

---

# 解锁BIC面外维度实现最大手性

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/25511.html>

*本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！*

**解锁BIC面外维度实现最大手性。** 近日，来自德国慕尼黑纳米研究所的Andreas Tittl教授团队基于连续域束缚态（BIC）的概念，提出了一种用于谐振器任意高度控制的新型纳米制造技术，该技术可以将全介电超表面内单个谐振器的高度解锁为有效控制共振特征和纳米光子功能的访问参数，并展示了具有最大固有手性的全介电准BIC超表面，为光学全介电BIC和手性纳米光子学研究开辟了新的道路。

## 研究背景

控制不同偏振态的光与物质的相互作用，涵盖了从基础科学到技术应用的各个领域。由具有定制光学特性的共振亚波长构建块组成的超表面显著提高了在纳米尺度的控制光能力，在不同领域开启了突破性应用，包括局域高次谐波产生、超薄光学元件和生物分子传感等。近年来，通过全介电材料来克服欧姆损耗的新型等离子体共振腔与纳米光子系统中辐射损耗多功能控制的准连续域束缚态（qBIC）理论的发展，支撑了超表面技术和应用的快速进步。受益于这些技术的发展，基于介电qBIC驱动的超表面可以提供具有高质量因子（Q因子）、宽光谱可调谐的超尖锐共振，以及用于增强表面驱动和材料本征过程的近场增强。在不同的BIC驱动理论中，具有破坏平面内反演对称性的超表面对于调整光物质耦合有显著作用，因为它们能够通过超表面单元内的几何扰动直接控制辐射寿命。

目前，由于在亚波长距离制造具有不同高度的谐振器极具挑战，大多数qBIC驱动的超表面实现都依赖于修改谐振元件的平面内几何形状来控制不对称性。这也造成了全息图、光学角动量（OAM）的光束生成、手性传感和手性纳米光电等应用的重要障碍，这些应用需要非平面结构实现与更复杂的偏振态的有效相互作用。

制造三维结构对实现具有真正手性的无损超表面至关重要，尽管之前已经证明了金属纳米结构的三维组装，但所产生的等离子体共振会遭受较高的固有损耗和辐射损耗。BIC的概念有助于调整不同几何结构中的辐射损耗，尤其是当使用无损电介质实现时。但迄今为止，现有的研究仍然局限于微波范围，而光学波段的实现面临着与复杂三维晶胞设计相关的严重限制，只实现了弱共振调制和光偏振之间的小传输差异，应用也仅限于平面结构。

