



型号 NFMW48xAR 的散热设计

目录

1. 前言	2
2. LED 的构造和特征	2
3. 日亚推荐电路板焊盘和印刷钢网形状	3
4. 电路板材料	3
5. LED 模组的散热评价	6
6. 最后	9

本应用指南中记载的型号 NFMW481AR、NFMW484AR、NFMW486AR、NFMW488AR 和 NFMW48xAR 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的热设计非常重要，不仅决定LED的光通量和正向电压等光学、电学特性，更会影响到LED的寿命。在散热评价中必须对实际使用环境中的LED的结点温度（以下简称为“T_j”）进行确认。

日本日亚化学工业株式会社（以下简称为“日亚”）产品的NFMW48xAR发光部（LES）小、光通量密度高、热阻低。并且为了适合不同用途的需求，相同外封装下包括4种光输出功率不同的产品。因为NFMW48xAR和通常的1W~3W的LED相比可以用于光输出功率高的用途，所以在热设计中更应该特别注意散热。

为了让NFMW48xAR的性能可以充分发挥，在本应用指南中将通过日亚的试验结果对NFMW48xAR的光源模组的热设计进行说明。

2. LED的构造和特征

NFMW48xAR是外形尺寸为6.5mm×5.8mm×0.8mm，搭载有复数芯片的LED。产品一览如表1所示。

表1. NFMW48xAR 产品一览

项目	单位	NFMW481AR	NFMW484AR	NFMW486AR	NFMW488AR
芯片数	-	7	10	12	14
正向电流（※1）	mA	200	200	200	200
正向电压	V	22.9	32.8	39.3	45.9
用电量	W	4.58	6.56	7.86	9.18
光通量（※2）	lm	(640)	(900)	(1060)	(1240)
T _j 绝对最大额定值	°C	135	135	135	135
热阻（最大）	°C/W	3.8	3.4	3.1	2.8

