

## 低电感薄型 IGBT 模块

袁磊

南京银茂微电子制造有限公司

摘要: IGBT 模块已经被广泛应用于电力电子行业. 现在系统的发展越来越要求功率电子器件具有更高的功率密度,更优化的电性能,更高的可靠性及简单的安装方法. 在现有的产品上进行优化,兼容的同时保证高的可靠性,已成为功率模块开发的目标.

关键词:薄型封装,杂散电感, IGBT 模块, 可靠性

### 1. 前言

基于 94\*34mm 封装的 IGBT 模块在过去的十多年中已经在众多行业得到了广泛的应用. 从此各大公司在兼容这个模块尺寸的同时不断推出自己的模块封装形式. 南京银茂微电子推出了 34mm 薄型低电感的模块(下文称 T1 封装). T1 采用了高功率密度设计, 并根据不同行业的应用需求, 选择最佳的 IGBT 和 FRD 的芯片组合, 使新型模块与同等安装尺寸的传统功率模块相比, 电流输出能力更高, 关断峰值电压更低. 同时, 功率端子的无钎焊极大地提高了模块在环境温度循环和功率循环条件下端子连接的可靠性, 为系统可靠性的提升提供了基础(图 1 是 T1 模块(左)和其他公司模块(右)的实物和外形尺寸比较)

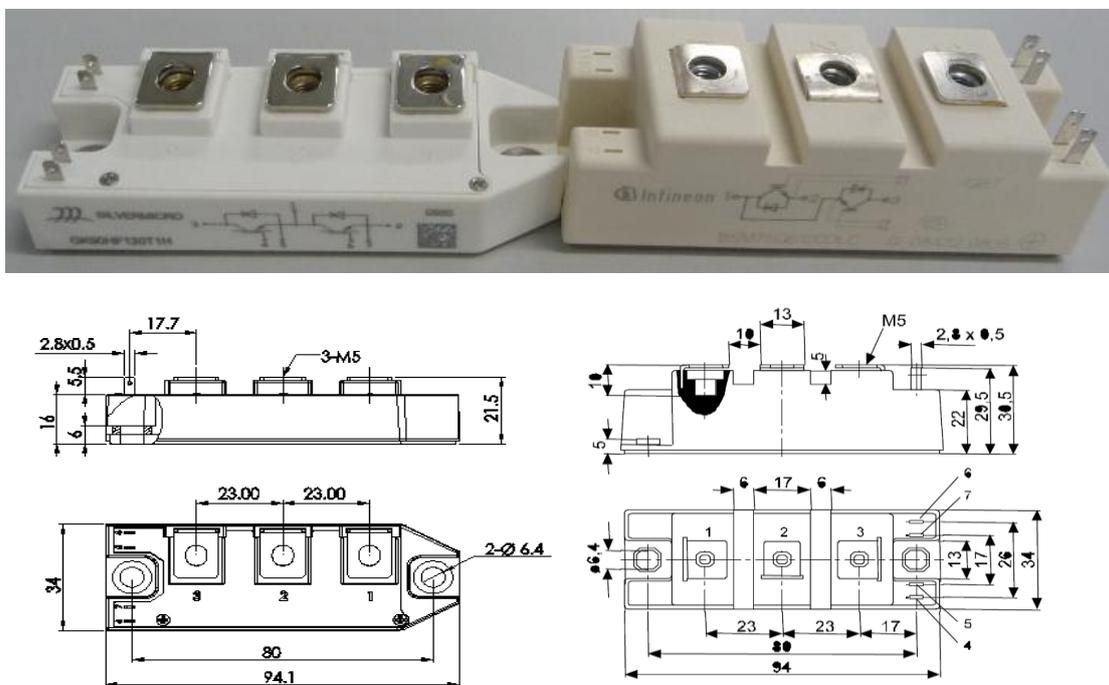


图 1:T1 封装与传统封装的外形比较

## 2. 材料

T1 封装模块的外壳采用高强度材料,严格控制端子电镀工艺,保证模块在长期高温条件下使用时外壳的牢固,并配有独特的盖板设计保证了使用过程中的安全.

