



## 我校宁志军课题组制备高效量子点上转换探测器，让我们“看见红外”

ON 2020-03-31

CATEGORY 科研进展

我校物质学院宁志军课题组以胶体量子点材料为基础，制备出一种新型、低成本、高探测率的红外上转换器件，展示了红外上转换器件领域良好的应用前景。今日，该成果以“Solution-processed upconversion photodetectors based on quantum dots”为题发表在《Nature Electronics》上。

近红外光电探测与成像器件在生物检测、信息通讯、军事、气象等领域中有重要作用。传统的成像器件需要红外光电探测器与读出电路集成，工艺限制了红外成像系统的发展。红外上转换器件作为一种替代的解决方案，具有工艺简单、无需与读出电路集成的优点，可以将红外光转换为可见光成像。也就是说通过红外上转换器件，我们可以直接“看见红外光”。

将红外光电探测器和可见光LED结合起来，通过“光-电-光”的线性转化过程，将红外光转换为可见光，被认为最适用于红外成像。然而，受限于红光光电探测器部分较低的光子-电子转化效率，红外上转换器件的整体光子-光子转换效率较低。此外，目前已报道的红外上转换器件多采用高成本的真空沉积方法制备，且已报道的红外上转换器件的工作电压很高，不利于制备柔性器件。

针对以上问题，宁志军课题组以胶体量子点材料为基础，制备出一种新型、低成本、高探测率的红外上转换器件（图1a）。这种器件的红外吸收层和可见光发射层均采用了胶体量子点材料。受益于胶体量子点可溶液法处理的特性，除了最上面的电极，整个红外上转换器件的制备过程简化了器件的制备。

为了提高红外上转换器件的光子-光子转换效率，研究人员在ZnO电子传输层中引入了银纳米粒子。在无红外光入射的情况下，由于ZnO中较大的势垒，空穴无法从ITO注入到ZnO中，电流很小；在有红外光入射时，光生电子会被Ag纳米粒子捕获并在ITO和ZnO的界面处聚集，从而提高了光子-光子转换效率。



器件界面的能带弯曲，减少了势垒宽度，这样ITO中的空穴大量隧穿注入到ZnO中，实现电流倍增（图1b）。基于这种增益机制的量子效率可以达到8000%，探测率达到 $6 \times 10^{12}$  Jones，响应速度在毫秒量级，与目前已报道的胶体量子点红外光电探测最高性能相当。

研究团队进一步将这种高效率的红外光电探测器和胶体量子点发光二极管结合起来，制备了红外上转换器件并取得了6.5%的光电转换效率，在制备的两端红外上转换器件中是最高的，而且器件启动电压仅为2.5V。研究人员探索了该器件在生物医学成像领域的应用，通过用红外上转换器件的帮助下，正常组织和癌变组织可以清晰地分辨出来（图2），展示了红外上转换器件在生物成像领域良好的应用前景。制备了柔性红外上转换器件，有望应用于可穿戴电子器件。

论文第一作者为周文佳助理研究员，通讯作者为宁志军教授。上科大为第一完成单位。该成果得到了加拿大多伦多大学Edoardo Peláez Pelayo García de Arquer博士和上海药物所黄锐敏课题组的大力帮助。上海科技大学物质学院分析测试中心、信息学院陈伯乐课题组。该成果也得到了科技部重点研发计划、国家自然科学基金和上海市科委的支持。

