

LED的特性测量方法

LED产品的特性主要在光学特性方面和电气特性方面进行规格化。本文对将这些特性数值化的测量方法和单位体系等进行解说。另外，本公司对大电流驱动用LED的封装热阻进行了规格化，因此还将对其测量方法进行解说。

光学特性

表示LED发光量的单位有两个。一个是将光视为物理量能量的辐射量，另一个是在辐射量基础上考虑人眼感觉特性的测光量。前者主要用于规定紫外LED、红外LED等发射不可见波长光的光源的规格。后者用于指示器、LCD背照灯等所使用的输出人眼可识别范围波长的可视LED。

人眼可识别380~780nm波长的光，眼睛的灵敏度因波长而异。这种人眼对波长的感觉称为视见率，1924年经CIE（国际照明委员会）协商达成一致意见，1933年CIPM（国际计量委员会）采纳了标准分光相对视见率 $V[\lambda]$ 。随后在1972年CIPM又将 $V[\lambda]$ 的波长范围调整为360~830nm。图1是该标准相对视见率。

根据该曲线可知，人眼感觉555nm的光最亮。将同样具有1mW辐通量的555nm（绿色）光与470nm（蓝色）光进行对比，感觉470nm光的亮度只有555nm光的1/10。

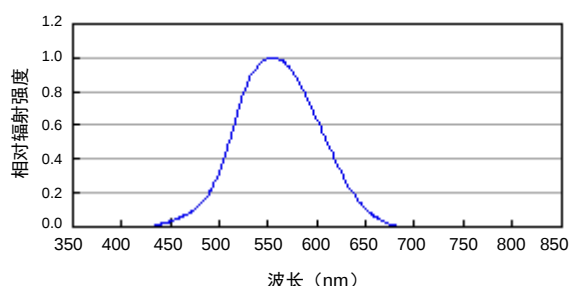


图1. 标准相对视见率

光通量 [可视LED]

光通量在辐通量的基础上考虑了人眼的标准相对视见率，辐通量与光通量的区别仅限于是用物理量表示还是用测光量表示。

对于LED等在光谱中存在特定宽度的光源，用各波长乘以标准相对视见率系数后进行积分便可求出光通量。

测量光通量需使用积分球。（图2）

本公司的标准是使用 2π 积分球。积分球内部涂布着反射率接近100%的特殊涂料，具有将LED全光均匀分布在球内部的功能，用光检测器对其中部分光进行光电转换后再进行测量。

光输出：辐通量 [紫外LED、红外LED]

辐通量（radiant flux）是一定时间内从某能量发生源转移到自由空间的能量的量。单位在国际单位制中使用瓦（W）。测量辐通量与光通量一样使用积分球。（图2）

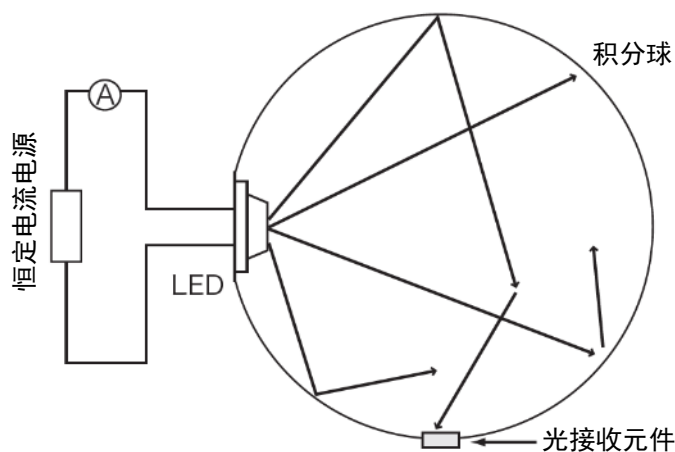


图2. 光通量和辐通量测量

光度（发光光度） [可视LED]

光度是点光源发出的每单位立体角的光通量，用cd（坎德拉）单位表示。测量量cd（坎德拉）是国际单位制（SI）的基本单位之一，其定义如下。

“1坎德拉（cd）是释放频率 540×10^{12} Hz（波长555nm）单色辐射时指定方向上辐射强度为1/683瓦每球面度的光源在该方向上的光度”

