

## LED 的密闭和 VOC

(VOC: 挥发性有机化合物 Volatile Organic Compounds)

### 目录

1.前言 .....	2
2.相关 VOC .....	2
3.VOC 的对策 .....	5
4.VOC 变色确认的试验方法 .....	8
5.VOC 影响例 .....	10
6.最后 .....	11

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

汽车前照灯、路灯、投光灯等室外使用的灯具为了达到防水防尘的目的，使用密闭构造的较多。而 LED 周边的灯具部材（周边部材）可能受光和热的影响，释放出挥发性成分（释气），特别在灯具为密闭结构时，因为释气的浓度较高，对 LED 造成不良影响的可能性更大。释气种类中包括挥发性有机化合物（VOC: Volatile Organic Compounds、以下简称为 VOC），并且部分 VOC 会在光能和热能的影响下发生化学反应，出现变色。

图 1 是 VOC 变色前、后的 LED 照片（如图 1 所示）。在密闭结构的灯具中，因为 LED 周边的空气不流动，VOC 浓度增加，图 1 中的现象更容易发生。因此灯具设计中应该特别注意密闭结构时 VOC 造成的影响。

在本应用指南中，将对 VOC 对 LED 造成的影响、发生原理及其对策进行介绍。

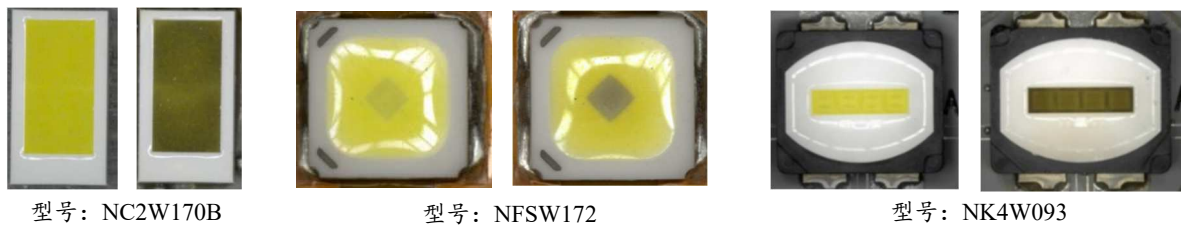


图 1. VOC 对 LED 的影响（左：变色前、右：变色后）

## 2. 相关 VOC

### 2.1. VOC 的定义

VOC 是容易挥发（蒸发）的，在大气中成为气体的有机化合物的总称。通常存在于粘合剂、涂料和清洗剂等有机溶剂中。但是因为在灯具框体、垫圈等树脂成型品的添加剂中也可能含有 VOC，所以从成型部材中也可能发生 VOC。

