

应用指南

硅流量传感器

SFS01



应用手册

硅流量传感器

SFS01

1.	SFS01 - 产品分类	3
2.	应用与结构	3
2.1	产品特点	3
2.2	应用领域	3
2.3	传感器设计	4
2.4	测量原理	5
2.5	尺寸	6
3.	安装与交付	6
3.1	安装	6
3.2	交付内容	6
3.3	操作准则	7
4.	性能与线性化	8
4.1	性能	8
4.2	影响因素	8
4.3	电子电路图	9
4.4	校准与线性化	9
4.4.1	校准	9
4.4.2	线性化	11
5.	订购信息	11
6.	更多电子电路	11
7.	补充文档资料	11



Application Note

Silicon Flow Sensor

SFS01

1. SFS01 - 产品分类

Innovative Sensor Technology IST AG开发了热质量流量传感器，并为各种流量应用提供了解决方案。市场上通常会提供带有集成流道以及被动或主动输出的完整模块。这些系统适用于许多一般应用，但通常不适用于价格敏感或空间有限的应用。IST AG的流量传感器仅作为传感器元件，构成了许多客户的应用基础，并实现了特定于应用和个性化定制集成。

硅流量传感器（SFS）是IST AG的第一个基于硅技术的流量传感器。使用SFS01不仅可以测量流量数值，而且可以测量流量方向。基于量热原理，使得SFS测量流速成为可能。量热原理（有关详细信息，请参见第2.4节）基于加热器和附近的两个温度传感器。加热器在流动介质中产生热云。热云的膨胀和方向由流动的强度和方向以及气体的成分决定。热云的方向导致两个温度传感器之间产生温度差。通过测量该温度差，确定流动强度和流动方向。

SFS01的对称设计可轻松反应和评估测量信号。该传感器可用于不同的气体。此外，SFS具有测量范围大，灵敏度高和响应时间非常快的特点。通道几何形状的良好设计可以使传感器的性能最佳地匹配所需的应用。SFS流量传感器非常适合空间受限的应用，但也可以轻松升级为完整的即用型系统。IST AG提供广泛的客户支持服务和合作，包括系统集成，预组装，针对客户的部分解决方案以及针对客户应用量身定制的完整解决方案。

2. 应用与结构

2.1 产品特点

- 测量范围高达3.5 m/s (气体)
- 气流方向测量
- 极快响应速度 <5 ms
- 极低功耗
- 易于系统集成

2.2 应用领域

- 自动化技术
- 过程与规范技术
- 医疗生物技术
- 空调
- 电池供电的便携设备



2.3 传感器设计

以下为SFS流量传感器各层构成与制造工艺的说明。

基板

SFS传感器的基板以及用于生产的原材料都是硅晶片。首先将氧化层，氮化硅层施加到硅晶圆上。氮化硅层随后形成SFS的传感器膜。

硅的高导热率有利于基板上均匀的温度分布以及形成恒定的参考温度。反过来，这使得能够测量非常小的温差。

敏感结构

加热器和温度传感器（热电堆）是在多阶段光刻工艺中生产的。首先，施加掺杂有磷的硅。其中，两个加热元件和热电堆的前半部分通过光刻技术构成。然后施加铝，由此构成热电堆的后半部分，电导体和绑定焊盘。

