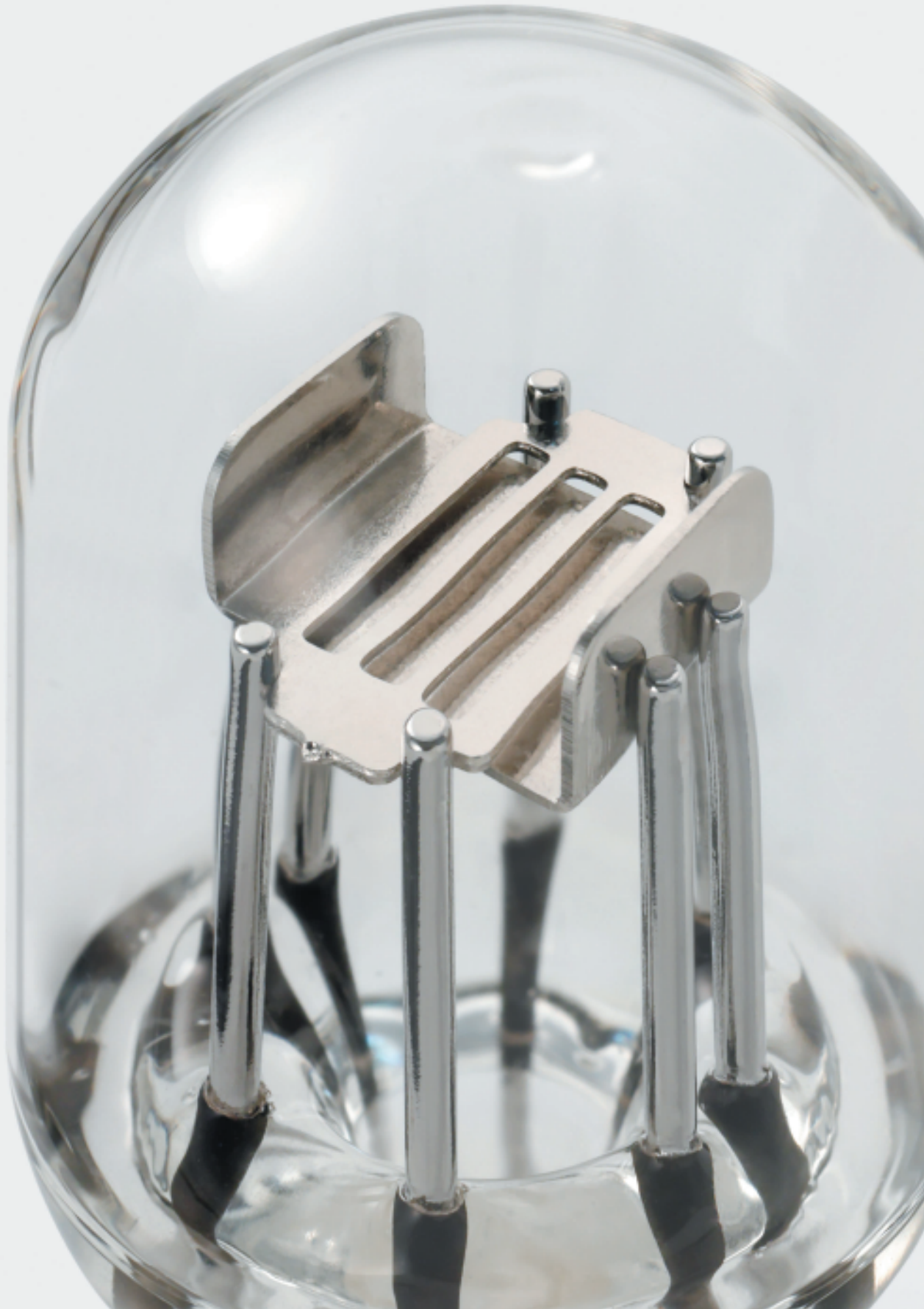


技术资料

UVTRON[®]

火焰、放电探测器



UVTRON[®] 火焰、放电探测器

UVTRON[®] 是对波长 185 nm ~ 260 nm *¹ 的紫外线具有灵敏度的探测器。

具有高灵敏度、高速响应的特点，适用于放电及火焰的检测。

*1: Ni 电极时



1/	结构及工作原理	P04
2/	灵敏度波长范围和日盲特性	P05
	2-1 灵敏度波长范围和玻璃、电极材质	
	2-2 日盲特性	
3/	电路	P06
	3-1 电路	
	3-2 CR 灭弧电路	
	3-3 DC-DC 高压电源电路	
4/	灵敏度	P10
	4-1 入射光量的稳定性和饱和性	
	4-2 供电电压和灵敏度	
5/	背景干扰 (BG)	P12
6/	信号处理电路	P13
7/	寿命	P14
8/	注意事项	P15

