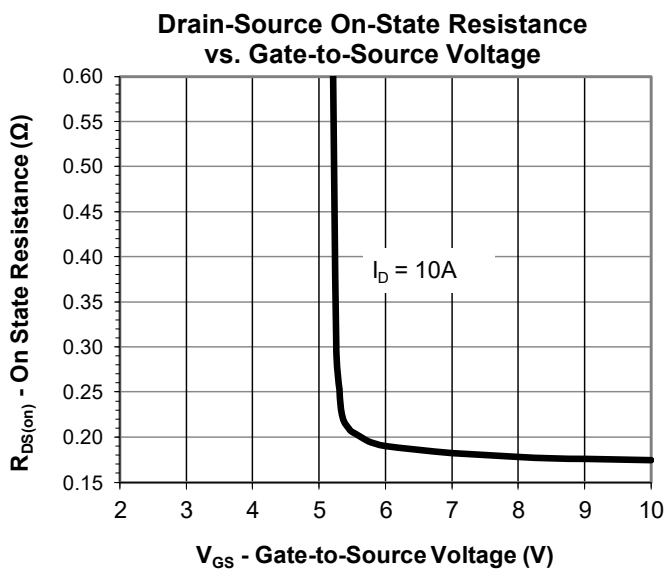


Fig.17  $V_{GS}-R_{DSON}$   
 图中显示了  $I_D=10A$  时所需的  $V_{GS}$  电压和相应的  $R_{DS(ON)}$  值。

## 2.4 动态特性 (AC characteristics) ( $T_j=25^\circ\text{C}$ ) ↓ :temperature dependability

Parameter	Symbol	Condition	Value			Unit
			Min	Typ	Max	

### Dynamic characteristics

Input capacitance	$C_{iss}$	$V_{GS}=0\text{ V}, f=1\text{ MHz}$	$V_{DS}=25\text{ V}$	-	2064	-	pF
Output capacitance	$C_{oss}$		$V_{DS}=100\text{ V}$	-	87	-	
Reverse transfer capacitance	$C_{rss}$		$V_{DS}=25\text{ V}$	-	18	-	
Transconductance	$g_{fs}$	$V_{DS}>2 \cdot I_D \cdot R_{DS}, I_D=10\text{ A}$		-	17	-	S
Turn-on delay time	$t_{d(on)}$	$V_{DS}=380\text{ V}, V_{GS}=10\text{ V}, I_D=10\text{ A}, R_G=4\Omega$ (External)		-	23.2	-	ns
Rise time	$t_r$			-	11.8	-	
Turn-off delay time	$t_{d(off)}$			-	92.5	-	
Fall time	$t_f$			-	3.9	-	

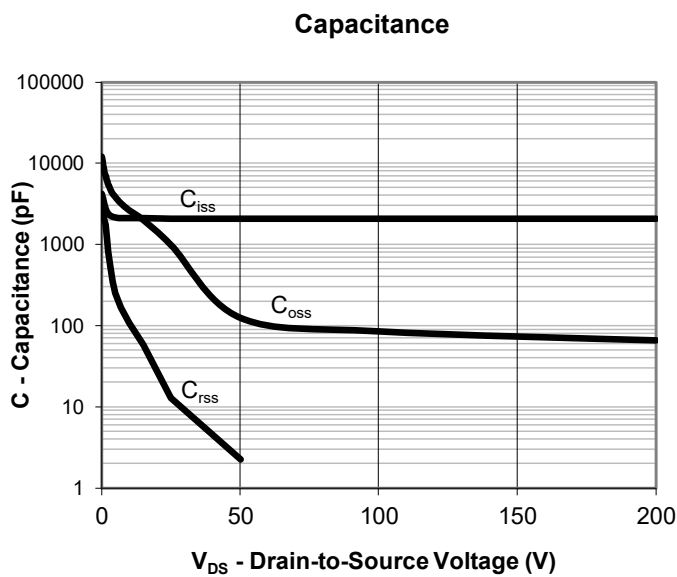


Fig. 18  $C_{iss}, C_{oss}, C_{rss}$  vs  $V_{DS}$

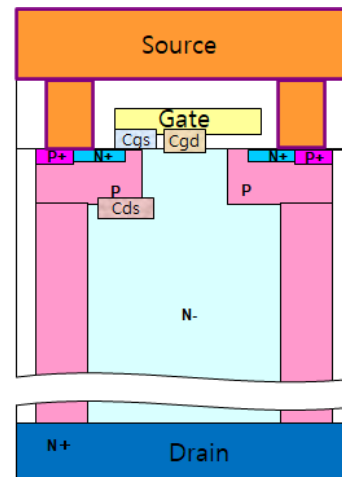


Fig19. SJMOSFET 结构的电容

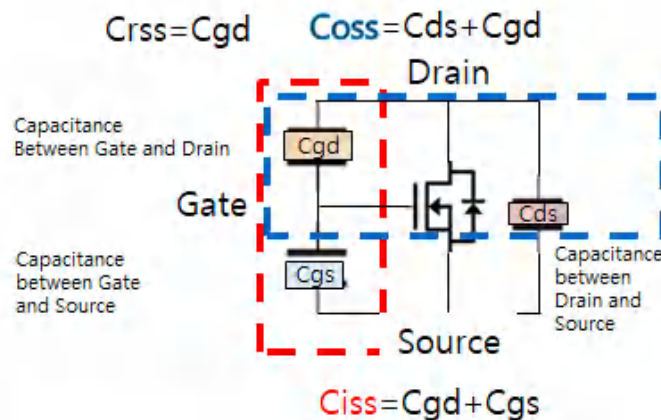
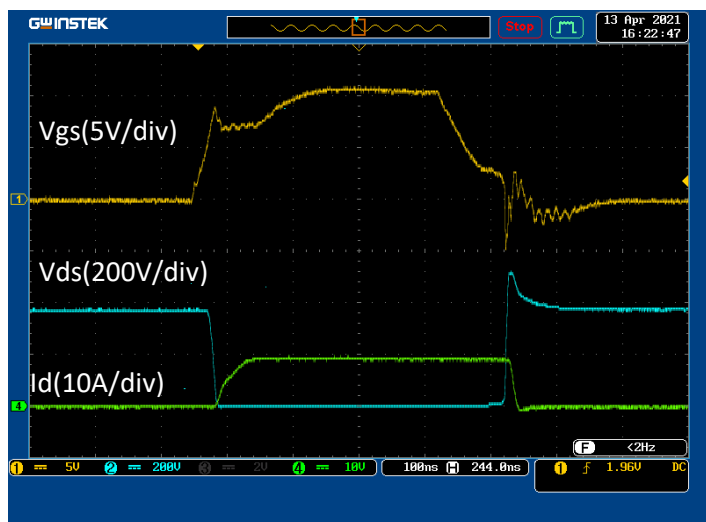


