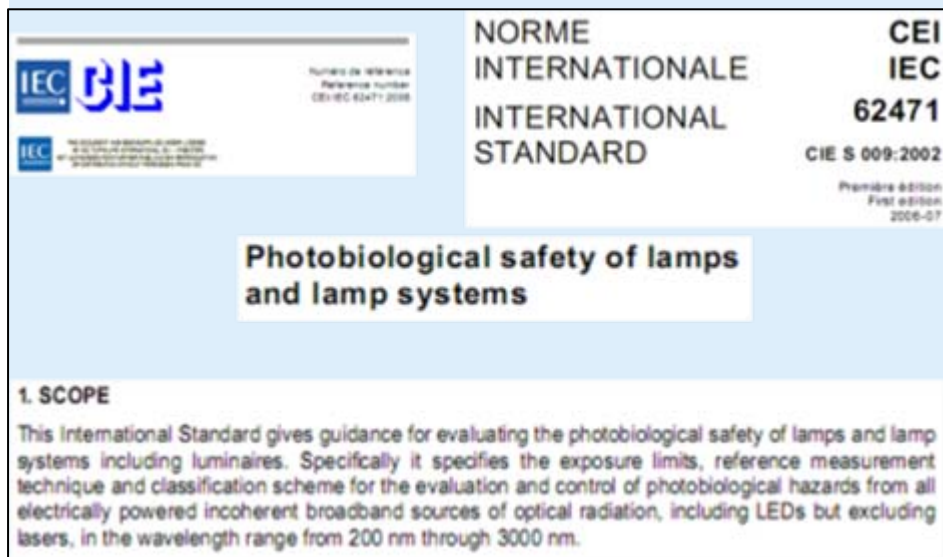


TÜV Rheinland/CCIC (Ningbo) Co., Ltd

IEC/EN 62471 Photobiological Safety of Lamps and Lamp Systems

灯和灯系统的光生物安全



Heiko Li

联系方式:

电话: 0574-87671566 (分机294)
邮箱: heiko.li@nb.chn.tuv.com



灯和灯系统的光生物安全

广州数十名小学生被紫外灯意外灼伤

<http://www.sina.com.cn> 2008年09月04日02:18 新闻晨报

据南方都市报报道 9月3日中午1时许，广州市第二人民医院眼科室聚集了龙岗区坂田花城小学一年级二班的数十名小学生和家长，其中多数学生眼睛红肿，皮肤微红，多名学生家长告诉记者，9月2日，他们的孩子是在坂田花城小学上课时，被教室里的紫外线消毒灯灼伤的。

昨日上课时间，在花城小学一年级二班教室没有一名学生，该校欧校长表示，由于其学校新来蓝老师误开教室紫外灯，导致了学生被紫外灯意外灼伤，学校发现情况后，立即组织车辆将学生送到市二医院治疗，9月3日该班停了一天课。

校方表示，学生发生这次意外，学校会负责到底，会想尽办法帮助受伤的孩子尽快恢复健康。

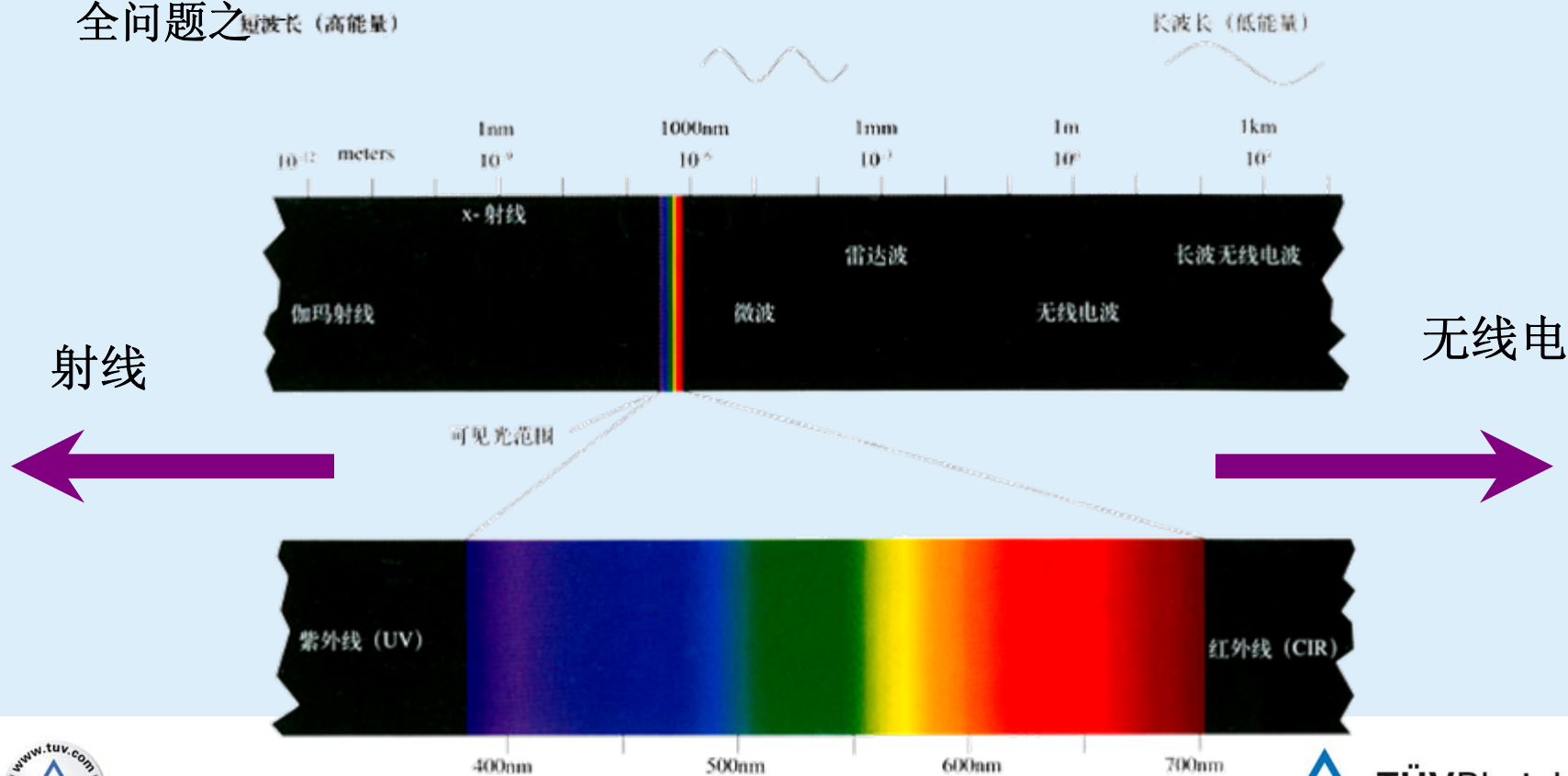


灯和灯系统的光生物安全

- I. 光辐射安全性
- II. **LED** 产品的光生物安全问题
- III. 光生物安全测试标准
- IV. 光生物安全测试

I. 光生物辐射安全性

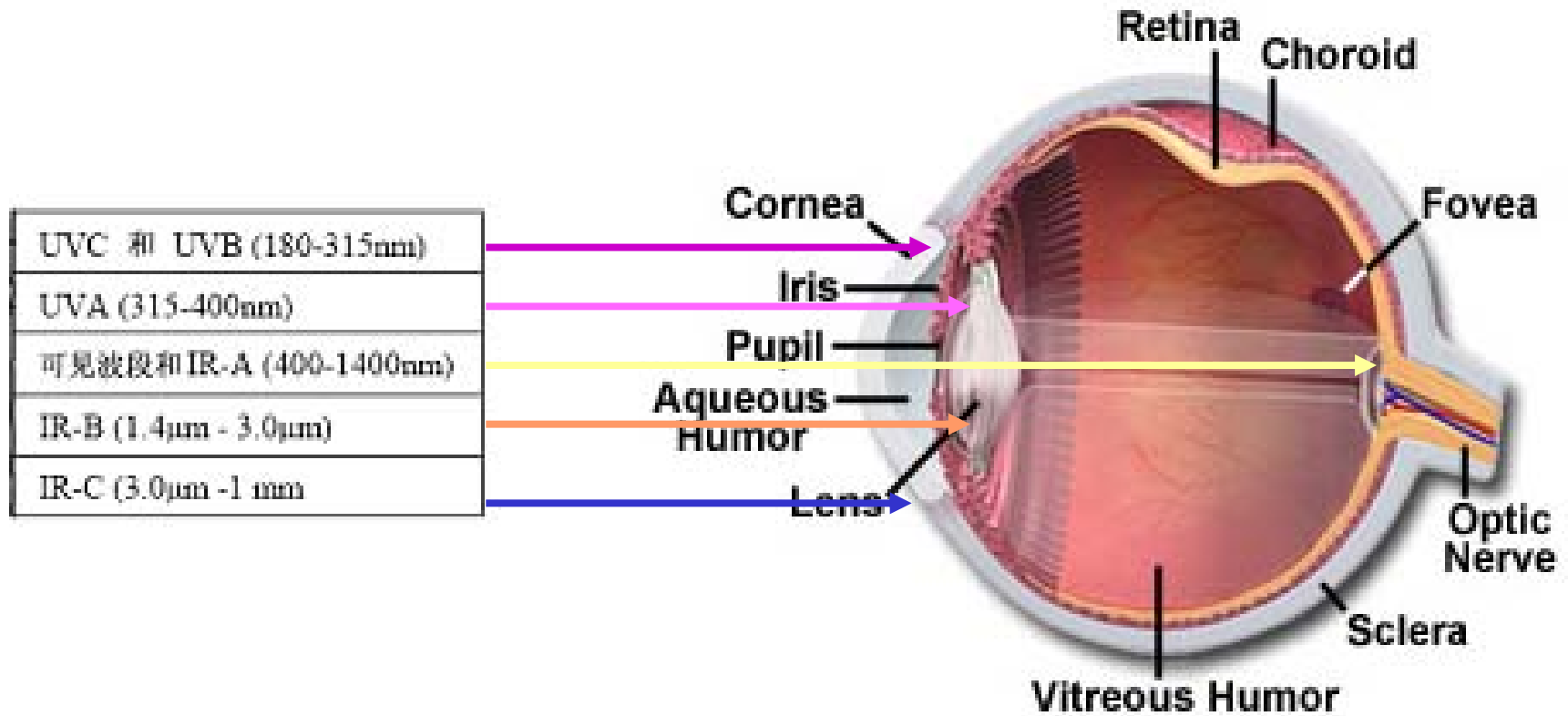
- 什么是“光生物辐射安全”？
- 辐射（radiation）：电离辐射（**Ionizing Radiation**）和非电离辐射(**Non-Ionizing Radiation**), 非电离辐射包括**光学辐射**和**电磁波辐射**
- 世界卫生组织将辐射安全列为继水源、空气、噪音外的人类面临的四大环境安全问题之



