

## ● 什么是微型光电传感器？

微型光电传感器是一种利用光来检测物体有无及位置的小型光传感器。如图 1、2 所示，微型光电传感器的典型构造有透过型和反射型两种。

透过型微型光电传感器中，发光元件的发光面和接受光线并发出信号的受光元件受光面相对而立，物体通过两者的间隔，会遮住光线，引起受光元件受光量的变化。

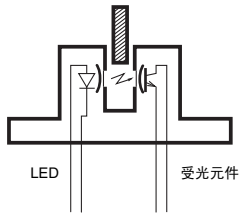


图1  
透过型微型光电传感器

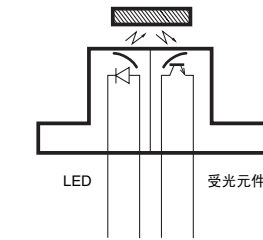


图2  
反射型微型光电传感器

而反射型微型光电传感器中，发光元件的发光面和受光元件的受光面在同一侧。检测物体通过光路时，发光面发出的光照射到检测物体上，反射的光线照射到受光元件上，引起受光元件受光量的变化。

此外，微型光电传感器是本公司产品名称，一般名称为光遮断器。

## ● 产品目录阅读指南

### ■ 绝对最大额定值和电气及光学特性

微型光电传感器的产品目录中有绝对最大额定值和电气及光学特性两个大标题（如果您参阅其他晶体管和 IC 传感器的产品目录，也会有相同项目）。

这两项表示的意思不同，因此，您需了解其中的不同。

### ■ 绝对对大额定值

对电压、电流、温度、电力等使用条件的上限规定，表示不可超越的额定值条件，即使是瞬间使用。

微型光电传感器等半导体产品中，正如“绝对”这个词所表述的含义，原则上是绝对不可超越的。若超出额定值使用，不仅会导致微型光电传感器的信赖性急剧下降，而且若发生老化或损坏，对此制造商将不负任何责任。

设计时，请务必严格遵守其使用范围限定。实际使用时，通常设计只会达到额定值的数成，称为缓解 (Deleting)。

### ■ 电气及光学特性

表示某些条件下微型光电传感器的性能，多用其最小值或最大值表示。通常按制造商设计的标准性能销售，但客户也可与制造商协商，进行分别设定。此外，用最大值、最小值表示的项目为全部检查，而用代表值 (TYP.) 表示的项目则是通过定期管理来管理或保证其性能。

综上所述，可以理解为**绝对最大额定值即为使用限制，而电气及光学特性即为表示（极限）性能的数据。**

● 记号及词汇的说明

下面就光电晶体管输出型及光电 IC 输出型微型光电传感器（的产品目录）中使用的记号及词汇进行说明。

■ 光电晶体管输出型

记号	项目	说明	记号	项目	说明
IFP	正向脉冲电流	在指定温度条件、指定重复条件、指定脉冲宽度条件下，可由 LED 正极连续流向负极的脉冲电流。	V <sub>CE(sat)</sub>	集电极发射极之间的饱和电压	在指定电流偏压条件下，光电晶体管、集电极发射极之间 ON 状态时的电压。
I <sub>C</sub>	集电极电流	集电极连接时可通过的电流。	I <sub>LEAK</sub>	泄漏电流	在指定输入电流条件、指定偏置电压条件下，光电晶体管的集电极电流。
P <sub>C</sub>	集电极损耗	可在光电晶体管连接集电极时施加的电力。	t <sub>r</sub>	上升时间	在指定输入电流条件、指定偏压条件（电压、电阻）下，光电晶体管的应答波形从规定输出值（上升部）的 10% 上升至 90% 的时间。
I <sub>D</sub>	暗电流	在指定偏置电压（集电极为正、发射极为负）条件下光电晶体管的泄漏电流，通常规定为黑暗状态（照度 0lx）。	t <sub>f</sub>	下降时间	在指定输入电流条件、指定偏压条件（电压、电阻）下，光电晶体管的应答波形从规定输出值（下降部）的 90% 下降至 10% 的时间。
I <sub>L</sub>	光电流	在指定输入电流条件、指定偏置电压条件下，光电晶体管的集电极电流。	V <sub>CEO</sub>	集电极发射极之间的电压	以发射极为基准电位，可施加于集电极的正电压。
			V <sub>ECO</sub>	发射极集电极之间的电压	以集电极为基准电位，可施加于发射极的正电压。

■ 光电 IC 输出型

记号	项目	说明	记号	项目	说明
I <sub>F</sub>	正向电流	在指定温度条件下，可由 LED 正极连续流向负极的直流电流。	V <sub>OH</sub>	高水平输出电压	光电 IC（输出）处于 OFF 状态时输出的电压（指定电源电压条件、指定偏压条件）。
V <sub>R</sub>	反向电压	以 LED 的负极为基准电位，可施加于正极的负电压。	I <sub>CC</sub>	消耗电流	以光电 IC 的接地为基准电位，向电源施加正指定偏置电压时通过的电流。
V <sub>CC</sub>	电源电压	以光电 IC 的接地为基准电位，可施加于电源（端子）的正电压。	I <sub>FT</sub> (IFT OFF)	输出 OFF 时 LED 电流	以光电 IC 为指定电源电压条件，向 LED 施加正向电流时，光电 IC 的输出从 ON 变为 OFF 时的 LED 正向电流。
V <sub>OUT</sub>	输出电压	以光电 IC 的接地为基准电位，可施加于输出（晶体管的集电极）上的正电压。	I <sub>FT</sub> (IFT ON)	输出 ON 时 LED 电流	以光电 IC 为指定电源电压条件，向 LED 施加正向电流时，光电 IC 的输出从 OFF 变为 ON 时的 LED 正向电流。
I <sub>OUT</sub>	输出电流	光电 IC 的输出晶体管连接集电极时可通过的电流。	ΔH	迟滞	光电 IC 的输出条件处于两种可切换状态时，用百分比 (%) 表示的 LED 正向电流差。
P <sub>OUT</sub>	输出容许损耗	光电 IC 的输出晶体管连接集电极时可施加的电力。	f	应答频率	LED 及光电 IC 在指定偏压条件下，在光路内旋转指定形状的圆板，当圆板的旋转速度能确保光电 IC 的输出理论时，用脉冲序列表示的旋转速度值（一秒内光电 IC 能应答的脉冲序列值）。
V <sub>F</sub>	正向电压	在指定偏压电流条件下，LED 的正向电压降。			
I <sub>R</sub>	反向电流	以 LED 的负极为基准电位，向正极施加负指定偏置电压时通过的 LED 反向泄漏电流。			
V <sub>OL</sub>	低水平输出电压	光电 IC（输出）处于 ON 状态时的输出电压降（指定电源电压条件、输出电流条件）。			

微型光电传感器

技术解说

● 设计篇

在您使用微型光电传感器之前，先就其具体设计进行说明。

■ 发光元件侧的设计

(发光元件的特性)

