

上海科技大学2021实验室安全专项培训

“PI说安全”之实验室激光安全



主讲：刘伟民博士
物质学院助理教授

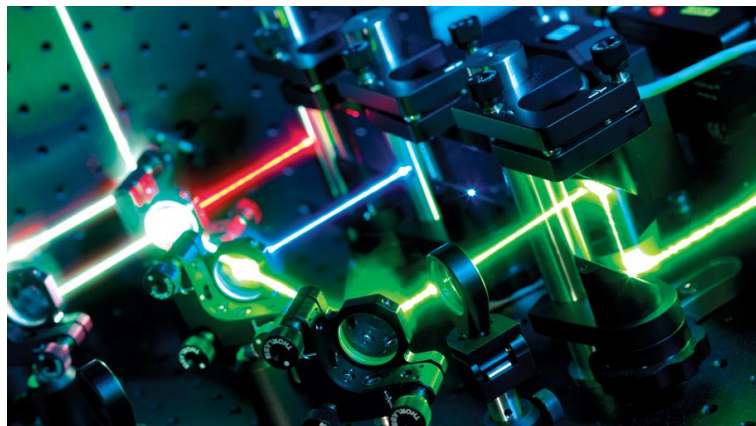


签到

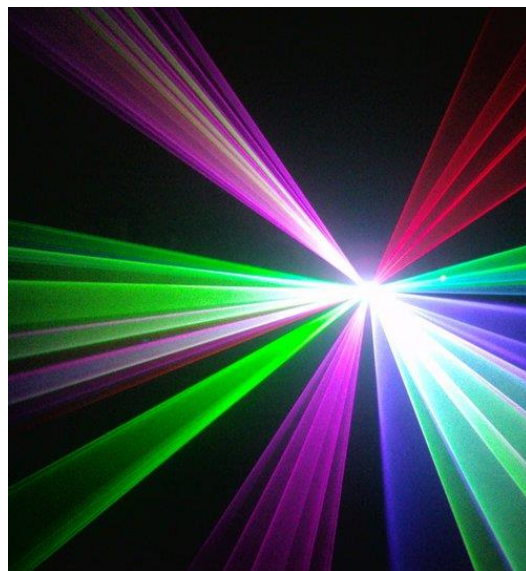
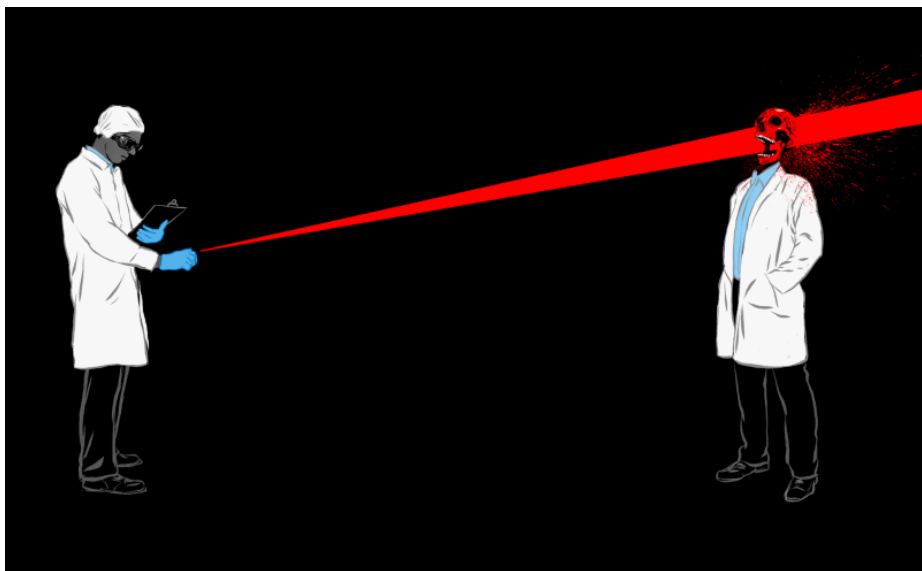


上海科技大学
ShanghaiTech University

环境安全与健康 (EHS)处
物质学院



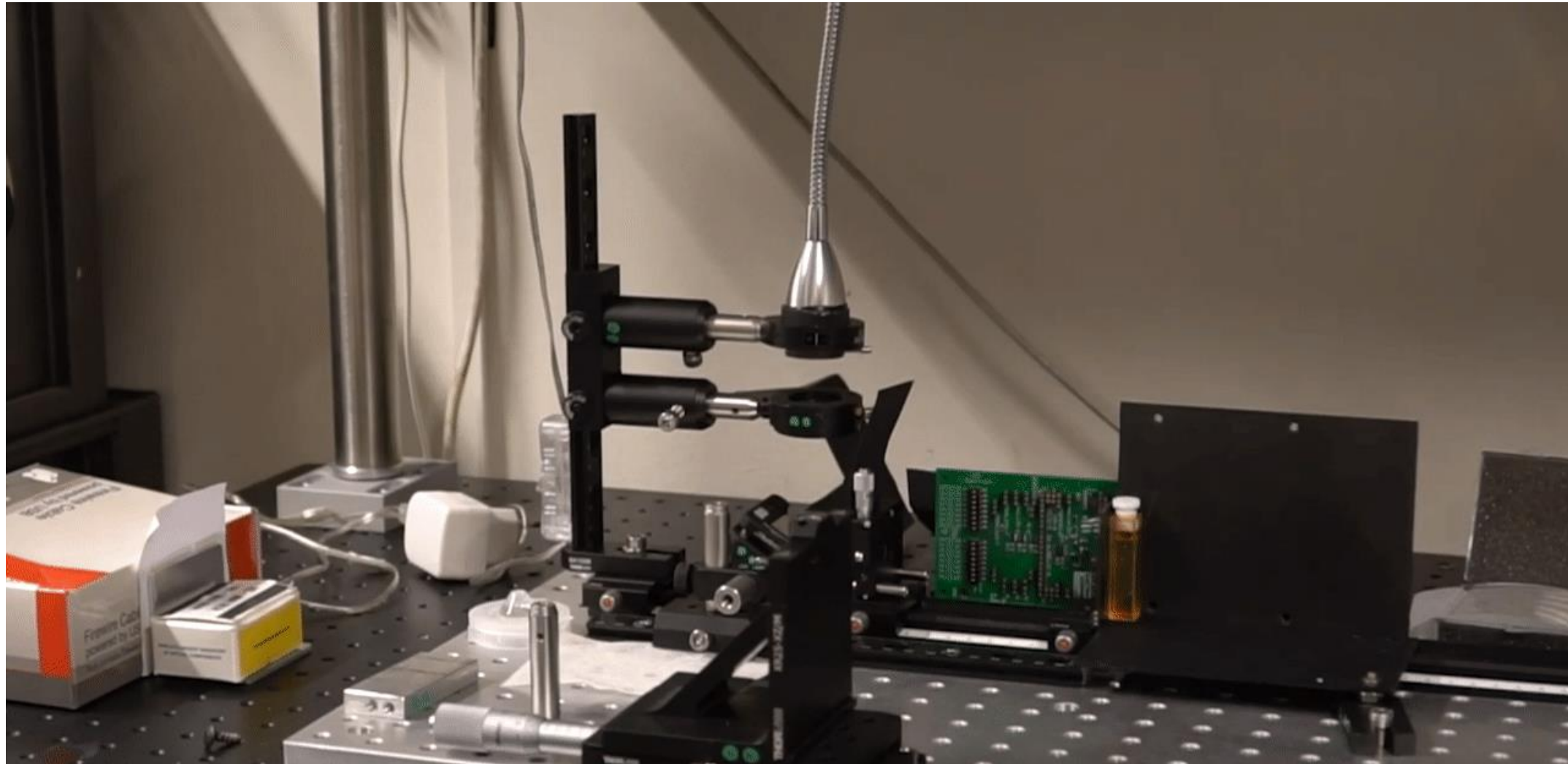
激光的安全 和防护



上海科技大学

物质学院

光子与凝聚态学部



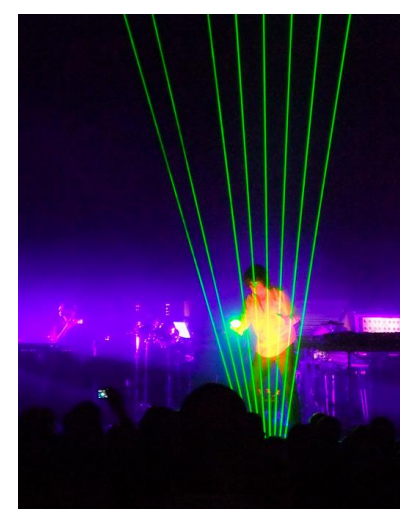
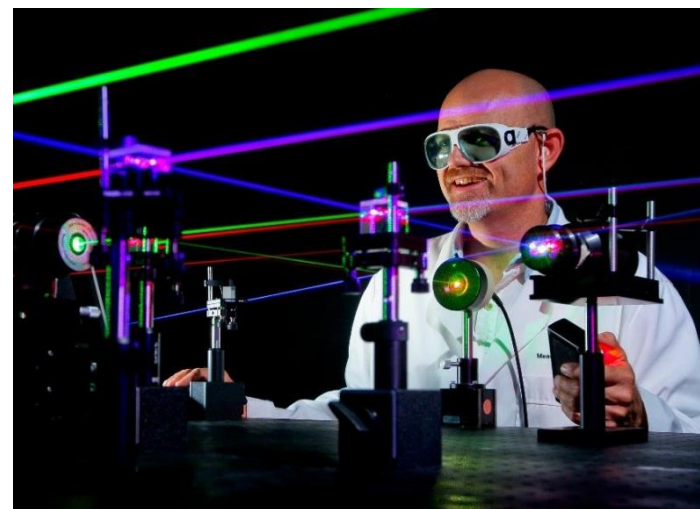
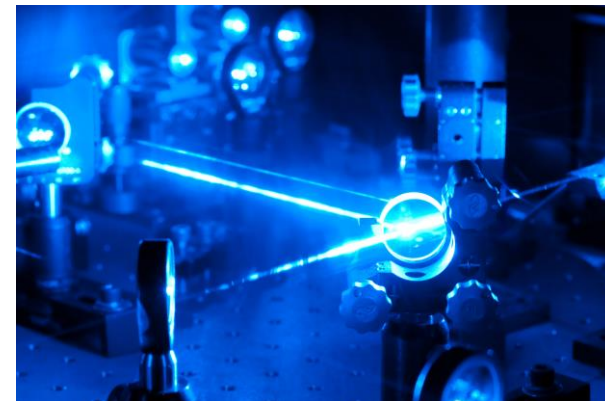
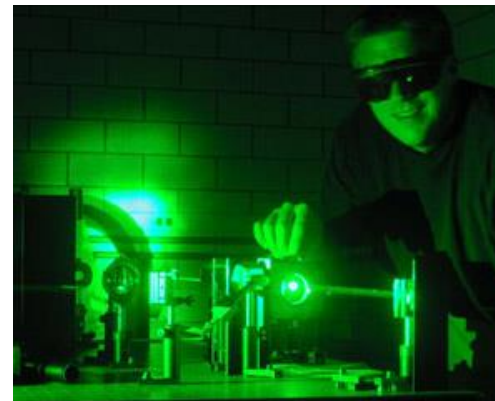


