

一种生物启发的透明水下超疏油和防油表面



在自然界中，骷髅花（*Diphylleia grayi*）的花瓣在雨中从白色变成透明，如图 1 所示。在空气中，骷髅花的花瓣似乎呈现白色，这颜色不是来自天然的白色颜料，而是源于植物花瓣高度疏松的细胞结构。花瓣的内部包括许多薄薄的空隙和充满空气的细胞间隙。在晴天，在捕获的空气与无色细胞液之间的界面上发生漫反射，从而使花瓣呈白色。然而在雨中，水可以进入空隙和细胞间空间。原来的气-液（气-细胞液）界面被液-液（水-细胞液）界面代替。由于细胞液和水具有相同的折射率，因此光的透射率显着增加。结果，花瓣显得透明。这种有趣的现象启发研究团队获得了一种提高粗糙界面透明度的新颖策略，即粗糙微观结构的空隙可以充满水。

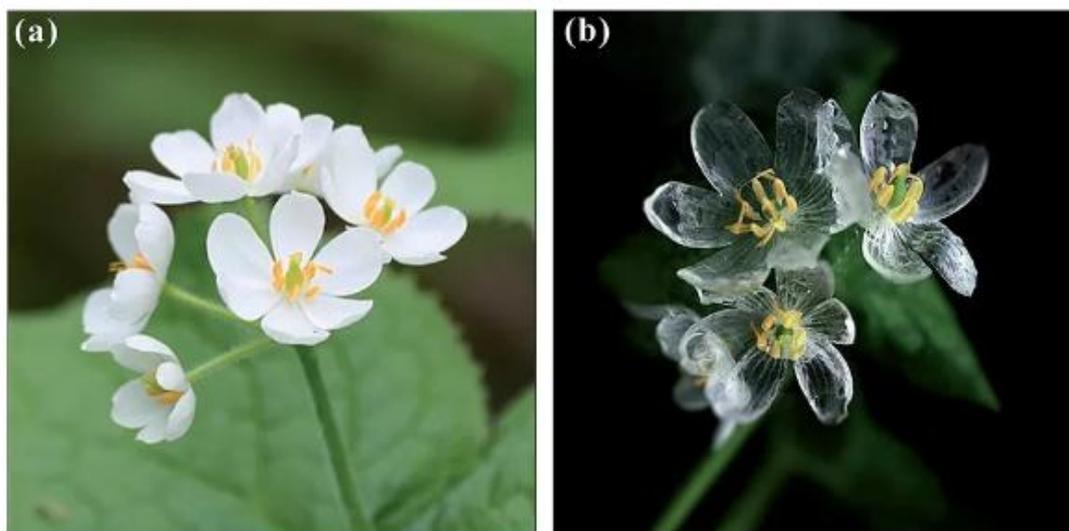


图1. 骷髅花的花瓣 (a) 晴天 (b) 雨天

西安交通大学陈烽团队研究了一种具有水下超疏油性和透明的粗糙硅玻璃板。图 2 展示了飞秒激光烧蚀后的硅玻璃表面的照片及 SEM 图。他们使用飞秒激光烧蚀方法在硅玻璃表面上形成了一层不规则的纳米颗粒，一些颗粒堆叠形成一些无规则排列孔洞和凹槽。飞秒激光在

硅玻璃上在其表面形成了高温和高压的等离子体，随着等离子体膨胀并爆发出的过程，被烧蚀的材料被从表面去除。然而，由于高温，喷射的颗粒处于熔融状态，当这些喷出的颗粒落在表面上并立即冷却时，它们会粘在石英玻璃基板上。