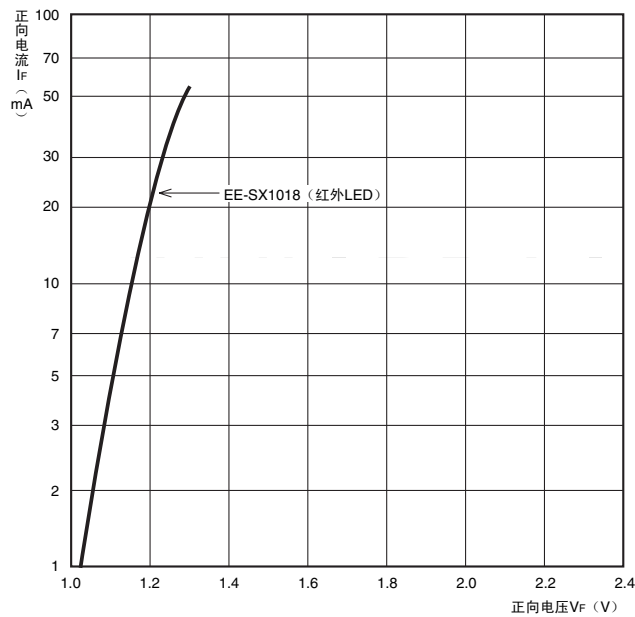
欧姆龙微型光电传感器的发光元件采用红外 LED 和可见 (红色) LED。图 3 表示使用红外 LED 的 EE-SX1018 的正向电流—正向电压特性。此处最大的特点在于这些正向特性各有差异 (正向特性是指正向电流  $I_F$  由正极流向负极时, LED 两端的电压 (压降) 变化)。根据图 3 可以发现, 与红外 LED 相比, 红色 LED 的正向电压  $V_F$  更大。

在常用 (实际使用) 电流水平下, 红外 LED 的正向电压  $V_F$  为 1.2V 左右, 红色 LED 为 1.8 ~ 2.0V, 请作为基本概念留心。

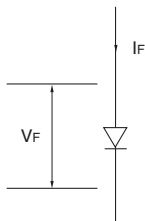
微型光电传感器

技术解说

图 3 LED 正向电流—正向电压特性 (代表例)



正向电压  $V_F$



(驱动电流水平)

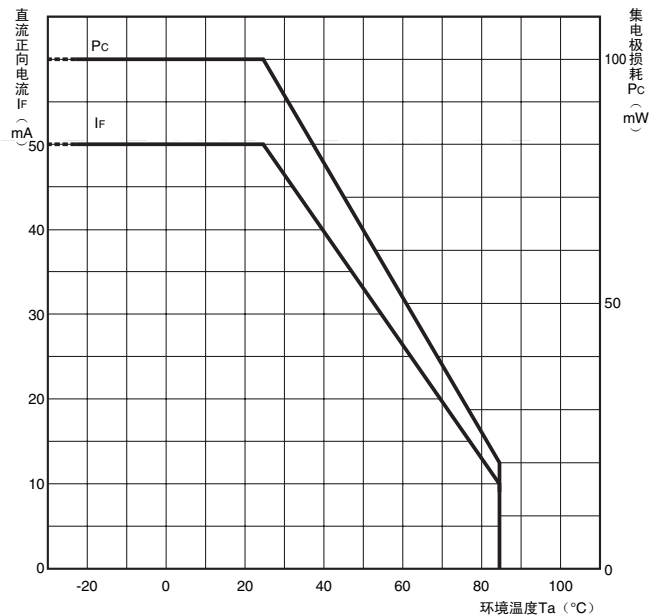
发光元件侧尤为重要是接通多大的正向电流  $I_F$ 。正如微型光电传感器中额定值的说明一样, 因为有使用条件上的限制, 因此不可多也不可少。

首先, 就上限进行说明。上限根据绝对最大额定值表上的数值而定, 请参阅产品目录等。以 EE-SX1018 为例, 绝对最大额定值 ( $T_a = 25^\circ\text{C}$ ) 项目下面第一条即为直流正向电流  $I_F = 50\text{mA}$ , 由此推算正向电流  $I_F$  的最大值为 50mA。但是, 此规定的环境温度为  $T_a = 25^\circ\text{C}$ , 而实际使用 (温度范围) 时, 通常需要相应减少, 这也可以参阅产品目录中记载的温度额定值图 (图 4 为 EE-SX1018 的范例)。图 4 中, 横轴为环境温度  $T_a$ , 纵轴为直流正向电流  $I_F$ , 根据该图, 假设使用温度的上限为  $60^\circ\text{C}$ , 横轴  $60^\circ\text{C}$  所对应的纵轴值即为该使用温度范围内可通过的上限电流值。

根据图 4, 当  $T_a = 60^\circ\text{C}$  时, 正向电流  $I_F$  约为 27mA, 因此, 您可以认为在实际使用时, 要绝对保证不超过 27mA。

下面就下限进行说明。因为 LED 在正向电流  $I_F = 0$  时不会发光, 因此或多或少必须有电流通过。

图 4 温度额定值图 (EE-SX1018)



详细说明不再赘述，使用红外 LED 时请保证大于 5mA，使用红色 LED 时请保证大于 2mA（如果电流太低，将无法得到稳定的发光输出）。就欧姆龙的微型光电传感器而言，若把最合适值做如下考虑，将十分方便。首先，请看产品目录电气特性中光电流  $I_L$  这个项目。后面将对光电流  $I_L$  进行详细讲解，它表示 LED 通过多少正向电流  $I_F$  便能得到多少输出电流的性能，是微型光电传感器最重要的特性之一。将该光电流  $I_L$  中记载的正向电流  $I_F$  条件下（如 EE-SX1018 则  $I_F = 20mA$ ）的值作为正常水平（虽然没有理论依据），可得到方便使用的输出，输出处理（回路设计）也将变得更加简单。

### （设计方法）

接下来将考虑如何具体设定常数。图 5 是驱动发光元件的基本回路。

此处需注意的是一定要插入限制电阻 R。若在无电阻状态下向 LED 施加正向偏压，由于正向的电阻（阻抗）较低，理论上将产生无限大的电流，导致 LED 烧坏。此外，对于经常问及的向 LED 施加多大的电压为好这一问题，只要安插了电流限制电阻，多大的电压都没有问题。但是，需要注意的是有下限限制，如图 3 正向特性范例所示，若电压小于 1.2V ~ 2V 则无正向电流产生，因此电压必须大于此范围。一般电子回路的电源电压最小为 5V，因此请将最低（下限）电压设定为 5V。

具体设计方式包括

1. 确定正向电流  $I_F$
2. 确定电阻 R（图 5）

首先是正向电流  $I_F$ ，规定为上述最佳水平的电流。EE-SX1018 中  $I_F = 20mA$ ，因此，决定电阻 R 时，务必保证  $I_F = 20mA$  左右。用方程式

$$R = \frac{V_{CC} - V_F}{I_F} \dots\dots\dots \text{（方程式 1）}$$

求得电阻 R，以电源电压  $V_{CC} = 5V$  为例。（方程式 1）中的未知数为正向电压  $V_F$ ，可用图 3 的正向特性求得。根据图 3 可知， $I_F = 20mA$  时，正向电压  $V_F$  约为 1.2V，将这些数据代入（方程式 1）后，便得到

$$R = \frac{V_{CC} - V_F}{I_F} = \frac{5V - 1.2V}{20mA} = 190\Omega \approx 180 - 220\Omega$$

