

## Application Note

## 镜头盖系统的设计、制造和组装指南：LCS-FL-RNG15



Hailong Chen

## 摘要

本文档介绍了基于环形压电的平面镜头盖系统 (LCS) 在汽车、安保和工业摄像头应用中的设计、制造和组装指南。LCS 与 ULC1001 电气系统配合使用，可构建高度可靠的超声波镜头清洗 (ULC) 系统。有关 ULC 系统电子元器件的更多信息，请参阅 [ULC1001-DRV290x EVM 用户指南](#)。

## 内容

1 首字母缩写词.....	1
2 引言.....	2
3 设计原则.....	2
3.1 临界加速度.....	2
3.2 LCS 架构.....	3
3.3 设计流程.....	4
3.4 元件设计.....	4
3.4.1 镜头.....	4
3.4.2 换能器.....	5
3.4.3 薄膜.....	6
3.4.4 胶水固定装置.....	7
3.4.5 外壳.....	8
4 制造原则.....	10
4.1 透镜.....	10
4.2 换能器.....	10
4.3 薄膜.....	10
4.4 胶水固定装置.....	11
4.5 外壳.....	11
5 组装原则.....	12
5.1 第 1 步：用胶水将元件粘到镜头盖中.....	12
5.2 第 2 步：镜头盖及导线焊接.....	13
5.3 第 3 步：将镜头盖组装到外壳中.....	13
6 示例：孔径 = 15mm 时的 CAD 制图.....	14
7 资源.....	19

## 商标

Gorilla® and 康宁® are registered trademarks of Corning Incorporated.

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 首字母缩写词

- EPDM - 三元乙丙橡胶
- FOV - 视场
- LCS - 镜头盖系统
- ULC - 超声波镜头清洗
- PZT - 锆钛酸铅

## 2 引言

超声波镜头清洁 (ULC) 系统是一种机电设计，用于自动检测并清洁汽车、安保和工业摄像头系统镜头上的水、冰或其他污染物。该技术的机械部分称为镜头盖系统 (LCS)。图 2-1 展示了基于环形压电换能器的 LCS 元件，包括外壳盖、柔性密封件、薄膜、透镜、胶水、环形换能器和外壳底座。镜头盖由粘在透镜上的换能器和薄膜组成。镜头盖安装在外壳 (盖子 + 密封件 + 底座) 内以形成 LCS。

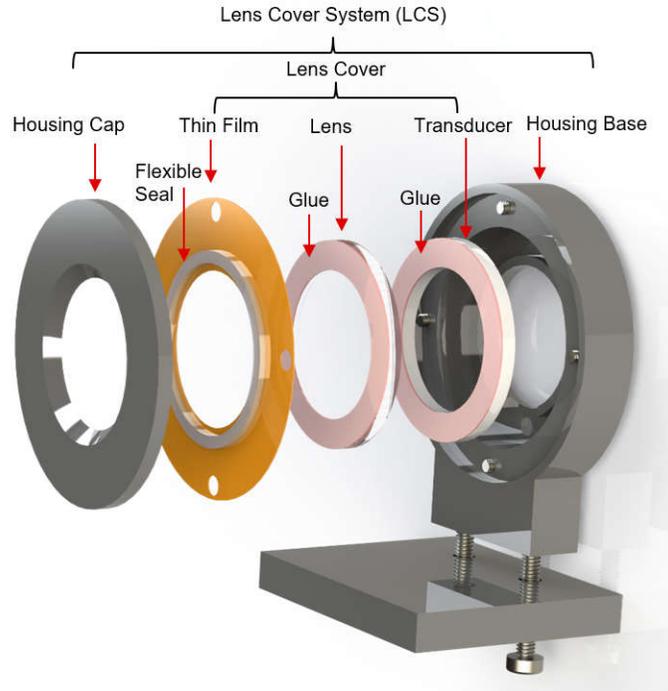


图 2-1. 平板透镜盖系统 (LCS) 图示

### 备注

本文中提到的透镜是 LCS 系统的一个元件，覆盖在摄像头镜头上，并非传统摄像头镜头系统的一部分。

## 3 设计原则

### 3.1 临界加速度

超声波镜头清洗利用镜头的振动来去除镜头表面的水滴。为了将水滴雾化，加速度需要超过一个阈值。该阈值可以用下面的公式来估算：

$$\alpha = 0.34 \left( \frac{\sigma}{\rho} \right)^{\frac{1}{3}} \omega^{\frac{4}{3}} \quad (1)$$

其中  $\alpha$  临界加速度是指从被驱动的表面甩开液滴的最小加速度，单位为  $\text{Mm/s}^2$  或  $10^6 \text{m/s}^2$

$\sigma = 72 \times 10^{-3} \text{ N/m}$ ，是水的表面张力

$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ，是水的密度

$\omega$  是角频率，单位为  $\text{krad/s}$

图 3-1 显示了临界加速度与频率间的关系。低频率需要较低的加速度才能将水排出。因此，建议设计一个工作频率相对较低 (20kHz 至 100kHz) 的系统。对于任何 LCS 设计，目标都是创建镜头表面加速度高于阈值的设计。

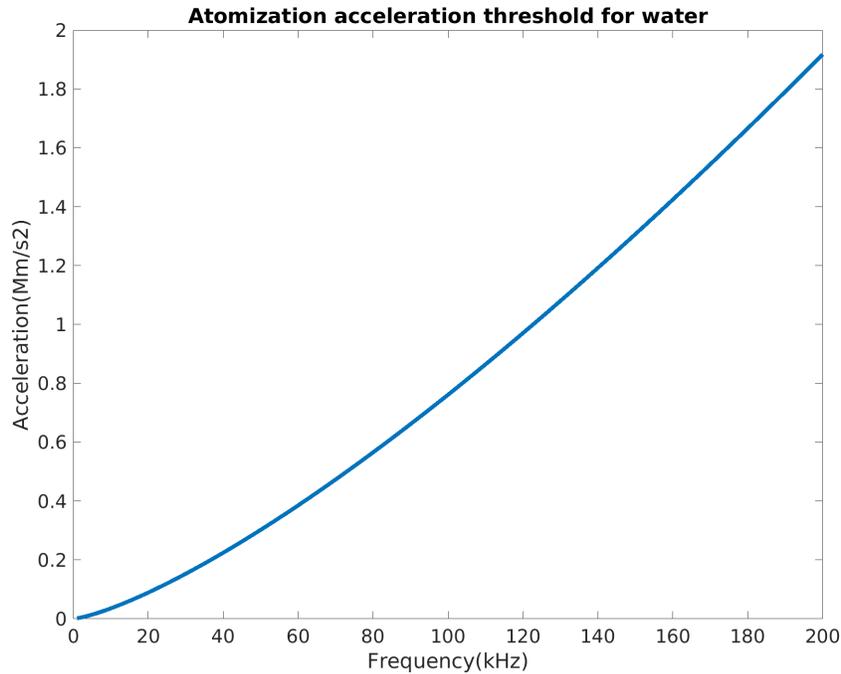


图 3-1. 将水雾化所需的临界加速度与频率间的关系

备注

该公式中的临界加速度仅适用于水。油、泥等粘性物质可能具有更高的临界加速度。

### 3.2 LCS 架构

良好的架构高度可靠、功耗低、组装简单且成本低。有多种不同的 LCS 架构可以实现除水的目标，其中的一种架构如图 3-2 所示。该架构的一些关键点可以总结如下：

- 压电换能器与透镜同心对齐，并通过胶水直接粘到平面圆形透镜上。胶水必须粘性非常强并具有高模量，以便振动可以高效地从压电体传递到镜头。
- 使用环形薄膜将带有压电换能器的透镜固定在外壳上。薄膜的内侧粘到透镜顶部，而外侧粘到外壳上。薄膜对压电换能器和镜头子系统的谐振频率和模式形状影响很小。
- 防水密封通过在外壳盖的沟槽中填入柔性胶水或填缝剂来实现。
- 压电体处于浮动状态，并与外壳底座着陆点保持很小的距离，这有助于防止镜头承受较大负载时对薄膜造成损坏。
- 外壳盖和外壳底座通过夹在薄膜中间的螺丝连接。也可以选择将盖子直接粘附到底座上，而不使用螺丝。