※1：各型号LED的正向电流的绝对最大额定值为250mA。

※2：光通量值是使用特性分档5000K、R8000的LED时的代表值。关于其他特性分档的光通量，请参照日亚规格书中的内容。

另外日亚加大了NFMW48xAR的负极金属电极的面积，由此提高了散热性能，降低了LED的热阻。NFMW48xAR的外形尺寸如图1所示。

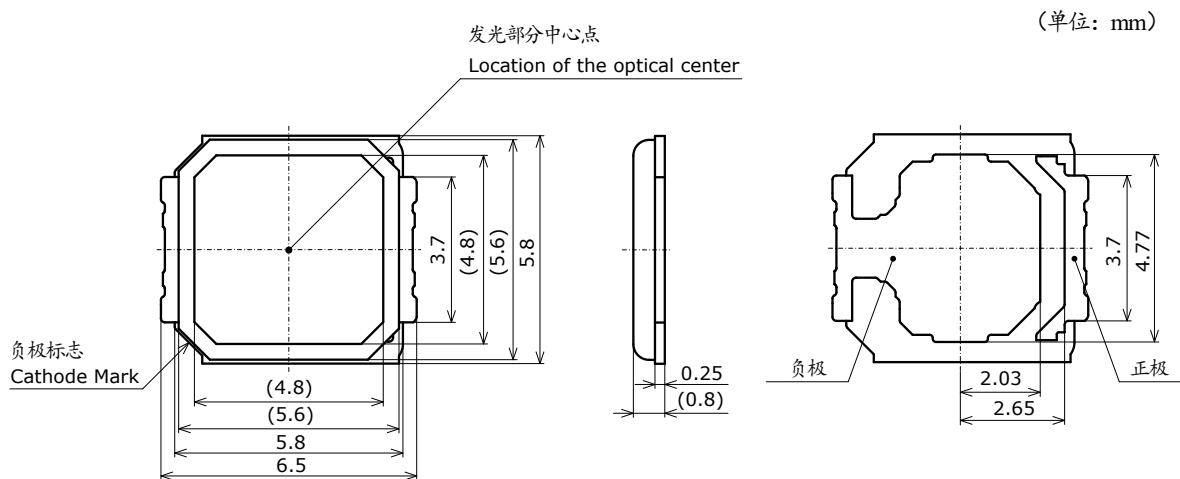


图1. NFMW48xAR 外形尺寸图

3. 日亚推荐电路板焊盘和印刷钢网形状

对于 NFMW48xAR，日亚推荐的电路板焊盘和印刷钢网形状如图 2 所示。

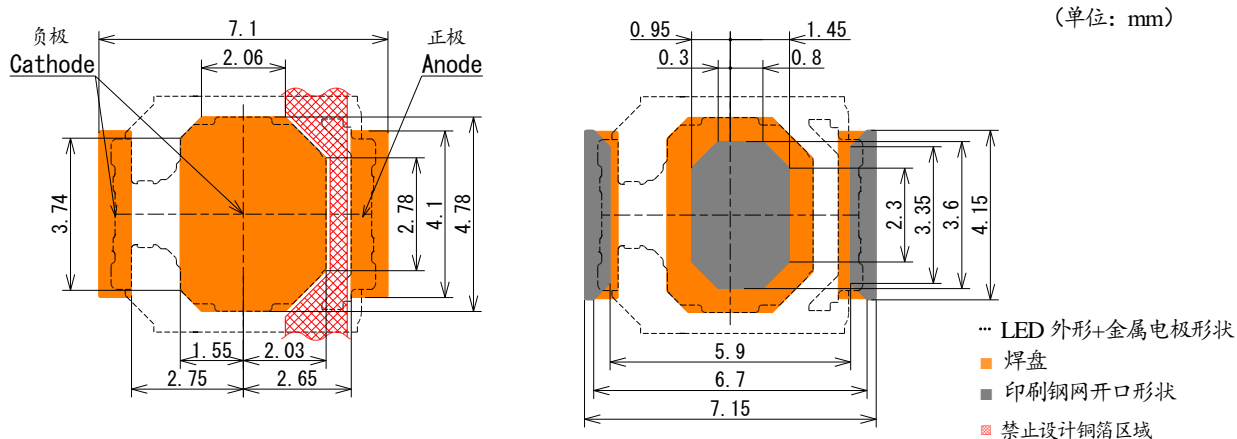


图 2. NFMW48xAR 日亚推荐电路板焊盘和印刷钢网形状

注意事项

NFMW48xAR 的金属电极的形状比较复杂，如果电路板的铜箔设计不当，可能使正极和负极接触，导致短路发生。因此如图 2 所示的部位禁止设计铜箔。另外关于电路板焊盘，为了让 LED 发出的热量可以更多地散发到电路板上，日亚建议使用可以加大散热并且加工精度高的 SMD 焊盘（Solder Mask Defined）。

有代表性的铜箔设计例如图 3 所示。

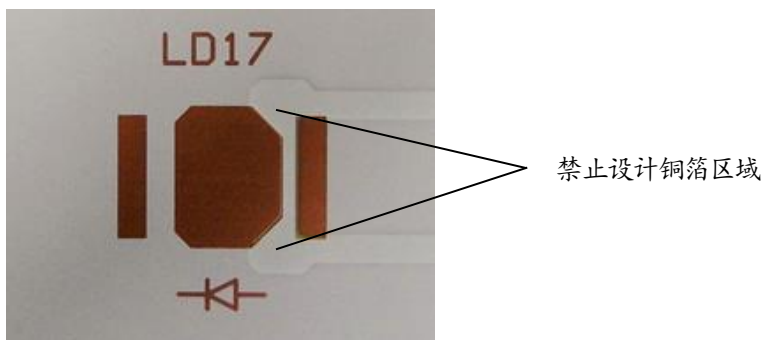


图 3. 有代表性的铜箔设计例

4. 电路板材料

4.1. 电路板材质

关于 LED 的安装电路板的材质，通常有使用环氧玻璃布板（以下简称为“FR4”）、散热性高的环氧玻璃复合板（以下简称为“CEM3”）和铝板等。在决定电路板时，应该根据使用的 LED 的规格、工作条件、及灯具散热性能等进行选择。