此外，电源电压  $V_{CC}$ 、正向电压以及电阻值可能不稳定， $I_F$  将产生波动，因此，请确认是否在绝对最大额定值的允许范围之内。

图 5 基本回路

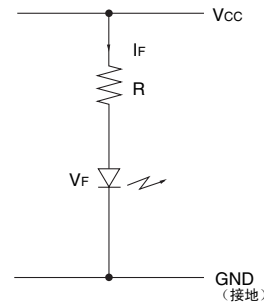
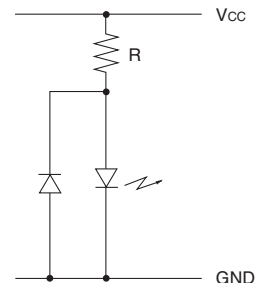


图 5 中电阻 R 和 LED 的位置可以互换。若对 LED 施加有反向电压（包括噪声、浪涌）时，请如图 6 所示，与 LED 反向并联插入整流二极管。此外，LED 的驱动方式前面已有说明，除了直流通电（驱动）之外还有脉冲驱动，但微型光电传感器中并不常用，在此不再赘述。

综上，设计要点可以归纳如下。

- 红外 LED 的  $V_F$  约为 1.2V，红色 LED 的  $V_F$  约为 2V。
- $I_F$  有最合适水平。
- 选定  $I_F$  后再设计限制电阻值。
- 施加反向电压时，与 LED 反向并联插入整流二极管。

图 6 反向电压保护回路



## ■ 微型光电传感器的设计①

～光电晶体管输出型～

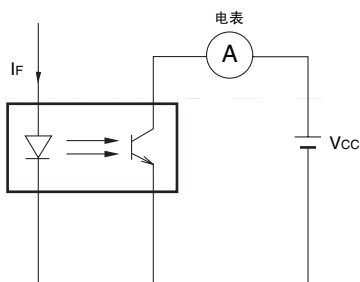
### （受光元件的特性）

作为受光元件其重要特性是：有光线进入时和无光线进入时的变化。图 7 表示向 LED 接通一定正向电流  $I_F$  时，测定光电晶体管中电流情况的回路范例。此处的理想环境条件为周围黑暗 (0lx)。起初不接通正向电流  $I_F$  (= 无入光) 状态下，电表指针为数 nA ( $nA = 10^{-9} A$ )。这是光电晶体管自身的泄漏电流，称为暗电流  $I_D$ 。此时，即使用不透明物体遮住 LED 光线，结果也是一样。接下来观察接通正向电流  $I_F$  后的状态，电表指针为数 mA ( $mA = 10^{-3} A$ )，称之为光电流  $I_L$ 。比较 2 种电流发现，

- 遮住射向光电晶体管的光时  
……暗电流  $I_D$ :  $10^{-9} A$
- 向光电晶体管照射光线时  
……光电流  $I_L$ :  $10^{-3} A$ ,

两者相差  $10^6$  倍。因此，如果利用这种电流的（水平）差，可检测各种物体。

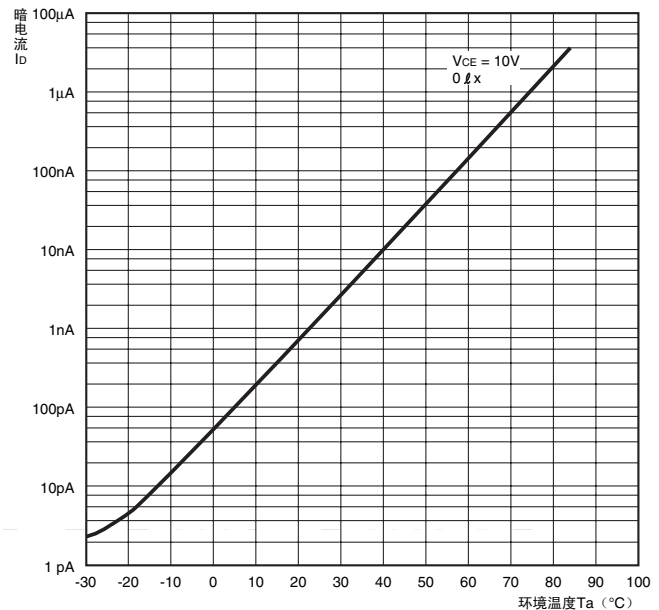
图 7 测定回路



然而实际使用时，很难符合周围环境黑暗的条件，总会有环境光存在，因此在遮光时会有暗电流  $I_D + \alpha$  的电流通过。这在敏感度较高的光电达林顿晶体管中非常明显，需特别注意。其次是反射型微型光电传感器，没有反射物体时会有暗电流通过。此外，就结构上而言，除暗电流  $I_D$  以外，还会有少量 LED 光反射至微型光电传感器内部，因此，将有暗电流和内部反射电流通过（该电流称为泄漏电流  $I_{LEAK}$ ）。与  $I_D$  的 nA 电流相比，该泄漏电流  $I_{LEAK}$  则可达数百 nA。

另外还需留心的是暗电流  $I_D$  及光电流  $I_L$  的温度依赖性。首先是暗电流  $I_D$  的温度依赖性，特别是在高温环境或光电达林顿中，其依赖性将变大，需注意。图 8 表示 EE-SX1018 暗电流  $I_D$  的温度依赖性。

图 8 暗电流的温度依赖性（代表例）(EE-SX1018)



其次是光电流  $I_L$ ，若将温度依赖性看作受光元件，光电流  $I_L$  将随着温度的上升不断增加，但若看作微型光电传感器的输出元件，随着温度的变化，LED 发光输出与光电晶体管光电流将呈现图 9 所示的依赖性，因此微型光电传感器光电流  $I_L$  会相互抵消，呈现相对较小的输出变化（依赖性）。图 10 表示 EE-SX1018 光电流  $I_L$  的温度依赖性。依赖性的趋势（右上升曲线、左上升曲线、山形曲线…）尚不确定，产品目录中的记载仅为代表范例。依赖性趋势的不确定也说明进行温度补偿及温度校正的困难。

