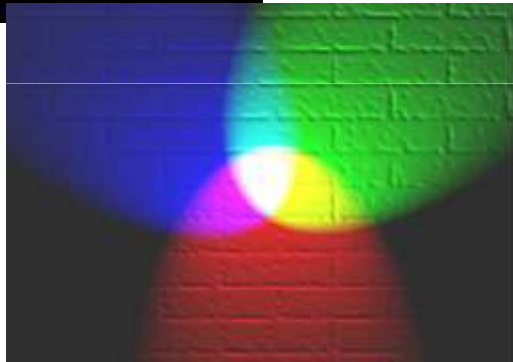




KONICA MINOLTA



# LED测量原理及其应用 Theory & Application of LED measurement

simply **BOLD** そこに、勇氣はあるか。

The essentials of imaging

# 1. 光源发展及评价

# 光源的发展历史



# LED的评估项目

## 光学特性评估方法



两者方法基本相同，但LED还需评估其它项目

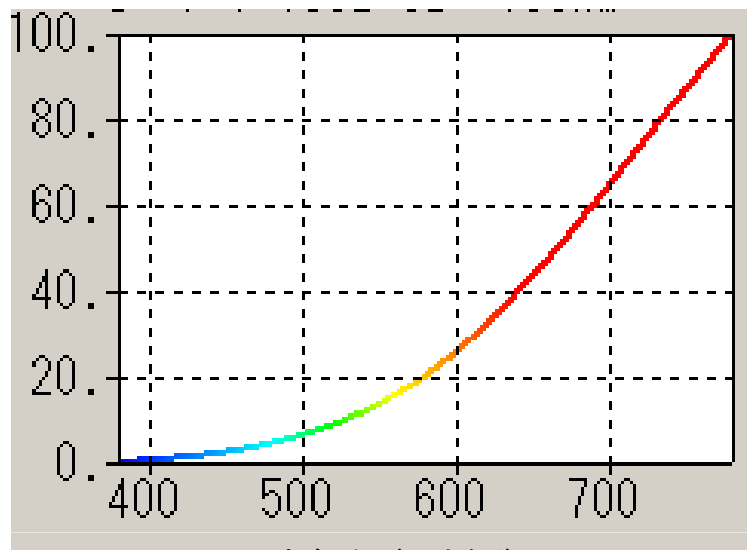
## 光学特性评估方法 (测量方法普及)



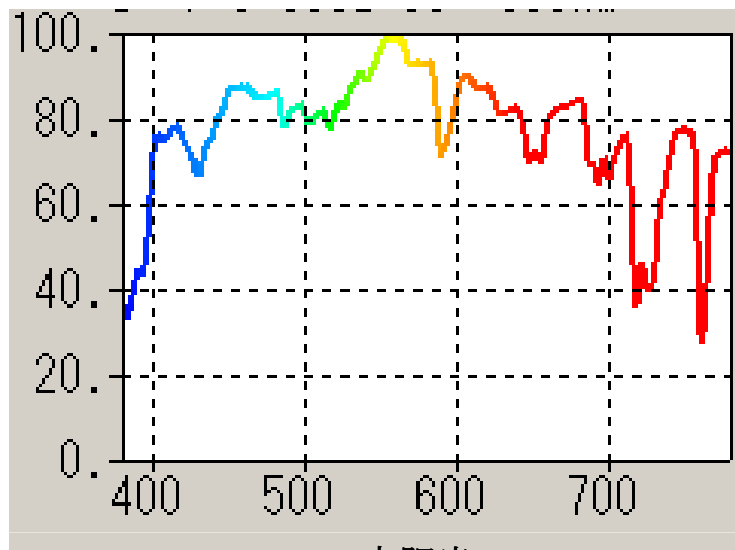
LED灯泡相对于传统光源:

- 个体间的亮度和颜色变化大
- 批次灯之间的亮度和色度不稳定

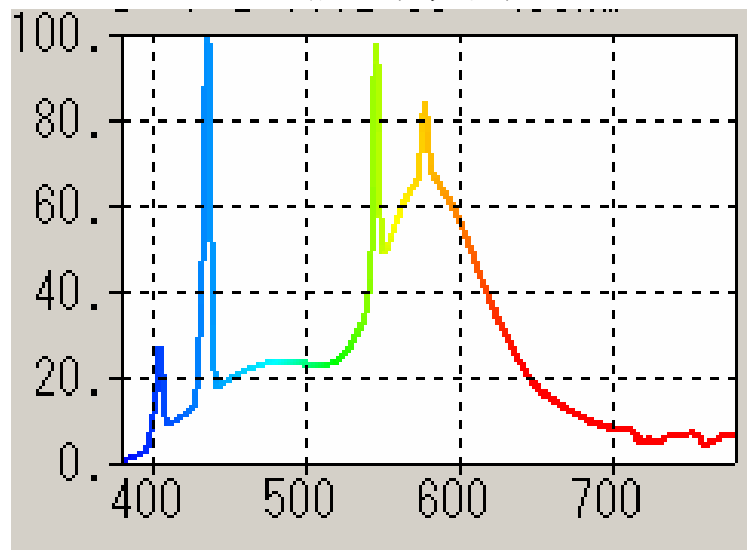
# 各种光源的光谱图



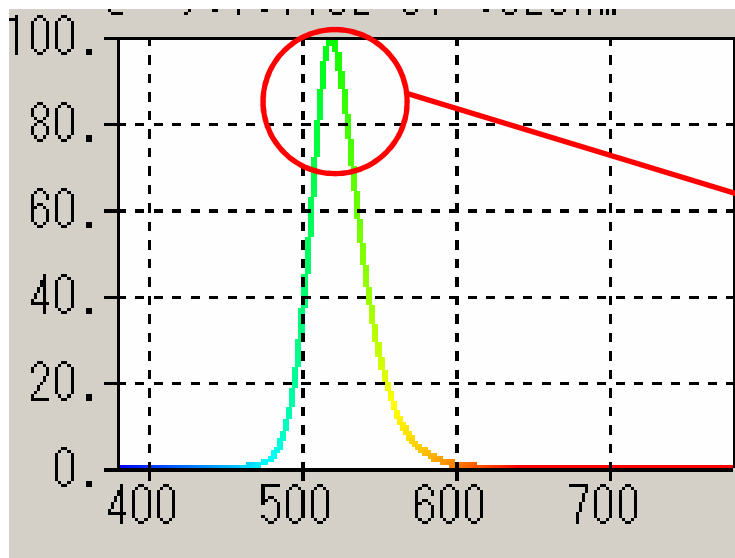
白炽灯 (A光源)



太阳光



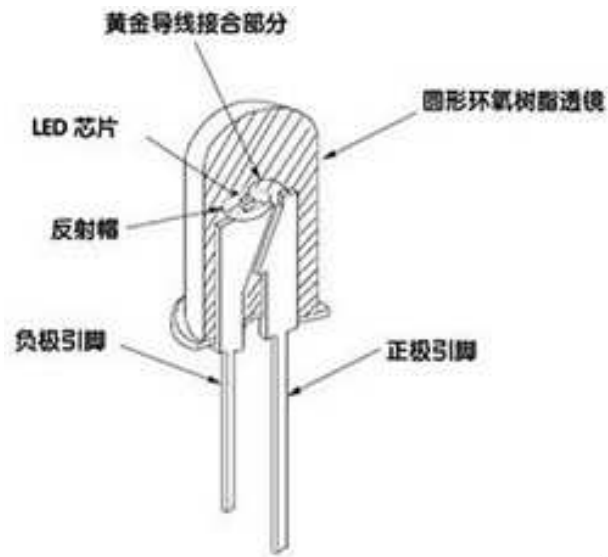
荧光灯



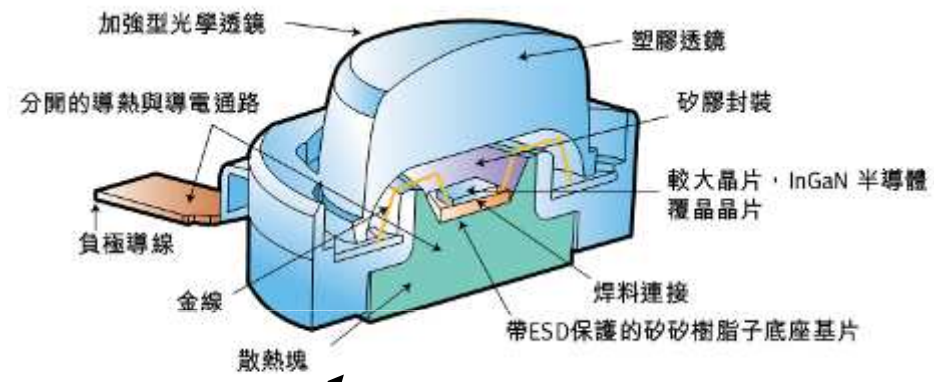
LED(绿)