I. 光生物辐射安全性

光谱波长范围	Eye 眼睛	Skin 皮肤	
UV-C:180-280nm	Photo keratitis 光致角膜炎	Erythematic 晒黑 Accelerated skin ageing 加速皮肤老化,皱纹	Skin burn 皮肤灼伤
UV-B:280-315nm		Pigment darkening 色素黑化 Photosensitive reaction 光敏反应	
UV-A:315-400nm	photochemical 光化学白内障		
Visible:400-780nm	Photochemical & thermal retinal injury 视网膜光化学和热损伤		
Infra-red A:780nm- 1400nm	Cataract, retinal burn 白内障, 视网膜灼伤		
Infra-red B:1,4um- 3,0um	Aqueous flare, cataract corneal burn 白内障, 角膜灼伤		
Infra-red C:3,0um-1mm	Corneal burn only 角膜灼伤		

I. 光生物辐射安全--光辐射对眼睛的影响



不同波段的光辐射对人眼的作用区域不同，例如波长**400nm~1400nm**的可见光波段对人眼的危害主要是视网膜光化学危害。

I. 光生物辐射安全 -- 眼睛光辐射危害



电弧强紫外辐射导致
角膜炎或结膜炎



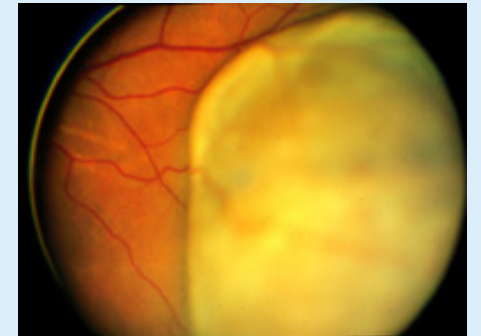
白内障



气候性滴状角膜病变



翼状胬肉



葡萄膜黑色素瘤

I. 光生物辐射安全--光辐射对皮肤的影响



夏日海滩



杀菌灯



恶性黑素瘤

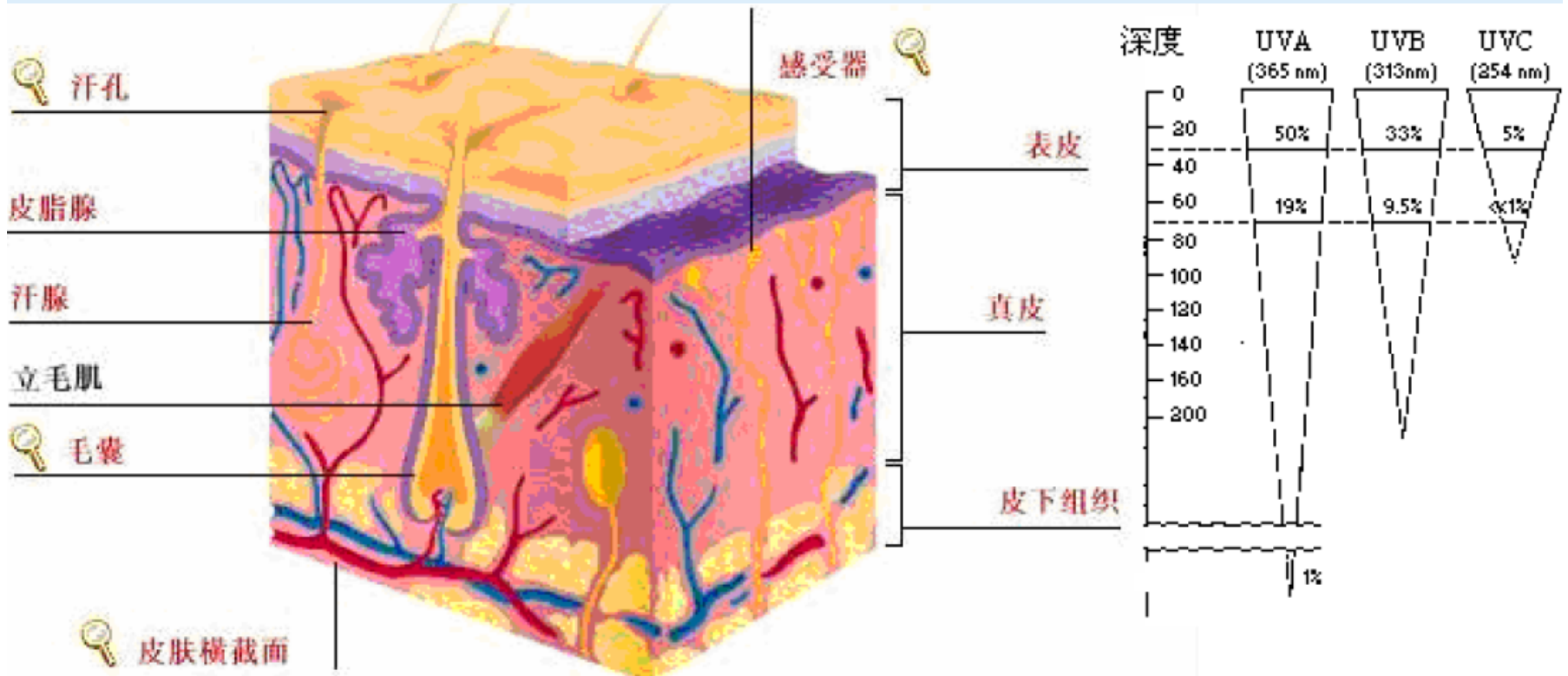


基底细胞癌



红斑

I. 光生物辐射安全--光辐射对皮肤的影响



不同波段的光辐射对皮肤的作用区域

灯和灯系统的光生物安全

