



LED 灯泡的散热设计

目录

1. 前言	2
2. LED 灯泡的构造和部材.....	2
3. LED 灯泡的寿命.....	4
4. LED 灯泡的散热评价方法.....	5
5. LED 灯泡的测定比较.....	7
6. LED 灯泡设计中的注意点.....	8
7. 最后	9

本应用指南中记载的型号 NFSx757D-V1, NF2x757DR-V1 是日亚产品的型号, 和有(或可能有)商标权的其他公司产品不同(不类似)、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

1. 前言

近年随着 LED 越来越普及，白炽灯泡和荧光灯泡都逐渐被 LED 灯泡所替代。和历来的灯泡相比，LED 灯泡的用电少，寿命长，甚至可以达到 40,000 小时的长寿命。因此 LED 灯泡的成本更低，更环保。

但是 LED 的寿命受温度的影响，温度越高寿命越短。要让 LED 灯泡达到长寿命，必须对 LED 的温度进行控制。因为 LED 灯泡的尺寸小、轻量，并且 LED 处于密闭空间内，所以在 LED 灯泡的设计中更需要注意散热。本应用指南中将对 LED 灯泡设计中的注意事项、 T_j 和寿命的关系进行介绍。

2. LED 灯泡的构造和部材

2.1. LED 灯泡的构造

LED 灯泡的构造通常为图 1 所示。

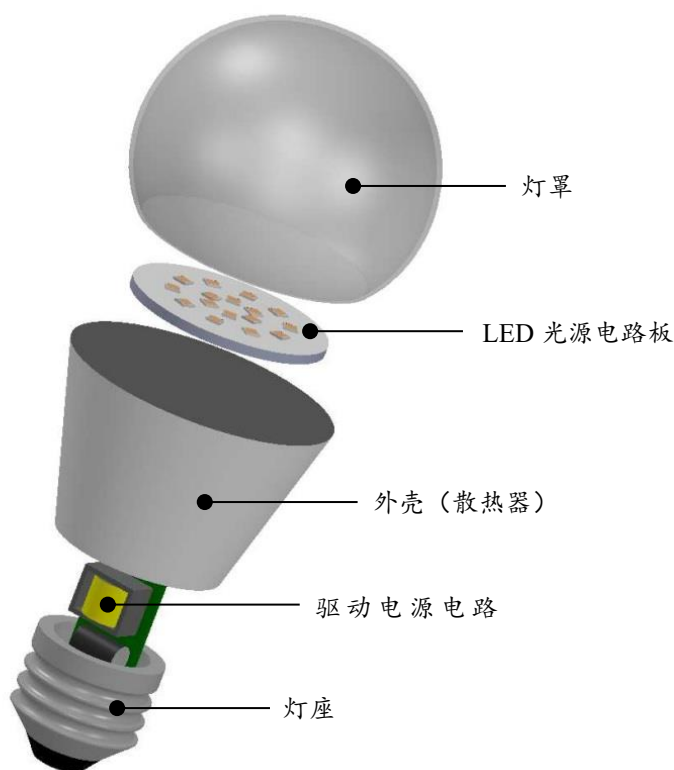


图 1. LED 灯泡的构造 (例)

2.1. LED 灯泡的部材

根据构成部材的材质，可能对 LED 的性能和可靠性带来不良影响，所以在部材的使用前，必须对部材进行确认。使用部材的注意事项如表 1 所示

表 1. LED 灯泡的部材 (例)

构成部件	目的	注意点
灯罩	<ul style="list-style-type: none"> 对 LED 进行保护 进行光扩散。为了加大光扩散，对配光进行控制，部分 LED 灯泡中也有在灯壳中使用透镜。 	使用透光率高的灯罩时，虽然可以控制灯罩使用所带来的亮度低下，但是可能因为光扩散能力的降低，感觉到刺眼。
LED 光源电路板	安装有 LED 和保护器件等的电路板。	<ul style="list-style-type: none"> 为了增加散热性，在选择电路板时，最好选择导热率高的金属电路板。 在设计中，最好加大铜箔图案的面积，以增加散热，并且使 LED 发出的热量能够均匀散发。 使用高反射率的阻焊膜，可以提高取光率，增加 LED 灯泡的亮度。
筐体 (散热器)	<ul style="list-style-type: none"> 散热 确保 LED 灯泡的强度 	<ul style="list-style-type: none"> 因为 LED 灯泡中的光源电路板温度容易升高到较高的温度，所以应该使用导热率高的散热膏、散热片进行散热。 使用鳍片等有特殊加工的散热器时，虽然可以提高散热性，但是会增加 LED 灯泡的重量。
驱动电源电路板	电路板上搭载了从商用的交流电源转换为直流电源的电路。	<ul style="list-style-type: none"> 从交流电源转换为直流电源的效率在很大程度上会影响 LED 灯泡的发光效率。 如果和 LED 光源电路板的距离较近，那么光源电路板的热量容易传导到电源电路板上，使电源电路板上的部件的温度升高。特别需要注意电解电容器升高到高温时，寿命会受到很大的影响。 为了确保和散热器之间的绝缘性，加大散热，可以使用硅胶将整个电源电路板填充。
灯座	插入插座进行通电。	关于灯座形状等，根据灯具的对应规格决定。