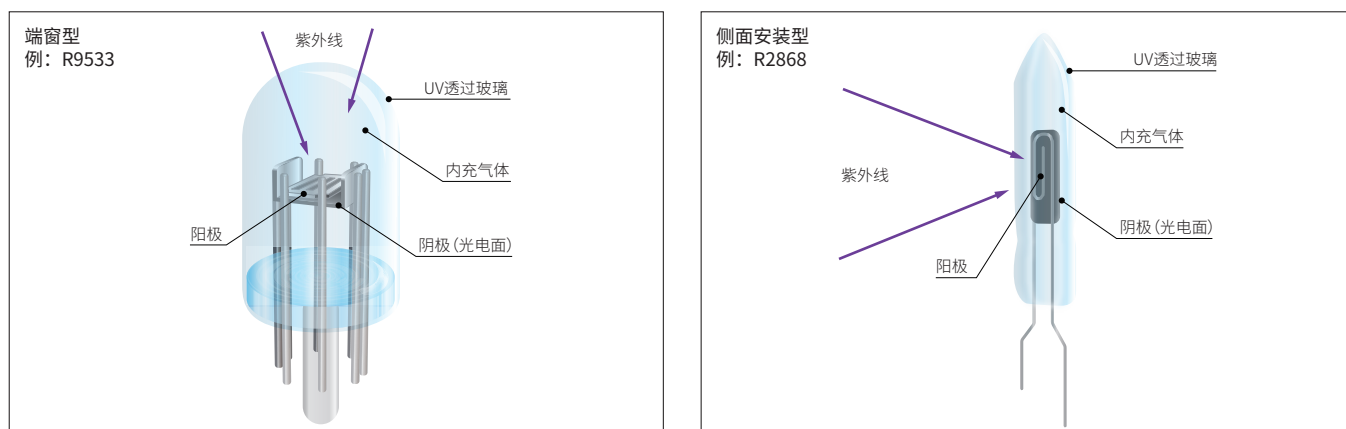
1 结构及工作原理

UVTRON® 是在紫外线入射时放电的一种充气放电管，将放电时产生的电流作为信号输出。

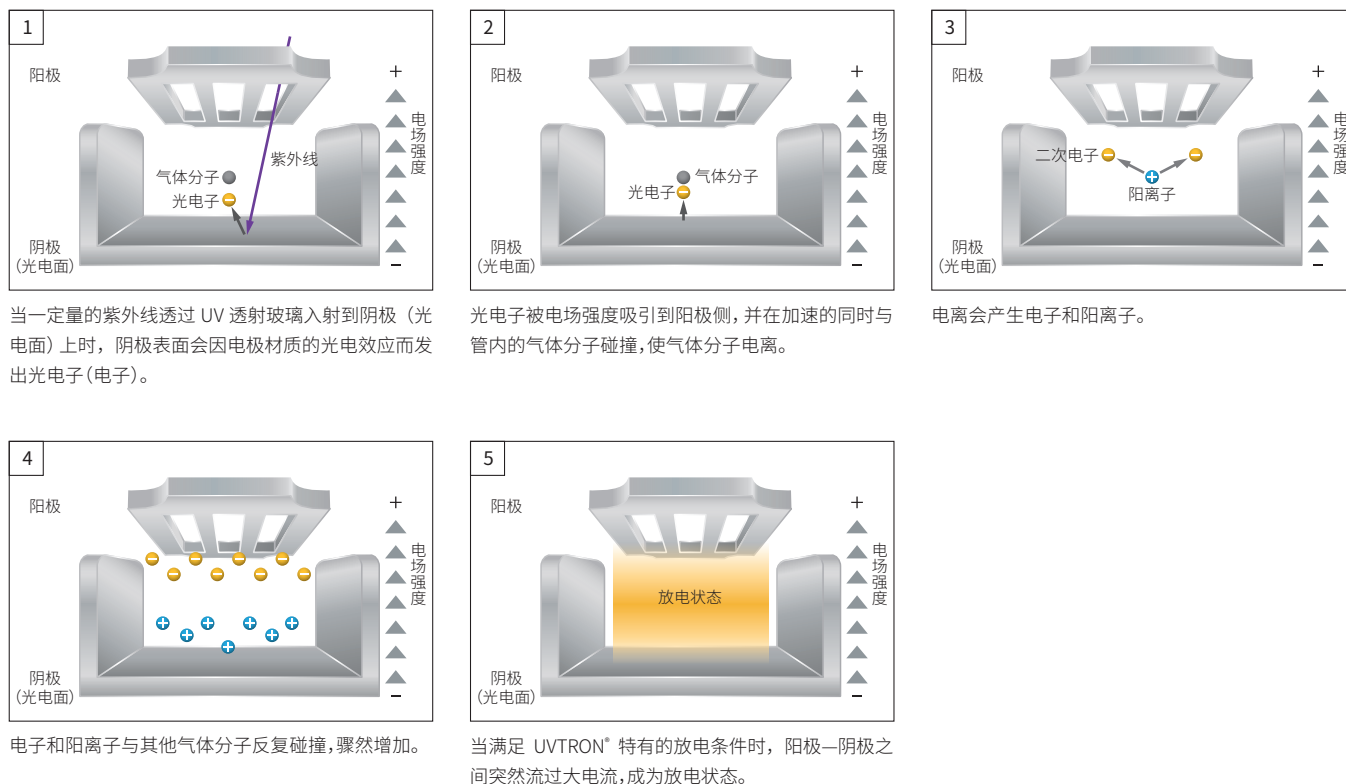
给 UVTRON® 的阳极和阴极（光电面）施加超过开始放电电压的管电压（额定电压）。当一定量的紫外线透过 UV 玻璃入射到阴极（光电面）上时，阴极表面会因电极材质的光电效应而发出光电子（电子）。发出的光电子被电场能量吸引到阳极侧，并在加速的同时与管内的气体分子碰撞，使气体分子电离。然后电离产生的电子和阳离子与其他气体分子反复碰撞。结果，管内的电子和阳离子骤然增加，当满足 UVTRON® 特有的放电条件时，阳极—阴极之间突然流过大电流，成为放电状态。

当在 CR 灭弧电路（参照“3 电路”）的作用下工作时，只要有紫外光入射，UVTRON® 就会间歇性地产生放电现象，并提取放电电流作为脉冲信号。当不再有紫外线入射时，放电现象也同时停止。

■ 图 1-1 内部结构



■ 图1-2 工作原理

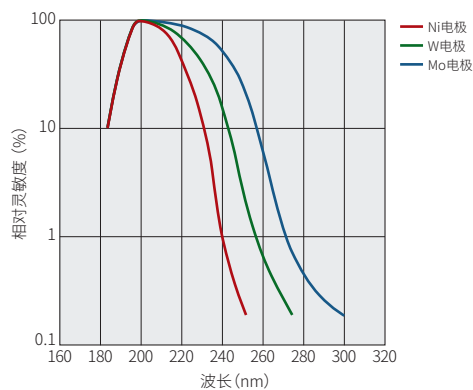


2 灵敏度波长范围和日盲特性

2-1 灵敏度波长范围和玻璃、电极材质

UVTRON® 可以检测的波长范围取决于短波长侧的 UV 透过玻璃的透射波长，以及长波长侧的电极材质的功函数。出于截止波长和耐久性的考虑，UVTRON® 使用 3 种电极材质：Ni（镍）、W（钨）和 Mo（钼）。

■图2 光谱灵敏度特性(典型值)



