

# 富士胶片集团对打印头单层压电片驱动器进行的仿真

富士胶片集团的工程师使用多物理场仿真来收集验证数据, 借以改进工业打印头中驱动装置的性能。

作者: LEXI CARVER

工业喷墨打印机的应用范围非常广泛, 从商品包装和宽幅图片, 到招牌、织物, 它甚至能够应用于电子领域, 可以说, 喷墨印刷帮我们实现了日常活动中的信息分享与交流。富士胶片集团是商用喷墨打印头的领先制造商, 它们正在 MEMS 驱动器的开发中使用多物理场仿真来推进最新型喷墨打印产品的研发。

## » 利用微米量级压电驱动器进行打印

在富士胶片集团, 研发团队的首席科学家 Chris Menzel 正在研究打印头驱动技术, 以推动公司最新型单层压电膜片式驱动器的设计。这些驱动器通过 MEMS 制造工艺开发, 其中用到了高性能薄膜压电层。这种钛酸铅 (PZT) 压电换能器中的高质量专有喷溅层是一种电工陶瓷, 会在施加电场后变形, 广泛用于多种换能器。PZT 附在一层硅膜上, 然后将驱动器排在晶圆表面, 每个驱动器对应于一个包含多个流道及一个喷管的微型喷嘴 (见图 1 和图 2)。打印头中紧密排列了上千个这种系统。

每个喷嘴中的组件 (流道和驱动器) 组合在一

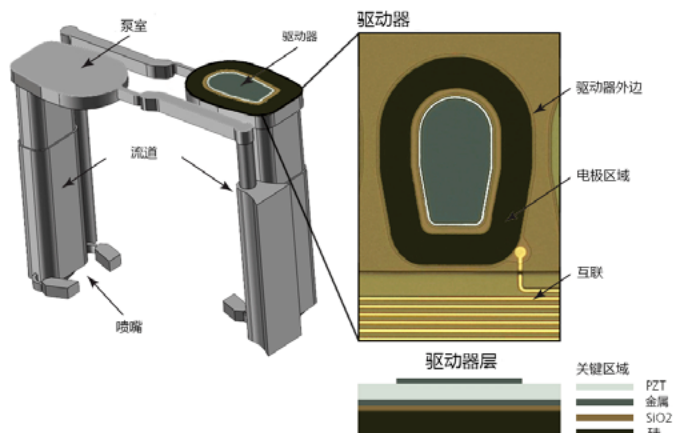


图 1: 富士胶片公司开发的打印头几何。每个充满了墨水的泵室上方都安装了一个驱动器。泵室下方是将墨水运至喷嘴的流道。

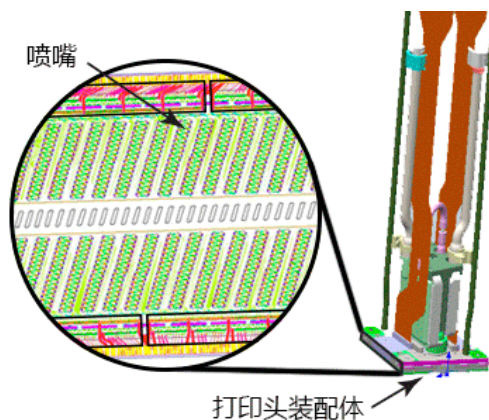


图 2: 晶圆上喷嘴的放大图, 以及在打印头装配体中的位置。

起, 形成了一个谐振式射流器件。在 PZT 电气仿真中, 对脉冲进行了调谐来模拟喷射的谐振, 驱动器发生挠曲, 在紧密连接的流道中产生声波。喷嘴设计能够高效地将压力波转换为脉动流, 后者需要突

破喷嘴处的表面张力来喷出墨滴。当产生的流体动量足够大时, 液滴会被喷射出来, 然后落到基底上。

Menzel 希望能通过他的设计来定义驱动器与射流流道, 二者的结合将

能在给定速度下生成满足特定质量要求的液滴，并在可用电压下实现目标的最大发射频率。这一设计过程也暗含了对微型化以及低成本化的需求。基于这一需求，驱动器设计的首要考量需要包括最大化挠曲、最小化尺寸，以及匹配驱动器与流道和管口的阻抗。

### » 仿真揭示了驱动器的柔量与输出

由于驱动器发挥的作用来自其复杂的喷射系统，所以需要使用两步骤模拟方法。首先，Menzel 确定了不同驱动器几何的功能参数。随后，他在完整射流模型中使用了这些参数，以确定整个系统的响应。

“我们建立了一个 COMSOL Multiphysics® 软件仿真模型来确定驱动器的功能。” Menzel 说，“仿真帮助我们理解了功能参数与我们的工艺所能生产的各种层厚、边界条件以及尺寸之间的关系。软件对大量参数进行高效

