



型号 NCSWE13x/NCSxE17x/NVSxE21x 的散热设计

目录

1. 前言	2
2. 本产品的构造	2
3. 散热设计	4
4. LED 的热阻	7
5. LED 的结点温度 (T_J)	9
6. 温度评价方法	11
7. 最后	12

本应用指南中记载的型号 NCSWE13x、NCSxE17x 和 NVSxE21x 是日亚产品的型号名，和有（或可能有）商标权的其他公司产品不同（不类似）、也没有任何关联。

日本日亚化学工业株式会社

<http://www.nichia.co.jp>

491 Oka, Kaminaka-Cho, Anan-Shi, TOKUSHIMA 774-8601, JAPAN

Phone: +81-884-22-2311 Fax: +81-884-21-0148

本文包括暂定内容，日亚公司有权不经公告对其进行修改。

1. 前言

LED 的散热设计非常重要，不仅决定了 LED 的光通量和正向电压等光学、电学特性，还和 LED 的寿命密切相关。此外，在 LED 的热评价中，必须在实际使用环境/条件下对 LED 的结点温度 (T_j) 进行充分管控。

日亚产品 NCSWE13x/NCSxE17x/NVSxE21x (以下: 本产品) 和相同功率的传统 LED 相比尺寸小、光通量密度高。但是由于单位面积的输入功率也比传统 LED 更高，因此应该特别注意散热。

为了保证本产品的性能能够得到充分发挥，本应用指南将对散热热设计中的注意点和温度评价方法进行介绍。

2. 本产品的构造

为了让芯片发出的热量有效的传送到外部，本产品采用了将芯片直接焊接在铝基电路板上的设计。因此芯片发出的热量可以通过以下途径高效地传导并散热。(如图 1 所示)

芯片 \Rightarrow 金属电极 \Rightarrow 焊锡 \Rightarrow 铜箔 \Rightarrow 绝缘层 \Rightarrow 铝基板 \Rightarrow 散热器

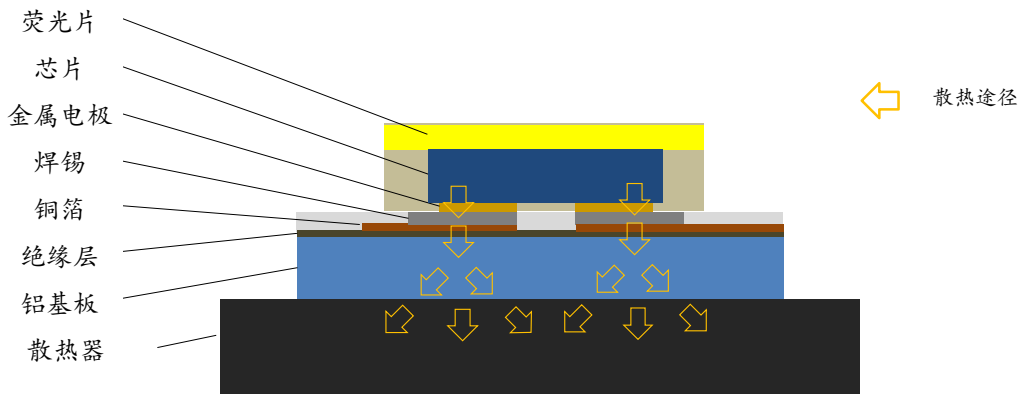


图 1. LED 的构造和散热途径

另外本产品因为受到封装尺寸的影响，其金属电极的尺寸也非常小。因此为了让热量有效地散发，散发途径上应该使用能够充分散热的材料。例如在选择电路板时，最好避免使用环氧玻璃布层压板 (FR4) 等电路板，因为此类电路板的导热性能不佳，可能对散热造成阻碍，使结点温度异常升高，引起光通量降低等不良。