图 9 发光·受光元件输出的温度依赖性（代表例）

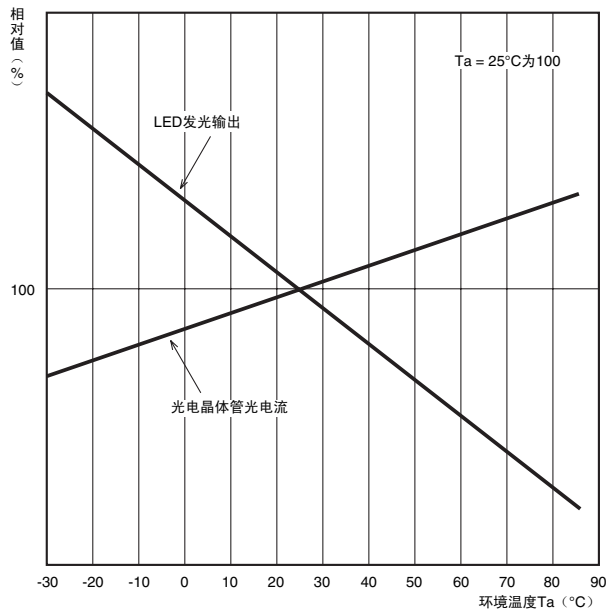
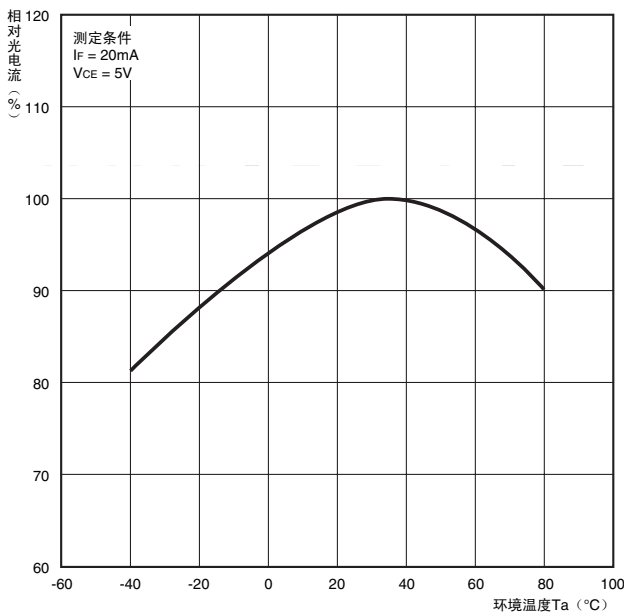


图 10 光电流的温度依赖性（代表例）(EE-SX1018)



**（各种特性的变化）**

前项就输出（受光）元件的特性进行了说明。接下来就设计要点进行说明（此处将引入最坏情况设计（Worst case design）技术进行说明）。最坏情况设计是指，微型光电传感器各项特性在功能上均处于不佳（最坏）状态时，仍能保证正常动作的设计方法。微型光电传感器中，可假定光电流  $I_L$  最小、暗电流  $I_D$  等泄漏电流最大后进行设计。即，假定检测物体时的电流和非检测时的电流之比为最小时的状态。

光电流  $I_L$  和暗电流  $I_D$  的最坏情况可通过参阅产品目录、（电气特性）等规格把握（均用最小值或最大值作为规格采用）。

表 1 表示数种欧姆龙微型光电传感器的光电流数  $I_L$  和暗电流  $I_D$  的极限规格值。

实际设计时，将根据表 1 的极限规格值展开，但并不是最坏情况设计。因为暗电流  $I_D$  中，需考虑

- 环境干扰光
- 温度上升
- 电源电压
- 反射型中内部反射引起的泄露电流

等因素引起的“加分”，而光电流  $I_L$  中，需考虑

- 温度变化
- 时间变化

等因素引起的“减分”，设计时必须将两者考虑进去。表 2 为暗电流  $I_D$  的“加分”和光电流  $I_L$  的“减分”。

若将表 2 的依赖性代入表 1（此处暂定条件为最高环境温度  $T_a = 60\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $V_{CC} = 10\text{V}$ 、使用时间 5 万小时左右），以 EE-SX1018 为例，暗电流  $I_D$  的最大值在环境温度  $T_a = 25\text{ }^\circ\text{C}$  时为  $200\text{ nA}$ ，因此，当环境温度  $T_a = 60\text{ }^\circ\text{C}$  时，约为  $4\text{ }\mu\text{A}$ ，而光电流  $I_L$  的最小值在环境温度  $T_a = 25\text{ }^\circ\text{C}$  时为  $0.5\text{ mA MIN.}$ ，在 5 万小时后，考虑到温度依赖性等因素，将变为原来的 1/2 左右，即  $0.25\text{ mA}$ 。

表 3 为各类微型光电传感器的最差情况预计值，设计时请参考。

此外，还需考虑各项特性的不稳定性，这些将在具体问题出现时再作说明。反射型微型光电传感器的光电流  $I_L$  值是在本公司标准测定条件下测得的值，可能因检测物体和距离发生很大变化，请注意。

# 技术解说

表 1 暗电流  $I_D$  光电流  $I_L$  的规格值

型号	$I_D$ (nA) 规定上限值	$I_L$ (mA) 规定下限值	条件
EE-SG3 (-B)	200	2	$I_F = 15\text{mA}$
EE-SX1018、1055 EE-SX1041、1042 EE-SX1070、1071 EE-SX198、199 等	200	0.5	$I_F = 20\text{mA}$
EE-SB5 (-B) EE-SF5 (-B) EE-SY110	200	0.2	$I_F = 20\text{mA}$ *
条件	$V_{CE} = 10\text{V}$ 、 $0 \text{ lx}$ $T_a = 25^\circ\text{C}$	$V_{CE} = 10\text{V}$ $T_a = 25^\circ\text{C}$	

\* 本公司标准测定条件下的值

微型光电传感器

表 2 各种因素下受光元件的依赖性

因素		受光元件的种类	光电晶体管	光电达林顿晶体管
暗电流 $I_D$	环境干扰光		通过实验确认	通过实验确认
	温度 (上升)		每 + 25 °C 约 10 倍	每 + 25 °C 约 28 倍
	电源电压		图 11	—
光电流 $I_L$	温度 (变化)		+ 10 ~ - 20% 左右	+ 10 ~ - 20% 左右
	时间变化 (2 ~ 5 万小时)		依据温度变化, 计算最初的 SQ 程度	依据温度变化, 计算最初的 SQ 程度

图 11 暗电流的施加电压依赖性 (代表例) (EE-SX1018)

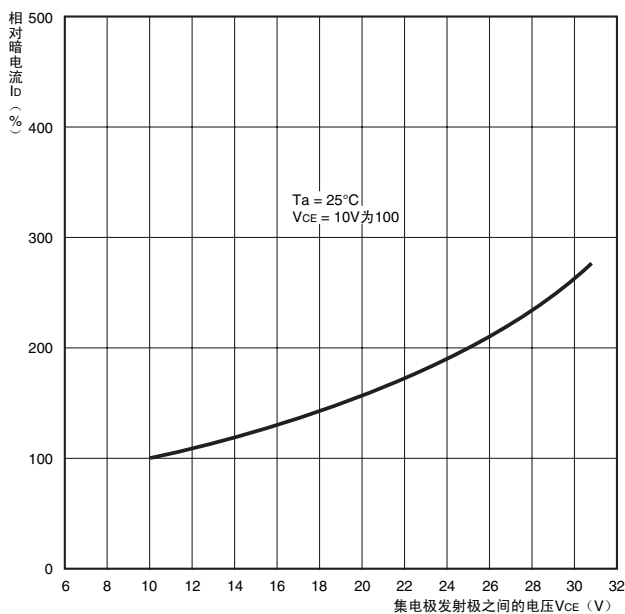


表 3 各类微型光电传感器的最差情况预计值

型号	I <sub>D</sub> (μA) 最差情况预计值	I <sub>L</sub> (mA) 最差情况预计值	条件
EE-SG3 (-B)	4	1	I <sub>F</sub> = 15mA
EE-SX1018、1055 EE-SX1041、1042 EE-SX1070、1071 EE-SX198、199 等	4	0.25	I <sub>F</sub> = 20mA
EE-SB5 (-B) EE-SF5 (-B) EE-SY110 等	4	0.1	I <sub>F</sub> = 20mA *
条件	V <sub>CE</sub> = 10V、0 ℓx T <sub>a</sub> = 60 ℃	V <sub>CE</sub> = 10V、5 ~ 10 万 小时 T <sub>a</sub> = Topr	