➤ 激光产品的分类

➤ 激光辐射的危害

➤ 激光安全防护措施

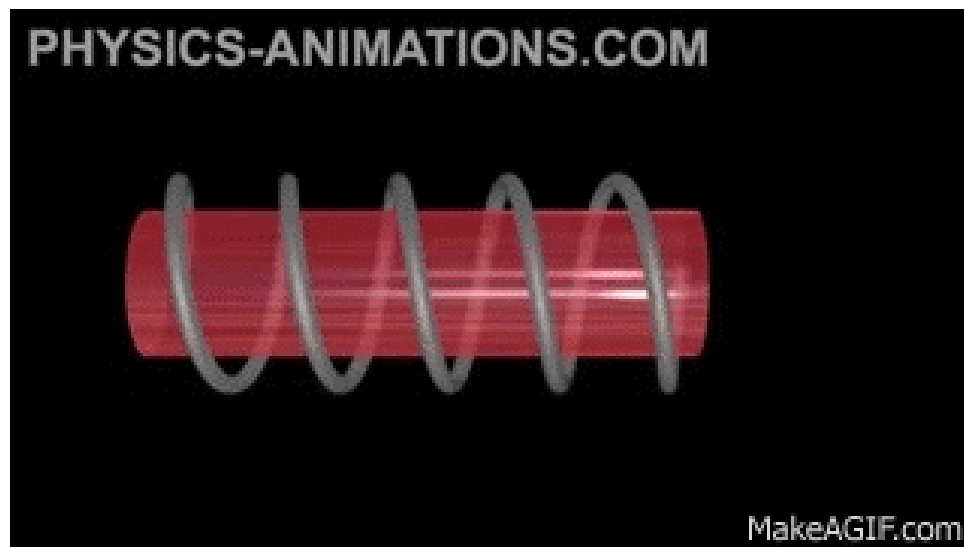
➤ 激光安全标记





激光产品的分类

- 产生激光的介质主要有四种类型，固体（晶体、玻璃等）、气体（原子气体、离子气体、分子气体）、液体（有机或无机液体）和半导体。这些激光介质发射出的激光覆盖了电磁波的大部分范围，可以从远紫外（100nm）波段到远红外（20mm）波段。
- 激光与普通光相比具有几个重要的特性：单色性、相干性、亮度特性及定向性等。





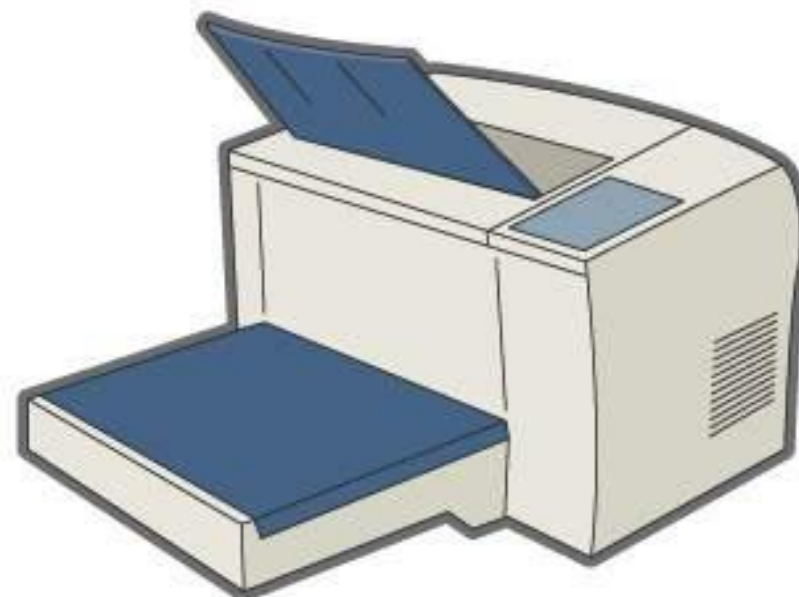
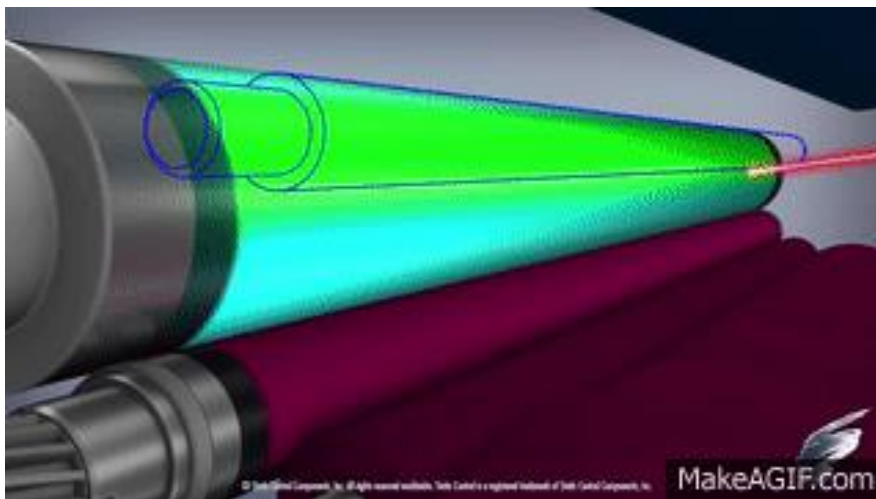
激光产品的分类

- 国际电工委员会（IEC）：制定和管理国际激光安全标准，IEC 60825-2007
- 美国：美国国家标准协会（ANSI）激光安全委员会制定 Z136-2000标准
- 中国：
 - a) 激光产品的辐射安全：GB7247.1-2001
 - b) 激光防护设备的安全标准：GB18151-2000
 - c) 激光安全标志标准：GB18217-2000
 - d) 激光作业场的安全标准：GB10435-1989
 - e) 军用激光安全标准共45项



激光产品的分类

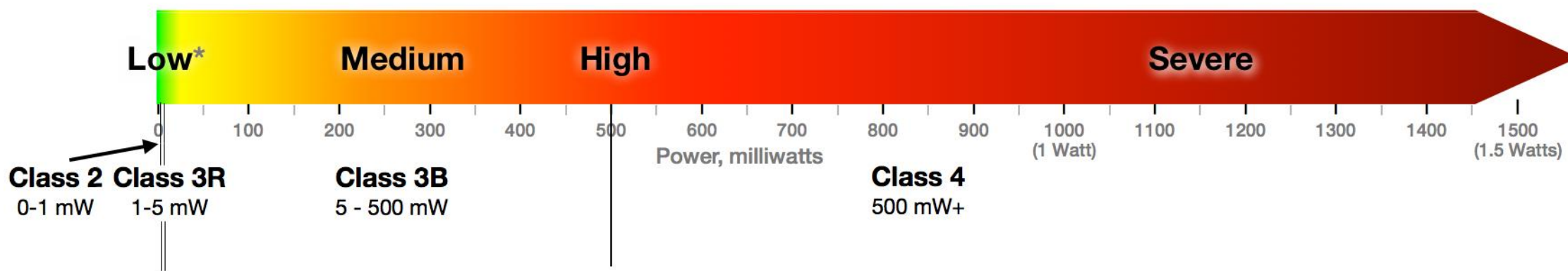
- 激光产品的分类 (GB 7247.1-2001)
- 1类激光: 其连续波功率很小, 只达微瓦或亚微瓦级, 正常运行条件下不会产生危害, 一般不必采取防范措施。
- 例如: 激光打印机等。