3. LED 灯泡的寿命

如前言中的介绍，LED 的温度越高寿命越短。在本章中将对 LED 的温度和寿命的关系进行介绍。

3.1. LED 灯泡的寿命

LED 灯泡虽然不会像白炽灯泡一样突然出现不亮，但是在长期使用下亮度会逐渐下降。在规格 JIS C 8157:2011 中，将一般照明用 LED 灯泡（电源电压超过 50V）的寿命定义为“在规定条件下驱动时，光通量可以维持在额定光通量的 70% 以上的期间”。

虽然在 LED 灯泡的设计中应该主要考虑到 LED 寿命（光通量维持率），但是因为电源电路中也有使用其他电子部品，所以必须对所有的电子部品的寿命进行推算。

特别是电源电路中使用的电解电容器，随着温度的上升，电容量会出现显著低下，一般来说，温度升高 10°C，寿命会减少到一半。如果电解电容器的容量减少，就会发生损坏，导致 LED 灯泡出现闪烁、不亮等故障。

3.2. LED 灯泡的寿命

虽然 LED 中使用的半导体芯片的寿命很长，可以一直发光，但是其他的部件（主要是树脂类）可能发生劣化、变色，导致 LED 的光输出低下。以日亚的 757 系列为例，图 2 中的使用部材的变色，可能导致 LED 内部的光反射率、透光率低下，以致 LED 的取光率降低。另外温度越高，部材的变色会越严重，所以半导体芯片的结点温度 (T_J) 越高，周边的部材温度越高，LED 的寿命越短。

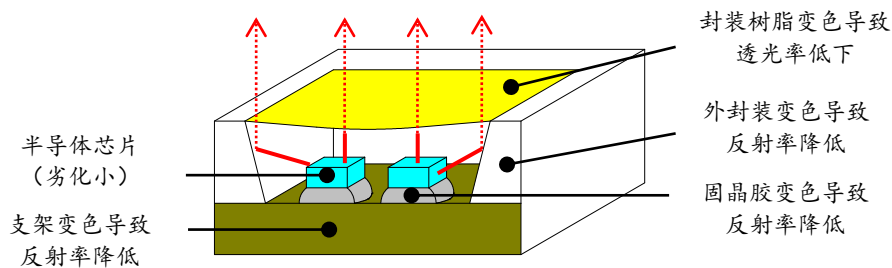


图 2. LED 长期使用下光通量低下原理

3.3. LED 寿命的推定方法

日亚可以向客户提供 LED 结点温度 (T_J) 和 LED 推定寿命的关系的技术资料（第 5 页的图 3）。此技术资料中的图“ T_J 和寿命的关系”（Junction Temperature vs Lifetime）表示出了光通量维持在 70%（相对初期值 100%）以上时的期间（寿命）和 T_J 的关系。

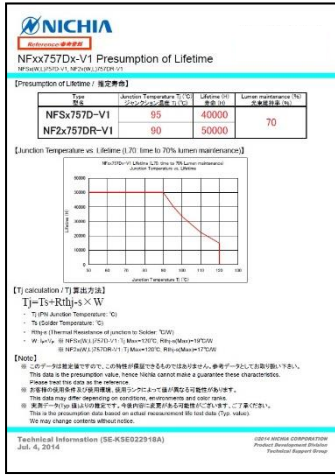
从图 3 的 NFSx757D-V1/NF2x757DR-V1 的关系图可以看出，在 $T_J=95^\circ\text{C}$ 以下时，寿命可以达到 40,000 小时。也就是说要让灯具的寿命达到 40,000 小时，至少要把 T_J 控制在 95°C 以下。但是因为本资料中的寿命是根据日亚测量环境中的实测平均数据进行推定的，所以在热设计中应该让 T_J 留有一定的余地。