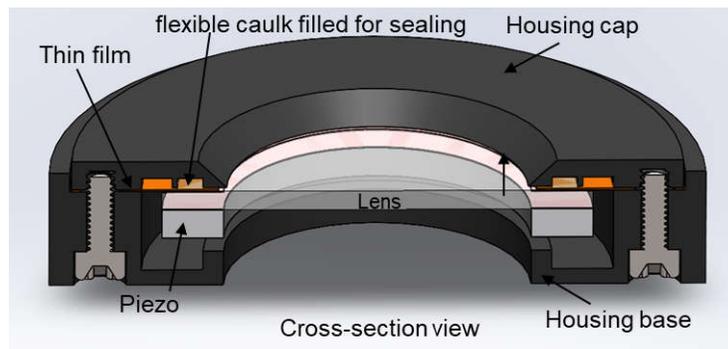


图 3-2. LCS 的横截面视图

### 备注

镜头盖边界条件不当可能会对整个系统产生严重阻尼。选择柔性薄膜和密封件作为镜头盖和外壳之间的接口，以确保在设计中保持低阻尼水平。

## 3.3 设计流程

机械设计流程涉及设计每个单独的元件并组装各个元件以构建 LCS。具体而言，设计流程（图 3-3 和图 3-4）可以按照以下步骤描述：

1. 根据摄像头镜头直径确定最小镜头盖孔径（即换能器内径）。
2. 设计匹配良好的透镜和换能器，以实现出色的清洁性能。
3. 设计一个能够方便粘接镜头盖元件的胶水固定装置。
4. 按照正确的涂胶步骤组装透镜、换能器和薄膜，以制作镜头盖。
5. 根据镜头盖尺寸设计外壳盖和底座。
6. 组装镜头盖和外壳以构成镜头盖系统 (LCS)。

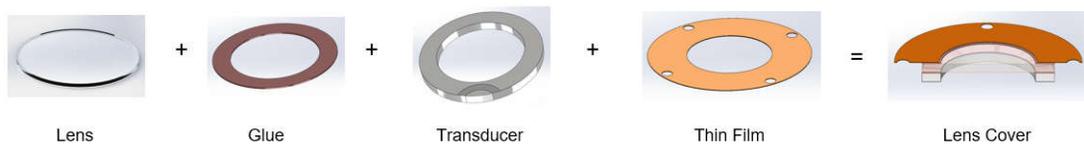


图 3-3. 平面透镜 LCS 的机械设计流程：透镜 + 胶水 + 换能器 + 薄膜 = 镜头盖

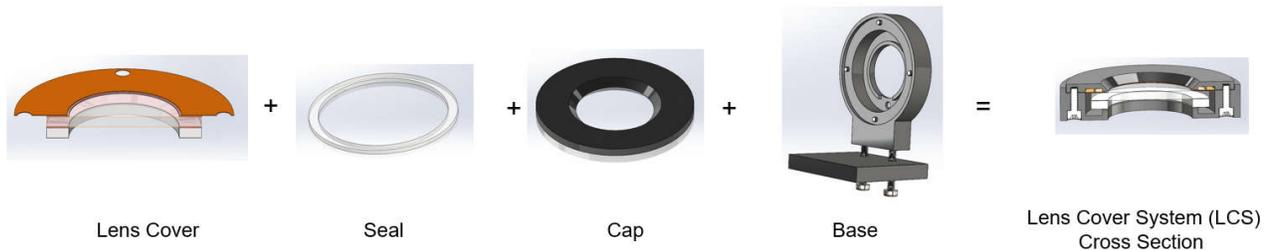


图 3-4. 平面透镜 LCS 的机械设计流程：镜头盖 + 外壳盖 + 密封剂 + 底座 = 镜头盖系统 (LCS)

在 LCS 设计中，最关键的是设计镜头盖，确保透镜和换能器能够良好匹配。TI 使用 FEA 仿真工具 COMSOL Multiphysics 来仿真元件之间的交互。也可以使用其他 FEA 仿真工具，例如 Ansys。

仿真的目的是通过扫描透镜和压电换能器的尺寸参数来获得最高的镜头表面加速度。

## 3.4 元件设计

### 3.4.1 镜头

在摄像头镜头盖系统中，透镜是一个透明材料，它在物理上隔离了环境和摄像头镜头系统。透镜在超声波频率范围内振动，具有足够的能量来去除可能附着在透镜上的污染物（例如，雨滴、雪花、泥浆或灰尘）。

对于薄的扁平圆形透镜，谐振频率可通过以下公式估算：

$$f_{ij} = \frac{\lambda_{ij}^2}{2\pi r^2} \sqrt{\frac{Et^2}{12r(1-\nu^2)}} \quad (2)$$

其中  $f_{ij}$  是第  $i$  个节点直径和第  $j$  个节圆的固有频率，单位为 Hz。

$\lambda_{ij}$  是第  $i$  个节点直径和第  $j$  个节圆的特征值 (无单位)。

$r$  是透镜的半径, 单位为  $m$ 。

$E$  是保护玻璃材料的弹性模量, 单位为  $N/m^2$ 。

$t$  是保护玻璃的厚度, 单位为  $m$ 。

$\rho$  是保护玻璃材料的单位面积质量, 单位为  $kg/m^2$ 。

$\nu$  是保护玻璃材料的泊松比 (无单位)。

#### 备注

观察结果: 透镜的谐振频率随厚度增加而增加, 并随着半径减小而减小。

图 3-5 显示了仅镜头的模式形状。该设计中使用了模式 (0,1) 和 (0,2) 进行清洗, 这些模式具有较少的节点 (蓝色区域表示位移很少)。此外, 这些模式的谐振频率较低, 因此所需的临界加速度较小。

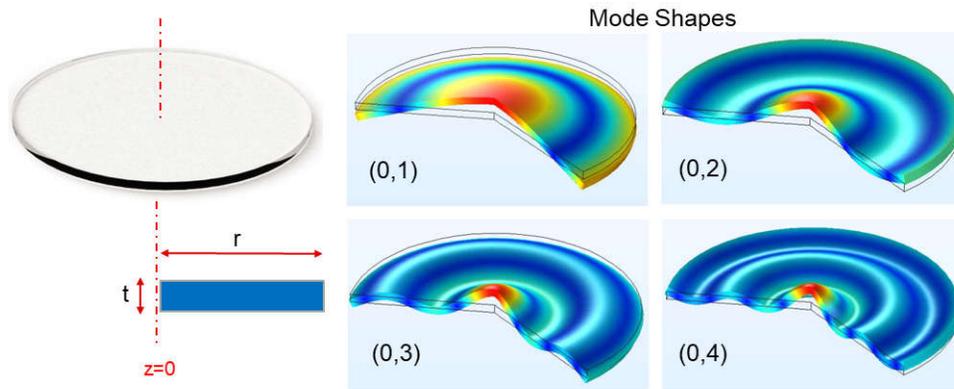


图 3-5. 仅镜头的模式形状

**材料:** 在应用中, 所需的透镜材料必须具有以下特性:

1. 高抗弯强度。能够承受进行清洗时的高振动应力, 而不会开裂或断裂。
2. 在摄像头成像系统使用的光波长下具有高透光率。对于汽车应用, 波长可以是红外 (IR) 或可见光。