钝化

为了保护测量表面（加热器和温度传感器）免受侵蚀性介质的侵害，应使用氧化硅和氮化硅层的叠层。该层形成传感器的钝化层，不仅有助于保护，而且还有助于SFS的稳定。

腔蚀

蚀刻在测量表面下方的硅晶片中产生一个空腔。蚀刻过程在氮化硅层处停止，因此仍保留为薄传感器膜。

完成

在最后一步中，将晶片切成小块，并用全自动切块机将传感器分开。

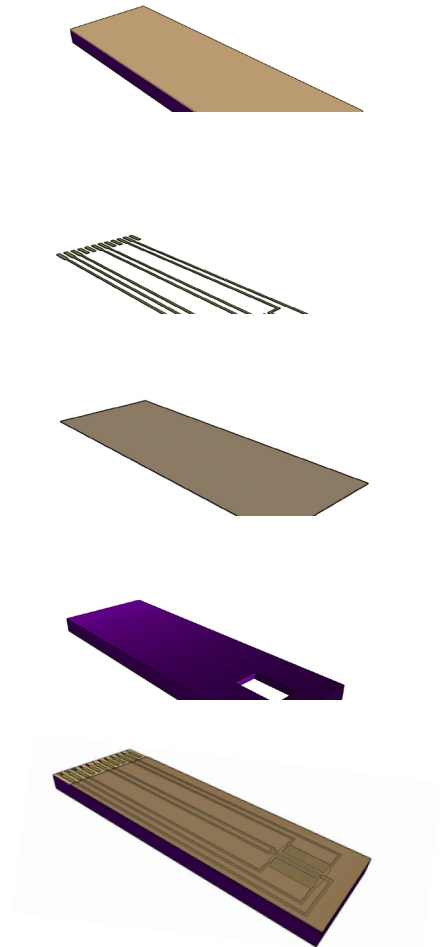


Fig. 1: SFS01 传感器结构

2.4 测量原理

IST AG的热式流量传感器使用风速测量原理或量热原理进行测量。SFS01的功能基于量热测量原理。传感器元件由一个加热器和位于加热器旁边的两个温度传感器组成。两个温度传感器之间的温差取决于流量大小，因此可以用作流量的测量。

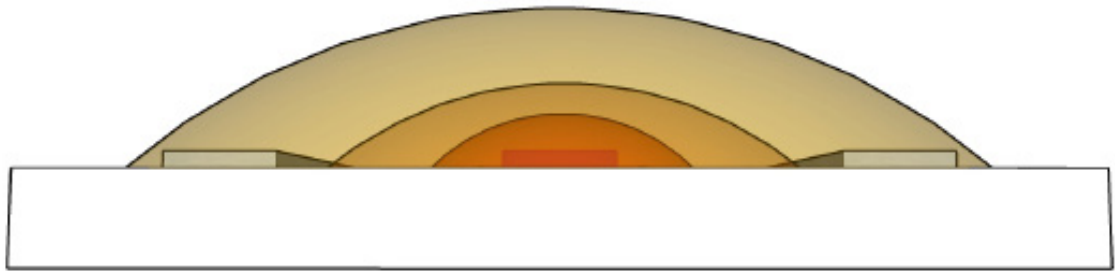


Fig. 2: 量热测量原理中的热云示意图（无流量时）

如果没有流量，则热云在加热器周围是对称的（Fig.2），即温度传感器的测量温度相同。因此，温度差为零。加热器产生的热云具有确定的热输出（焦耳加热）。SFS通常以恒定的热量输出运行。

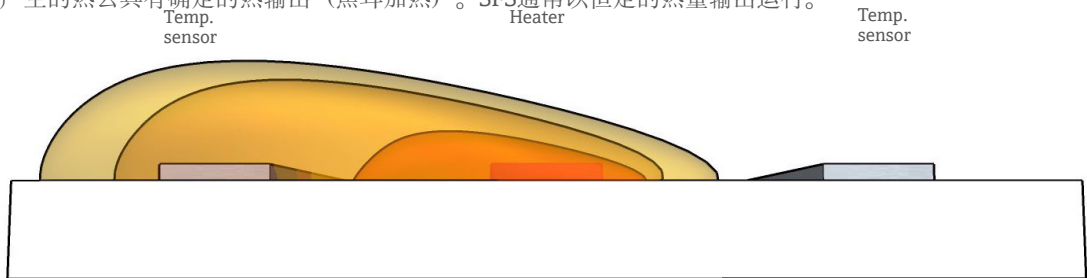


Fig. 3: 量热法原理中有限流量下的热云示意图

当发生流动时，热云会根据流动方向两个温度传感器之一偏移（Fig.3），从而导致两个传感器之间的温差。在一定范围内，温差随流量增加而增加。

温差与流速的相关性曲线：Fig. 4.