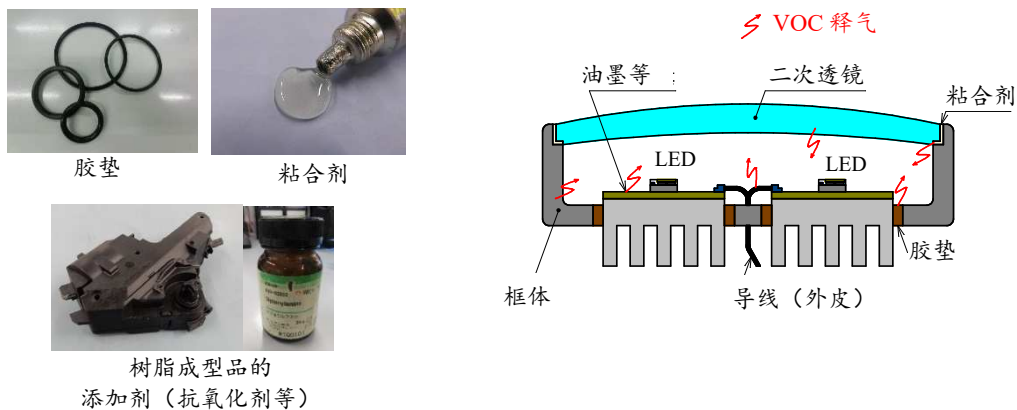


图 2. 可能发生 VOC 的 LED 周边部材例

本文包括暂定内容，日亚公司有权不经公告对其进行修改。

VOC 的分类如表 1 所示。另外本应用指南中记载的 VOC 包括表中 No.1~4 的所有的分类。

No.	简称	名称	沸点	化合物例
1	VVOC	Very Volatile Organic Compounds	<50°C	乙醛(C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O)、二氯甲烷(CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> )、甲烷(CH <sub>4</sub> )、甲醛(CH <sub>2</sub> O)等
2	VOC	Volatile Organic Compounds	≥50°C、<260°C	乙醇(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH)、苯(C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )、甲苯(C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> )、二甲苯(C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> )等
3	SVOC	Semi Volatile Organic Compounds	≥260°C、<400°C	二苯胺(C <sub>12</sub> H <sub>11</sub> N)、毒死蜱(C <sub>9</sub> H <sub>11</sub> C <sub>13</sub> NO <sub>3</sub> PS)等
4	POM	Particulate Organic Matter	≥400°C	PCB(C <sub>12</sub> H <sub>10</sub> -nCl <sub>n</sub> )、苯并芘(C <sub>20</sub> H <sub>12</sub> ) 等

## 2.2. VOC 对 LED 造成的影响

VOC 会对 LED 造成不良影响的原因如下。

- VOC 会侵入到 LED 内部，并停留在 LED 内部。
- VOC 会在光能和热能的影响下发生变色。

VOC 并不会使 LED 发生变质，是侵入到 LED 内部的 VOC 发生变化（变色），由此对 LED 性能造成不良影响。

## 2.3. LED 内部的 VOC 的侵入和停留

日亚针对 LED 的用途和使用目的对 LED 部材的原材料进行了选择。对于 LED 的封装树脂，分别使用了环氧树脂或硅胶。

对于暴露在大气环境中使用的 LED，通常使用气体阻隔性和强度较好的环氧树脂作为封装树脂。而对于不暴露在大气中，在灯具和电子产品等中使用的 LED，则多使用耐高温和寿命长的硅胶作为封装树脂。硅胶在抗热、抗光化学反应、抗水上具有较大的优势，但是因为有通气性，所以从周边部材发出的释气容易侵入到 LED 内部。因此对于使用了硅胶的 LED，从 LED 周边部材发出的 VOC 会透过硅胶侵入到 LED 内部并停留（附着）。

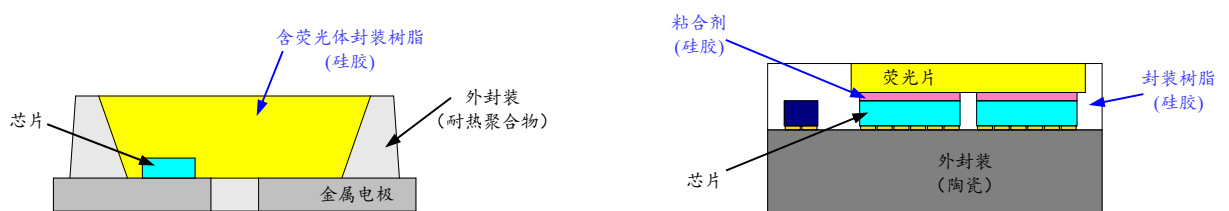


图 3. 使用硅胶的 LED 结构图 (例)

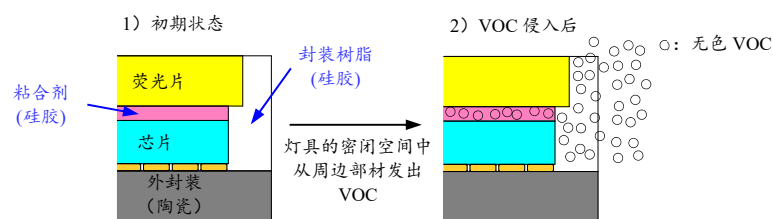


图 4. VOC 侵入时的示意图

本文包括暂定内容，日亚公司有权不经公告对其进行修改。

## 2.4. VOC 的变色

VOC 在光照下会因吸收光能而发生光化学反应，使 VOC 的结合状态（分子结构）发生变化。在结合状态变化前，因为只吸收紫外线范围波长的光，所以看上去为透明色，但是在结构变化后，因为也可以吸收可视光范围波长的光，所以变为有色，透明度降低。