可选材料包括 N-BK7®、熔融石英玻璃、第 3 代 Gorilla® 大猩猩玻璃、聚碳酸酯、硅等等, 表 3-1 中列出了这些材料的主要机械特性。TI 建议使用 CDGM HK9LGT® 作为一般镜头清洗系统材料, 因为它具有良好的材料性能、成熟的制造可行性和相对较低的成本。但是, 也可以使用具有类似特性的材料。

表 3-1. 透镜材料的机械特性

制造商	材料	杨氏模量 (GPA)	密度 ( $kg/m^3$ )	泊松比
Tosoh	熔融石英玻璃 N	74	2200	0.17
康宁®	第 3 代 Gorilla® 大猩猩玻璃	69.3	2390	0.22
康宁	第 5 代 Gorilla® 大猩猩玻璃	76.7	2430	0.21
科思创	聚碳酸酯	2.34	1200	0.38
Schott	NBK7®	82	2510	0.206
CDGM	HK9LGT®	79.2	2520	0.211

### 3.4.2 换能器

换能器充当应用中的执行器。

**材料：**推荐的换能器材料是 PZT。TI 在原型设计中使用了 PZT 8，因为其具有较高的机械品质因数。也可以选择使用 PZT4 或 PZT5 等其他 PZT 材料。

**几何形状：**换能器为环形，极化方向为顶部/底部。图 3-6 显示了换能器的顶视图、侧视图和等比率视图，且还展示了换能器的尺寸。T\_ID、T\_OD 和 T\_H 分别表示换能器的内径、外径和高度。

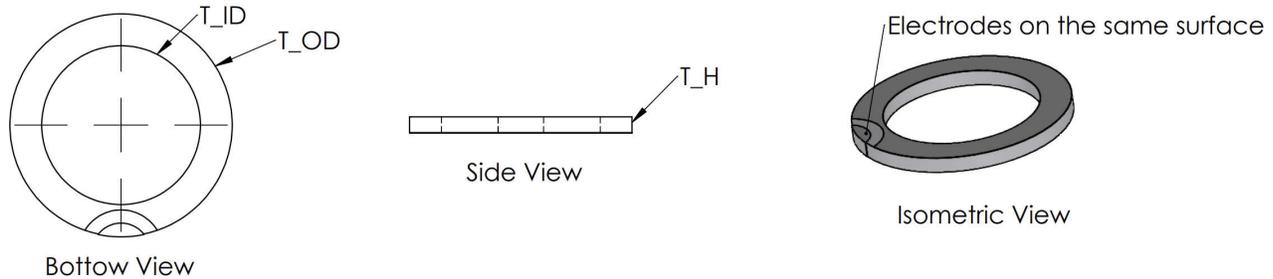


图 3-6. 换能器：顶视图、侧视图和等比率视图

环形压电换能器具有多种谐振模式。此应用中使用了径向模式进行清洗操作，而谐振频率可通过以下公式估算：

$$f_{radial} = \frac{2}{\pi(T_{ID} + T_{OD})\sqrt{\rho s_{11}^E}} \quad (3)$$

其中  $\rho$  是材料的密度，而  $s_{11}^E$  是恒定电场下的弹性变形率。这可以进一步简化为：

$$f_{radial} = \frac{C}{(T_{ID} + T_{OD})} \quad (4)$$

其中 C 是一个常数，其值估计约为  $2000 \text{ Hz} \cdot \text{m}$  适用于 PZT 8 材料。由于配方差异，不同供应商的同一种压电材料可能会有略微不同的 C 值。

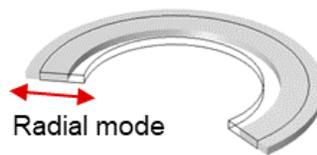


图 3-7. 压电器件利用径向模式实现除水

- 透镜间的壁厚  $((T_{OD}-T_{ID})/2)$  必须至少为 3mm，以保持压电体和透镜之间具有较大的封边区域。
- 壁厚  $((T_{OD}-T_{ID})/2)$  通常要超过压电体厚度的 2 倍，以确保形成环形压电器件（薄而宽）。

### 3.4.3 薄膜

这里选择了柔性聚酰胺作为镜头盖和外壳之间的接口。选择聚酰胺薄膜作为接口的原因包括：

- 非常柔软，弯曲模量为 2.5GPa，有助于减少阻尼。
- 抗拉强度高达 340MPa。

- 具有出色的热稳定性，可在  $-100^{\circ}\text{C}$  到  $260^{\circ}\text{C}$  范围内正常使用。
- 提供多种不同厚度，从  $10\mu\text{m}$  到  $1000\mu\text{m}$  不等。
- 成本低且易于进行图案化处理。
- 也可以考虑使用其他材料（铝、不锈钢、薄膜、尼龙、塑料等）。

图 3-8 显示了应用中薄膜的顶视图、侧视图和等比率视图。该图案旨在确保内径 (F\_D2) 与压电换能器内径相同。四个小孔设计用于安装螺丝。

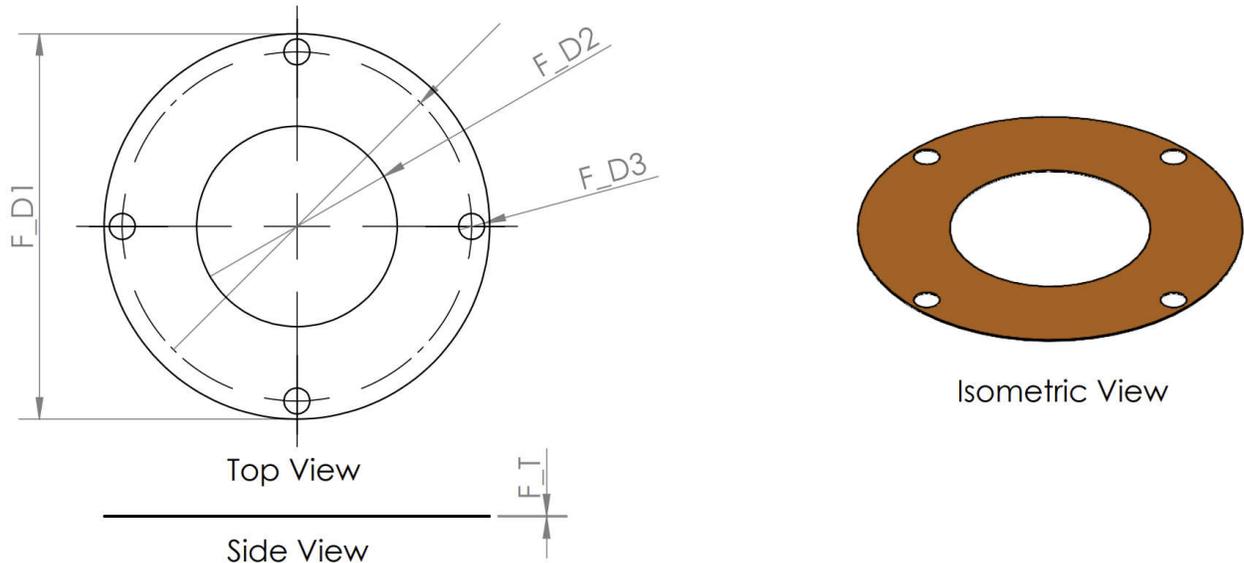


图 3-8. 薄膜：顶视图、侧视图和等比率视图

#### 3.4.4 胶水固定装置

胶水固定装置是用于将透镜和换能器粘在一起的模具。适当的胶水固定装置能够确保设计中的透镜和换能器具有同心性。

**材料：**推荐的材料为 AL 6061-T6。

**几何形状：**图 3-9 显示了胶水固定装置以及镜头盖的剖面视图和等比率视图。胶水固定装置的尺寸根据透镜和换能器的尺寸来确定，并考虑了所有容差。胶水固定装置的设计必须满足以下指导原则：

1. 胶水固定装置盖的内径必须略大于透镜直径，以便透镜能够安装在胶水固定装置内。
2. 同样，胶水固定装置底座的相应直径必须略大于换能器直径 ( $T_{OD} + \text{容差}$ )，以便换能器能够安装在胶水固定装置内。
3. 换能器的顶部和胶水固定装置之间应形成一个空隙，以避免将镜头板粘到固定装置上。
4. 胶水固定装置的中心必须是空的，以便可以轻松地从胶水固定装置上取下镜头盖。