\* 本公司标准测定条件下的值

### （基本回路的设计方法）

通过上述说明，关于什么是设计时的重要特性、这些特性是根据哪些因素发生什么样的变化以及如何将这种变化的特性应用于设计，想必已经基本明白。

本章将解说具体的设计方法，同时就设计时的要点进行说明。

首先，在上一章中已经就 LED 光进入光电晶体管和被遮住时光电晶体管的变化进行了说明，其中，第 1 要点为如何将流通于光电晶体管中的电流（I<sub>L</sub>、I<sub>D</sub> 等）作为输出进行处理。图 12 为微型光电传感器的基本回路。图中连接光电晶体管侧的电阻 R<sub>L</sub> 在光电晶体管入光时，将有光电流 I<sub>L</sub> 通过，遮光时将有暗电流 I<sub>D</sub> (+ α) 通过。因此，若将电阻 R<sub>L</sub> 两端的电压（压降）看作输出，入光时的输出电压为 I<sub>L</sub> × R<sub>L</sub>、遮光时的输出电压为 I<sub>D</sub> (+ α) × R<sub>L</sub>（此外，请保证此后说明中提及的 I<sub>L</sub> 和 I<sub>D</sub> 适用于前面提到的最差情况预计值）。因此，为能以电压的形式提取输出，只要连接电阻 R<sub>L</sub> 即可。举例来说，假设光电流 I<sub>L</sub> 的最差值为 0.25mA、暗电流 I<sub>D</sub> + α 的泄露电流最大值为 0.01mA，若想得到的输出电压为光电晶体管 ON 时 4V 以上、OFF 时 1V 以下，如图 13 所示，只要负载电阻 R<sub>L</sub> 为 22kΩ 左右，便能达到 ON 时 5.5V (0.25mA × 22kΩ)、OFF 时 0.22V (0.01mA × 22kΩ)。而在实际使用时（前面的计算为最差值时的计算结果），一般 ON 时输出电压要大于上述值，OFF 时输出电压要小于上述值。通过放大由此得出的输出压力，可将微型光电传感器作为 IC 的输入等，灵活使用。

图 12 基本回路

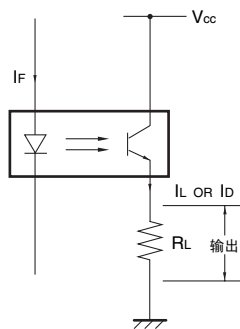
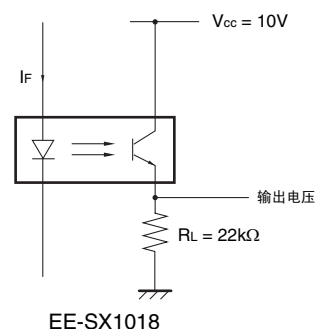


图 13 输出的方式（具体范例）





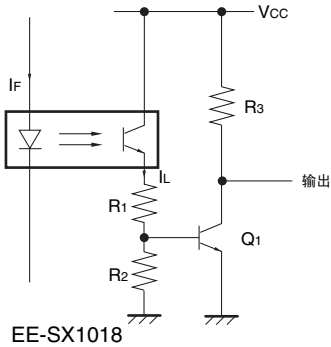
# 技术解说

## （应用回路的设计方法）

接下来将对图 14 所示应用回路的设计方法进行说明。

图 14 中，当 LED 光进入光电晶体管时，将产生光电流  $I_L$ ，此光电流  $I_L$  将沿着  $R_1 \rightarrow R_2$  的方向流动。当  $R_2$  两端的电压超过晶体管  $Q_1$  基极发射极之间的偏置电压（ $0.6 \sim 0.9V$  位）时，光电流  $I_L$  将向  $R_2$  以外的  $Q_1$  基极发射极方向分流，

图 14 应用回路



变为  $Q_1$  的基极电流，使  $Q_1$  变为 ON 状态。一旦  $Q_1$  变为 ON 状态，集电极电流将通过  $R_3$ ，使  $Q_1$  的集电极电位下降，形成逻辑电平中的“L（低）”水平。其次是遮光时，虽然会有暗电流  $I_D + \alpha$  的泄漏电流，但此时  $(I_D + \alpha) \times R_2$  的电位尚未达到  $Q_1$  基极发射极之间的偏置电压，因此，不会有基极电流通过  $Q_1$ ， $Q_1$  为 OFF 状态， $Q_1$  输出为“H（高）”水平。微型光电传感器为 ON 时，微型光电传感器在  $Q_1$  基极发射极之间（与二极管相同）理论上会短路（图 15），此时若微型光电传感器的光电流  $I_L$  太大，将使微型光电传感器产生过大的集电极损耗  $P_C$ ，为避免此类情况发生，需插入  $R_1$ 。

图 14 中的要点在于，

- $I_L \times R_2$  的电压要大大高于基极发射极的偏置电压；
- $(I_D + \alpha) \times R_2$  的电压要大大低于基极发射极的偏置电压，而起决定作用的是如何设定两者共同的项目  $R_2$ 。具体举例而言，使用 EE-SX1018 型号的微型光电传感器时，假设电源电压  $V_{CC} = 5V$ 、驱动为标准 TTL IC（74 系列），关键点  $R_2$  与  $R_1$  的设计方法说明如下（图 16）。

图 15 等效回路

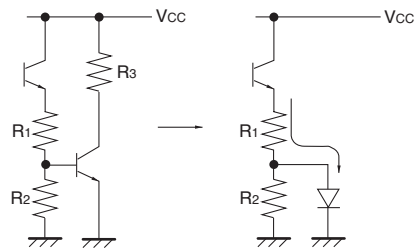
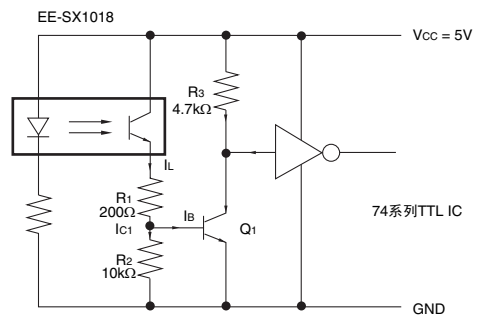


