

第1章 基本概念和特征

1. 车载IGBT模块的基本概念	1-2
2. 直接水冷结构	1-3
3. 第7代RC-IGBT芯片的特征	1-4
4. 集成芯片传感器	1-6
5. 采用高强度焊接材料	1-6
6. 电路构成	1-7
7. 型号内容	1-8

本章对车载IGBT模块的基本概念和特征进行说明。

1. 车载IGBT 模块的基本概念

近年来，考虑到对环境的影响，全球都在探求降低二氧化碳排放量的方法。为了降低二氧化碳排放量，汽车领域正在普及混合动力汽车(HEV)和电动汽车(EV)。HEV和EV将高压蓄电池中储存的直流电通过电力转换装置转换为交流，驱动行驶用电机，而该电力转换装置主要使用IGBT模块。由于需要在汽车的有限空间内安装高压蓄电池、电力转换装置、电机等，因此，电力转换装置中使用的IGBT模块要尽可能实现小型化。

在此背景下，以“小型化”为基本概念开发了富士电机车载IGBT模块。

图1-1所示为IGBT模块的基本市场需求。对IGBT模块的基本市场需求为提高性能和可靠性、降低环境压力。性能、环境、可靠性的各种特性相互关联，因此，为了实现IGBT模块的“小型化”，对这些特性进行均衡改进是非常重要的。

本次开发的车载IGBT模块，通过采用(i)带水套的第3代直接水冷结构、(ii)第7代RC-IGBT^{*1)}芯片、(iii)高强度焊接材料，最大限度地发挥了性能、可靠性、环境的各种特性。另外，通过电流传感器和温度传感器这两个集成在芯片上的传感器实现了高可靠性，通过P电压监视端子也能够良好的进行蓄电池电压对应的电力控制等控制。

