

## 3.9 使用 MOSFET、IGBT、MiniSKiiP 和 SKiiPPACK 模块时的注意事项

### 3.9.1 对 ESD 的敏感度和防护措施

所有的 MOSFET 和 IGBT 功率模块均对 ESD (静电荷放电) 较为敏感, 因为其栅极绝缘层的厚度仅为数十纳米。

敏感的程度取决于输入电容值 (MOSFET:  $C_{GS}$  栅-源电容; IGBT:  $C_{GE}$  栅极-发射极电容)。

功率 IGBT 和 MOSFET 具有较大的芯片面积和因此而较高的输入电容, 根据 MIL-STD 883C 标准中 3015.6 款的划分, 它们的敏感级别较小信号元件为小。

在拿取 IGBT 或 MOSFET 功率模块时, 须遵守上述 MIL 标准以及 DIN (德国工业标准)-VDE (德国电工协会) 0843 TS 标准的规范, 后者与 IEC (国际电工协会) 801-2 标准兼容。

进货检验与后续操作只能在为此特备的工作场地, 包括导电桌板、接地等, 由穿着合适的员工 (防静电工作服、可能的话还有腕环) 来执行。在处理 ESD 敏感元件之前, 运输和安装设备以及印刷电路板都应按照有关要求来执行防护措施。

功率模块在出厂待运时, 栅极和源极引脚 (MOSFET) 或栅极和发射极引脚 (IGBT) 都用导电泡沫或橡胶、自粘贴铜箔、一个可按上的圆环或合适的导电包装系统进行短路连接。此短路连接应尽可能地保留至连接栅极引线时。

### 3.9.2 安装指南

在功率模块和散热器之间获得最佳热阻, 模块基板和散热器表面应被清理和除尘。散热片的粗糙度不应超过  $10\mu\text{m}$  (MiniSKiiP 和 SEMITOP 为  $6.3\mu\text{m}$ ), 不平度则在 10cm 的范围内不得大于  $20\mu\text{m}$ 。

在将功率模块安装至散热器之前, 两者的安装表面均应涂上一层均匀的、尽可能薄的导热脂, 例如, 可采用一个橡胶滚轮来涂敷。

对 SEMIKRON 模块来说, 推荐使用 P12 导热脂 (由 Wacker Chemie 制造), 但它含有少量硅脂。不含硅脂的导热脂如 WLPF5 (由 Fischer-Elektronik 制造) 也同样适用。

在选择连接或固定螺栓时请注意:

1. 安装时, 使用垫片加弹簧垫圈或波簧垫片;
2. 参考模块尺寸图和总线排布来决定连接螺栓的最小和最大长度;
3. 紧固程度或上紧力矩不低于技术手册给定值;
4. 表面处理状况和耐腐蚀能力。

SEMIKRON 可应客户要求提供配套的、带有不可拆分的垫片以及弹簧垫圈的组合螺栓。

在采用螺栓安装时须遵守参数表中给出的紧固力矩值。螺栓应先用一半的力矩按对角依次拧上，然后采用同样的顺序全力拧紧。因为导热脂的渗透作用，在条件允许时，应在数小时之后再次紧固螺栓。

有关焊接端子的处理请参考参数表中给出的焊接参数。

在安装 MiniSKiiP 时，请确保印刷电路板上接触端子的表面无任何不允许的焊锡凸起，因为它们将抵消弹簧的作用。因此如果需要的话，在波峰焊过程中，将这些接触端子覆盖保护起来。

如果在焊接过程中采用了不需要清理的助焊剂，则可省去印刷电路板的清理工作。

### 3.9.3 SKiiPPACK 出厂时的热性能试验 [265], [93], [233]

在 SKiiPPACK 模块中，散热片是产品的一部分。这样，制造商保证了正确的组装和优化的热路设计。

出厂前的功能测试包括了一个完整的加热试验，用于检查各热连接的可靠性。

这将消除客户安装时可能会出现的热路不确定的现象，从而保证了其“原装”的高可靠性。

## 3.10 辅助设计软件

### 3.10.1 电路的数学模型

狭义来说，使用功率半导体的电路设计可归结为换流电路的设计。如果换流电路的相关参数可以被精确定义，并考虑到所有可能的离散值，则设计便很容易地进行。为了把一个系统设计简化为其中的换流电路的设计，系统设计应该更全面、更清楚地定义各接口的运行参数。具体到一个变流系统的设计，其控制方法、主电路能量储存单元以及主要的滤波单元都应该在计算功率半导体的环境和冷却系统之前被确定与布置完毕。

这样一个自上到下的系统设计顺理成章地要求使用不同级别的数学模型，而系统的广度和模型的深度有时会相互矛盾与冲突（图 3.90）。