激光产品的分类

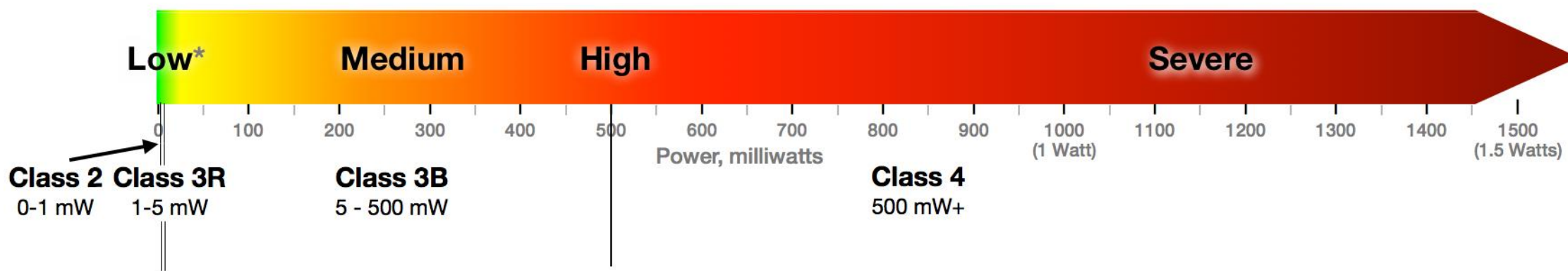
- 激光产品的分类 (GB 7247.1-2001)
- 2类激光: 功率为 (0.1-1) mW, 仍属小功率范围, 可以用肉眼观察。其输出剂量不超过1类激光源的最大允许辐射剂量, 虽不是绝对安全的, 但眼睛对这类激光源看久了会自动生厌 (眨眼) 而自我保护。
- 例如: 游戏用激光枪、激光棒及条码扫描器等。





激光产品的分类

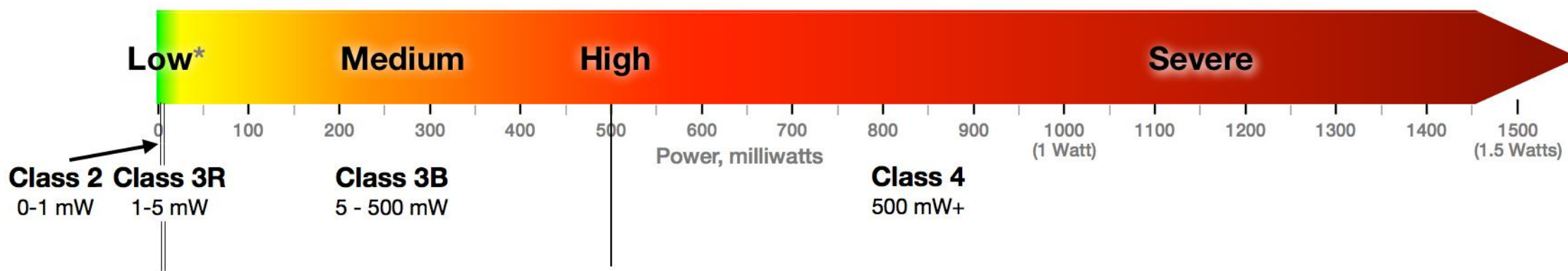
- 激光产品的分类 (GB 7247.1-2001)
- 3A类激光: 其连续波输出功率达 (1-5) mW, 通常应加防护措施, 其工作区及激光源本身均应挂相应的警告标记, 另外, 利用光学仪器直视这类激光源会对眼睛带来危害, 也应加强防护。
- 例如: 激光棒及直线校准仪器。





激光产品的分类

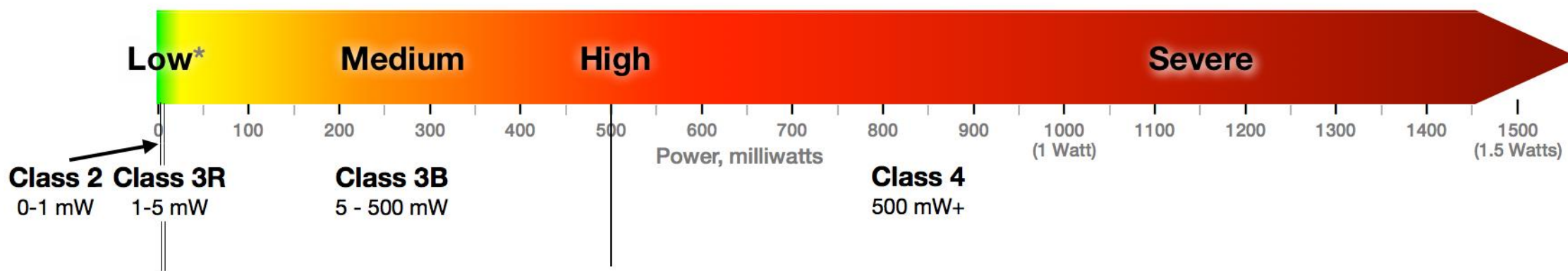
- 激光产品的分类 (GB 7247.1-2001)
- 3B类激光: 其输出功率为 (5-500) mW, 直接靠近这类激光源会对身体有危害; 通过漫反射器观看这类激光源, 距离在150mm以上。观看时间短于10s则是安全的。此类激光源应设警告标记。
- 例如: 用于物理治疗的激光治疗仪等。





激光产品的分类

- 激光产品的分类 (GB 7247.1-2001)
- 4类激光: 激光输出功率在0.5W (**脉冲激光是峰值功率**) 以上, 即使通过漫反射也有可能引起危害, 会灼伤皮肤, 引燃可燃物。用户操作这类激光源时应特别小心。这类激光源应配备明显的警告标记。
- 例如: 大功率激光表演机、激光工业加工机等。





激光辐射的危害

- 直接激光辐射：对视力造成永久性伤害甚至失明。
- 直接的激光辐射：灼伤人的皮肤（特别是紫外到蓝光波段）
- 强烈的激光辐射：干扰人体的生物钟，产生头痛、乏力、记忆力衰退、激动、心悸、心率失常、血压失常等症状。
- 对脑和神经系统的影响：松果体素减少、节律紊乱。
- 损伤细胞膜，影响儿童发育，影响生殖系统。

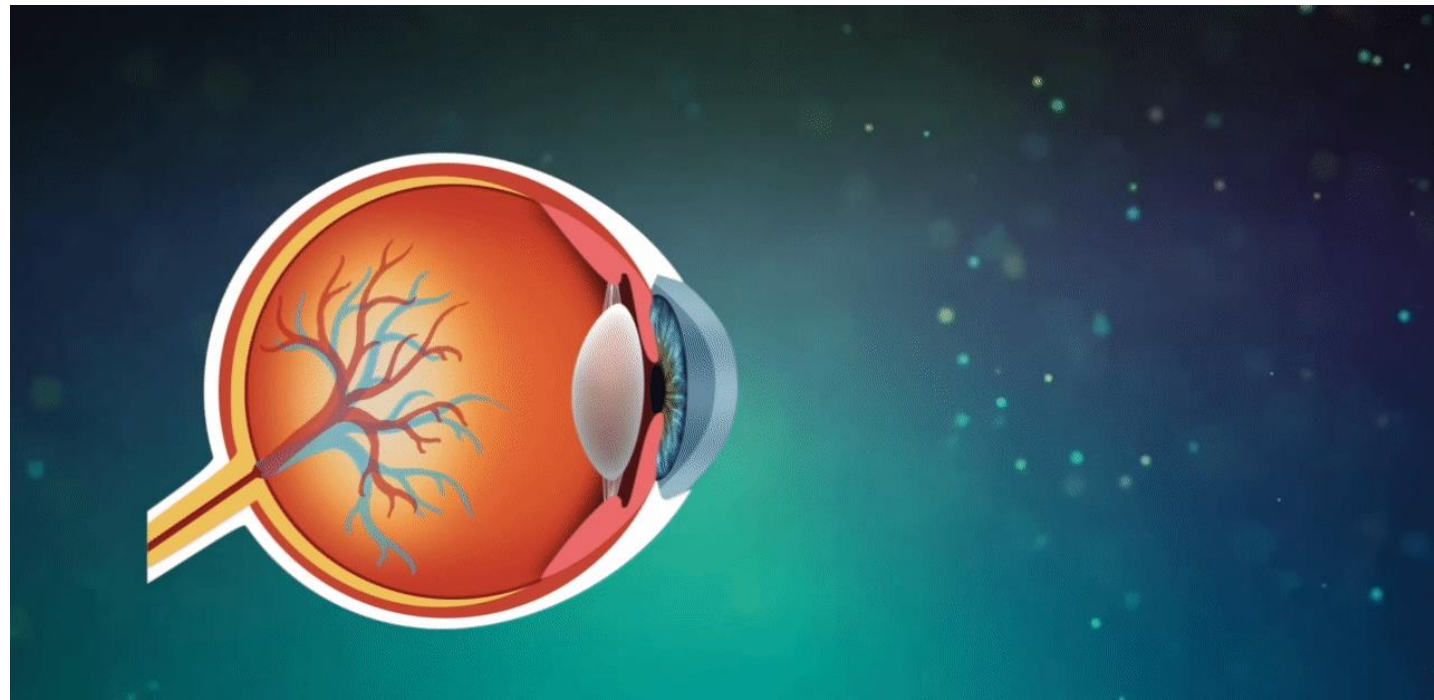
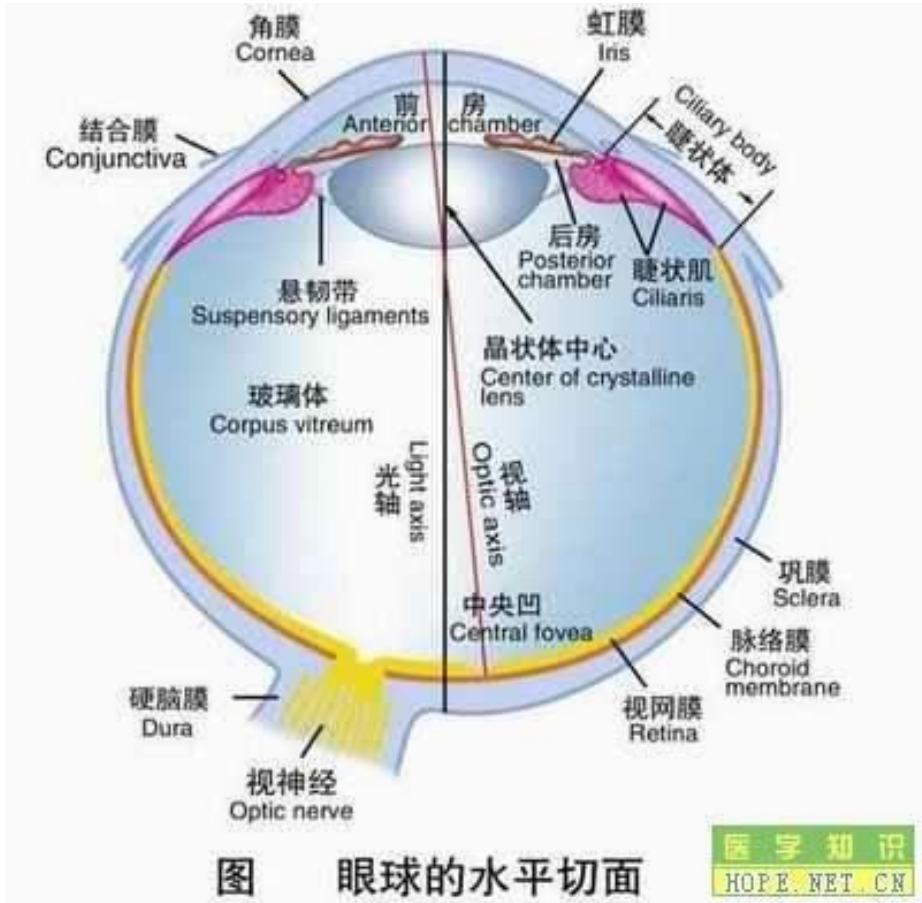