*1) RC-IGBT: Reverse Conducting Insulated Gate Bipolar Transistor

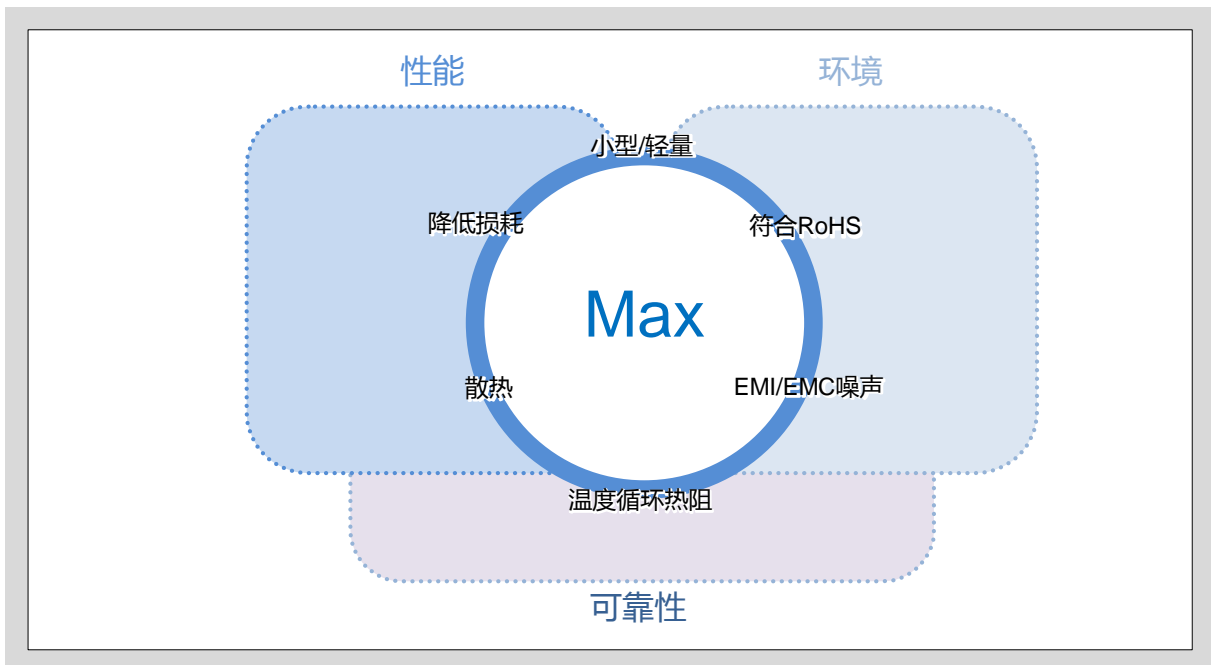


图1-1 富士电机IGBT模块开发目标图

2. 直接水冷结构

新开发的车载IGBT模块，通过采用第3代直接水冷结构，大幅降低了热阻。与间接冷却系统相比，第1代直接水冷系统降低了33%的热阻，并且，第3代冷却系统中散热片和水套实现了一体化，进一步降低了超过30%的热阻。此系统的概念是，不仅仅降低热阻性能，还可取消水路设计。同时，采用法兰类型的水路连接，使得电机和控制模块的水路连接设计更加简单。

