

## 高精度、低功耗单芯片集成 16 位温湿度传感器

## 1 基本性能

- 湿度精度高至±1%RH
- 温度精度高至±0.1°C
- 供电电压: 1.6V ~ 5.5V
- 平均功耗: 0.4uA (每秒转换一次)
- 待机功耗: 0.1uA
- 分辨率: 0.01%RH, 0.01°C
- 工作范围: 0~100%RH @ -40~125°C
- 通信接口: I<sup>2</sup>C, 高至1MHz, 2个I<sup>2</sup>C地址
- 内置加热器, 功耗可调
- 支持NIST溯源
- 满足JEDEC JESD47标准
- 封装信息:

产品编号	封装	说明
GXHT40-AD	DFN4	普通精度, 见图 2, 地址 0x44
GXHT40-BD	DFN4	普通精度, 见图 2, 地址 0x45
GXHT41-AD	DFN4	高精度, 见图 3, 地址 0x44
GXHT45-AD	DFN4	最高精度, 见图 4, 地址 0x44

## 2 应用场景

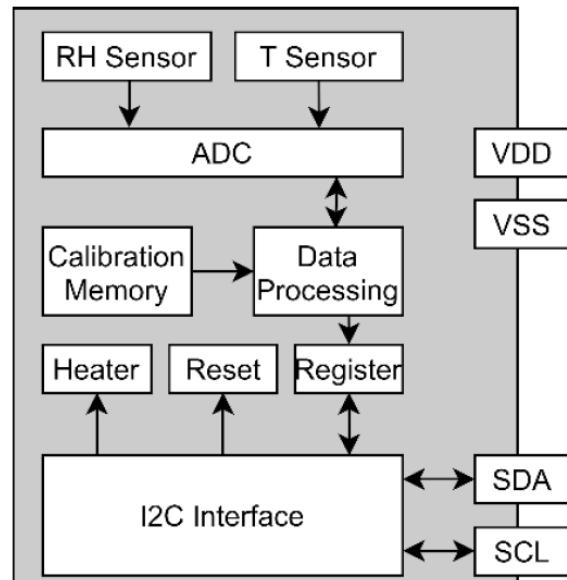
- 汽车座舱
- 工业控制
- 智能家居
- 消费电子
- 医疗器械

## 3 芯片概述

GXHT4x是中科银河芯新一代单芯片集成温湿度传感器, 可以提供可配置的I<sup>2</sup>C地址; 内置加热器可以在防结露场合开启, 加热器功率可配置。

GXHT4x采用4管脚的DFN封装, 适用于标准的SMT贴装工艺流程。

GXHT4x系列芯片功能框图



## 目 录

1 基本性能 .....	1	7.4 功能命令说明 .....	10
2 应用场景 .....	1	7.5 输出信号的温湿度换算 .....	11
3 芯片概述 .....	1	7.6 芯片序列号 .....	11
4 版本更新信息 .....	2	7.7 复位和中断 .....	11
5 引脚配置和功能 .....	4	7.8 加热操作 .....	11
6 技术指标 .....	4	8 封装信息 .....	13
6.1 极限工作指标 .....	4	8.1 DFN4 封装外形图 .....	13
6.2 静电保护 .....	4	8.2 焊盘示意图 .....	14
6.3 电学特性 .....	5	8.3 卷盘与载带信息 .....	14
6.4 时序说明 .....	5	8.4 丝印说明 .....	15
6.5 性能指标 .....	6	9 订购信息 .....	15
7 详细说明 .....	9		
7.1 I <sup>2</sup> C 通信 .....	9		
7.2 数据类型和长度 .....	9		
7.3 CRC 校验说明 .....	10		

## 4 版本更新信息

### V1.3 (Mar. 2025)

- 更新静电保护中的静电放电HBM值（见6.2节）。
- 更新湿度性能指标中的响应时间（见6.5.1节）。

### V1.3 (Mar. 2025)

- 更新订购信息中的标准包装数量（见9节）。

### V1.2 (Feb. 2025)

- 新增芯片丝印说明（见8.4节）。

### V1.1 (Oct. 2024)

- 更新规格书模板。

## V1.0 (Mar. 2024)

- 原始版本。

## 5 引脚配置和功能

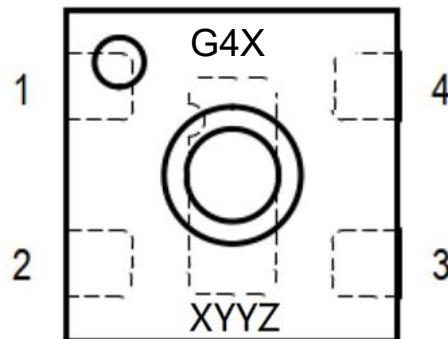


图 1 GXHT4x 顶视图

表 1 GXHT4x 系列的引脚功能

引脚	名称	说明
1	SDA	I <sup>2</sup> C 数据端口, 双向
2	SCL	I <sup>2</sup> C 时钟端口, 输入
3	VDD	电源端口
4	VSS	地

