

## 2.5 有关 SKiiPPACK 的特殊参数

SKiiPPACK 的参数表包括了下列参数:

1. IGBT、续流二极管芯片的静态和动态最大定额和特性参数;
2. 传热特性 (包括散热器);
3. 有关模块和所有电位隔离的绝缘电压的说明;
4. 有关保护功能的门限值的说明;
5. 驱动器的输入信号水平、输出特性和延迟时间;
6. 有关机械应力和气候适应程度的说明。

因此在 SKiiPPACK 的参数表中, 尽管有时不再提及各种驱动条件对参数的影响, 参数表依然变得明显复杂起来。

## 2.6 功率模块的静态和动态特性对温度的依赖性

IGBT、功率 MOSFET 和续流二极管的绝大多数电气参数都或多或少地随芯片的温度而变化。

下表给出了一些最重要的特性参数在温度上升时的走向 (<: 上升; <<: 强烈上升; >: 下降; -: 受温度影响不大)。

有星号 (\*) 的特殊说明仅适用于 PT 型 IGBT。

对于实际的设计来说, 标有叹号 (!) 的参数则尤为重要。它们对温度的依赖性较大, 因此在后面的章节中还将被进一步谈论到。有关续流二极管的参数对温度的依赖性请参阅 1.3 章。

参数	MOSFET	IGBT	续流二极管
擎住击穿电压	<	<	<
截止漏电流、截止损耗	<	<	<
通态电阻、通态电压、通态损耗	<<!	<(>*)!	>
开通时间、开通能耗	<	<	-
关断时间、关断能耗	<	<(<<*)!	<<
开启电压	>	>	>
正向转移电导	>	>	-

在阅读参数表时首先需要注意的是, 大多数功率 MOSFET 和 IGBT 的参数适用于壳温为 25°C 时的条件。它们必须和其他说明相结合, 换算至实际的最高运行温度。

这一点对于最大允许的漏极或集电极电流  $I_D$ 、 $I_{DM}$ 、 $I_C$ 、 $I_{CM}$  以及最大功耗  $P_{tot}$ 、 $P_D$  尤为重要。在 3.1.2 节中给出了如何根据实际运行条件来降额使用的计算方法。

决定降额使用程度的因素是器件的截止、通态以及开关损耗。这些参数也和温度有关。

尽管截止电流在温度从 25°C 变化到 125°C 时会上升约 3 到 6 倍，但因其占总功耗中的比例较小，所以在设计中不予考虑。

与之相反，通态特性对温度的依赖性则需要着重考虑。因此，下面将针对不同的元件作进一步的分析。

### 功率 MOSFET

图 2.23 显示了功率 MOSFET 的通态电阻  $R_{DS(on)}$  随温度增加而上升的曲线，以及静态漏极电流  $I_D$  因此而超比例下降的曲线。