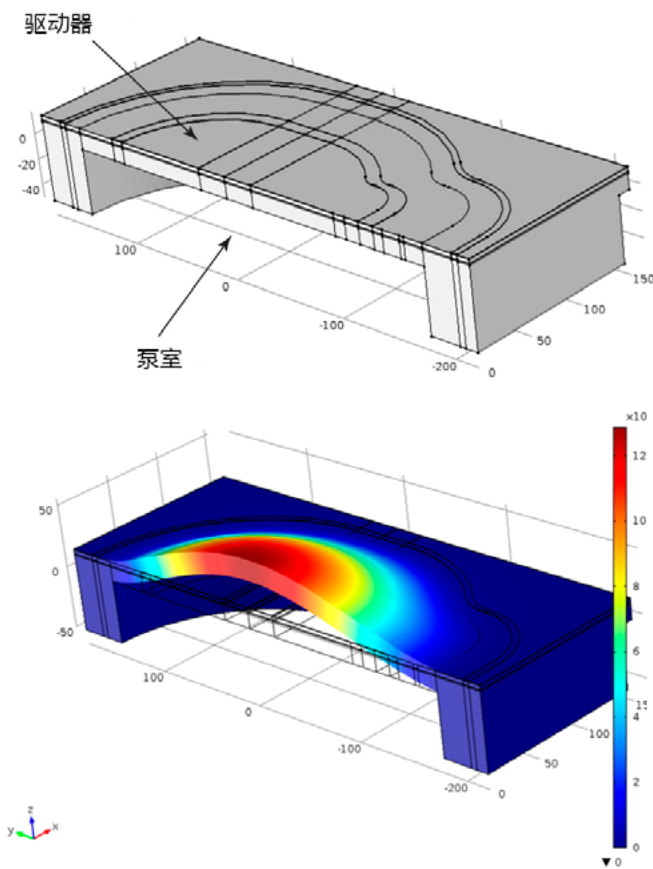


图 3: 上: Menzel 的 COMSOL® 软件模型, 显示了驱动器几何的一半, 包含金属、硅、PZT、电极以及增压墨水泵室。  
下: 仿真结果显示了驱动器的挠曲。

扫描, 并提供了许多极富价值、又很容易解读的结果。它支持我们轻松优化整个系统响应, 进而让我们能对产品进行优化。”

他模拟了沿中心轴切

开的一半驱动器几何, 包含硅、金属、绝缘子以及 PZT 等层 (见图 3 上)。在驱动器的下方, 他还加入了充满墨水的泵室与邻近的部分流

道, 然后执行仿真来提取驱动器在压力载荷下 (即柔量) 的变形与在电压载荷 (即输出) 下的挠曲 (见图 3 下)。Menzel 研究了各种不同驱动器的几何结构, 所得结果用在了大尺度模型中, 用于执行系统级设计优化。

### » 努力开发更快速、更小型的打印头

COMSOL 的结果帮助 Menzel 更新了设计, 并为他提供了将新器件安装到紧凑规格与更小型驱动器几何中所需的信息。多物理场模型揭示了一些相当有价值的信息, 使工程团队能够更好地理解驱动器与喷嘴的各个方面。现在, 仿真仍是评估驱动器概念与产品可行性的出发点; 设计时间的相应缩短对于有效及高效地推出产品至关重要。在仿真的帮助下, 富士胶片集团会继续引领打印头设计行业的发展, 将更高质量的打印技术推向市场。◎

“软件能够对大量参数进行高效扫描并提供易于解读的结果是极具价值的。它支持我们轻松优化整个系统响应, 进而让我们能对产品进行优化。”

— CHRIS MENZEL, 富士胶片集团首席科学家

# 压电效应模拟

作者: YESWANTH RAO

压电材料是一种固体材料，分为天然与人造两类，当施加机械应变后，材料将出现电子极化，这一现象称作正压电效应。它们还会展示出逆压电效应，也就是施加电场后产生机械应变。压电材料是一种天然的换能器，可以用于多种传感器和驱动器。

COMSOL Multiphysics® 软件提供了预定义的压电设备接口，其中耦合了模拟这些现象时所需的物理场，包括静电与结构力学（图 1）。

要精确地进行模拟，需要仔细描述材料属性与方向性。‘压电设备’接口支持用户以应力-电荷型或应变-电荷型的形式指定材料属性（图 2），同时提供了使用欧拉角定义材料方向性的选项。

一个器件通常会包含许多组件，压电材料只是其中一个。如果希望捕捉整体器件的真实行为，就需要模拟压电器件与周围材料之间的相互作用。COMSOL® 软件提供了多物理场模拟功能，用户可以轻松地在‘压电设备’接口中耦合如压力声学、流体流

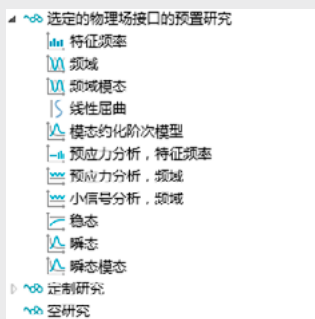
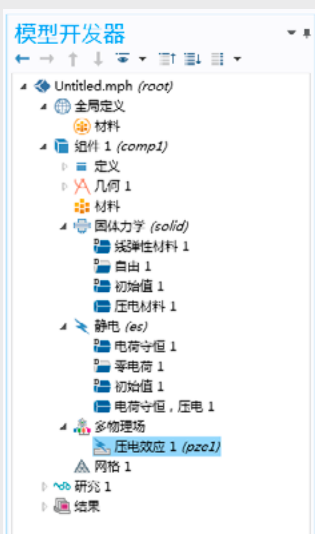


图 1: COMSOL® 软件模型开发器，显示了模拟压电效应的设定（上）；以及可以用来模拟压电应用的研究（下）。

动以及结构振动等物理场（图 3）。对可能影响器件性能的阻尼机制的描述也非常重要，COMSOL 支持用户加



图 2: 应变-电荷型设置，显示了弹性矩阵，可以通过模型开发器材料节点访问。

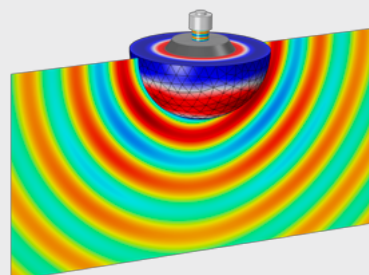


图 3: 蘑菇头型压电换能器的仿真，结果显示了声压水平，包括压电陶瓷环中的远场与电压分布。这些换能器用于发射低频大功率声波。

入机械阻尼、介电损耗、传导损耗和压电耦合损耗。