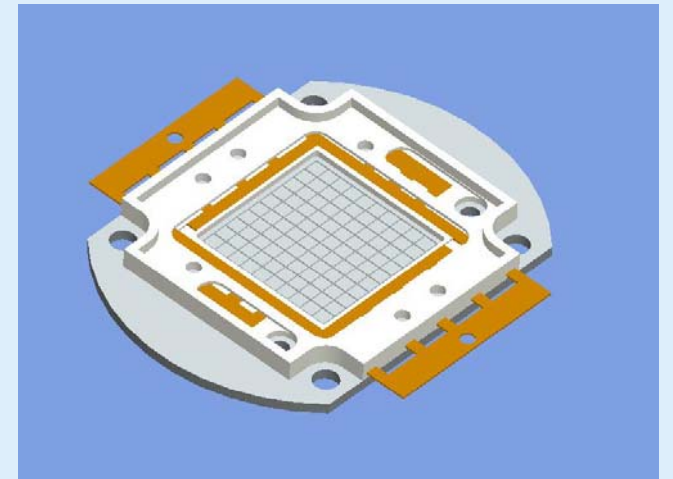
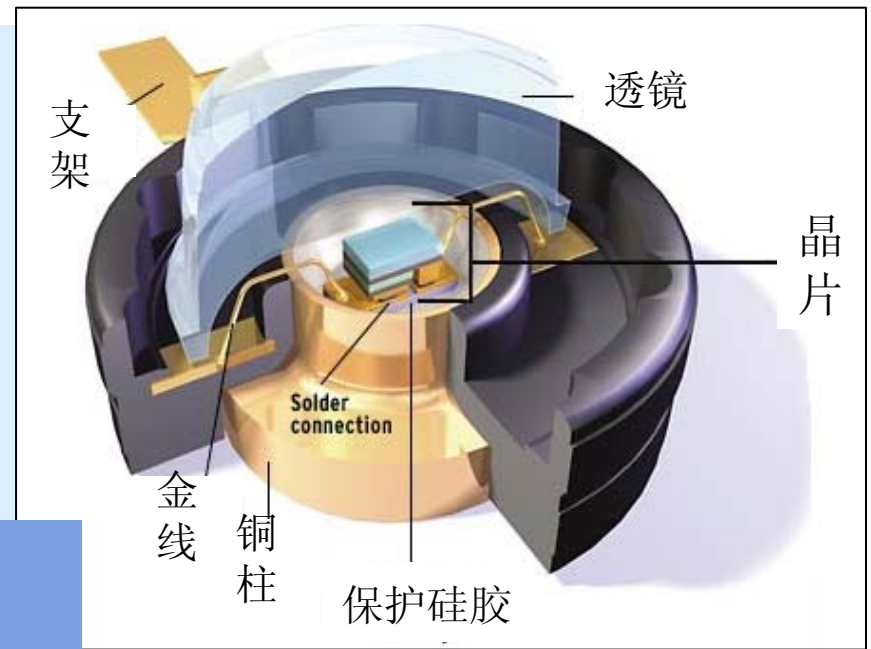
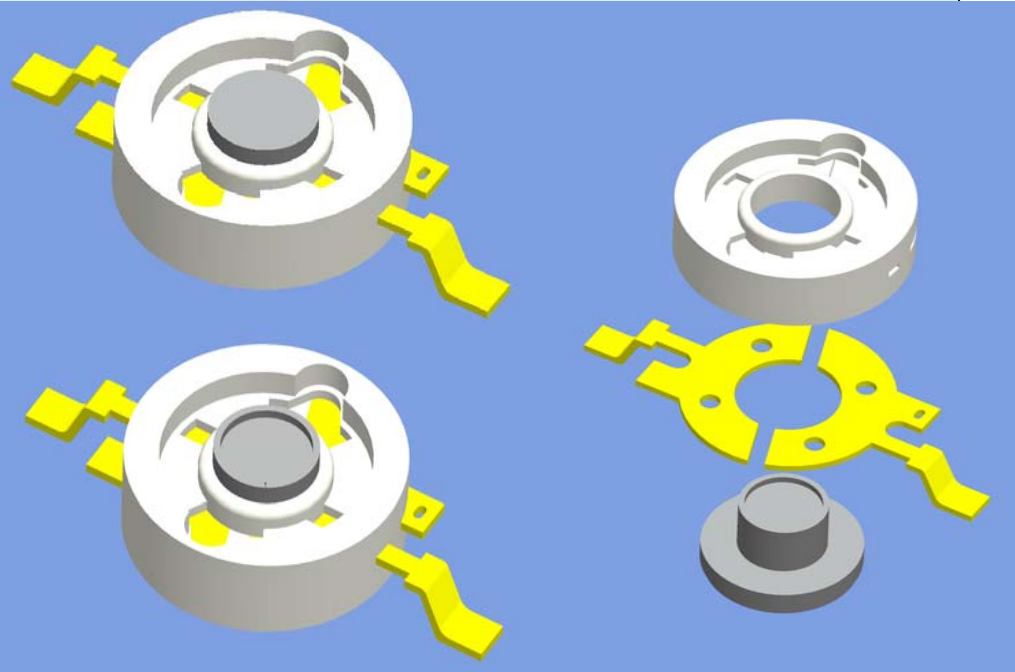
II. LED产品的光辐射安全问题

LED技术的发展

时间	发展进程
1962年	红光LED (GaAs+LaF ₃ YbEr)
1973年	黄绿色LED (GaP + ZnO)
1975年	黄色LED (GaAsP)
1978年	高亮度LED (GaAlAs)
1993年	蓝光LED (InGaN)
1996年	白光LED (蓝光LED (InGaN) + YAG 荧光粉)
2002年	白光LED (UV LED (InGaN) + 三色荧光粉)

白光LED 技术

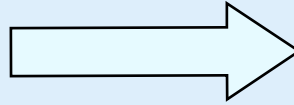
大功率LED 支架



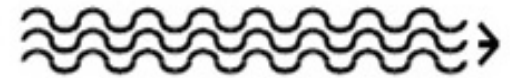
白光LED技术



相干光



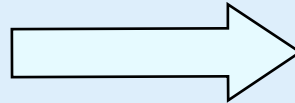
激光



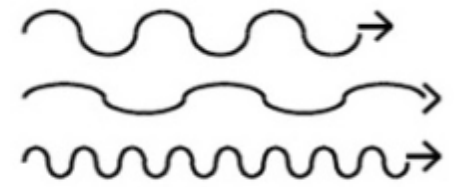
相干、单色



非相干光



灯



非相干、宽光谱

LED 产品的应用



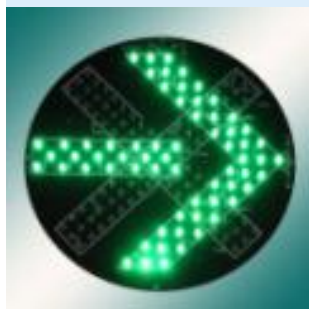
泛光灯



工作灯



手电筒



交通灯



室内照明



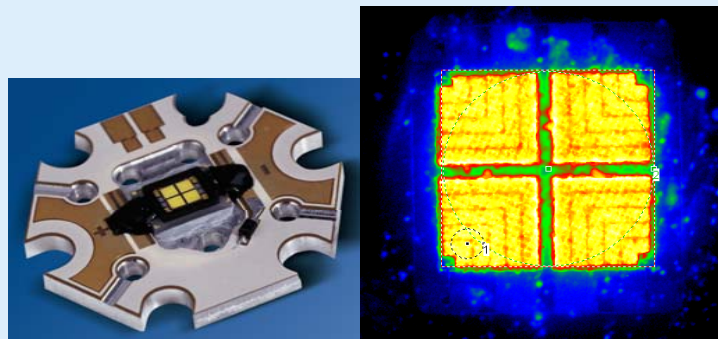
植物照明



户外显示屏

LED技术的发展

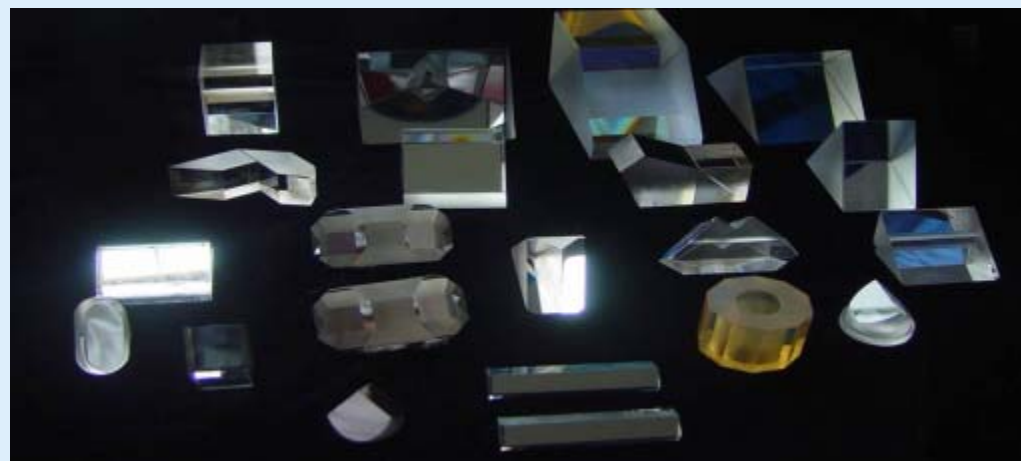
- LED芯片功率提高
- 芯片注入电流增大
- 多芯片集成技术发展
- 二次光学元件应用
- 光子晶体等新技术应用
- 成本降低，走向普及