## 3. RoHS 工艺

新型模块的生产工艺使用了无铅工艺,端子和 DBC 采用无焊接工艺,是符合了 RoHS 要求的绿色产品.

## 4. 端子无焊接工艺

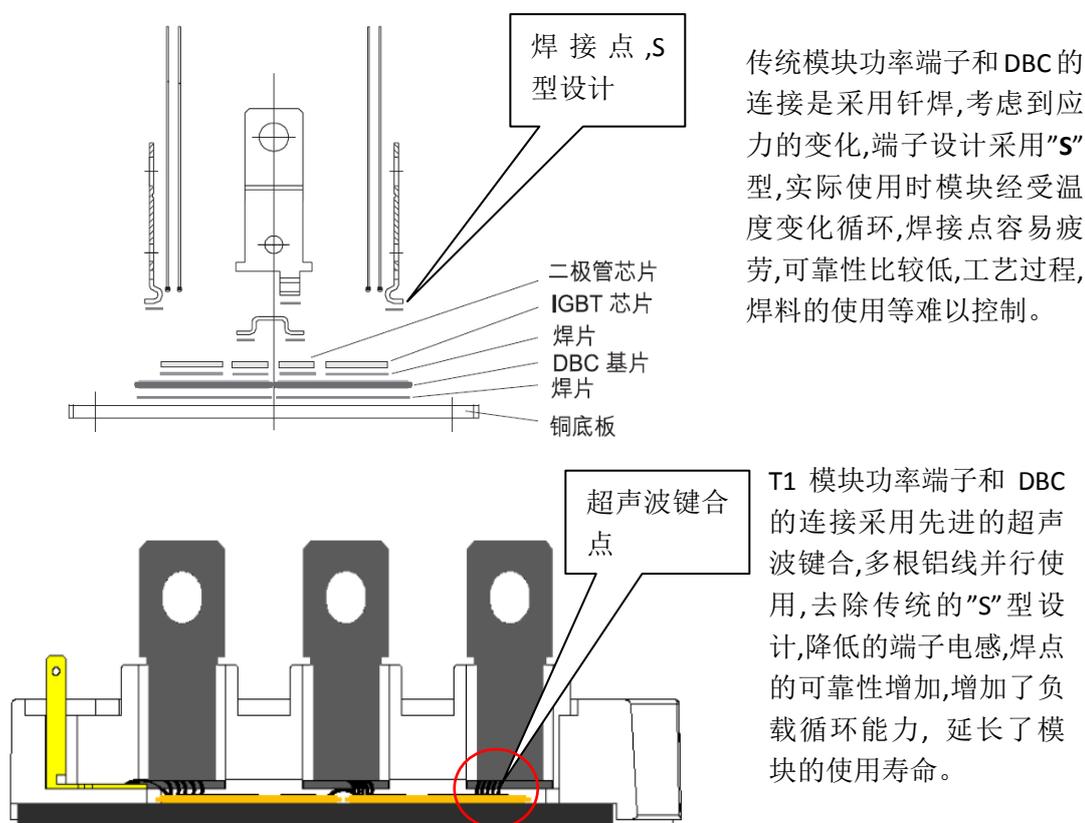


图 2.模块结构

## 5. 功率循环能力

在功率模块的实际应用中,模块的可靠性主要受到热应力的影响,如电机的满载和轻载的变化,变频器输出频率的变化,这些变化都会产生温度的变化,材料间存在不同的热膨胀系数,钎焊在热应力下很容易疲劳,导致端子脱落失效,T1 封装通过端子和 DBC 之间采用超声波键合工艺,大幅提高了功率端子的负载循环能力。(图 3 是端子采用焊接的模块与 T1 模块在不同壳温变化下功率循环的能力)