物质中的电子受到光的激发而发射到真空中的现象称为光电效应，发射出的电子称为光电子。该光电子的动能 (E) 与照射光的频率 (ν) 之间的关系如下列公式所示。

$$(1) \quad E = h\nu - e\Phi$$

h : 普朗克常数
 e : 电子的电荷
 Φ : 功函数

当照射光的频率降低时，假设光电子的动能 (E) 为 0，则光电子无法逃逸的极限频率 (ν_0) 如下。

$$(2) \quad \nu_0 = \frac{e\Phi}{h}$$

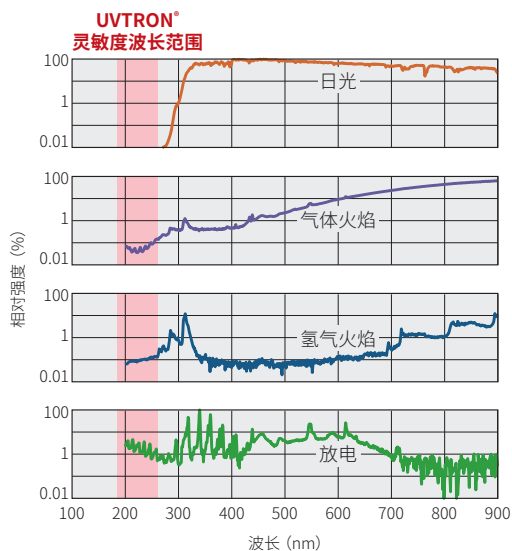
另外，由于波长 (λ) = 光速 (c) / 照射光频率 (ν)，因此截止波长 (λ_0) 使用以下算式表示。

$$(3) \quad \lambda_0 (nm) = \frac{hc}{e\Phi} = \frac{1240}{\Phi}$$

2-2 日盲特性

图 3 为表示太阳光、气体火焰、氢火焰和放电的光谱辐射照度，以及 UVTRON® (Ni 电极) 的灵敏度波长范围。UVTRON® 的灵敏度波长范围非常窄，为 185 nm ~ 260 nm，并且具有日盲特性，对来自太阳光的紫外线不敏感，因此无需使用光学截止滤光片等。

■图 3 光谱辐射照度(本公司测量值)



为了使 UVTRON® 正常工作,需要事先理解 UVTRON® 主体及其电路。
这里对各电路的工作原理进行说明。

3-1 电路

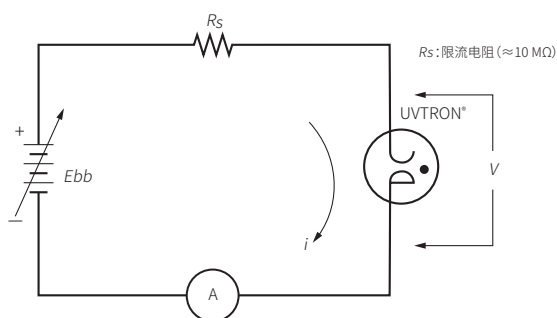
UVTRON® 将灵敏度定义为由紫外线入射形成的输出信号的计数。也有一些紫外线检测管将电流值定义为灵敏度,但由于 UVTRON® 使用冷阴极,因此出于寿命特性考虑而采用计数。UVTRON® 主体由于不具备暂时停止持续放电的灭弧功能,因此为了进行计数动作,需要在放电后立即使用供电电压电路从外部进行灭弧(通过降低供电电压而强制停止放电)。此外,由于 UVTRON® 是辉光放电,如果不灭弧而使其长时间放电,则会发生溅射,对产品的寿命产生严重影响。

如图 4 所示连接 UVTRON®,在通电状态下紫外线入射后,由于光电效应,阳极—阴极之间突然流过大电流,成为放电状态。此时的管电压称为放电开始电压(V_L)。但在图 4 中,UVTRON® 一旦开始放电,管内将充满电子和阳离子,阳极和阴极之间的电压比放电前要低。图 5 显示了这种情况。

图 4 中的限流电阻(R_s)表示为图 5 中的负载线,与 V-I 曲线的交点就是该基本驱动电路中 UVTRON® 的工作点。此时的管电压称为放电维持电压(V_s),用以下算式表示。

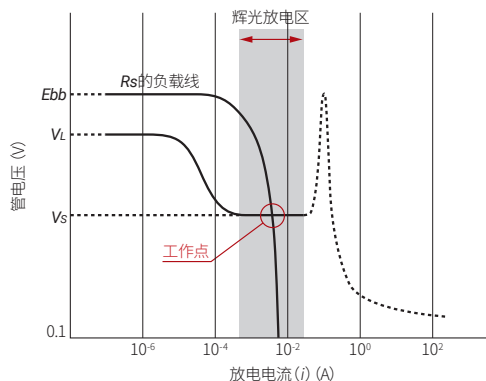
$$(4) \quad V_s = E_{bb} - R_s \cdot i$$

■ 图 4 基本驱动电路 电路构成



NOTE: 这是电路工作的电路构成。
为了使 UVTRON® 正常工作,
请参照“3-2 CR 灭弧电路”及“3-3 DC-DC 高压电源电路”中的电路构成。

■ 图 5 V-I (代表例)

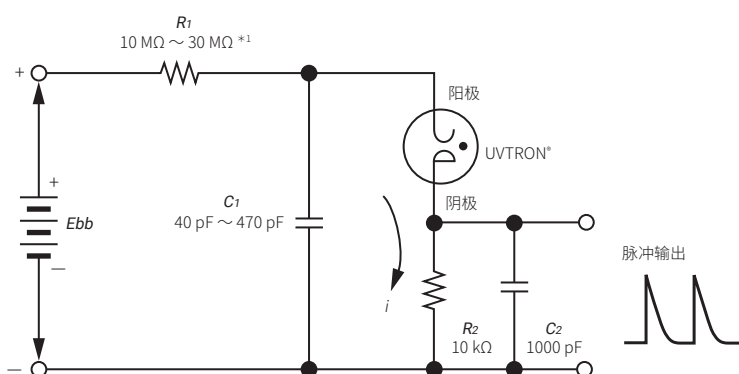


当 UVTRON® 的工作点在辉光放电区时,由于放电维持电压(V_s)低于放电开始电压(V_L),因此一旦开始放电,如果不将供电电压降至放电维持电压(V_s)以下,则会持续进行放电,UVTRON® 将无法正常工作。因此,UVTRON® 在工作时需要设计如上所述的外部灭弧电路。