将 NFMW48xAR 用于光输出功率大的用途中时，应该选择散热性能高的铝制电路板，而用于光输出功率小的用途中也可以使用 FR4 电路板和 CEM3 电路板。

本应用指南将使用 NFMW48xAR 中功率最大的 NFMW488AR，对不同材质电路板安装时的散热评价结果进行介绍。

4.2. 不同材质电路板的散热性差异

4.2.1. 评价电路板的规格

在本评价中将 NFMW488AR 安装在不同尺寸及材质的电路板上，对散热性进行评价。
评价电路板的外形尺寸如表 2 所示，材质如表 3 所示。

表 2. 评价电路板的尺寸 (共 5 种)

种类	A	B	C	D	E
外观照片					
电路板尺寸	12mm×15mm	20mm×20mm	25mm×25mm	30mm×30mm	35mm×35mm
电路板面积	180mm ²	400 mm ²	625 mm ²	900 mm ²	1225 mm ²

表 3. 评价电路板的材质 (共 3 种)

项目	单位	FR4 电路板×3	CEM3 电路板×3	铝制电路板
电路板的导热系数	W/m·K	0.4	1.5	2.1 (※4)
铜箔厚度	μm	35	35	35
电路板厚度	mm	1.0	1.0	1.1

※3: FR4 电路板、CEM3 电路板使用的是无通孔的两面电路板。

※4: 铝制电路板的导热系数是绝缘层的导热系数。另外绝缘层的厚度是 120μm。

4.2.2. 评价条件

将评价电路板安装在散热器上后，并在 LED 达到热饱和状态下进行了温度评价。本评价中使用的部材如下所示。

- LED: NFMW488AR、2700K、R8000
- 工作电流: $I_F=200\text{mA}$ (额定电流值)
- 散热膏: 日本 Sunhayato 制导热硅脂 SCH-301、 $0.84\text{W/m}\cdot\text{K}$
- 散热器: 边 100mm×边 100mm×厚 10mm、热阻 3.0°C/W 、0.2kg

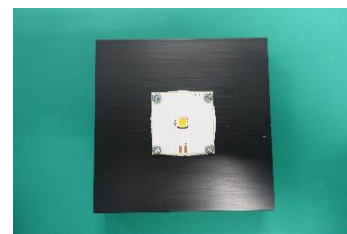


图 4. 评价用电路板

4.2.3. 温度评价结果

相关 T_J ，不同材质电路板间的差异较大。在额定电流 ($I_F=200\text{mA}$) 的驱动下，铝制电路板的 T_J 最低，而 CEM3 和 FR4 电路板的 T_J 超过了绝对最大额定值。

相关电路板面积和 T_J 的关系，铝制电路板时电路板面积的大小并不影响 T_J ，而 FR4 电路板时如果电路板面积小于 400mm^2 时会影响到 T_J 。

温度评价结果如图 5 所示。

另外 T_J 可以用以下方程式计算。

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

※ T_J = 结点温度 ($^\circ\text{C}$)、 T_S =焊接部温度 ($^\circ\text{C}$)

※ $R_{\theta JS}$ = 从芯片到 T_S 测量点的热阻 ($^\circ\text{C/W}$)、输入功率 (W)

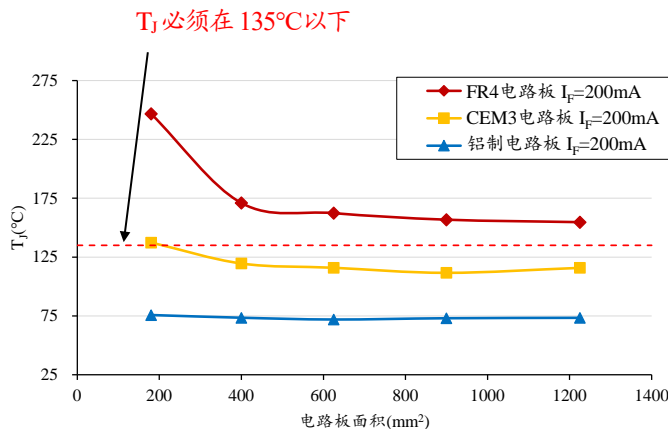


图 5. 不同材质电路板下的温度评价结果

4.3 FR4 电路板和 CEM3 电路板的散热性

在前项的散热评价试验中，额定电流值下 CEM3 和 FR4 电路板时的 T_j 都超过了绝对最大额定值。因此在本项中降低了工作电流，对低电流下的散热性进行了评价。评价结果如图 6 和 7 所示。