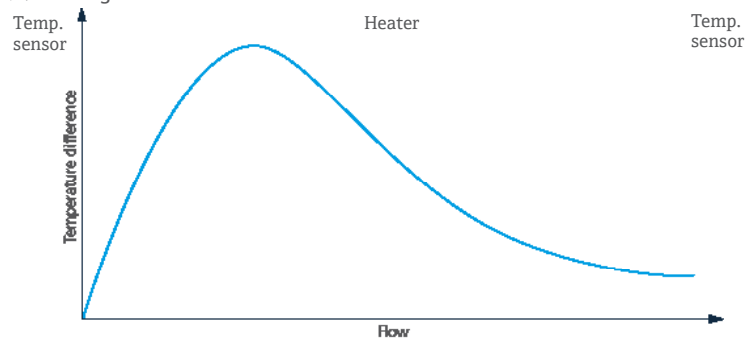


Fig. 4: 温差为流速的函数

在某个特定点或某个特定流量下，气流带走的热量与加热器产生的热量一样多，并且温差达到了最大值。如果流量变得更大，则温差会再次减小。对于根据量热原理运行的传感器，最大流量范围由可能的温差中的最大值定义，否则会丢失信号的唯一性。

SFS的有效信号是热电堆的两个电压或两个电压之间的差，它与两个热电堆之间的温度差成比例。

2.5 尺寸

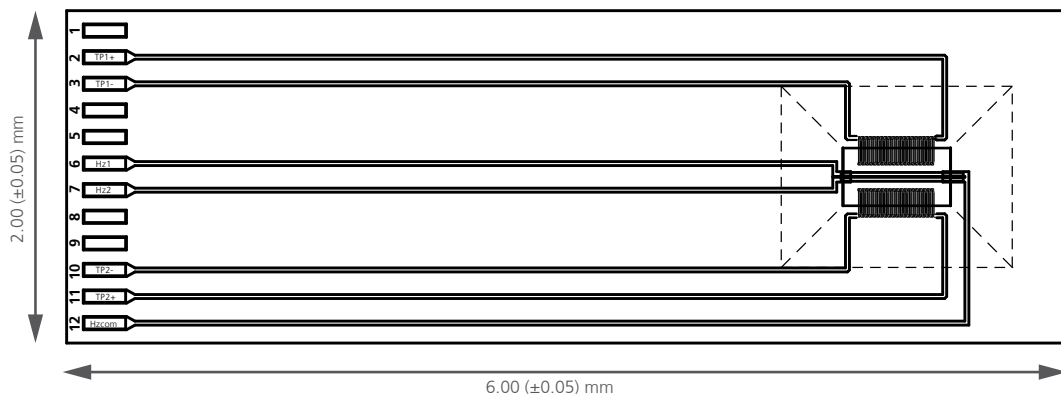


Fig. 5: SFS传感器尺寸

SFS01传感器芯片的尺寸为 $6.00 \pm 0.05 \times 2.00 \pm 0.05 \times 0.525 \pm 0.1 \text{ mm}^3$ (L x W x H) (见Fig. 5). 氮化硅膜 (由虚线表示) 约为 $2 \mu\text{m}$ 厚.