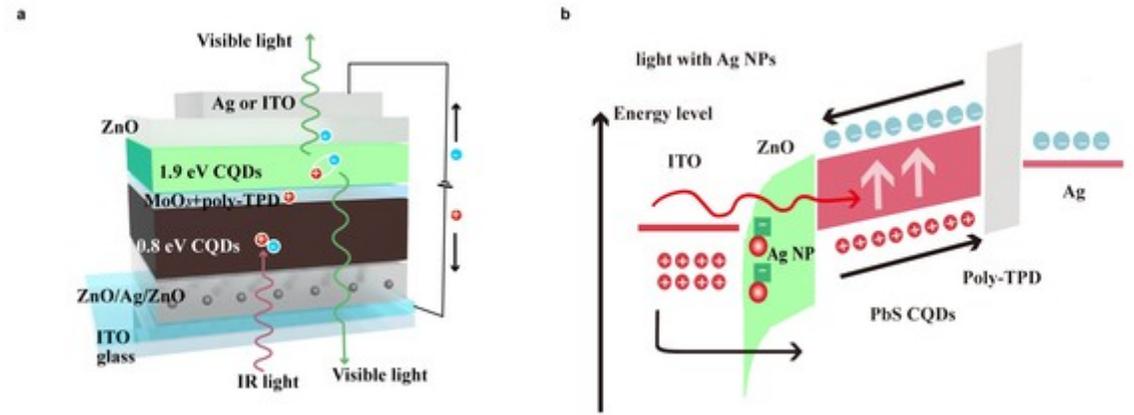


图1: 红外上转换器件结构和能带示意图



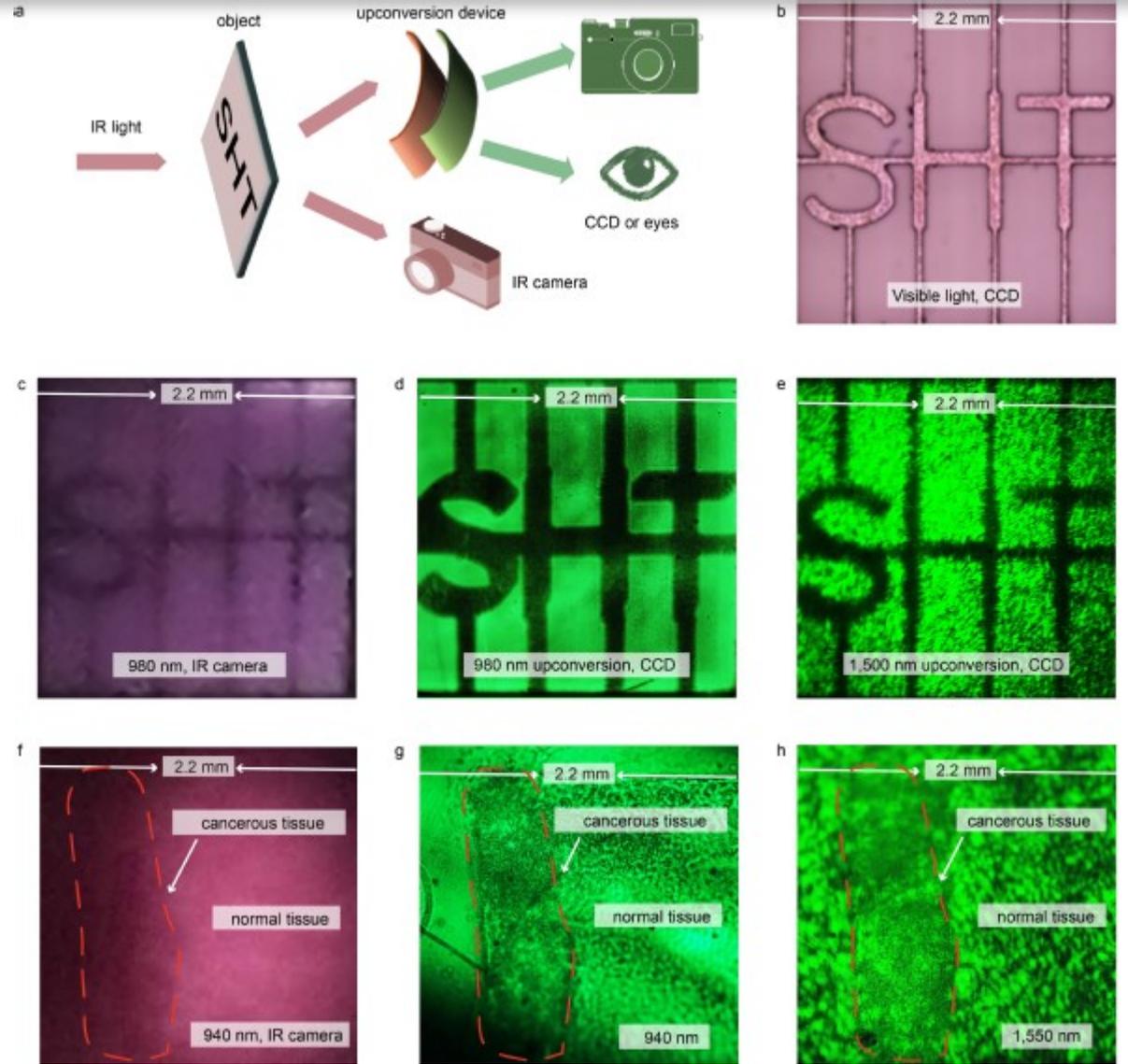


图2：红外上转换器件成像图片

论文链接: <https://www.nature.com/articles/s41928-020-0388-x>