## 6 技术指标

### 6.1 极限工作指标

表 2 GXHT4x 系列的极限工作条件

	最小	最大	单位
引脚电压	- 0.5	6	V
温度范围	- 40	125	°C
结温		150	°C
存放温度	- 40	150	°C

除非另有说明, 上述表格中均指在大气温度范围内的指标。超出上述表格所给范围可能会导致芯片永久损坏。

### 6.2 静电保护

表 3 GXHT4x 系列的静电保护能力

	保护值	单位
静电放电	Human Body Mode (HBM), per ANSI/ESDA/JEDEC JS-001	±7000 V
闩锁效应	Latch-Up, per JESD 78, Class IA	±200 mA

### 6.3 电学特性

若非特殊说明, 以下数据均为芯片在温度范围处于-40°C~+125°C, 电源电压处于1.6V~5.5V区间内的特性。  
(典型工作条件为+25°C和3.3V)。

表 4 GXHT4x 系列的静电特性说明

参数	符号	条件说明	最小	典型	最大	单位
电源电压	V <sub>DD</sub>		1.6	3.3	5.5	V
上电/掉电电压	V <sub>POR</sub>		0.8		1.0	V
电源压摆率	V <sub>DD,slew</sub>				20	V/ms
供电电流	I <sub>DD</sub>	空闲状态	0.08	0.1	0.15	uA
		温湿度转换峰值		300	500	uA
		平均功耗@高重复率		2		uA
		平均功耗@中重复率		1.2		uA
		平均功耗@低重复率		0.4		uA
低电平电压	V <sub>IL</sub>		0		0.3*V <sub>DD</sub>	V
高电平电压	V <sub>IH</sub>		0.7*V <sub>DD</sub>		V <sub>DD</sub>	V
上拉电阻	R <sub>P</sub>		390			Ω
总线负载电容	C <sub>b</sub>				400	pF

### 6.4 时序说明

表 5 GXHT4x 系列的工作时序要求

参数	符号	条件说明	最小	典型	最大	单位
上电时间	t <sub>PU</sub>	从硬复位开始到V <sub>DD</sub> >V <sub>POR</sub>		0.3	1	ms
软复位时间	t <sub>SR</sub>	从收到软复位命令到进入idle状态			1	ms
温湿度测量时间	t <sub>MEAS,L</sub>	低重复率		1.3	1.6	ms
	t <sub>MEAS,M</sub>	中重复率		3.7	4.5	ms
	t <sub>MEAS,H</sub>	高重复率		6.9	8.3	ms
加热持续时间	t <sub>Heater</sub>	长脉冲	0.9	1	1.1	s
		短脉冲	0.9	1	1.1	s

注: 最大测量值是指在供电电压为 1.6V 时测得的数据。

## 6.5 性能指标

### 6.5.1 湿度性能指标

表 6 GXHT4x 系列的湿度性能指标

参数	条件	数值	单位
GXHT40精度	典型值	$\pm 1.8$	%RH
	最大值	见图2	%RH
GXHT41精度	典型值	$\pm 1.8$	%RH
	最大值	见图3	%RH
GXHT45精度	典型值	$\pm 1.0$	%RH
	最大值	见图4	%RH
重复率	高	0.08	%RH
	中	0.15	%RH
	低	0.25	%RH
分辨率		0.01	%RH
回滞	@25°C	$\pm 0.8$	%RH
工作范围		0-100	%RH
响应时间	t <sub>63%</sub>	4	s
长期漂移	典型值	<0.3	%RH/y