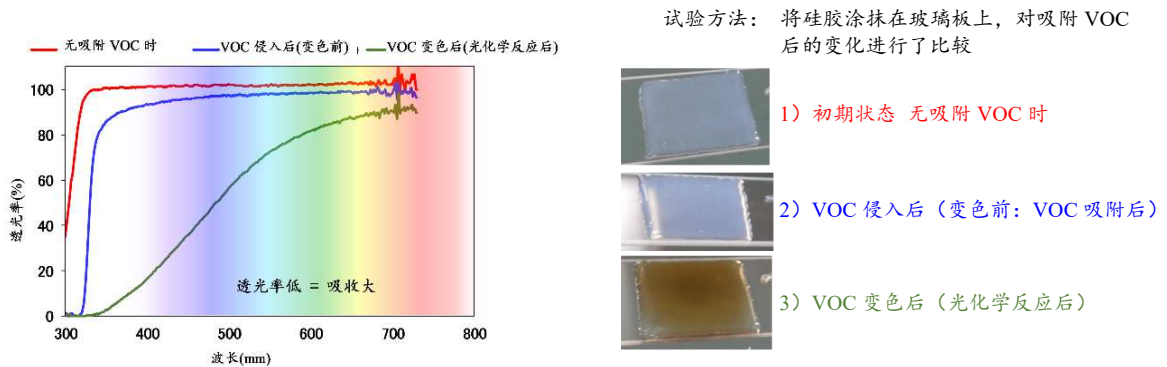


图 5. VOC 的吸附、变色导致的透光率变化

在 VOC 穿透 LED 的封装树脂的硅胶后停留在 LED 发光部位周边时，因为吸收的光能较多，VOC 发生变色。虽然是 VOC 本身变色但是在 LED 的外观上，像是 LED 的发光部发生了变色。VOC 发生变色会导致 LED 的光通量下降，色调偏移。

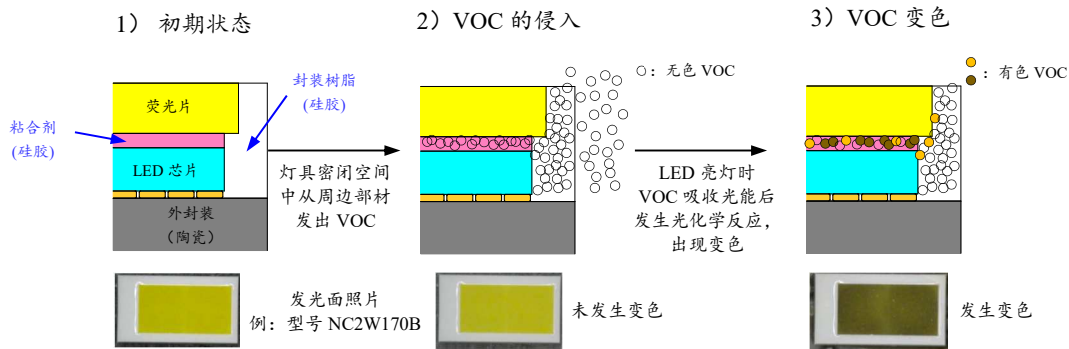


图 6. VOC 变色示意图

本文包括暂定内容，日亚公司有权不经公告对其进行修改。

## 3. VOC 的对策

为了防止 VOC 对 LED 的不良影响，最有效的方法是降低 LED 周边 VOC 浓度。

### 3.1. 加强 LED 周边的空气循环

不让灯具完全密闭，在 LED 附近设置通气孔，加强 LED 周边空气循环可以降低 VOC 浓度。通气孔越大，空气循环越好，LED 周边的 VOC 浓度也越低，VOC 越不容易发生变色。在设置通气孔后 VOC 浓度仍然不能降低时，可以将通气孔设置在距离 LED 更近的位置上。