3. 安装与交付

3.1 安装

SFS01推荐使用楔形铝线邦定。

SFS01可以安装在PCB腔中，也可以直接安装在流道中。传感器和电子设备之间采用邦定连接。

SFS01还可以根据客户要求安装在特定的流道中。

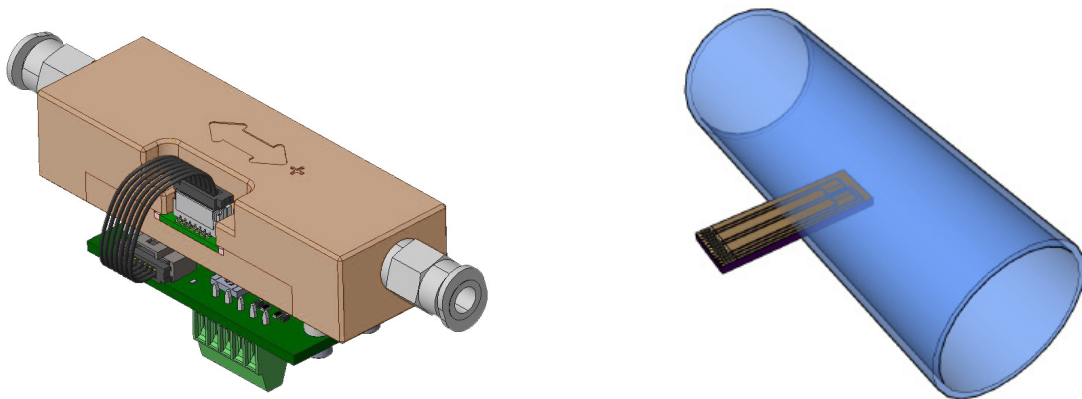


Fig. 6: 可能的安装方式：根据客户要求邦定到PCB并插入流道中，或直接粘合到流道中

3.2 交付内容

小批量可在一周内交付，大量可应要求提供。SFS01交付时不带通道和电子电路。SFS01的测试模块可以单独购买。

3.3 操作准则



传感器存放在芯片托盘中，如Fig. 7所示



Fig. 7: SFS传感器在芯片托盘中

只能用塑料或真空镊子接触传感器。从芯片托盘中取出传感器时，请确保未在膜片区域触摸它们。膜很薄，很容易损坏。

Fig. 8 显示了用镊子操作时SFS01芯片的可接触区域（绿色区域），与不可接触区域（红色区域）。

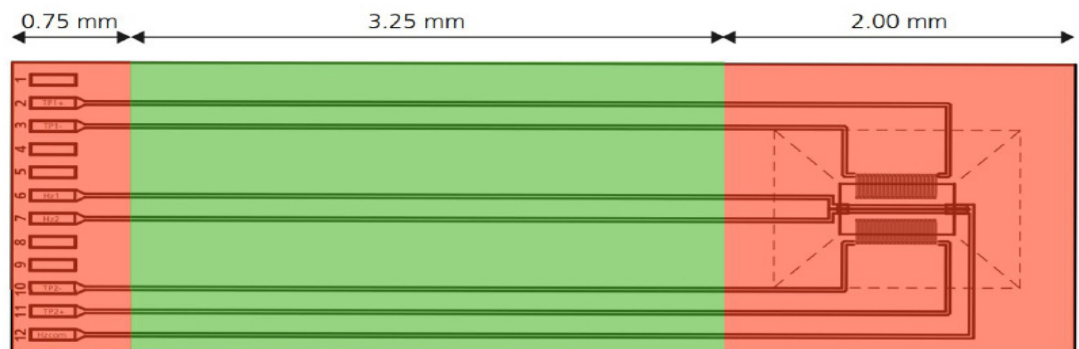


Fig. 8: SFS01“接触区” (绿色). “保护区” (红色)不可触碰

4. 性能与线性化



4.1 性能

下图 (Fig. 9) 显示了SFS流量传感器在实验室条件下 (氮气, 25°C, 通道横截面: 1 x 1mm²) 的典型特性曲线。伴随应用, 偏差是可能存在的, 必须根据具体情况进行验证。