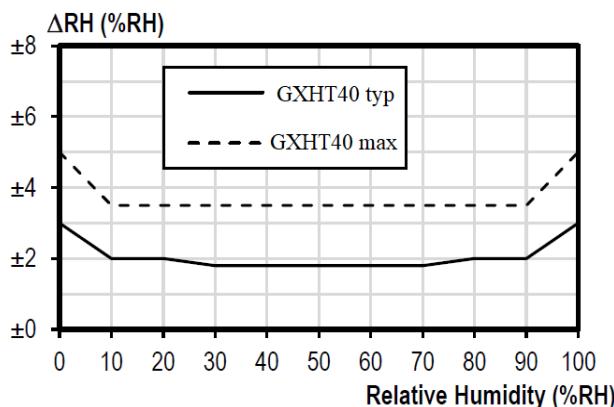


图 2 GXHT40 湿度精度@25°C

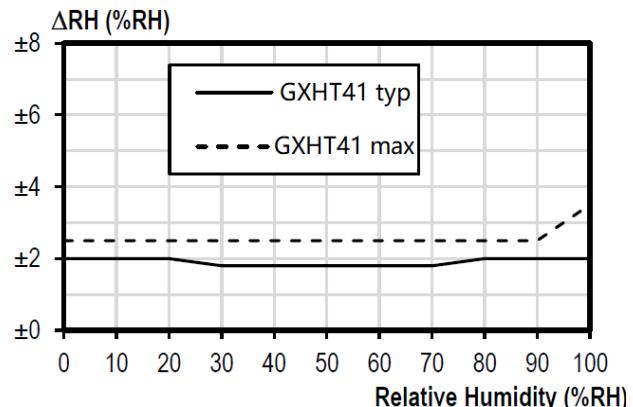


图 3 GXHT41 湿度精度@25°C

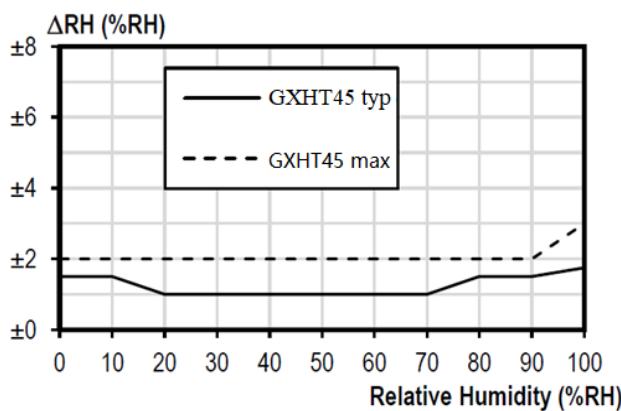


图 4 GXHT45 湿度精度@25°C

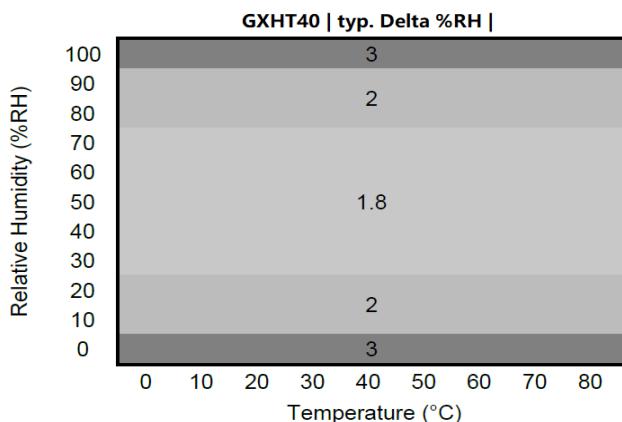


图 5 GXHT40 在全温度和湿度范围典型精度

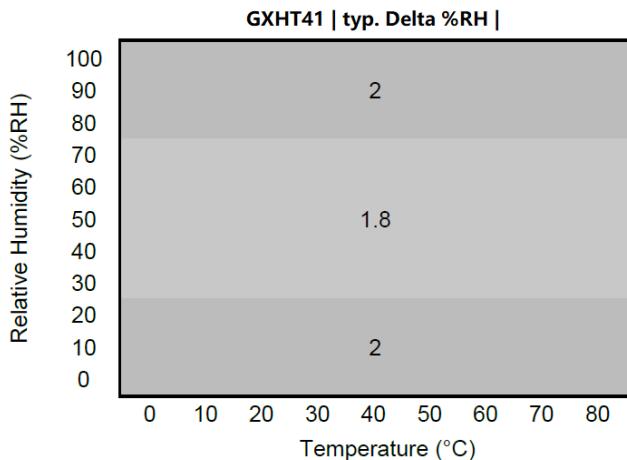


图 6 GXHT41 在全温度和湿度范围典型精度

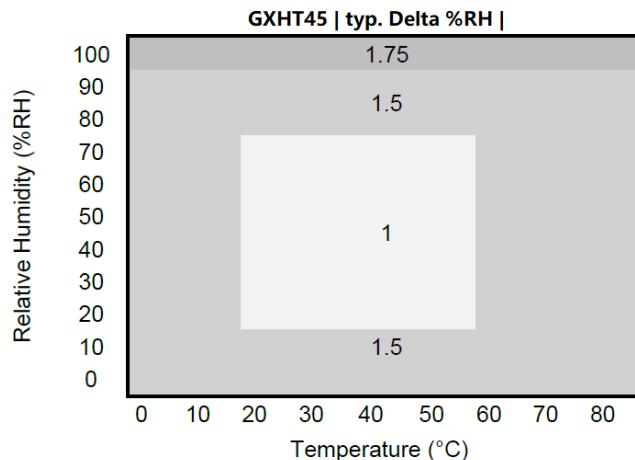


图 7 GXHT45 在全温度和湿度范围典型精度

### 6.5.2 温度性能指标

表 7 GXHT4x 系列的温度性能指标

参数	条件	数值	单位
GXHT40精度	典型值	$\pm 0.2$	°C
	最大值	见图8	°C
GXHT41精度	典型值	$\pm 0.2$	°C
	最大值	见图9	°C
GXHT45精度	典型值	$\pm 0.1$	°C
	最大值	见图10	°C
重复率	高	0.04	°C
	中	0.07	°C
	低	0.1	°C
分辨率		0.01	°C
工作范围		-40 ~ 125	°C
响应时间	$t_{63\%}$	2	s
长期漂移	典型值	<0.03	°C / y