图1-2所示为本次新开发的车载IGBT模块的外观。

图1-3所示为第1代和第3代的稳态热阻比较。第3代冷却系统中，无间隙冷却设计加快了散热片之间的冷却液流动速度，其结果就是降低了30%的热阻。

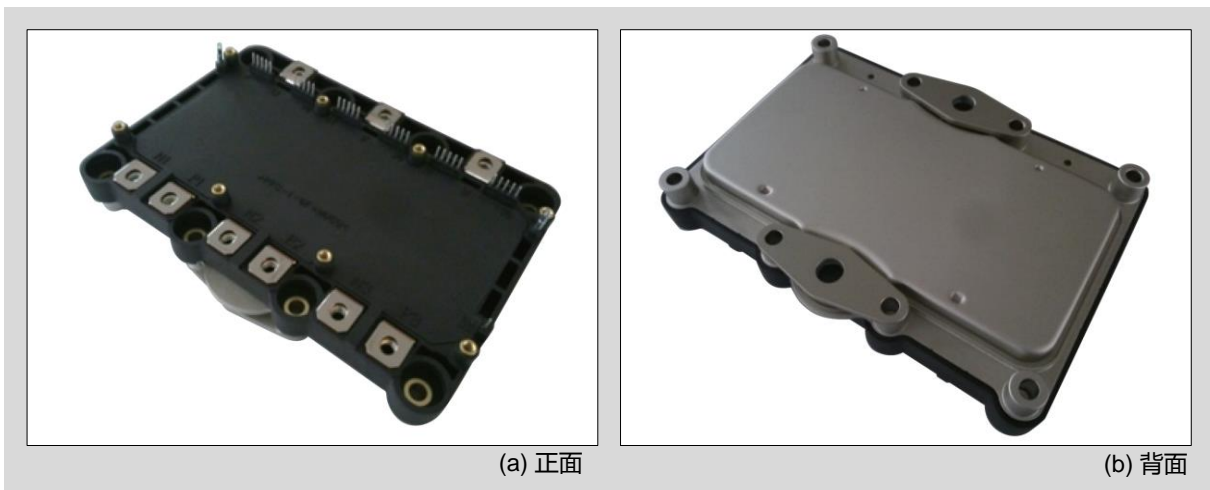


图1-2 6MBI800XV-075V-01外观

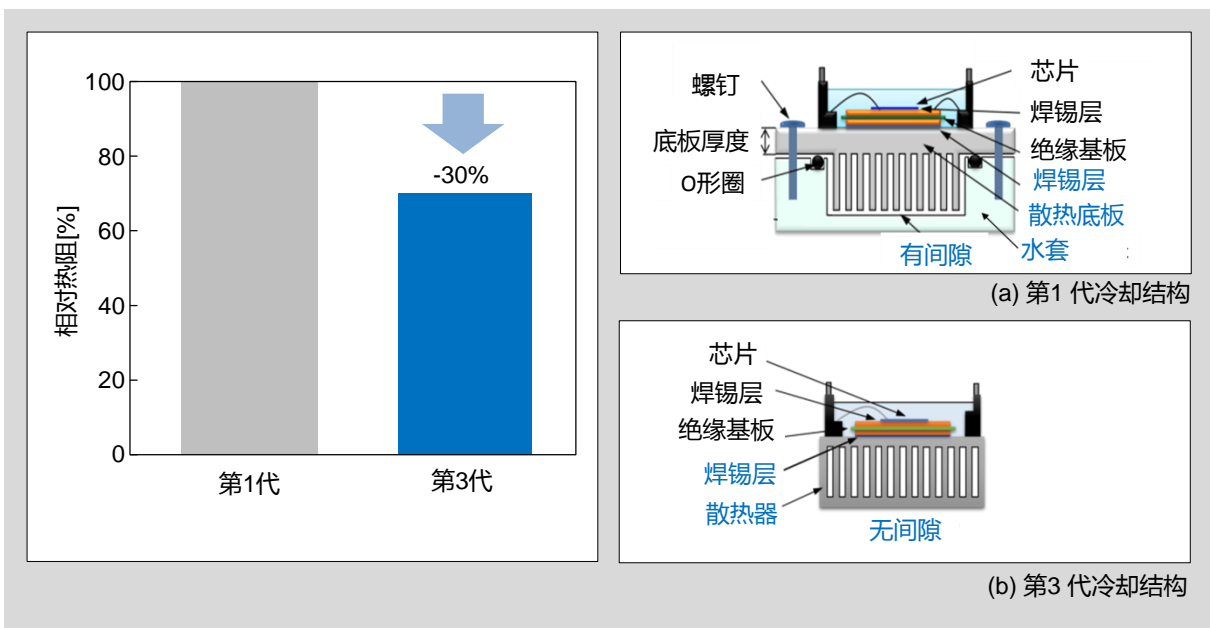


图1-3 热阻比较

3. 第7代RC-IGBT 芯片的特征

新开发的车载IGBT模块(6MBI800XV-075V)中,采用750V额定的“X系列”RC-IGBT。X系列的RC-IGBT通过对场截止(FS)结构的优化降低了导通电压和开关损耗。另外,通过对沟槽栅极结构的优化,提高了开关速度的可控性。