3-2 CR灭弧电路

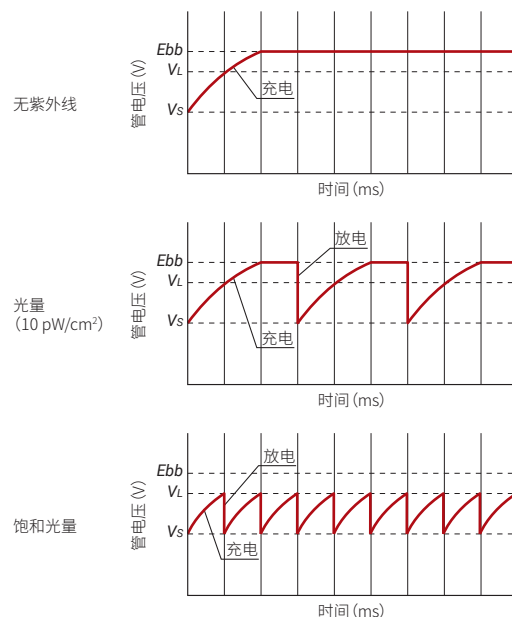
图 6 所示为使用 CR 的外部灭弧电路和直流高压电源的电路构成。从高压发生部将高电阻 (R_1 : $10\text{ M}\Omega \sim 30\text{ M}\Omega$) 串联、将低容电容器 (C_1 : $40\text{ pF} \sim 470\text{ pF}$) 并联连接到 UVTRON[®] 上。同时安装将放电电流转换为脉冲信号的电路元件 (R_2 、 C_2)。UVTRON[®] 放电后, 阳极电位在消耗电容器 (C_1) 中存储的电荷的同时, 下降到放电维持电压 (V_s) 并停止放电。然后, 供电电压 (E_{bb}) 通过高电阻 (R_1) 再次对电容器 (C_1) 充电, 阳极电位从放电维持电压 (V_s) 上升到放电开始电压 (V_L) 或供电电压 (E_{bb})。

■ 图 6 使用了 CR 的外部灭弧电路+直流高压电源的电路构成



*1: 请根据产品种类调整电阻值和电容器的容量, 以达到指定的灭弧时间。

■ 图 7 阳极电位 (代表例)



(1) 灭弧时间(t_q)和离子消失时间(t_x)

UVTRON[®] 的阳极电位再次从放电维持电压 (V_s) 上升到放电开始电压 (V_L) 或供电电压 (E_{bb}) 的时间取决于高电阻 (R_1) 和电容器 (C_1) 的时间常数, 这被定义为灭弧时间 (t_q)。灭弧时间 (t_q) 用以下算式表示。

$$(5) \quad t_q = C_1 \cdot R_1 \cdot \ln \frac{E_{bb} - V_s}{E_{bb} - V_L}$$

如果 E_{bb} 为推荐供电电压, 则:

$$\ln \frac{E_{bb} - V_s}{E_{bb} - V_L} \approx 0.5$$

灭弧时间 (t_q) 对于利用直流电源工作的电路来说具有非常重要的意义。UVTRON[®] 放电时, 阳极和阴极之间会产生大量阳离子, 即使放电停止后, 仍会在电极间漂浮一段时间。如果在这些阳离子消失前阳极电位再次上升, 将产生触发放电的电子, 无论是否有紫外线, 将重复进行放电。这些残留离子消失所需的时间称为离子消失时间 (t_x), 该离子消失时间 (t_x) 根据流过 UVTRON[®] 的电流和环境温度而变化。产品目录中列出的各产品类型灭弧时间 (t_q) 设置得比离子消失时间 (t_x) 长, 因此在确定电路常数 (C_1 、 R_1) 时请参照产品目录。

(2) CR 灭弧电路的放电电流(i)

流经 UVTRON® 的平均放电电流 (i_{ave}) 根据电路常数 (C_1) 提供的电荷 (Q_1) 和输出脉冲 (每 1 秒钟的放电次数) (f) 用以下算式表示。

$$i_{ave} = f \cdot Q_1$$

$$Q_1 = C_1 \cdot (V_L - V_S)$$

(6)

$$i_{ave} = f \cdot C_1 \cdot (V_L - V_S)$$

在饱和光量下, 由于输出脉冲 (每 1 秒钟的放电次数) (f) 在 $1/tq$ 时达到最大, 因此该电路的最大电流 (平均放电电流的最大值) (i_{max}) 用以下算式表示:

(7)

$$i_{max} = \frac{1}{tq} C_1 (V_L - V_S)$$

平均放电电流 (i_{ave}) 会直接影响 UVTRON® 的寿命, 因此请在确定各电路常数时参照产品目录。

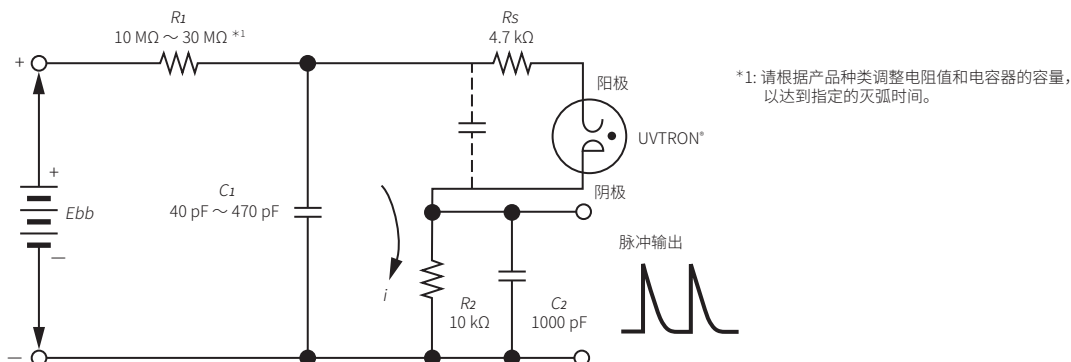
(3) UVTRON® 的接线

在使用了 CR 的外部灭弧电路中, 请将 UVTRON®、电源电路和信号处理电路靠近进行接线。最好能配置在同一个电路板上。如果导线杂散电容很大, 放电电流也会变大, 可能会损坏电极。

如果必须将 UVTRON® 分开安装, 并且导线电容超过 100 pF, 请如图 8 所示, 在 UVTRON® 阳极前 (25 mm 以内) 插入限流电阻 (R_s : 4.7 kΩ)。