Fig20.带标注参数的电容等效电路： $C_{iss}, C_{oss}, C_{rss}$

本文件内容如有更改或更新，恕不另行通知。重要说明和免责声明写在最后一页

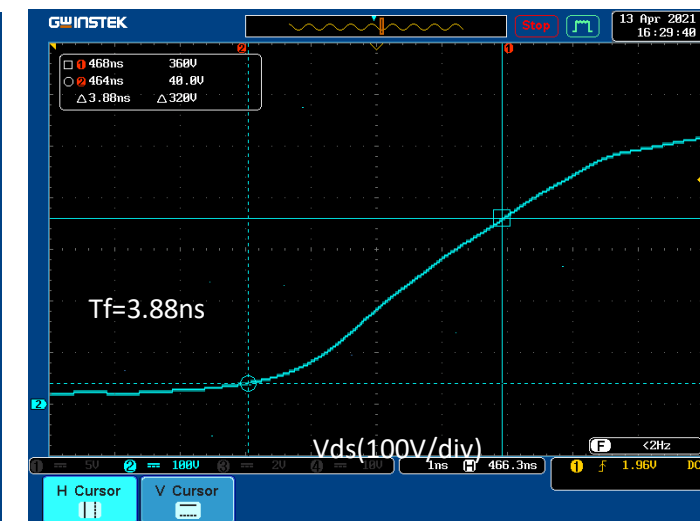
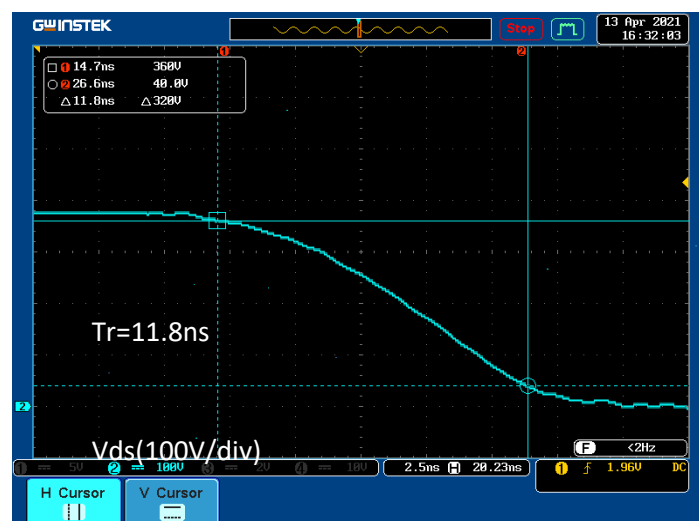
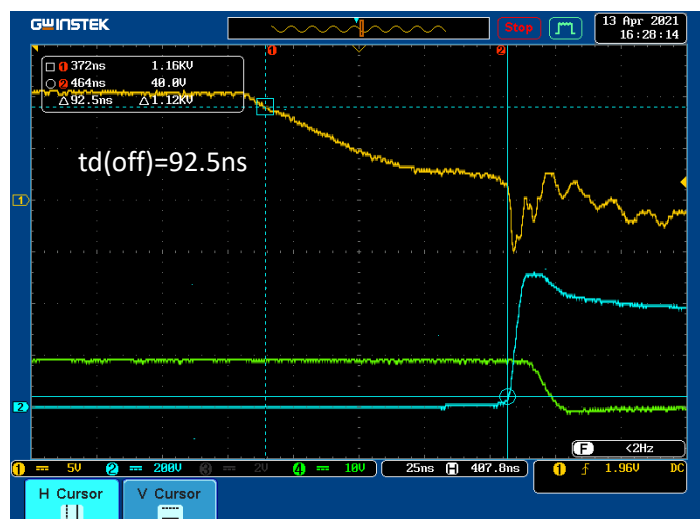
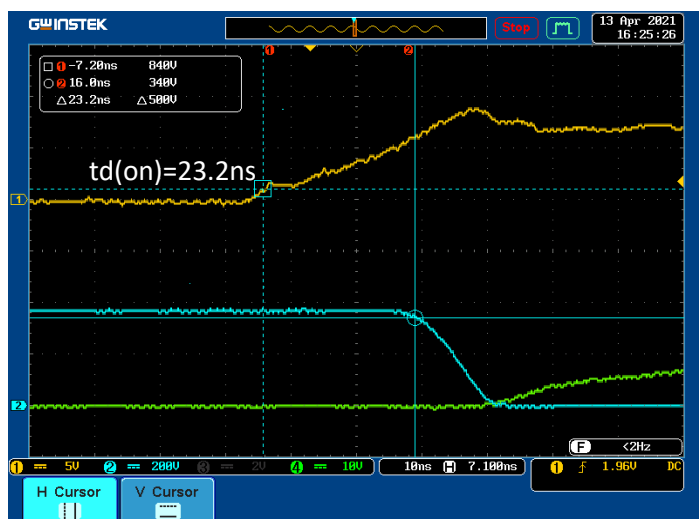


Fig21. Id 10A 时 ICE20N170 的开关波形.



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)

在最大电流为 20A 或 10A 时，测得的 Id 电流没有明显差异。最大 20A 或 10A 开关方面。最大频率为 380kHz，占空比为 50%。（在这种情况下不适用安全比率）



## 2.5 栅极电荷特性和体二极管特性

( $T_J=25^\circ\text{C}$ ) ⚡ : temperature dependent

Parameter	Symbol	Conditions	Value			Unit
			Min	Typ	Max	

### Gate charge characteristics

Gate to source charge	$Q_{gs}$	$V_{DS}=480\text{V}, I_D=20\text{A}, V_{GS}=10\text{V}$	-	8	-	nC
Gate to drain charge Affect to switching characteristic	$Q_{gd}$		-	19	-	
Gate charge total Affect to drive loss by Gate voltage	$Q_g$		-	59	-	
Gate plateau voltage	$V_{\text{plateau}}$		-	4.2	-	V

### Reverse Diode (Body diode between source and Drain)

Continuous forward current as source current This is Body diode Forward current as Max.	$I_S$	$V_{GS}=0\text{V}$	-	-	20	A
Diode forward voltage ⚡ Voltage when forward current flow in body diode.	$V_{SD}$	$V_{GS}=0\text{V}, I_S=I_F$	-	0.9	1.2	V
Reverse recovery time ⚡ Time to disappear reverse recovery current.	$t_{rr}$	$V_{RR}=480\text{V}, I_S=I_F, d_{IF}/d_t=100\text{ A}/\mu\text{S}$	-	358	-	ns
Reverse recovery charge Charge to disappear reverse recovery current	$Q_{rr}$		-	6.8	-	$\mu\text{C}$
Peak reverse recovery current	$I_{rm}$		-	43.1	-	A

### Source-Drain Diode Forward Voltage

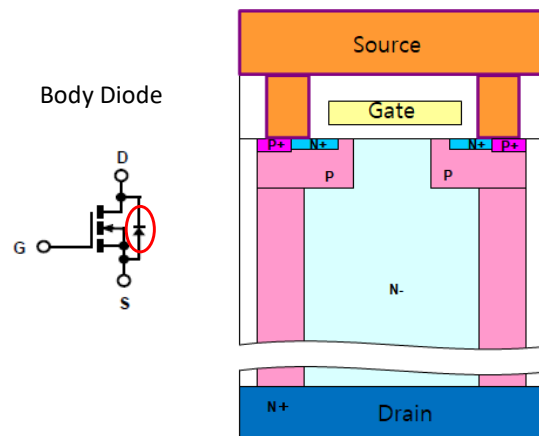
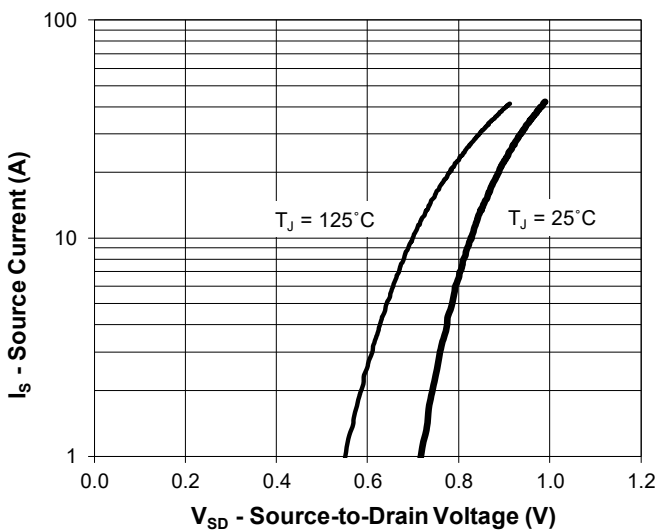