激光辐射的危害

激光辐射对眼睛的危害

激光对视觉的伤害是激光产品最大的潜在危害

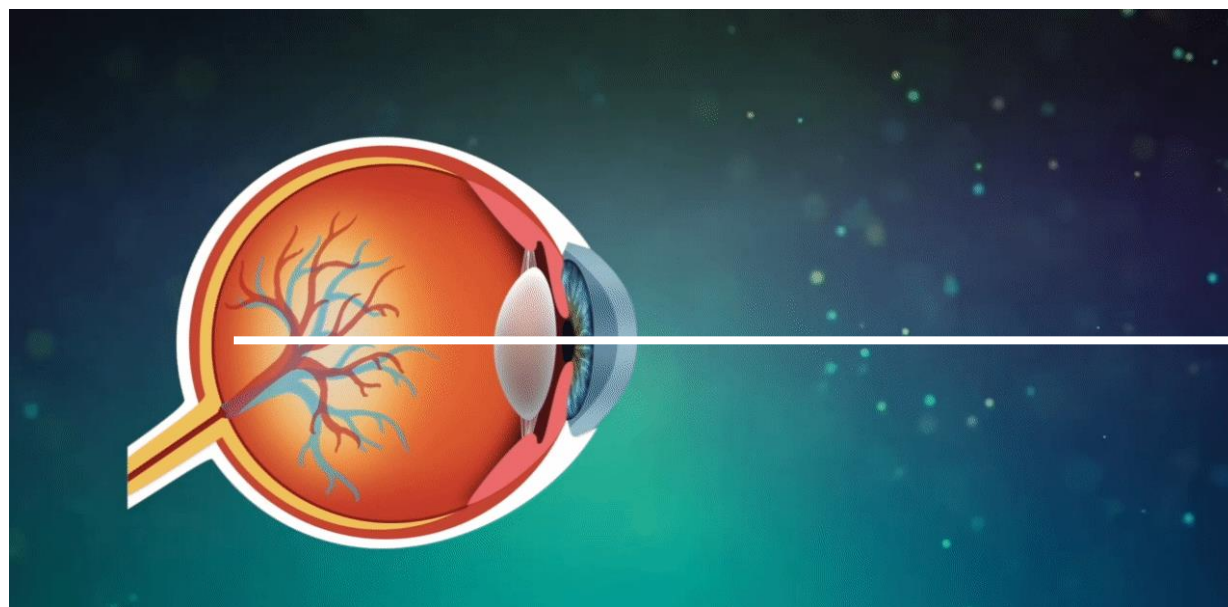




激光辐射的危害

激光辐射对眼睛的危害

- 激光入射角与眼伤害关系：激光不与视轴同步，偏离角度越大，视网膜的损伤越轻，虹膜可挡住偏离的激光而不会进入眼底。由于黄斑部位中央凹在视觉功能中起的作用极重要，而且这部位又最容易受损伤，所以直视激光束的危险程度要比偏离视轴一个角度射入眼睛的危险程度大很多，必须绝对避免。





激光辐射的危害

激光辐射对生物组织的基本影响

• 眼睛

180nm-315nm: 光致角膜炎

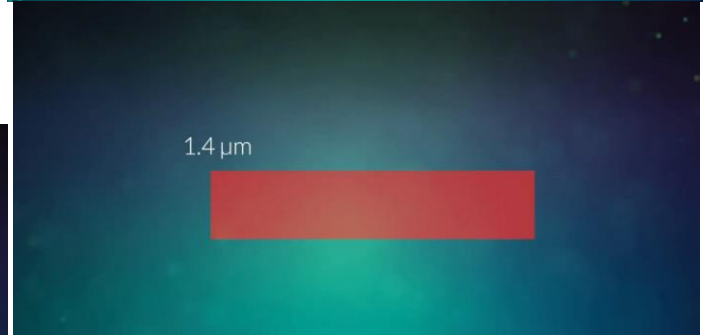
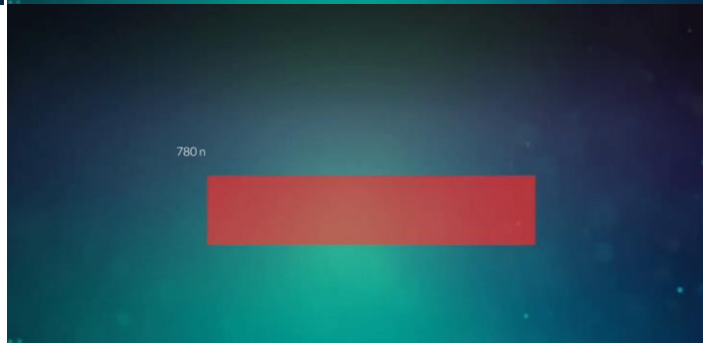
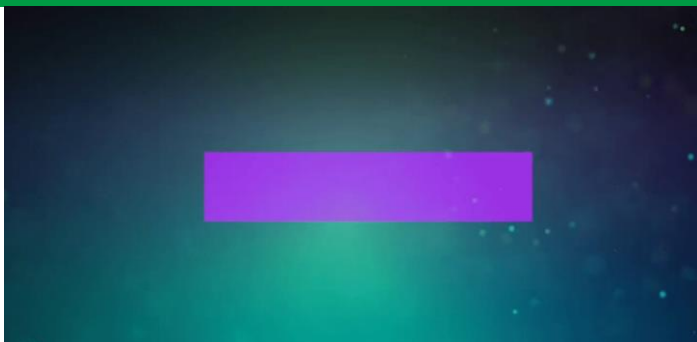
315nm-400nm: 光化学反应

400nm-700nm: 光化学和热效应所致的视网膜损伤

700nm-1400nm: 白内障、视网膜灼伤

1400nm-3000nm: 白内障、水分蒸发、角膜灼伤

3000nm-1mm: 仅为角膜灼伤





激光辐射的危害

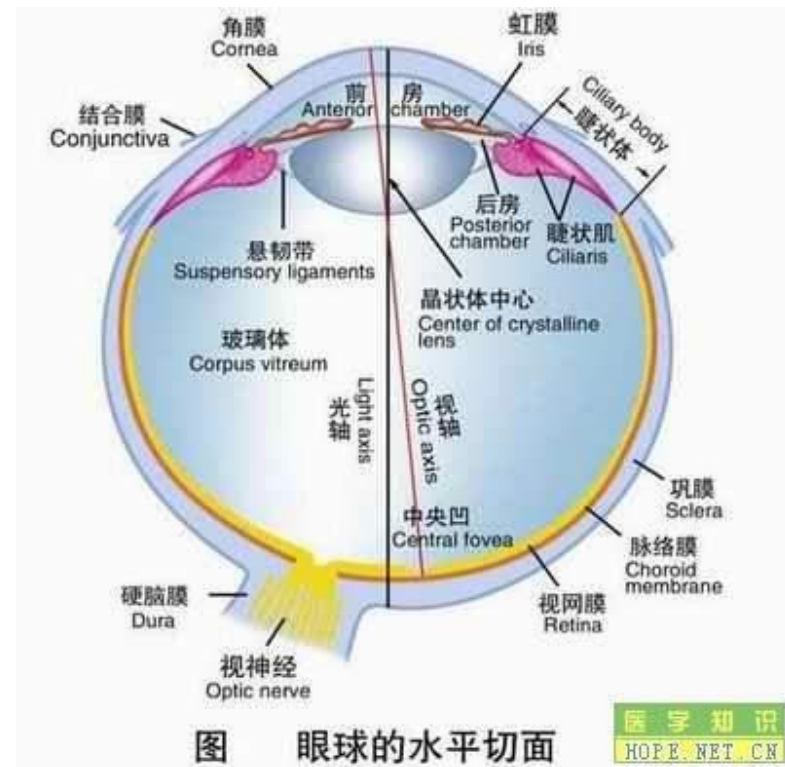
激光辐射对眼睛的危害

• 不同激光波长对眼睛的伤害

a) 可见光激光: 眼屈光介质(角膜、房水、晶状体)对可见光谱(400nm-700nm)的激光透过率很高, 吸收率低。造成眼底视网膜和脉络膜损伤。

b) 近红外、远红外激光: 1064nm激光(YAG、Nd玻璃)能量一半损伤屈光介质, 一半损伤视网膜。1060nm辐射(CO2激光)可完全被角膜吸收。

c) 紫外激光: 眼屈光介质透过率随波长变短迅速下降, 被角膜吸收, 引起角膜炎和结膜炎。





激光辐射的危害

激光辐射对眼睛的危害

- 瞳孔大小及损害程度：

- a) 缩小的瞳孔可以减少进入眼底的激光量。

- b) 瞳孔越大进入眼内的激光量越大，眼底损伤程度越重，越不可逆转。

- c) 在光线较暗的室内，瞳孔散开就大，在这样的环境中调试，使用激光器者，必须慎重保护眼睛。因此时眼睛的瞳孔处于最大状态，进光量少，也最容易伤害眼睛视网膜。缩小的瞳孔，除能减少进光量而外，瞳孔外的激光量可被虹膜吸收、而将热量由虹膜的微血管扩散转移。