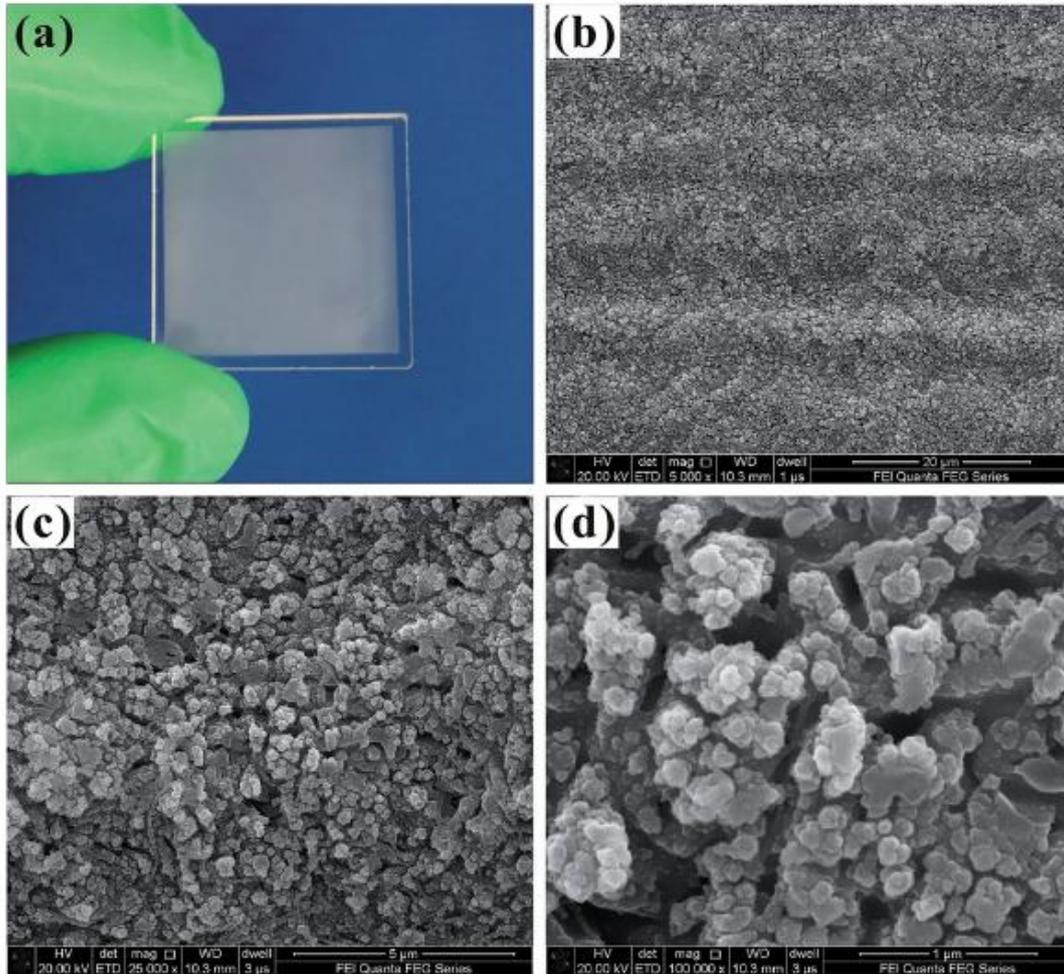


图2 (a) 硅玻璃表面 $2\times 2\text{ cm}^2$
(b-d) 微观结构的SEM图像

当将处理后的表面放入水中，样品的润湿状态将从在空气中的超疏水状态转换为在水中的超疏油状态。图 3 展示了油滴在水中表面保持为一个近乎圆形的形状，接触角为 $160.2^\circ\pm 1^\circ$ ，并且油滴很容易滚动，其滚动角小于 1° 。如此小的滚动角这也揭示了飞秒激光烧蚀处理的表面同样也具备超低的油滴粘附力。

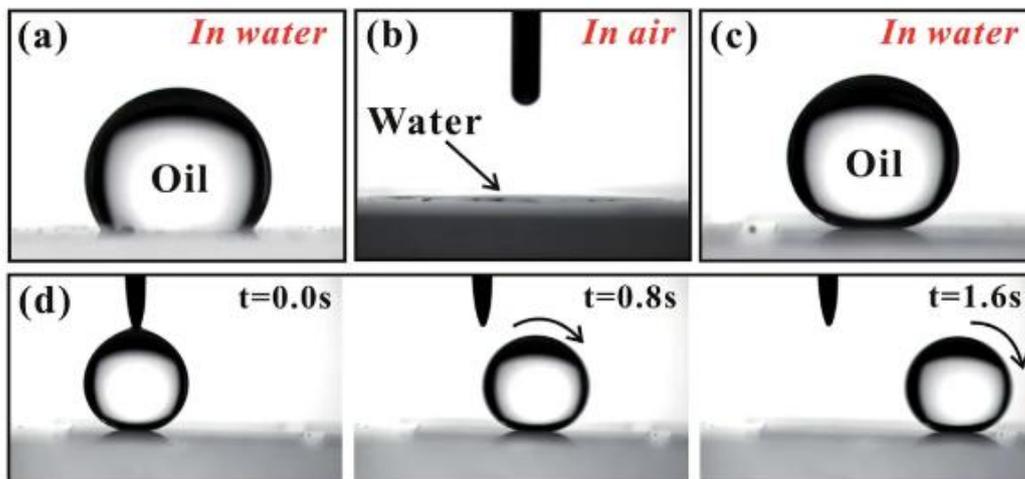


图3. 飞秒激光烧蚀处理的表面的润湿状态
 (a) 未处理玻璃在水中的油滴接触角
 (b) 未处理玻璃在空气中的水接触角
 (c) 飞秒激光烧蚀处理的表面在水中的油滴接触角
 (d) 油滴滚动角