多芯片集成技术

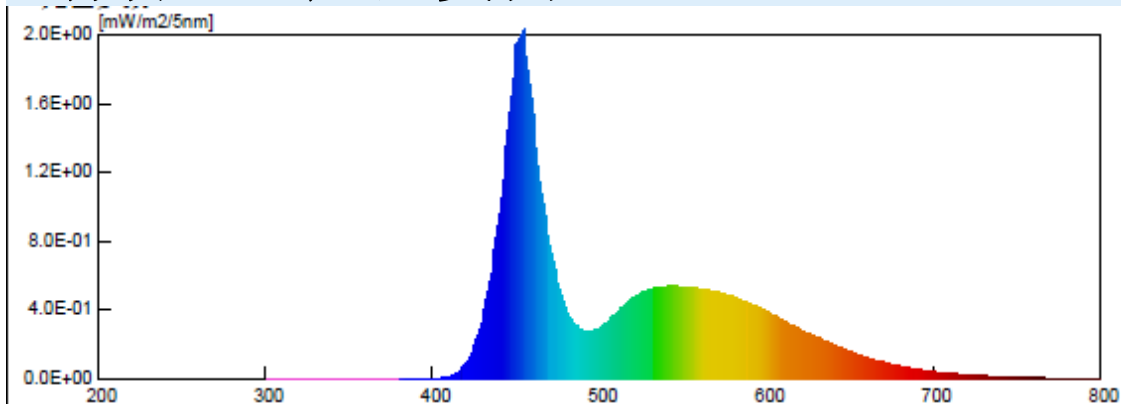


大功率LED



二次光学元件

有害LED产品实例

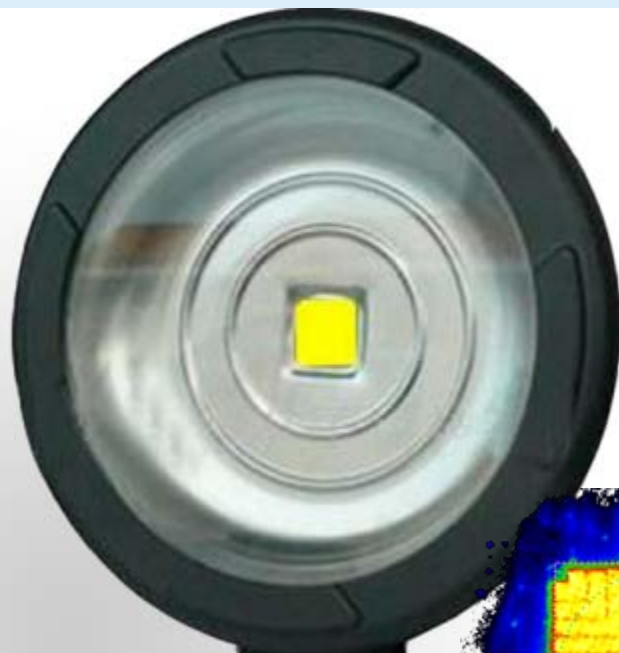


LED户外手电筒

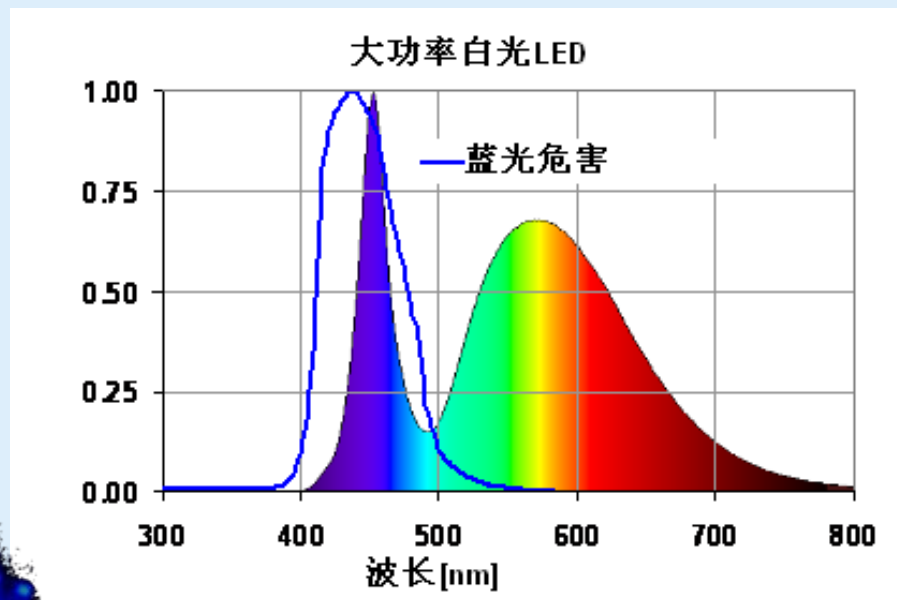
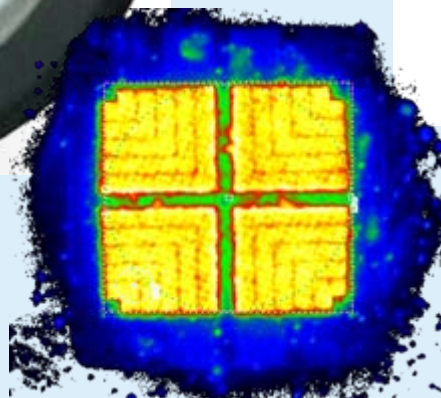
Risk	Units	Exempt		Low risk		Mod risk	
		Limit	Result	Limit	Result	Limit	Result
Actinic UV	W-m-2	0.001	5.85E-06	0.003	5.85E-06	0.03	5.85E-06
Near UV	W-m-2	10	7.13E-03	33	7.13E-03	100	7.13E-03
Blue light	W-m-2-sr-1	100	4.71E+02	10000	1.96E+03	4000000	2.11E+03
Blue light, small source	W-m-2	-	-	-	-	-	-
Retinal thermal	W-m-2-sr-1	3.22E+05	2.16E+04	3.22E+05	2.16E+04	8.16E+05	2.33E+04
Retinal thermal, weak visual stimulus	W-m-2-sr-1	6.89E+04	7.38E-01	6.89E+04	1.31E+00	6.89E+04	1.31E+00
IR radiation, eye	W-m-2	100	1.81E-02	570	1.81E-02	3200	1.81E-02

根据IEC 62471, 该LED手电筒超出Exempt(豁免级)的辐射限值

大功率LED

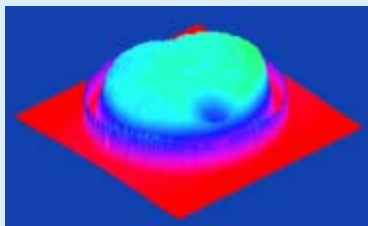
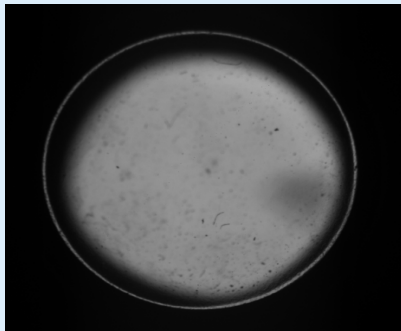
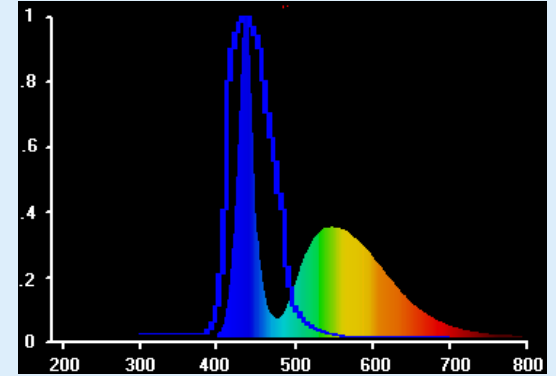


大功率LED: 30W



根据IEC 62471, 该大功率白光LED器件超出免除类的安全标准值, 会对人眼造成蓝光危害

牙科照明用LED—专用场合



安全等级	L_B [W/m ² sr]	EL[W/m ² sr]
免除类	7580	100
一类	28600	1×10^4
二类	29600	4×10^6

灯和灯系统的光生物安全

III. 光辐射安全标准的发展

III. 国际光辐射安全标准的发展



- **国际非电离辐射防护委员会 (ICNIRP)**
发布非相干光源和激光束的光生物安全方面的指导方针和声明



- **国际照明委员会 (CIE)**
制定**CIE S 009/E:2002**——灯与灯系统的光生物安全性标准



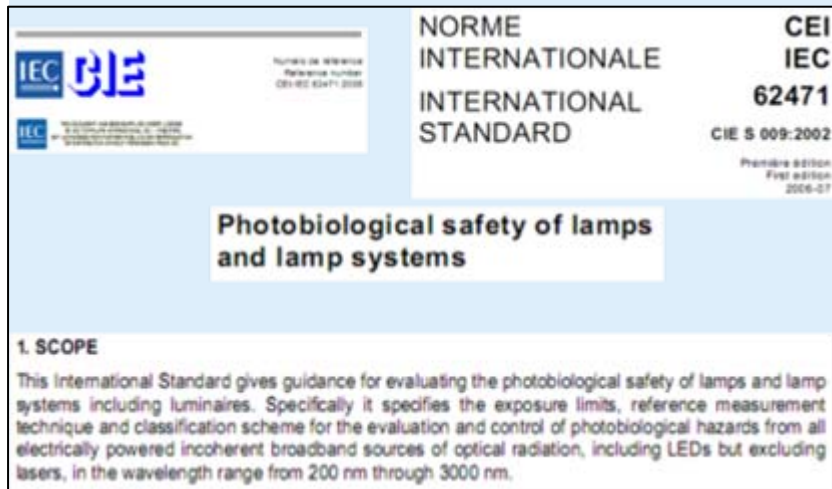
- **国际电工委员会 (IEC)**
制定**IEC 60825**——激光 (LED)产品的
光辐射安全标准