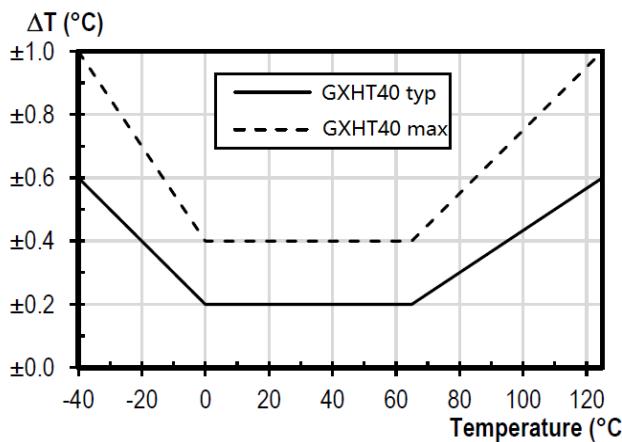


图 8 GXHT40 的温度精度

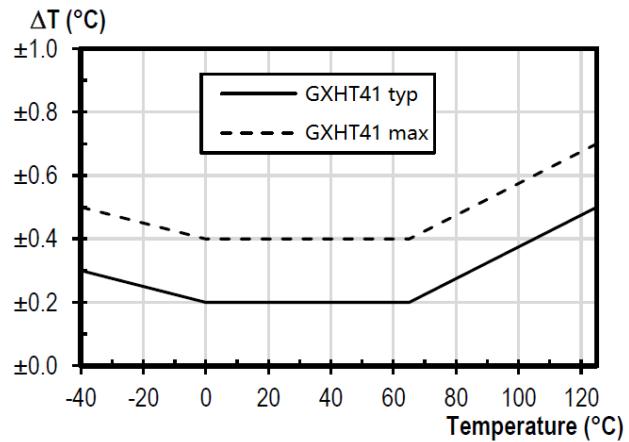


图 9 GXHT41 的温度精度

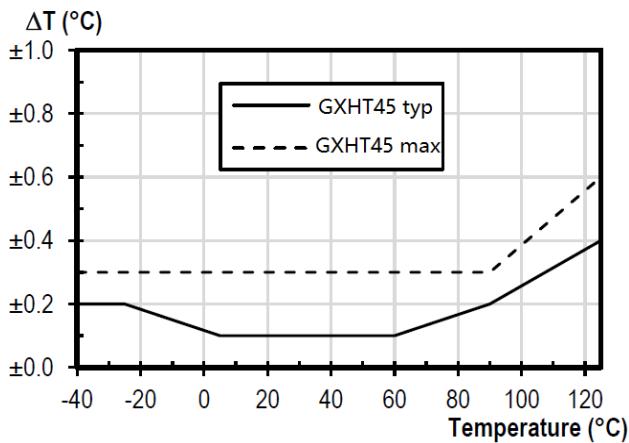


图 10 GXHT45 的温度精度

## 7 详细说明

### 7.1 I<sup>2</sup>C通信

I<sup>2</sup>C 通信完全基于 NXP I<sup>2</sup>C 标准规范手册 UM10204, Rev.6, 4 April 2014。支持 I<sup>2</sup>C 规范中的标准模式, 快速模式和快速增强模式(fast mode plus)。数据传输以 16 个 bit 为一组, 附带 8bit CRC 校验数据。所有的通信以 start 信号(S)开始, 以 stop 信号 (P) 终止。读取数据完成后需要发送一个 NACK 信号和一个 stop 信号 (P)。对特定 I<sup>2</sup>C 地址的从设备操作时, 需要发送一个 7bit 的 I<sup>2</sup>C 地址和读写指示位的拼接数据, 读写指示位在最低位, 当为 0 的时候表示对 I<sup>2</sup>C 设备进行写操作, 当为 1 时候表示对 I<sup>2</sup>C 设备进行读操作。GXHT4x 不支持 I<sup>2</sup>C 协议规定的 clock-stretching 模式。当传感器收到一个读指令时候, 如果转换没有完成, 那么会返回 NACK。内部温湿度数据转换数据被读取之后就会被清除, 直到下一次测量数据更新。

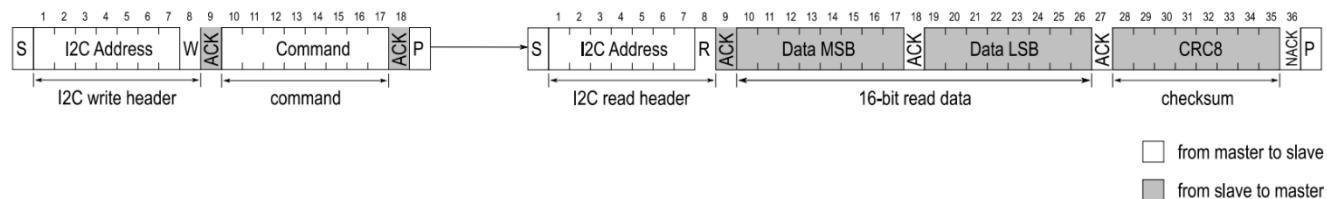


图 11 GXHT4x 系列的典型 I<sup>2</sup>C 通信时序

如图 11 所示是 GXHT4x 系列的典型 I<sup>2</sup>C 通信时序, 首先写操作地址头发送给传感器, 随后会发送一个命令, 比如“高重复率的温湿度转换”, 等待一段时间温湿度转换完成, 再发送读操作地址头, 会收到传感器的 ACK 信号, 随后读出温湿度数据。

所有的 I<sup>2</sup>C 通信的时序要求细节都遵循 NXP I<sup>2</sup>C 规范手册 UM10204 Rev.6,4 April 2014。对于总线上的上拉电阻和负载电容的强制要求见表 4。