能量比较集中在一个主波峰, 而且LED批次间波峰会偏移

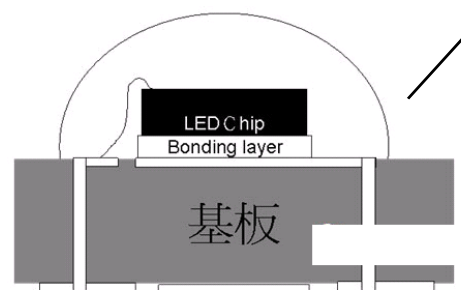
# LED的结构



子弹型 LED



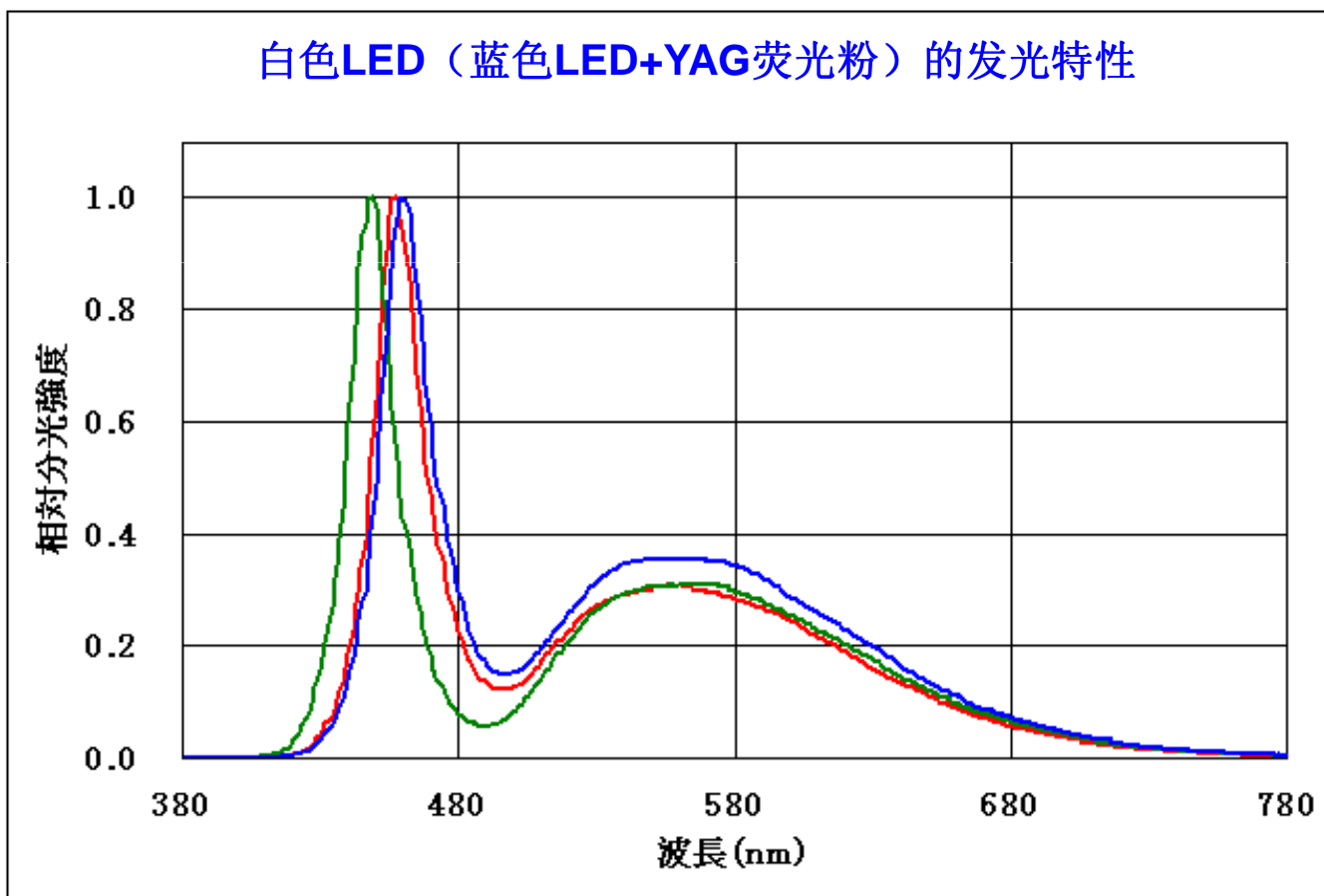
贴片式 LED



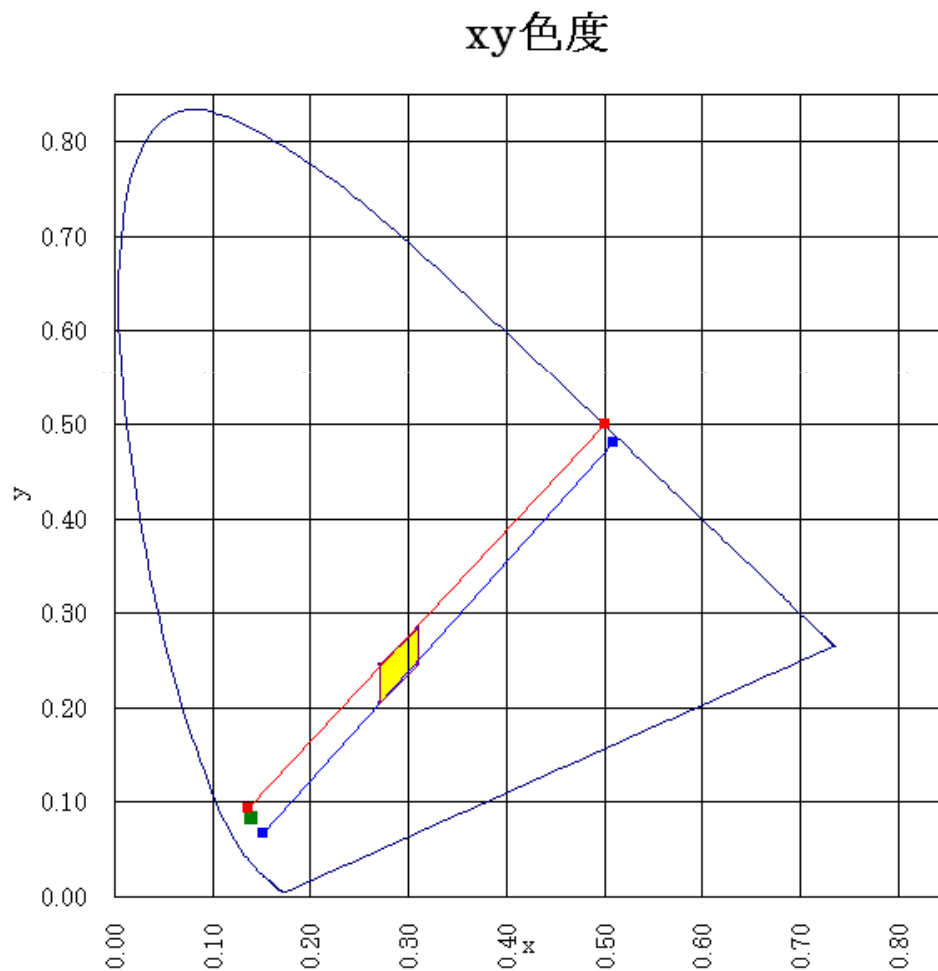
适用做不同产品的光源，**最常见的两种LED封装结构**

# 蓝色LED+YAG荧光粉

白色LED是由  
蓝色LED+YAG荧光粉构成



# 蓝色LED + YAG荧光粉



白色LED的色调

1. 蓝色LED的色度

2. YAG荧光粉色度

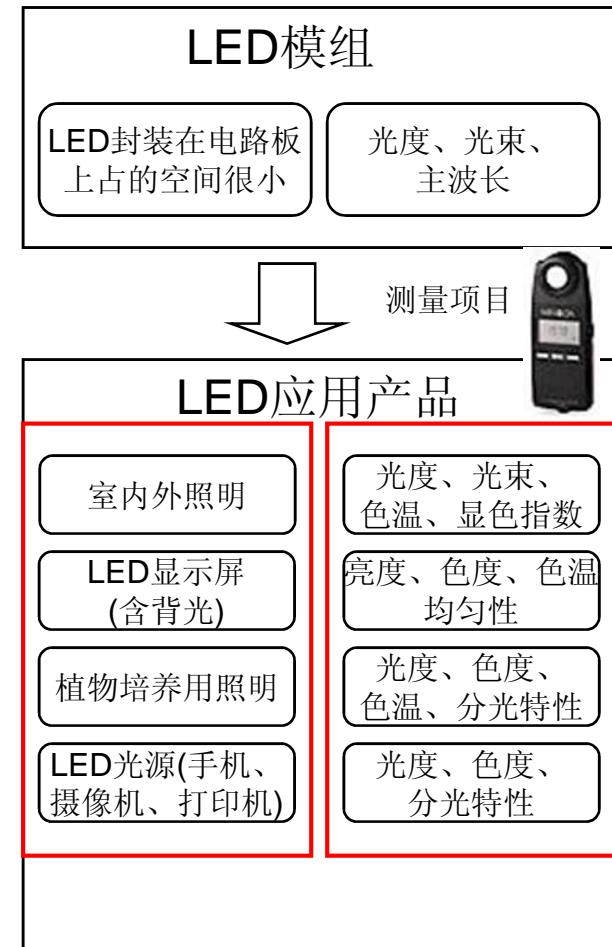
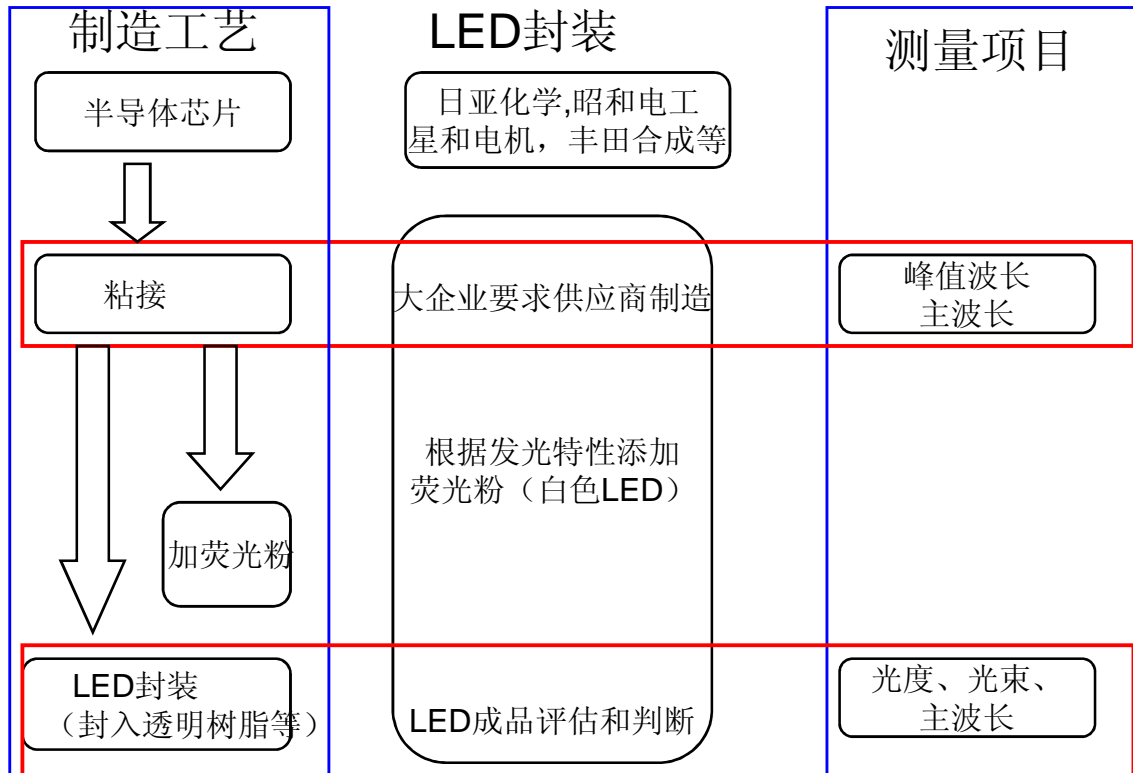
白色LED色调是根据荧光粉决定