- d) 一般人的眼睛在暗的环境时，瞳孔直径为7~8mm，在可见的强光下可以缩小到只有1.5mm，通常在白天瞳孔直径约2~3mm。因而，最大瞳孔与最小瞳孔之间的透光面积相差20倍以上。

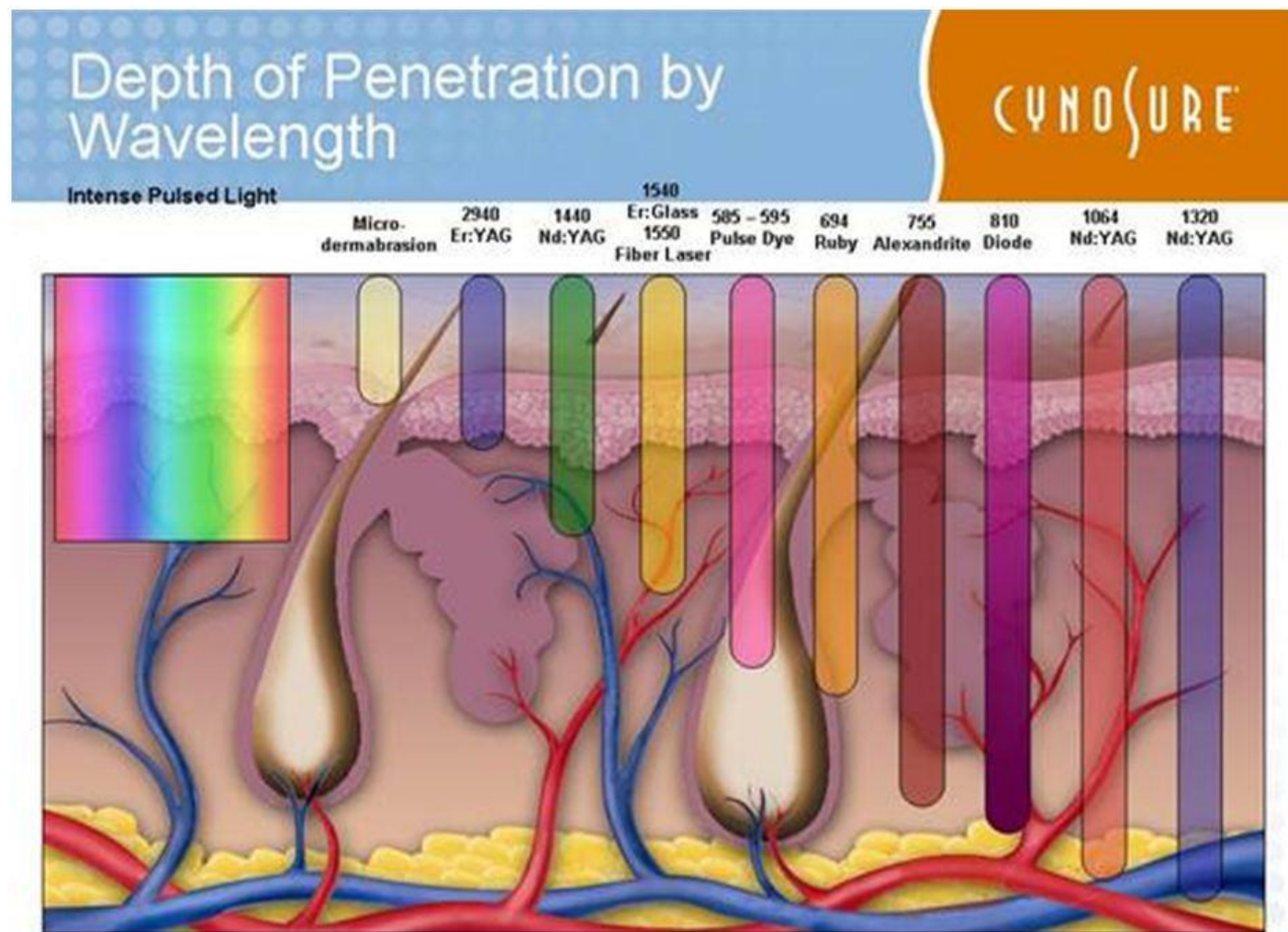




激光辐射的危害

激光辐射对皮肤的危害

- 与激光对眼睛的损伤相比激光对皮肤的损伤要轻得多。激光对皮肤的损伤程度与激光的照射剂量、激光的波长、肤色深浅、组织水分以及皮肤的角质层厚薄诸因素有关，以前三个因素为主要。





激光辐射的危害

激光辐射对生物组织的基本影响

180nm-280nm: 红斑 (阳光灼伤)、加速皮肤的老化、色素沉着

280nm-315nm: 色素沉着、暗色、光敏感作用、皮肤灼伤

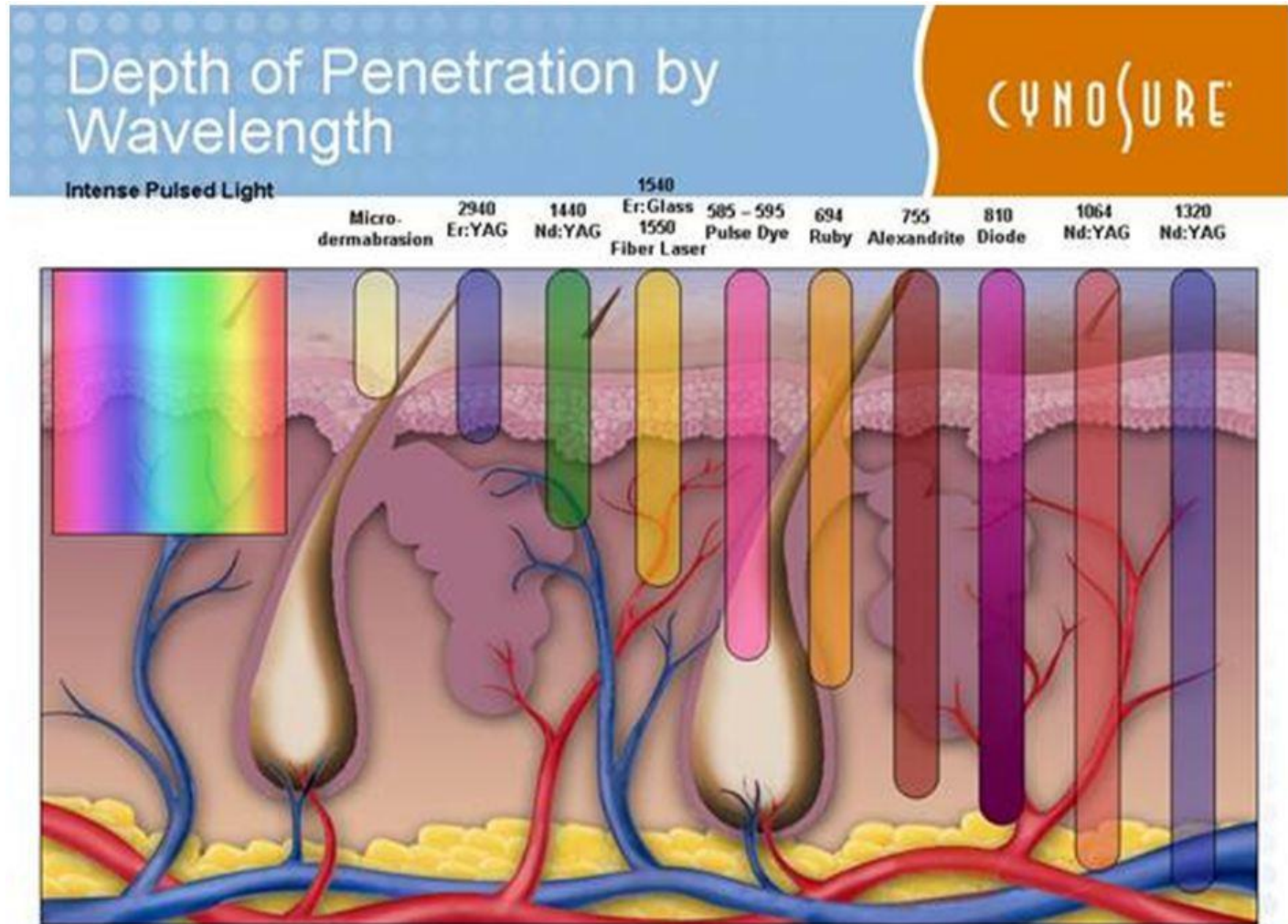
315nm-400nm: 暗色、光敏感作用、皮肤灼伤

400nm-700nm: 暗色、光敏感作用、皮肤灼伤

700nm-1400nm: 皮肤灼伤

1400nm-3000nm: 皮肤灼伤

3000nm-1mm: 皮肤灼伤





激光辐射的危害

激光辐射对皮肤的危害

- 激光波长与皮肤损害程度的关系：

a) 红外激光对皮肤主要作用是热烧伤，此类激光照射皮肤，功率比较小时致毛细血管扩张，皮肤发红发热。随着激光功率密度增大，热损伤程度也随着增大。

b) 紫外激光对皮肤的作用主要是光作用，在紫外激光照射皮肤时可以引起皮肤红斑、老化，过量时严重的致癌变。对皮肤危害性最大的紫外光波在270~290nm，波长比270~290nm大的或小的其危害程度都相对地减少。