另外必须避免让 LED 的 T_J 超过绝对最大额定值（“ T_J 和寿命的关系”的降额范围外），否则可能引起 LED 的性能低下、甚至不亮。

并且即使将 T_J 控制的很低，但是因为其他部材的劣化等，也会让 LED 的寿命受到影响。例如图 3，最大推定寿命为 50,000 小时，如果超过此寿命，LED 会出现严重的性能低下，甚至不亮。

【Presumption of Lifetime / 推定寿命】

Part No. 型番	Junction Temperature T _J (°C) ジャンクション温度 T _J (°C)	Lifetime (H) 寿命 (H)	Lumen maintenance (%) 光束維持率 (%)
NFSx757D-V1	95	40000	70
NF2x757DR-V1	90	50000	



【Junction Temperature vs. Lifetime (L70: time to 70% lumen maintenance)】

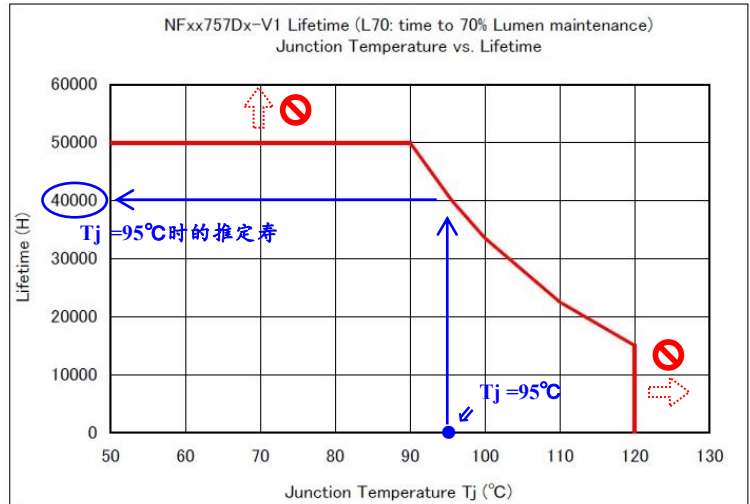


图 3. LED 推定寿命的技术资料

4. LED 灯泡的散热评价方法

因为 LED 的寿命是根据 T_J 推算的，所以取得正确的 T_J 值尤为重要。在本章中将对 T_J 的取得方法和测定时的注意事项进行介绍。

4.1. LED 的 T_J 的取得方法

T_J 的计算方法多种多样，日亚通常是采用以下 2 种方法计算出 T_J。

- 1) 通过 LED 焊接部温度 (T_S) 或外封装温度 (T_C) 计算出 T_J
- 2) 使用 V_F 测定法计算出 T_J

关于详细的测定方法，请参考日亚的应用指南《SP-QR-C2-210274：有关 LED 的散热设计》中的内容。在使用方法 1) 时，可能出现热电偶探头的接触位置的差异，另外方程式中使用的热阻 R_{θJS} 或 R_{θJC} 也会随 LED 不同而出现差异，所以应该使用规格书中的“特性”中记载的热阻值。并且因为 LED 之间的热阻值存在偏差，所以最好使用热阻的最大值而不是典型值。另外也可以参考本应用指南的 3.3 项中的“T_J 和寿命的关系”进行推算。

$$T_J = T_S + R_{\theta JS} W$$

(或 $T_J = T_C + R_{\theta JC} W$)

T_J=结点温度：°C
 T_S=焊点温度：°C
 T_C=外壳温度：°C
 R_{θJS}(R_{θJC})=从结点到 T_S(T_C)测量点的热阻：°C/W
 W=输入功率 (I_F×V_F): W

4.2. 散热评价中的注意点

在对 T_J 计算时应该注意以下几项。

4.2.1. 热分布的确认

在热电偶的 T_C 或 T_S 测量前，应该使用热像仪等对整个电路板的热量分布状态进行确认。如果外壳（散热器）、散热膏等散热途径存在问题，可能出现如图 5 中热量不能均匀散发的现象。（因为电路板左侧不能充分散热，由此引起热分布出现偏差，导致 LED 的表面温度出现较大的差异。）另外也可能因为电路问题，使电流不能均等地流入到各粒 LED 中，导致个别 LED 的热量过高。因此在以上情况下，可能因为 T_J 超过预测温度，使 LED 寿命缩短。