关于本产品金属电极的尺寸，请参考图 2 (NCSWE13x)、图 3 (NCSxE17x) 和图 4 (NVSxE21x)。

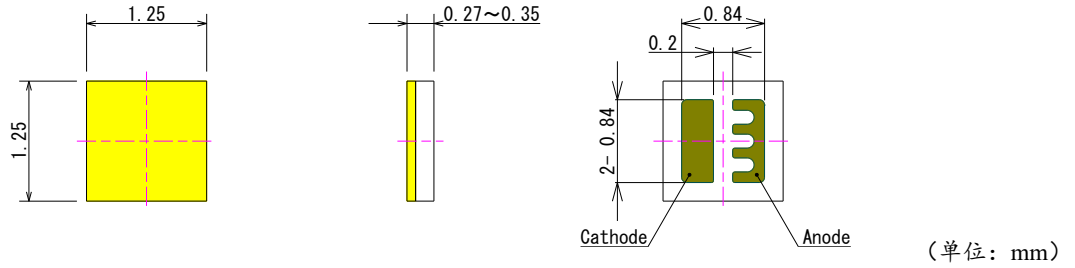


图 2. 型号 NCSWE13x 的尺寸

型号 NCSWE13x 的构造是基于 NCSxE17x 的缩小处理，使用的芯片和 NCSxE17x 相同。

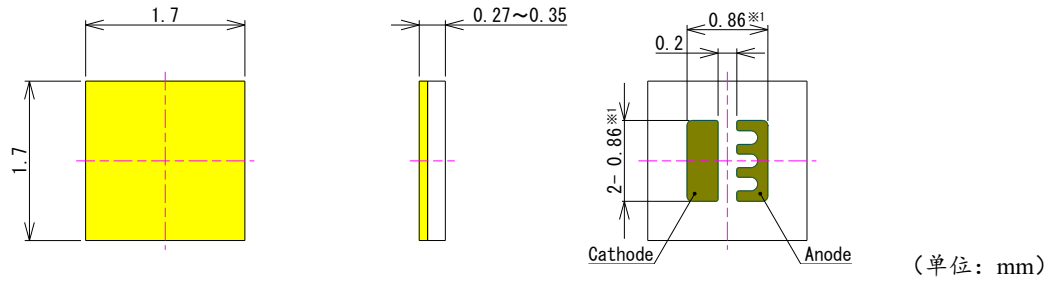


图 3. 型号 NCSxE17x (NCSxE17A) 的尺寸

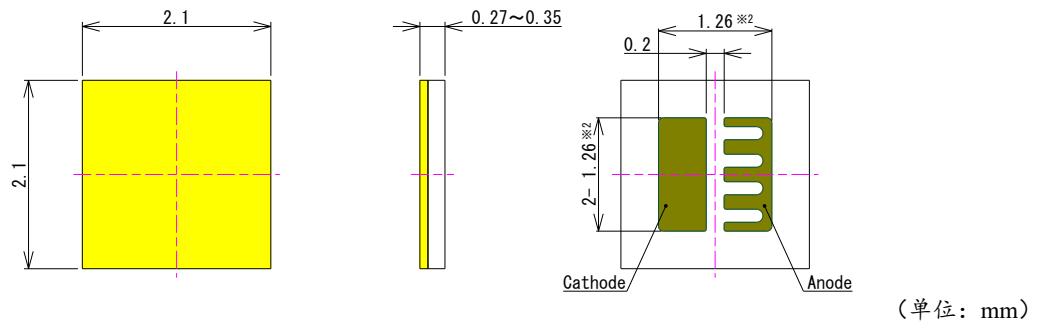


图 4. 型号 NVSxE21x (NVSxE21A) 的尺寸

型号 NCSxE17x/NVSxE21x 的金属电极尺寸会根据不同的产品版本有所变化。详细的尺寸信息请参考日亚相关型号的规格书内容。

※1 型号 NCSxE17A: 0.86mm、型号 NCSxE17A-V1: 0.84mm

※2 型号 NVSxE21A: 1.26mm、型号 NVSxE21A-V1: 1.24mm

3. 散热设计

3.1 热阻模型示意图及术语说明

在铝基电路板上安装本产品后通过散热器散热时的 LED 断面图如图 5 所示，热阻模型如图 6 所示。另外本应用指南中使用的术语说明和主要注意点如表 1 所示。

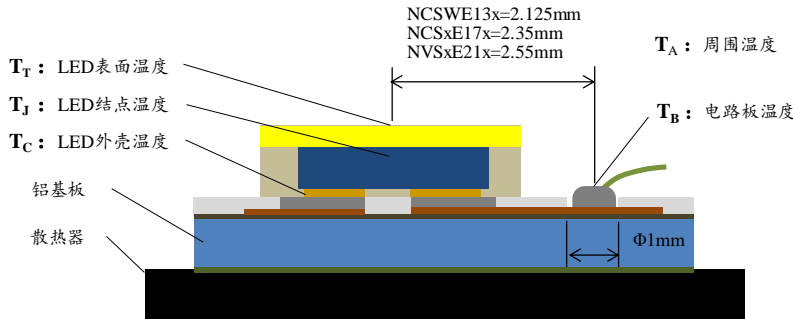


图 5. LED 的断面示意图

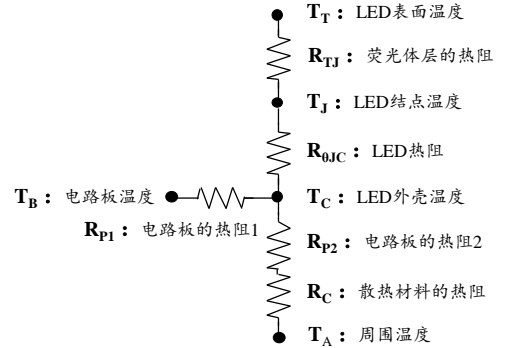


图 6. 热阻模型示意图

表 1. 术语说明和主要注意点

术语	符号	术语说明和主要注意点
LED 表面温度	T_T	代表 LED 发光面的中心点温度。
LED 结点温度	T_J	代表 LED 芯片的温度。 本产品的结点温度的绝对最大额定值是 135°C ，但出于长期可靠性的考虑，最好让结点温度不超过 100°C 。
LED 单体热阻	$R_{\theta JC}$	代表从 LED 芯片到 LED 金属电极间的热阻。 此数值是根据 JESD51 测量、计算的。NCSWE13x、NCSxE17x 的热阻最高为 $1^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 、NVSxE21x 的热阻最高为 $0.6^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ，数值非常低。
LED 外壳温度	T_C	代表 LED 背面的金属电极的温度。 虽然本产品不能直接对 T_C 进行测量，但是可以使用热模拟计算得出。
电路板温度	T_B	代表 LED 侧面附近的电路板表面温度。 本产品构造上不可能形成焊角，并且也很难对 LED 的焊接部直接测量，所以需要按照图 5 中记载的 T_B 测量点进行测量。
电路板的热阻 1	R_{P1}	代表从 LED 金属电极到 T_B 测量点间的热阻。 此热阻会根据电路板焊盘、铜箔面积、铝基电路板的散热性能、散热器以及动作温度等发生变化。
LED 热阻	$R_{\theta JB}$	代表从 LED 芯片到电路板表面 (T_B 测量点) 间的热阻。 此热阻的计算式如下： LED 的热阻 ($R_{\theta JB}$) = LED 单体热阻 ($R_{\theta JC}$) + 电路板的热阻 1 (R_{P1})