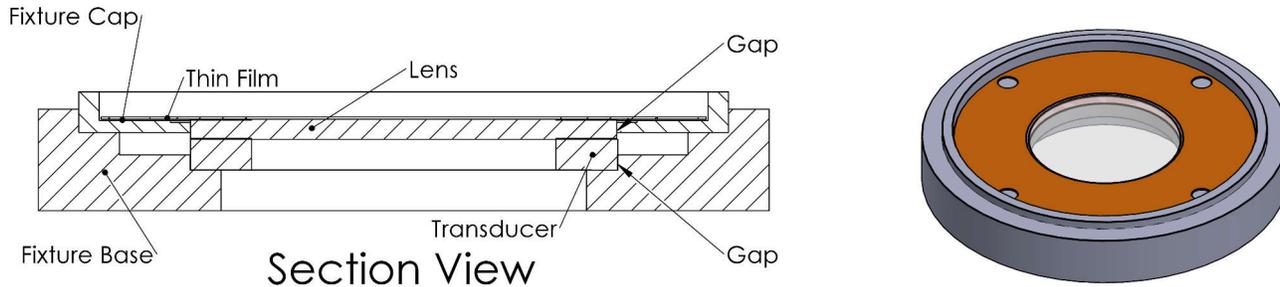


图 3-9. 胶水固定装置：剖面视图和等比率视图

### 3.4.5 外壳

外壳提供了一种机制，用于固定摄像头和保持摄像头与镜头盖之间的相对位置。外壳由盖子、柔性密封件和底座组成。设计合理的外壳不仅能实现防水功能，还有助于充分提高清洁性能。相反，设计不当的外壳会显著降低清洁性能。

#### 3.4.5.1 外壳盖

盖子上设计了一个沟槽，用于将密封条固定到位并提供防水功能。盖子可以设计为带有螺纹并拧到外壳上，也可以设计固定盖子和外壳组件。图 3-10 显示了外壳盖的顶视图和剖面视图。建议在盖子的开口处设计一个斜坡，这样可以增加视野范围，水滴也可以沿斜坡滚落。

**材料：**外壳盖材料必须坚固耐用，以适合应用需求。TI 在原型设计中使用了黑色 Delrin 乙缩醛均聚物。

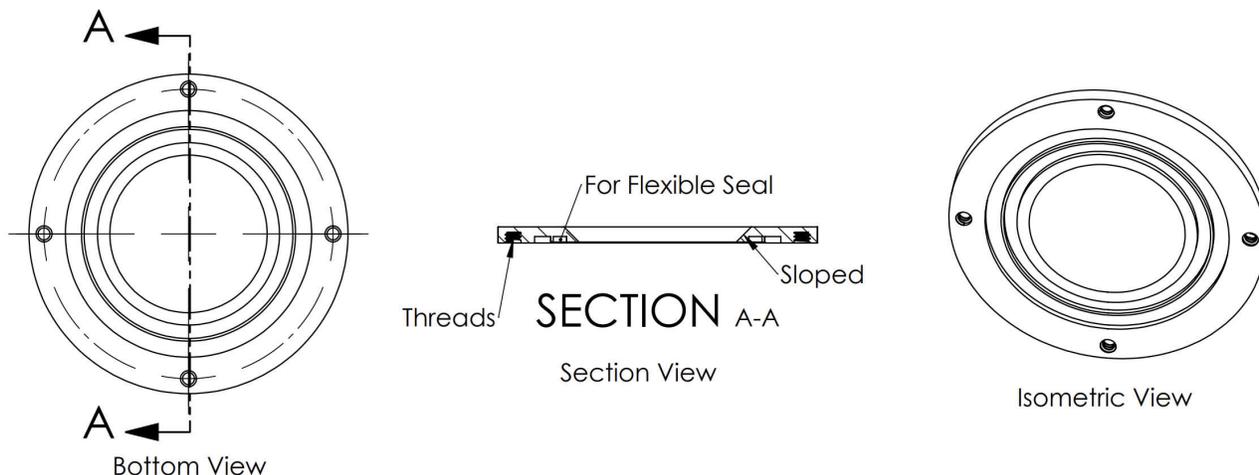


图 3-10. 外壳盖：顶视图和剖面视图

#### 3.4.5.2 柔性密封剂

盖子与薄膜之间的密封保证了镜头盖振动时的防水性能，有助于排出污染物。图 3-11 展示了外壳密封剂在硬化后的顶视图、侧视图和等比率视图。

**材料：**推荐使用硅胶作为密封材料，它足够柔软，在 ULC 振动期间可以产生最小的阻尼，同时能够在产品生命周期内避免因天气温度变化而出现裂纹。该材料具有优异的耐热性、抗压性、耐沸水性，并具有极好的低温柔韧性。

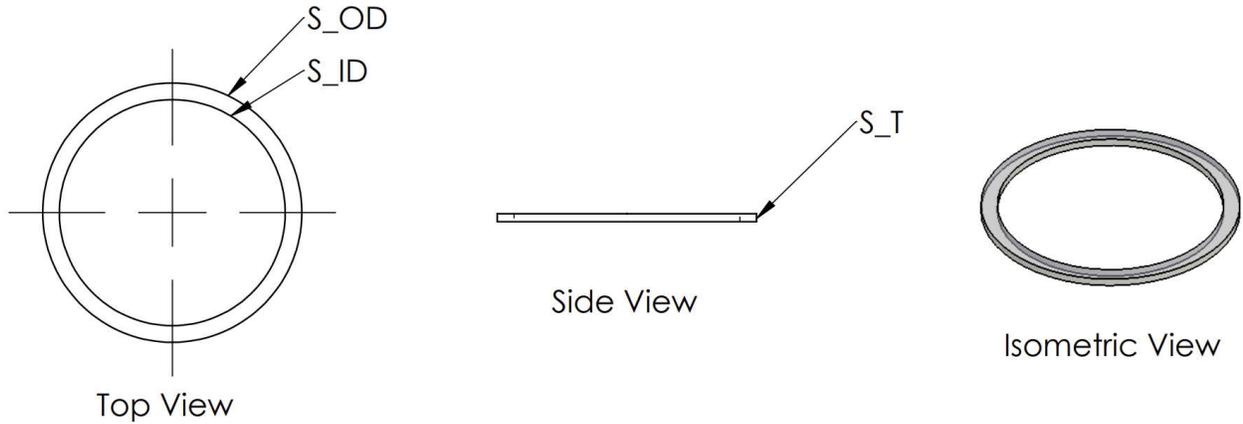


图 3-11. 密封剂：硬化后的顶视图、侧视图和等比率视图

### 3.4.5.3 外壳底座

底座的用途是固定摄像头和镜头盖并保持其相对位置。底座可以使镜头盖与摄像头镜头保持同心，并防止镜头盖相对于外壳径向移动。底座还针对连接到换能器电极的导线设有特殊处理。底座设计了一个小的边缘，以便与压电体保持较小的距离，从而在压电体承受极大负载时提供支撑。4 个螺丝可以连接外壳底座、镜头盖和外壳盖。图 3-12 显示了外壳底座的前视图、剖面视图和等比率视图。