■ 图 8 使用了 CR 的外部灭弧电路 电路构成

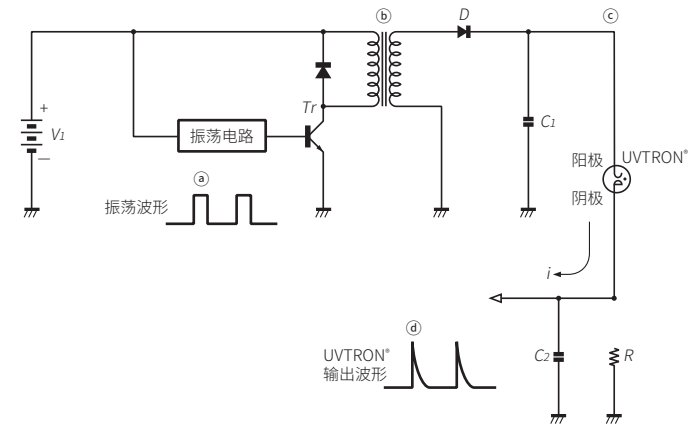
- 将 UVTRON® 分开安装时



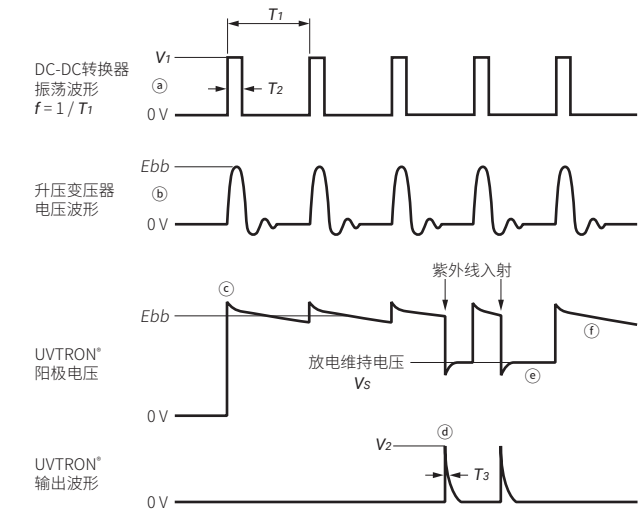
3-3 DC-DC高压电源电路

要使 UVTRON[®] 工作，需要 300 V 以上的高电压。图 9 显示了本公司的 UVTRON[®] 驱动电路 C10807/C10423 中使用的 DC-DC 转换器型高压电源电路的电路构成及工作波形。此时，重要的是降低转换器的振荡频率(f)并减小高压整流后的平滑电容器(C_1)的容量以增加电源的输出阻抗。

■ 图 9-1 DC-DC 高压电源电路 电路构成



■ 图 9-2 工作波形(代表例)



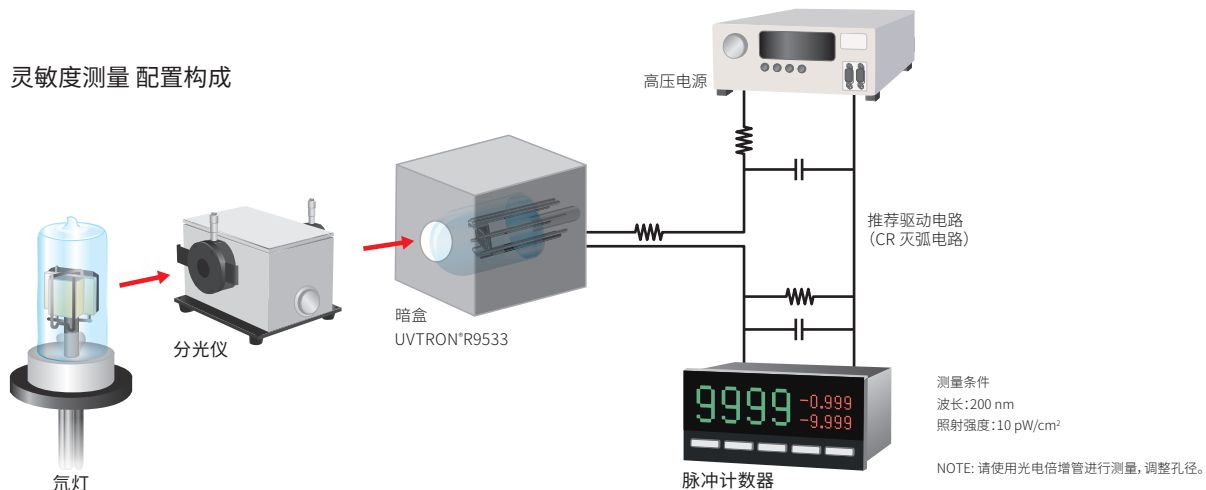
- 驱动电路按以下顺序工作。
- ①点：这是转换器的振荡波形。以数 ms ~ 数十 ms 的间隔使数 μ s 宽的脉冲发生振荡。
 - ②点：在升压变压器的作用下，脉冲高度与绕组比成比例增加。
 - ③点：通过整流二极管(D)和平滑电容器(C_1)，向 UVTRON[®] 的阳极供给电压(Ebb)。
 - ④点：紫外线入射后，UVTRON[®] 开始放电。向平滑电容器(C_1)中充电的电荷作为放电电流(i)流动，在电阻器(R)和电容器(C_2)的两端产生细脉冲电压。
 - ⑤点：平滑电容器(C_1)中的电荷被消耗，阳极电位下降到放电维持电压(V_s)以下后停止放电。阳极电位在充电前不会恢复，在此期间 UVTRON[®] 管中的阳离子消失。
 - ⑥点：如果紫外线不入射，阳极电位将恢复到供电电压(Ebb)，并且在下次入射前不会发生放电。

通过重复该工作，UVTRON[®] 以脉冲信号的形式输出有无紫外线。在这里，请将转换器的振荡间隔($1/f$ 振荡频率(f))设定得比各产品规格的灭弧时间(t_q)长。另外，由于平滑电容器(C_1)的容量影响放电电流，因此为了抑制电极损耗、减少离子产生量，建议减小电容器的容量，以数 40 pF ~ 470 pF 为宜。