电路板的热阻 2	R_{P2}	代表从 LED 焊接面到散热器方向 (Z 方向) 的铝基电路板的热阻。 如以下热阻计算式所示，铝基电路板的热阻由绝缘层的导热率、厚度决定，因此必须选择适当材质的电路板。 热阻 ($^{\circ}\text{C}/\text{W}$) = 绝缘层的厚度 (m) / (绝缘层的导热系数 ($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$) × 面积 (m^2))
散热材料的热阻	R_C	代表散热片、散热膏、散热器等的合计热阻。
周围温度	T_A	代表 LED 光源模组的周围温度。

在下一节中将参考热模拟结果对安装电路板的重要性进行说明。

3.2 电路板材料

本产品的金属电极尺寸非常小，所以对电路板的散热性能要求非常高。如果 LED 的输入功率较大，日亚建议避免使用环氧玻璃布层压板 (FR4)、环氧玻璃复合板 (CEM3) 及导热性能低的铝基板，而推荐使用导热性能高的铝基板。作为参考，使用不同 (高、低) 导热性能铝基电路板时的散热示意图如图 7 和 8 所示。

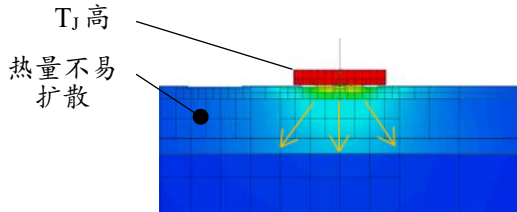


图 7. 导热性能低的铝基电路板

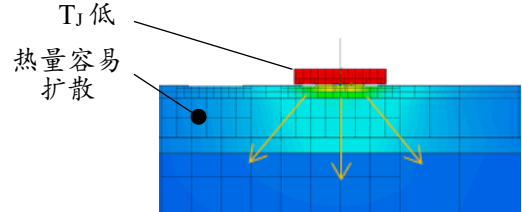


图 8. 导热性能高的铝基电路板

如果将 LED 安装在导热性能低的铝基电路板上，会因为热量不易扩散，导致 LED 的结点温度升高。而安装在导热性能高的铝基电路板上，LED 发出的热量可以有效地通过铝基电路板散发，所以 LED 的结点温度会降低。

3.3 焊盘的形成方法和散热性

焊盘的形成方法有以下两种，其各自的优点和缺点如表 2 所示。

- SMD (Solder Mask Defined): LED 的焊盘的大小、位置由电路板表面涂覆的阻焊膜决定。
- NSMD (Non Solder Mask Defined): LED 的焊盘的大小、位置不是由阻焊膜，而是由铜箔决定。

表 2. 焊盘形成方法的比较

形成方法	SMD	NSMD
外观照片		
结构图		
安装精度	缺点： 安装精度由阻焊膜的涂覆精度决定。	优点： 安装精度受阻焊膜的涂覆精度的影响较小。
散热性能	优点： 因为铜箔面积较大，散热性良好。	缺点： 因为铜箔面积较小，散热性不佳。

安装精度

本产品金属电极的尺寸非常小，正、负极的间距仅为 0.2mm，因此对电路板焊盘制造精度要求较高。SMD 方式焊盘因为焊盘大小、位置由阻焊膜决定，所以如果阻焊膜的涂覆精度不够，会造成贴装位置与设计有偏差，正、负极焊盘的尺寸不同等，由此引起安装不良（开路、短路、安装错位、浮起、锡球等）。因此如果使用 SMD 焊盘，必须事先确认电路板制造商的制造精度，并对实际安装状态进行充分的评价。

相比之下，NSMD 方式的焊盘因为焊盘大小、位置由铜箔决定，即使发生阻焊膜错位也不会严重影响安装状态，所以在安装精度上更具有优势。

另外本产品在焊接后不能进行重焊，所以请在安装前参考日亚的应用指南《日亚 E13 系列的安装》、《型号 NCSxE17A/NVSxE21A 的安装》，并对安装状态进行充分评价。