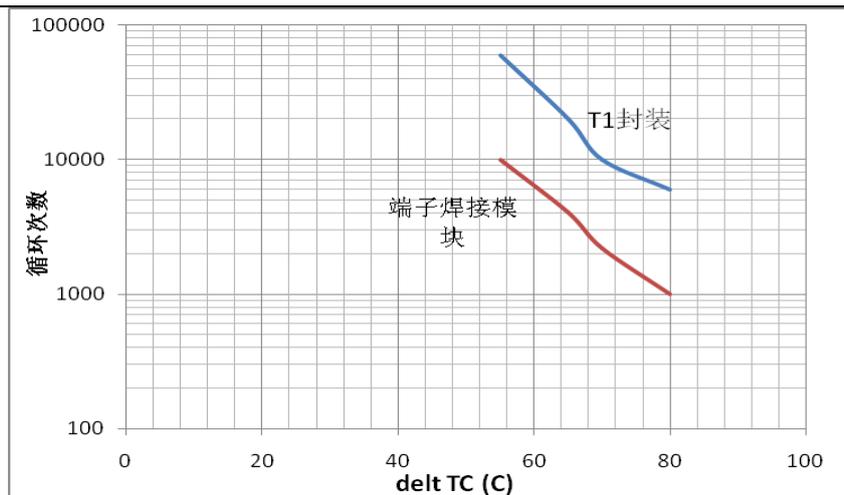


图 3: 不同壳温变化下功率循环能力

## 6. 新型低电感功率端子设计

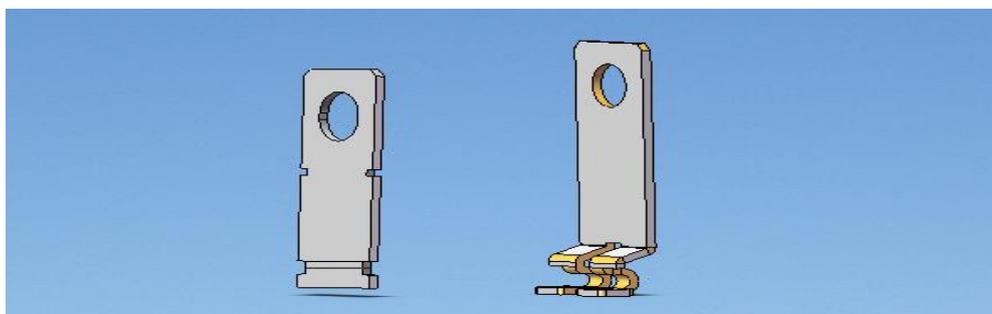


图 5. T1 端子和 S 端子比较

T1 新型模块的功率端子摒弃了钎焊与 DBC 基板的连接方式, 而是采用了高纯度铝线超声波键合的方式, 使两者之间的应力大为降低。由于省却了传统的 S 型设计, 端子的长度减少了 1/3, 从而减少了模块本身的寄生电感和端子的电阻。相比传统 34mm 封装的端子, 电感降低了 30%, 优化了关断特性, 同时也降低了使用过程中在端子上所产生的功耗。

