



## SMD厚膜电阻器的热管理(D2TO20, D2TO35)

## Thermal Management on SMD Thick Film Resistors (D2TO20, D2TO35)

威世利用厚膜技术已经完善了其电阻器系列。继面向安装在散热器上应用的著名电阻器TO和LOT（TO-220封装）后，又推出了采用相同技术的三种新型SMD表面安装器件：

- D2TO20 (TO-263/D<sup>2</sup>PAK 封装)
- D2TO35 (TO-263/D<sup>2</sup>PAK 封装)

首款型号在25 °C的外壳温度下功耗为20W。D2TO35采用相同的封装，属于D2TO20的升级版本，在25 °C的外壳温度下，功耗达到35W。最近，根据外形非常小的TO-252（DPAK）封装，已经又开发出了另外一个版本。这个新版本在25 °C的外壳温度下功耗为25W。按照型号，这三种电阻器提供了宽范围的电阻值，从0.01Ω至1MΩ。

## 1. 简介

为了取得高稳定性水平和高电阻性能，在设计电路板时必须考虑到每种元件的散热性。每个电子元件都受到冲模或阻抗元素温度方面的限制。根据不同型号，最大温度可以达到150 °C，175 °C，……。而且，有必要使板上所用到的各种不同元件间保持最小的距离。为了实现一个好的电路板设计，有必要进行一些评估并了解元件的热环境。我们提供这份文件的目的是在设计者的电路板构思过程中为其提供帮助，给出一些有关SMD元件的散热性的信息，从而以最优的参数来使用这些电阻器。通过焊接在采用电子应用中标准参数的不同电路板上，我们已经在实验室里完成了这三种电阻器D2TO20和D2TO35最大功率的评估。

## 2. 测量的表示

通过一个热IR相机来实现测量。利用一个无铅Sn/Ag合金将元件焊接在不同的电路板上。

这三种电阻器中所使用的每种原始材料的复合物在焊接温度下是安全的。客户采用无铅（Pb）合金，根据限制铅应用的RoHS指令，在240 °C至260 °C标准高温下将元件焊接到电路板上是完全安全的。

我们最主要的竞争者也不能够提供具有这种配置、并且外壳温度要求不超过220 °C的电阻器，因此要求使用Sn/Pb合金。如果不接受这种推荐，由于一些内部焊接的损耗，就会降低元件的稳定性（散热和电质强度等）。一旦焊接完电阻器，就可以将电路板垂直定位在热IR相机的前面。在测试过程中的环境温度为25 °C。

将电压/功率持续作用在元件上，直到达到最大工作温度为止。在稳定达到最大温度后，就取得了所测功率。

根据电阻器型号的不同，最大工作温度列表如下：

电阻器	电阻元件的最高工作温度范围	热阻（电阻元件到外壳）
D2TO20	155 °C	6.5 °C/W
D2TO35	175 °C	4.28 °C/W

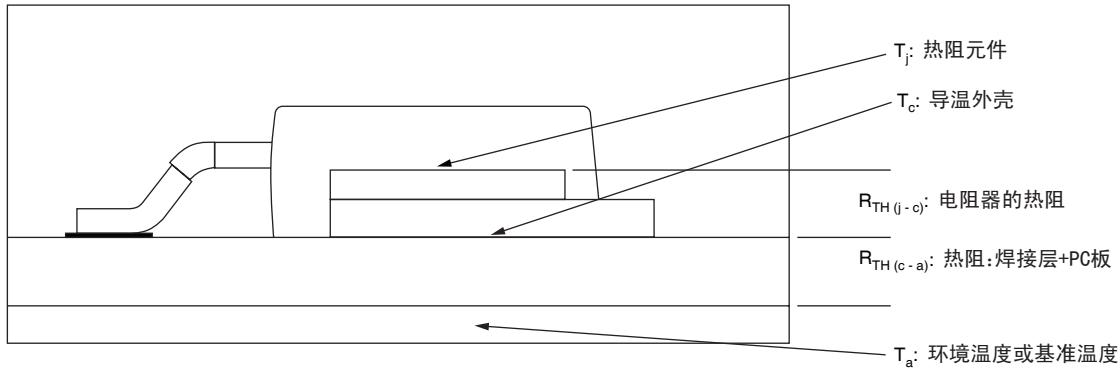
### SMD厚膜电阻器的热管理(D2TO20, D2TO35)