另外本项中除 LED 的工作电流外，其他的条件都和前项相同。

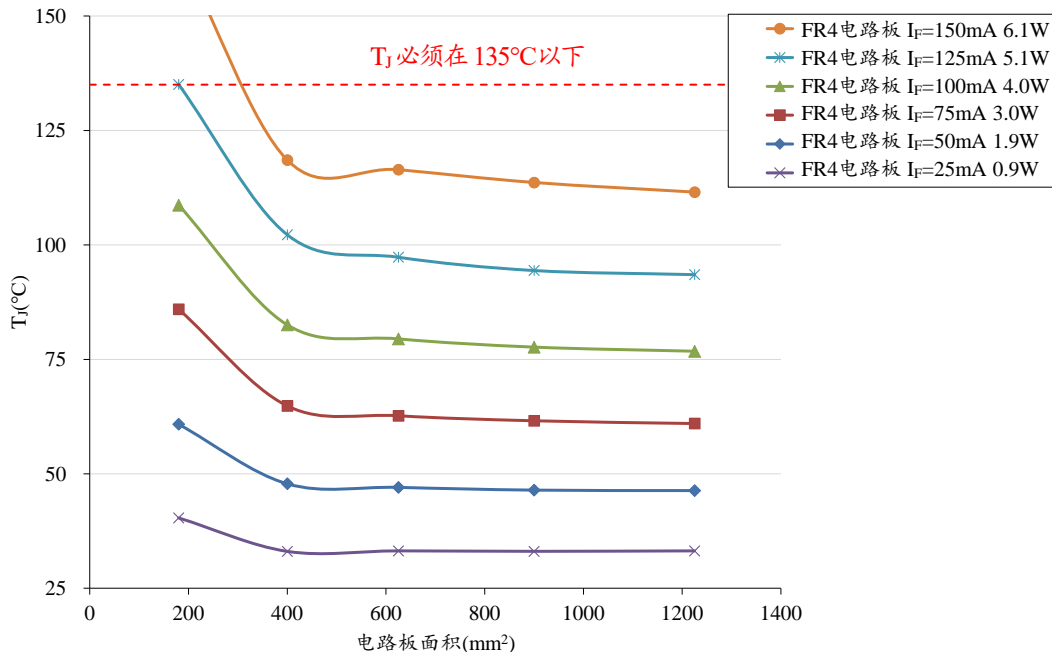


图 6. FR4 电路板时的温度评价结果

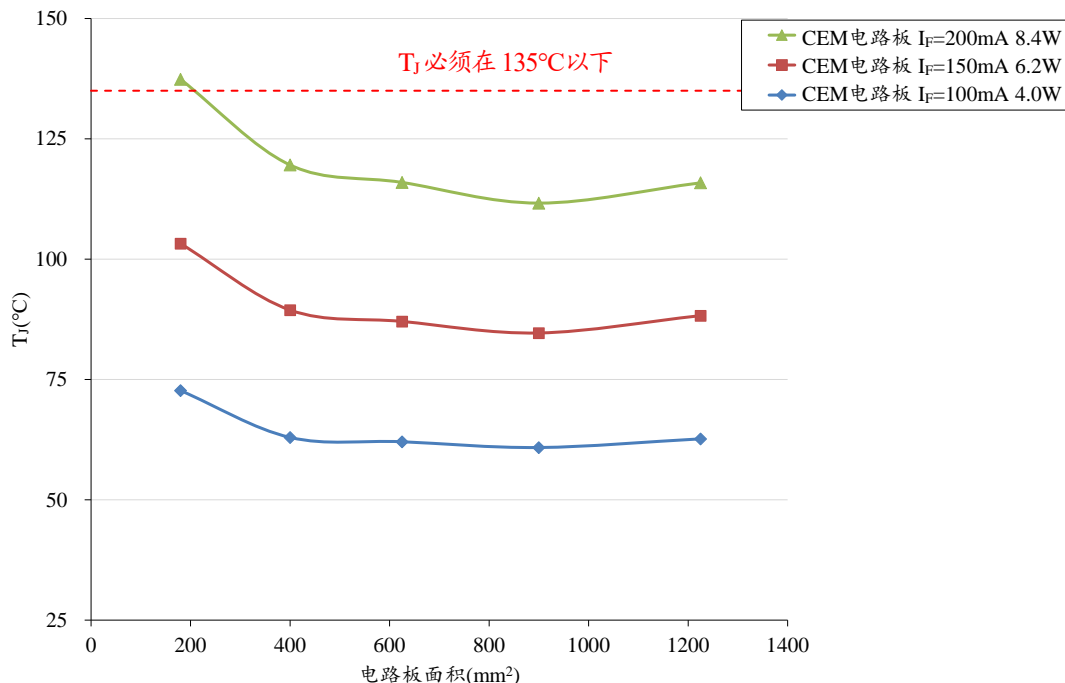


图 7. CEM3 电路板时的温度评价结果

根据以上评价结果，如果要让 LED 在 T_j 不超过 135°C 的状态下工作，FR4 电路板时工作电流不能高于 100mA ，CEM3 电路板时工作电流不能高于 150mA 。虽然 T_j 会因灯具的散热性的优劣发生变化，但是如果将 NFMW488AR 使用在光输出功率小的用途中，也可以使用 FR4 电路板和 CEM3 电路板。

5. LED模组的散热评价

5.1. LED 模组规格及评价条件

在前项中只对安装有 1 粒 LED 的模组的散热进行了评价。在本项中将对安装有复数 LED 的模组进行评价。另外评价电路板使用了 CEM3 电路板和铝制电路板。

评价模组的规格如表 4 所示。

表 4. 评价模组规格

项目	规格
LED 模组照片	
电路板尺寸	竖向 119mm×横向 136mm
安装 LED 及数量	NFMW488AR 5000K R70、20pcs
LED 安装配置※5	竖向 20mmP、横向 25mmP
LED 电路	2 串联×10 并联
散热膏	日本 Sunhayato 制导热硅脂 SCH-301、0.84W/m·K
散热器	竖向 200mm×横向 250mm×厚度 40mm、热阻 0.45°C/W、2.4kg、铝制

※5: 根据前项中对电路板面积和散热性关系的评价结果, 在本评价的 LED 配置中让 1 粒 LED 的散热面积大于 400mm²。

本评价中使用的电路板规格如表 5 所示。

表 5. 评价电路板规格

项目	单位	CEM3 电路板	铝制电路板
电路板的导热系数	W/m·K	1.5	2.1 (绝缘层 120μm)
铜箔厚度	μm	35 (无通孔两面电路板)	35
电路板厚度	mm	1.0	1.1
电路板名	-	松下(株)制 R-1586(H)	日本理化学工业制 NRA-8