粗糙的硅玻璃表面的透光率在空气中与水相不同。飞秒激光烧蚀的硅玻璃在空气中呈现白色，这是接近于白色的骷髅花花瓣的颜色（图 1a）。将准备好的样品放在空气环境中，覆盖在带有黑色字母的纸上时，可以看到后面的字母雾蒙蒙的（图 4a）。如果有油滴（用苏丹红染色后）与激光烧蚀区域接触，油滴迅速散开，如图 4a 所示。相反，将样品放入水中后字母“XJTU”变得非常清晰（图 4b）。染色的油滴始终在小球上保留为小球。

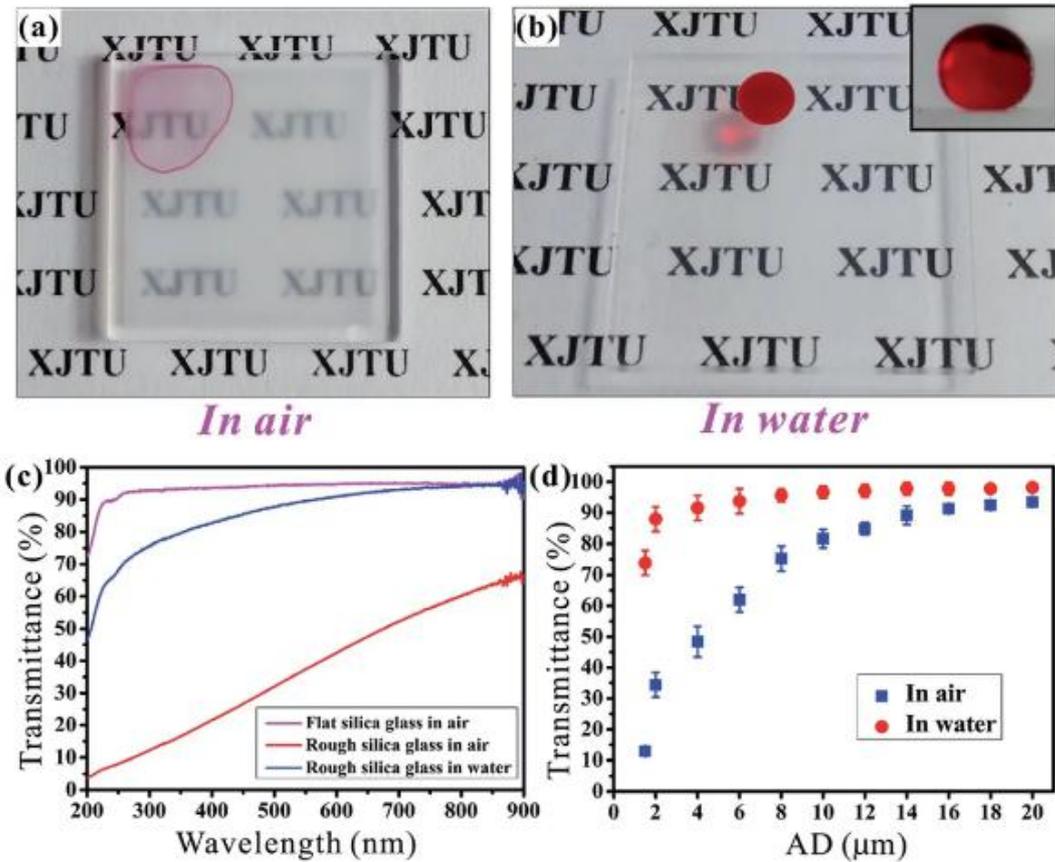


图4 处理后硅玻璃表面盖在纸上的图像
(a) 在空气中 (b) 在水中

一种通过飞秒激光烧蚀一步合成在水下透明的超疏油硅玻璃表面被开发出来,这种高的透明表面处理来源于自然界骷髅花的启发。这些材料可用于水下的光学应用,例如潜水护目镜,防水的水下照相机镜头等。

参考文献:

- [1] J. L. Yong, F. Chen, Q. Yang, et al., Bioinspired transparent underwater superoleophobic and anti-oil surfaces, J. Mater. Chem. A, 2015,3, 9379-9384.