激光辐射的危害

激光剂量与皮肤损害程度的关系：

- a) 激光损伤皮肤的机理主要是激光的热作用。
- b) 照射皮肤时使用的激光功率密度（或能量密度）越大，则皮肤受到的损伤越大，二者呈正相关比例。
- c) 皮肤吸收超过安全阈值的激光能量后，受照部位的皮肤将随剂量的增大而依次出现热致红斑、水泡、凝固及热致炭化、沸腾，燃烧及热致汽化。
- d) 皮肤对 $10.6\ \mu\text{m}$ 波长红外激光吸收率很高，透过率很低，皮肤对 CO_2 激光产生强烈吸收，使皮肤的局部温度快速升高，极易造成损害。





激光辐射的危害



使用激光产品的其它伴随危害

- 大气污染：激光加工产生的靶材气化和反应产物（佩带口罩）。
- 伴随辐射危害：由闪光灯等泵浦源引起的紫外、可见及红外辐射。
- **电气危害：激光器电源，有的可达几万伏。**
- 低温制冷剂：低温液体引起皮肤灼伤；
- 材料加工：废气、飞溅物。
- 其他危害：高功率激光系统的电容器组、光泵系统爆炸危险。





激光安全防护措施

用户安全防护措施

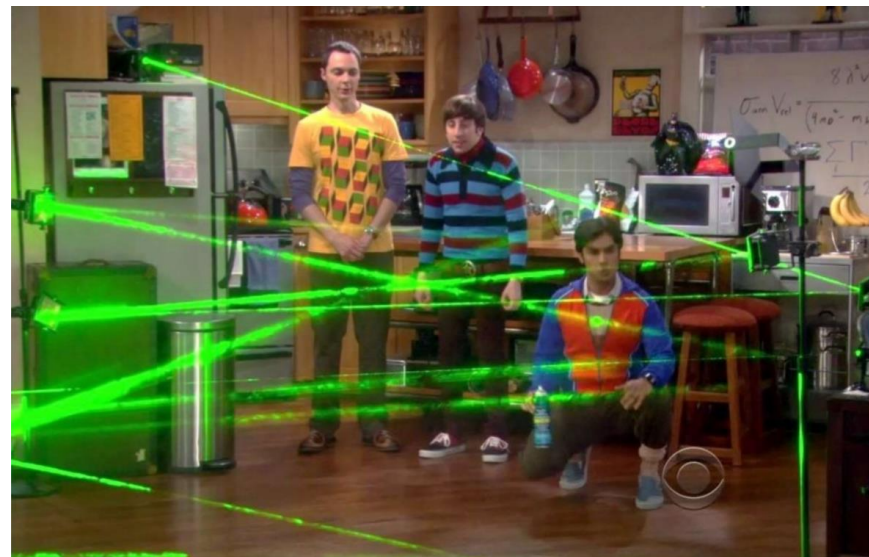
- 管理使用激光器必须由专业（职）人员进行，未经培训教育人员不得擅自开启使用激光器。
- 在激光设备的触发系统上装设联锁钥匙开关，确保只有用钥匙打开联锁开关以后才能触发启动，拔出钥匙就不能启动。
- 对于安放激光器的房间要有明亮的光线，人在明亮光线的环境中，眼睛的瞳孔缩小，以防在激光光束射入眼睛时可减少透射到视网膜上的进光量。
- 对于安放激光器的高度，激光束路径应避开正常人站立或坐着时的眼睛的水平位置，眼睛的视轴不能与出光口平行。



激光安全防护措施

用户安全防护措施

- 在存放使用的激光器房间内不准把激光束对准人体，尤其是眼睛。因为激光对眼睛的损伤要恢复极其困难，均为永久性损害。
- 在开动激光器之前，必须告诫现场中人员可能出现的危害，并戴上安全防护眼镜。
- 在有强激光器的工作区内外明显的位置上及激光实验室的房门上张贴出危险标记。

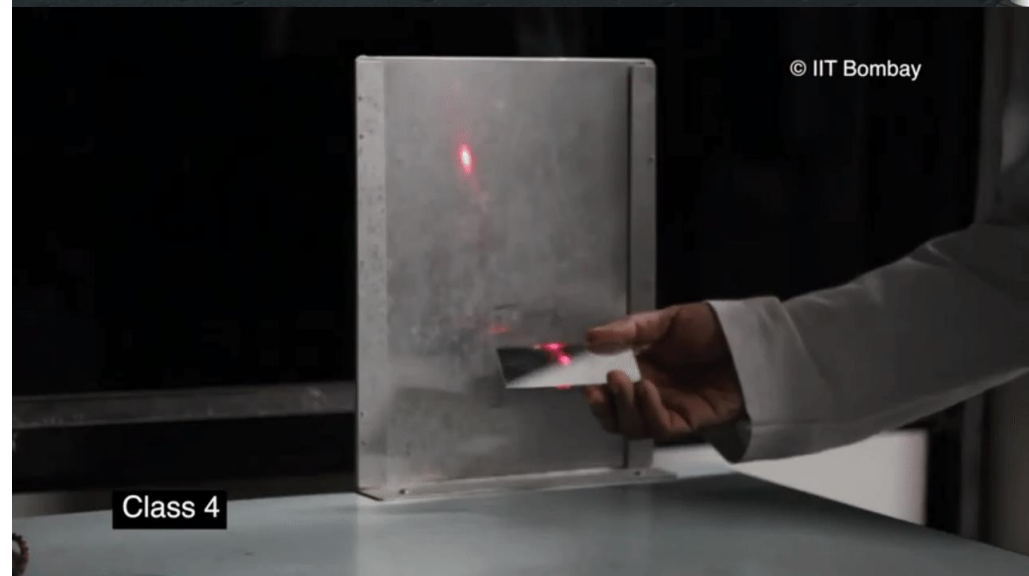
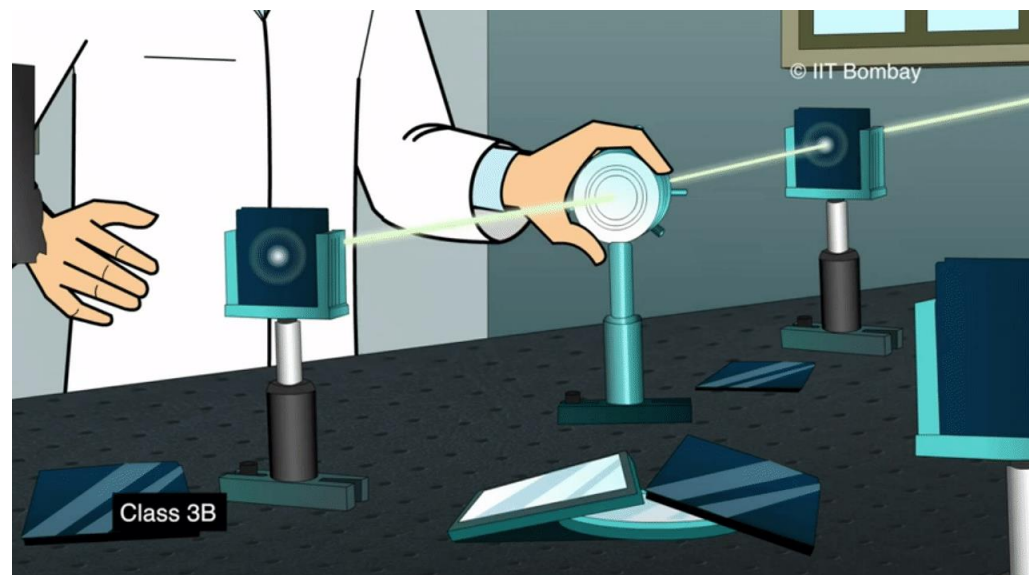




激光安全防护措施

用户安全防护措施

- 激光受控区
 - a) 必须只能在一定的区域内使用激光设备。
 - c) 房间不应透光，以阻止有害激光束泄漏出去。同时设立紧急开关，使得处于危险情况下时能将激光器停止发射。
 - d) 在激光系统周围不要放置有镜面反射作用的物品。
 - e) 严格禁止与工作无关的人员进入激光控制区。

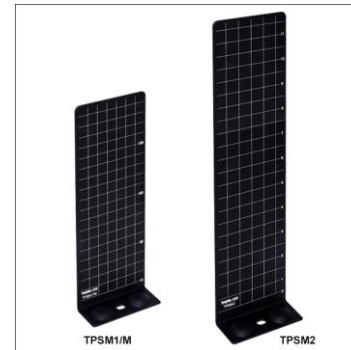




激光安全防护措施

用户安全防护措施

- 调试激光器
 - a) 调试激光器的光学系统时采取严格的防护措施，保证人的眼睛不受到原激光束及镜式反射束的照射。即视轴不与原光束及镜反光束同轴。
 - b) 调试激光器使用的反射镜、透镜及分束器等光学元件尽可能安装牢固。
 - c) 对于3B类激光器要尽可能使激光束末端终止于漫反射材料，使反射危害最小。
 - d) 对于4类激光器一定要提供合适的光束终止器，最好是充分冷却的金属或石墨靶标。