散热性能

为了让 LED 发出的热量有效地散发到电路板上，需要尽可能增大电路板上和电极接触的铜箔面积。NSMD 焊盘的铜箔最大只能达到金属电极的宽度，而 SMD 焊盘因为可以尽量增大铜箔面积，所以在散热性上更具有优势。另外关于电路板铜箔的厚度，虽然越厚散热性越好，但是考虑到电极的间距只有 0.2mm，为了防止在电路板生产时发生铜箔的蚀刻不良，日亚推荐使用铜箔厚度为 35 μ m 的电路板。

3.4 电路板焊盘设计

本产品使用 NSMD 焊盘的推荐焊盘尺寸如图 9 所示。

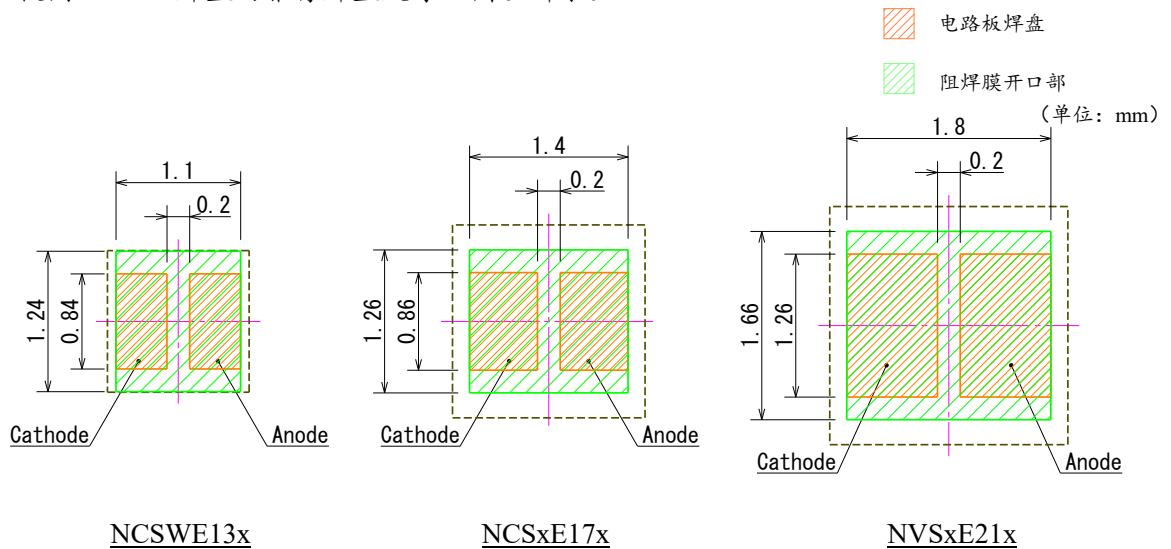


图 9. NSMD 焊盘的推荐焊盘尺寸

本产品的推荐焊盘设计考虑到了阻焊膜的涂覆错位。例如型号 NCSxE17x 用焊盘，相对焊盘宽度 0.86mm，将阻焊膜的开口部设计为 1.26mm，这样可以吸收少于 0.2mm 的阻焊膜错位。SMD 和 NSMD 各有优点和缺点，请在焊盘设计前对 3.3 项中的内容进行充分确认。

在第 4 章中将基于具体数据，对不同焊盘(SMD/NSMD)、不同导热率的电路板下的 LED 热阻($R_{\theta JB}$)进行说明。

4. LED 的热阻

敕公司对 NCSxE17x/NVSxE21x 在不同导热率的铝基电路板、不同焊盘条件下的热阻 ($R_{\theta JB}$) 进行了测量、计算。其中测量方法是依据 JESD51 标准进行的。

4.1 电路板的规格

如表 3 所示，敕公司使用了绝缘层导热率为 1.8~11.1W/m·K 的 6 种电路板。

表 3. 电路板规格

电路板规格 ^{※1}	单位	NRA-ES1	NRA-8	NRA-E(3.0)	NRA-E(6.5)	NRA-H6	NRA-H10
绝缘层导热率 ^{※2}	W/m·K	1.8	2.1	2.7	4.5	5.7	11.1
绝缘层厚度	μm	120	120	120	120	120	120
铜箔厚度	μm	35	35	35	35	35	35
铝基板厚度	mm	1	1	1	1	1	1

※1 铝基电路板：株式会社日本理化学工业所制造

※2 绝缘层导热率：是电路板生产商产品目录上记载的数值，不是保证值。

4.2 焊盘的形成方法和铜箔图案的设计方法

• NCSxE17x (表 4)

使用 NSMD 和 SMD 两种焊盘，铜箔宽度有 4 种：0.5mm (最小值)、0.86mm (LED 电极尺寸)、1.7mm (LED 封装尺寸)、5mm (最大值)。