另外热像仪测量到的温度是 LED 上方的封装树脂的表面温度，和实际的 T_J 不同，只是对热量的分布状态进行确认。在使用热像仪对温度分布状态进行确认后，应该使用热电偶对表面温度最高的 LED 的 T_S （或 T_C ）进行测量。

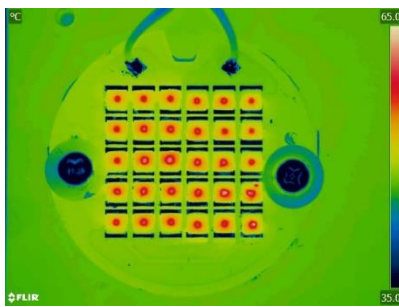


图 4. 热量均匀分布例

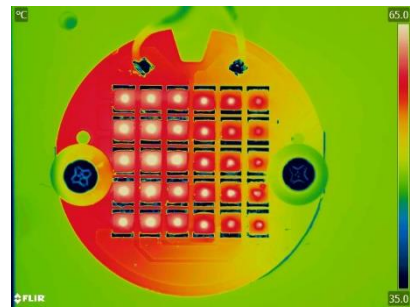


图 5. 热量不均匀分布例

4.2.2. 周围温度

如果周围温度 (T_A) 上升，LED 的 T_S 也会上升。因此在 T_J 的计算中，应该将 T_A 预测为最大值。

在密闭空间或有使用断热材料的灯具中，从 LED 发出的光不能散发，存积在灯具内部，使 T_A 容易上升到较高的温度。

作为参考，同一样品在 T_A 不同的环境下驱动后测量到的 T_S 如表 2 所示。从表中可以看出， T_A 升高 15°C 后， T_S 也会升高了 15°C， T_A 的上升会带动 T_S 的上升。

表 2. 温度测量结果

	周围温度 T_A (°C)	端子温度 T_S (°C)
环境 a	32.0	71.7
环境 b	47.2	87.4
温度差(b-a)	15.2	15.7

4.2.3. 测量状态

为了便于热电偶的测量，测量有可能在 LED 灯泡处于不完整的状态（从外壳拆取电路板后的状态，或拆取了灯罩的状态）下进行。这时因为散热路径发生变化，所以很有可能不能得到正确的 T_J 值。因此测量应该在最终产品的状态下进行，并且灯壳和散热器上的开孔（为了通过热电偶）、使用的固定胶带等都可能对散热性带来较大的影响。

另外也应该对灯具进行充分的老化，在 LED 的温度达到热饱和的状态下进行测量。

4.2.4. 测量时的灯具朝向等

灯具的朝向可能对 T_J 造成影响，通常情况下热气会上升，所以灯具的朝向不同，热量分布会出现偏差，导致 T_S 发生较大的变化。因此应该在灯具的实际使用的朝向下进行测量。

5. LED 灯泡的测定比较

选取 4 种瓦数都为 60W，但是使用的 LED 不同、构造不同的灯泡，对各灯泡的 LED 的 T_S 进行测量后，对其寿命进行了推算。

5.1. 灯泡状态（60W）下的 LED 的 T_J

在 $T_A=25^\circ\text{C}$ 的条件下，驱动 LED 灯泡让其达到热饱和状态后，对灯泡进行了电学和光学特性测量和温度测量。另外在 4 种 LED 灯泡中，使用了日亚 757 系列或和 757 系列同等（同等的性能和构造）的 LED，所以假定所有 LED 的热阻 $R_{\theta JS}$ 为日亚型号 NF2x757DR-V1 的最大值 $17^\circ\text{C}/\text{W}$ ，并由此计算出了 T_J 。

表 3. LED 灯泡的测量结果和 T_J

		样品 A	样品 B	样品 C	样品 D
灯具光通量	(lm)	881	855	923	820
灯具功率	(W)	8.7	10.4	12.1	7.5
LED T_S	($^\circ\text{C}$)	74	88	101	74
LED T_J	($^\circ\text{C}$)	81	95	113	81
电源电路板的温度	($^\circ\text{C}$)	68	69	80	66