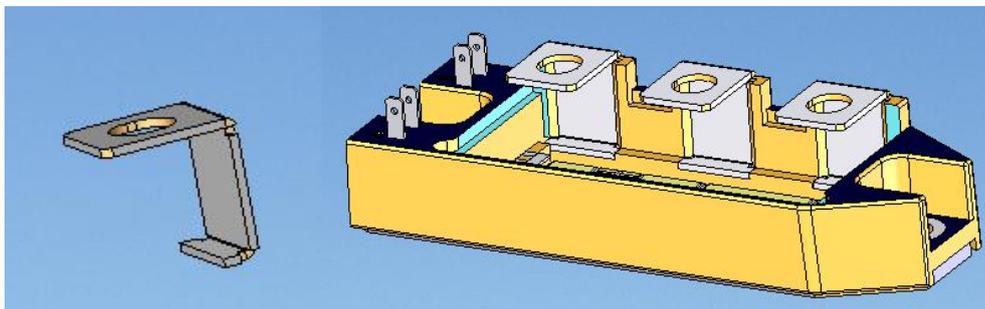


图 6: 新型端子的安装

采用新型端子设计可以减少内部安装的空间。因为不需要钎焊, 有效的节省的 DBC 上芯片布局空间, 使得芯片空间布局更加优化, 模块电流密度更高。平衡了线路的设计。信号端子采用 DBC 走线和键合工艺, 优化了信号的对称型, 相比传统的飞线焊接, 简化了工艺, 并减小了门极寄生电感和电阻。(图 6 是 T1 模块的内部端子安装结构)

## 7. 开关特性

新的 T1 封装设计推出了低损耗, 快速, 标准等 IGBT 模块, 适用于变频器, 电机控制, 焊机、感应加热、开关电源和 UPS 等不同要求的系统。通过在高温下测试模块的动态特性, 发现新的薄型端子无焊接的封装设计大大降低了器件的开关过程中产生的损耗, 优化 RBSOA 等特性及减小了关断时的电压过冲。

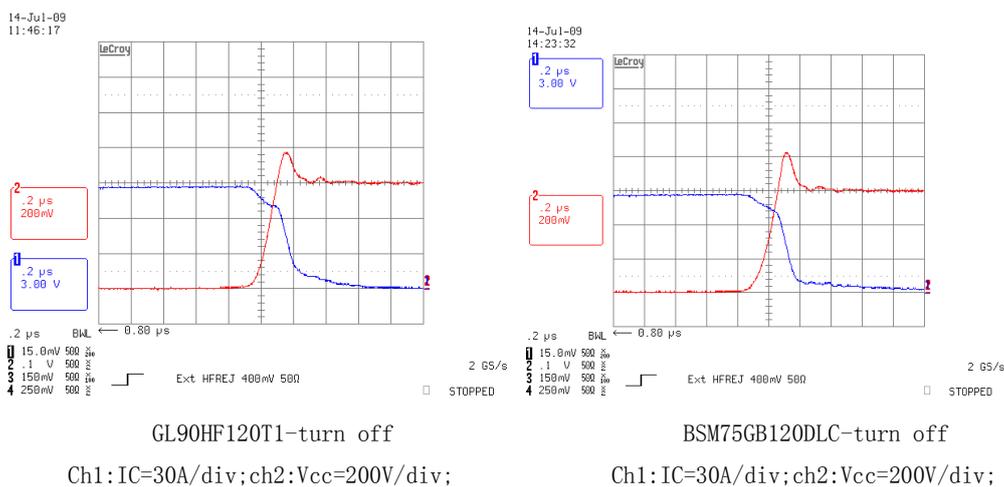


图 7. T1 封装与传统封装关断特性波形比较  $T_j=125^\circ\text{C}$

图 7 是在相同的测试装置和测试条件下测得 2 种低损耗器件的关断波形, 由图可以得出 T1 的电压过冲  $\Delta V_{c1}=180\text{V}$ ;  
DLC 封装的电压过冲  $\Delta V_{c2}=220\text{V}$  所以计算得出:

T1 封装模块:

$$di/dt=72\text{A}/0.386\mu\text{s}=187\text{A}/\mu\text{s}$$

$$\Delta V_{c1}=L_1*di/dt$$

$$L_1=\Delta V_{c1}/di/dt=180\text{V}/187\text{A}/\mu\text{s}=960\text{nH}$$

DLC 封装:

$$di/dt=72/0.320\mu\text{s}=225\text{A}/\mu\text{s}$$

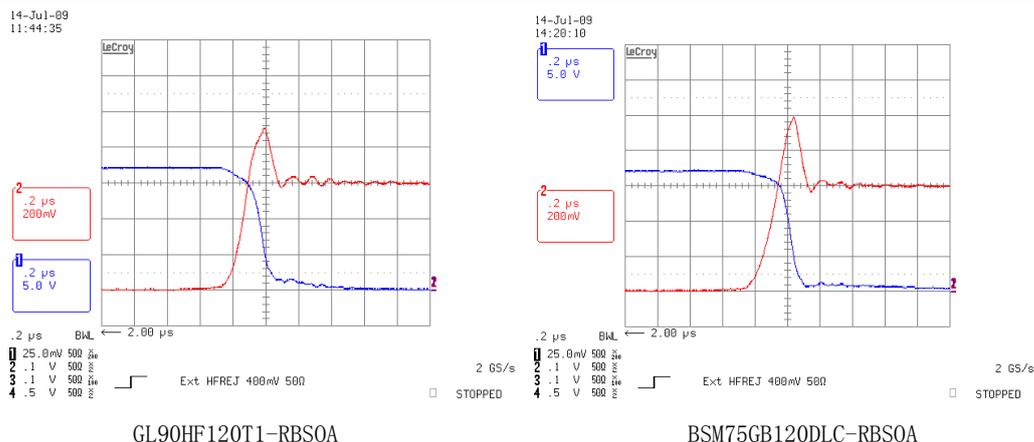
$$\Delta V_{c2}=L_2*di/dt$$

$$L_2=\Delta V_{c2}/di/dt=220\text{V}/225\text{A}/\mu\text{s}=978\text{nH}$$

相同装置的测试条件下, 模块电感差异  $\Delta L=978-960=18\text{nH}$ .

### ● 过流关断特性 (RBSOA)

图 8 是两种模块在过流关断时峰值电压的比较, 由图可以得到电流为 180A 的关断电流条件下 T1 模块的  $V_{CE\_peak}=957\text{V}$  (左), DLC 模块的  $V_{CE\_peak}=1038\text{V}$ 。



GL90HF120T1-RBSOA  
 Ch1: IC=50A/div; ch2: Vcc=200V/div;  
 BSM75GB120DLC-RBSOA  
 Ch1: IC=50A/div; ch2: Vcc=200V/div;

图 8. 两种低损耗模块 RBSOA 特性比较  $T_j=125^{\circ}\text{C}$   $I_c=180\text{A}$ ;  $V_{cc}=600\text{V}$

### ● 频率特性

薄型低电感封装设计降低了模块的开关损耗, 芯片空间布局的优化减小热阻特性, 保证模块具有更高的频率电流输出特性. 图 9 比较了两种低损耗 IGBT 模块在不同开关频率下的有效输出电流, 由图可以看出在相同频率下 T1 模块的输出电流能力更高, 给系统设计者留下更多的余量考虑。