Fig.22  $V_{SD}$  vs  $I_S$  as IF of Body Diode

本文件内容如有更改或更新，恕不另行通知。重要说明和免责声明写在最后一页

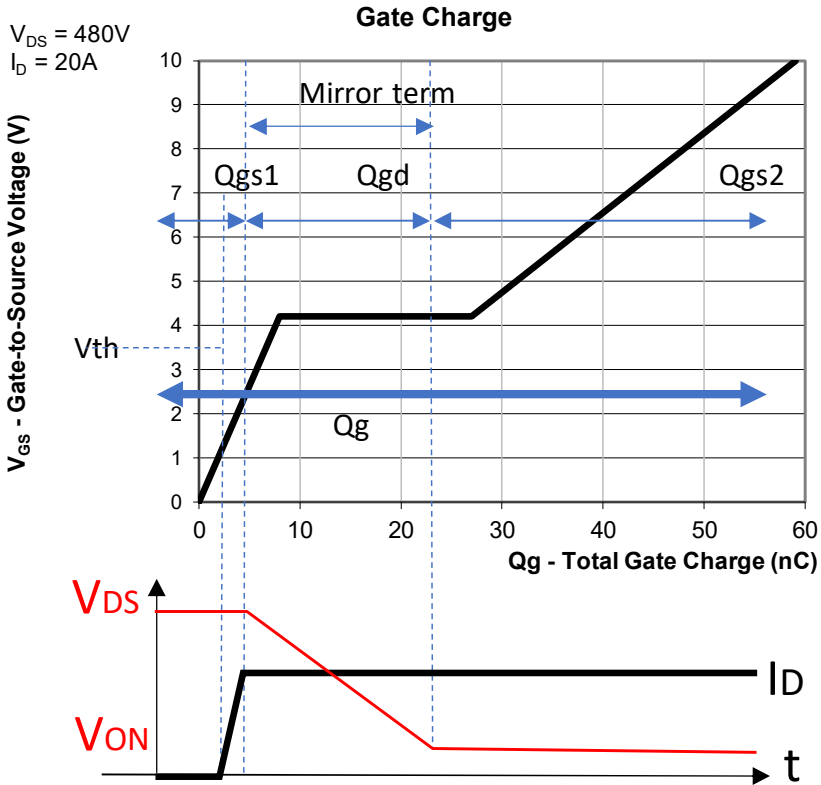


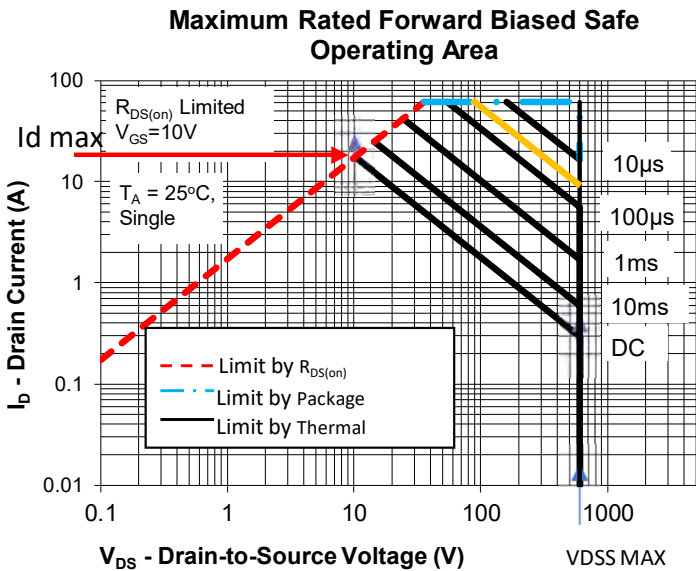
Fig.23 Gate Charge  
 $Q_{gs} = Q_g - Q_{gd}$   
 $Q_{gs} = Q_{gs1} + Q_{gs2}$

当向栅极施加恒定电流时，栅极电压上升，MOSFET 接通。在镜像期间，栅极和源极、栅极和漏极之间会产生电荷。栅极总电荷  $Q_g$  由栅极总电流 x 时间得出。 $Q_g$  越低，栅极驱动损耗越小。

FOM: Figure Of Merit 是功率 MOSFET 的性能指标。

$FOM = R_{DS(on)} \times Q_g$  ( $\Omega \cdot nC$ ) FOM 越小越好。

## 2.6安全操作区 Safe Operating Area (SOA)



该图基于温度=25°C。说明 SOA 范围随着外壳温度  $T_c$  的升高而缩小。举例说明：脉冲=10µsec,  $T_c=75degC$  以估算 SOA

$$\text{Derating Rate } D = (150 - T_c) / 125 \times 100$$

For the point,  $16A \times 600V = 9600W$ ,

$$D = 0.6 \quad P_d(75) = P(25) \times D \\ = 9600 \times 0.6 \\ = 5580W$$

因此，黄线可能是 10 微秒 ( $T_c=75$  摄氏度) 时的 SOA 面积。

Fig.24安全操作区域

产品应在  $I_{dmax}$ ,  $R_{DS(ON)}$  范围内使用、封装和  $BVDSS$

## 2.7瞬态热响应

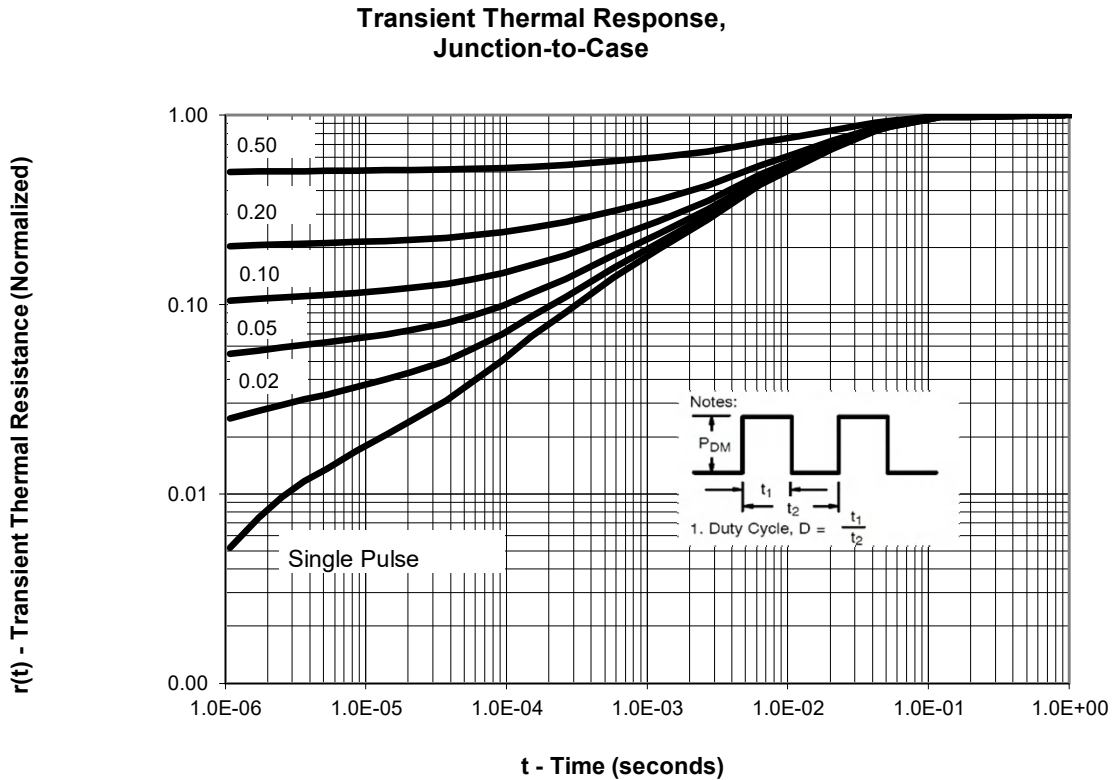


Fig.25 瞬态热阻  $r(t)$ -pulse width time

$t_1$ =Pulse Width=PW

$t_2$ =Total Time

Duty= $t_1/t_2$

要计算通道温度升高  $\Delta T_{ch}$ , 请参考图 24, 了解  $r(t)$  的值。  $\Delta T_{ch}=P*r(t)$

例 1 脉冲宽度  $t_1$  PW=10ms,  $D=0.2$  (占空比=20占空比=20)  
温度升高多少当功耗=60W 时?

从图中可以看出,  $D=0.2$  时的 10ms 是在  $r(t)=0.6$ 、 $R_{thjc}=0.69$  摄氏度/瓦时  
 $\Delta T_{ch}=P*r(t)=60*0.6*0.69=24.84^\circ\text{C}$

例 2 条件:  $T_c=85^\circ\text{C}$ , 功率=40W, 脉冲时间=10ms, 单脉冲  
 $T_j$  的温度是多少?

$T_c=85\text{degC}$ ,  $R_{thjc}=0.69\text{degC/W}$ ,  $P=40\text{W}$ ,  $Duty=0$ ,  $r(t)=0.5$

$\Delta T_{ch}=P*r(t)=40*0.5*0.69=13.8^\circ\text{C}$

$T_j=T_c+P*r(t)=85+(40*0.5*0.69) =98.8^\circ\text{C}$

例 3 条件:  $T_c=85^\circ\text{C}$ , 频率=2kHz, 占空比=20%、  
Peak Power=50W,  $T_j$  的温度是多少?