(加法混色)

由芯片决定所需的YAG荧光粉 选择合适的荧光粉会使良品增加



# LED的结构

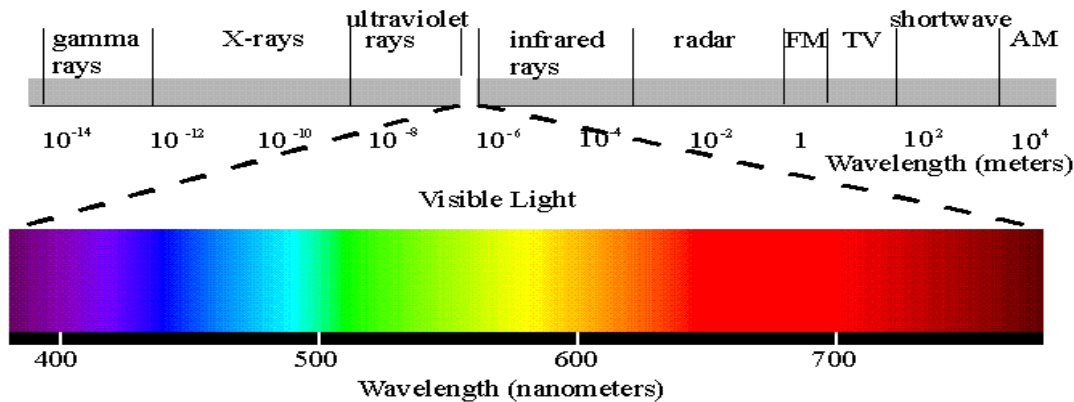
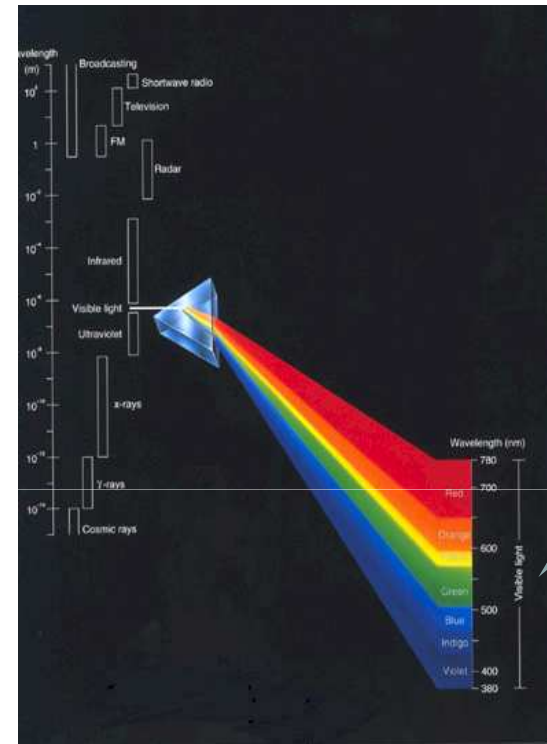


## 2. 光度和色度评价

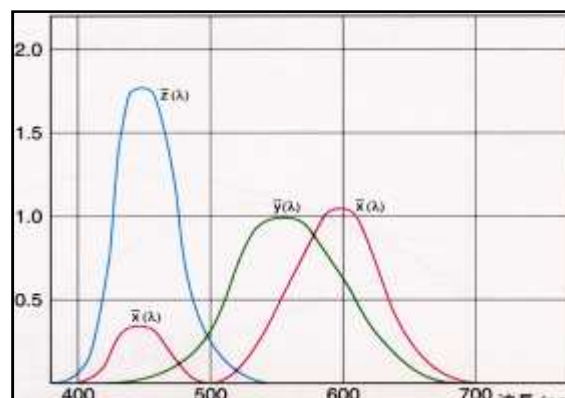
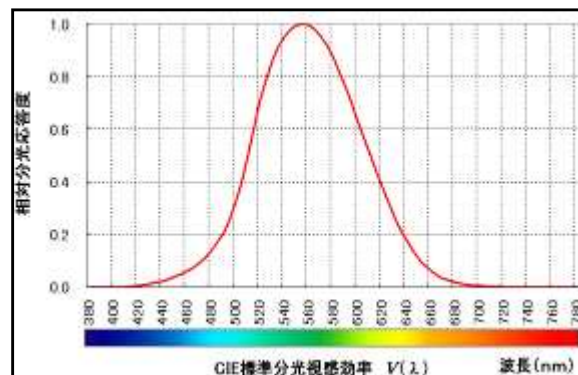
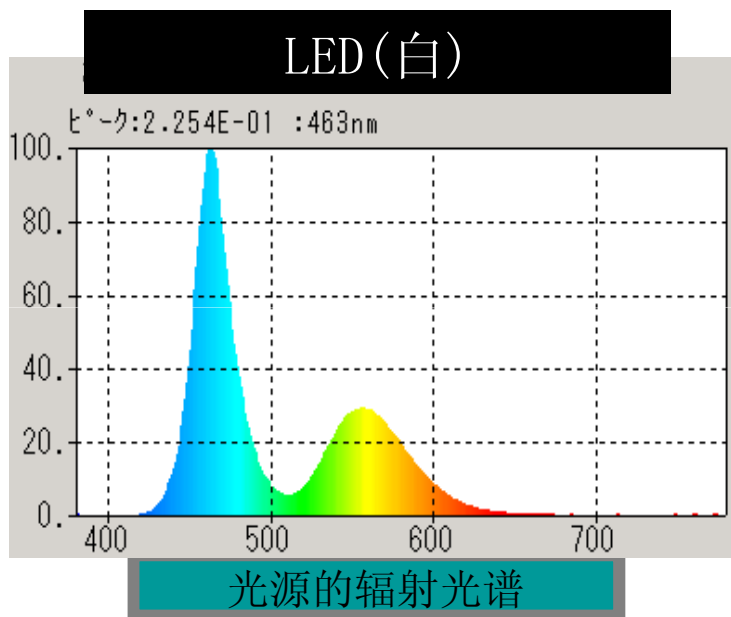
# 光学的基础知识 光

光是能量存在的一种形式，也是宽广的电磁波谱中的一部分。可见光是电磁波谱中很窄的一部分。

- ✓可见光是能够在人眼的视觉系统上引起明亮的颜色感觉的电磁辐射
- ✓可见光区：380~780nm
- ✓可见光的频率为 $4.3 \times 10^{14} \sim 7.2 \times 10^{14}$
- ✓光波本身没有色彩，色彩是通过人的眼睛和大脑产生的。



# 光学的基础知识 亮度和颜色



人眼配色函数

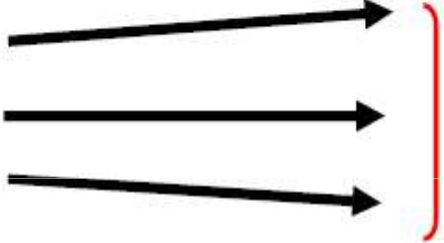
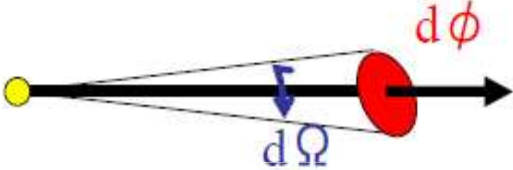
= 亮度

= 颜色

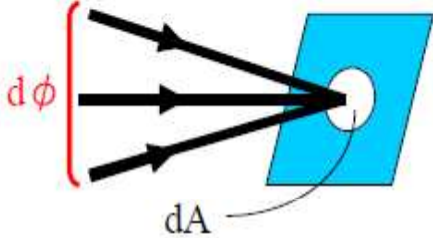
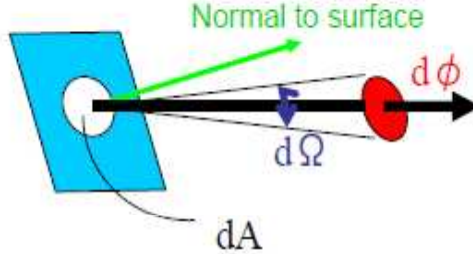
# 光学的基础知识 光度

光度	[	光通量	(单位: lm)
		光强	(单位: cd)
		照度	(单位: lx)
		亮度	(单位: cd/m <sup>2</sup> )



光度学单位	光通量	光强
定义	单位时间内发出的光的总量	从点光源的单位立体角中发出的光通量
示意图		
标记	$\phi_v (\phi)$	$I_v (I)$
公式	$\phi_v = K_m \cdot \int \phi_e(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda$	$I_v = d\phi_v / d\Omega$
单位	流明 (lm)	坎德拉 (cd)
对应的辐射度值	辐射通量	辐射强度



光度学单位	照度	亮度
定义	照射到单位面积上的光通量	单位面积单位立体角中发出的光通量
示意图		
标记	$E_v (E)$	$L_v (L)$
公式	$E_v = d\phi_v / dA$	$L_v = d^2\phi_v / d\Omega \cdot dA \cdot \cos\theta$ $= dI_v / dA \cdot \cos\theta$
单位	勒克斯 (lx) or $\text{lm}/\text{m}^2$	坎德拉每平方米 $\text{cd}/\text{m}^2$
对应的辐射度量	辐照度	辐射亮度