LED光辐射安全测试标准发展

1993年	IEC60825-1:1993将LED列入该标准范围
1997年	IEC60825-1:1993+A1:1997对LED做了明确的要求
2001年	IEC60825-1:1993+A1:1997+A2:2001补充版本
2002年	国际照明委员会制定了非激光的光安全标准CIES009/E:2002，标准中包括LED产品
2006年	非激光的光辐射安全IEC62471:2006的发布
2007年	激光产品的IEC60825-1第二版发布，明确排除LED产品
2008年	IEC/TC76会议上，决定将所有LED产品的光辐射安全纳入IEC62471标准
2009年	IEC62471-1开始修订 8月，IEC62471-2: 2009正式发布，对非激光光学辐射安全性产品提出了制造要求

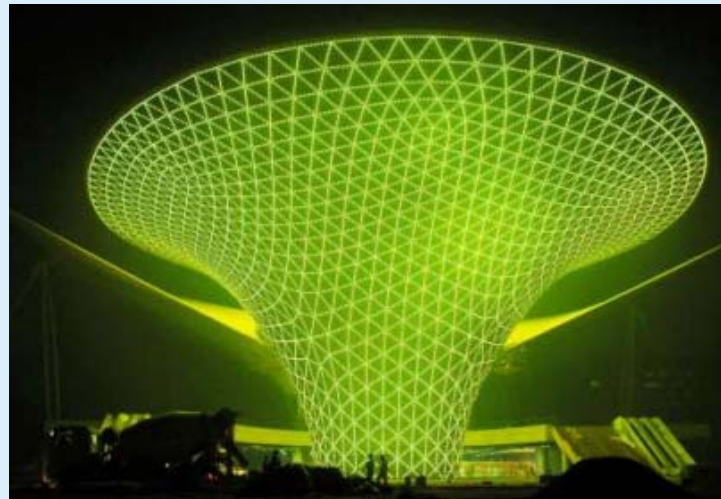
III. 国际光辐射安全标准的发展

- 国际非电离辐射防护委员会**ICNIRP**和国际照明委员会**CIE**针对紫外线、可见光及红外辐射,规定了人体的安全有效曝辐射限值。
- 国际照明委员会**CIE**于**2002**年发布了灯与灯系统的光生物安全标准**CIE S009/E:2002**“**Photobiological safety of lamps and lamp systems**”,
- 国际电工委员会**IEC**全文引用了**CIE S009/E:2002**, 作为国际标准**IEC62471-2006**; 并建议各国工业界采纳。



III. 国际光辐射安全标准的发展

- 近几年，**LED**的光辐射安全尤为关注；尤其**LED**蓝光对人眼视网膜的光化学损伤。从**1993**年开始，**LED**与激光产品一样纳入**IEC60825-1**标准中执行；**2007**年改版后的**IEC60825-1**标准剔除了**LED**产品。目前则完全纳入**IEC62471**标准。欧盟已经将**LED**产品的光辐射安全列入了**CE**强制性认证范围。
- 从**2009**年**9月1**日开始，欧盟开始执行生态设计指令，将节能灯等普通照明灯（非定向性发光）的光辐射（紫外）安全纳入**EUP**要求(**EC/244/2009**)；并要求执行**EN62471-2008**标准（等同**IEC62471-2006**）。



我国光辐射安全标准与检测技术的发展

- 光辐射安全的国家标准**GB/T 20145-2006**“灯与灯系统的光生物安全”于**2004**年制订完成；并于**2006**年正式发布。该标准等同于**IEC62471-2006**国际标准。
- 事实上，在照明和其它电器产品的安全标准中，已经涉及光辐射安全的有关规定；如金卤灯灯具、家用电器、卤素灯中的紫外线灯的标准**IEC60598-1 (GB7000.1)**、**IEC60335-2-27(GB/T4343.2)** 以及**IEC 60432-3 (GB14196.2)** 等等；光辐射安全是强制性的要求。



我国光辐射安全标准与检测技术的发展

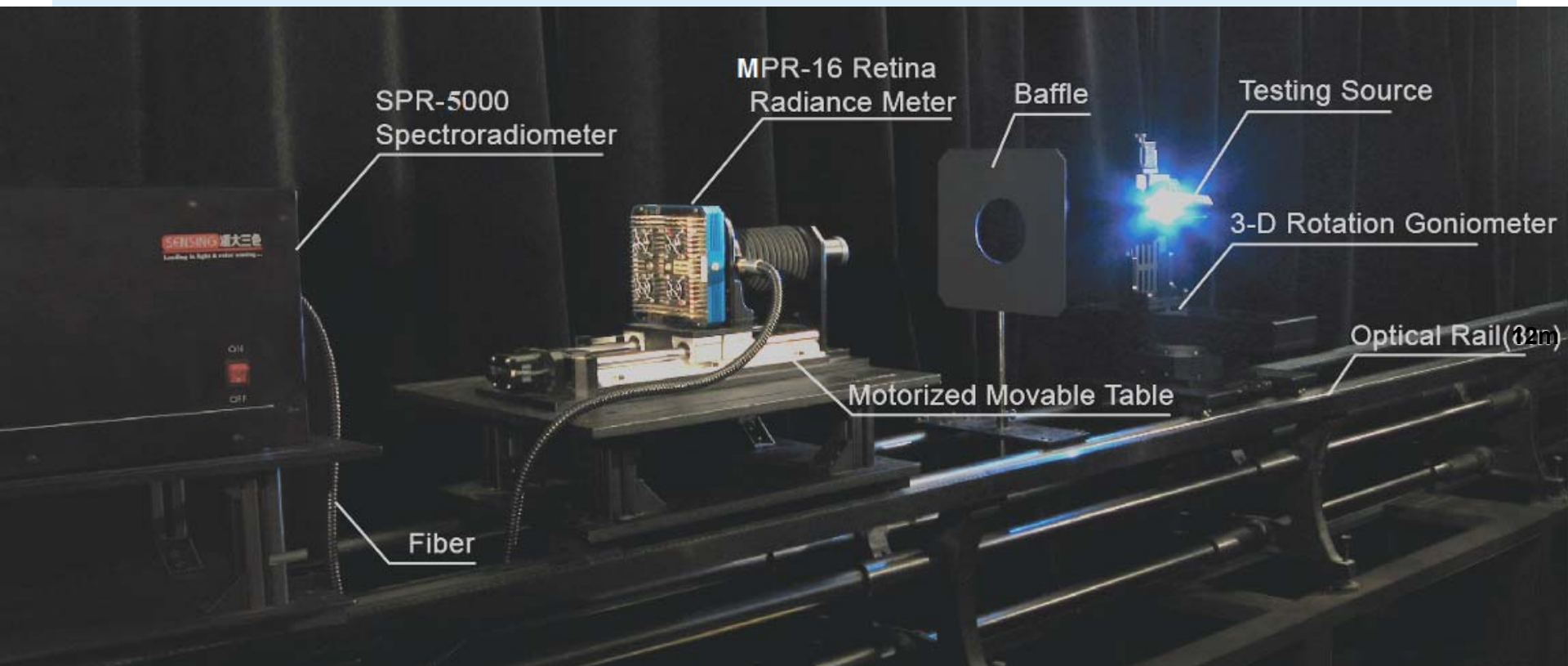
- 光生物的辐射安全评估与普通产品的性能测量有较大的差别。执行 **IEC62471** 辐射安全标准，仅仅对产品的辐射量进行测量是远远不够的；必须了解各种应用条件下的光生物辐射安全要求、精确测量产品的有效曝辐射值以及安全等级的合理判断；尤其 **LED** 产品的辐射安全等级评估会面临更多的挑战