### 7.2 数据类型和长度

I<sup>2</sup>C 操作的数据包长度为 8bit, 从传感器返回主机的数据中, 每 2 个数据包跟随一个 8bit 的 CRC 校验数据。湿度和温度数据总是以如下的方式进行传输: 2 字节的温度数据+1 字节 CRC+2 字节的湿度数据+1 字节的 CRC 校验数据。

### 7.3 CRC校验说明

每两个字节数据附带的 CRC 校验数据的计算方式如表 8 所示：

表 8 CRC 校验的说明

属性	值
名称	CRC-8
数据长度	16 bit
生成多项式	$0x31(X^8+X^5+X^4+1)$
初始化值	0xFF
反映输入/输出	false / false
最终的 XOR	0x00
示例	$CRC(0xBEEF) = 0x92$

### 7.4 功能命令说明

表 9 GXHT4x 系列的功能命令说明

命令 (HEX)	返回数据 字节数	描述 (返回值)
0xFD	6	高重复率测量温湿度[2byte 温度数据 + 1byte CRC + 2byte 湿度数据 + 1byte CRC]
0xF6	6	中重复率测量温湿度[2byte 温度数据 + 1byte CRC + 2 byte 湿度数据 + 1byte CRC]
0xE0	6	低重复率测量温湿度[2byte 温度数据 + 1byte CRC + 2 byte 湿度数据 + 1byte CRC]
0x89	6	读取芯片序列号 [2byte 序列号 MSB + 1byte CRC + 2 byte 序列号 LSB + 1byte CRC]
0x94	-	软复位 [ACK]
0x39	6	启动加热器持续时间 1s, 功耗 200mW, 在关闭加热器之前进行高重复率温湿度测量
0x32	6	启动加热器持续时间 0.1s, 功耗 200mW, 在关闭加热器之前进行高重复率温湿度测量
0x2F	6	启动加热器持续时间 1s, 功耗 110mW, 在关闭加热器之前进行高重复率温湿度测量
0x24	6	启动加热器持续时间 0.1s, 功耗 110mW, 在关闭加热器之前进行高重复率温湿度测量
0x1E	6	启动加热器持续时间 1s, 功耗 20mW, 在关闭加热器之前进行高重复率温湿度测量
0x15	6	启动加热器持续时间 0.1s, 功耗 20mW, 在关闭加热器之前进行高重复率温湿度测量