采用下面的公式计算热阻:

$$P = \frac{\Delta T}{[R_{TH(j-a)}]}$$

$R_{TH(j-a)}$ 是电路板焊接层上元件的热阻。

$\Delta T$ 是最高工作温度和室内温度（测试时为25 °C）的温度差。



我们可以很轻松的将著名的“欧姆定律”和散热效果进行对比。

在对比中，可以用电压取代温度，用电阻取代热阻，而由电流取代功率。我们使用这一公式计算功率或计算不同的温度。

为了给您提供帮助，我们还测量了每种不同配置“器件/PC板”所应用的功率。大多数PC板采用Fr4，由于这种材料的形态转变温度（ $T_g$ ）为130 °C，因此受到最高温度的限制。设在者在他们应用中所使用的典型安全限度值为20 °C。

### 3. PC板的热限制

用于PC板的温度不能超过玻璃形态转变的温度 $T_g$ 。如果超过这一温度，PC板的特性就会降低，尤其是它的导热性。对于Fr4这种材料，其温度的典型值为125 °C至135 °C。工程师通常还要留出20 °C的安全限度。

因此，我们受到两种不同的限制：电阻器的最高工作温度（根据型号，从150 °C至175 °C）和PC板的最高工作温度（110 °C）。但对于大多数应用而言，其首要限制是板温度的限制。

遵照下面的玻璃形态转换温度（ $T_g$ ），我们可以采用不同的材料：

材料	$T_g$
Fr2	105 °C
Fr4	125 °C 至 135 °C
Fr5	170 °C
聚酰亚胺	260 °C

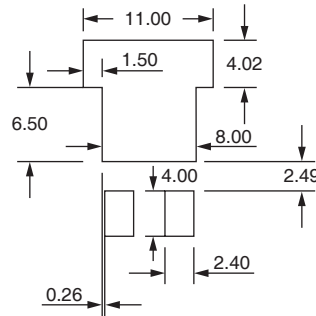
Fr4是电子板的标准材料，因为它的价格相对便宜。但却有越来越多的工程师采用Fr5或IMS（绝缘金属基底）。这些新材料具有更加重要的导热性和更重要的 $T_g$ （是必须的，因为是采用更高温度进行焊接的新的无铅（Pb）焊接处理）。

绝缘金属基底（IMS）包括一个铝金属底盘，上面覆盖一薄层的绝缘材料（通常是基于环氧树脂的层）及一层铜。由于这种结构，IMS是一个单边结构，它只可以在涂有铜的一边配置元件。在大多数应用中，底盘通常都附在一个散热器上，用以降温，通常都采用热脂或螺丝。为了达到更好的散热性能，还可以采用带有铜底盘的SIM基底。

## SMD厚膜电阻器的热管理(D2TO20, D2TO35)

### 4. D2TO用焊盘的图示。

我们建议焊接接触面的最小尺寸。



D2TO用焊盘

### 5. 测量结果

电阻器	PC板	PC板的尺寸 (mm)	铜涂层的厚度 (μm)	单/双面铜涂层板	焊接板表面 (Inch <sup>2</sup> )	电阻元件的温度 (°C)	采用的功率 (W)
D2TO20	Fr5	39 x 30 x 1.6	70	双面	-	155	3.1
D2TO35						175	3.6