5.2. LED 灯泡的寿命推算

根据 T_S 测定值计算出的 T_J ，对各 LED 灯泡的寿命进行了推算。对 60W 的 LED 灯泡是否可以达到 40,000 小时的寿命进行了确认。

另外在推算中假定所有灯泡样品的 LED 的“ T_J 和推定寿命”的特性都和日亚 LED 产品 NF2x757DR-V1 的相同。

◆样品 A · 样品 D

LED 的推定寿命为 50,000 小时，并且距离 95°C 的 40,000 小时还有 14°C 的余地。

◆样品 B

LED 的推定寿命为 40,000 小时。但是因为 T_j 已经没有任何余地，所以可能因为 LED 或电源电路的特性的偏差导致 T_j 高于推算值，不能达到寿命的 40,000 小时。

另外如果在密闭空间中使用 LED，或在灯泡中有使用隔热材料，会使 T_a 上升，导致寿命很难达到 40,000 小时。

◆样品 C

T_j 大大超过了 95°C，推定寿命为 20,000 小时。另外因为电源电路板的温度很高，所以很有可能因此导致电解电容器劣化，造成灯泡的寿命低下。

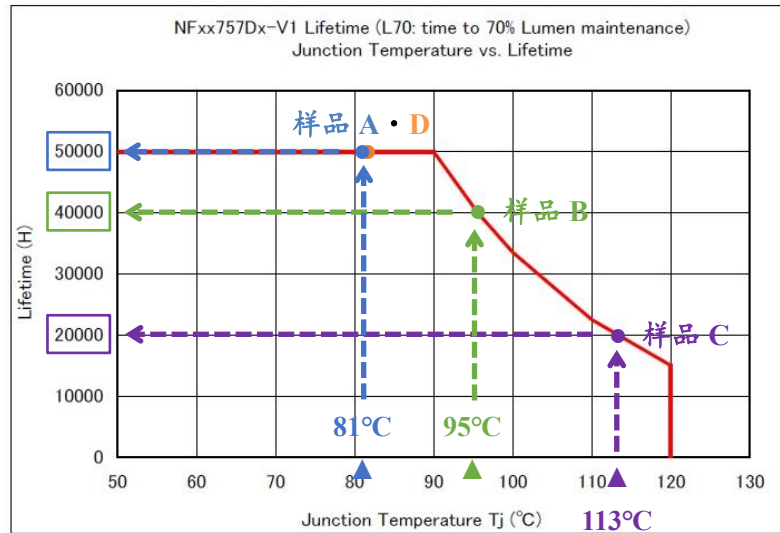


图 6. 寿命推定

6. LED 灯泡设计中的注意点

在对 LED 灯泡进行设计时，应该注意以下几点。

6.1. 正确的 T_j 值

如果 T_j 值不准确，就不能正确的对热量进行评价。如果 T_j 升高到预想外的高温，可能导致光通量低下（寿命低下）。因此请按照第 4 章中介绍的温度测量方法进行测量。

6.2. 让散热设计留有一定余地

如果不让 T_j 留有一定余地，可能因为 LED 或电路的偏差，导致寿命受到影响。使用散热性较高的外壳（散热器）和 LED 光源电路板等部材，或是降低输入功率等，以对 T_j 进行控制。

6.3. 在 T_j 不超过绝对最大额定值下使用

在 LED 灯具的设计中避免让 T_j 超过绝对最大额定值，否则可能引起 LED 性能低下或不亮。另外应该注意在密闭空间中使用，或使用隔热材料等都可能使 LED 的 T_j 上升。

6.4. 在电流不超过绝对最大额定值下使用

在电路设计中避免让电流值超过绝对最大额定值，否则可能引起 LED 性能低下或不亮。连波的幅度较大时，即使电流的平均值在绝对最大额定值以下，但是电流可能瞬间超过绝对最大额定值。因此应该使用示波器等对瞬间最大波峰是否超过绝对最大额定值进行确认。

6.5. 浪涌、突入电流/电压的防止对策

如果 LED 受到过电压或过电流冲击，可能发生损坏。导致过电流/过电压的原因很多，主要包括电源电路中的突入电流和静电等。因此为了防止 LED 受到浪涌电流或电压的冲击，最好在电源电路或 LED 光源电路板上安装保护器件。

7. 最后

LED 的寿命是由 LED 的 T_j 决定的，所以 LED 灯泡的散热设计非常重要。另外因为 LED 间的特性和电源电路的特性存在偏差，并且可能因此偏差导致 LED 的 T_j 发生变化，所以应该在 LED 灯泡的热设计中让 T_j 留有一定余地。

关于本应用指南中介绍的 LED 推定寿命资料和技术资料，可以向日亚的当地营业所索取。

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）。