4 灵敏度

UVTRON® 的灵敏度是在构建 CR 灭弧电路后由放电次数（脉冲数），而不是放电电流来定义的。但如电路部分所述，输出脉冲波形和饱和特性根据电路构成和电路常数而变化，因此在一定条件下以相对值表示。图 10 所示为灵敏度测量的配置构成。测试光源使用波长为 200 nm 的单色光。

■ 图10 灵敏度测量 配置构成



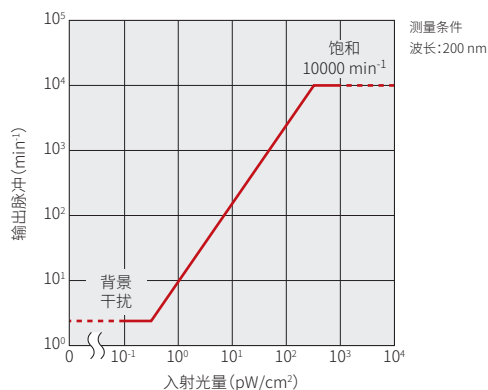
4-1 入射光量的稳定性和饱和性

在图 6 所示的电路构成中，当增加入射到 UVTRON® 的紫外线量时，输出脉冲也会成比例增加。但当紫外线量在超过一定值后，输出脉冲将会因电路常数 (C_1 、 R_1) 确定的灭弧时间 (tq) 而饱和。此时的输出脉冲称为饱和输出脉冲 (1 秒钟内的最大放电次数) (f_{max})，使用以下算式表示。

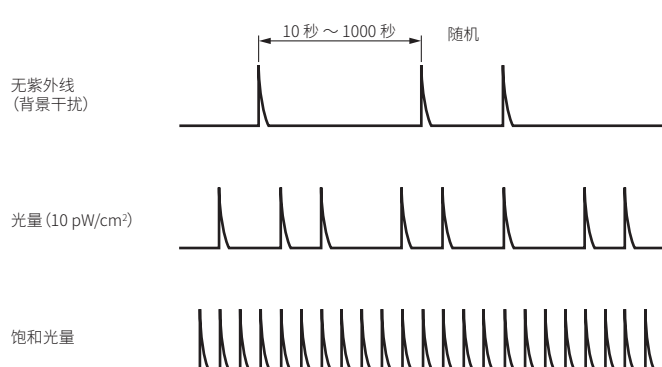
(8)
$$f_{max} = 1/tq \text{ (计数 / 秒)}$$

UVTRON® 的灵敏度只有在饱和和光量以下的线性度良好的部分测量才会有意义，因此灵敏度取决于 10 pW/cm² (200 nm 时) 的非常微弱的光量。图 11 和图 12 显示了这种情况。由于比例范围的个体差异大，而且范围非常窄，因此建议将 UVTRON® 用作 ON-OFF 传感器来判断是否有紫外线，而不是用来测量光量。

■ 图11 入射光量的灵敏度特性 (典型值)



■ 图 12 输出脉冲 (代表例)

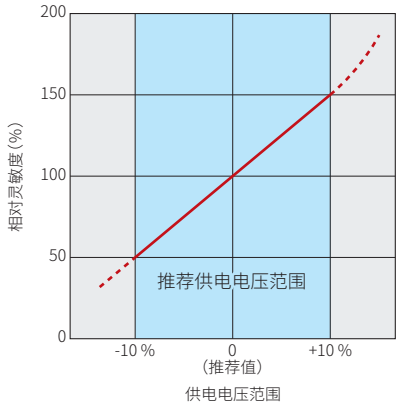


实际从火焰放射的紫外线的辐射强度根据燃烧物和燃烧状态会有很大变化。UVTRON® 的灵敏度仅作为决定产品类型时的参考。

4-2 供电电压和灵敏度

图 13 所示为 UVTRON® 的供电电压和灵敏度的关系。灵敏度会随着供电电压的变化而大幅变化。如果供电电压超过建议的工作范围，图 15 中所示的背景干扰就会增加。因此请在建议的供电电压范围内使用。

图13 相对于供电电压的灵敏度特性 (典型值)



4-3 供电电压测量方法

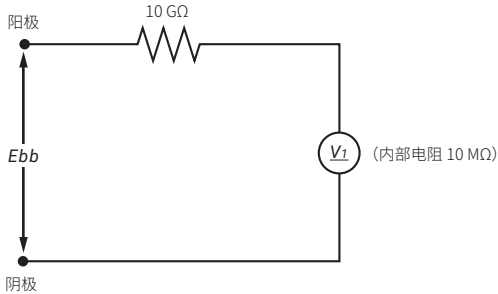
由于 CR 灭弧电路和 DC-DC 高压电源电路 (本公司的 UVTRON® 驱动电路) 的阻抗较高，会根据电路内部和万用表内部的阻抗比产生相应的分压，因此即使在阳极和阴极间直接连接万用表也无法准确测量。在这种情况下，可以用万用表串联一个大电阻 (10 GΩ) 进行测量，以减少电路内部的压降。使用一般内部电阻为 10 MΩ 的万用表时，供电电压将用以下算式来表示，并在万用表上用大约 1/1000 的单位来显示。(350 V 时为 350 mV)

(9)

$$V_1 = E_{bb} \times \frac{10 \text{ M}\Omega}{10 \text{ G}\Omega + 10 \text{ M}\Omega}$$

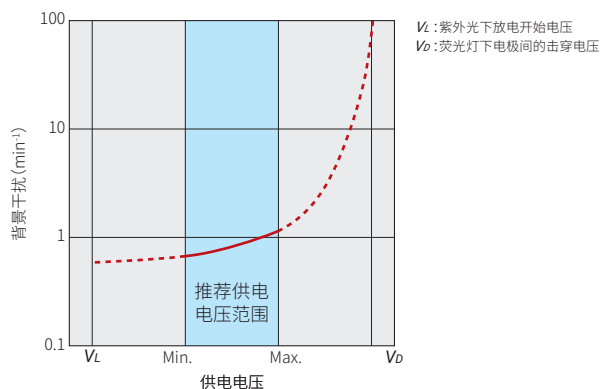
此外，万用表的内部电阻可能不一样，因此请确认所使用的万用表规格书。另外，测量时请拆下 UVTRON®。(即使在连接状态下，只要没有紫外线入射，也可以进行测量。)