**材料：**外壳盖材料必须坚固耐用，以适合应用需求。TI 在原型设计中使用了黑色 Delrin 乙缩醛均聚物。

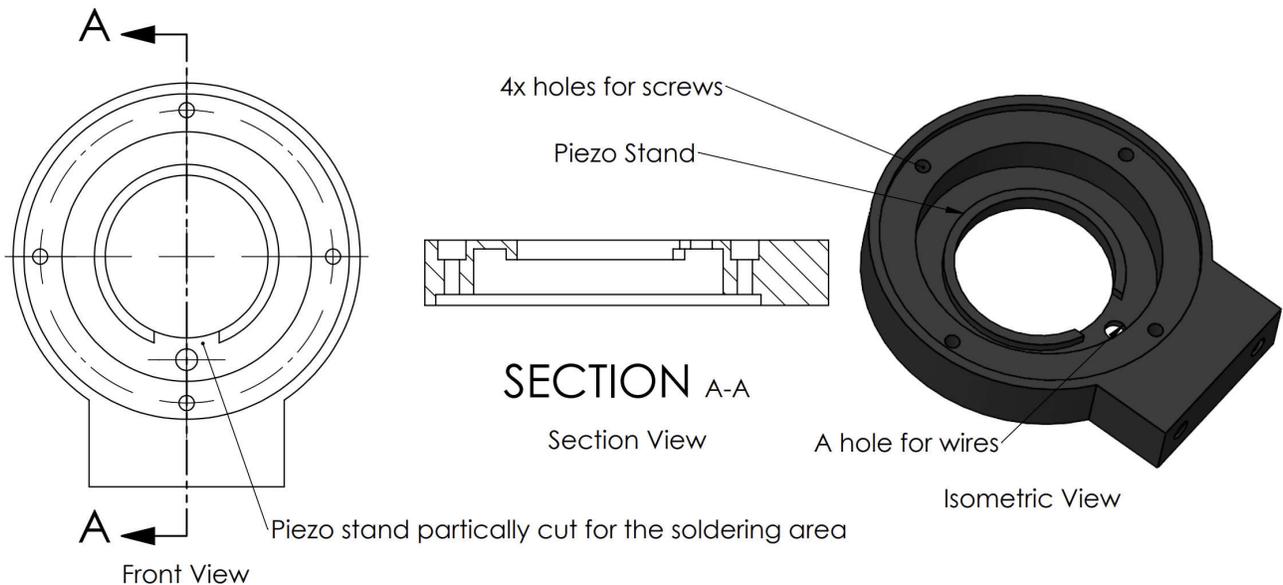


图 3-12. 外壳底座：前视图、剖面视图和等比率视图

## 4 制造原则

### 4.1 透镜

镜片呈薄圆盘状，如图 4-1 所示。透镜具有几个重要参数：透镜直径 (L\_D)、透镜厚度 (L\_T)、表面抛光质量、蚀刻外径和蚀刻环表面粗糙度。必须精心设计透镜的尺寸，以实现出色的清洁性能。

提示：

1. 透镜的顶部和底部表面必须抛光，以尽可能地减少表面裂纹。建议的抛光级别为 60/40。
2. 透镜的底部表面必须包含蚀刻区域，以增加涂胶时的表面接触面积。环可以通过几种方法蚀刻，包括轻度喷砂、化学蚀刻或激光蚀刻，预计表面粗糙度为 300 目 (48um)。推荐的方法是轻度喷砂。
3. 蚀刻环直径 (R\_D) 必须略小于换能器的内径。
4. 透镜边缘也必须抛光。为了提供额外的防裂保护，可以在透镜边缘添加一个保护斜面，以防止在制造和处理过程中发生碎裂。
5. 可以选择使用化学强化透镜。化学强化透镜通常具有更高的抗弯强度，同时其他属性 (例如，密度、杨氏模量和泊松比) 几乎保持恒定。
6. 建议使用疏水和疏油涂层以降低水的表面张力。

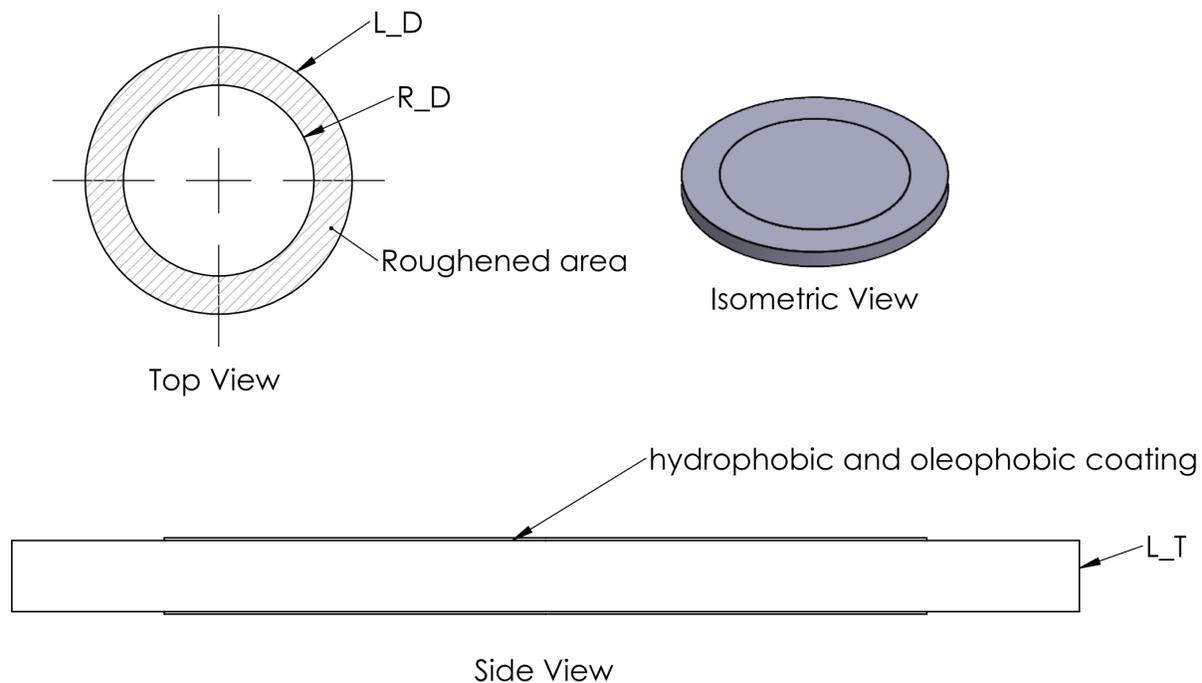


图 4-1. 透镜：顶视图、侧视图和等比率视图

### 4.2 换能器

保持电极上具有适当厚度的导电银层很重要。如果导电层太薄，焊点可能脱落。

此外，满足尺寸公差要求对于实现正确的镜头盖振动性能至关重要。换能器必须符合公差要求，才能实现出色性能。如果未能满足尺寸公差要求，可能会产生以下后果：

1. 显著增大所需振动模式的阻抗大小并增加功耗。
2. 振动水平降低，从而导致清洁效果减弱。

### 4.3 薄膜

聚酰胺薄膜能够以较低的成本轻松进行图案化处理。薄膜表面无需粘合剂。

#### 4.4 胶水固定装置

胶水固定装置可以使用具有标准公差 (10um) 的标准 CNC 加工工具来制造。请注意，要考虑压电体与透镜的容差。

#### 4.5 外壳

外壳盖和底座使用具有标准公差 (10um) 的标准 CNC 加工工具制造。

## 5 组装原则

### 5.1 第 1 步：用胶水将元件粘到镜头盖中

涂胶过程可以按照以下步骤进行：

**a) 涂胶前的准备工作**开始涂胶过程之前，需要先准备以下物品：

1. 环氧树脂 ( TI 建议使用 EPO-TEK 323LP-LH Premium Part A® )
2. 环氧树脂硬化剂 ( TI 建议使用 EPO-TEK 323LP-LH Premium Part B® )
3. 胶水固定装置
4. 镜头
5. 换能器
6. PI 薄膜
7. 秤 ( 精度为 0.1g )
8. 异丙醇 (IPA)
9. 精细擦拭布
10. 化学品处理手套
11. 注射器 ( TI 建议在该步骤中使用 16Ga 钝针 )
12. 塑料杯
13. 塑料棒