如下图所示,RC-IGBT为在同一芯片上配置了条状结构的IGBT和FWD。

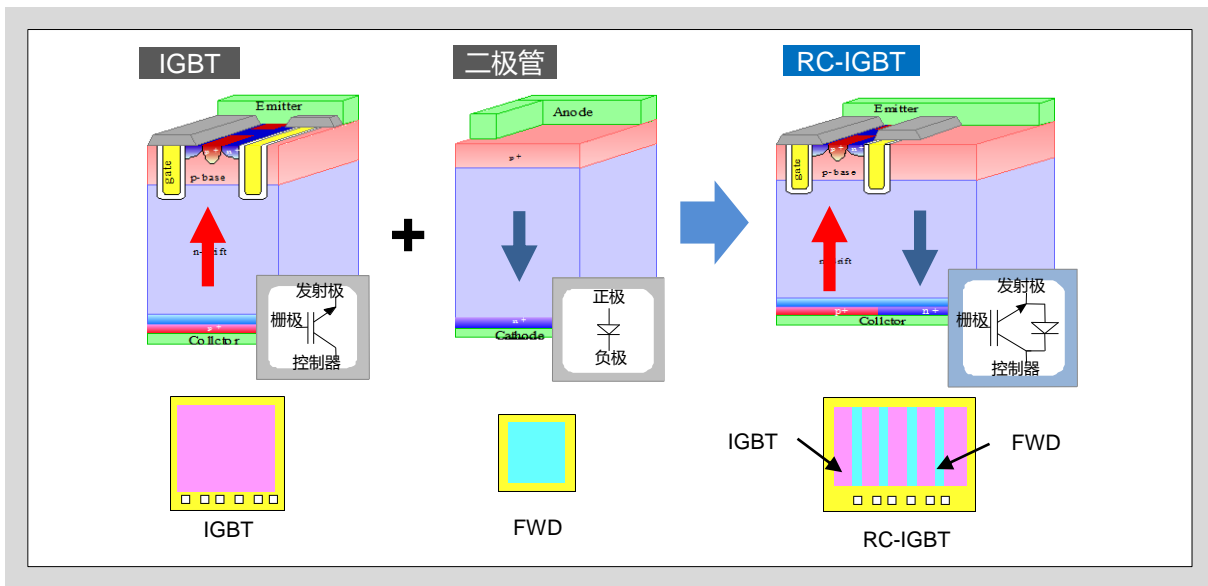


图1-4 RC-IGBT的基本概念

与传统IGBT相比,RC-IGBT的特征是 $V_{CE(sat)}-E_{off}$ 性能优越。如以下示意图所示,将芯片下方的IGBT集电极(P+层)和FWD的负极(N+层)连接形成的共集电极结构,使得关断动作期间,电子和空穴很容易进行迁移,与传统产品相比,降低了关断损耗。

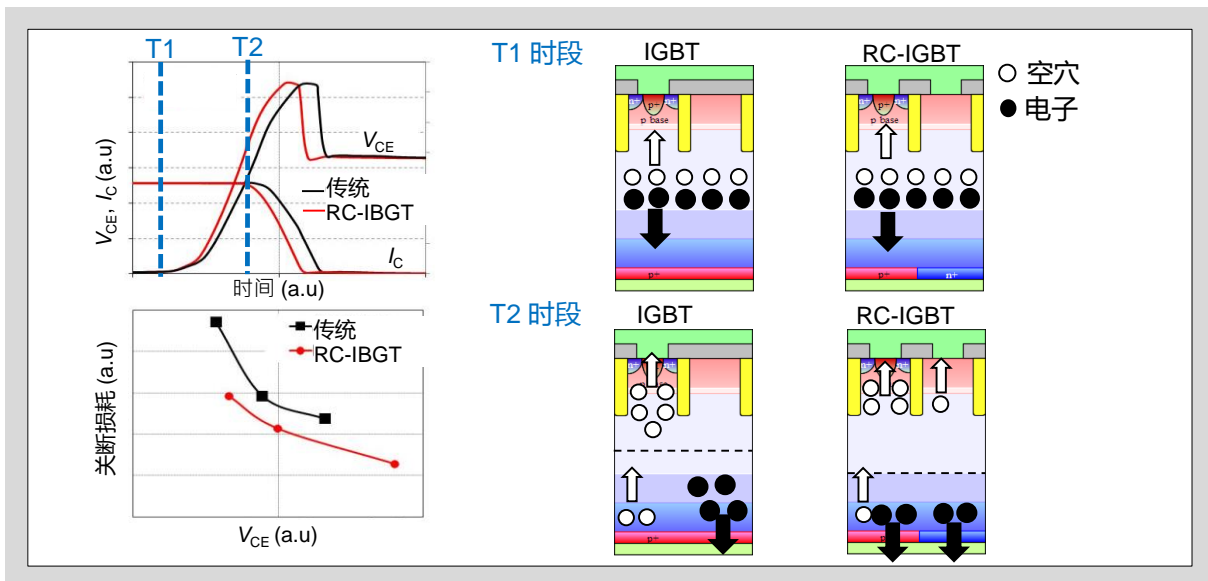


图1-5 RC-IGBT损耗的特征

如下图所示，由于是在芯片上交替配置IGBT和FWD部分，各部分的损耗产生的热量会从整个芯片表面释放出来，因此，与传统产品相比，降低了热阻。尤其是堵转模式、升压整流、短路动作时效果显著。