设置通气孔加强空气循环的示意图如图 7 所示。

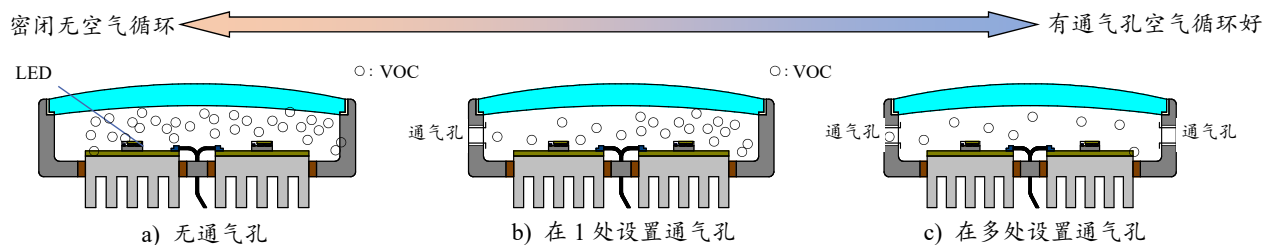


图 7. 对策例 (通气孔的设置)

### 3.2. 加大灯具容积

加大 LED 周边空间可以降低 VOC 浓度 (如图 8 所示)。LED 周边空间越大，VOC 的浓度越降低，越不容易造成 VOC 变色 (如第 10 页的图 13 所示)。



图 8. 对策例 (加大灯具容积)

### 3.3. 不使用容易对 LED 造成影响的部材

以下的 LED 周边部材容易造成 VOC 变色。

- ◆ 橡胶 (合成、天然)
- ◆ 胶带上的粘胶、粘合剂
- ◆ 树脂成型品中的添加剂 (抗氧化剂等、阻燃剂等)
- ◆ 导线绝缘外皮

成型树脂品中的添加剂，包括抗氧化剂、阻燃剂等也可能发出 VOC，对 LED 造成影响。所以也需要注意树脂成型品。关于各部材对 LED 的影响程度，可以通过比较试验确认。关于试验方法，请参考第 4 项“VOC 变色确认的试验方法”。

本文包括暂定内容，日亚公司有权不经公告对其进行修改。

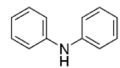
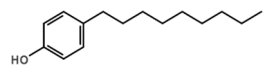
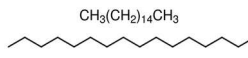
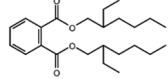
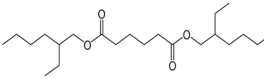
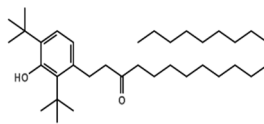
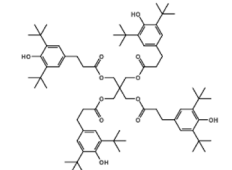
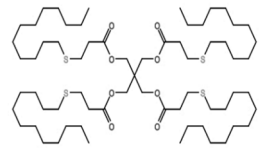
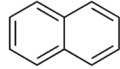
日亚对部分 VOC 物质进行了试验确认。日亚进行了试验的 VOC 物质如表 2 和表 3 所示。另外即使部材中含有试验结果是“变色”的物质，也不一定会出现 VOC 变色，因为 VOC 的变色和 VOC 的浓度有关。不过日亚建议最好不要使用含有“变色”物质的部材。

日亚不能将所有对 LED 带来不良影响的 VOC 化合物记载在本应用指南中，本应用指南没有记载的物质也可能发生 VOC，对 LED 造成不良影响。因此在对部材进行选择、变更时，应该通过试验等确认不会对 LED 特性造成影响。