$T_c=85\text{degC}$ ,  $R_{thjc}=0.69\text{degC/W}$ ,  $P=50\text{W}$ ,  $Duty=0.2$ ,  $f=2\text{kHz}$

$r(t)=0.24$  Pulse width= $Duty*1/f=0.2/2000=1\text{E-4sec}$

$T_j=T_c+P*r(t)=85+(50*0.24*0.69) =93.28^\circ\text{C}$

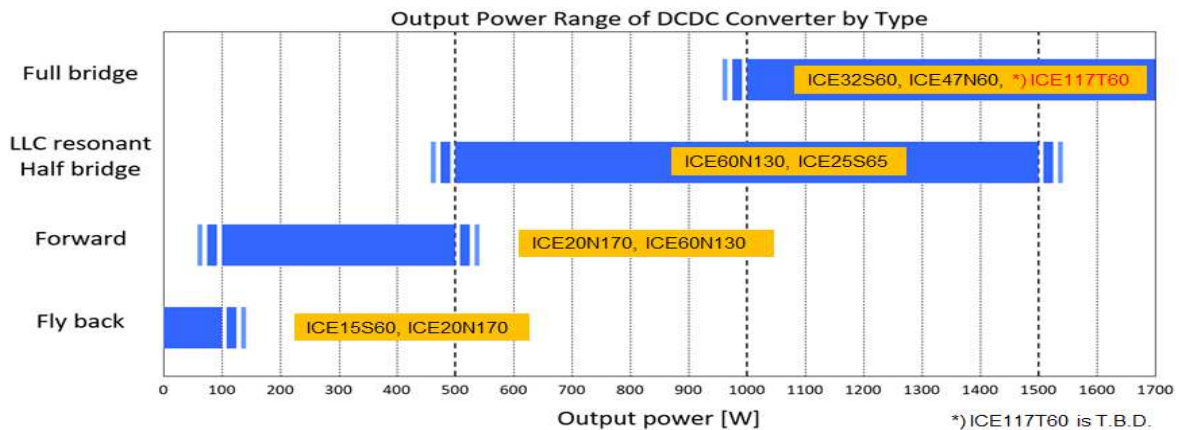
### 3. 产品系列

#### 3.1 产品列表

GEN	Product	BVDSS Min. (V)	ID Max. (A)	RDSON Max. ( $\Omega$ )	Qg Typ. (nC)	FOM ( $\Omega \cdot \text{nC}$ )	IAR (A) Avalanche Current	Package TO=TO220 FP=Full Pak W=TO247 D=TO252 L=DFN8x8 B=TO263 C=Wafer	Package DFN
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	B,W	
	ICE20N170	600	20	0.199	59	11.74	10	TO,FP,W, D,C,B	
	ICE20N60	600	20	0.19	59	11.21	10	TO,FP,W, ,B,C	
	ICE19N60L	600	19	0.22	59	12.98	9.5		8x8
	ICE15N60	600	15	0.25	59	14.75	7.5	TO,FP,W	8x8
	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	8x8
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	
	ICE24S65L	650	24	0.141	34	4.79	8		8x8
	ICE15S60	600	15	0.175	30	5.25	5	TO,FP, W,C,B	8x8
	ICE14S65	650	14	0.195	24	4.68	5	TO,FP, W,C,B	8x8
	ICE8S65	650	7.8	0.4	11.5	4.60	2.7	TO,FP,W,B,C	5x6
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	5x6
	ICE15T65*	650	15	0.22	23	5.06	2	TO,FP,W,,B,D ,C	5x6

[There are many other product datasheet listed in our website.](#)

#### 3.2 按产品类型划分的 DCDC 转换器输出功率范围



输出功率不同，电路选择也可能不同。全桥功率可能超过 1700W，因此请根据功率范围选择合适的产品。例如，对于 100W 反激式，我们提供最大电流为 20A 的 ICE20N170 或最大电流为 15A 的 ICE15S60。

## 4.应用

### 4.1应用矩阵

★:显示每个应用所使用的电路

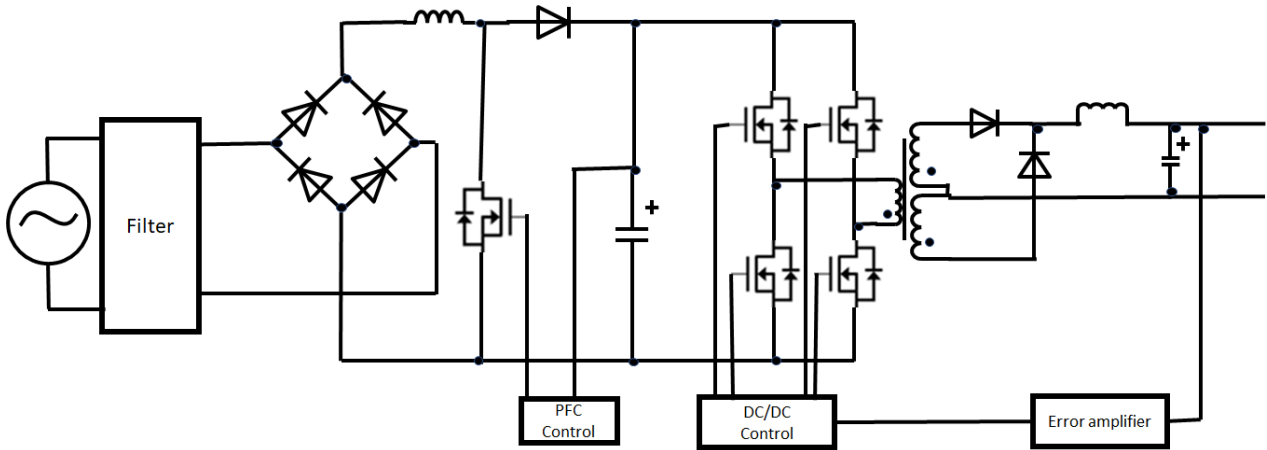
#	Application	Output Power (W)		Circuit								ICEMOS PART #
				AC-DC			DC-DC				DC-AC	
		Min	Max	Half Wave	Full Wave1	Full Wave2	Flyback	Forward	LLC Half Bridge	Full Bridge	Inverter	
a1	SMPS Power Factor Correction	500							★	★		ICE25S65 ICE60N130
a2	LLC Half Bridge	1000								★		ICE47N60 ICE32S60
b	Low Power SMPS Quasi- Resonant Flyback		100				★					ICE15S60 ICE20N60 ICE22N60W
c	High Power SMPS LLC Half- Bridge	500	1500						★			ICE47N60 ICE32S60
d	ATX Power Supplies	200	1600	★	★	★	★	★	★			ICE47N60 ICE32S60
e1	LED TV (140 Inch)	5k				★				★		ICE117T60 ICE47N60
e2	LED Lighting	20	500	★	★	★	★	★				ICE25S65 ICE60N130
f	Data Center AC/DC (Severs & Telecom)	500k-1k node				★				★		ICE117T60 ICE47N60
g	Fast Chargers	3k	400k			★				★		ICE117T60 ICE47N60
h	Chargers PC Adapters	36	90	★	★		★					ICE15S60 ICE10N60 ICE19N60L
i	TV Power Application	24	410		★	★	★	★				ICE25S65 ICE60N130
j	UPS	500	10k			★			★	★	★	ICE117T60 ICE47N60
k	Solar Inverters	300	6k					★	★	★	★	ICE117T60 ICE47N60
l	HID Street Lights	22	500			★		★	★			ICE25S65 ICE60N130
m	Gaming Consoles	100	200		★	★		★				ICE60N130 ICE19N60L
n	LED Signage	10	250	★	★			★				ICE60N130 ICE20N170
o	E-Bikes/E-Mobility	600	40k			★			★	★		ICE117T60 ICE47N60
p	Printers	10	1500	★	★	★	★	★	★	★		ICE10N60FP ICE20N60FP ICE47N60
q1	White Goods Fridge	200	300			★			★	★	★	ICE60N130 ICE20N170
q2	Washing Machine	800	1500			★			★	★	★	ICE117T60 ICE47N60
r1	Audio Amp	200 x n	5k x n			★			★	★		ICE117T60 ICE47N60
r2	Projector	300	2k			★		★	★	★		ICE47N60 ICE8S65FP
s1	Car audio	10 x n	100xn				★	★				ICE47N60 ICE32S60
s2	Navigation	10	20				★					ICE15S60 ICE19N60L
u	3D printer	180	1500	★	★	★	★	★	★	★		ICE117T60 ICE47N60
v	Smart Phone Adaptors	20	90	★	★		★					ICE15S60 ICE20N170
w	Industrial Power Supply	320	1300			★			★	★		ICE117T60 ICE47N60
x	Tablet/Laptop	200	1500	★	★		★					ICE15S60 ICE20N170
y	Micro Inverters	200	1500						★	★	★	ICE117T60 ICE47N60