**b) 胶水制备程序**

根据数据表规格混合胶水。

**c) 烤箱制备程序**

1. 用于固化环氧树脂混合物的烤箱必须预热到 85°C。
2. 根据热质量 ( 烤箱内的物理尺寸 )，预热程序可以比胶水制备程序提前开始。
3. 确保烤箱干净清洁并且内部没有其他装置或任何水渍残留。

**d) 将换能器粘到透镜上**

1. 戴上手套和护目镜，以保护人身安全并避免表面污染。
2. 确保使用异丙醇清洁胶水固定装置、换能器和蚀刻玻璃。
3. 将压电体放入胶水固定装置。
4. 在换能器顶部周围涂抹少量胶水。
5. 将蚀刻玻璃放入胶水固定装置中并确保蚀刻侧朝向胶水。
6. 确保盖子透镜与换能器尽可能同心对齐。
7. 通过显微镜观察换能器顶部，确保胶水中没有空气间隙。
8. 确保换能器和胶水固定装置之间的间隙中没有胶水流入。通过显微镜观察组装过程。如果该间隙中存在胶水，请拆下玻璃和换能器并返回第 1 步。确保固定装置中没有任何胶水。否则，换能器会粘到固定装置上。

**e) 胶水固化程序**

1. 将装有换能器、胶水和玻璃的胶水固定装置放入烤箱中。
2. 按照胶水固化规格要求，将烤箱温度调至 150°C。请勿对盖子透镜快速加热，以避免材料开裂。
3. 将装有换能器、胶水和玻璃的胶水固定装置放在烤箱内用 150°C 温度加热 1 小时。

**f) 胶水冷却程序**

1. 从烤箱中取出胶水固定装置时，请佩戴适当的耐热手套以确保个人安全。
2. 从烤箱中取出胶水固定装置，并等待胶水固定装置冷却到室温。
3. 胶水固定装置达到室温后，从胶水固定装置中取下换能器组件。如果换能器卡住，则通过胶水固定装置上的小孔从玻璃内部推动来取下换能器。
4. 通过短接换能器的两个电极，对换能器进行放电。

---

**警告！** 由于换能器温度变化，可能会发生高压、低功耗的电气放电现象。

---

### g) 用胶水将薄膜粘到透镜/换能器上

1. 均匀地在薄膜的涂胶区域涂抹少量胶水。
2. 将薄膜放在透镜顶部。
3. 确保薄膜与透镜尽可能同心对齐。
4. 确保薄膜和胶水固定装置之间的间隙中没有过多的胶水。
5. 将组件放入烤箱中并重复固化程序
6. 取出组件并重复冷却程序

## 5.2 第 2 步：镜头盖及导线焊接

该过程所需的材料和工具包括：

1. 松香助焊剂
2. 无铅焊锡丝
3. 纤薄而柔软的压电体导线
4. 热胶条
5. 热胶枪

---

#### 备注

TI 建议使用绝缘层采用硅橡胶的 30AWG 绞合线。使用 PVC 绝缘层的导线可能太硬，会对压电体振动产生负面影响

---

以下是焊接步骤：

1. 将柔性导线焊接到换能器的两极上。使用无铅焊锡丝和松香助焊剂。烙铁头不要加热换能器表面。因此尖端仅与换能器接触 1 至 2 秒。
2. 在焊点上涂抹热熔胶，以将焊料固定在表面上。如果不涂热熔胶，焊点会在长期振动期间松动脱落。
3. 使用阻抗分析仪记录换能器的阻抗响应。这些数据可用于在涂胶后验证换能器组装质量。