注：如果传感器没有准备好数据，比如它正在进行温湿度测量，它会对上位机的请求返回 NACK。此外加热器的功率是指供电电压在 3.3V 时的典型值。

## 7.5 输出信号的温湿度换算

传感器输出的 16 位数字信号和真实温湿度的换算关系如下：

$$RH = \left( -6 + 125 \cdot \frac{S_{RH}}{2^{16}-1} \right) \%RH \quad (1)$$

$$T = \left( -45 + 175 \cdot \frac{S_T}{2^{16}-1} \right) ^\circ C \quad (2)$$

$$T = \left( -49 + 315 \cdot \frac{S_T}{2^{16}-1} \right) ^\circ F \quad (3)$$

从公式 (1) 中可以看出，湿度换算值可能会超出 0-100% 的正常湿度范围。相对湿度低于 0% 和高于 100% 是没有物理意义的，但这些值在某些特定条件下是有意义的，特别是在关心相对湿度边界处的传感器特性场景中。对于用户来说，如果不关心这些无物理意义的超限湿度值，可以在上位机软件中限定湿度的范围为 0-100%RH。

## 7.6 芯片序列号

每颗芯片都有唯一的 32 位序列号，序列号在出厂校准时依据特定规则制定，存储在 OTP (one-time-programmable) 存储器中，不可更改。序列号可以通过发送 0x89 命令来读取。

## 7.7 复位和中断

对芯片复位可以采用以下三种方式：

1. 软复位，软复位命令见表 9。
2. I<sup>2</sup>C general call 复位：所有在 I<sup>2</sup>C 总线上的设备可以通过向地址 0x00 发送命令 0x06 来实现复位。
3. 断电。

传感器在执行任何命令时，都可以通过发送软复位或者 general call 命令来中断。

## 7.8 加热操作

传感器集成了一个加热器，它通过设置不同的命令实现开关。加热器开启条件下，有三种加热功率和两种加热时间可选择。传感器在接受到加热器开启的命令后，会执行如下操作：

1. 加热器开启，并且开启内部计时器；
2. 在计时快要结束的时候，内部开启一个高重复率的温湿度转换，此时加热器还是在开启状态；
3. 温湿度转换完成后，加热器马上关闭；
4. 温湿度数据被装载到发送缓冲区，可以被上位机读取。

为了防止传感器过热损坏，加热器的最大开启时间是 1 秒钟。在需要进行周期性加热的场合，需要确保加热器开启和关闭时间的占空比要小于 10%。

**常见的加热器使用场景如下：**

1. 除去传感器表面的溅射或者结露的水滴。虽然结露的水滴对于传感器来说不会导致传感器损坏，但是如果液态的水滴一直存在于传感器的表面，会影响传感器对环境湿度的响应。
2. 长期高湿环境，通过周期性的加热能够保证传感器的长期可靠性。

**加热器的使用需要注意以下几点：**

1. 加热器的开启/关闭占空比不能超过 10%，也就是说加热时间占整个传感器使用寿命时间的比例不能超过 10%。
2. 在开启加热器期间，传感器的性能指标不再适用。
3. 温度传感器可能会受到热应力的影响从而出现温度测量偏移的问题。
4. 传感器的温度(环境或者加热器导致)不能长期超过 125°C，以保证芯片的正常功能。
5. 在加热器开启的时候，芯片电流最高可能会达到 70mA，供电电源的驱动能力必须足够大以避免大电流引起的电压降，电压降太大时可能会引起芯片复位。
6. 为了达到更高的加热温度，需要连续发送加热命令。加热器开启的时候环境温度不能超过 65°C，否则会导致芯片的内部温度超过最高允许温度 (125°C)。