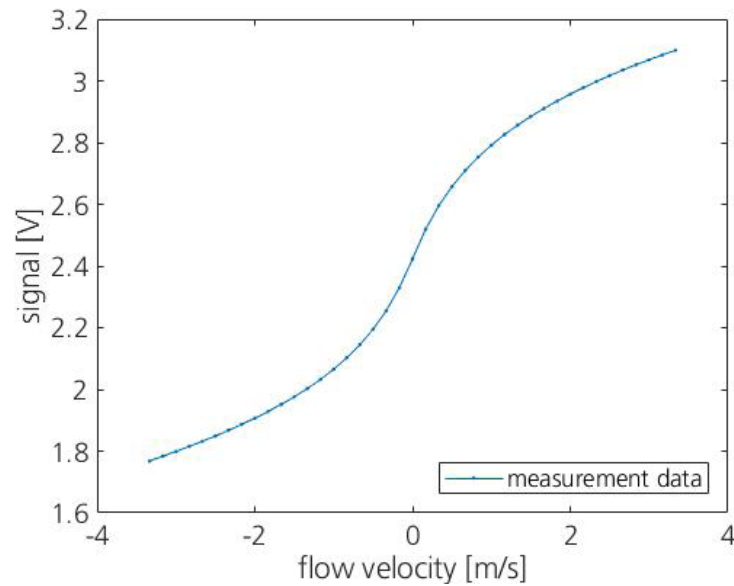


Fig. 9: SFS流量传感器的典型特性曲线

该输出信号由特定电路生成, 该电路将热电堆电压的差放大了50倍。流动介质为氮气。加热功率调整到至少可以覆盖整个流量范围。在该图示中, 无流量的输出电压为2.4V。由于传感器结构设计的对称性, 测量结果也在改点中心对称。

4.2 影响因素

以下几点显示了可能对输出信号产生影响的示例。这些影响在很大程度上取决于应用。如果您对特定应用及其可能的影响有任何疑问, 请随时与我们联系。

流动介质: 由于不同的热参数 (导热系数, 热容量, 密度, 粘度等), 流动介质的成分会影响热云的形成, 从而影响温度传感器的检测。

污染: 灰尘和杂质会影响信号, 在最坏的情况下甚至会损坏传感器。

实施: 必须通过SFS多点输出信号进行拟合来确定整个流量曲线。因此, 通道的几何形状和相关的流量曲线间接包含在校准中。传感器元件的摆放位置也会影响曲线形状。必须将传感器元件“足够好”地放置在流道中, 以便覆盖所需的动态范围并达到所需的测量精度。以下因素会影响流量曲线:

- 管道尺寸
- 入口长度
- 传感器相对位置



温度：输出信号受温度影响，因为介质的热性质本身就受到温度的影响。



我们很乐意支持您，为您的应用找到最佳解决方案。



4.3 电子电路



下图Fig. 10展示了其中两个加热电阻器并联连接的示意性简化电路图。也可以串联连接两个加热电阻(Hz₁, Hz₂)。由于热电效应，在两个热电堆(TP₁, TP₂)处产生电压，放大两个热电堆电压的差，从而进行测量。