灯和灯系统的光生物安全

IV. 光生物安全测试

IV. 光生物安全测试

IEC62471 光生物安全测试系统

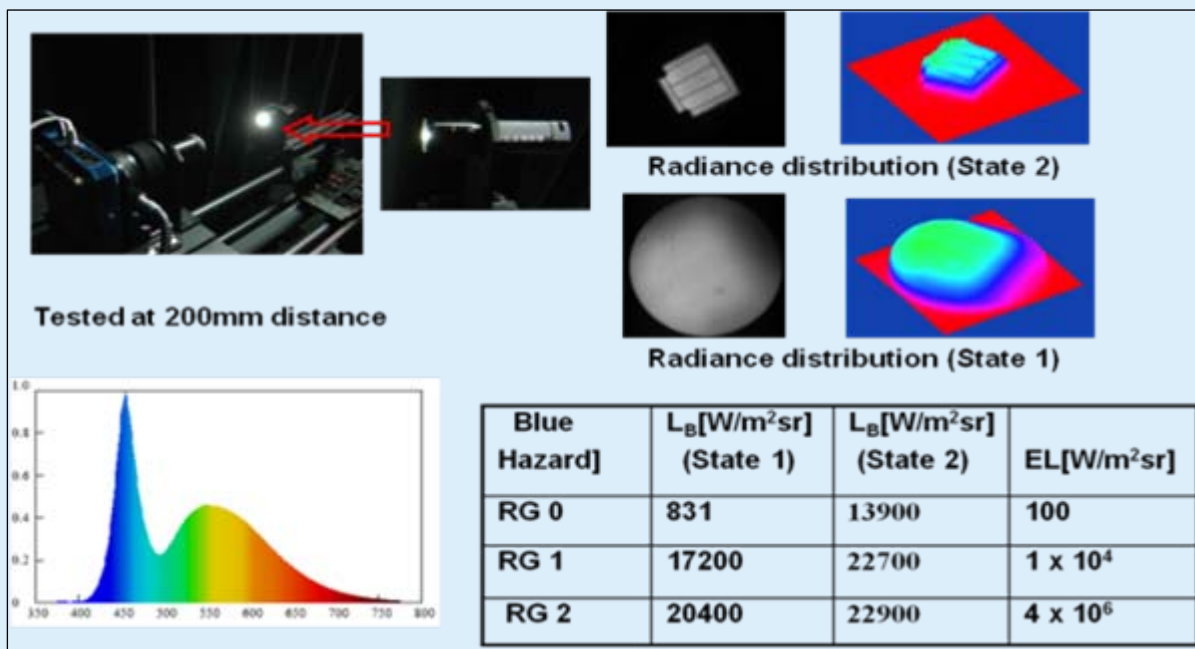


IEC62471对LED产品的光辐射安全测试与评估

- 波长范围：200nm~1500nm（范围可扩大至3000nm）
- 波长精度：0.2nm
- 辐射几何结构：模拟人眼的光学结构
- 成像辐射计：科学级，16位，带致冷，1600*1200像素
- 瞬态响应：2us
- 视场：1.0mrad~110mrad
- 测试距离：100mm~12m