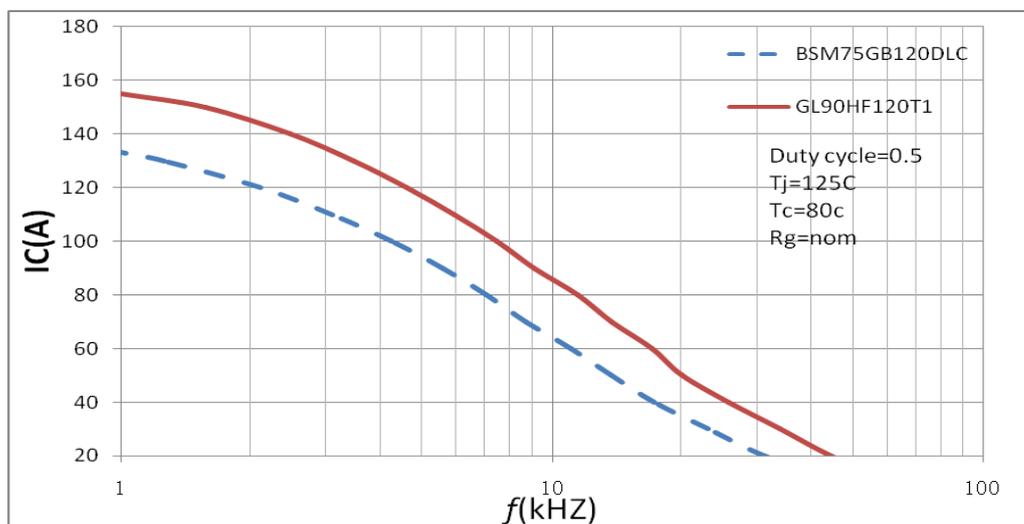
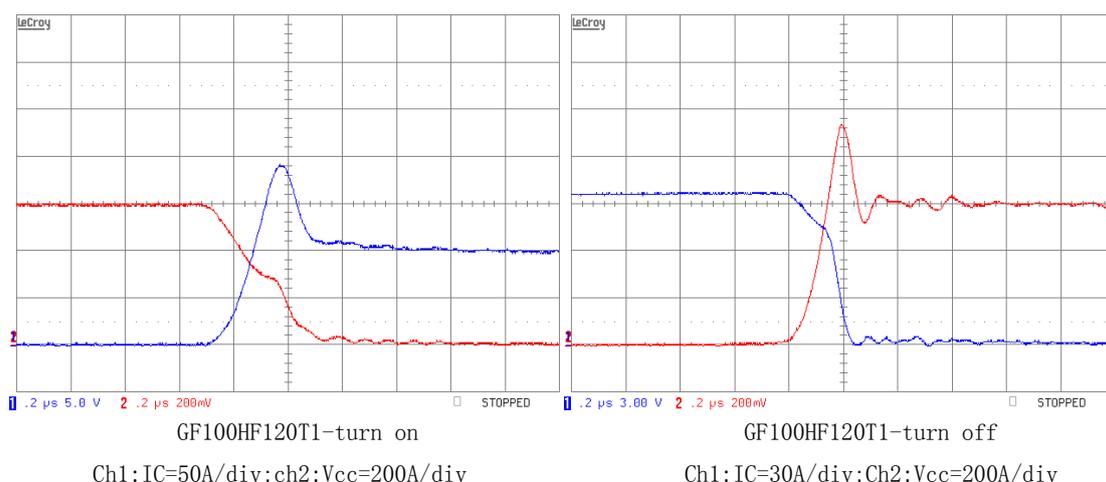


图 9: 不同频率下输出电流的比较

## 8. 新型封装更适用于高频快速型 IGBT 模块

通常在开关频率超过20kHz的应用领域, 一般要求功率器件具有优异的高速开关性能, 然而随着使用这些功率器件所使用系统的不同, 主电路和控制方法也随之变化, 很多时候不仅需要模块搭载上的高速芯片, 同时也需要在高频下封装与设计的最优化, 所以T1封装的优势在高频器件上表现的尤其突出, 为医疗设备和逆变焊机的使用提供了更大电流输出能力。

图10: 1200V/100A快速型IGBT开通关断特性( $T_j=125^{\circ}\text{C}$ )

通过测试GF100HF120T1的在高温下的开关损耗可以得出,  $V_{cc}=600\text{V}$ ,  $I_C=100\text{A}$  时  $E_{on}=8.5\text{mJ}$ ,  $E_{off}=5.2\text{mJ}$ , 总的开关损耗只有  $13.7\text{mJ}$ , 使器件在高频时表现更好的动态特性。图 1 1 比较了三种快速 I G B T 模块的频率输出特性, 可见 T 1 模块在同等电流输出条件下, 具有最低的温升。