## 4.2 电路

### 4.2.1全桥转换器（隔离式）

## Example of Server Management

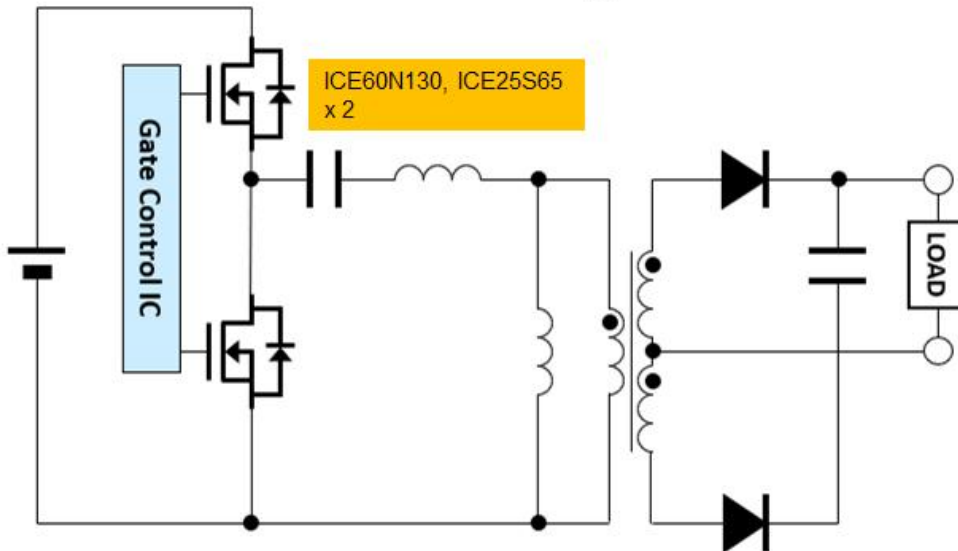
ICE32S60, ICE47N60, ICE117T60 x 4



使用 4 件 ICE47N60 或 ICE32S60

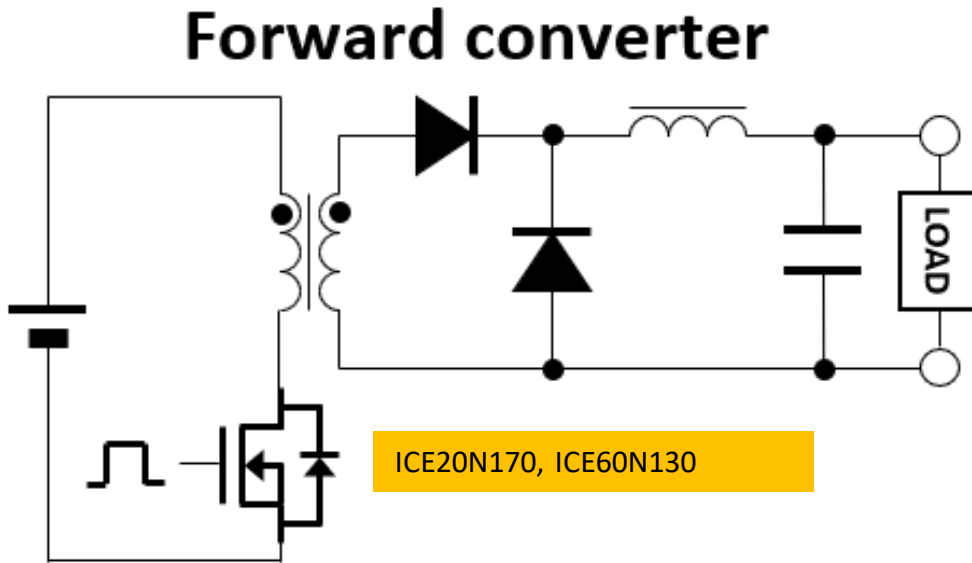
### 4.2.2 LLC 谐振半桥转换器（隔离式）

## LLC Resonant Half Bridge Converter



使用 2 件 ICE60N130 或 ICE25S65

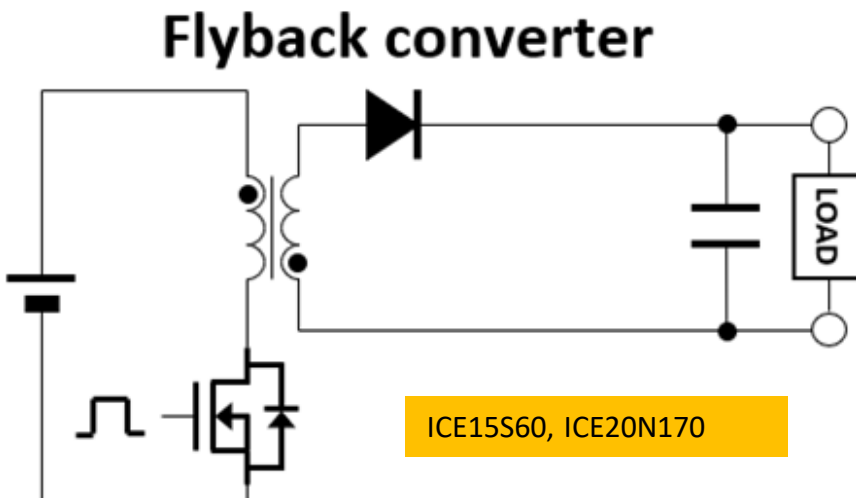
### 4.2.3 正向转换器（隔离式）



使用 1 件 ICE20N170 或 ICE60N130

该系统可提供大范围的功率。与反激式转换器相比，需要额外的二极管和扼流线圈，但纹波电压较低。输出电压由初级侧和次级侧的匝数比决定。

### 4.2.4 反激式转换器（隔离式）



使用了 2 件 ICE15S60 和 ICE20N170

由于纹波电压比其他转换器大，因此需要较大的电容器。输出电压由初级侧和次级侧的匝数比决定。



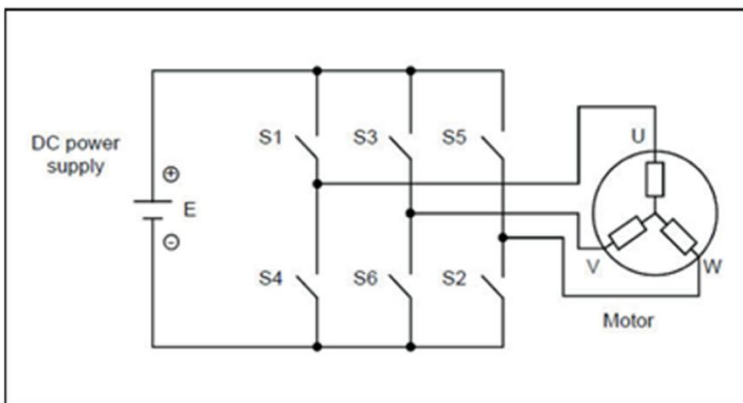
### 4.3功能应用：家用电器

#### 电机驱动应用和硬开关换向

电机驱动市场不断追求更高的效率、更紧凑的尺寸和更强的系统稳定性。随着白色家电变得越来越“智能”，在家电领域尤其如此。为满足这些市场要求而针对不同工作条件选择的功率开关技术非常重要，而超级结功率 MOSFET 是满足这些要求的实用解决方案。

由于能源成本上升，主要家用电器制造商的当务之急是提高节能效果。他们关注的重点是减少稳态运行时的功率损耗。在一些应用中，除了满负荷之外，在低负荷条件下也必须如此。在低电流条件下选择高效开关是实现这一目标的关键因素。

电机控制应用由变压变频逆变器组成。电源转换器的目的是产生可控的电压和频率，并在脉宽调制的帮助下从直流链路产生交流输出波形。这可以通过采用多种调制技术来实现。本图显示了电机控制应用中最常用的拓扑结构之一。它是电压源逆变器的基本电路，以三个半桥或相脚为基础，为电机产生三相交流电。



该拓扑结构基于六个电源开关，为电机提供电压，以控制其速度、位置或电磁转矩。每个半桥在具有连续负载电流的欧姆电感负载（电机）上以硬开关换向方式运行，每次换向都需要由与功率开关耦合的六个二极管完成续流阶段，以传导反向电流。

当下侧续流二极管处于反向恢复状态时，其电流流向与上侧开关相同，反之亦然，因此在导通换向时会出现过冲，从而产生额外的功率损耗。这意味着在半桥拓扑结构中，在硬开关换向运行时，续流二极管必须优化为具有低正向电压特性和快速反向恢复行为（低  $t_{rr}$  和  $Q_{rr}$ ）。

许多电机驱动应用的开关频率在 4 kHz 至 20 kHz 之间，目的是降低人类听觉所能听到的噪音。这就需要完善电源开关，主要是低传导损耗，其次是低开关损耗。电机驱动应用中使用的设备还必须坚固耐用，能够承受足够长的故障时间，以便启动保护方案。