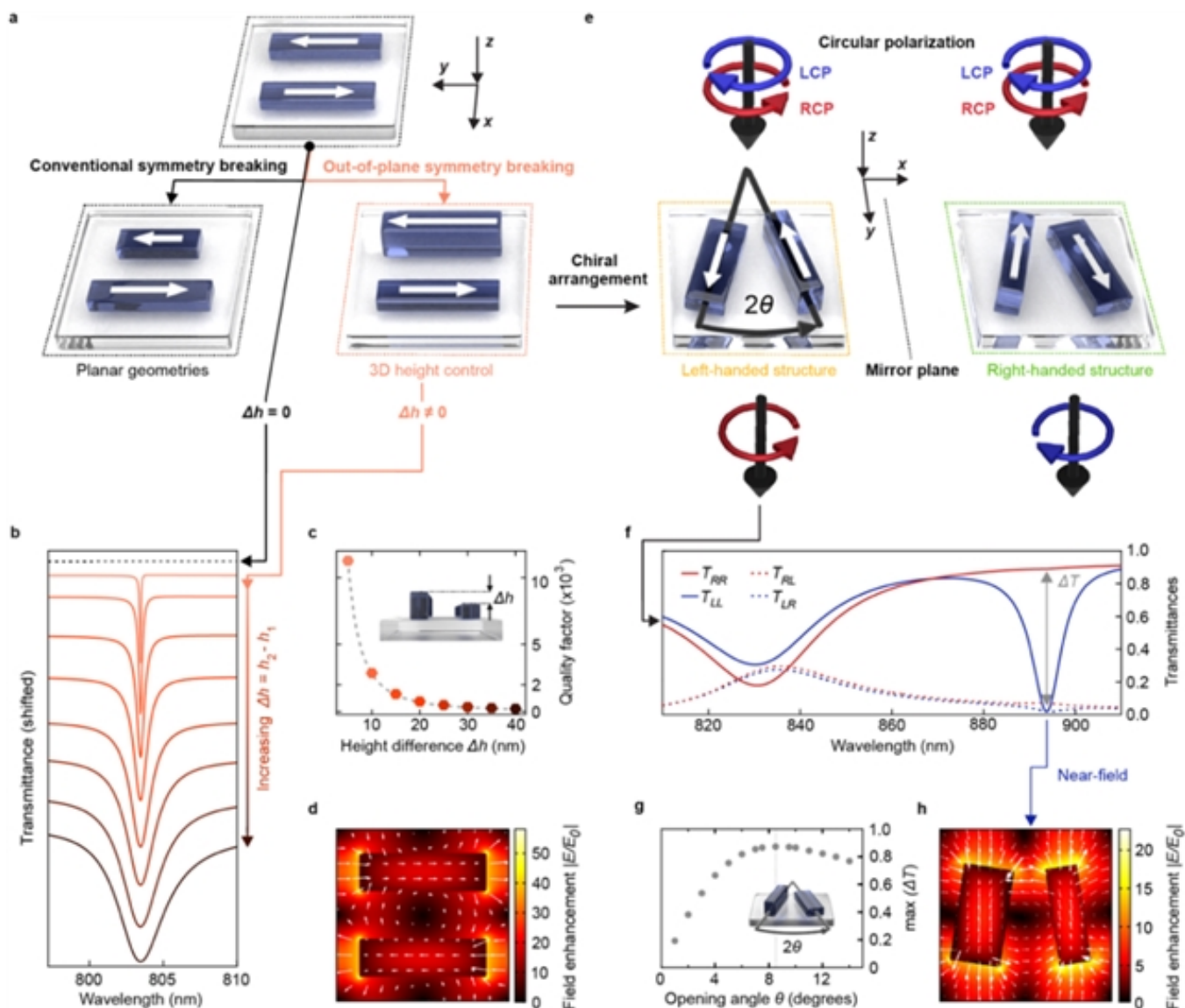


图1. 光子qBIC技术解锁介电谐振器的高度。(a) 已建立的qBIC几何结构利用平面内反演对称性的破坏将原本暗的BIC状态耦合到辐射连续体。(b) 从  $h=0$  nm (黑色虚线, 顶部) 到  $h=40$  nm (深棕色曲线, 底部) 的各种高度差的模拟光谱响应。(c) 根据反演对称性破坏的qBIC超表面的典型逆二次依赖性 (拟合为灰色虚线), 从 (b) 中的光谱提取相应的Q因子。(e) 通过最大手性开口角  $\theta$  来定制高度驱动的qBIC。(f) 左手结构对不同入射圆偏振的光谱响应, 仅对LCP光显示出明显的qBIC共振。(g) 最大  $Q$  对开角  $\theta$  的依赖性在  $\theta=8.5^\circ$  时显示出最大手性响应。(h) 手性qBIC共振的对应近场。

### 创新研究

Andreas Tittl教授团队利用BIC的概念提出了一种用于谐振器任意高度控制的新纳米制造技术, 以解锁全介电超表面内单个谐振器的高度, 作为有效控制谐振特征和纳米光子功能的可访问参数。至关重要, 通过这一技术, 研究团队在准BIC超表面中实现了平面内反演对称性的破坏, 并利用这种设计自由度展示了具有最大固有手性的光学全介电准BIC超表面, 该准BIC超表面可根据结构手性选择性地响应特定圆偏振光。