表 4. NCSxE17x

类型	A	B	C	D
焊盘	NSMD	NSMD	SMD	SMD
铜箔宽度	0.5mm	0.86mm	1.7mm	5mm
焊盘设计图				
用途	非推荐例	高密度安装	高密度安装	单独安装等

• NVSxE21x (表 5)

使用 NSMD 和 SMD 两种焊盘，铜箔宽度有 4 种：0.8mm (最小值)、1.26mm (LED 电极尺寸)、1.7mm (LED 封装尺寸)、5mm (最大值)。

表 5. NVSxE21x

类型	A	B	C	D
焊盘	NSMD	NSMD	SMD	SMD
铜箔宽度	0.8mm	1.26mm	2.1mm	5mm
焊盘设计图				
用途	非推荐例	高密度安装	高密度安装	单独安装等

本文包括暂定内容，日亚公司有权不经公告对其进行修改。

4.3 瞬态热阻的测量结果

• NCSxE17x (色度分档 sm27、显色性分档 R8000)、 $I_F=700\text{mA}$ 的热阻 ($R_{\theta JB}$) 如图 10 所示。

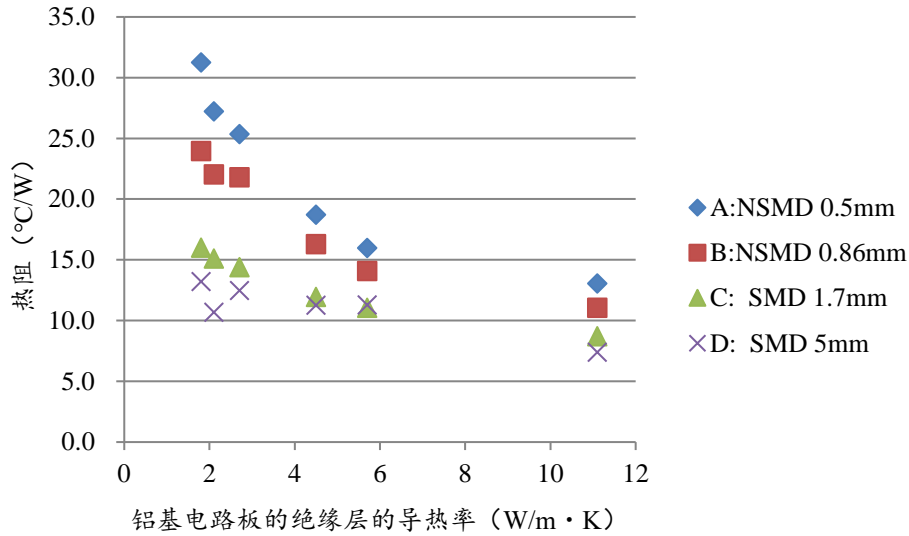


图 10. NCSxE17x 的热阻

• NVSxE21x (色度分档 sm27、显色性分档 R8000)、 $I_F=1400\text{mA}$ 的热阻 ($R_{\theta JB}$) 如图 11 所示。

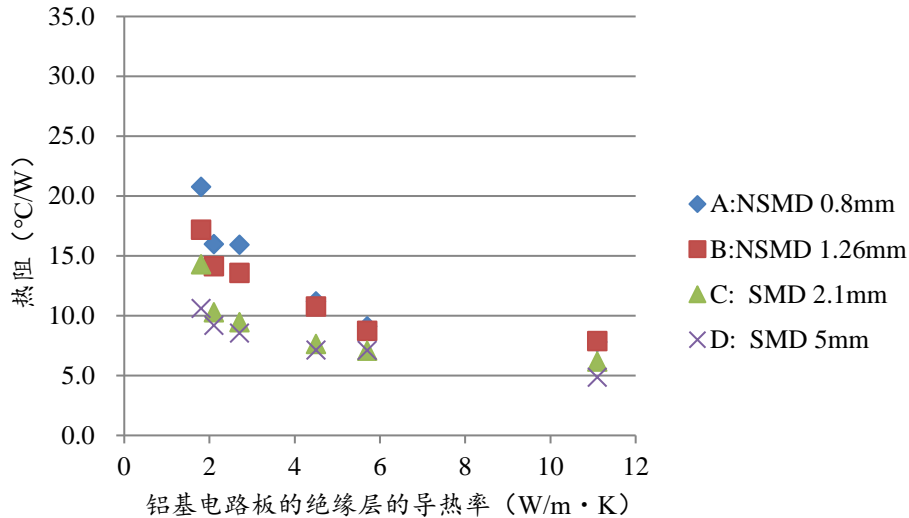


图 11. NVSxE21x 的热阻

因此 NCSxE17x 和 NVSxE21x 都确认到以下结果。

- 铝基电路板的绝缘层的导热率越高，LED 的热阻越小。
- 和使用 NSMD 焊盘时相比，使用 SMD 焊盘时 LED 的热阻更小。
- 电路板板上的铜箔越宽，LED 的热阻越小。