这是每单位立体角的光通量，所以 $\text{cd} = \text{lm/sr}$ 。测量方法为使用符合国际照明委员会（CIE）发行的技术报告CIE127 Condition B的测量设备进行测量。Condition B是距LED透镜顶部100mm处的0.01sr光接收角。（图3）

辐射强度 [红外LED]

辐射强度（radiant intensity）是表示从能量辐射源向某方向辐射的每单位立体角能量的物理量，用每单位立体角的辐通量表示。单位在国际单位制中使用瓦每球面度（W/sr）。测量辐射强度使用与光度相同的测量设备。（图3）

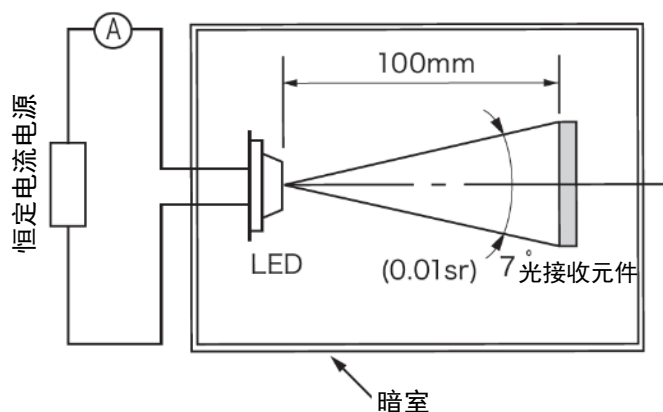


图3. 辐射强度测量

主波长、峰值波长

LED输出的光不是单一波长，而是拥有特定宽度的光谱。发光波长特性的测量原理如图4所示。

利用衍射光栅（光栅）或棱镜将LED发出的光按波长分解，再通过光检测器进行光电转换，便可获得该波长下的强度。使衍射光栅或棱镜旋转后，可获得特定波长范围下的光谱强度。（图4）

峰值波长可根据所得光谱特性轻松求出。另一方面，计算所得光谱特性的波长与强度的平均值便可求出主波长。人眼观察到的颜色是光谱分布的面积平均值，可根据人类感觉作为光谱特性表现出来。近年来通常用主波长表现可视LED中的色调特性。

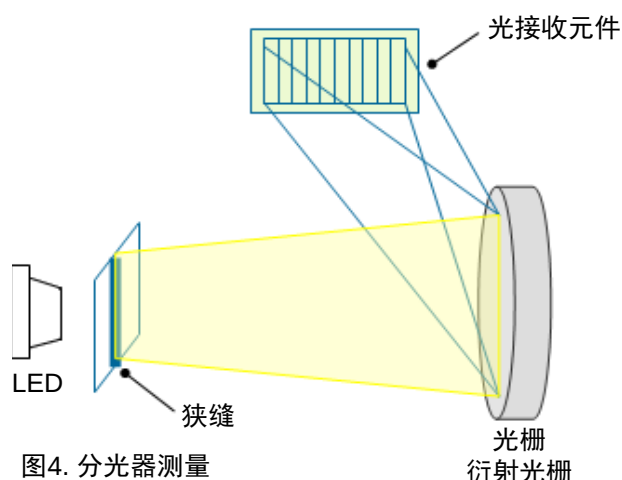


图4. 分光器测量

方向特性

如图5所示，在0.001sr的接收角下，使LED围绕透镜顶部中心旋转，获得方向特性。通常将输出强度最大的角度设为1，用相对值表示。

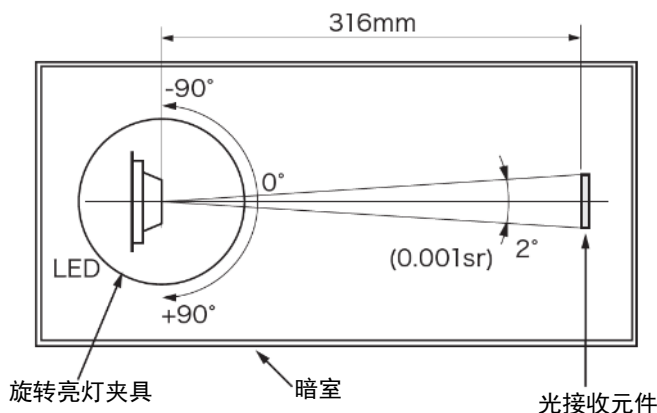


图5. 方向特性测量

响应速度

表示将所注入电流（载流子）转换成光的速度的值，用上升时间和下降时间表示。对于足够快的矩形波，表示光输出从10%上升到90%（或从90%下降到10%）所需的时间。单位使用ns或 μ s。（图6）