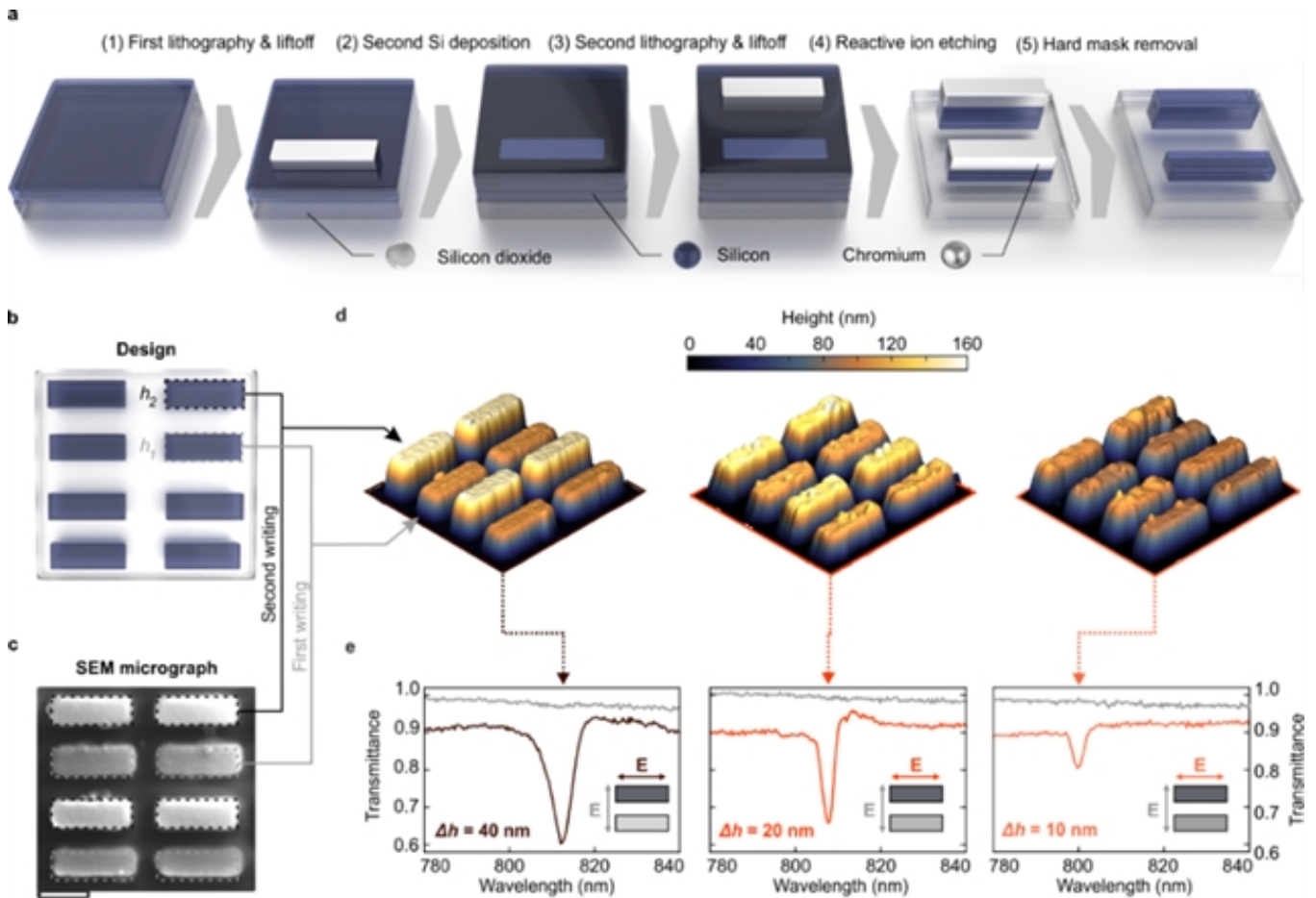


图2. 新型qBIC制造原理和精确高度控制演示。(a) 高度驱动超表面制造的工作流程。(b) 两步光刻工艺的示意图, 以及制造工艺后的 (c) 中的SEM显微照片 (比例尺: 200 nm)。高度差  $h$  从不同的散射强度中已经很明显, 从 (d) 中的3D AFM显微照片中也很明显。(e) 光学白光透射光谱证实, 随着BIC与辐射连续统的耦合减少, 通过增加各自的Q因子, 可以精确控制不对称的  $h$ 。入射光沿短轴的线性偏振不存在qBIC共振。

研究人员在可见光谱的红色部分实验证明了平面外对称破坏的qBIC超表面, 实验实现的最小高度差是10nm。研究人员首先利用这种方法来实现高度驱动的qBIC共振, 其中定制的线宽与线偏振光相互作用, 然后将这一概念推广到手性qBIC超表面, 该超表面根据结构手性选择性地耦合到圆偏振光。

该技术不仅打破了二维平面超表面几何形状的约束, 解锁了额外的自由度, 扩展了独立参数以自由调节光学响应, 还显著增加了超表面的设计灵活性, 为全介电BIC和手性纳米光子学开辟了一个新的范式。