图 16 应用回路范例



### （ $R_2$ 的计算）

为能在晶体管  $Q_1$  为 ON 时，施加基极发射极的偏置电压  $V_{BE(ON)}$ ， $R_2$  的值可用下面的方程式计算。

$$I_{C1} \times R_2 > V_{BE(ON)} \dots\dots\dots \text{（方程式1）}$$

$$I_{C1} = I_L - I_B$$

$$\therefore (I_L - I_B) \times R_2 > V_{BE(ON)}$$

$$\therefore R_2 > \frac{V_{BE(ON)}}{I_L - I_B} \dots\dots\dots \text{（方程式2）}$$

（方程式 2）中， $V_{BE(ON)}$  在普通小信号晶体管时约为  $0.8V$ ， $I_L$  为表 3 的最差特性值  $0.25mA$ ， $I_B$  大概为  $20\mu A$ 。因此，本次范例则为

$$R_2 > \frac{0.8V}{0.25mA - 20\mu A} \approx 3.48k\Omega$$

（ $I_L = 1mA$  来自表 11）。因  $R_2$  的值比（方程式 2）的右边大，所以实际使用时请至少用（方程式 2）所求得值的 2 ~ 3 倍（本次设定为  $R_2 = 10k\Omega$ ）。

微型光电传感器  
技术解说

〈R<sub>2</sub> 的验证〉

前面假设在 Q<sub>1</sub> 为 ON 的前提下计算了 R<sub>2</sub>。在此，将确认前面求得的 R<sub>2</sub>，是否能使 Q<sub>1</sub> 变为 OFF，以验证 R<sub>2</sub> 合理性。要使 Q<sub>1</sub> 变为 OFF，需满足

$$(I_D + \alpha) \times R_2 < V_{BE(OFF)} \dots\dots\dots \text{(方程式3)}$$

请将下列数字代入 (方程式 3)，确认是否能够满足 (方程式 3) 的条件。

(方程式 3) 中有  $\alpha$ ，请假设为 10 $\mu$ A，暗电流 I<sub>D</sub> 可用表 3 的 4 $\mu$ A。

$$\begin{aligned} (I_D + \alpha) \times R_2 &< V_{BE(OFF)} \\ (4\mu A + 10\mu A) \times 10k\Omega &\approx 0.140V \\ V_{BE(OFF)} &= 0.4V \\ \therefore 0.140V &< 0.4V \end{aligned}$$

由此可见，能完全满足 (方程式 3)，R<sub>2</sub> 验证成功。若以上验证均无问题，设计过程基本结束。

〈R<sub>1</sub> 的确定〉

如前文所述，若安装的微型光电传感器光电流 I<sub>L</sub> 较大，理论上 Q<sub>1</sub> 基极发射极之间会短路 (图 15)，产生过大的电流，为避免此类情况，降低光电晶体管的集电极损耗 P<sub>C</sub>，需插入 R<sub>1</sub>。R<sub>1</sub> 的确定取决于“容许光电晶体管的集电极损耗 P<sub>C</sub> 有多大 (从绝对最大额定值而言)”，因此，可从产品目录的集电极损耗温度额定值图求得，具体演算 (设计方法) 将不在此赘述，其值可达数百  $\Omega$  (此处为 200 $\Omega$ )。

设计到此结束。

微型光电传感器受光元件的设计要点中，尤为重要的是需使用 1 管晶体管，使微型光电传感器的输出增大。在提高回路信赖性和动作稳定性而言，与只用微型光电传感器的输出相比，表现出很大的性能差距。与图 12 的基本回路相比，图 14 的回路由数值较小的 R<sub>1</sub> 决定微型光电传感器理论上的阻抗 (负载电阻)，因此，将在应答性等方面发挥无可比拟的性能差距。此外，最近还出现将光电 IC 内置于受光元件这种放大回路，因其设计简单、使用方便，越来越多的光电 IC 输出型也开始采用。

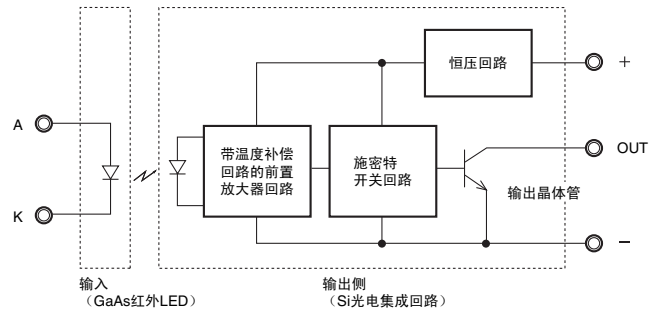
■ 微型光电传感器的设计②

～光电 IC 输出型～

图 17 为光电 IC 输出型微型光电传感器的回路构成图 (EE-SX301、EE-SX401)。

下面将以该图为基础，说明光电 IC 输出型微型光电传感器的设计方法。

图 17 回路构成图



微型光电传感器  
技术解说

(LED 正向电流 I<sub>F</sub> 供给回路)

LED 是单独结构，因此，需要外部供给合适的电流，这是设计光电 IC 输出型微型光电传感器时最重要的项目。即

- 要点在于多大的正向电流 I<sub>F</sub> 能使受光侧 (光电 IC) 动作，只要该项目能设计成功，接通受光侧电源便可方便使用光电 IC 输出型微型光电传感器。最合适电流值可参阅产品目录等记载的特性“输出 OFF (ON) 时 LED 电流”得知，从而可进行设计。表 4 摘自 EESX301、EE-SX401 的产品目录。

表 4 电气特性 (部分摘选)

项目	型号 记号	EE-SX301、EE-SX401	
		特性	条件
输出 OFF 时 LED 电流 (EE-SX301)	IFTOFF	8mA MAX	VCC = 4.5~16V Ta = 25 °C
输出 ON 时 LED 电流 (EE-SX401)	IFTON		

# 技术解说

接下来便是设计。要点在于，

- 对 EE-SX301 施加  $I_{FTOFF}$  以上的正向电流
- 对 EE-SX401 施加  $I_{FTON}$  以上的正向电流。

EE-SX301、EE-SX401 中，其最大值为 8mA，而实际使用时通过的正向电流将超过 8mA。既然大于 8mA，那么是否 8.1mA 或者 100mA 都可以呢？首先，上限值由绝对最大额定值决定（限制）。因此，设计上限值时，请以图 18 为基础，根据使用环境温度（最大值）决定。其次，必要且充分的水平值只要在绝对最大额定值的范围之内，请尽量接通较高的正向电流  $I_F$ 。若该水平值太接近 8mA，可能会因温度变化、时间推移等造成发光输出下降，或由于灰尘附着等引起传达效率下降，导致受光侧（光电 IC）无法正常工作，因此，请在具体操作时设定  $I_{FTOFF(ON)}$  规格值 2 倍左右的正向电流  $I_F$ 。图 19 为光电 IC 输出型微型光电传感器的基本回路。