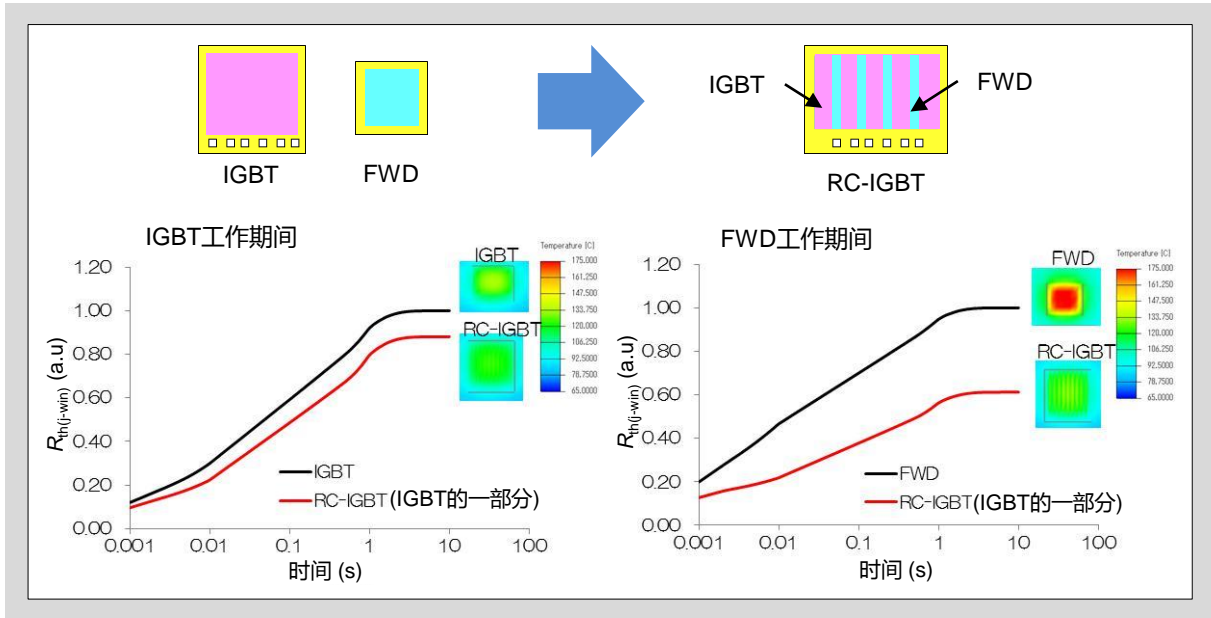


图1-6 RC-IGBT的热阻特征

堵转模式时，由于RC-IGBT具有较大的散热区域，因此可显著抑制发热，但是另一方面，也存在一点缺点，在三相运行中，IGBT和FWD部分之间由于热干涉产生温度上升。