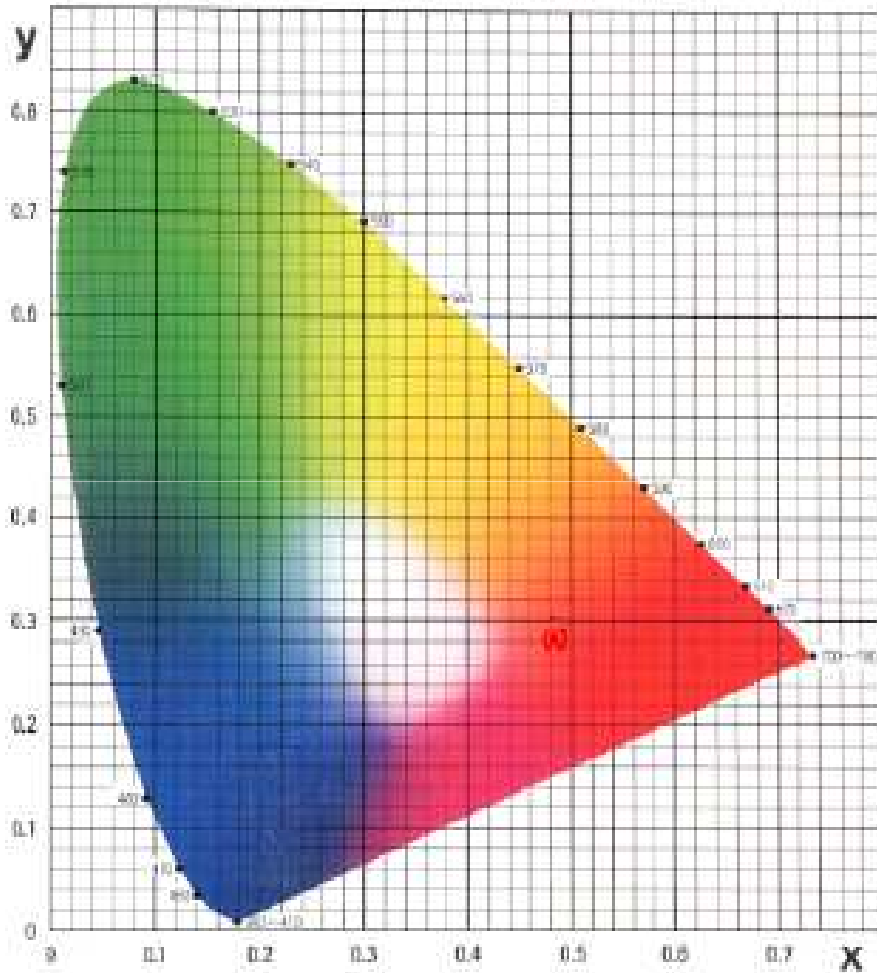
# 光学的基础知识 色度



色度	}	色坐标	$xy, u'v'$
		相关色温	$T$
		主波长	$\lambda$
		色纯度	$P_e$
		显色指数	$R_a$



# 光学的基础知识 xy色度



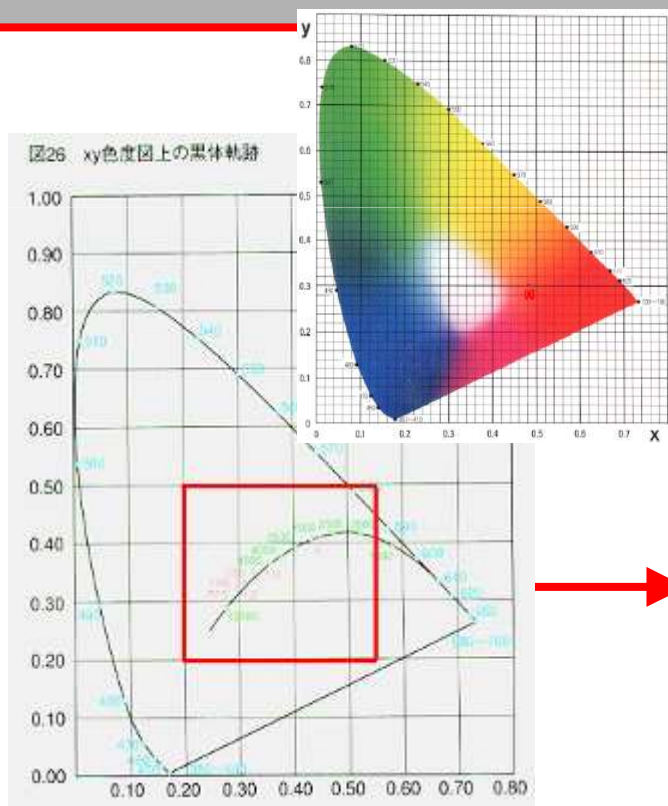
xy色度图

$$\text{色度}x = X / (X + Y + Z)$$
$$\text{色度}y = Y / (X + Y + Z)$$

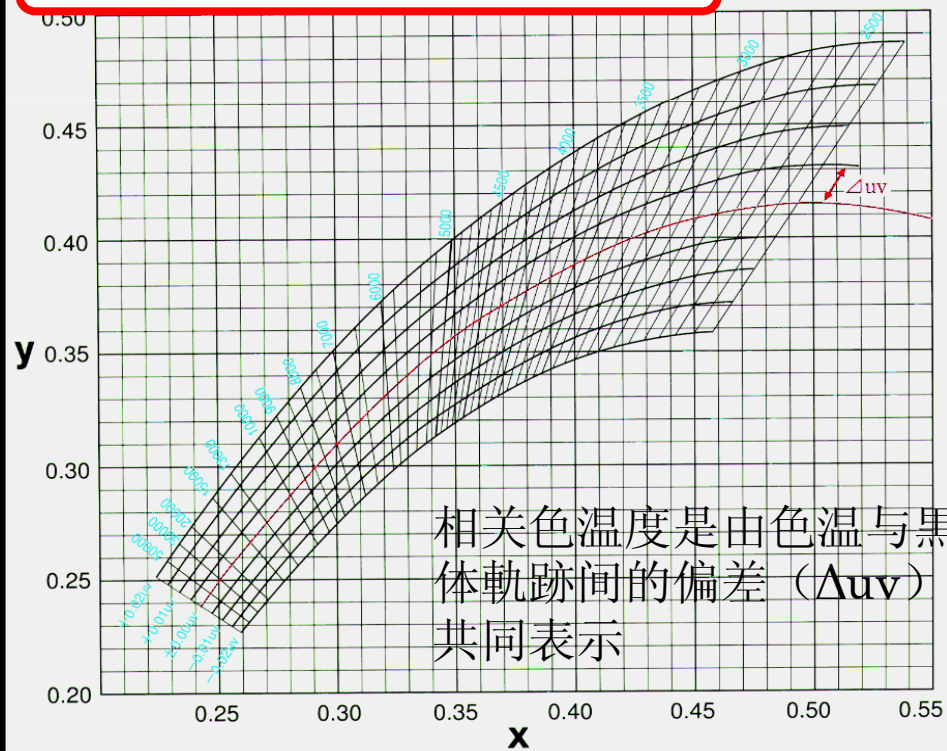
$X$ 、 $Y$ 、 $Z$ ：三刺激值

# 光学的基础知识 相关色温

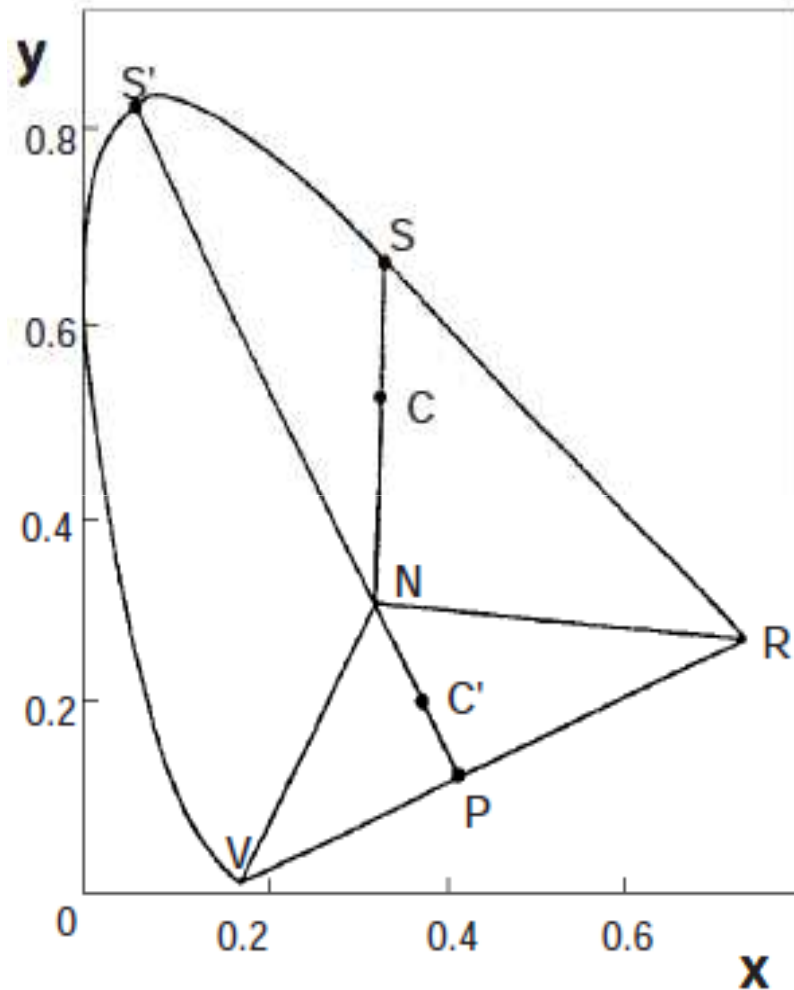
温度和颜色轨迹（黑体轨迹）在xy色度图上表示  
光源色的色温与黑体辐射的相接近，相关色温是由光源色  
所在点的等温线计算所得。



三刺激值在近似表达式计算



# 光学的基础知识 主波長 色純度



点N: 白色点 ( $x:0.333, y:0.333$ )