4.4 推荐的铝基电路板材料

如果使用导热率较高的铝基电路板，LED 的热阻 ($R_{\theta JB}$) 不易受到焊盘种类和铜箔图案设计的影响。同时 LED 的热阻也会因此减小。因此本产品最好使用绝缘层导热率高于 $5.7\text{W/m}\cdot\text{K}$ 的铝基电路板。

5. LED 的结点温度 (T_J)

结点温度 T_J 的计算可以使用以下 2 种方法。

- 根据 T_B 和输入功率计算
- 根据正向电压法 (ΔV_F 法) 计算

在本章中将对 2 种计算方法进行说明。

5.1 根据 T_B 与输入功率计算

LED 的结点温度 T_J 的计算式如下, 通过此式可以计算出 LED 的 T_J 概算值。

$$T_J = T_B + R_{\theta JB} \cdot W$$

T_J=结点温度、T_B=电路板温度、
R_{θJB} =从芯片到 T_B 测量点的热阻、W=输入功率 (I_F×V_F)

如第 4 章所述, R_{θJB} 在很大程度上会受到安装电路板的影响。基于热阻评价结果得出的各电路板上的 LED 热阻如表 6 所示。此热阻值是 NSMD 焊盘、并且铜箔宽度最小的条件下的测量值。另外, 根据使用条件、使用环境等不同, 热阻值也会出现差异。所以本数据仅供参考。

表 6. 各型号品的热阻

LED ^{※5}	符号	单位	电路板 ^{※3}	电路板 ^{※4}
NCSxE17x (NCSWE13x)	R _{θJB}	°C/W	16	31
NVSxE21x	R _{θJB}	°C/W	9	21

※3: 铝基电路板 (绝缘层导热率 5.7W/m·K、厚度 120μm)
 ※4: 铝基电路板 (绝缘层导热率 1.8W/m·K、厚度 120μm)
 ※5: 型号 NCSWE13x 因为使用了和 NCSxE17x 相同的芯片, 热阻也和 NCSxE17x 相同。

• T_B 的测量

关于热电偶的 T_B 测量点的设定, 应该在不影响 LED 的前提下, 尽量焊接在距离 LED 最近的位置。日亚推荐型号 NCSWE13x 在距离 LED 中心点 2.125mm、NCSxE17x 在距离 LED 中心点 2.35mm、NVSxE21x 在距离 LED 中心点 2.55mm 的位置上进行测定 (热电偶的焊接点尺寸: φ1.0mm)。

日亚使用的热电偶如图 12 所示, 热电偶焊接后的照片如图 13 所示。



图 12. 热电偶 (K 型)

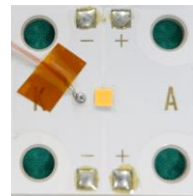


图 13. 焊接热电偶后

5.2 根据正向电压法 (ΔV_F 法) 计算

LED 具有正向电压 V_F 会随着温度变化发生变动的特性。利用此特性可以计算 LED 的结点温度 (T_J)。

1) 取得安装后的单粒 LED 的温度系数 K

在恒温试验箱中放入 LED 灯具模组后, 将 T_A 从 25°C 上升至 135°C, 测量此温度范围内的 V_F。使用测量结果, 根据以下计算式计算温度系数 K。

$$K = (V_{F@25^{\circ}C} - V_{F@135^{\circ}C}) / (135 - 25)$$

在 V_F 测量时应该使用可以减少测量电流导致的 LED 自身发热、且再现性好的极微小电流 ($I_M=1mA$)。测量时的电路图如图 14 所示, T_A 和 V_F 的关系如图 15 所示。

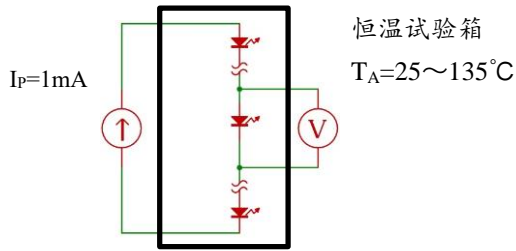


图 14. 测量时的电路图

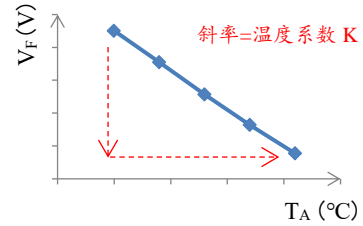


图 15. T_A vs. V_F

2) 计算 LED 热饱和状态下的结点温度

在点亮 LED 光源模组后立即测量 V_{F1} , 然后在 LED 到达热饱和后测量 V_{F2} , 计算 $\Delta V_F = V_{F1} - V_{F2}$ 。最好在可以减少 LED 自身发热、且再现性好的极微小电流 $I_M=1mA$ 下进行测量, 而达到热饱和状态的电流值 (I_F) 请使用客户实际的电流值。结温 (T_J) 和 ΔV_F 的关系式如下所示。通过此公式可以计算出结温 T_J 的概算值。