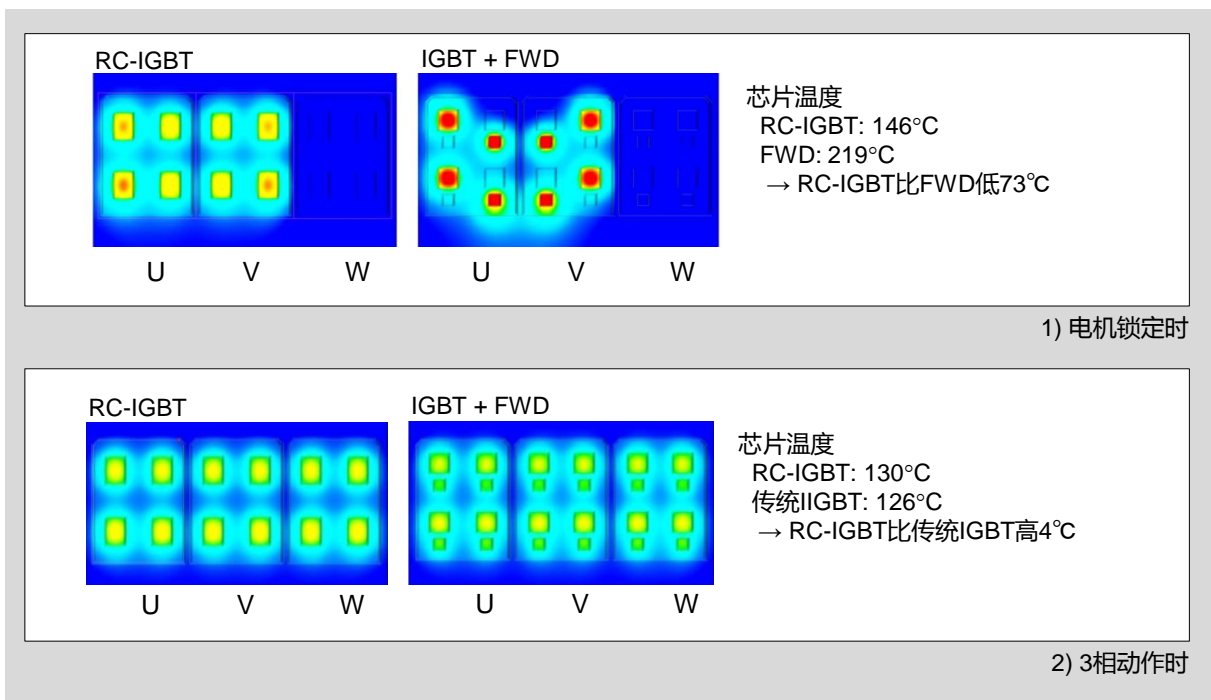


图1-7 RC-IGBT的热阻特征

4. 集成芯片传感器

如图1-8所示，电流传感器、温度传感器和IGBT芯片集成于一个芯片上，通过外接分路电阻器和电流源，可以分别监视电流和 T_{vj} 。

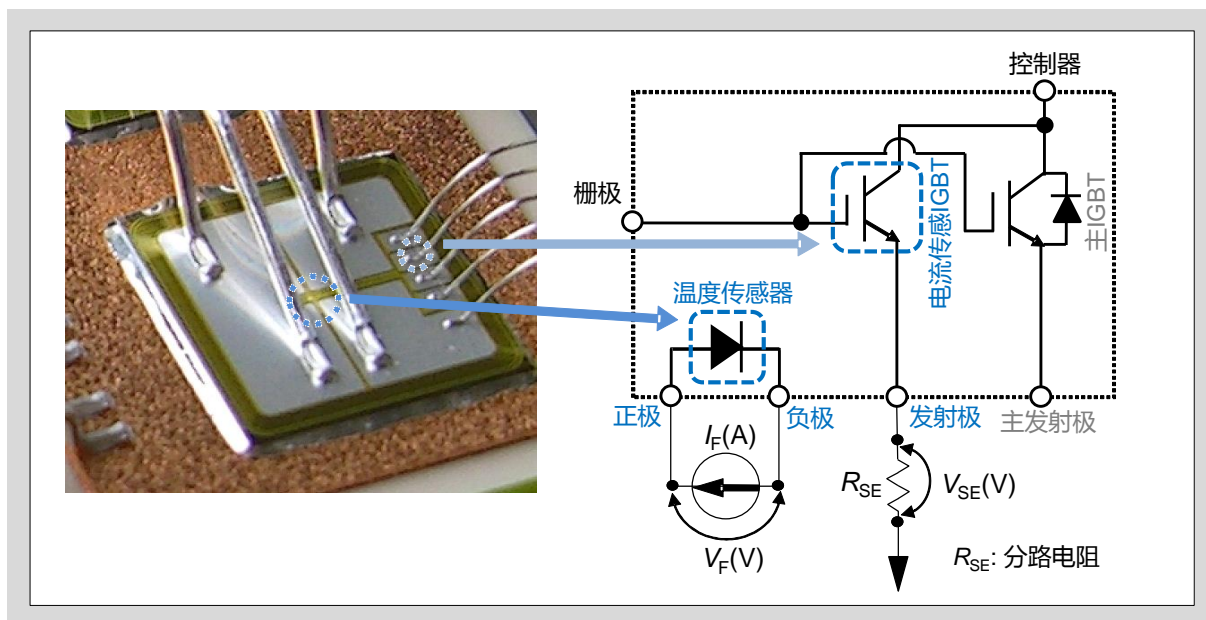


图1-8 集成芯片传感器

5. 采用高强度焊接材料

与工业用半导体和民用半导体相比，汽车用半导体多在恶劣的环境下使用，因此需要有较高的可靠性。