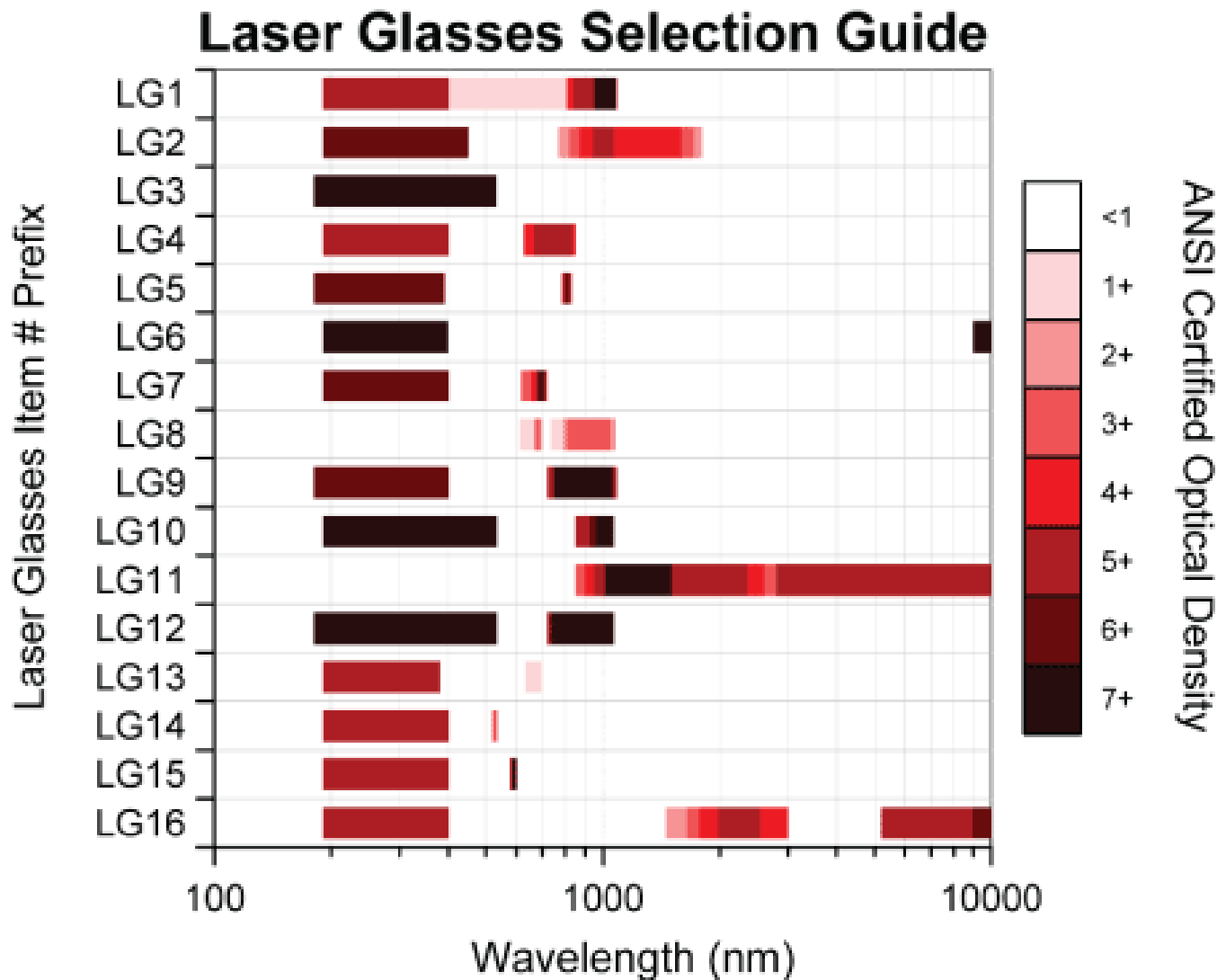


激光安全防护措施

用户安全防护措施

- 眼睛的保护
 - a) 在采取以上措施以后，人眼还可能受到超安全标准值的激光照射时，必须根据此类激光器的波长，选用光密度合适的防护眼镜加强保护眼睛。

b) 不能完全依赖防护镜，即使佩带防护镜也不能直视激光束。





激光安全防护措施

激光防护服的选择

- 尽可能为受到超过皮肤MPE值的辐射照射的工作人员提供适宜的防护衣。
- 防护服宜用合适的耐火、耐热材料制成。
- 防护服尽量不要暴露皮肤。





激光安全标记

激光安全标记的定义

- 安全标记 (safety signs)

用以表达特定安全信息的标记，由图形符号、安全色、几何形状（边框）或文字构成。

- 警告标记 (warning signs)

提醒人们对周围环境引起注意，以避免可能发生危险的图形。

- 说明标记 (explanatory signs)