### 6. 如何提高PC板的散热性?

PC板在散热方面的效果不高。热阻的典型值为20 °C/W至100 °C/W。基于这个原因，PC板一般都成为板上元件散热的一个限制元素。

以一个35 °C/W的板的热阻为例，如果我们采用110 °C的限制温度，板上可用的功率为：

- $P = (T_{Fr4} - T_{amb})/R_{TH}$
- $P = (110 - 25)/35$
- $P = 2.42 \text{ W}$

如果我们在D2TO35上采用2.42W，我们知道电阻器的热阻为4.28 °C/W，板上的 $T_{Fr4} = 110 \text{ °C}$ 。

我们可以计算阻抗元件的温度：

$$T_{Res} - T_{Fr4} = P \times R_{TH} = 2.42 \times 4.28 = 10.4$$

$$T_{Res} = 10.4 + 110$$

$$T_{Res} = 120.4 \text{ °C}$$

电阻器的工作温度将是122.1 °C而不是适用于这类元件的150 °C。

由于2006年7月欧洲推行了旨在限制铅等有害物质的“RoHS”指令，采用“Fr”（Fr5）的PC板得到越来越广泛的应用。这种材料的 $T_g$ 接近175 °C，因此现在的限制就转向阻抗元件，而不是PC板。例如，D2TO35可以在最高工作温度下使用（电阻元件达175 °C）。

### SMD厚膜电阻器的热管理(D2TO20, D2TO35)

为了提高PC板的功耗，可以改变许多参数。

- **PC板尺寸**很显然是功耗的一件重要参数。
- 一些**材料具有更重要的散热性能**：IMS（绝缘金属基底）的热阻可以下降10 °C/W。典型地，这类板是铜层（典型值为70 μm），绝缘材料层（150 μm）和铝层（1.5 mm）的叠加。这类材料可以在比Fr4更高的工作温度下运行。采用了这种材料，对于功率产生限制的将不再是PC板而是电阻器。
- 由于这种材料具有良好的导热性，设计者也可以**提高用于焊接盘的铜层的厚度**（针对铅外壳）。
- **铜涂层的厚度**也很重要。
- 一此特殊的**SMD用散热器**可以粘在元件或接近元件的板上。通过这种解决方案，你可以使功率提高三倍。
- **导热孔**是带有铜镀孔的焊盘，将功率电阻器的功率传到同样采用铜层的板的另外一面。导热孔仅可用于采用双面铜的PC板。典型地，导热孔采用电镀铜来实现导热性。推荐将导热孔置于离器件尽可能近的位置。导热孔可以直接用在器件下面的焊盘上，用以提高散热性。
- **板的位置**（垂直或水平）也是一个能够影响散热性的参数。
- 器件和PC板之间的**焊接层的质量**也非常重要。这些层中的气孔不利于散热。需要对焊接处理、温度和预热时间等参数进行测试，以达到最佳散热性。

#### 7. 关于PC板上SMD元件焊接的相关推荐

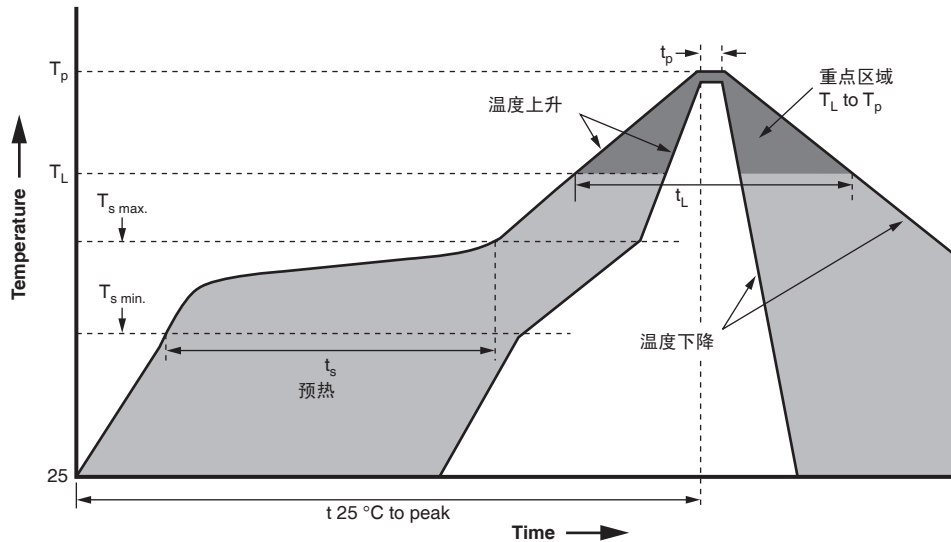
由威世公司所生产的SMD范围电阻器的主要优势是能够采用270 °C的焊接温度，与我们的竞争厂商大不相同。客户可以使用SnPn工艺（典型值为210 °C至230 °C）或使用SnAg的ROHS工艺（典型值为250 °C至260 °C）来焊接D2TO电阻器。我们推荐采用JEDEC标准J-STD-020C中所指定的散热标准，旨在实现最可靠的焊接。