5.2. 温度评价结果

本评价中 CEM3 电路板的工作电流为 50mA~100mA/LED。另外铝制电路板的工作电流为 100mA~200mA/LED。

LED 模组的评价结果如图 8、表 6 所示。

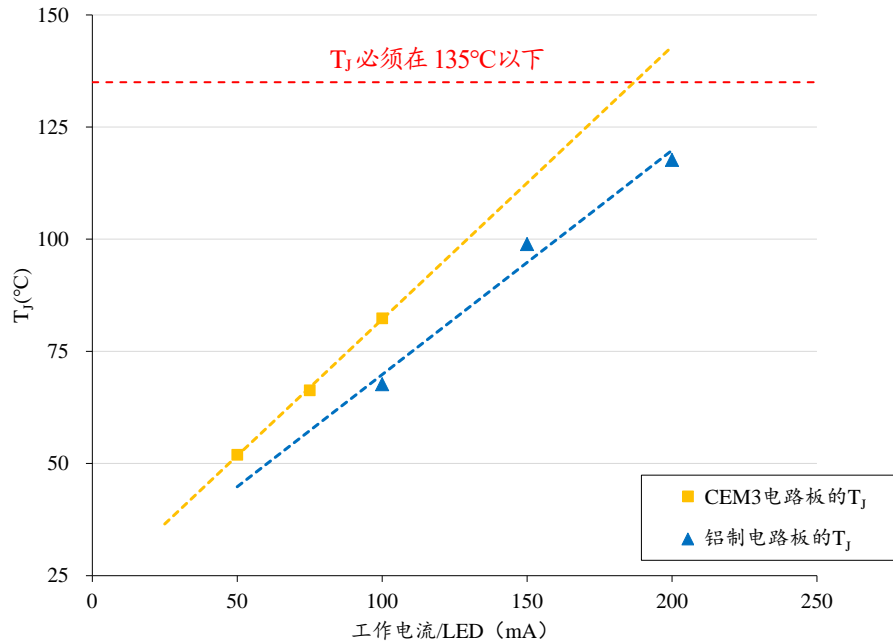


图 8. LED 模组的温度评价结果

表 6. LED 模组的光学电学特性和温度评价结果

	CEM3 电路板			铝制电路板		
	50	75	100	100	150	200
1 粒 LED 工作电流 (mA)	50	75	100	100	150	200
模组工作电流 (mA)	500	750	1000	1000	1500	2000
模组工作电压 (V)	77.4	78.7	79.9	80.6	82.9	84.8
用电量 (W)	38.7	59.0	79.7	80.6	124.4	169.6
光通量 (lm)	6746	9555	11887	12608	17148	20365
发光效率 (lm/W)	174.3	161.9	149.1	156.4	137.9	120.1
T _S 温度 (°C) ※6	46.6	58.1	71.2	56.4	81.5	94.0
T _J 温度 (°C) ※7	52.0	66.3	82.4	67.7	98.9	117.7
T _A 温度 (°C)	24.6	24.8	24.9	25.0	25.3	25.4

※6 T_S 温度是在 LED 温度达到热饱和后使用热电偶测定的数值。

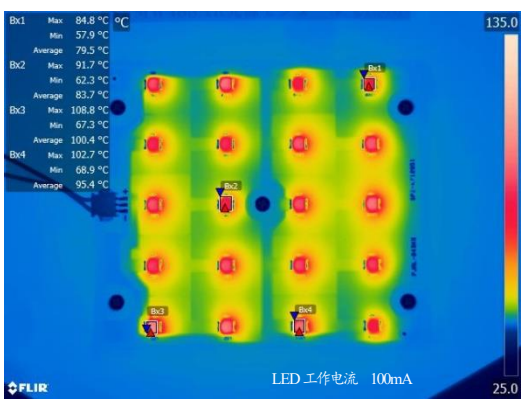
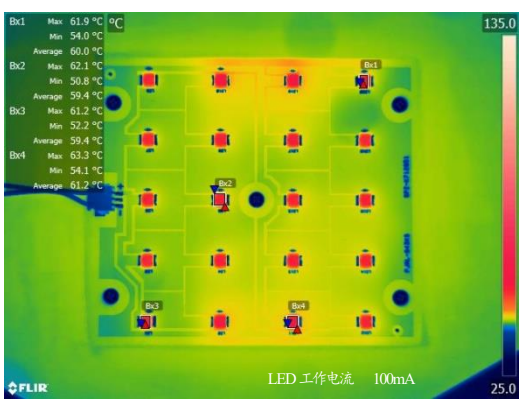
※7 T_J 温度是使用 LED 热阻 R_{θJS}=2.8°C/W 计算出的数值。

因此本项中对复数 LED 模组的评价结果和前项中的 1 粒 LED 模组相同,也是铝制电路板时的 T_J 比 CEM3 时更低。并且相同工作电流下的 LED 的光通量及发光效率也是铝制电路板比 CEM3 电路板时更高。