日亚对表 2 和表 3 中的物质进行了 VOC 确认试验，但是即使是在本试验结果中没有发现变色的物质，在和其他物质组合后也可能发生变色。

表 2 和表 3 中的试验结果仅供客户参考，日亚不对其进行保证。

表 2. VOC 变色确认物质表（树脂成型品添加剂）

物质名称	主要用途	分子式	化学结构式	沸点	确认结果
二苯胺 Diphenylamine	抗氧化剂	C <sub>12</sub> H <sub>11</sub> N		302°C	发生变色
壬基酚 Nonylphenol	抗氧化剂	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O		295°C	发生变色
十六烷 hexadecane	润滑剂	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>		287°C	发生变色
DOP Bis(2-ethylhexyl) phthalate	塑化剂	C <sub>24</sub> H <sub>38</sub> O <sub>4</sub>		385°C	无影响
DOA Bis(2-ethylhexyl) adipate	塑化剂	C <sub>22</sub> H <sub>42</sub> O <sub>4</sub>		335°C	无影响
3-(3,5-二叔丁基-4-羟基苯基)丙酸正十八烷醇酯 Octadecyl 3-(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphenyl) propionate	抗氧化剂	C <sub>35</sub> H <sub>62</sub> O <sub>3</sub>		323°C	发生变色
四(3,5-二叔丁基-4-羟基)苯丙酸季戊四醇酯 Pentaerythritol tetrakis[3-(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphenyl)propionate]	抗氧化剂	C <sub>73</sub> H <sub>108</sub> O <sub>12</sub>		779.1°C	发生变色
季戊四醇四(3-月桂基硫代丙酸酯) 2,2-Bis{[3-(dodecylthio)-1-oxopropoxy]methyl}propane-1,3-diyl bis[3-(dodecylthio) propionate]	抗氧化剂	C <sub>65</sub> H <sub>124</sub> O <sub>8</sub> S <sub>4</sub>		323°C	无影响
萘 Naphthalene	染料中间体 合成树脂原料	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>		218°C	发生变色

本文包括暂定内容，日亚公司有权不经公告对其进行修改。

表 3. VOC 变色确认物质表 (橡胶)

物质名称	分类	化学结构式	确认结果
异戊二烯橡胶 Isoprene rubber (IR)	合成橡胶	$\left[ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \diagup \\ \text{C}=\text{C} \\ \diagdown \\ \text{CH}_2 \end{array} \right]_n$	发生变色
丁腈橡胶 Nitrile rubber (NBR)	合成橡胶	$\left[ \begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH} \\   \\ \text{CN} \end{array} \right]_m \left[ \text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2 \right]_n$	发生变色
氯丁橡胶 Chloroprene rubber (CR-70)	合成橡胶	$\left[ \begin{array}{c} \text{Cl} \\   \\ \text{CH}_2-\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2 \end{array} \right]_n$	发生变色
三元乙丙橡胶 Ethylene propylene rubber (EPDM)	合成橡胶	$\left[ \text{CH}_2-\text{CH}_2 \right]_m \left[ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_2-\text{CH} \end{array} \right]_n \left[ \begin{array}{c} \text{Cyclopentane ring} \\   \\ \text{CH}_2-\text{CH} \end{array} \right]_p$	发生变色
硅橡胶 Silicone rubber	硅胶	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3-\text{Si}-\text{O} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array} \left[ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{Si}-\text{O} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]_n \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{Si}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	无影响

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. VOC 变色确认的试验方法

本项将对确认 VOC 变色的试验方法例进行介绍。因为此试验方法不能再现客户的实际使用条件和环境，所以本项中的试验方法并不能作为客户判断的标准，只能让客户对 VOC 变色的影响程度进行参考。

### 试验条件

- LED 型号: NC2W170B
- 试验部材: 聚丙烯 (PP) 60mg
- 玻璃罩: 容积 0.9ml
- 粘合剂: LOCTITE EA 0151
- 照度计: Konica Minolta CL-70F
- 其他: PCB、散热器、DC 电源
- 周边温度: 25°C
- IF: 1000mA

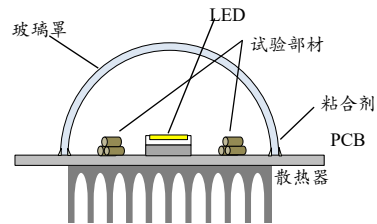


图 9. VOC 变色确认试验例

在 VOC 变色的确认时，需要在保持有一定浓度的 VOC 的环境中进行，因此日亚使用玻璃罩等在密闭环境中进行了试验。关于在此试验中使用的密闭用粘合剂、PCB，都事先在没有放入试验部材的情况下确认不会对 LED 造成影响。另外因为周围温度升高时，容易发出 VOC 释气，所以也不能排除在周围温度较高时会从密闭用粘合剂中发生微量的 VOC，因此敝公司也在相同条件下对玻璃罩中没有放入部材的情况进行了试验，并在试验后对有、无试验部材的 LED 的变色程度进行比较。