此外，受光侧需注意的是，在驱动继电器时，请如图 20 所示，添加吸收反向电压的二极管 D。

## （受光侧回路）

向电源端子（图 17 的 +、- 端子）施加规定范围（绝对最大额定值）内的电压，并同样向输出端子施加（图 17 的 OUT 端子）规定范围内的电流（输出电流  $I_{OUT}$ ）即可。

图 18 温度额定值图 (EE-SX301, EE-SX401)

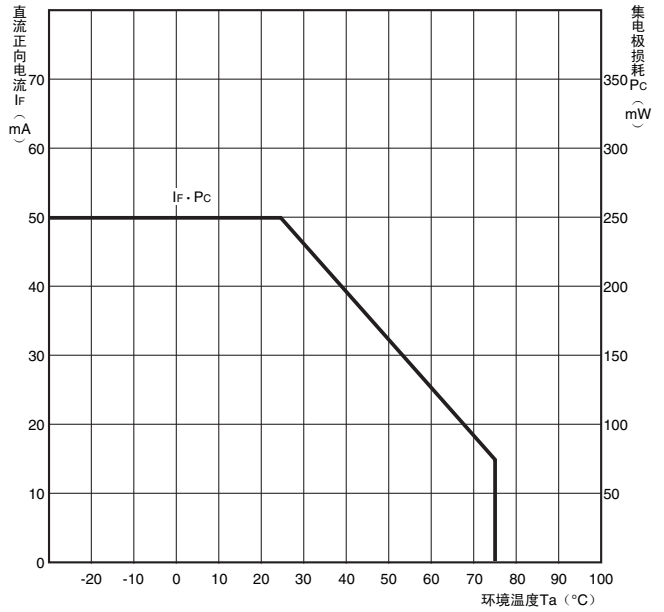


图 19 基本回路

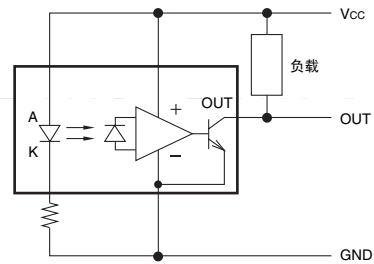
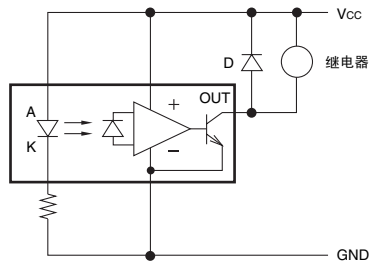


图 20 感应负载时的连接范例



● 使用注意事项

通过以上说明，想必您对微型光电传感器的特别之处及其额定值、特性已经有所了解。本章就具体使用时需要注意的事项进行说明。

■ 透过型微型光电传感器（光电晶体管输出型）

透过型微型光电传感器中特别需要注意的是检测

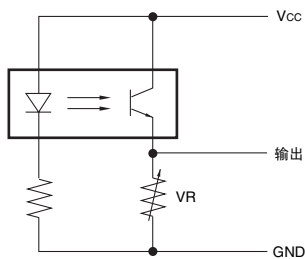
- 透过率较高的物体（例如：纸张、胶片、塑料等）、
- 比传感器发光、受光面的形状和尺寸还小的物体

时。无论上述何种情况，虽然物体会遮挡 LED 光，但仍会有少量光线照射到受光元件上，结果将导致受光元件的输出中产生微量电流。因此，在检测该类物体时，必须先测定有物体和无物体时受光元件的光电流  $I_L$  变化量，并计算其比例，然后决定是否可以使用微型光电传感器。若有物体时的光电流为  $I_{L(N)}$ ，无物体时的光电流为  $I_{L(S)}$ ，S/N 比（信号 / 噪音）比可通过如下公式

$$S/N = I_{L(S)}/I_{L(N)}$$

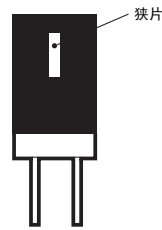
求得。微型光电传感器的光电流  $I_L$  会随温度和时间的变化而变化，因此，S/N 比  $< \sim 4$  时，千万要注意使用回路。此外，微型光电传感器的光电流  $I_L$  可能不稳定，若其不稳定范围超出 S/N 比，则固定电阻已经不能使用。此时，请如图 21 所示，用可变电阻逐台调节。

图 21 灵敏度调节范例



检测物体较小时，可采取相同处理方式，但实际操作时需根据发光、受光面的大小决定，请尽量使用发光、受光面尺寸较小的传感器。具体操作时，将在发光、受光面上安装狭片。如图 22 所示，在发光、受光面上安装狭片后，光电流  $I_L$  将降低，请注意。此外，最好在发光面和受光面同时安装狭片，若只在发光面安装，当检测物体通过发光面一侧时，可能引起故障，请注意。

图 22 狭片（范例）



此外，除（检测）上述特殊物体外，在回路处理时，也有需要注意的地方。当检测物体产生晃动、或移动速度非常慢、或物体边缘（端）面的反射率较高时，微型光电传感器的输出波形经常会发生如图 23 所示的震颤波形。若将此类波形输入至计算器，会产生误计算以及无法得到系统理论等问题，因此，请如图 24 所示，插入电容器 C（0.01 ~ 0.02μF 左右），或如图 25 所示设计施密特触发回路。

图 23 输出波形的震颤

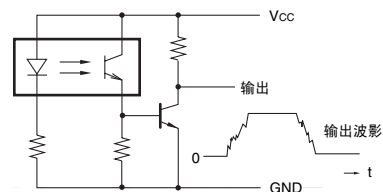


图 24 防止震颤的方法 (1)

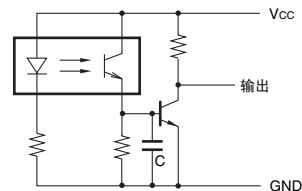
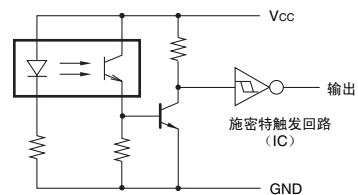


图 25 防止震颤的方法 (2)



■ 反射型微型光电传感器（光电晶体管输出型）

反射型微型光电传感器需注意的有

- 干扰光
- 背景状态
- 输出水平的把握

这3点。

首先，如图 26 所示，在结构上，反射型微型光电传感器的受光元件是面向外界安装的，非常容易受到干扰光的影响。欧姆龙反射型微型光电传感器设计有滤波器，可遮挡小于一定波长的光，以尽量减少干扰光的影响，但是并不能完全遮挡（图 27 为滤光器的遮光特性范例）。所以，请设置遮光措施，尽量减少干扰光的进入。