## 4.4 可再生能源

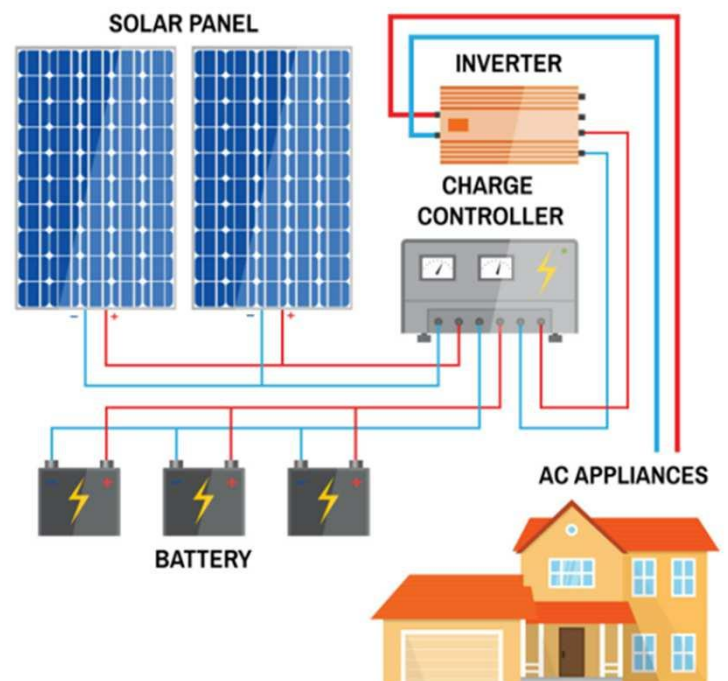
### - 太阳能应用 太阳能逆变器技术

典型的逆变器拓扑设计有两个特点，即拓扑和功率开关控制。拓扑结构可以是单端或双端，而控制可以是自振荡或由独立电路驱动。首选的方法取决于性能要求和成本目标。与双端拓扑结构相比，单端拓扑结构的功率开关和相关电路较少。因此成本较低。不过，单端拓扑中用作电源开关的晶体管必须承载整个负载的电流和电压。因此，与双端设计相比，单端设计要求晶体管具有更大的电流容量和更高的额定击穿电压。这些要求建议使用双极晶体管。然而，这限制了拓扑结构的低频运行。超结 MOSFET 是解决这一问题的绝佳方案。超级结器件的低  $R_{DS}$ （导通）电流承载能力可与双极晶体管相媲美。MOSFET 的快速开关速度和简单的驱动电路使超级结晶体管成为单端镇流器拓扑结构的首选器件。

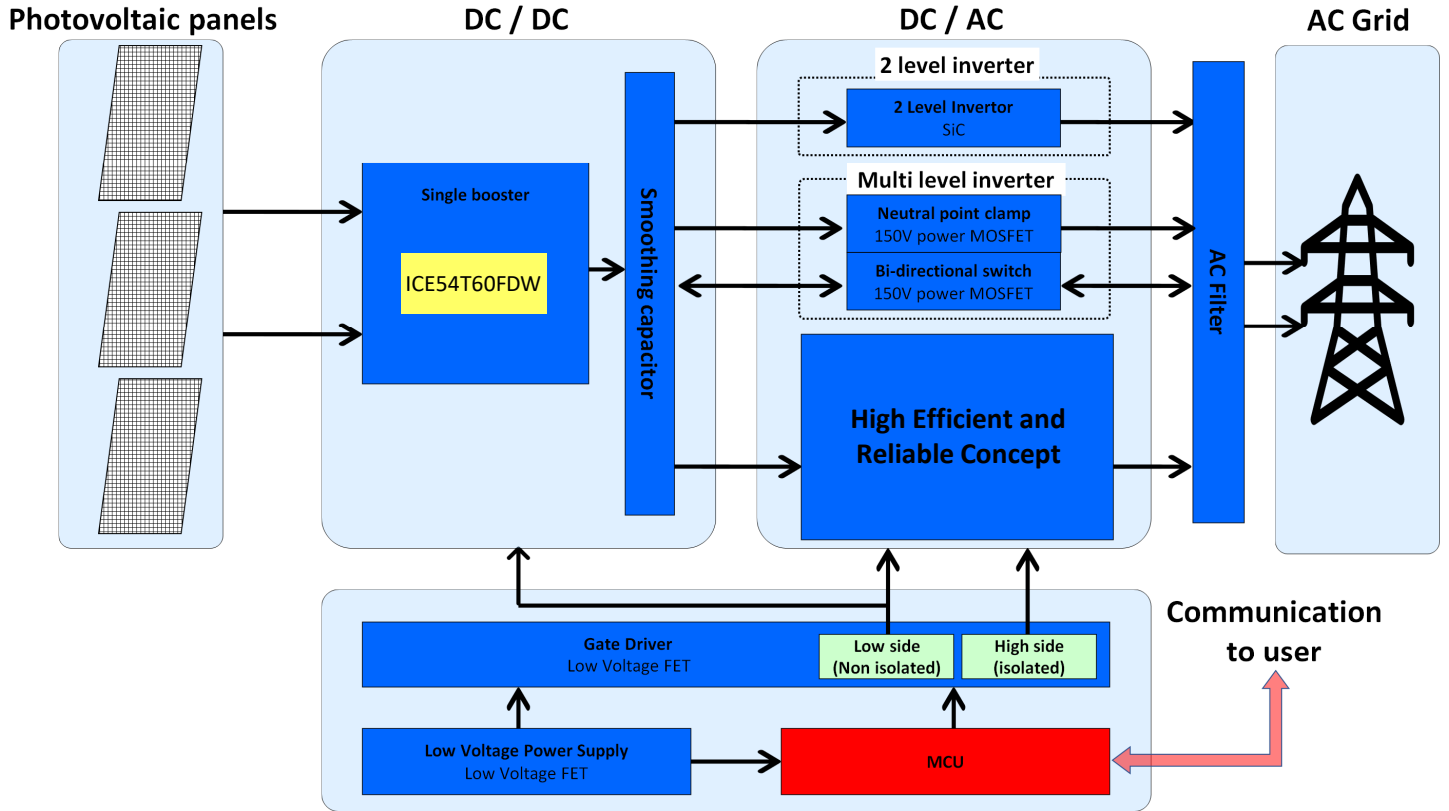
典型的逆变器拓扑设计有两个特点，即拓扑和功率开关控制。拓扑结构可以是单端或双端，而控制可以是自振荡或由独立电路驱动。双端逆变器的首选方法是使用至少两个功率开关。因此，每个功率晶体管承载所有负载电流，但只承受一半电压。在其他拓扑结构中，晶体管承载一半的负载电流，但承载全部电压。同样，MOSFET 也是这种拓扑结构的首选晶体管，而且超级结功率 MOSFET 具有优异的  $R_{DS}$ （导通）性能，驱动电路简单，是这种应用的理想选择。

逆变器的工作原理是从直流（DC）源（这里指太阳能电池板）获取电力。发电电压范围为 250 伏至 600 伏。直流电通过逆变器中的逆变过程转换成交流电。直流电转换为交流电的过程是通过使用一组固态器件来实现的，如绝缘栅双极晶体管（IGBT）或功率超结 MOSFET。当这些器件以典型的 H 桥排列方式连接时，直流电会发生振荡，从而产生交流电。

## TYPICAL SOLAR PANEL SYSTEM



## 6 千瓦以下太阳能设计的系统图



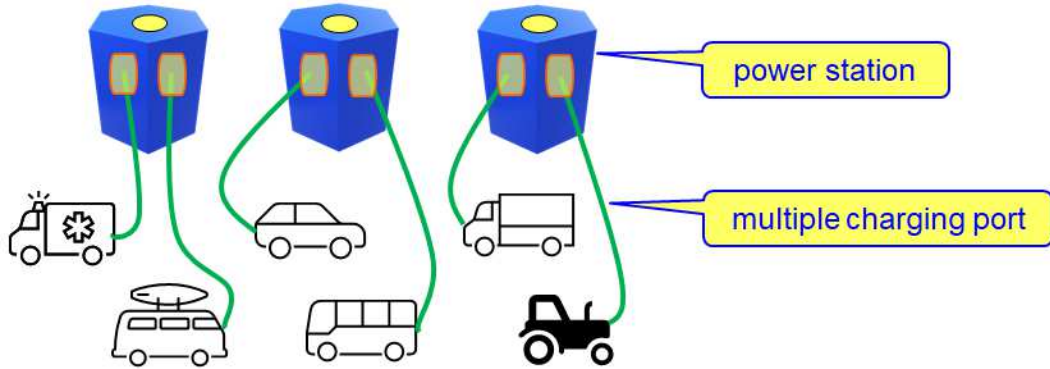
对于 DCDC，通常使用单个升压器；对于 DCAC，有三种 DCAC 块方法。

GEN	Product	BVDSS	ID	RDSON	Qg	Pd	FOM	Rthjc	IAR	Package
		Min. (V)	Max. (A)	Max. (Ω)	Typ. (nC)	(W)	(Ω·nC)	(degC/W)	(A)	
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 电动汽车