### 第 1 步: 准备试验品

在比较部材 A 和 B 时，准备 3 组\*<sup>1</sup> 以上的试验品（安装有 LED 的 PCB 和玻璃罩为 1 组）。第 1 组试验品中放入试验部材 A，第 2 组中放入试验部材 B，另外为了比较，在第 3 组中不放入部材。关于试验部材量，因为 VOC 的浓度越高，影响越明显（如第 10 页的图 13 所示），所以最好使用相对实际情况 10 倍\*<sup>2</sup> 的部材量（浓度）。

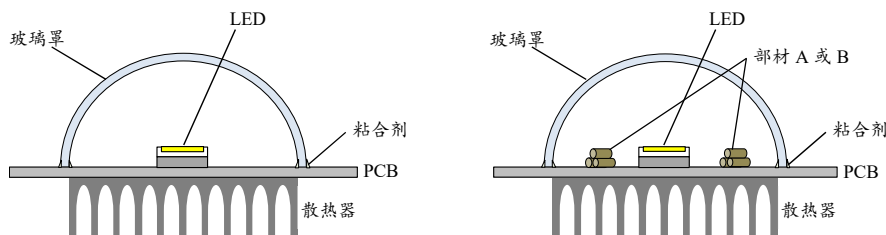


图 10. 试验方法例（左：无试验部材的比较用、右：有试验部材）

### 第 2 步: 涂抹粘合剂后盖上玻璃罩

为了让玻璃罩和 PCB 间没有缝隙，先在盖玻璃罩的位置上涂抹粘合剂后再盖上玻璃罩。盖上玻璃罩时，一边稍微旋转玻璃罩一边轻轻的下按玻璃罩，让玻璃罩和 PCB 间完全没有缝隙。如果还是存在缝隙，使用刮片等让缝隙处填满粘合剂。为了让粘合剂完全硬化，在盖上玻璃罩后最好放置 24 小时后再进行试验。

\*1: 试验品数为比较部材数加 1（不放入试验品的参考用试验品）。

\*2: 部材体积和灯具容积的比例，或部材表面面积和灯具容积的比例。

本文包括暂定内容，日亚公司有权不经公告对其进行修改。



### 第3步：比较试验前后的亮度、色度或目视比较发光面变色

在各试验品正上方的相同高度使用照度计对试验前后的照度和色度进行测量、比较。关于照度，只要可以对初期值能和试验后的亮度进行比较，也并不一定测量照度，可以测量光强度等其他可以比较的亮度。另外如果不能通过测量亮度进行比较，也可以在相同亮灯时间后，通过目视和没有放入试验部材的 LED 比较是否变色来确认 VOC 的影响。但是在目视比较时，为了避免对 LED 的强光对视，不能在亮灯时进行，必须在 LED 熄灯后进行确认。

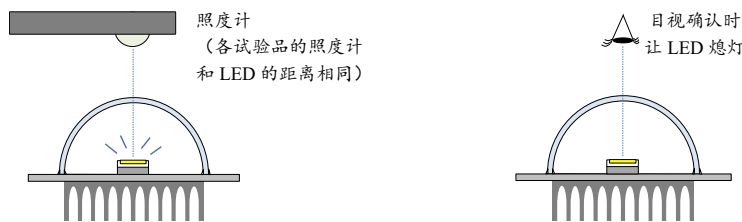


图 11. 光强度和变色的确认

关于亮灯时间，VOC 吸收光能越多变色越严重，因此无论是连续亮灯，还是间断亮灯，是以亮灯的总时间判断，但是在对部材的比较试验中，比较的部材应该使用相同的方法驱动。另外根据 VOC 的浓度和 VOC 的种类的不同，发生变色的快慢也不同。试验中发生变色较快时，在亮灯 10 小时左右就会出现变色。

试验结果例如表 5 所示。另外表 5 的试验时间，最初预定是 500 小时，但是所有部材在 60 小时就有变色，所以只进行了 60 小时。在试验中发生 VOC 变色的部材对 LED 的影响较大，应该避免使用。

另外本简易试验并不能完全再现客户的实际使用环境，客户最好在通过试验确认的同时，在灯具中设置通气孔等。

表 4. 变色确认结果例

亮灯时间	0h	10h	20h	40h	60h
试验部材 A (聚丙烯)					 变色
试验部材 B (聚丙烯)		 变色	 变色	 变色	 变色
参考用 (无试验部材)					 无影响