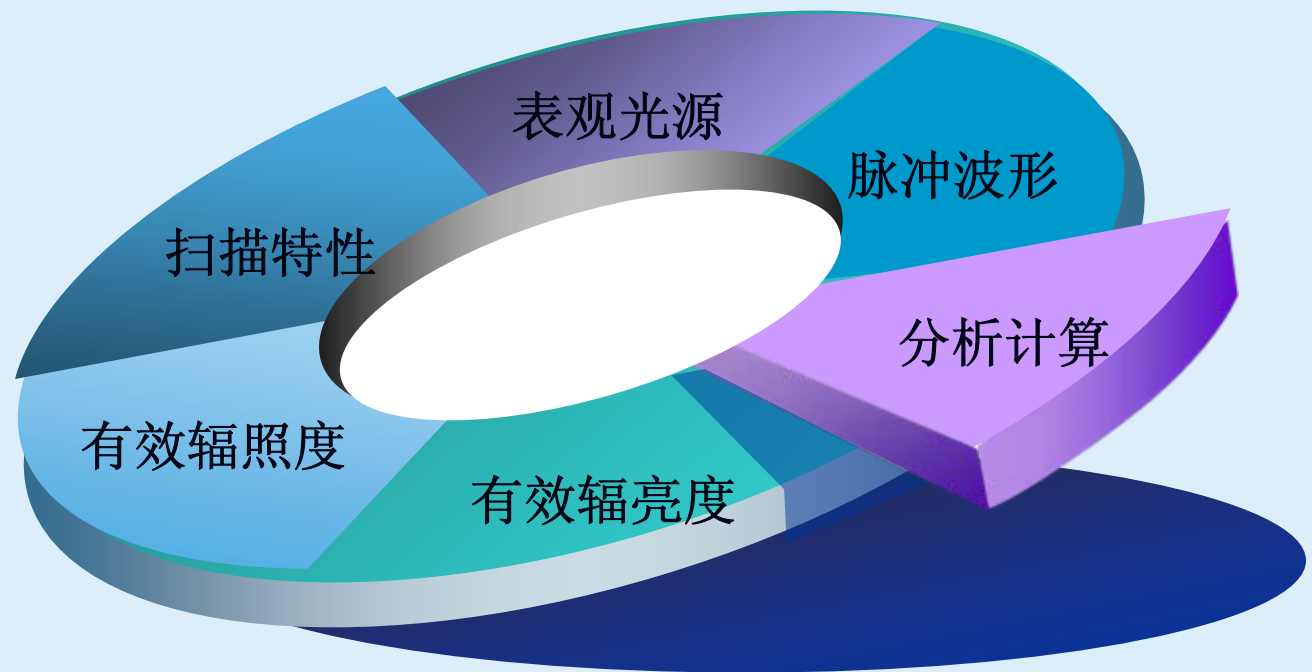
功能：

- 光谱辐照度分布测量
- 光谱辐亮度分布测量
- 空间辐亮度分布测量
- 瞬态性能测量
- 表观光源的测定
- 光辐射安全的分析
- 光辐射安全等级分类



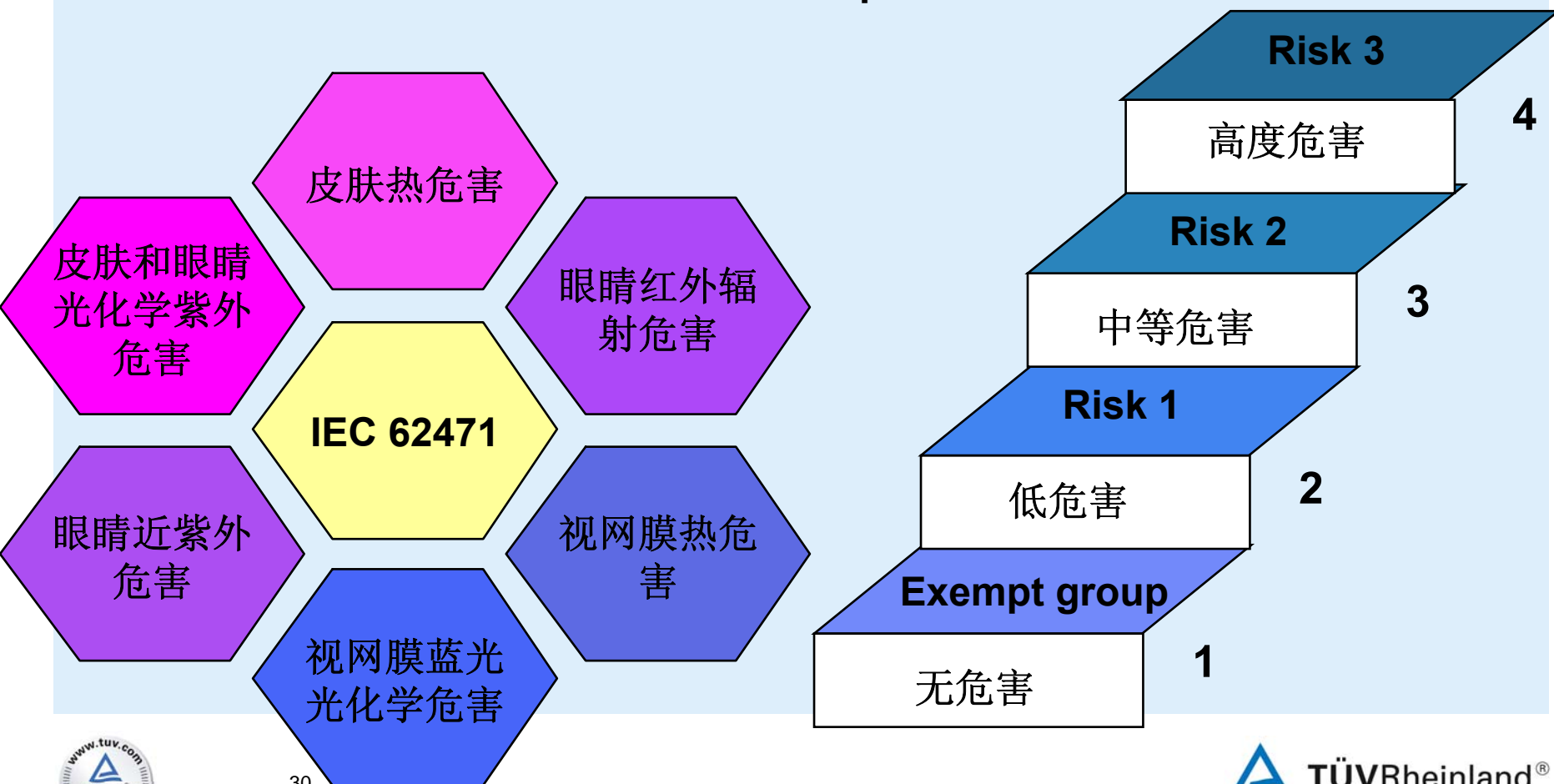
IEC62471对LED产品的光辐射安全测试与评估

- LED产品主要评估“视网膜蓝光危害”、“视网膜热危害”等等参数。
- 光辐射危害性与表观光源的位置和大小、脉冲、辐射持续时间、有效辐照度和有效辐亮度等有关。



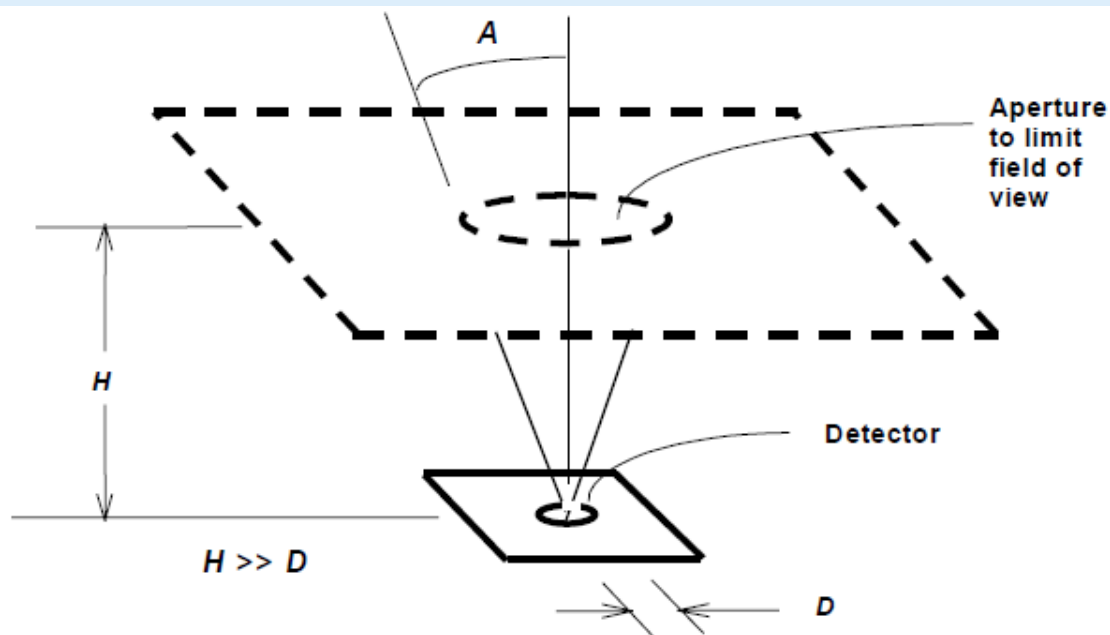
IEC62471对LED产品的光辐射安全测试与评估

- 该系统按照IEC62471国际标准要求，对光辐射产品要进行六方面危害性的评估，根据危害性程度分成四个安全等级。儿童玩具、照明等产品应符合无危害（**Exempt**）等级。



IEC62471对LED产品的光辐射安全测试与评估

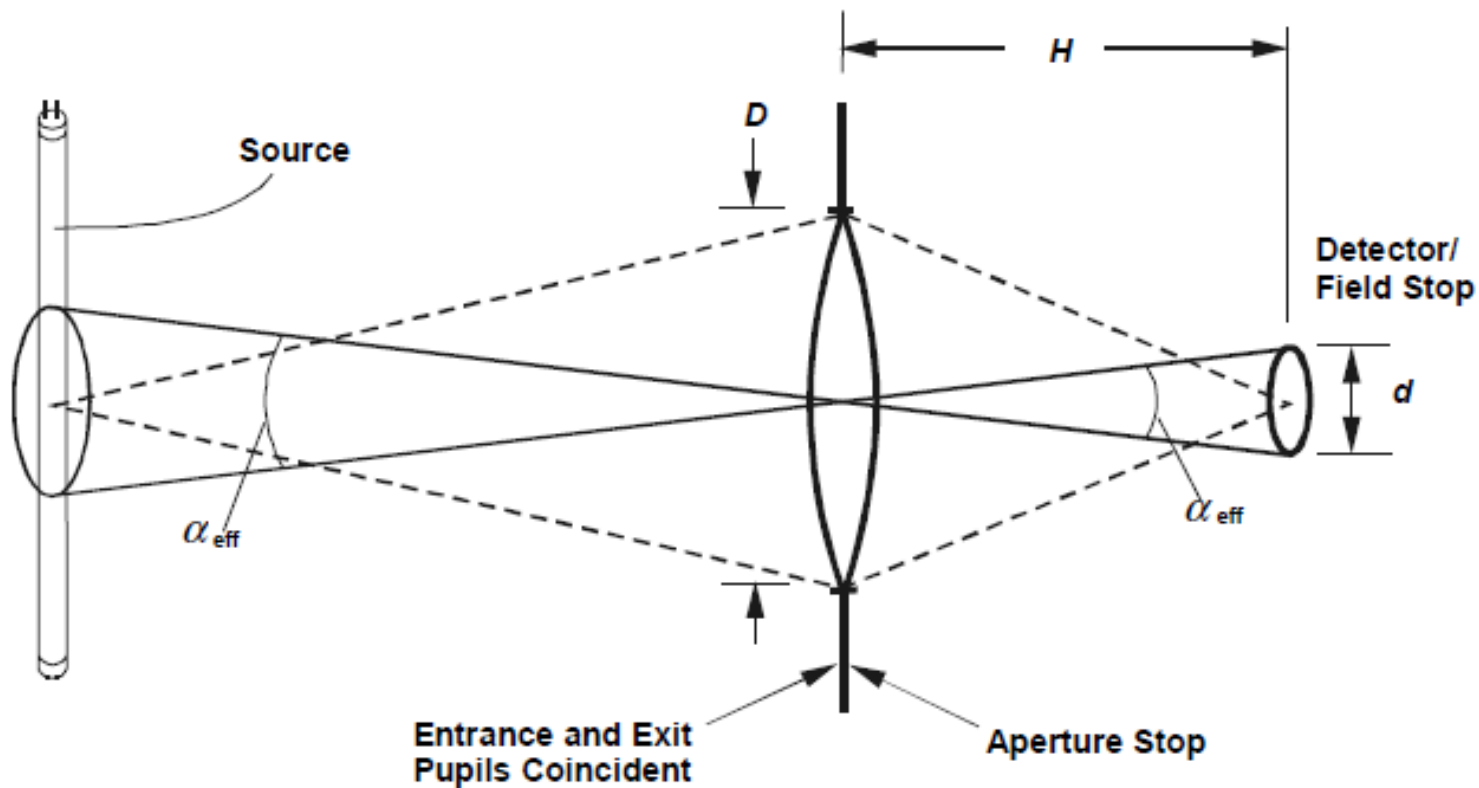
辐照度测量模型:



- 315 nm~400 nm 人眼的曝辐限值, E_{UVA} ;
- 红外各种情况的曝辐限值, E_{IR} ;
- 皮肤 热曝辐限值, E_H 。
- 200 nm~400 nm 皮肤的眼睛曝辐限值, E_S ;
- 视网膜的蓝光曝辐限值 对小光源的, E_B 。

IEC62471对LED产品的光辐射安全测试与评估

辐亮度测量模型：探测器孔径7mm，测试光谱波长范围300~700nm，测试距离500lux位置(普通照明) 或 200mm (普通照明以外)



IEC62471对LED产品的光辐射安全测试与评估

蓝光危害的测量：为防止蓝光造成视网膜光化学损害，光源的光谱辐亮度与蓝光危害函数**B(λ)**加权积分后的能量，也就是蓝光加权辐亮度**L_B**不能超过下面限值：

$$L_B = \sum_{300}^{700} L_\lambda \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda \leq 100 \quad \text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$$

其中：

$L_\lambda(\lambda, t)$ ：光谱辐亮度，单位为 $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \text{nm}^{-1}$