特别是因温度循环产生的应力导致连接绝缘基板和散热底座的焊接部分出现裂痕后，将会引起热阻上升和芯片异常发热，导致IGBT模块损坏。与使用传统SnAg系列焊锡相比，富士电机车载IGBT模块中采用新开发的SnSb系列焊锡，显著抑制了裂痕扩展(图1-9)。

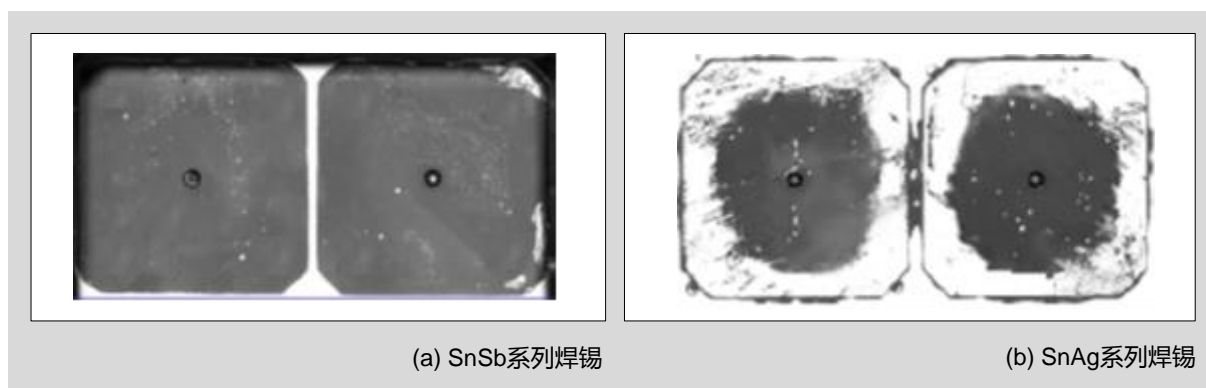
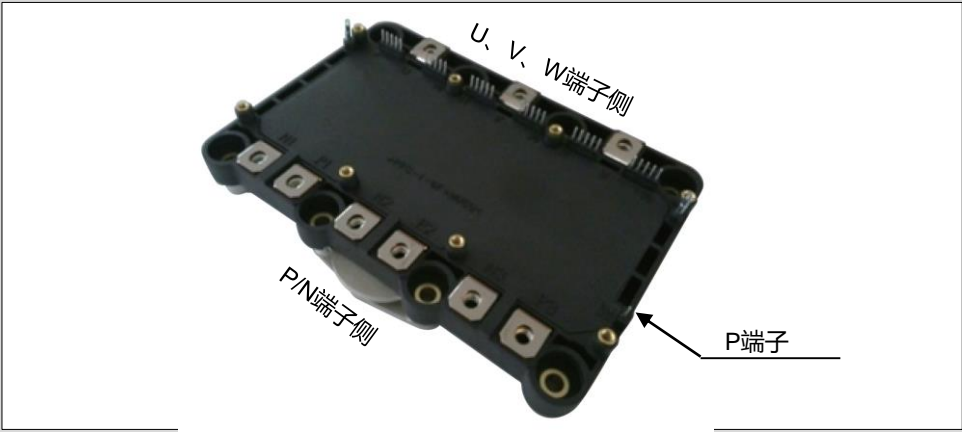
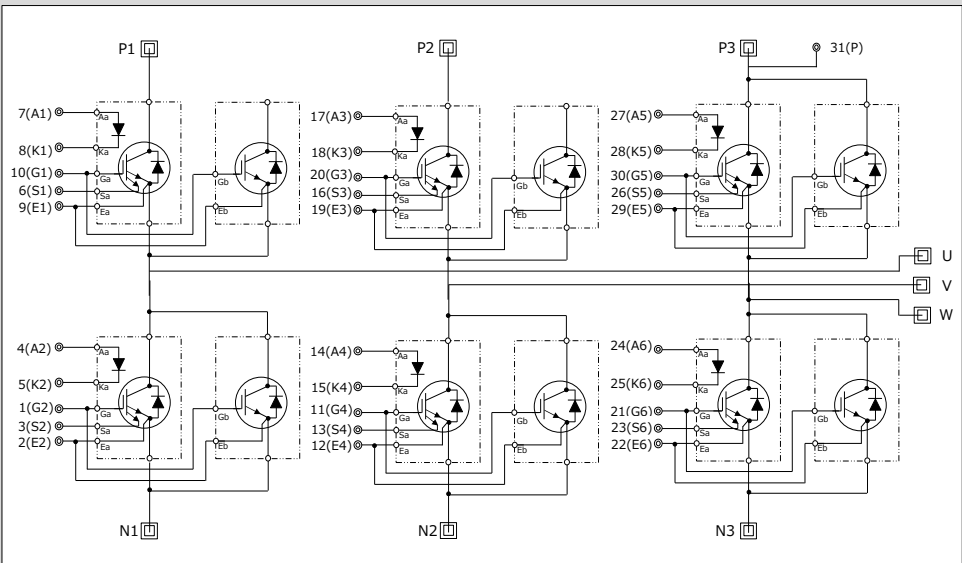