图14 连接了大电阻的电压测量电路 电路构成



虽然 UVTRON® 是由于紫外线的光电效应而产生放电,但从结构和工作原理来看,也会由于宇宙射线或静电等而引起零星放电。这被称为背景干扰 (BG)。背景干扰 (BG) 的发生频度根据供电电压、驱动电路等条件而变化。尤其是如图 15 所示在很大程度上取决于供电电压,因此为了设计具有良好信噪比的装置,请在推荐的供电电压范围内使用。另外,由于背景干扰 (BG) 引起的放电也被作为信号输出的一次计数,这样的话就不能清楚地区分输出信号是否是来自被检测物体的紫外线。因此,需要使用消除背景干扰 (BG) 的信号处理电路来进行区分。

■ 图15 相对于供电电压的背景干扰特性 (典型值)



背景干扰 (BG) 的原因列举如下。

(1) 宇宙线等放射线

当能量高于紫外线的射线入射到阴极 (光电面) 时,会由于光电效应而发生放电。

由于很难完全防止存在于自然界的宇宙线等射线的入射,因此需要使用信号处理电路将其与来自被检测物体的紫外线区分开。

(2) X 射线

当能量比紫外线高且具有透射性的 X 射线入射到阴极 (光电面) 时,会由于光电效应而发生放电。

(3) 静电

当带静电的物体靠近或接触 UVTRON® 时,会由于其高电场而使管内的气体分子电离,从而引发放电。

(4) 高电场、高磁场、强电磁波

在高供电电压状态下,光电子通过电场发射从阴极 (光电面) 飞出,从而发生放电。

(5) 光辐射强度大大高于太阳光的光线 (激光、LED 等)

当光辐射强度极高的光线入射到阴极 (光电面) 时,由于热电子释放等,背景干扰可能会增加。

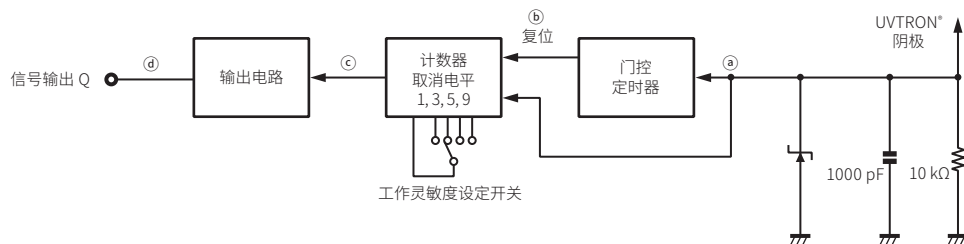
(6) 意外的紫外线

虽然 UVTRON® 的工作正常,但可能会因来自被检测物体以外的紫外线而导致装置误工作。这也可以看作是一种背景干扰 (BG)。日常生活中也存在很多紫外线。尤其是在户外,对弧焊产生的火花和电火花 (火车受电弓产生的火花) 意想不到的地方的微弱紫外线也会产生反应。使用时请充分注意周边环境。

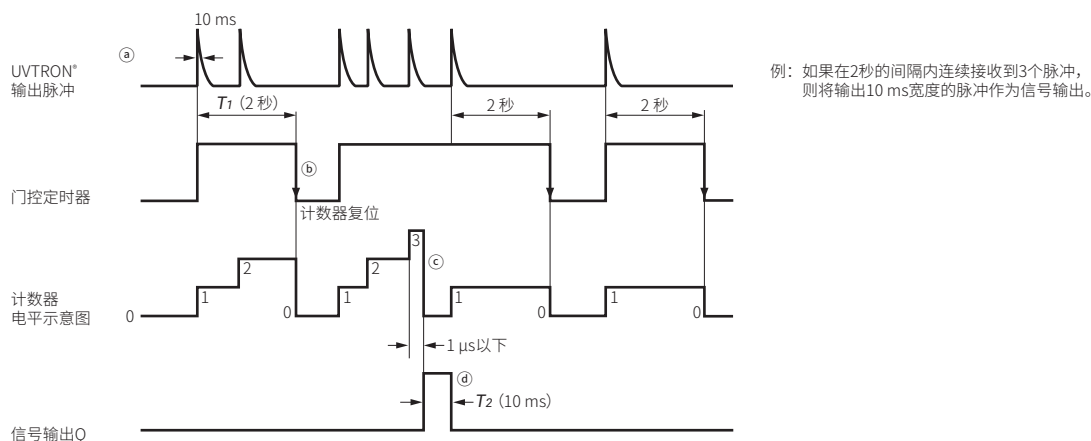
6 信号处理电路

由于 UVTRON® 的输出脉冲波形和来自被检测物体的紫外线的背景干扰 (BG) 完全相同，因此无法直接进行区分。于是我们着眼于从被检测物体连续发射的紫外线的信号输出频度和偶尔发生的背景干扰 (BG) 的信号输出频度，以此来消除背景干扰 (BG)。由此而构建了这样一种电路：如果在 1 次信号输出后 2 秒钟内又输出了 2 次以上的信号，则将其视为来自被检测物体的紫外线。这样就能和偶然发生的背景干扰 (BG) 区分开来。图 16 具体给出了信号处理电路的电路构成，图 17 具体给出了动作时序图。

■图16 信号处理电路 电路构成



■图17 工作时序图



信号处理电路按以下顺序工作。

- ③点：来自 UVTRON® 的输出脉冲同时进入门控定时器和计数器。门控定时器成为打开状态。计数器依次对输出脉冲计数。
- ⑥点：如果门控定时器继续以短于设定时间 (T_1) 的间隔接收输出脉冲，则将继续保持打开状态。但如果接收输出脉冲的间隔比设定时间 (T_1) 长，则将关闭门控并将计数器复位。
- ③点：如果连续接收输出脉冲，计数器将累加计数。达到设定值后，输出电路中产生输出脉冲，计数器被复位。
- ④点：输出电路将计数器的输出脉冲扩展至所需的时间宽度 (T_2) 并输出。