点C: 样品的色度点

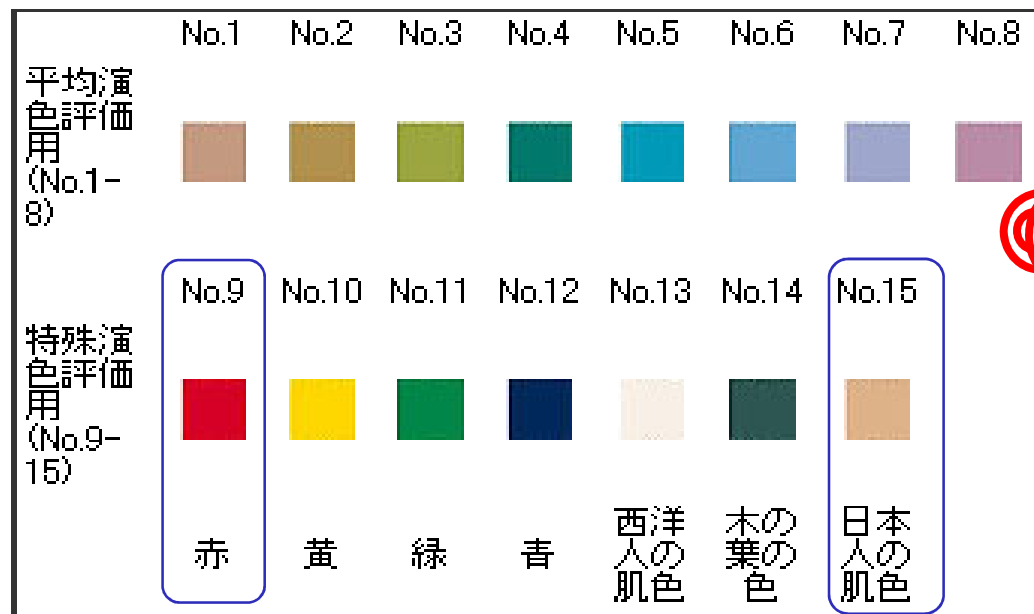
主波長: 点S为对应主波長

色純度: 直線NC的长与NS  
长的比值

# 光学的基础知识 显色指数

显色指数评价（J I S Z8726 光源的演色性评价方法）

→ 下面用15块色砖在不同照明光源下进行分光辐射度测量



光源的显色指数越接近100，越能显示物体的真实颜色

# 显色指数

## 显色指数(显色性)

光源色

自然光(5000K~)

平均显色性Ra、显色指数接近100为最好。

Ra 越接近100。

⇒ 照明对象越接近自然色

Ra值越小(越低)。

⇒ 照明对象越偏离原本的颜色。



D50 荧光灯



昼白色 荧光灯


















LED 電球

# 显色指数

## 显色指数(演色性)

需要计算光谱分布

	Ra	R1 	R2 	R3 	R4 	R5 	R6 	R7 
D50荧光灯	91	94	91	86	90	93	89	90
昼白色荧光灯	79	89	89	54	82	81	72	86
LED電球	68	65	74	79	68	65	62	81

	R8 	R9 	R10 	R11 	R12 	R13 	R14 	R15 
D50荧光灯	90	77	78	93	81	93	92	91
昼白色荧光灯	76	16	40	63	55	92	70	92
LED電球	54	-39	36	61	31	66	88	59

# 不同食品的照明方法

## 鮮魚

同样的环境色温下，用显色性好的高亮度光源照明。

## 蔬菜

用显色性好的高亮度光源来照明，綠色蔬菜以被环境色温高的光源来照明

## 水果

用比环境色温低的，显色性好的高亮度光源来照明

## 鮮肉

用比环境色温低的，显色性好的高亮度光源来照明

## 面包

用比环境色温低的高亮度的光源照明

# ① 分光辐射亮度计 CS-2000/CS-2000A

## 【外观】





# 分光辐射亮度計

CS-2000/CS-2000A

## 特点：高精度

- 380nm~780nm的可见光范围为 1 nm高分辨率测量
- 最低照度达 **0.01 lx**
- 脉冲光源的精确测量  
⇒ 多功能一体化模式
- 亮度计、照度计功能同时使用

## 測量項目：

**分光辐射照度（亮度計時：分光辐射亮度）**

照度（亮度計時：亮度）、 $x$   $y$  色度、 $u'$   $v'$  色度

相关色温度、 $\Delta uv$ 、 $X$   $Y$   $Z$  三刺激值

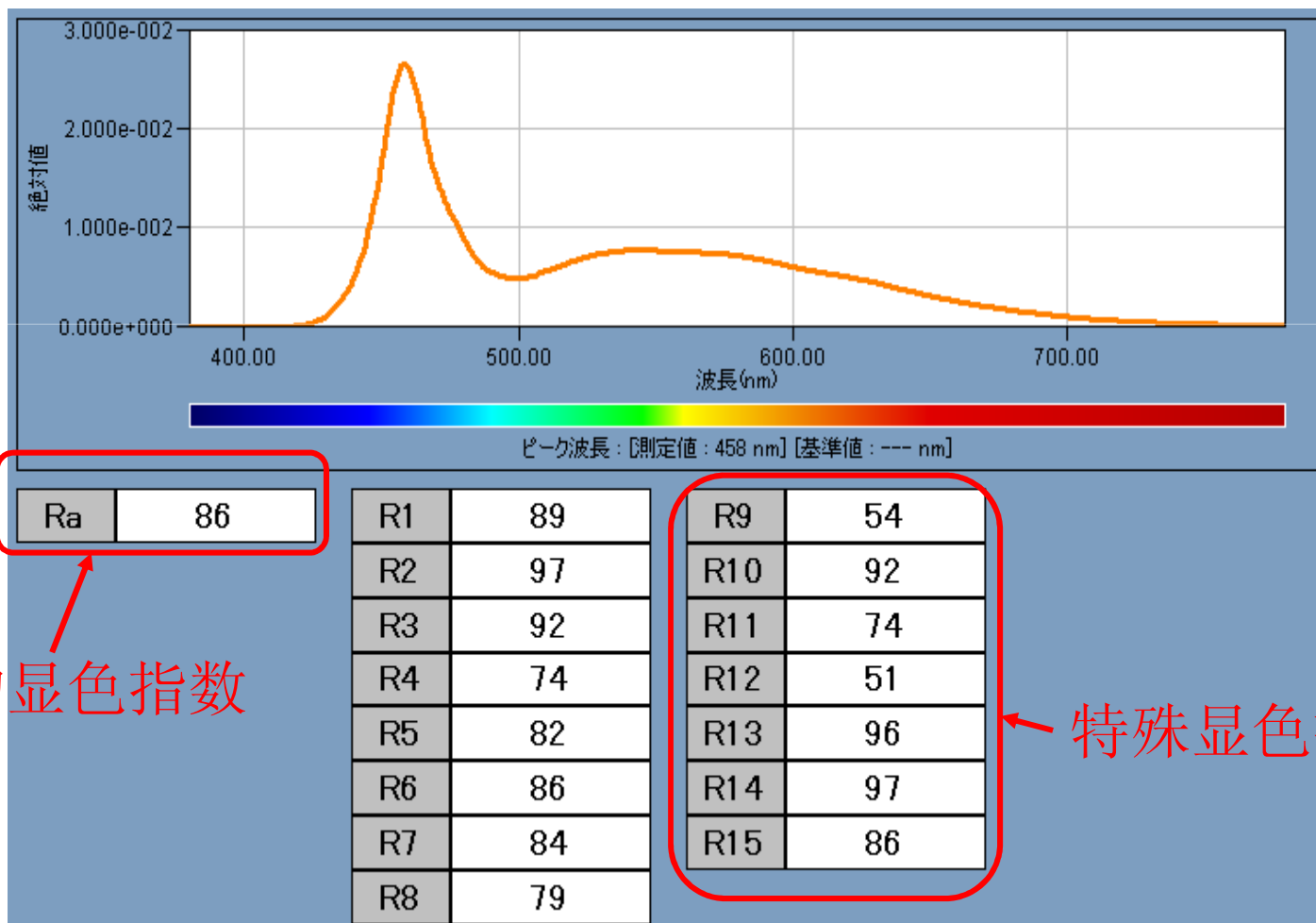
主波長、刺激純度、**显色指数 (R1~R15)**

**平均显色指数Ra**、峰值波长、暗视场

# ① 分光辐射亮度計 CS-2000/CS-2000A

【測定結果】

显色性评价



平均显色指数

特殊显色指数

### 3. LED 测量标准

# LED测试标准项目

JIS C8152

2007年制定

「白色LED照明的测量方法」

①光强 (cd)

LED单颗为主

②光通量 (lm)

③色度 (x值, y值)

④相关色温度 (K)

⑤平均演色指数 (Ra)

JIS C8155

2010年制定

「普通照明LED模块 - 分类的性能要求」

①光强 (cd)

LED单颗  
LED灯组  
LED电灯等

②光通量 (lm)

③色度 (x值, y值)

④相关色温度 (K)

⑤平均演色指数 (Ra)

光通量、配光特性、黑体轨迹偏差

特殊演色指数 $R_i$  ( $i=9\sim 15$ )

# 亮度/颜色/其它

案例：LED灯泡规格

■LED電球は直下の明るさに優れたランプです。

●ダウンライト器具で使用した場合は電球60形相当の明るさです。  
※パナソニック電工株式会社 | 872630Z での直下照度の場合

ダウンライト器具配光▶  
当社シリカ電球60形  
当社LED電球(相当品)

●ランプ単体で電球40~50形相当の明るさです。

相当品	50形	40形
明るさ(全光束ルーメンlm)	640lm	485lm
シリカ電球	40形	40形
LED電球	50形	50形
シリカ電球	50形	50形

●電球とは明るさ・光の広がり方(配光)が異なります。

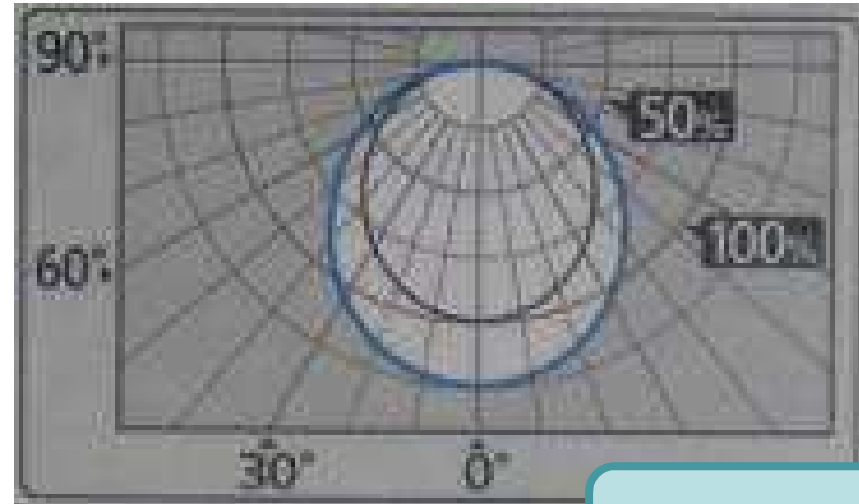
**LED電球 6.9w**

長さ 105mm 外径 55mm  
当社シリカ電球 60形  
長さ 98mm 外径 55mm

調光(明るさが調節できる)機能のついた器具には使用できません。  
裏面を必ずお読みください。

屋内用 交流100V 50/60Hz共用

全光束 (lm)	定格寿命 (h)	定格入力電流 (A)	定格電圧 (V)	定格消費電力 (W)	寸法 (mm) 外径 長さ	質量 (g)
570	40000	0.13	100	6.9	55 105	100