提供特定提示信息（标明安全分类或防护措施等），由几何图形边框和文字构成。



激光安全标记

激光辐射警告标记

激光辐射警告标记图形为正三角形外框，中间为一同心圆，该同心圆向外呈太阳辐射状的一条长线，若干中线和短线组成。

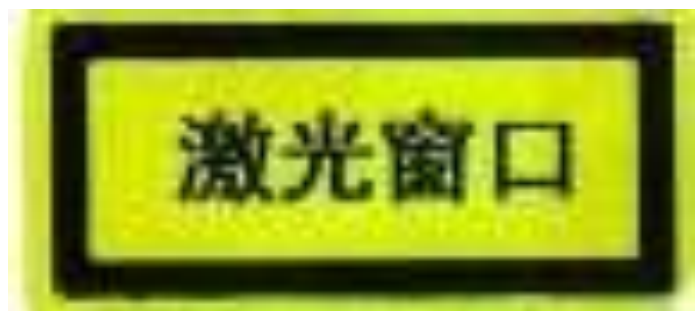




激光安全标记

激光辐射窗口标记

激光辐射标记为黄底、黑框的长方形，黑框内有“激光窗口”文字。每台3B类和4类激光产品应在有激光辐射的窗口附近贴有以下标记。

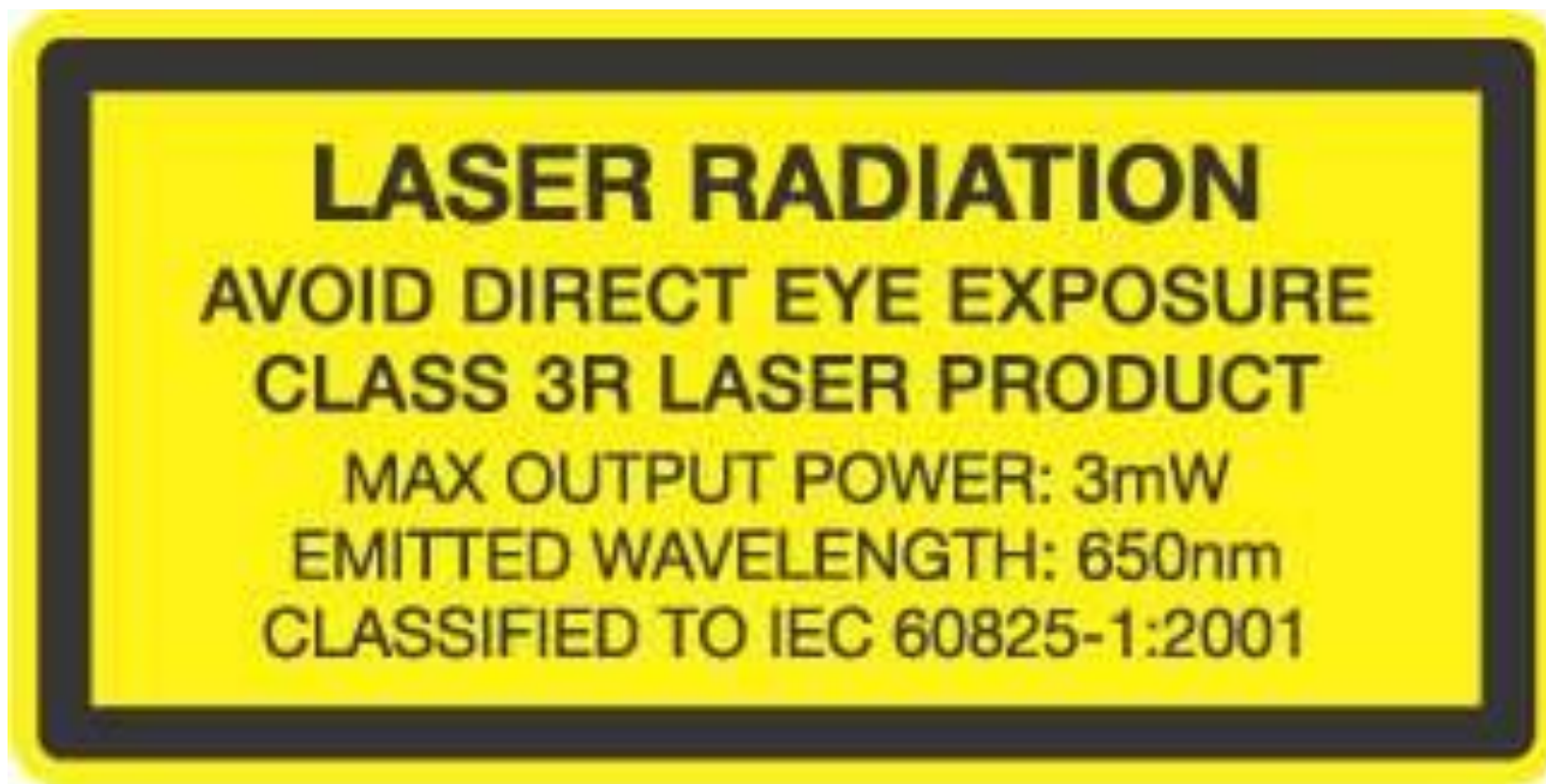




激光安全标记

激光说明标记

激光说明标记为黄底、黑框的长方形，黑框内有说明文字。



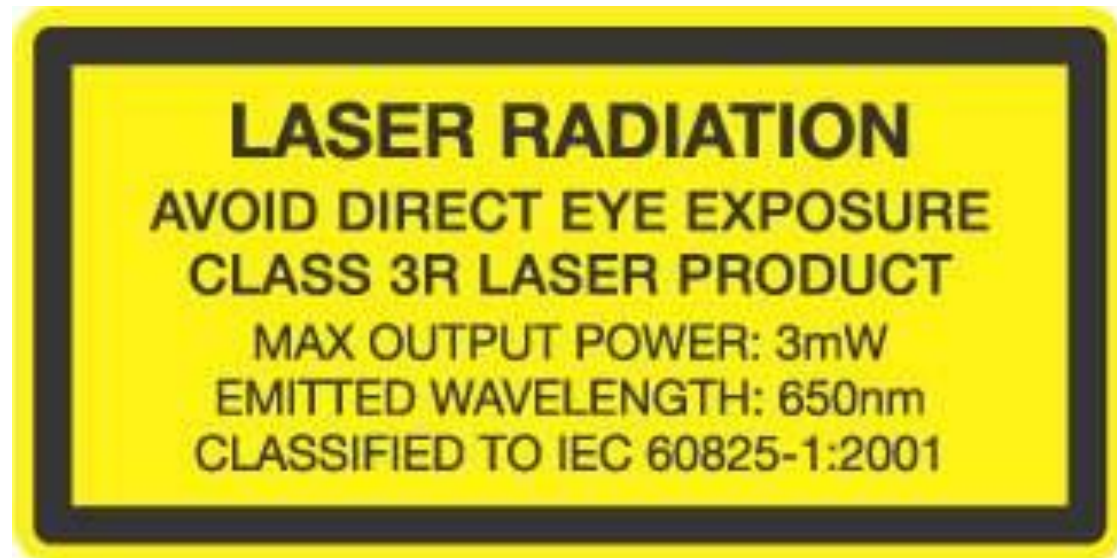


激光安全标记

辐射输出和标准说明标记

除1类激光产品外,需注明:

- 激光辐射最大输出
- 脉宽
- 激光发射波长
- 激光产品分类所依据的标准及出版日期





激光安全防护措施

用户安全防护措施

- 正确使用各类警示、安全标记

a) 在激光设备外壳和操作面板的显眼位置张贴警告标记，根据激光器的具体危害程度的大小采用符合标准的标记，以醒目为好。

b) 3B类和4类激光产品工作区或其防护围封的入口处，宜加贴相应的警告标志。

Class 1		Class 2		Class 3		Class 4
Class 1	Class 1M	Class 2	Class 2M	Class 3R	Class 3B	Class 4
Class I	No special FDA class	Class II	No special FDA class	Class IIIa (definition is different but results are similar)	Class IIIb	Class IV
For visible light, emits beam less than 0.39 milliwatts, or beam of any power is inside device and is not accessible during operation. No special caution/warning indication		Emits visible beam of less than 1 milliwatt. No special caution/warning indication		For visible light, emits beam between 1 and 4.99 milliwatts.	For visible light, emits beam between Class 3R limit (e.g. 5 milliwatts) and 499.9 milliwatts	For visible light, emits beam of 500 milliwatts (1/2 Watt) or more
	DO NOT VIEW DIRECTLY WITH OPTICAL INSTRUMENTS	DO NOT STARE INTO BEAM	DO NOT STARE INTO BEAM OR EXPOSE USERS OF TELESCOPIC OPTICS	CAUTION AVOID DIRECT EYE EXPOSURE	WARNING AVOID EXPOSURE TO BEAM	DANGER AVOID EYE OR SKIN EXPOSURE TO DIRECT OR SCATTERED RADIATION



激光安全标记

1类激光产品说明标记





激光安全标记

2类激光产品说明标记





激光安全标记

3A类激光产品说明标记





激光安全标记

3B类激光产品说明标记





激光安全标记

4类激光产品说明标记





激光安全标记

激光辐射场所安全说明标记

说明文字一般为：

- 激光辐射
- 避免激光束照射
- 进入时请带好防护眼镜
- 避免眼或皮肤受到直射或散射激光的照射
- 激光工作
- 未经允许不得入内



四级激光器控制区

避免激光直接照射或散射对皮肤和眼睛造成的伤害



禁食



防护镜



防护服

飞秒激光器

中心波长：800 纳米
脉冲宽度：35 飞秒
峰值能量：7毫焦

激光安全员：刘伟民. 教授 (电话:20685332)



Class 4 Laser Controlled Area

Avoid eye or skin exposure to direct or scattered radiation



No Food



Eye protection



Wear protective clothing

Femtosecond Laser

Center Wavelength: 800 nm
Pulse Duration : 35 fs
Peak Power: 7mJ

Laser Safety Officer: Prof. Weimin Liu (Phone:20685332)



激光安全标记



四级激光器控制区

避免激光直接照射或散射对皮肤和眼睛造成的伤害



禁食



防护镜



防护服

飞秒激光器

中心波长：800 纳米

脉冲宽度：35 飞秒

峰值能量：7毫焦

激光安全员：刘伟民. 教授 (电话:20685332)



激光安全标记



Class 4 Laser Controlled Area

Avoid eye or skin exposure to direct or scattered radiation



No Food

Femtosecond Laser

Center Wavelength: 800 nm

Pulse Duration : 35 fs

Peak Power: 7mJ

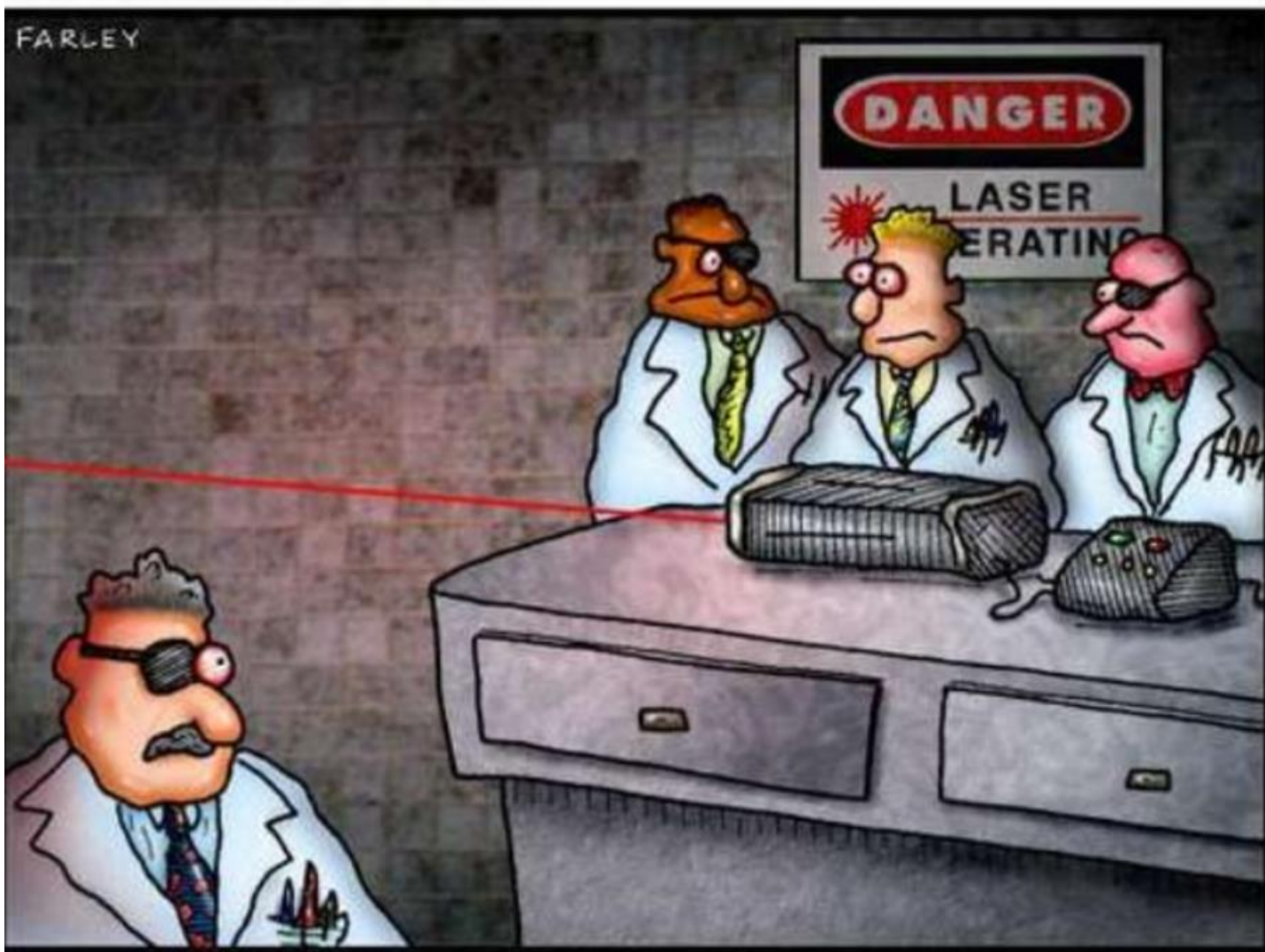


Eye protection



Wear protective
clothing

Laser Safety Officer: *Prof. Weimin Liu (Phone:20685332)*



谢谢!