## 8 封装信息

### 8.1 DFN4封装外形图 (1.5mm×1.5mm)

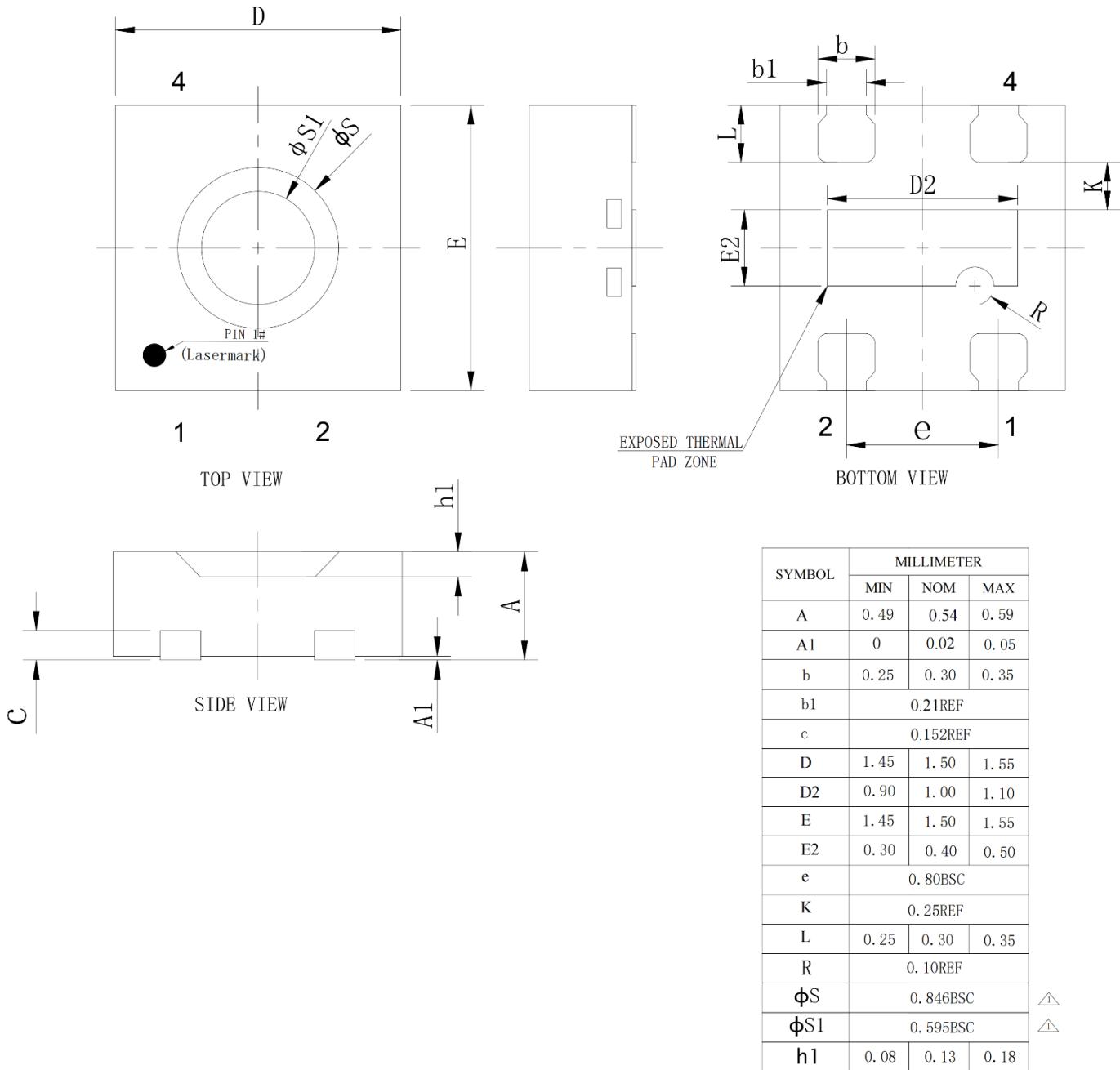


图 12 GXHT4x 系列的封装尺寸示意图 (单位: mm)