配光

光通量

全光束 (lm)	定格寿命 (h)
570	40000

# 亮度/颜色/其它

案例：LED室内照明光色要求，亮度和显色指数是重要的参考



# 亮度/颜色/其它

案例：LED室内照明光色要求



对LED产品配光方面的改进，  
减少了重影等影响视觉的问题

不同的配光设计让光度分布更均匀，  
从而达到需要的配光效果

# 色彩亮度計 CS-200

## 【外观】





# 色彩亮度計 CS-200

## 特点：便携亮度计

- 光谱辐射拟合原理
- (40 ~ 2000 Hz) 脉冲光源精确测量。
- 5号电池作电源
- 亮度计、照度计功能均可使用

## 測量項目：

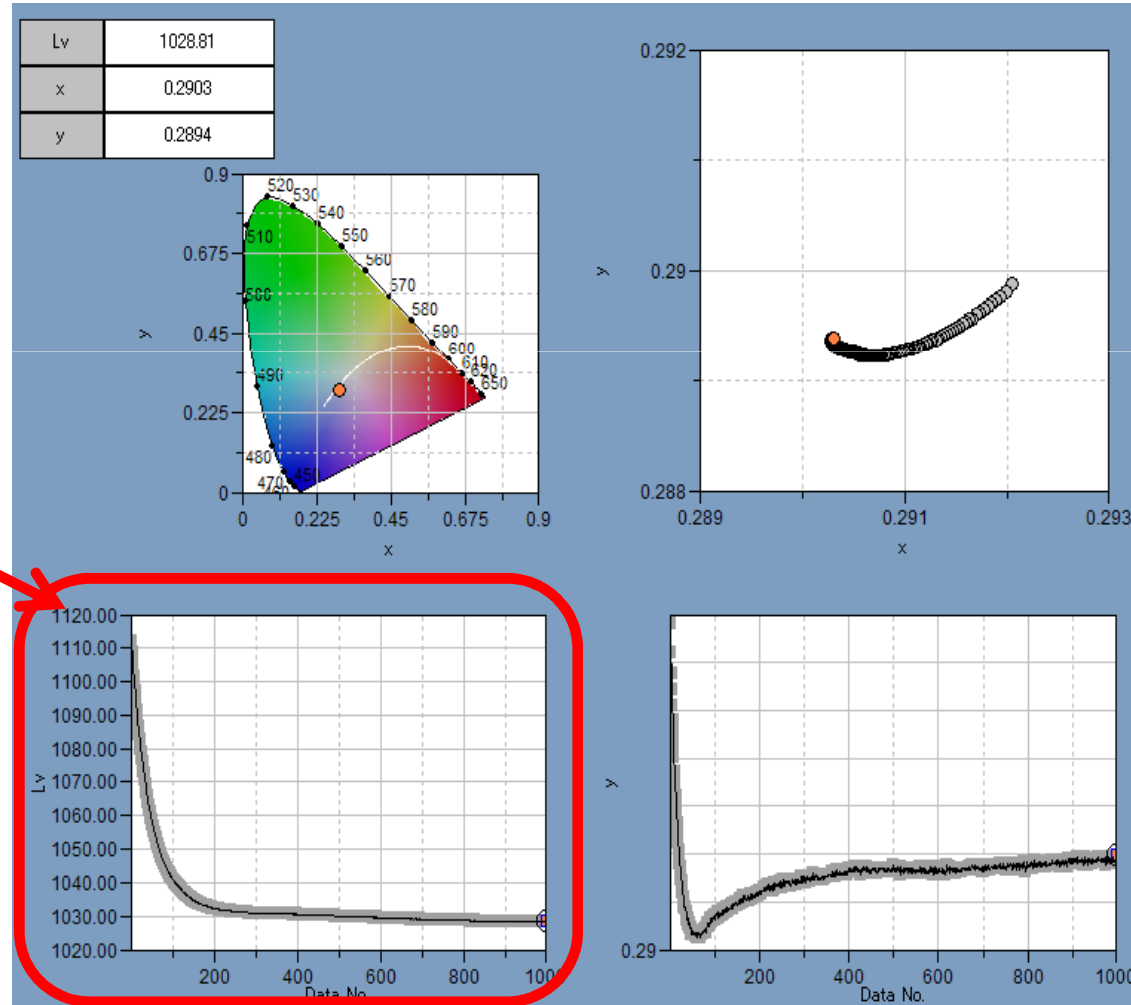
照度（亮度計時：亮度）、x y 色度、  
u' v' 色度、相关色温、 $\Delta uv$ 、  
X Y Z 三刺激值、主波長、刺激純度

# 色彩亮度計 CS-200

## 【測量案例】

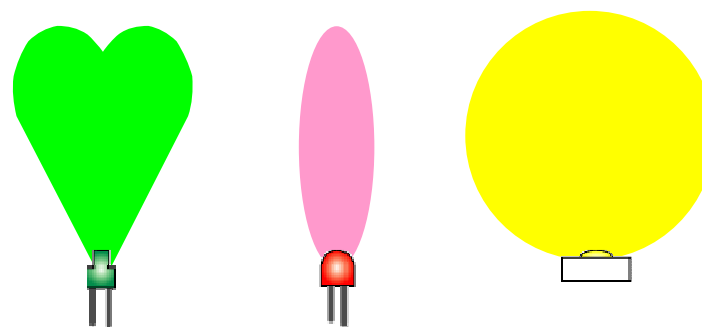
### 趋势图

连续测量1000次LED的亮度变化趋势

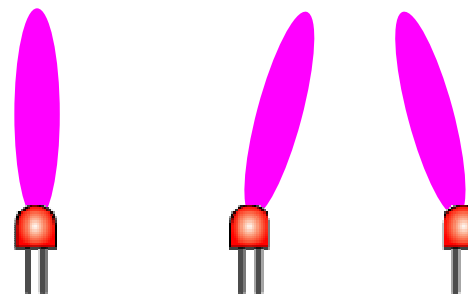


# 配光测量方法

- 不同类型的LED灯
- 不同的方向特性
- 同类型的LED灯，但方向性不同

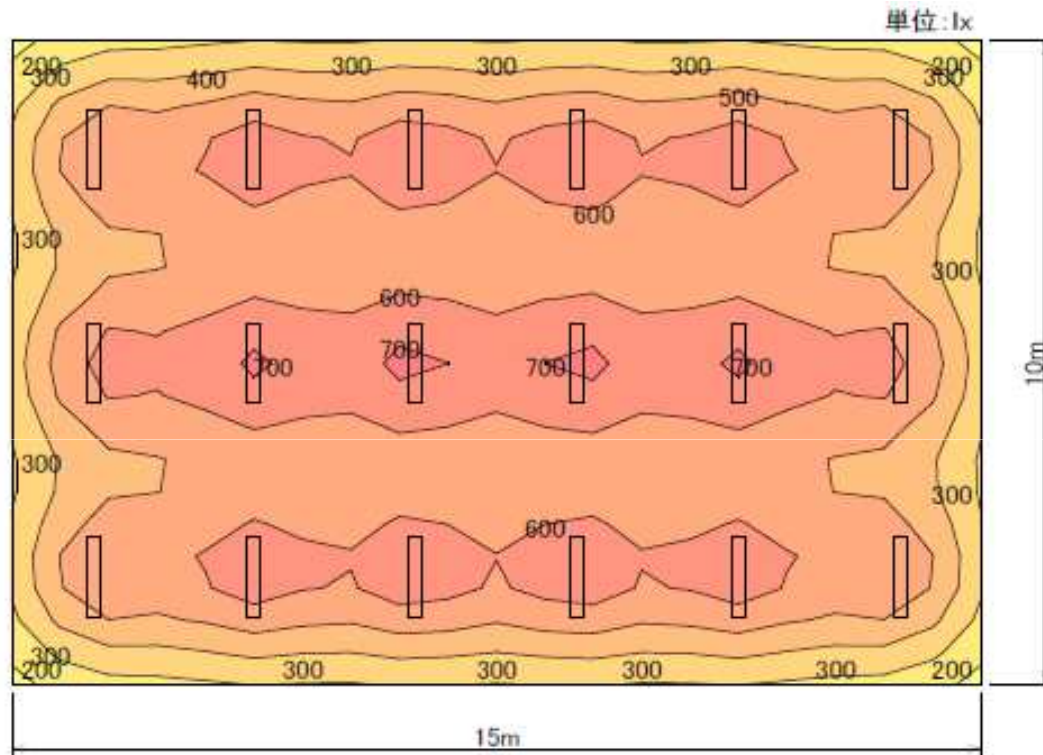


不同角度的辐射强度



不同发光方向

# 配光特性···照度均匀性计算



照明灯具的配光特性、  
照明灯具设置为最适合的数量和位置，以计算出灯具的平均照度。

# 色度測量

## 色度測量

1. 光通量 (積分球) 測定色度工業級別規格
2. 光度 (配光) 測定色度
  - ... 照明系統



		色度x	色度y
配光	0°	0.3231	0.3067
	20°	0.3263	0.3124
	40°	0.3342	0.3269
	60°	0.3435	0.3440
	80°	0.3382	0.3320
積分球		0.3360	0.3322

# (相关)色温

## (相关)色温

光源的色調。

大小(高低)比较、色调比较。

色温越高:冷色系...

适合舞台演出的灯光的冷色调

色温越低:暖色系...