$$T_J = \Delta V_F / K + T_A$$

测量时的电路图如图 16 所示, 施加电流、测量电压的参考例如图 17、图 18 所示。

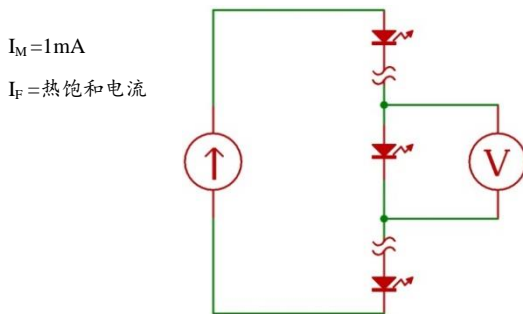


图 16. 测量时的电路图

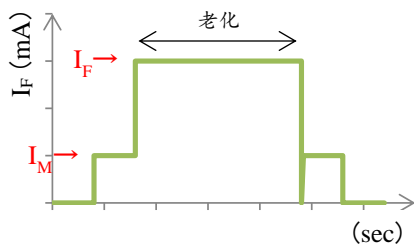


图 17. 施加电流值

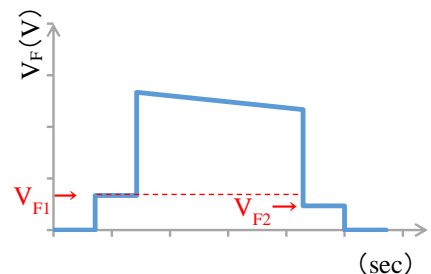


图 18. V_{F1} 、 V_{F2} 的测量

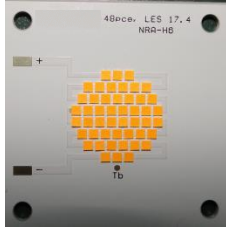
使用正向电压法 (ΔV_F 法) 计算 T_J 时, 虽然计算结果比 5.1 项的方法更加精确, 但是此方法不仅需要客户准备恒温试验箱、电源和测量仪器, 而且对温度系数 K 和 ΔV_F 的测量精度要求也非常高。因此在下一章中将对更简单的结温计算方法进行介绍。

6. 温度评价方法

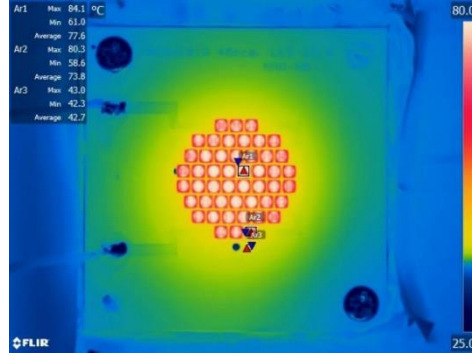
在对 LED 模组的温度评价中最好使用热像仪。此方法虽然不能直接得到 T_J ，但是可以确认 LED 的表面温度、光源模组的温度分布。日亚使用热像仪确认光源模组的温度分布的事例如以图 19 所示。

6.1 LED 光源模组的温度分布评价例

评价品（光源模组）



外形：□40mm、LES Φ 17.4mm
 NCSxE17x: sm27 R8000、48 粒
 驱动电流：350mA
 输入功率：48W
 铝基电路板绝缘层
 导热率：5.7W/m·K
 厚度：120 μ m
 焊盘构造：NSMD
 散热器热阻：0.5 $^{\circ}$ C/W



测量		$^{\circ}$ C	
Ar1 LED 表面温度 (中央)	Max	84.1	
	Min	61.0	
	Average	77.6	
Ar2 LED 表面温度 (边缘)	Max	80.3	
	Min	58.6	
	Average	73.8	
Ar3 电路板温度	Max	43.0	
	Min	42.3	
	Average	42.7	
参数			
放射率		0.95	
反射温度		25 $^{\circ}$ C	

※使用热像仪：FLIR 制、型号 T620、640 \times 480pixel

图 19. 使用热像仪的温度分布评价例

6.2 LED 表面温度

本产品的表面温度高于结点温度。这是因为虽然 LED 的主要热源在结点部，但是荧光体层在波长转换过程中也会发生斯托克能量损失，从而产生热量。此外由于本产品的荧光体层非常薄，而且距离芯片的传热途径较远，这使荧光体层发出的热量难以散发，导致了 LED 表面温度的升高。

本产品的荧光体层散热的模式图如图 20 所示。

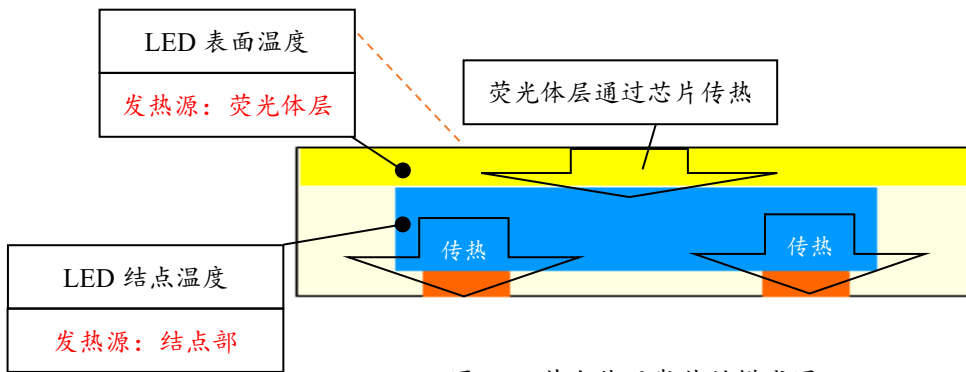


图 20. 荧光体层散热的模式图

荧光体层的发热程度和色温、显色性、光输出有关。不同驱动电流下的 LED 结温和表面温度的差如图 21 (NCSxE17x)、图 22 (NVSxE21x) 所示。