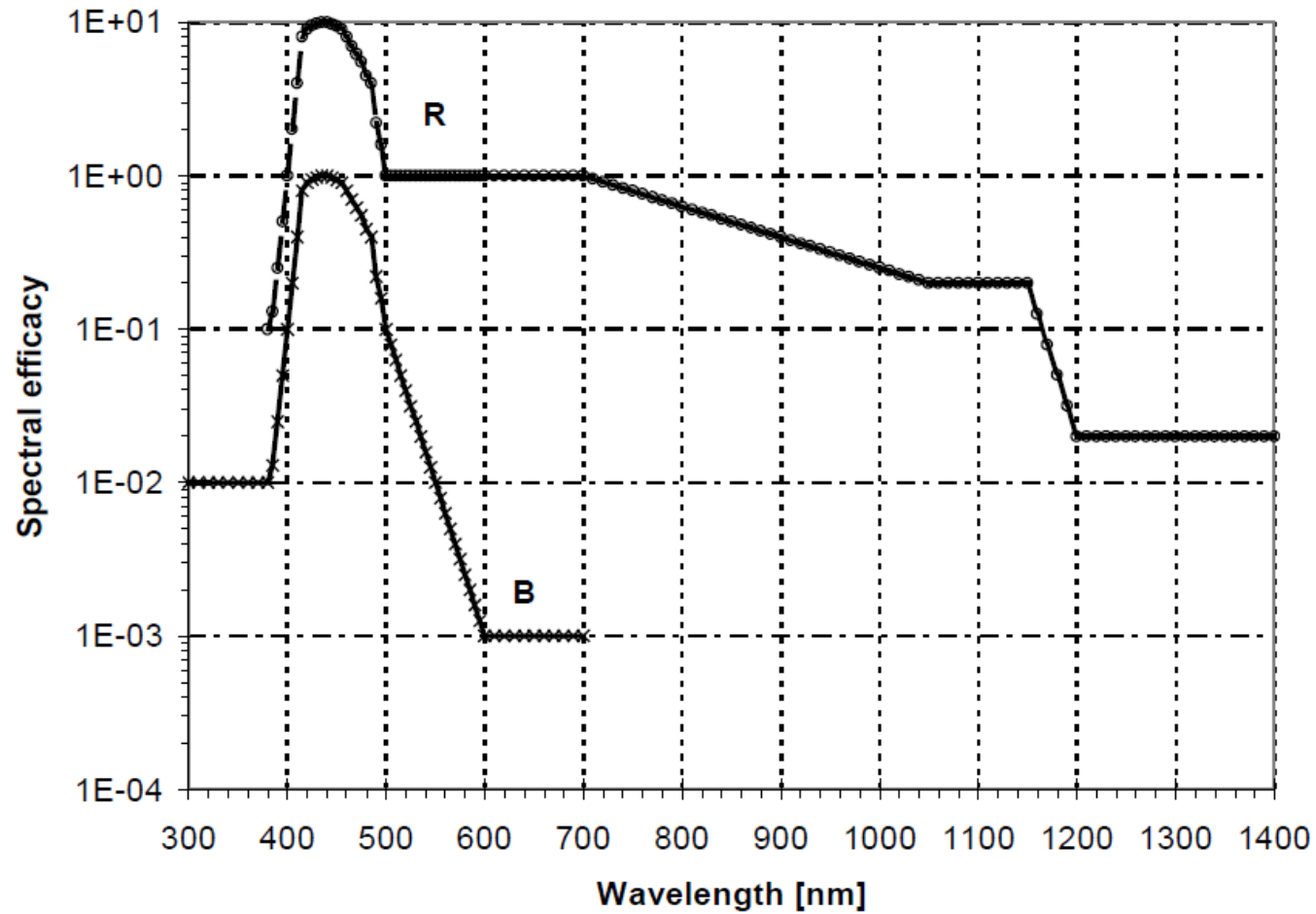
$B(\lambda)$ ：蓝光危害加权函数

$\Delta\lambda$ ：波长带宽，单位为 **nm**

若加权辐亮度**L_B**超过**100 W·m⁻²·sr⁻¹**，则最大允许照射时间 **t_{max}**：

$$t_{\max} = \frac{10^6}{L_B} \text{ s}$$

I. 光生物辐射安全--光辐射对眼睛的影响



视网膜蓝光危害和热危害的加权函数 $B(\lambda)$ 和 $R(\lambda)$

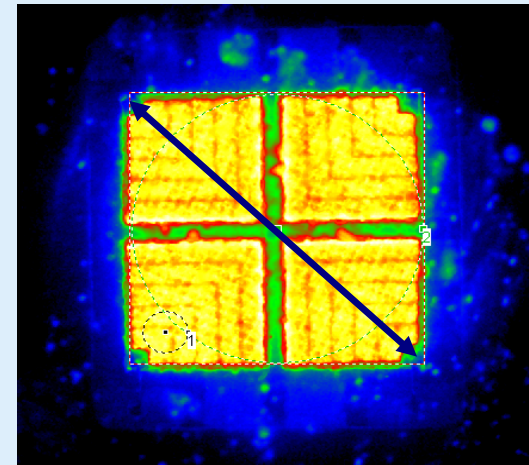
IEC62471对LED产品的光辐射安全测试与评估

视网膜热危害曝辐值计算：

$$L_R = \sum_{380}^{1400} L_{\lambda} \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda \leq \frac{50000}{\alpha \cdot t^{0,25}} \quad \text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$$

其中：

- L_{λ} : 光谱辐亮度, 单位为 $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \text{nm}^{-1}$
- $R(\lambda)$: 热危害加权函数
- $\Delta\lambda$: 波长带宽, 单位为 nm
- t : 持续观察时间, 单位为 s
- α : 光源的对边角, 单位为 rad



IEC62471对LED产品的光辐射安全测试与评估

视网膜热危害曝辐值—近红外弱视觉刺激:

$$L_{IR} = \sum_{780}^{1400} L_{\lambda} \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda \leq \frac{6000}{\alpha}$$

其中:

L_{λ} : 光谱辐亮度, 单位为 $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot nm^{-1}$

$R(\lambda)$: 热危害加权函数

$\Delta\lambda$: 波长带宽, 单位为 **nm**

t : 持续观察时间, 单位为 **s**

α : 光源的对边角, 单位为 **rad**

微弱视觉刺激定义:

最大亮度 (对边角为**11mrad**圆形视场上的平均值) 低于 $10 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$ 的视觉刺激。

IEC62471对LED产品的光辐射安全测试与评估

表 5.4 对皮肤表面和角膜的曝辐限值:

Hazard name	Relevant equation	Wavelength range nm	Exposure duration sec	Limiting aperture rad (deg)	EL in terms of constant irradiance $W m^{-2}$
Actinic UV skin & eye	$E_S = \sum E_\lambda \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	200 – 400	< 30000	1,4 (80)	30/t
Eye UV-A	$E_{UVA} = \sum E_\lambda \cdot \Delta\lambda$	315 – 400	≤ 1000 > 1000	1,4 (80)	10000/t 10
Blue-light small source	$E_B = \sum E_\lambda \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	300 – 700	≤ 100 > 100	< 0,011	100/t 1,0
Eye IR	$E_{IR} = \sum E_\lambda \cdot \Delta\lambda$	780 – 3000	≤ 1000 > 1000	1,4 (80)	18000/t ^{0,75} 100
Skin thermal	$E_H = \sum E_\lambda \cdot \Delta\lambda$	380 – 3000	< 10	2π sr	20000/t ^{0,75}

IEC62471对LED产品的光辐射安全测试与评估

表 5.5 对视网膜的曝辐限值:

Hazard name	Relevant equation	Wavelength range nm	Exposure duration sec	Field of view radians	EL in terms of constant radiance $W m^{-2} \cdot sr^{-1}$)
Blue light	$L_B = \sum L_\lambda \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	300 – 700	0,25 – 10 10-100 100-10000 ≥ 10000	$0,011 \cdot \sqrt{(t/10)}$ 0,011 $0,0011 \cdot \sqrt{t}$ 0,1	$10^6/t$ $10^6/t$ $10^6/t$ 100
Retinal thermal	$L_R = \sum L_\lambda \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	380 – 1400	< 0,25 0,25 – 10	0,0017 $0,011 \cdot \sqrt{(t/10)}$	$50000/(\alpha \cdot t^{0,25})$ $50000/(\alpha \cdot t^{0,25})$
Retinal thermal (weak visual stimulus)	$L_{R'} = \sum L_\lambda \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	780 – 1400	> 10	0,011	$6000/\alpha$

IEC62471对LED产品的光辐射安全测试与评估

表 6.1 连续辐射灯各危害类的发射限值:

Risk	Action spectrum	Symbol	Emission limits			Units
			Exempt	Low risk	Mod risk	
Actinic UV	$S_{UV}(\lambda)$	E_s	0,001	0,003	0,03	$W \cdot m^{-2}$
Near UV		E_{UVA}	10	33	100	$W \cdot m^{-2}$
Blue light	$B(\lambda)$	L_B	100	10000	4000000	$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$
Blue light, small source	$B(\lambda)$	E_B	1,0*	1,0	400	$W \cdot m^{-2}$
Retinal thermal	$R(\lambda)$	L_R	$28000/\alpha$	$28000/\alpha$	$71000/\alpha$	$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$
Retinal thermal, weak visual stimulus**	$R(\lambda)$	L_{IR}	$6000/\alpha$	$6000/\alpha$	$6000/\alpha$	$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$
IR radiation, eye		E_{IR}	100	570	3200	$W \cdot m^{-2}$

光生物安全测试

应用范围:

- 对各种灯和灯系统， 包括各种灯具的光生物安全测试
- 包括LED但不包括激光
- 评估的波长范围200nm-3000nm
 - LED灯具
 - Energy Saving Lamp
 - 气体放电灯：汞灯，钠灯，金卤灯等
 - 白炽灯
 - 荧光灯

其他包括:

IEC/EN 60335-2-27, IEC/EN 60335-2-59涉及产品，汽车用灯具等。

光生物安全测试

不同光源的危害分类:

- 卤钨灯: **UV**
- 荧光灯: **UV**
- 金卤灯: **UV, UVA**
- **LED**: 蓝光, **UVA**

TÜV Rheinland/CCIC (Ningbo) Co., Ltd 光生物安全实验室通过
IECEE 授权认可, 颁发光生物安全测试报告和证书, 在国际上被广泛认可。



Thank You

联系方式:

电话: **0574-87671566 (分机294)**

邮箱: **heiko.li@nb.chn.tuv.com**