设定时间 (T_1) 需要比背景干扰 (BG) 的发生间隔短。通常设定在 5 秒以内会提高安全性。但如果设定得太短，将无法检测到微弱的紫外线，因此需要注意。

在放电状态下连续使用 UVTRON® 后,以下特性将发生变化。

(1)背景干扰(BG)增加

(2)灵敏度下降

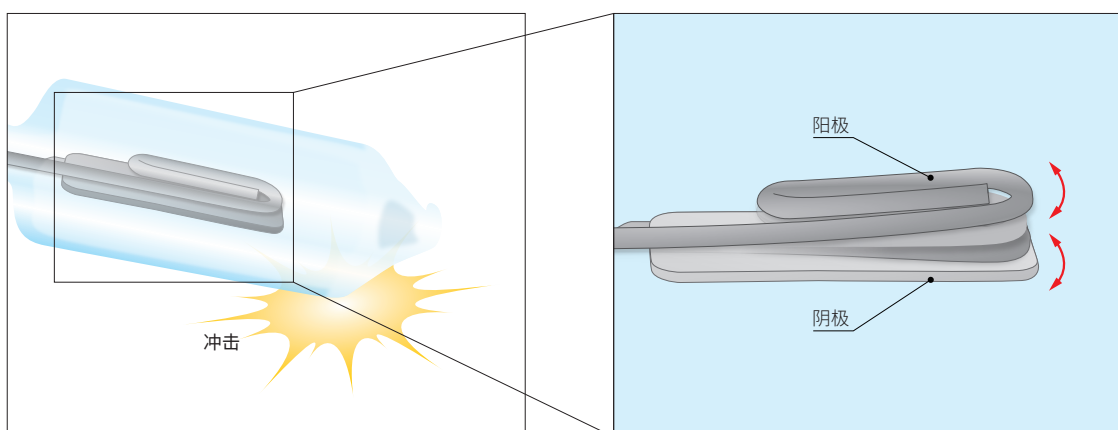
(3)紫外光下放电开始电压(V_L)的变化

阳离子到达阴极时会猛烈撞击阴极表面,导致阴极表面被磨损。因此,如果长时间使用,电极会磨损,导致背景干扰增加。此外,被磨损的阴极碎屑会粘附在玻璃灯泡上,导致透射率和灵敏度下降。同时内部气体会被金属吸附,导致放电开始电压下降。

NOTE: 这些现象不仅在长时间使用后出现,而且会在高于额定值的电流、电压、温度等条件下使用时进一步加剧。

如果 UVTRON® 受到过度冲击,可能会因阳极和阴极相互接触而大幅缩短产品的使用寿命。

■ 图18 UVTRON® R2868阴极表面的阳极碰撞示意图



8 注意事项

产品相关的注意事项和要求

<https://www.hamamatsu.com/cn/zh-cn/support/disclaimer.html>

UVTRON®/使用注意事项

https://www.hamamatsu.com/content/dam/hamamatsu-photonics/sites/documents/99_SALES_LIBRARY/etd/UVtron_TPT1038E.pdf

- 本公司会尽力提高产品的品质和可靠性,但并不保证 UVTRON® 的完全性。
为了防止用 UVTRON® 制造的客户设备万一在发生故障时造成人身伤害、火灾事故和其他社会危害,请进行充分的安全设计(冗余设计、防止火势蔓延设计、防止误动作设计等)。尤其是将 UVTRON® 用于可能会因误动作或故障而对人的生命 / 身体造成伤害或引发严重财产损失的设备或环境时(以下简称“特定用途”),必须充分考虑可能发生的问题并采取相应的安全设计。未经本公司事先通过规格书等做出书面同意而将其用于此类特定用途时,本公司不承担任何责任。
- UVTRON® 的耐久性根据使用环境和使用条件而异,因此在使用时请务必将其安装到您的设备中,在实际使用环境下进行评估和确认。如果您对 UVTRON® 的安全性有任何疑问,请立即通知本公司,并务必对上述安全设计(冗余设计、防止火势蔓延设计、防止误动作设计等)进行技术探讨。
- 在出口 UVTRON®(包括提供技术)时,请遵守《外汇及对外贸易法》等出口相关法律法规,并需要根据取得出口许可证和劳务交易许可证。另外,关于 UVTRON® 是否适用出口相关法律法规,请联系本公司。
- 产品资料中介绍的应用例并不保证特定用途下的适用性或是否适用于商业用途。此外,应用例也不是对知识产权实施的保证或承诺。对于该使用而可能与第三方发生的任何知识产权相关问题,本公司不承担任何责任。
- 废弃 UVTRON® 时,请自行根据废弃物处理法正确处置,或者委托获得授权许可的工业废弃物处置单位进行处置。在国外使用并在该国废弃时,请根据各个国家、州的废弃物处置相关法令,进行正确处置。
- 请避免在液体中、有大量灰尘或腐蚀性气体等的特殊环境中使用 UVTRON®。
- UVTRON® 可能会因电弧焊火花或杀菌灯等的意外紫外线而发生误动作。使用时请充分注意周边环境。
- 保管和运输 UVTRON® 时,请将其放在包装箱内虽然本产品已通过冲击试验法 JIS C 60068-2-27,但如果包装箱在保管或运输过程中因掉落或碰撞而受到过大的应力,可能会导致损坏或特性下降,因此请采取充分的措施以防止掉落和碰撞,操作时轻拿轻放。另外,保管 UVTRON® 时,请选择无腐蚀性气体、不会结露的低湿度、常温下温度变化小的室内环境。
- 交付后 1 年内,发生认定为因生产方面原因导致的故障时,可免费更换。保修的极限是交付产品的替代品。此外,如果未经本公司同意而将本产品用于特定用途,则本产品不在保修范围内。

●本资料记载截至2025年4月的内容。产品规格可能因改良等而变更，恕不预告。

日本滨松光子学株式会社 公司网址：www.hamamatsu.com

□滨松光子学商贸（中国）有限公司：北京市朝阳区东三环北路27号嘉铭中心B座1201室，100020
电话：010-6586-6006 传真：010-6586-2866 电邮：hpc@hamamatsu.com.cn

上海分公司：上海市静安区南京西路1717号49楼单元5室，200040
电话：021-6089-7018 传真：021-6089-7017 电邮：hpcsh@hamamatsu.com.cn

深圳分公司：深圳市南山区蛇口街道蛇口望海路1166号招商局广场1#楼14层F单元，518067
电话：0755-2165-9058 传真：0755-2165-9056 电邮：hpcsz@hamamatsu.com.cn

武汉分公司：武汉市东湖新技术开发区关山大道19号泛悦城T2写字楼1005室，430075
电话：027-5953-8219 电邮：hpcwh@hamamatsu.com.cn