主要特性	SnPb共晶组装	无铅 (Pb) 组装
平均上升率 (最大 $T_S - T_P$ )	3 °C/s max.	3 °C/s max.
预热 - 最低温度 (最小 $T_S$ ) - 最高温度 (最大 $T_S$ ) - 时间 (最小 $T_S$ 到最大 $T_S$ )	100 °C 15 °C 60 s 至 120 s	150 °C 200 °C 60 s 至 180 s
上面的保持时间: - 温度 ( $T_L$ ) - 时间 ( $T_L$ )	183 °C 60 s 至 150 s	217 °C 60 s 至 150 s
峰值/分类温度 ( $T_P$ )	See table 4.1	See table 4.2
实际峰值温度 ( $T_P$ ) 在5 °C以内的时间	10 s 至 30 s	20 s 至 40 s
上升率	6 °C/s max.	6 °C/s max.
25 °C至峰值温度的时间	6 min max.	8 min max.

#### 注

- 所有的温度都是指封装顶部的温度，从封装的主体表面测量得到

## SMD厚膜电阻器的热管理(D2TO20, D2TO35)



提示：在电阻器焊接处理过程中的最大温度为300° C（电阻上的温度）。

### 7. 湿度敏感性

湿度敏感性（MSL）与封装和操作的注意事项有很大关联。在器件的存储过程中，可以在成型元件的内部吸收湿度。器件变得越来越小。当聚集在元件内部的湿气进行扩展时，这些体积更小的器件会在潮湿回流的过程中损坏。这种内部封装的压力会导致器件的一些龟裂或脱层。这就是著名的“爆米花效应”。多数的这种损伤在元件表面是不可见的

在一些极端的情况下，龟裂才会延伸至元件的表面。

IPC/JEDEC已经定义了湿度敏感性（MSL）标准分类。用数值来表示MSL，随着NSL数量的增加，封装就越容易产生“爆米花效应”。因此，MSL1所对应的封装是那种除非暴露在潮湿环境，否则不会出现爆米花效应的封装。

下面的表1表示出符合IPC/JEDEC's J-STD-20的MSL的定义数值。

级别	底盘寿命		浸湿要求			
			标准条件		加速条件	
	时间	Cond °C/%RH	时间 (h)	Cond °C/%RH	时间 (h)	Cond °C/%RH
1	无限制	≤30/85 %	168 + 5/- 0	85/85	n/a	n/a
2	1 年	≤30/60 %	168 + 5/- 0	85/60	n/a	n/a
2a	4 周	≤30/60 %	696 + 5/- 0	30/60	120 + 1/- 0	60/60
3	168 小时	≤30/60 %	192 + 5/- 0	30/60	40 + 1/- 0	60/60
4	72 小时	≤30/60 %	96 + 2/- 0	30/60	20 + 0.5/- 0	60/60
5	48 小时	≤30/60 %	72 + 2/- 0	30/60	15 + 0.5/- 0	60/60
5a	24 小时	≤30/60 %	48 + 2/- 0	30/60	10 + 0.5/- 0	60/60
6	Tol.	≤30/60 %	Tol.	30/60	n/a	60/60

在经过这样的存储后，器件反复回潮三次并最终按X-Ray的分析进行观察，来检测是否有龟裂或脱层现象。

对于D2TO20, D2TO35：在最苛刻的条件：MSL=1下测试：无漂移，无脱层