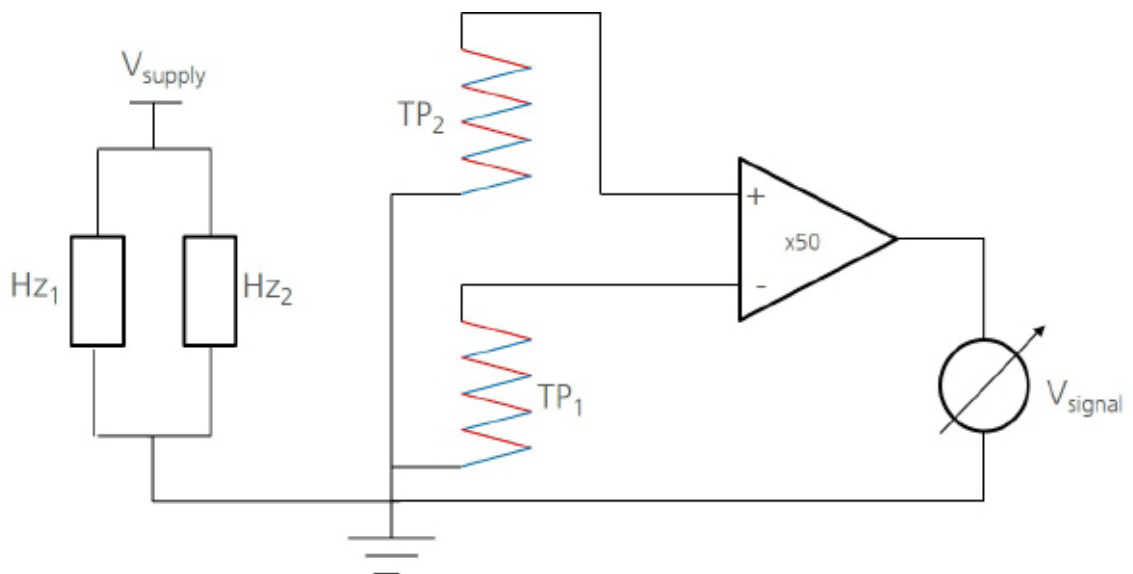


Fig. 10: SFS01的原理图和简化电路图

4.4 校准与线性化

4.4.1 校准

对于SFS，根据经验确定了以下公式。它根据流速映射输出信号，并展示了校准的基础：

$$V_{\text{signal}}(v) = a + b \cdot \text{sgn}(v) e^{c|v|^d}$$

其中 v 是有符号流速，而 $V_{\text{signal}}(v)$ 是输出信号。函数 $\text{sgn}()$ 通过符号指示流向。参数 a （偏移）， b （模值）， c 和 d （阻尼因子）是校准参数，必须通过回归分析为每种应用和几何形状确定具体数值。根据应用程序的不同，函数也可以以不同或简化的方式构成。

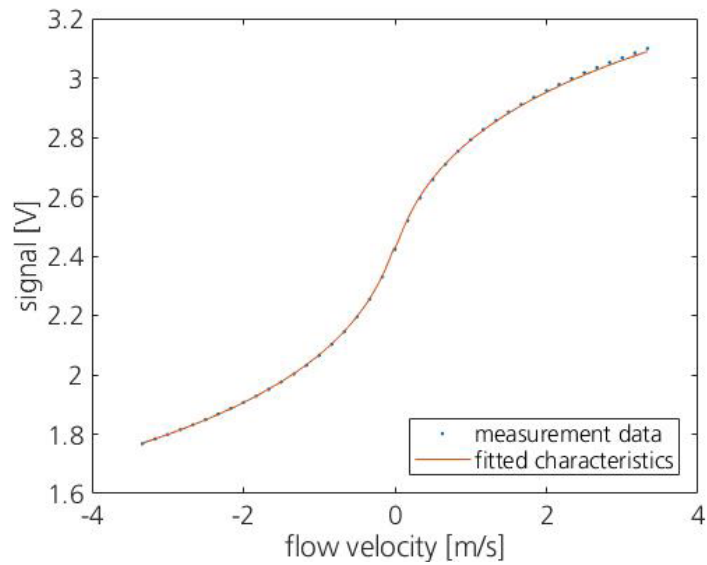


Fig. 11: 测得的测量点和拟合的特征曲线

为了能够计算这四个变量，必须至少记录四个测量点。但是，建议记录更多的测量点。此外，测量点的选择应在以后的应用中涵盖整个动态范围。如果校准过程中的硬件条件与最终应用的相同，则可以获得最佳结果。通过检查零点附近的对称性 ($v = 0$)，可以确定并优化传感器摆放方案。

上图(fig. 11)的计算参数为:

$$a = 2.43$$

$$b = 3.36$$

$$c = 2.23$$

$$d = -0.26$$

通常，在实验室条件下（氮气，+ 25°C，通道横截面：1 x 1mm²），SFS的校准参数在上述示例性值的范围内。但是，取决于应用程序和传感器安装，这些值会有所不同。