图1-9 SnSb系列焊锡和SnAg系列焊锡的温度循环试验后的裂痕扩展比较
(执行温度循环2,000 cycle后的超声波探伤图像)

6. 电路构成

表1-1 所示为车载IGBT模块的电路构成。

表1-1 电路构成

名称	6 in 1
型号名称	6MBI800XV-075V
外观	
等效电路	
特征	<p>1个桥臂由2个RC-IGBT芯片构成。 冷却液出口侧的各桥臂中配有2个集成芯片传感器。 1个为温度检测二极管，另1个为电流检测IGBT。</p>
功能	<p>温度传感器</p> <p>温度检测二极管的规格如规格书所示。 V_F 和 T_{vj} 之间的代表特性如第7章的图7-3(a)所示。</p>
	<p>传感器 IGBT</p> <p>电流检测IGBT的规格如规格书所示。 在第8章中说明代表特性和使用示例。</p>
	<p>P端子</p> <p>P端子监视 V_{dc} 的正极性电压，负极性电压从22脚输出。22引脚成为W相的下侧桥臂发射极端子。该端子电压与P端子电压相同，因此注意请勿触电。 P端子的电压监视示例如第7章的图7-5所示。</p>

7. 型号内容

以6MBI800XV-075V-01为例，如图1-10所示为车载IGBT模块的型号内容。

<u>6</u>	<u>MB</u>	<u>I</u>	<u>800</u>	<u>X</u>	<u>V</u>	-	<u>075</u>	<u>V</u>	-	<u>01</u>
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)		(7)	(8)		(9)

	符号	内容
(1) 元件数	6	6个桥臂
(2) 机型	MB	IGBT机型
(3) 绝缘型	I	绝缘型
(4) 最大电流	800	800A
(5) 芯片代数	X	X 系列
(6) 公司内部识别编号	V	识别编号
(7) 元件额定电压	075	耐压：750V
(8) 汽车级产品	V	汽车级产品
(9) 公司内部识别编号	01	识别编号

图1-10 型号内容