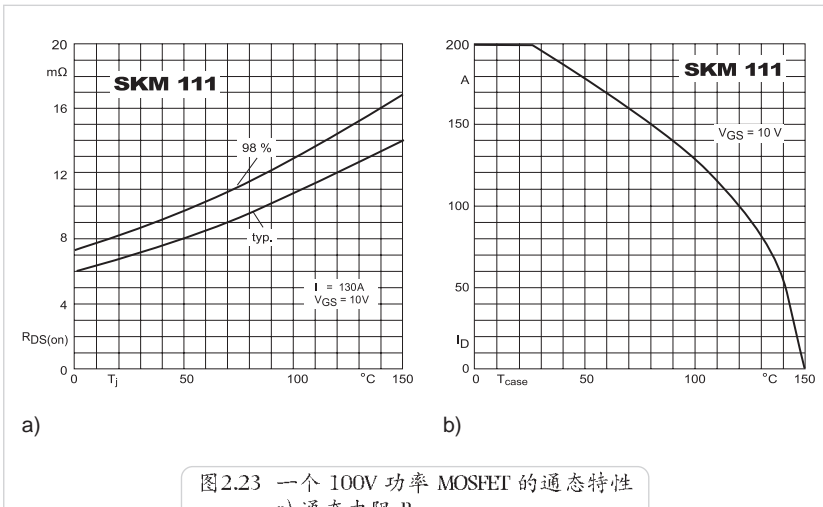


图2.23 一个 100V 功率 MOSFET 的通态特性

a) 通态电阻  $R_{DS(on)}$

b) 降额后的静态漏极电流  $I_D$

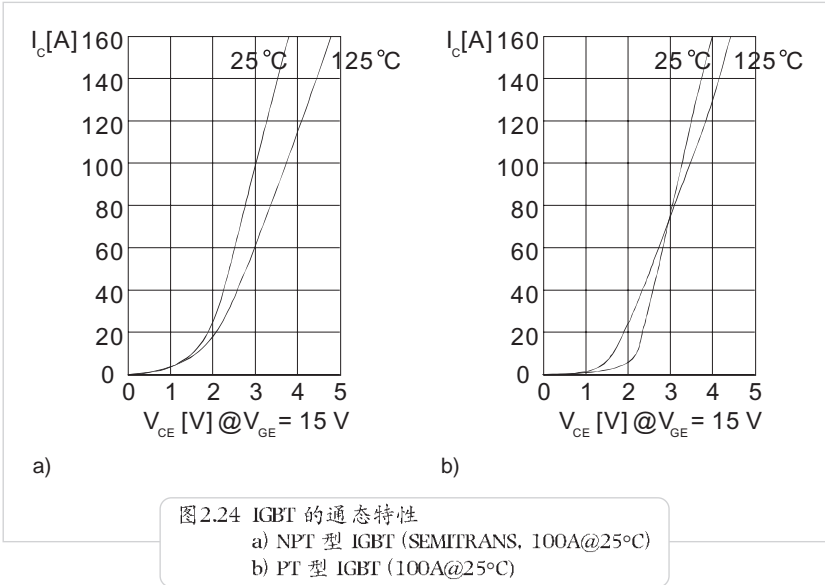
当温度从 25°C 变化到 150°C 时， $R_{DS(on)}$  约增加一倍。在  $T_{case} = 80°C$  时，静态的漏极电流只能达到其最大值  $I_D$  的 75%。

但从另一方面来看，通态电压的正值温度系数也具有有一些优点，如易于并联、在硬开关时有较高的抗冲击性，等等。

### IGBT

不同方案的 IGBT (PT、NPT，请参阅 1.2.1 节) 具有不同的传热性能。

这一点可以从图 2.24 中看出。该图显示了集电极-发射极饱和电压  $V_{CEsat}$  与集电极电流  $I_C$  在芯片温度分别为 25°C 和 125°C 时的基本特性曲线。



在整个电流范围内，NPT 型 IGBT 的通态压降  $V_{CEsat}$  具有正的温度系数，约为  $8 \text{ mV/K}$  (在  $25^\circ\text{C}$  下的  $I_C$ )。与之不同的是，在实际可以利用的电流范围内，PT 型 IGBT 的通态压降  $V_{CEsat}$  的温度系数为负值，只是在额定电流点附近才上升至零。

这一现象的结果是：一方面，NPT 型 IGBT 的通态损耗比 PT 型 IGBT 要高；另一方面，它的电流分布则更为均匀一些（均匀的温度分布、抗冲击性、不经过预选就可以并联的特性）。

在 IGBT 的参数表中，也含有类似于图 2.23b 的依赖于温度的降额使用曲线。

如同前面已经提到过的，MOSFET 和 IGBT 的开关时间与开关损耗也是随温度的上升而增加。

在实际的设计过程中，芯片总是处在发热状态下。因此，目前大多数的最大定额和特性参数，通常都给出温度为  $125^\circ\text{C}$  时的相应数值。

在这里，还需要提到 NPT 型和 PT 型 IGBT 的另一个区别（图 2.25，参阅 1.2.1 和 1.2.3 节）。

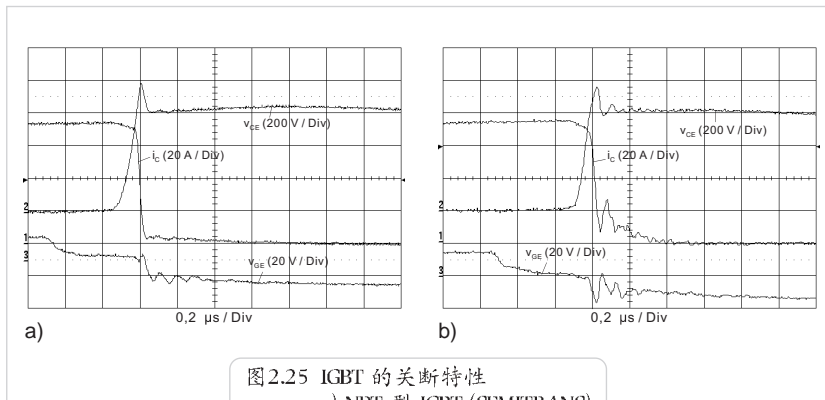


图2.25 IGBT 的关断特性

a) NPT 型 IGBT (SEMTRANS)

b) PT 型 IGBT

在关断过程中出现的拖尾电流  $I_t$  的大小随温度的增加而增加。当温度从 25°C 上升到 125°C 时, NPT 型 IGBT (图 2.25a) 的拖尾电流上升大约一倍, 而 PT 型 IGBT (图 2.25b) 则几乎会上升大约三倍。因此, NPT 型的 IGBT 在温度较高时具有明显较低的开关损耗。