适合室内设计空间感强的暖色调



色温度低



色温度高



赤

⇒

黄

⇒

白

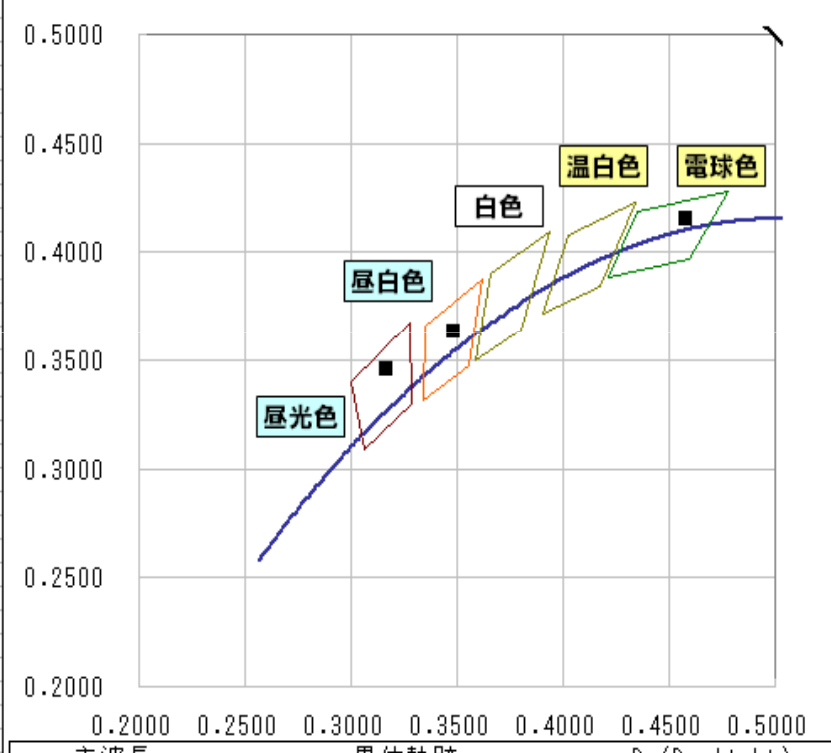
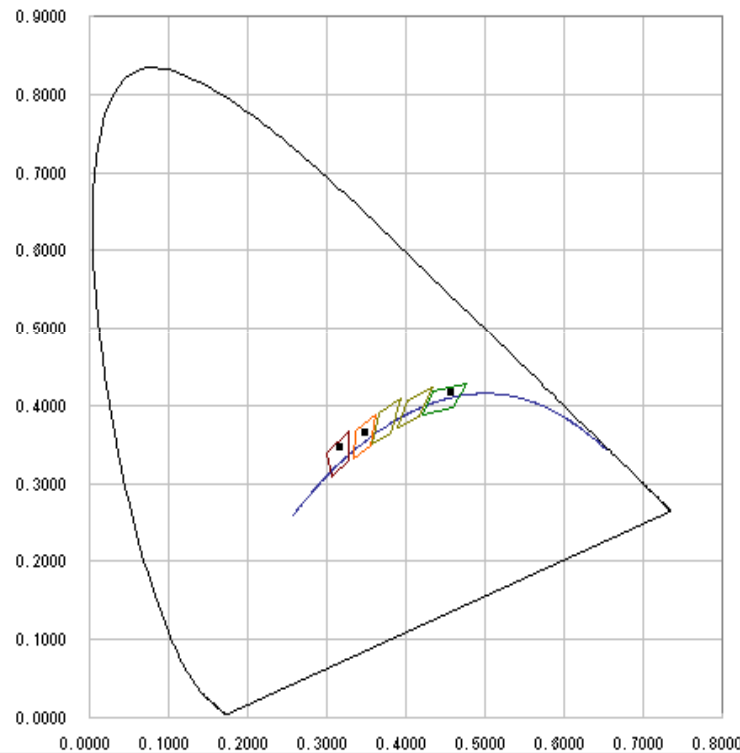
⇒

青白

# ③ 色彩照度計 CL-200A



## 【測定結果例】



番号	系列番号	Ev	x	y	Tcp	$\Delta uv$	ラック
1	73131017	5261.95	0.4578	0.4152	2770	0.0023	
1	73131017	52544.09	0.3167	0.3457	6226	0.0096	
1	73131017	11820.81	0.3487	0.3637	4916	0.0046	

## 4. LED 路灯测量



# 基于成像亮度计的路面亮度测试方法研究

## -----东莞质检所/国家半导体光源品质监督检测中心



东莞质检中心路灯户外测试场按照CIE140规定的测试方法，分别用点式亮度计和成像亮度计对路面亮度相关指标进行测试。

测试环境如图所示，测试在晚上20点进行，背景照度 $<0.12$  Lx。

# CA-2000 外观



# 基于成像亮度计的路面亮度测试方法研究

-----东莞质检所/国家半导体光源品质监督检测中心

## CIE路面亮度测试方法

**实验1:** 按CIE140道路照明计算方法，用点式分光辐射亮度计CS-2000A测量道路的亮度，在60米外路面取30个样点，布点方式如图所示：

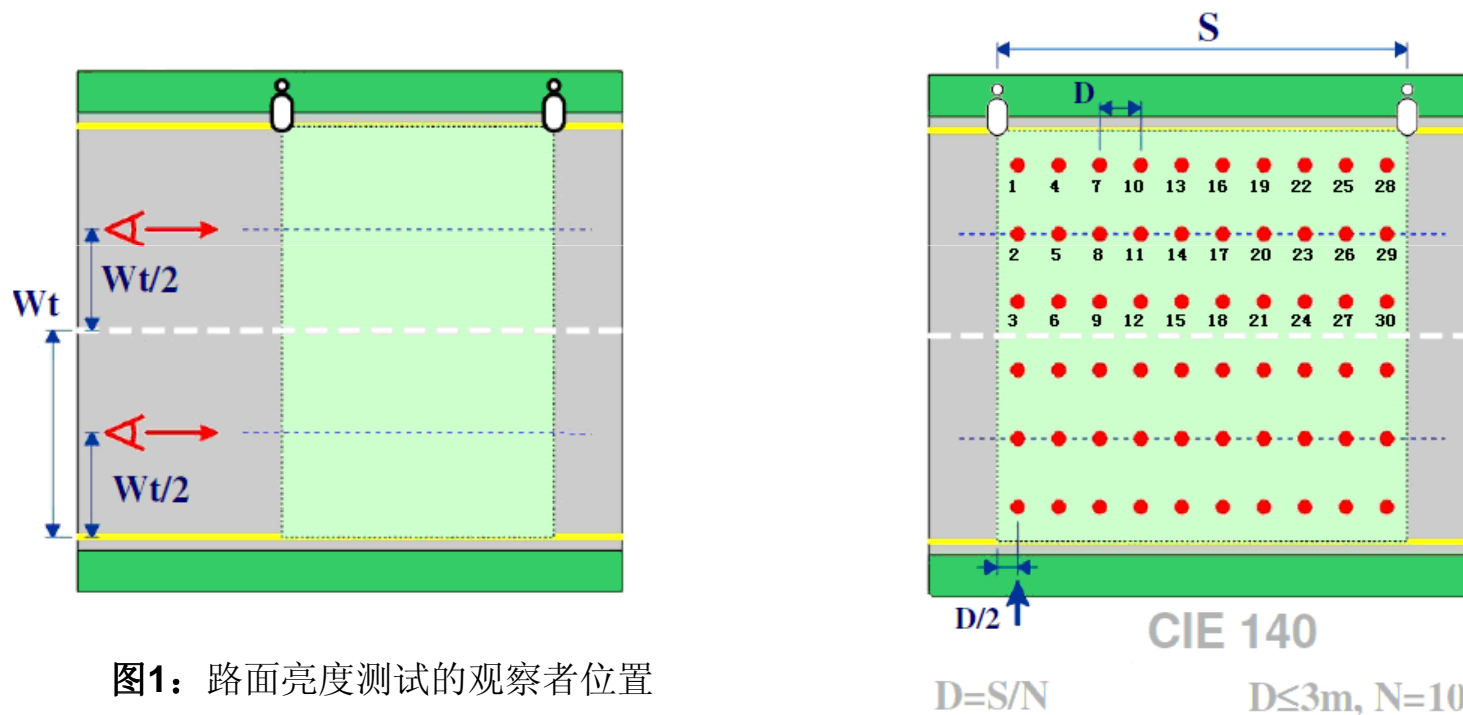


图1：路面亮度测试的观察者位置

图2：路面亮度测试的布点位置

# 基于成像亮度计的路面亮度测试方法研究

-----东莞质检所/国家半导体光源品质监督检测中心

按照CIE140布点测试的亮度值

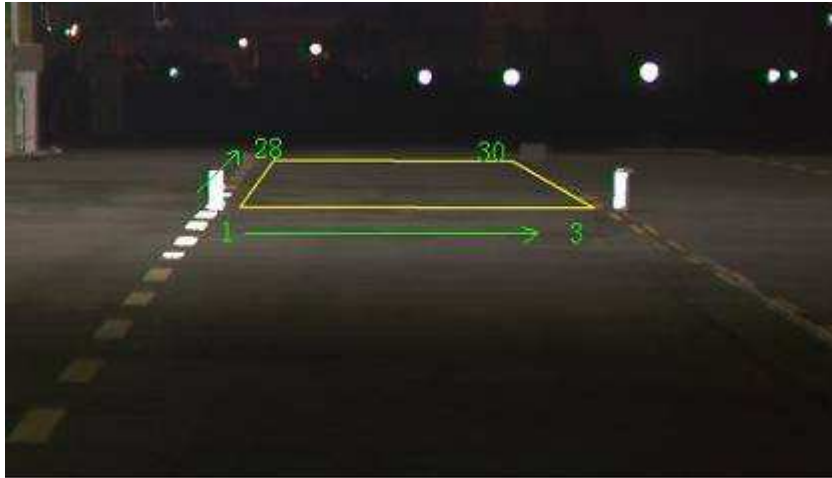


图3: 在测量时, 以CS-2000A按横向从左到右, 由近至远, 呈Z字形顺序瞄点。

测试点位置	亮度值 (cd/m <sup>2</sup> )	测试点位置	亮度值 (cd/m <sup>2</sup> )	测试点位置	亮度值 (cd/m <sup>2</sup> )
1	1.46	2	1.48	3	1.48
4	1.47	5	1.2	6	1.52
7	1.28	8	1.11	9	1.12
10	1.26	11	1.05	12	1.09
13	1.16	14	1.00	15	0.96
16	1.19	17	1.02	18	0.93
19	1.19	20	1.02	21	0.93
22	1.10	23	0.92	24	0.86
25	1.08	26	0.92	27	0.83
28	0.97	29	0.88	30	0.81