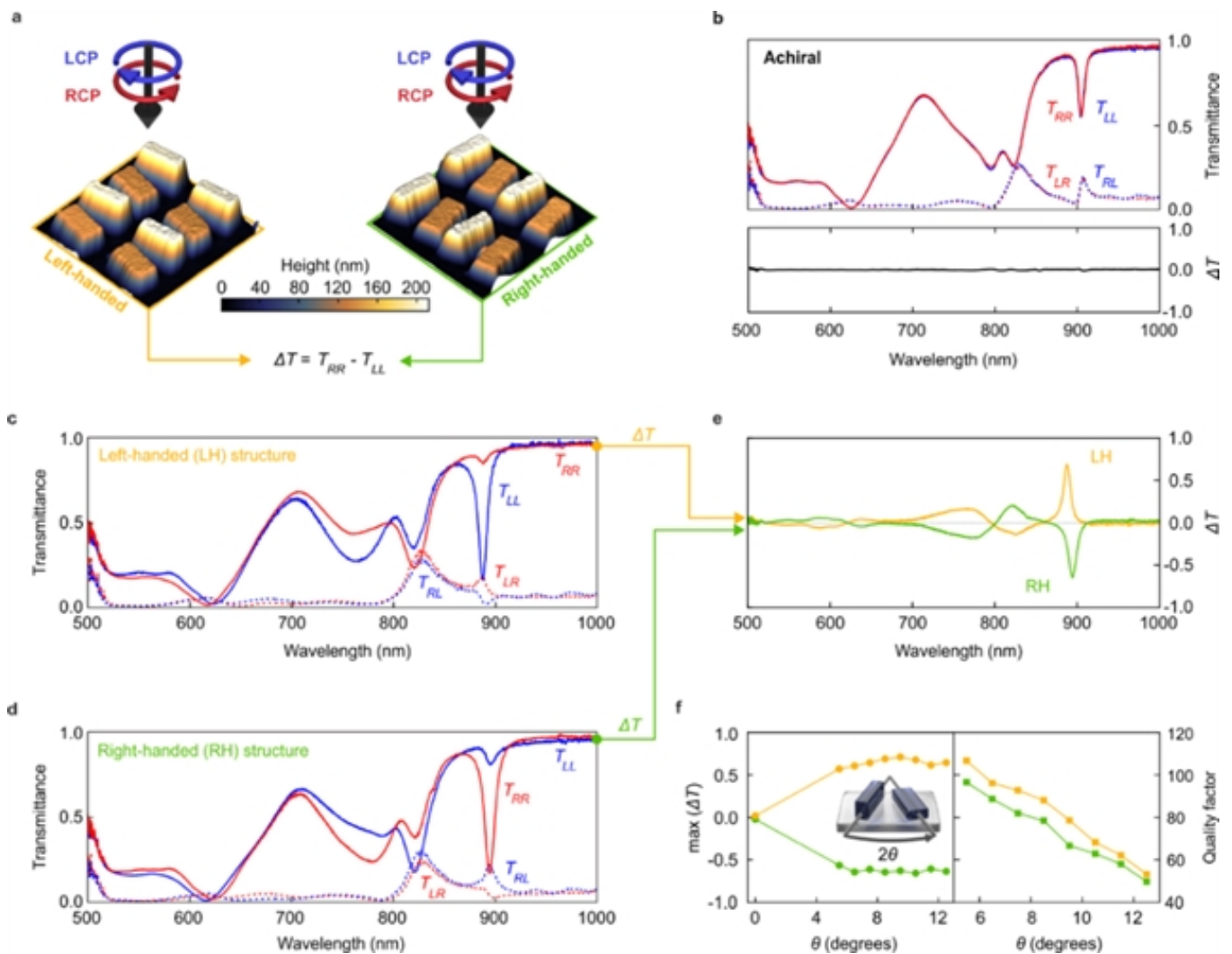


图3. 3D全介电超表面，用于手性和光谱灵敏响应。(a) 左手（黄色）和右手（绿色）结构的3D AFM图像。用RCP和LCP光照射两个超表面，并记录它们的偏振透射率系数，由此可推导出手性透射率差  $\Delta T = T_{RR} - T_{LL}$ 。(b) 非手性超表面的LCP和RCP透射光谱在上部面板中显示出几乎相同的响应。下图：相应的  $T$  光谱显示没有手性选择性反应。(c) 中左手结构和(d) 中右手结构的LCP/RCP共偏振和交叉偏振透射率的光谱表明与LCP (c) 或RCP (d) 光的强选择性相互作用。(e)  $\Delta T$  谱显示了手性准BIC的反转。(f) 左手（黄色）和右手（绿色）结构的相邻谐振器之间不同旋转角度的  $\Delta T$  峰值调制在左侧面板中显示饱和，而提取的Q因子朝着更高的旋转角度减小，如右侧面板所示。

该成果以Unlocking the out-of-plane dimension for photonic bound states in the continuum to achieve maximum optical chirality为题发表在《Light: Science Applications》上。Lucca K ü hner为本文的第一作者，Yuri Kivshar和Andreas Tittl为本文的通讯作者。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：<https://www.nature.com/articles/s41377-023-01295-z>

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费事宜，请与我们联系。

---

作者：Yuri Kivshar 来源：《光：科学与应用》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://www.iikx.com)转发