本文包括暂定内容，日亚公司有权不经公告对其进行修改。

## 5. VOC 影响例

### 5.1. VOC 的变色及减轻

在密闭环境或 LED 周边空气循环不佳时，可能发生 VOC 侵入到 LED 内部后变色，由此导致 LED 光输出降低和色调偏移的情况。另外即使发生了变色，如果加强 LED 周边的空气循环，变色也可能减轻，使 LED 的光输出和色调偏移得到一定程度的恢复。

另外即使是在密闭环境中使用 LED，如果没有会导致 VOC 变色的成分，LED 的光通量和色调也不会受到影响。

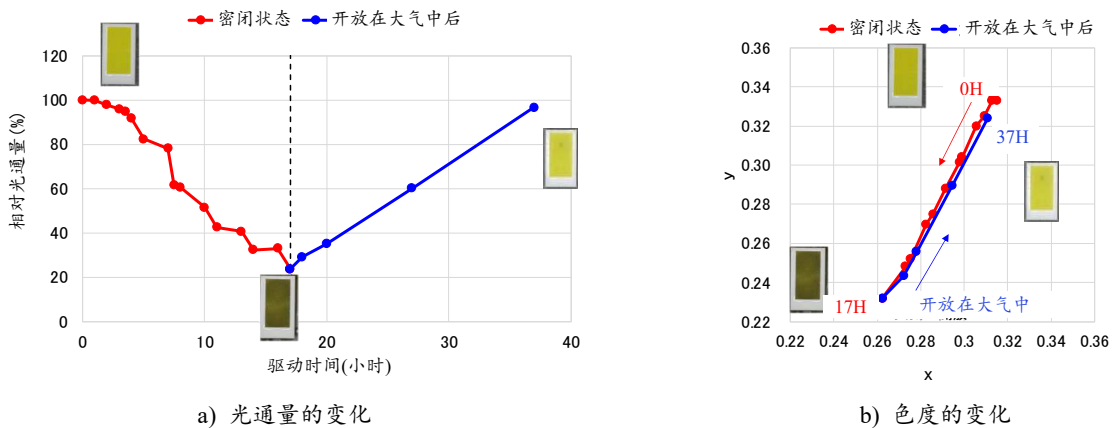


图 12. VOC 变色的发生和减轻 (高浓度 VOC 下的加速验证)

图 12 是在密闭空间中驱动 LED，LED 发生变色后，再将 LED 暴露在大气中，LED 变色减轻的试验结果。在此试验中因为是在密闭空间中增加 VOC 浓度的加速试验，在数小时后就发生了变色。但在实际情况下。根据 VOC 的成分、浓度，光能强度的不同，变色发生时间也会有差异，在敝公司的试验中也曾出现长时间驱动（例如 100 小时以上）后才生变色的情况。