## 8.2 焊盘示意图

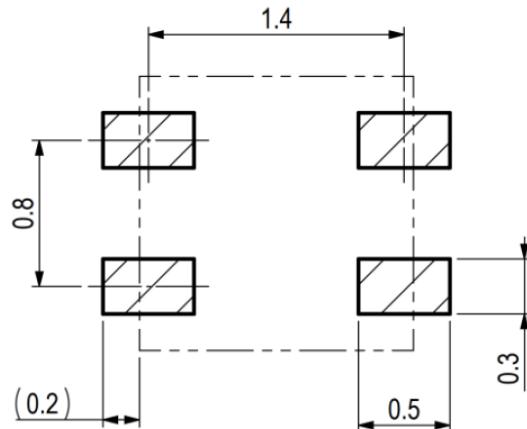
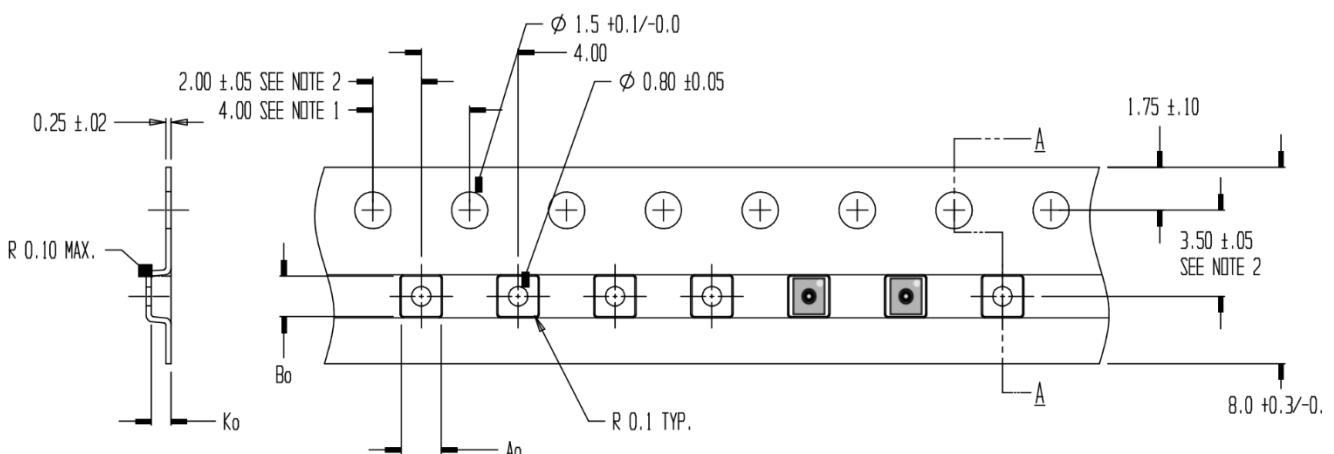


图 13 推荐的焊盘示意图 (单位: mm)

## 8.3 卷盘与载带信息



NOTES:

1. 10 SPROCKET HOLE PITCH CUMULATIVE TOLERANCE ±0.2
2. POCKET POSITION RELATIVE TO SPROCKET HOLE MEASURED AS TRUE POSITION OF POCKET, NOT POCKET HOLE
3. A<sub>0</sub> AND B<sub>0</sub> ARE CALCULATED ON A PLANE AT A DISTANCE "R" ABOVE THE BOTTOM OF THE POCKET.

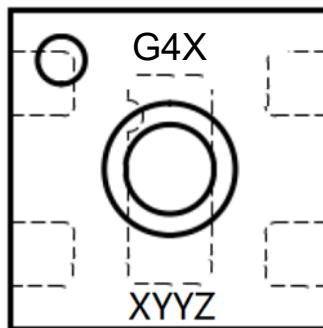
$A_0 = 1.65 \pm 0.05$   
 $B_0 = 1.65 \pm 0.05$   
 $K_0 = 0.81 \pm 0.05$

TOLERANCES - UNLESS  
NOTED 1PL ±.2 2PL ±.10

注: 单盘 10K 的卷盘直径为 13 inch, 2.5K 的卷盘直径为 8 inch。

图 14 卷盘和载带信息

## 8.4 丝印说明



G4X: 表示型号 GXHT4X, 其中 X 为数字 0/1/5, 例如: G40, 表示型号 GXHT40。

XYZ: X 表示年, YY 表示周, Z 表示内部版本号。例如: 5066, 表示 2025 年第 06 周生产, 版本 6。

## 9 订购信息

订购编号	芯片型号	封装形式	SPQ	备注
GXHT40-AD-R2-T&R	GXHT40	DFN-4	2000	正常精度, I <sup>2</sup> C 地址 0x44, 卷带包装
GXHT40-AD-R3-T&R	GXHT40	DFN-4	10000	正常精度, I <sup>2</sup> C 地址 0x44, 卷带包装
GXHT40-BD-R2-T&R	GXHT40	DFN-4	2000	正常精度, I <sup>2</sup> C 地址 0x45, 卷带包装
GXHT40-BD-R3-T&R	GXHT40	DFN-4	10000	正常精度, I <sup>2</sup> C 地址 0x45, 卷带包装
GXHT41-AD-R2-T&R	GXHT41	DFN-4	2000	高精度, I <sup>2</sup> C 地址 0x44, 卷带包装
GXHT41-AD-R3-T&R	GXHT41	DFN-4	10000	高精度, I <sup>2</sup> C 地址 0x44, 卷带包装
GXHT45-AD-R2-T&R	GXHT45	DFN-4	2000	最高精度, I <sup>2</sup> C 地址 0x44, 卷带包装
GXHT45-AD-R3-T&R	GXHT45	DFN-4	10000	最高精度, I <sup>2</sup> C 地址 0x44, 卷带包装