在下一项中将对使用热像仪观察时的 CEM3 和铝制电路板的散热状态及各电路板的特征进行介绍。

5.3. CEM3 电路板及铝制电路板使用时的特征

表 7. CEM3 电路板和铝制电路板使用时的特征

	CEM3 电路板	铝制电路板
热像仪的温度分布 确认结果	 <p>FLIR thermal image of a CEM3 PCB. The temperature scale ranges from 25.0 to 135.0 °C. The image shows a grid of LEDs with significant hot spots (red/yellow) around each LED, indicating uneven heat distribution. The text 'LED 工作电流 100mA' is visible at the bottom.</p>	 <p>FLIR thermal image of an aluminum PCB. The temperature scale ranges from 25.0 to 135.0 °C. The image shows a grid of LEDs with a much more uniform temperature distribution (green/yellow) across the board, indicating better heat conduction. The text 'LED 工作电流 100mA' is visible at the bottom.</p>
散热性	<ul style="list-style-type: none"> • 用于光输出功率低的用途。 • LED 发出的热呈放射状扩散，但是电路板内的温度分布不均。 • 热量没有充分传递到散热器上。 (散热器和电路板间的温度差异大) • 安装在散热器上时，需要使用导热硅脂等提高导热性。 • 本评价中在电路板固定状态不充分的位置上，LED 的温度上升 (和散热器间的密接程度不好)。 	<ul style="list-style-type: none"> • 用于光输出功率高的用途。 • LED 发出的热均匀地扩散到整个电路板上。 • 热量充分地传导到散热器上。 (散热器和电路板间的温度差异小) • 在本评价中的电路板固定状态不充分的位置上，LED 的温度上升 (和 CEM3 电路板相比，和散热器间的密接程度较好)。
锡裂	<ul style="list-style-type: none"> • NFMW48xAR 的外封装材质是树脂，所以 LED 和电路板间的线膨胀系数的差异较小，可以降低发生锡裂的可能性。 • CEM3 电路板的线膨胀系数：19~23×10⁻⁶ 	<ul style="list-style-type: none"> • 同左 • 铝制电路板的线膨胀系数：24×10⁻⁶
绝缘性	<ul style="list-style-type: none"> • 只要确保充分的爬电距离，可以达到较高的耐压性能。 	<ul style="list-style-type: none"> • 绝缘性能由电路板绝缘层的性能决定。耐压性能低。 • 工作电压会受到限制。如果电路电压达到 100V 以上，应该对电路板绝缘层的性能进行确认。

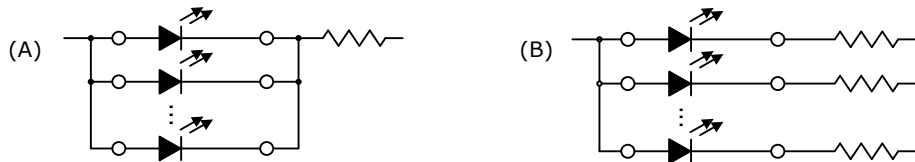
发光二极管

5.4. LED 模组电路设计上的注意事项

将灯具模组中的 LED 并联时，会因为 LED 间的工作电流差异，使部分 LED 的 T_j 升高。

这时部分 LED 的工作电流甚至可能超过绝对最大额定值，对 LED 的可靠性造成不良影响。因此日亚希望客户在灯具设计中注意以下几点。

- 对各 LED 进行定电流驱动。
- 不让各 LED 的工作电流超过绝对最大额定值。
- 如果使用定电压驱动，最好使用如下的 (B) 电路，因为 (A) 电路的各 LED 的正向电压差异，可能导致流入各 LED 的电流值出现不均。



在客户的设计中，如果对 LED 的正向电压分布、特性分档等有不明确之处，请和日亚营业担当联系。

6. 最后

NFMW48xAR 因为散热性较好，可以用于多种灯具中。希望客户在 LED 模组的设计中参照本应用指南中的试验结果，并根据对灯具要求的性能选择适当的电路板材料。

另外在温度评价时，在使用热电偶测量温度的同时最好也使用热像仪对温度分布进行确认。

本应用指南通过日亚的试验结果，对使用 NFMW48xAR 的光源模组的散热设计进行了介绍。但是日亚的试验结果仅供客户参考，因为根据客户使用的 LED 品种、使用条件和环境等，数值可能出现差异。因此请客户在实际使用条件和环境下对 LED 的散热性进行验证。

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后进行转载、复制等）。