---

#### 备注

焊接过程要快速进行，温度为 650F。高温或长时间焊接会损坏换能器。

---

## 5.3 第 3 步：将镜头盖组装到外壳中

该过程所需的材料和工具包括：

1. 柔性硅胶密封剂
2. 注射器 ( TI 建议在该步骤中使用 16Ga 钝针 )
3. 螺丝刀
4. 螺丝
5. 外壳盖
6. 外壳底座
7. 外壳基座

组装过程可以描述为：

- 在外壳盖的沟槽中涂上硅胶密封剂
- 将盖子中的密封剂在室温下放置 3 小时，使其硬化
- 使用螺丝刀组装外壳基座、外壳底座、镜头盖和外壳盖。

## 6 示例：孔径 = 15mm 时的 CAD 制图

孔径 = 15mm 时的 CAD 制图

本节显示了一个 15mm 孔径 LCS 设计示例。请注意，换能器内径是此处的等效孔径。另外这里还提供了此示例的 .STEP 文件。

换能器尺寸如图 6-1 所示。

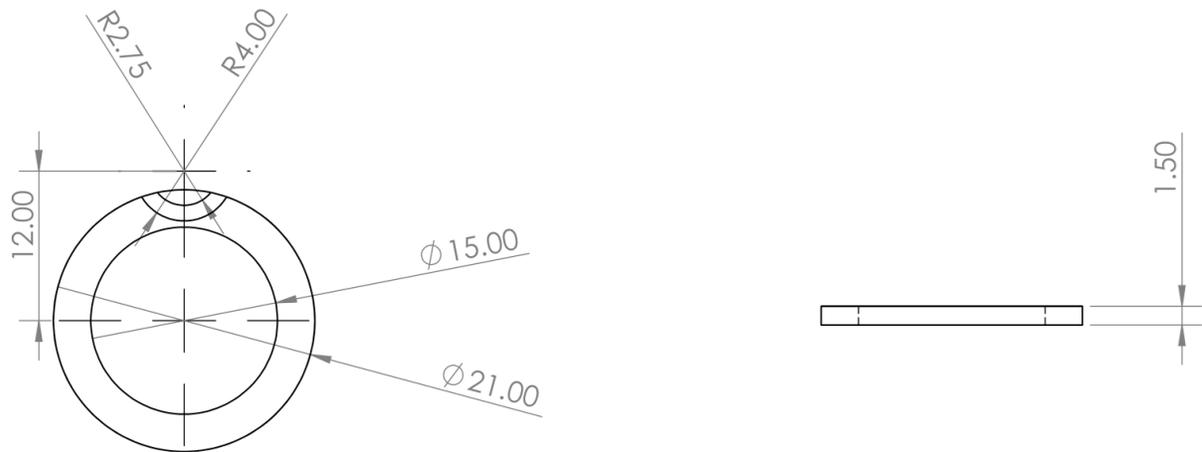


图 6-1. 换能器尺寸

透镜尺寸如图 6-2 所示。

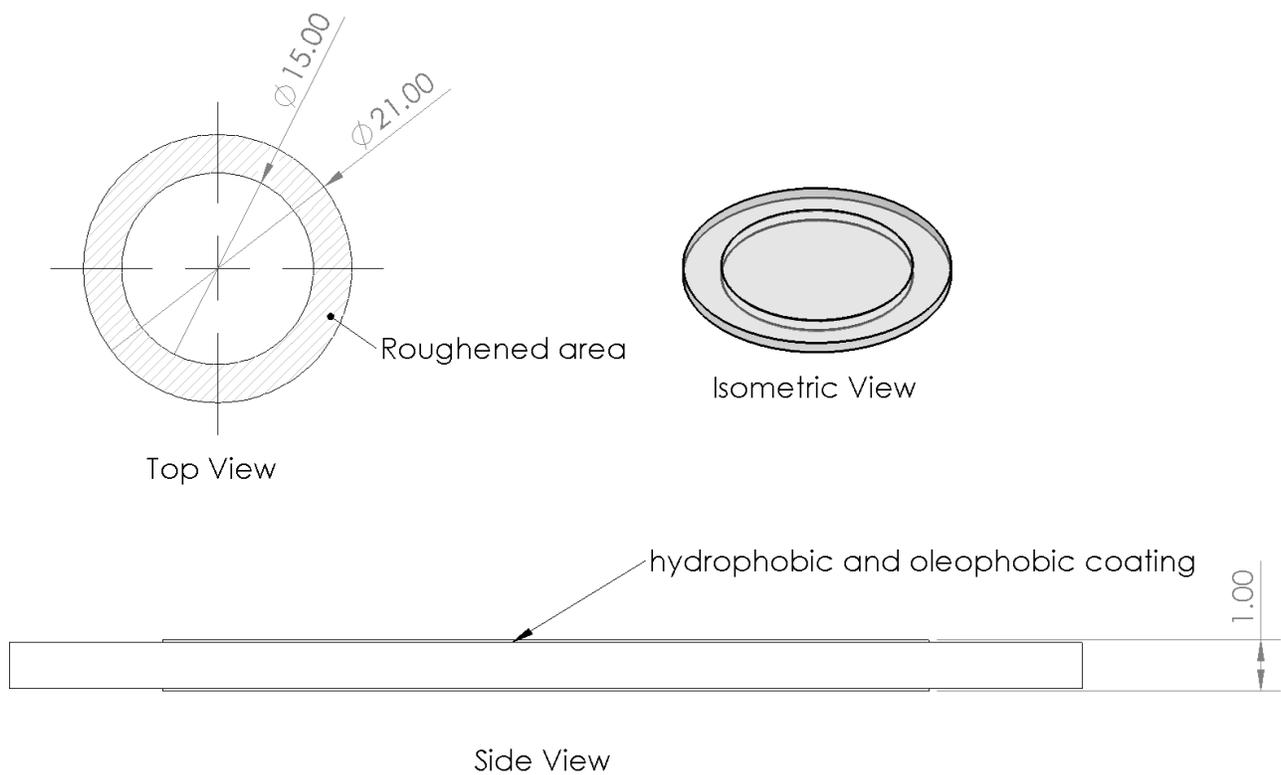


图 6-2. 透镜尺寸

薄膜尺寸如图 6-3 所示。

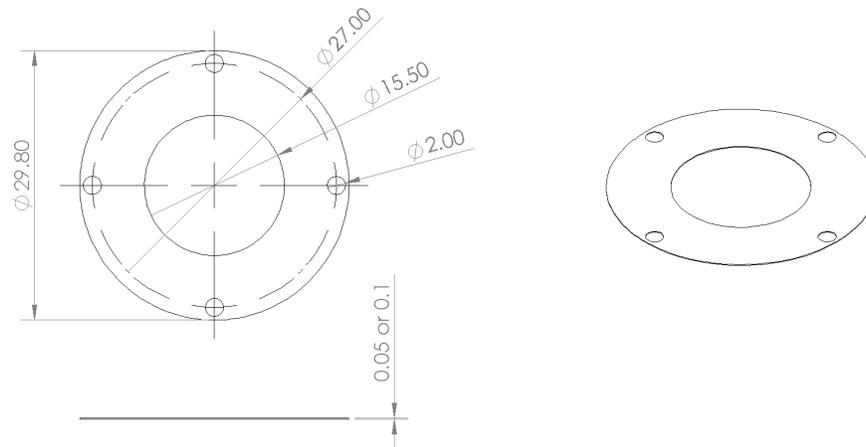


图 6-3. 薄膜尺寸

胶水固定装置底座尺寸如图 6-4 所示。

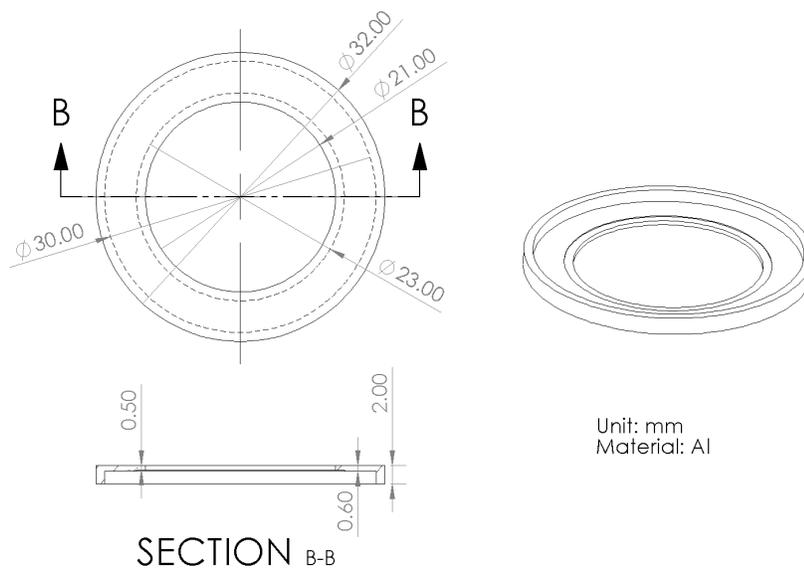


图 6-4. 胶水固定装置底座尺寸

胶水固定装置盖子尺寸如图 6-5 所示。