### 充电基础设施

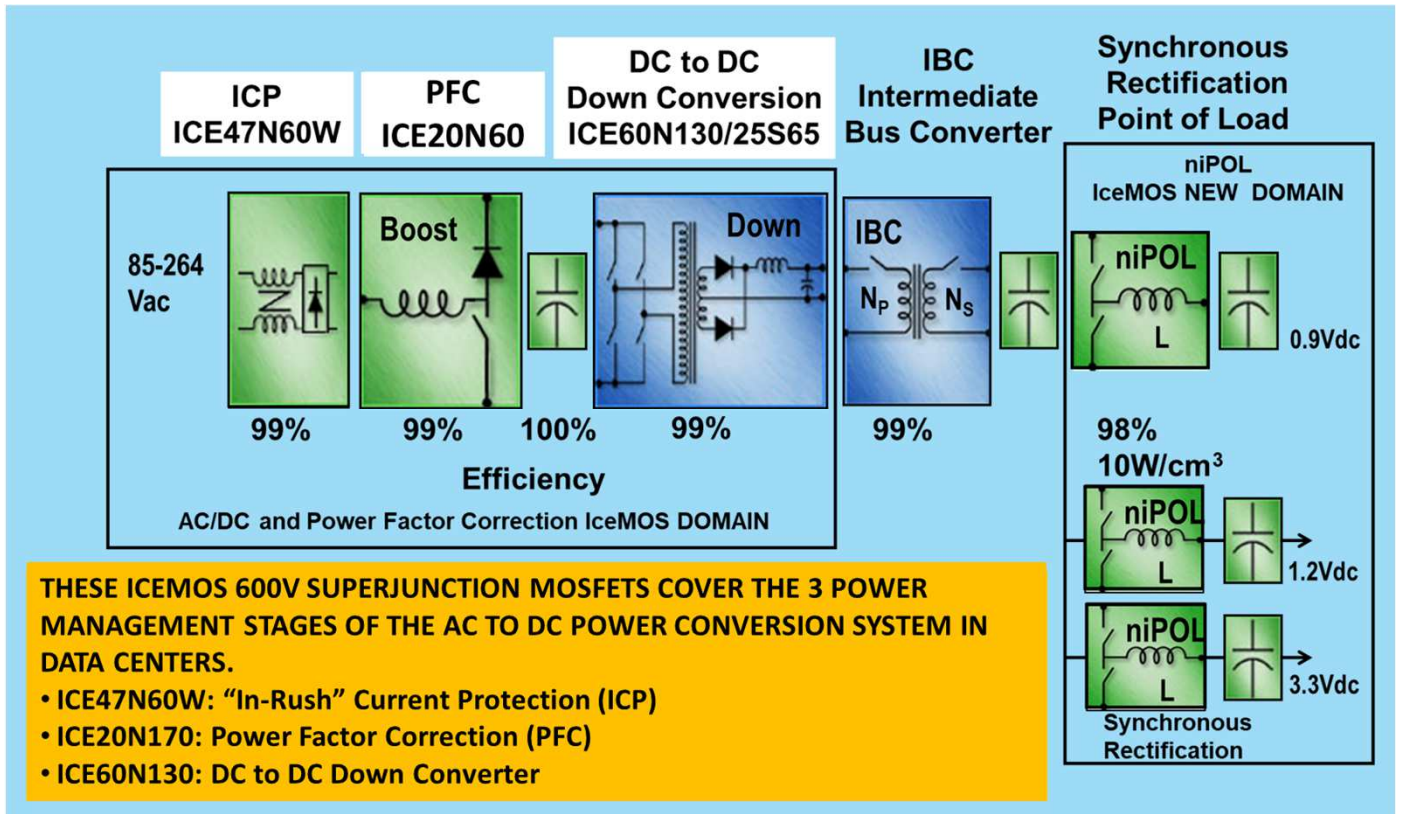
电动汽车快速充电器有多种连接器形状、通信方式（如 CAN 和 PLC）和最大输出功率（分别为  $1000V \times 400A = 400kW$ 、 $950V \times 250A = 237.5kW$ 、 $410V \times 330A = 135kW$ ）。就慢速充电器而言，主要有 3kW 和 7kW 两种类型，主要用于家庭充电，也有一些用于公共场所。3 千瓦的慢速充电器需要 12-13 小时才能充满电，而 7 千瓦的则需要 6 小时。对于 50 千瓦（125 安培）快速直流充电机，充入 80% 的电量仅需 20 分钟至 1 小时。最近的趋势表明，电池容量将会增加，新型电动汽车将需要功率超过 100 千瓦的超快速充电器进行快速充电。



在同时为多辆电动汽车充电的充电站中，需要并联 15 千瓦至 30 千瓦的充电器，以输出 100 千瓦或更高的功率。我们目前正在开发的 GEN3 产品 ICE117T60 的 BVDSS 为 600V，采用 TO247 封装，可用于 15~30kW 系统。对于 100kW 超高速充电器而言，重要参数应为低  $R_{ds(on)}$  和  $P_d(W)$ 。

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

## 4.6 数据中心 电源管理阶段



Device Specifications For Power Management In Data Center Servers

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

IceMOS GEN-1 超结 MOSFET 技术是一种高性能、可靠、经济高效的解决方案, 适用于数据中心电源供应商设计人员。

卓越的雪崩能量 (EAS) 性能 - IceMOS GEN-1 器件被设计成更坚固的功率 MOSFET。

器件通用性 - ICE47N60W N 沟道器件因其通用性而成为电路设计师选择的最受欢迎的器件之一。该器件可用于高性能电源系统以及 AC-DC、DC-DC 和 DC-AC 电路。

## 5. 功率 MOSFET 的故障模式。

主要有以下 3 种失效模式：

5.1 雪崩失效 (UIS 失效) 在关断时，器件将被超过 EAS 承受能力的电压/电流负载所破坏，例如在 L 负载电路中。VG(th) 劣化和漏极与源极短路等现象都会得到证实。此外，雪崩状态下的沟道温度 Tj 必须在 150°C 或以下。

5.2 EOS 故障 (超出 SOA 或超出电压或电流的电气过应力) 当器件承受的应力超出其安全工作范围时，如电压浪涌、电流过大或热应力，导致器件损坏。在这种模式下，芯片表面会出现金属烧痕，硅也可能被熔化。三个引脚端子 (栅极-漏极-源极) 可能会短路。我们的产品已通过来自 IEC61000-4-5 浪涌发生器的 2 类 1000V 电压浪涌的失效测试，结果显示栅极和源极焊盘周围出现烧痕。

5.3 ESD 故障 (静电放电) 根据 MIL-STD-1686 标准，我们的 SJMOSFET 静电放电能力分类如下：  
人体模型 Class3 (4000-15999V) 机器型号 Class M5 > +-800V

静电放电会导致多晶硅或栅极氧化膜破坏造成栅极泄漏，以及漏极和源极之间的电阻短路等问题。在处理静电放电时，如将设备 1MΩ 接地并采取防静电放电措施。

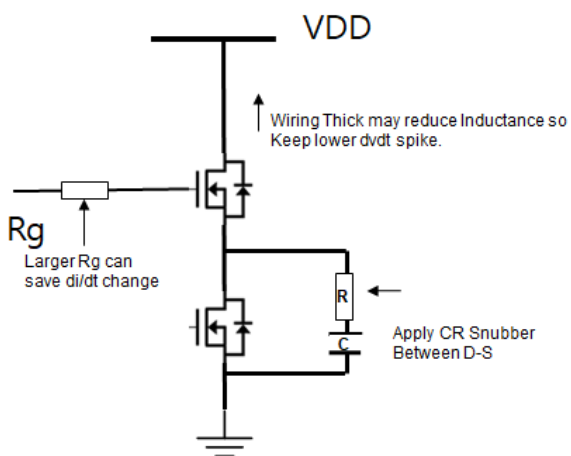


Fig.26 防止体二极管断裂的措施

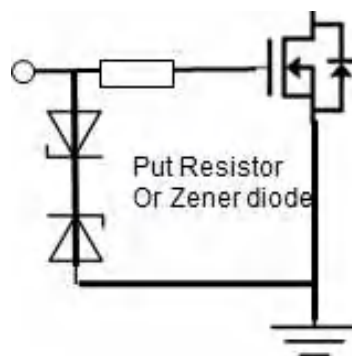


Fig.27 防止 ESD 故障的措施

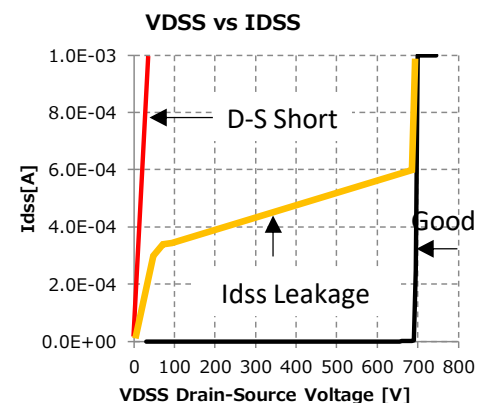
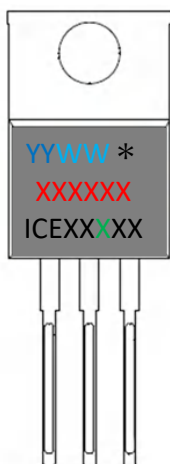