图 26 反射型微型光电传感器的结构

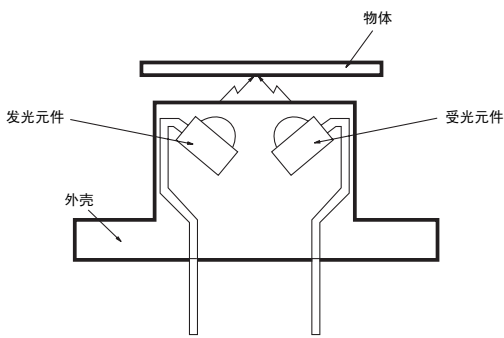


图 27 滤光器的遮光特性范例（代表例）

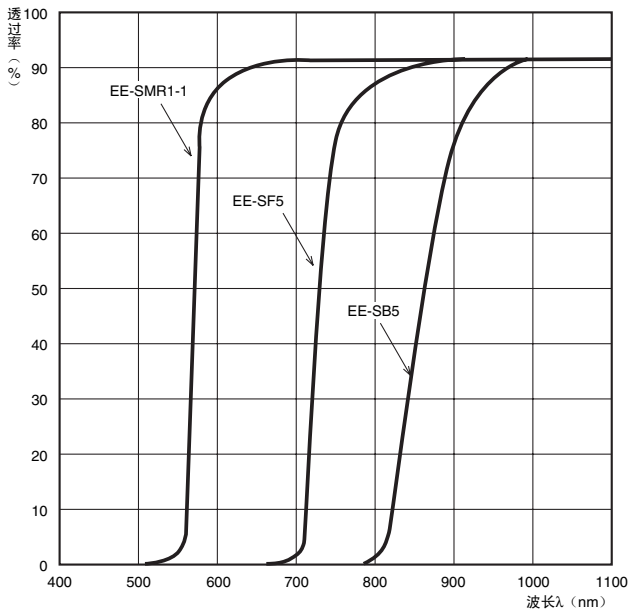
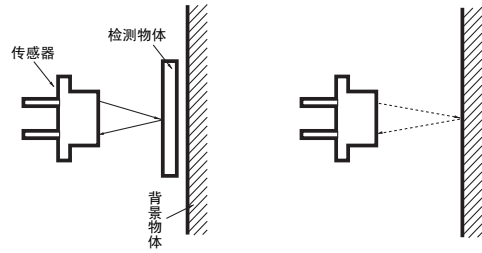
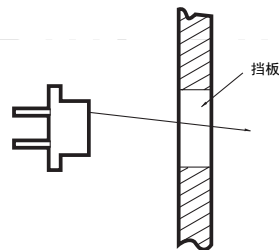


图 28 背景物体的影响



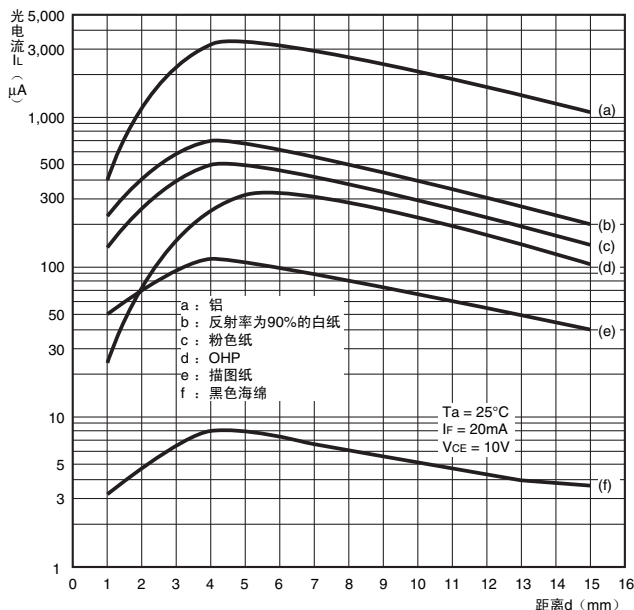
接下来就背景状态进行说明（此处暂时设定为理想条件之一的周围黑暗状态）。图 28 表示有检测物体和无检测物体时的检测状态。由该图可知，即便没有检测物体，由于背景物体的影响，也会使微型光电传感器的 LED 光反射到受光元件中。因此，在这种情况下，也会导致上面提到的 S/N 比下降。例如，当纸张通过不锈钢及镀锌框架，检测该纸张时，可能出现没有纸张时的光电流  $I_{L(N)}$  比检测纸张时的光电流  $I_{L(S)}$  大的情况。这种构造上无论如何都需要设置背景物体的时候，需要如图 29 所示，打穿背景物体的一部分

图 29 对策范例



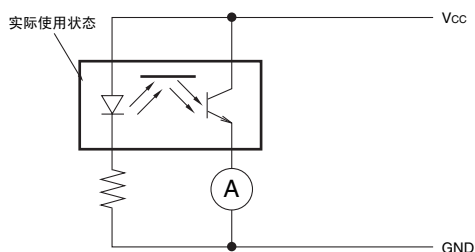
（此时，打孔尺寸需大于传感器表面的安装尺寸）。此外，也可进行黑色消光涂装或故意使其表面变得粗糙。背景物体的影响可能是导致误动作的重要原因，因此请务必确认。接下来就输出水平进行说明。与透过型微型光电传感器的输出（光电流  $I_L$ ）有很大区别的是，它的光电流  $I_L$  会根据检测物体的种类、检测距离、大小等发生很大变化。若为透过型微型光电传感器，凹槽内没有物体时，可简单认为

图 30 检测特性范例 (EE-SF5)



此时的输出即为光电流  $I_L$ ，而若为反射型微型光电传感器，则将本公司标准物体、检测距离下的输出作为光电流  $I_L$ ，因此，在与本公司标准物体、距离不同的情况下，光电流  $I_L$  的值将发生很大变化。图 30 表示 EE-SF5 (-B) 的检测物体和检测距离变化时，输出的变化情况。若实际的检测物体在图中介绍范围内，便可把握与本公司标准物体的比例，但若为该图以外的物体，只能对光电流的值进行实际测量 (\*EE-SF5 (-B) 时，反射率为 90% 的白纸)。测定时，将微型光电传感器设定为与实际使用时相同的状态，如图 31 所示，分别测定有物体和无物体时的电流。当然，可用如图 31 所示的方法测得电流，进而求得 S/N 比，并验证是否可以使用。此外，还有 1 点需要注意。即使在检测物体

图 31 输出电流的测定



的时候，反射型微型光电传感器的光电流水平也只有数  $\mu A$  ~ 数百  $\mu A$  左右，因此，需认识到 S/N 比中 S (信号) 的绝对值水平本身就非常低。所以，即便在黑暗环境中，也会有暗电流  $I_D$  及泄漏电流  $I_{LEAK}$  通过，由于温度的上升，电流值还会达到数  $\mu A$  ~ 10 数  $\mu A$  (3)，相对于前面的 S 水平，其绝对值水平 (N: 噪音水平) 已经无法忽视。

由于上述原因，反射率较低的物体其 S/N 比会极小，需注意。

另外，使用反射型微型光电传感器检测时需注意的范例有，

- 标志检测 (例如: 检测白底上的黑色标志)
- 检测小件物体

此时也只能进行与上面相同的研究。

综上所述，使用反射型微型光电传感器时，会碰到各种各样的困难，使用时请充分注意。