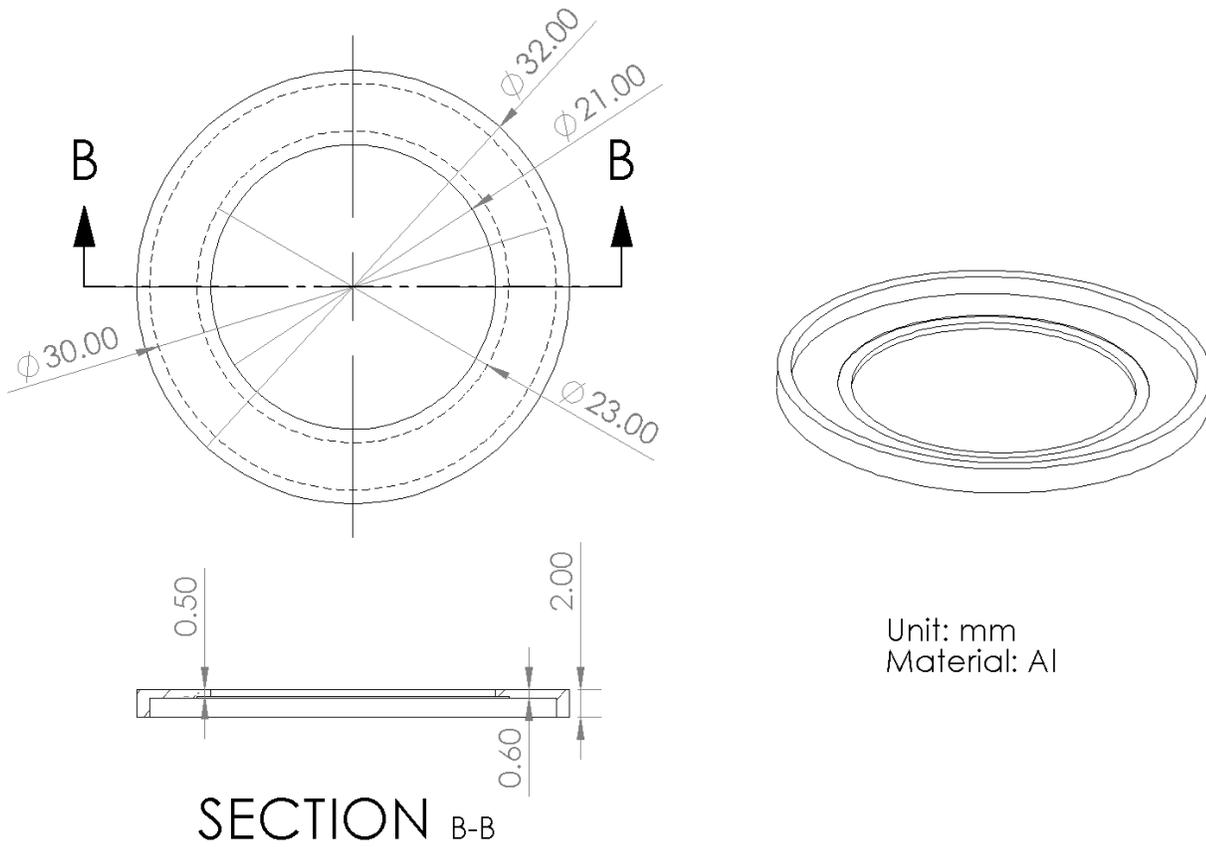


图 6-5. 胶水固定装置盖

外壳底座尺寸如图 6-6 所示。

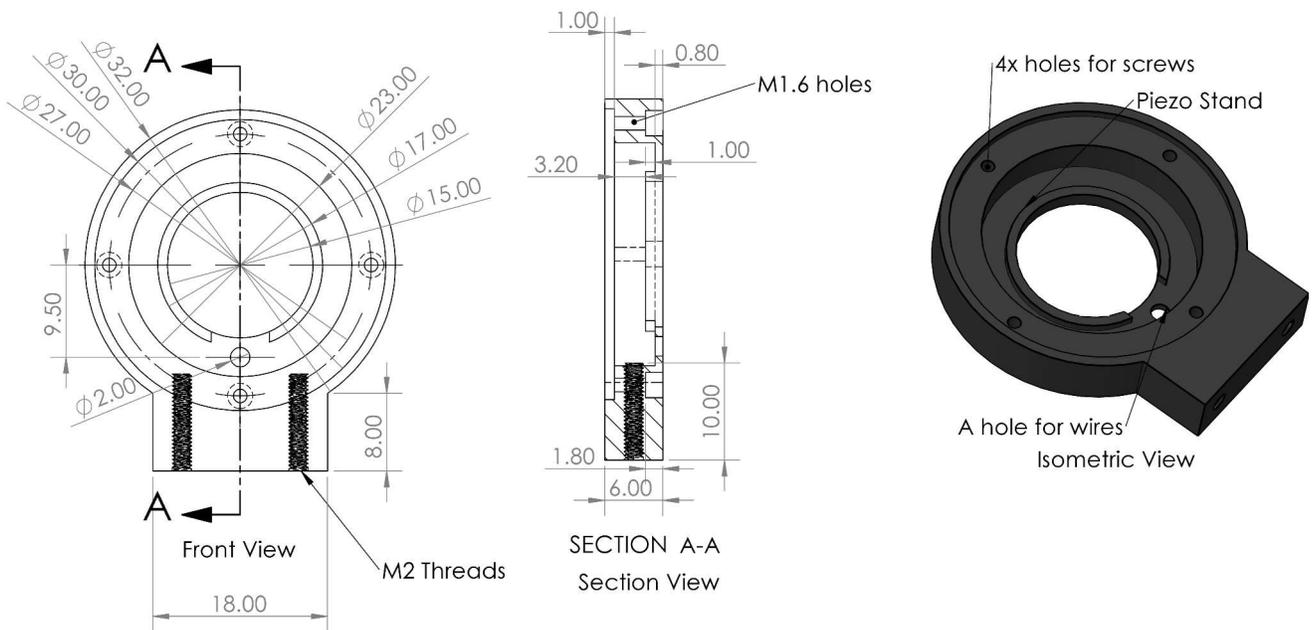


图 6-6. 外壳底座尺寸

外壳盖尺寸如图 6-7 所示。

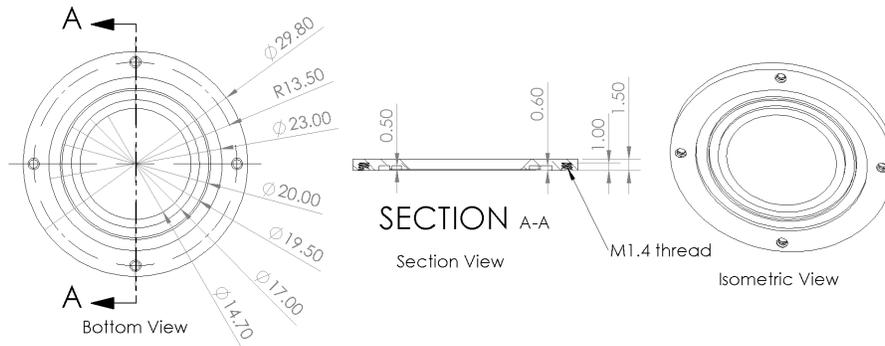


图 6-7. 外壳盖尺寸

外壳底座尺寸如图 6-8 所示。

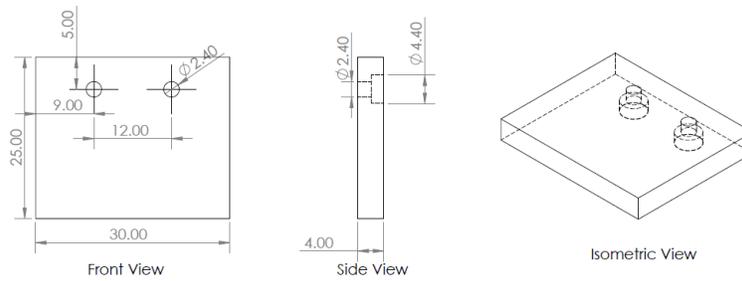


图 6-8. 外壳底座尺寸

M2 螺丝尺寸如图 6-9 所示。

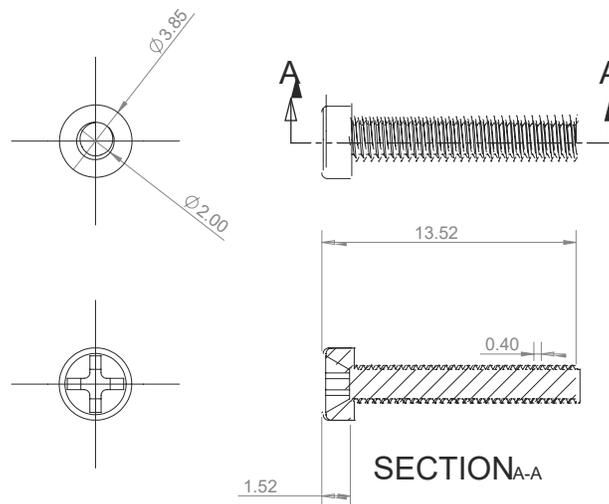


图 6-9. M2 螺丝尺寸

M1.4 螺丝尺寸如图 6-10 所示。

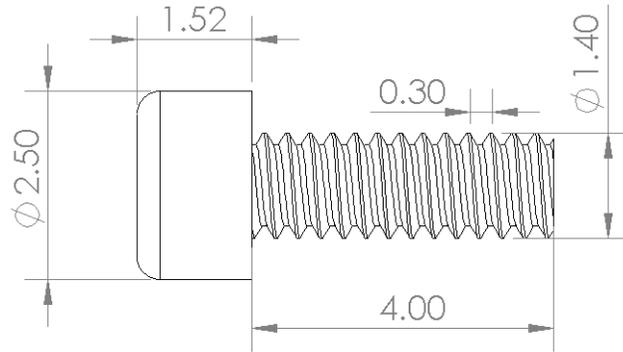


图 6-10. M1.4 螺丝尺寸

## 7 资源

1. 德州仪器 (TI), [什么是超声波镜头清洁技术?](#)
2. 德州仪器 (TI), [超声波镜头清洗：一项您未曾意识到必备的固态技术。](#)
3. 德州仪器 (TI), [ULC1001-Q1 具有 I/V 检测放大器的可配置超声波 PWM 驱动器](#) 数据表。
4. 德州仪器 (TI), [ULC1001-DRV290XEVM 用户指南](#)。

## 重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司