Fig.28 直流故障特征示例

## 6.可靠性测试结果

Items	Test Description(Abbr.)	Test method.	Stress Condition	Result
1	Temperature Cycle(TCT)	JESD22-A104	1000 cycles, $\Delta T_j$ -55 to 150°C	PASS
2	High Temp storage(HTS)	Mil-Std. 750 Method 1032	500 hrs, $T_j = 150^\circ\text{C}$	PASS
3	Steady 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
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
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
6	High Temp High 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
7	Pressure Cooker Test (PCT)	Method JESD22-A102	121C 100% RH, 205Kpa,96 hours	PASS
8	Highly Accelerated stress test (HAST)	JESD22-A110D	130°C 85% RH, 230Kpa, 96 hours	PASS
9	Resistance to Solder Heat Test (RSH)	JESD22- B106(PTH)	265°C 10-12secs 3 cycles	PASS
10	Solderability	JESD22-B102E	260°C 10 secs	PASS

## 7. Device Marking Format



YY=年份的最后两位数

WW=工作周

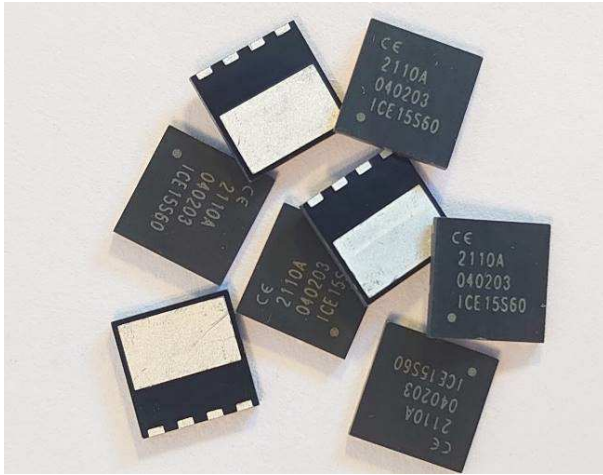
\* 生产地点 ID

XXXXXX =生产批号 ID

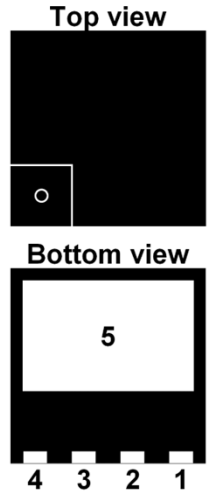
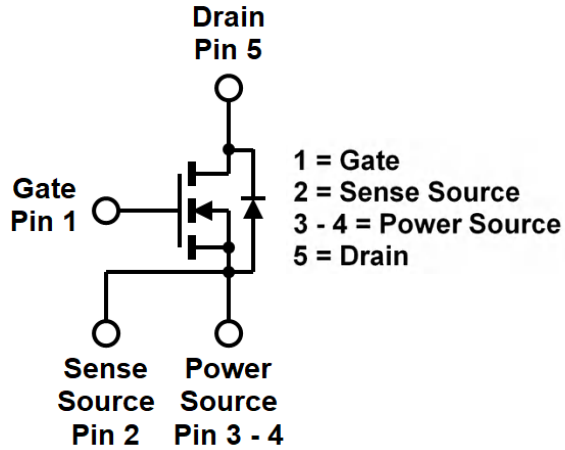
ICExX X XX =ICEMOS 产品名称

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

## 8.新封装介绍 - DFN 8X8



DFN 8x8 Leadless Package



DFN8x8

### 特点

- 低导通电阻
- 超低栅极电荷
- 高峰值电流能力
- 高 dv/dt 能力
- 卷带包装 (13 英寸卷带)
- 每卷规格 3,000 件
- 环保型, MSL-1

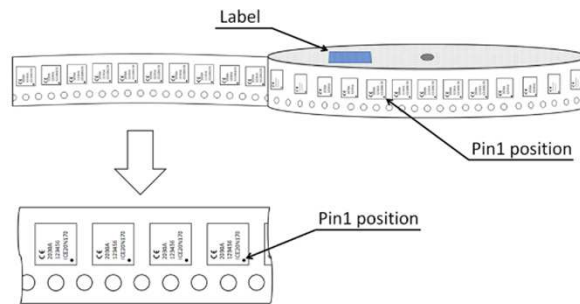
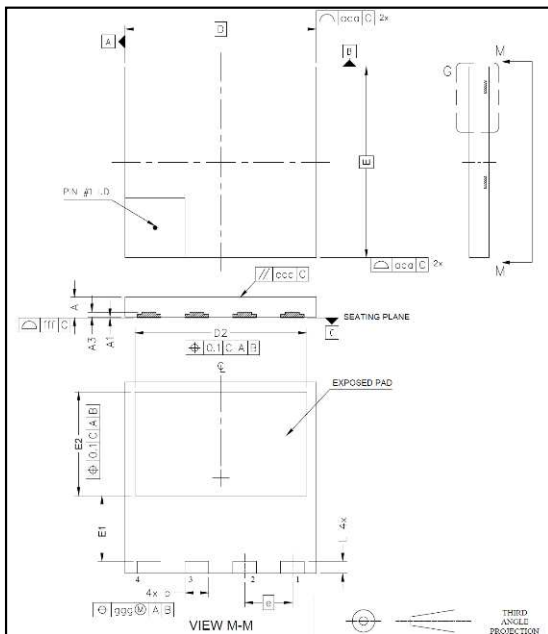
### Applications:

- ◆ Servers
- ◆ Adapters
- ◆ HID Lighting
- ◆ UPS
- ◆ Renewable Energy

### 优点

- 高密度应用的理想选择
- 适用于高速自动化生产
- 扁平无引线封装

Part Number	GEN1	GEN2	GEN2
	ICE19N60L	ICE15S60L	ICE25S65L
Polarity	N	N	N
Id(Max)	19A	15A	25A
V(BR)DSS (Min)	600V	600V	650V
Rds(on) (Typical)	0.20Ω	0.155Ω	0.120Ω
Qg (Typical)	59nC	30nC	34nC
FOM (ΩxnC)	11.8	4.65	4.08



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		



本文件内容如有更改或更新, 恕不另行通知。重要说明和免责声明写在最后一页



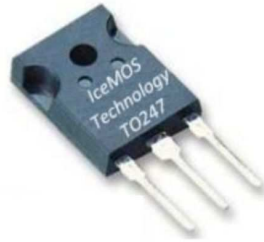
## 9. PACKAGE information



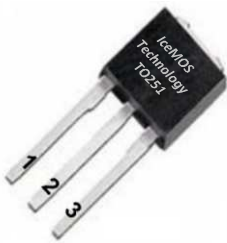
TO220   
Lead Free



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)

### Package:

- RoHS Directive (EU)2015/863
- Lead Free( Pb free ) product.(except some of surface mount)
- Halogen Free
- Eco-Friendly Mold Compound



我们的 "无铅" 定义是任何内部和外部设备都不使用铅。

本文件内容如有更改或更新，恕不另行通知。重要说明和免责声明写在最后一页

## ~ 操作 SJ MOSFET 时的注意事项

1. 焊接温度      流动 / 回流： 260°C 最高 10 秒 2 次      烙铁焊接： 380°C  
最高 3 秒 1 次

2 . 保质期准则：      包装产品 5 年 晶圆 3 年

TO220、TO220FP 和 TO247 的湿度敏感等级为 MSL1。      DPAK、D2PAK  
、DFN8x8 和 DFN5x6 为 MSL3。

4. 请远离腐蚀性物质、氯化物、过重的重量和阳光直射，因为产品质量可能会下降，所以请避免在这些条件下存放。

5 . 为防止静电 (ESD) 造成的损坏，请将产品存放在防静电包装中。  
操作设备时，请将夹具、设备、工作台等接地。

6 . 我们的产品符合 RoHS 和 REACH 标准。我们不使用任何来自冲突地区的矿物质