### 5.2. VOC 浓度的影响程度

图 13 是改变试验部材中含有的 VOC 发生源（二苯胺）量的试验结果。根据以下试验结果，VOC 的浓度越高，越容易发生变色，光通量下降率越大。

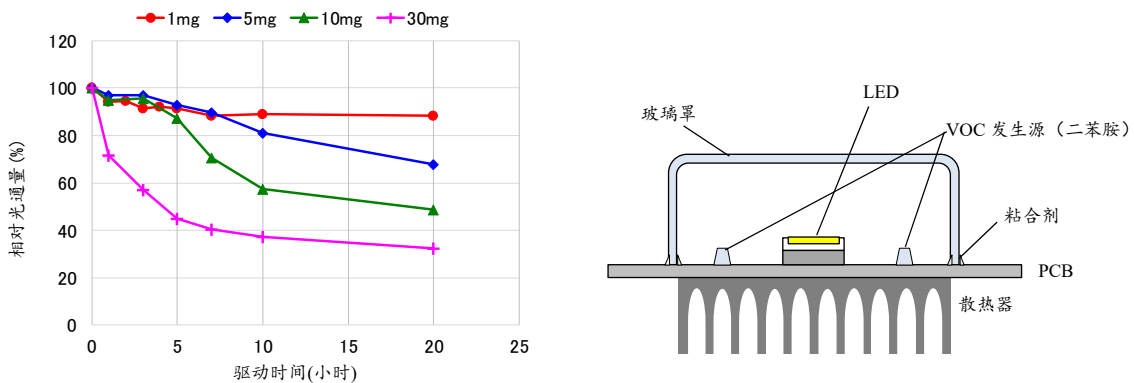


图 13. VOC 发生源（二苯胺）浓度 vs. 光通量下降（密闭状态下）

本文包括暂定内容，日亚公司有权不经公告对其进行修改。

### 5.3. 连续亮灯和间断亮灯时的变色程度

根据以下试验结果，和连续亮灯相比，间断亮灯下的变色程度更严重，光通量下降率更大。

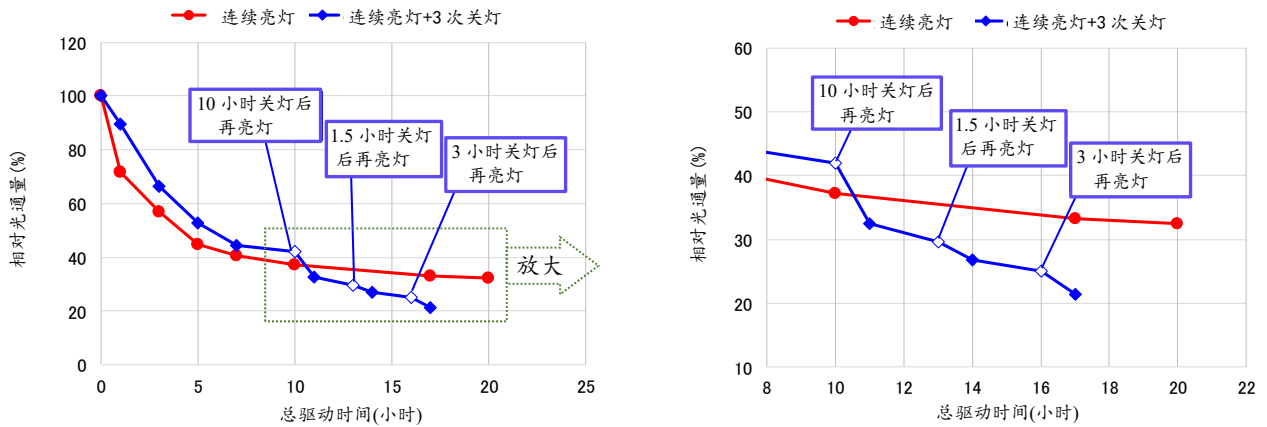


图 14. 连续亮灯和间断亮灯下的光通量下降

关于间断亮灯时的变色程度更严重的原因，这是因为和高温相比，低温时 VOC 更容易停留在硅胶中。在 OFF 时间超过一定时间后，LED 的温度（硅胶温度）降低，VOC 的吸附量增加。所以和连续亮灯相比，间断亮灯更会使 LED 内的 VOC 浓度升高，加速 VOC 的变色。

## 6. 最后

多种 LED 周边部材都可能发生 VOC 释气。侵入并停留在 LED 内部的 VOC 可能受 LED 发出的光能和热能的影响发生变色，由此对 LED 的光通量和色调造成影响。关于是否会对 LED 造成影响及影响程度，和 VOC 的成分及浓度有关。

对于 VOC 引起的 LED 不良，VOC 的浓度越高越容易发生。所以日亚建议客户在灯具设计时，在距离 LED 较近处设置通气孔等，以加强 LED 周边空气循环。如果客户需要在密闭环境中使用 LED，应该事先对 VOC 的影响进行确认。

因为日亚很难对 LED 周围使用的所有部材，及在各种使用环境下对 VOC 的发生和影响进行确认，所以本应用指南中列举的物质只是可能造成影响的部分物质。在客户的部材选择时应该在实际的使用条件及环境下进行试验等，对部材的影响进行确认。

本文包括暂定内容，日亚公司有权不经公告对其进行修改。

## 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列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。
- 本规格书中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、复制本规格书的部分或所有内容等（包括更改本规格书内容后进行转载、复制等）。

本文包括暂定内容，日亚公司有权不经公告对其进行修改。