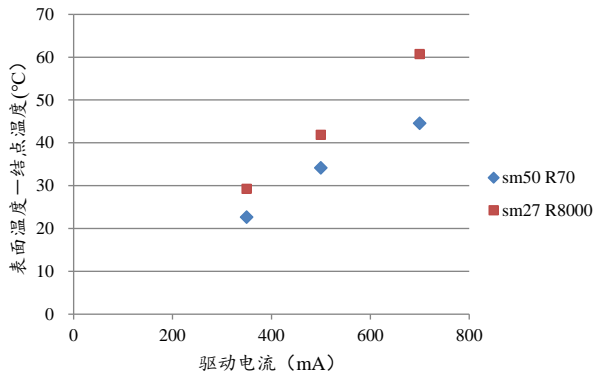


图 21. NCSxE17x 表面温度和结点温度的差

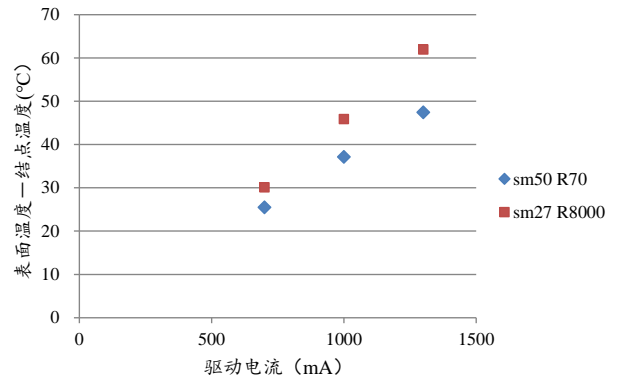


图 22. NVSxE21x 表面温度和结点温度的差

如图 21 所示，NCSxE17A (sm27、R8000)、 $I_f=350\text{mA}$ 的表面温度比结点温度高约 30°C ，因此可以利用此结果计算出 LED 的结点温度的概算值。计算例如下所示。

例：NCSxE17A (sm27、R8000)、 $I_f=350\text{mA}$ 的条件下

$$\text{LED 结点温度的概算值} = \text{LED 表面温度测量值 (热像仪)} - 30^\circ\text{C (根据图 21 取得)}$$

6.3 温度评价中的注意事项

- 热像仪的测量值会根据测量仪器、测量条件和测量环境不同出现误差，因此如果使用此数值进行设计，最好让散热留有一定的余地。
- 本型号 LED 的表面温度高于结点温度，因此请避免使用耐热性低的光学部件(透镜、反光罩等)。另外应该让 LED 与光学部件之间保持一定的空间距离，并且事先进行充分验证。
- 最好让 LED 的表面温度在 150°C 以下¹。如果 LED 的表面温度过高，可以判断出 LED 受到的热负荷过大，此时最好再次对使用的电路板、焊盘规格、散热器、驱动电流等进行确认。

7. 最后

本应用指南中介绍的内容都是本产品散热设计中必须注意的重要项目。希望客户在设计 LED 灯具时参考本应用指南的内容，选择适合光源模组的电路板和散热材料。

此外在进行温度评价时，必须确保在客户组装后的最终产品状态以及实际使用的环境/条件下进行充分评价。

完

¹ 日亚推荐显色性分档 R70、R8000、R9050、R9080 的 LED 表面温度不超过 150°C ，显色性分档 R_s060 的 LED 表面温度不超过 135°C 。

免责声明

本应用指南由日亚提供，是日亚制作及管理的技术参考资料。

在使用本应用指南时，应注意以下几点。

- 本应用指南中的内容仅供参考，日亚并不对其做任何保证。
- 本应用指南中记载的信息只是例举了本产品的代表性能和应用例，并不代表日亚对日亚及第三者的知识产权及其他权利进行保证，也不代表同意对知识产权授权。
- 关于本应用指南内容，虽然日亚有注意保证其正确性，但是日亚仍然不能对其完整性，正确性和有用性进行保证。
- 因本应用指南的利用、使用及下载等所受的损失，日亚不负任何责任。
- 本应用指南的内容可能被日亚修改，并且可能在变更前、后都不予通告。
- 本应用指南的信息的著作权及其他权利归日亚或许可日亚使用的权利人所有。未经日亚事先书面同意，禁止擅自转载、复制本应用指南的部分或所有内容等（包括更改本应用指南内容进行转载、复制等）。