从表1的测试结果, 可计算得出路面的亮度平均值位 1.11cd/m<sup>2</sup>, 路面亮度均匀度为 0.74, 路面亮度纵向均匀度0.59。



KONICA MINOLTA

## 基于成像亮度计的路面亮度测试方法研究 -----东莞质检所/国家半导体光源品质监督检测中心

**实验2:** 用CA-2000测整幅路面选定区域的亮度分布，通过仿真色彩图观察所选区域的亮度分布



图4：用二维色彩亮度计CA-2000测路面场景

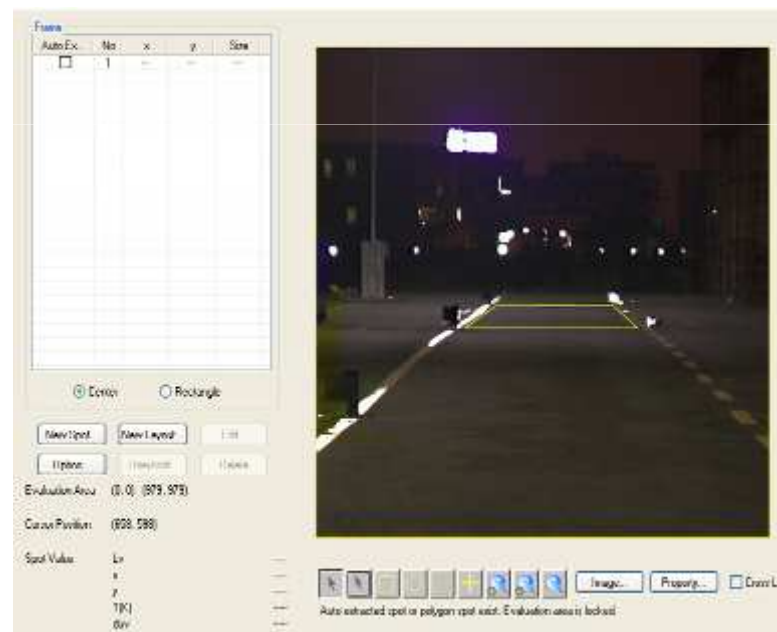


图5：CA-2000在测量前后手动选取测量区域，分析测量区域的亮度和色度值



KONICA MINOLTA

# 基于成像亮度计的路面亮度测试方法研究

-----东莞质检所/国家半导体光源品质监督检测中心

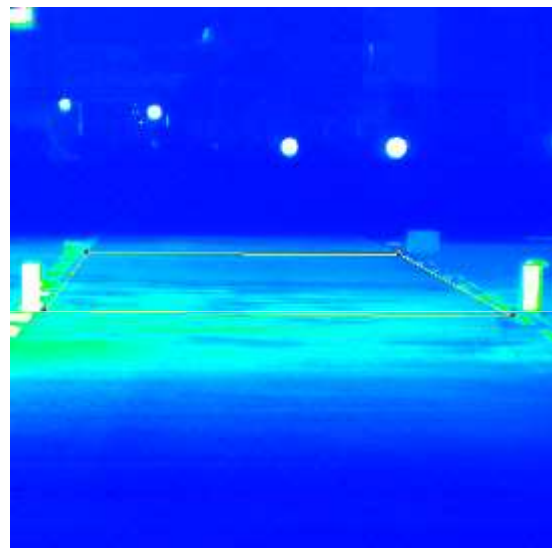


图6：通过仿真色彩图观察被选区域的亮度分布

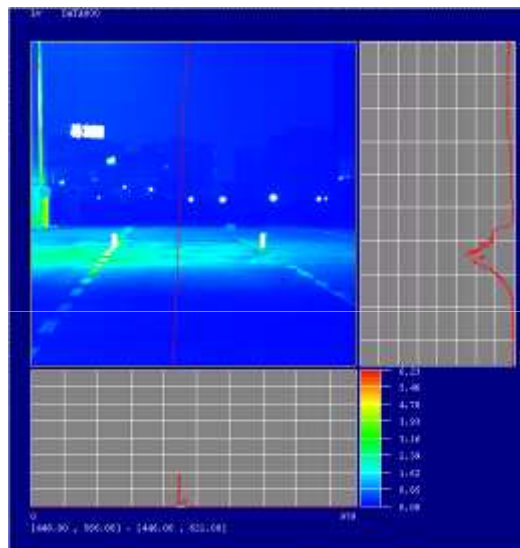


图7：测试指定区域内的纵向均匀度

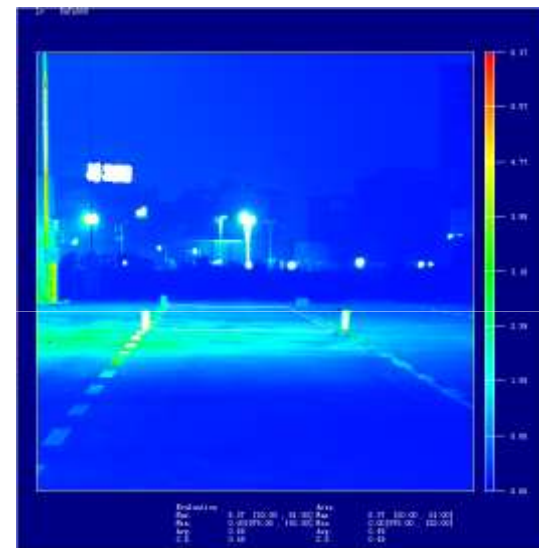


图8：测试指定区域内的亮度参数

通过伪彩色显示图(用颜色表示不同亮度区间)进行分析,可以更直观的看出该区域的亮度分布,深蓝色是亮度较低的区域,浅蓝色是亮度较高的区域,绿色则是该区域最高亮度



# 基于成像亮度计的路面亮度测试方法研究

## -----东莞质检所/国家半导体光源品质监督检测中心

表2：使用成像亮度计测试结果

测试内容	测试1	测试2	测试3
亮度平均值 (cd/m <sup>2</sup> )	1.23	1.22	1.19
亮度最大值 (cd/m <sup>2</sup> )	3.67	3.90	3.48
亮度最小值 (cd/m <sup>2</sup> )	0.58	0.58	0.60
总均匀度	0.47	0.48	0.50

表3 路面亮度纵向均匀度测试结果

测试内容	测试1	测试2	测试3
亮度最小值(cd/m <sup>2</sup> )	0.90	0.87	0.88
亮度最大值(cd/m <sup>2</sup> )	1.52	1.48	1.49
亮度纵向均匀度	0.59	0.59	0.59

从表3可以看出，使用成像亮度计测试的路面亮度纵向均匀度与使用点式亮度计测试的亮度纵向均匀度完全一致

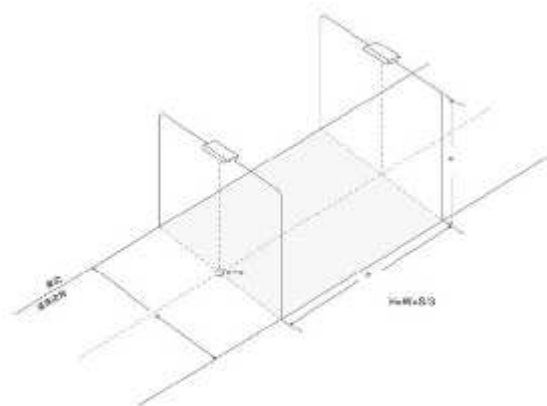


KONICA MINOLTA

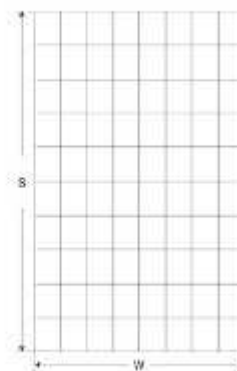
## 某公司参考机动车交通道路照明标准值

级别	道路类型	路面亮度			路面照度		眩光限制 阈值增量 T1(%) 最大 初始值	环境比 SR 最小值
		平均亮度 Lav (cd/m <sup>2</sup> )	总均匀度 U <sub>o</sub> 最小值	纵向均匀度 UL 最小值	平均照度 E <sub>av</sub> (lx)	均匀度 UE 最小值		
I	快速路、主干路 (含迎宾路、通向政府机关和大型公共建筑的主要道路,位于市中心或商业中心的道路)	1.5/2.0	0.4	0.7	20/30	0.4	10	0.5
II	次干路	0.75/1.0	0.4	0.5	10/15	0.35	10	0.5
III	支路	0.5/0.75	0.4		8/10	0.3	15	—





(a)



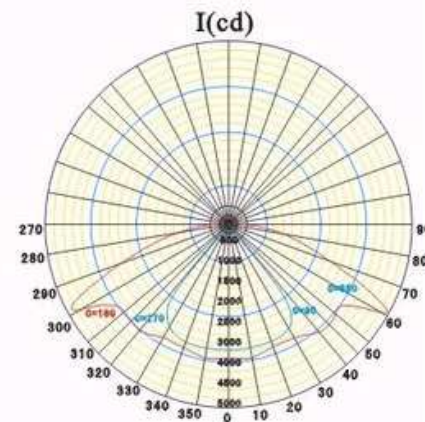
(b)

$$U = \frac{E_{min}}{E_{ave}} \quad (10)$$

式中，U 为路面照度均匀度， $E_{min}$  为所有小区域的最小平均照度值， $E_{ave}$  为总平均照度。

### LED 路灯的测量项目：

- ✓ 路面亮度均匀性
- ✓ 路面照度均匀性
- ✓ 配光曲线
- ✓ 眩光阈值
- ✓ 重影问题





KONICA MINOLTA



## CL-200A多探头测照度和色度均匀性

在LED路灯测量时，由于LED路灯的色温分布不均匀，所以在实际检测中，不仅要测量照度的分布，也需测量色温的分布。





KONICA MINOLTA

Some see a beautiful sunset.

We see it a little differently.

$L_v$  28.73cd/m<sup>2</sup>  
 $x$  0.4427  
 $y$  0.3932  
 $duv$  -0.0047

CCT 2811K

CRI 98

Dominant Wave 585.59nm

$u'$  0.2592  
 $v'$  0.5179

When it comes to measuring light and color from virtually any source, Konica Minolta, the world leader in light measurement, has the broadest range of instruments in the industry, from display measuring instruments to color analyzers to spectroradiometers to industrial light meters. Our instruments are used world wide in quality control, research and development, inspection and manufacturing. Konica Minolta instruments are backed by our own fully certified, NIST traceable lab to ensure that your instrument is calibrated properly, providing the most accurate measurements possible.

 KONICA MINOLTA

An instrument for every application.





**KONICA MINOLTA**

敬请垂询：柯尼卡美能达（中国）投资有限公司 SE工业仪器

电话：020-38264220 传真：020-38264223