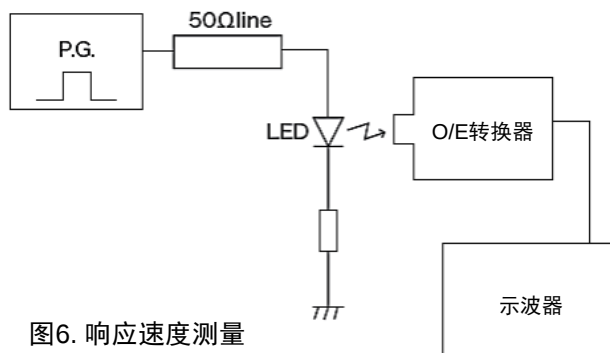


图6. 响应速度测量

截止频率

截止频率（或剪切频率）表示LED对电信号的响应极限。对于超过该响应极限的高速电信号，无法将电转换成光。测量时向LED通入恒定的偏置电流，一边改变交流信号频率一边使其与偏置电流叠加，评估对交流的响应特性。将-3db衰减的频率定义为截止频率，单位使用MHz。（图7）

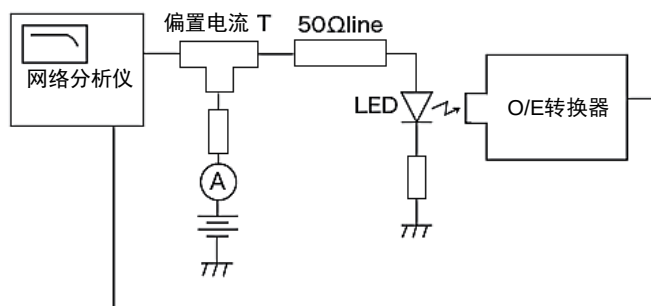


图7. 截止频率测量

电气特性

顺向电压

测量通入特定顺向电流时在LED阳极与阴极间产生的电压。电压值为半导体元件材料所特有，由接合部势垒与内部电阻成分决定。用恒定电流电源通入顺向电流，用电压计进行测量。（图8）

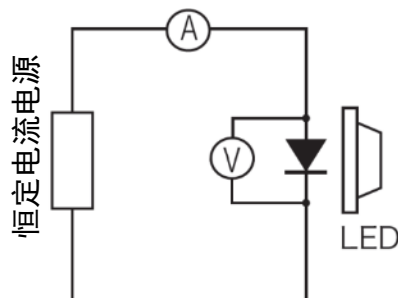


图8. 顺向电压测量

反向电流

LED基本上是PN接合，与普通整流用二极管一样，有对反向偏置电流基本不通入电流的特性。但是，与普通二极管不同，反向电流大（数 μ A），击穿电压小。测量方法是通过恒定电压电源施加反向偏置电流，通过电流计进行测量。（图9）

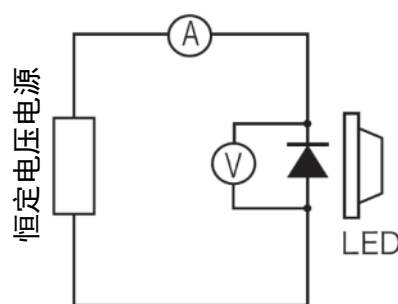


图9. 反向电流测量

热特性

热阻

LED的接合部温度无法直接测量，但是对顺向电压有温度依赖性，可利用该特性推测元件的接合部温度。该温度依赖性会根据元件材质及其他条件有所变化，所以先测量该依赖性。

首先将LED放在-10℃左右的低温环境中，用不会对元件接合部温度产生影响的微小电流（通常为100μA）测量顺向电压。然后将LED放在60℃左右的高温环境中，同样用微小电流测量顺向电压。可根据所得电压值得到顺向电压的温度依赖性。通常为-2mV/℃左右的值。