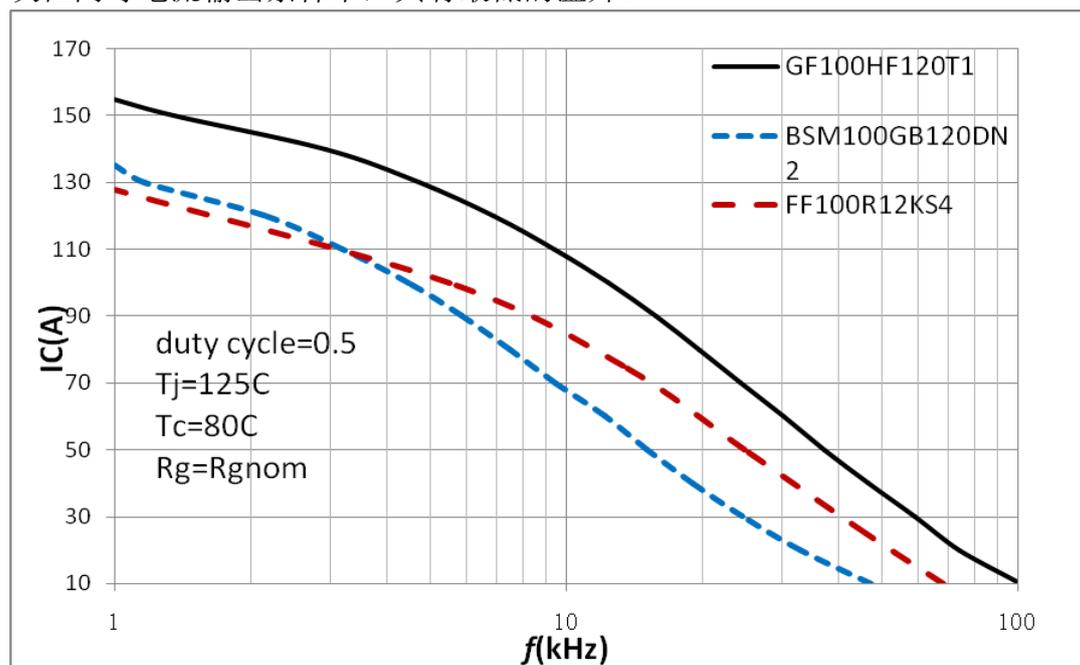


图 11: 各种快速型 IGBT 模块的频率输出特性

## 9. 优化安装空间

为了使模块能向周围更好的散热, 基板与散热器之间有良好的接触, 所以基板通过机械处理后形成一个曲面, 更好保证安装时与散热器之间的接触, 标准的孔距 80mm 可以是用户不需要更改散热器的安装孔, 直接安装模块. 薄型的外壳高度只要 21.5mm, 为客户系统设计降低模块安装的高度, 缩短了功率端子使用的连接线和铜排. 与传统的安装方式并没有发生更多的变化, 可以采用相同的安装顺序及操作要求.

## 结论:

节能、减排和充分利用绿色能源是我国可持续发展的关键。而各种节能装置的小型化、智能化趋势越来越要求新的功率器件向高功率密度，低热损耗和高可靠性方向发展。南京银茂微电子开发的 T1 薄型封装模块，降低了内部电感和热应力，给系统设计者节省了空间。而根据具体应用设计的芯片技术，最大限度地发挥了功率模块的效能。

## 公司简介:

南京银茂微电子制造有限公司是设计和生产各型 I G B T 和 M O S F E T 功率模块的专业企业。公司严格执行全面质量管理之理念，配置了世界上目前最先进的工艺制造、产品测试和可靠性测试等设备。产品涵盖新型电力电子模块（IGBT 模块，MOSFET 模块）全气密半气密高可靠性混合电路电子器件、大规模变流技术核心组件等。

**南京银茂微电子制造有限公司**

南京溧水经济技术开发区

溧水城北五号路银茂工业园

电话：（025）66650300—8506

传真：（025）66650301

网址：[www.njsme.com](http://www.njsme.com)

E-mail: [techsupport@njsme.com](mailto:techsupport@njsme.com)