4.4.2 线性化

一旦确定了参数a, b, c, d, 则校准完成。V_{signal} (v) 的反函数为有符号的流速信号。

$$v(V_{\text{signal}}) = \text{sgn}(V_{\text{signal}} - a) \left(\frac{-\log\left(\frac{|V_{\text{signal}} - a|}{b}\right)}{c} \right)^{1/d}$$

线性化后的信号如图 fig. 12所示.

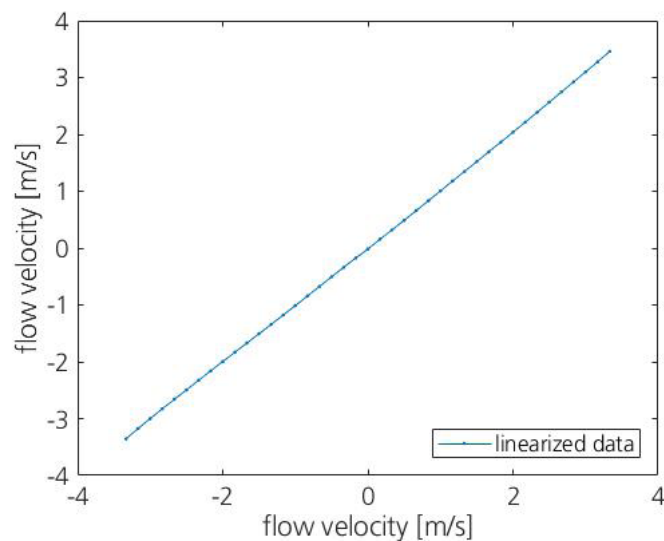


Fig. 12: SFS01的线性化输出

5. 订购信息

传感器元件:	SFS01
订货号:	105050
订货号(旧):	350.00312

6. 更多电子电路

EvaKit:	SFS01 EvaKit
订货号:	105059
订货号(旧):	350.00330

7. 补充文档资料

Innovative Sensor Technology IST AG, Stegrütistrasse 14, 9642 Ebnat-Kappel, Switzerland
Phone: +41 71 992 01 00 | Fax: +41 71 992 01 99 | Email: info@ist-ag.com | www.ist-ag.com

All mechanical dimensions are valid at 25 °C ambient temperature, if not differently indicated ■ All data except the mechanical dimensions only have information purposes and are not to be understood as assured characteristics ■ Technical changes without previous announcement as well as mistakes reserved ■ The information on this data sheet was examined carefully and will be accepted as correct; No liability in case of mistakes ■ Load with extreme values during a longer period can affect the reliability ■ The material contained herein may not be reproduced, adapted, merged, translated, stored, or used without the prior written consent of the copyright owner ■ Typing errors and mistakes reserved ■ Product specifications are subject to change without notice ■ All rights reserved



数据手册:	DFSFS01_E
	DFSFS01_EvaKit_E

Innovative Sensor Technology IST AG, Stegrütistrasse 14, 9642 Ebnat-Kappel, Switzerland
Phone: +41 71 992 01 00 | Fax: +41 71 992 01 99 | Email: info@ist-ag.com | www.ist-ag.com

All mechanical dimensions are valid at 25 °C ambient temperature, if not differently indicated ■ All data except the mechanical dimensions only have information purposes and are not to be understood as assured characteristics ■ Technical changes without previous announcement as well as mistakes reserved ■ The information on this data sheet was examined carefully and will be accepted as correct; No liability in case of mistakes ■ Load with extreme values during a longer period can affect the reliability ■ The material contained herein may not be reproduced, adapted, merged, translated, stored, or used without the prior written consent of the copyright owner ■ Typing errors and mistakes reserved ■ Product specifications are subject to change without notice ■ All rights reserved