接下来测量电流施加时间和结点温度的关系。根据图10所示的电流波形，先用与测量温度依赖性时相同的微小电流值测量顺向电压（ V_F1 ）。然后对实际使用的电流值施加指定脉冲或直流，以同样的方式得到顺向电压值（ V_F2 ）。施加指定脉冲后，通过微小电流得到顺向电压值（ V_F3 ）。

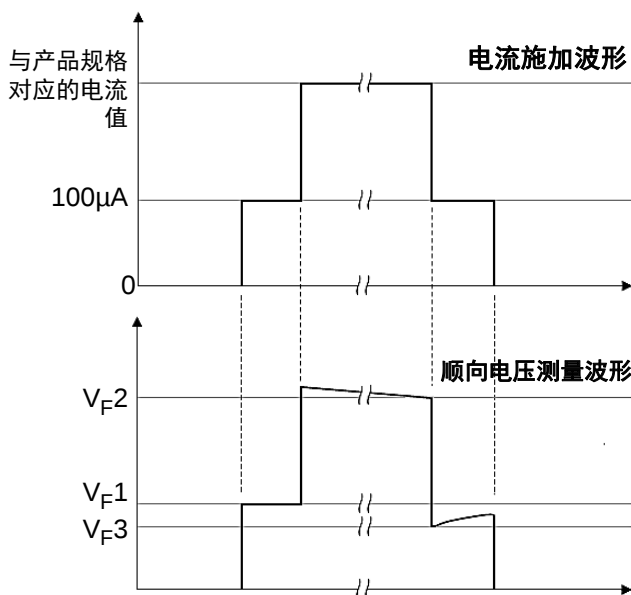


图10. 电流施加波形与顺向电压测量波形的关系

所得 V_F3 与 V_F1 的电压差值表示所施加加热电流产生的接合部温度上升，通过式1导出的温度表示接合部相对于测量时环境温度的上升温度。改变施加脉冲电流的时间，通过式2求出热阻后，通常可得到图11的特性。

$$\Delta T_j = \frac{(V_F3 - V_F1)}{\text{元件的温度系数}} \quad (1)$$

$$R_{th} = \frac{\Delta T_j}{I_F \times V_F2} \quad (2)$$

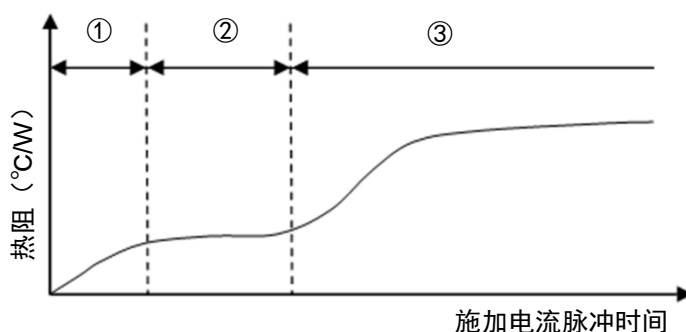


图11. 施加电流脉冲时间与热阻的特性

接合部产生的温度主要经由元件基板、固晶材料、引线框、锡焊部、贴装基板等路径散热。图11的②部表示引线框部的热时间常数，将图表该部分的数值、脉冲、直流电流值等作为参数进行评估，决定作为热阻值的规格。

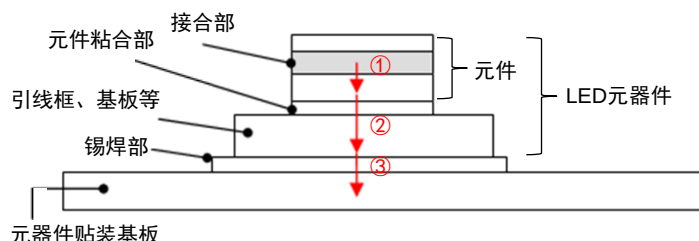


图12. 导热路径