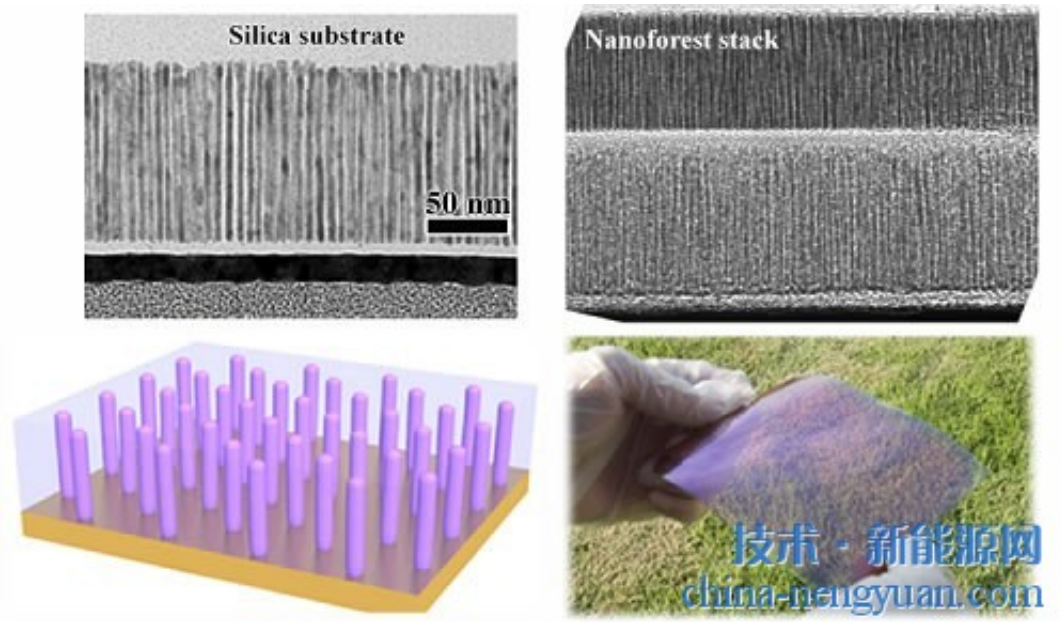
宁波材料所提出金属陶瓷超材料薄膜制备新方法



人们常常用鬼斧神工形容大自然事物的美妙和自然力之强大，而用巧夺天工来形容人工事物的巧思以及由此引发的击节赞叹。一般认为超材料是具有天然材料所不具备的超常物理性质的人工复合结构或复合材料，它们在超快光调制、负折射率、倏逝波传播、反常多普勒效应、亚波长成像、隐身、全光通讯、手性识别、光子晶体等领域具有重大应用价值。

然而，超材料的制备问题一直困扰着众多研究者。目前常见制备工艺有电子束光刻、激光直写、聚焦离子束刻蚀、模版辅助的电化学沉积等，这些方法有以下不足：难以大面积制备、制备成本高企、工艺流程繁琐冗长且难于控制等。特别以模版辅助电化学沉积为例，受制于模版本身尺寸所限，超材料的微结构几何特征尺寸难以进入10 nm范围内，而且需要导电衬底，所得材料还有化学残留之虞。

近日，中国科学院宁波材料技术与工程研究所副研究员高俊华和研究员曹鸿涛提出了金属陶瓷超材料薄膜制备新方法，采用传统的射频共溅射沉积工艺，辅以衬底偏压，制备了定向排布Ag金属纳米线/氧化铝陶瓷复合超材料薄膜，纳米线间距(轴心到轴心)进入sub-5 nm区间，阵列中纳米线平均直径约为3 nm；纳米线长径比可根据沉积时间来灵活调整；利用PVD镀膜良好的扩展性，不仅能实现大面积超材料薄膜的制备，还能方便地以“盖楼”的方式构筑多层超材料薄膜结构，其中不同层之间可以具有相同的几何结构特性(直径，间距，长径比)，亦可以“个性化定制”各个层的结构特性；此外，由于是在近似室温下制备，故无需单晶或者导电衬底，甚至可以在PET等柔性衬底上制备，为柔性超材料这一新兴概念提供了实物支撑，如下图所示。研究人员从经典热力学 (金属银和氧化铝复合物是相分离体系)、界面结合力、施加衬底偏压后的沉积区域的溅射粒子动力学分析，辅以对比实验(施加衬底偏压与否)和高分辨微结构观察，澄清了Ag金属纳米线/氧化铝陶瓷复合超材料薄膜直接生长的物理化学机制。

上述结构各向异性超材料展现出了奇异的稳态和瞬态光学性能。由于较小的纳米线间距引发了纳米线之间的强耦合作用，轴向的等离子共振吸收峰位可以方便地从可见光区调控至近红外区；另外，该材料在可见光区展现出超快的非线性光学特性，等离激元漂白过程弛豫时间在1.5 皮秒左右。

相关制备技术申请了国家发明专利，学术成果以Template-free growth of well-ordered silver nano forest/ceramic metamaterial films with tunable optical responses 为题发表在《先进材料》(Adv. Mater., 2017, DOI: 10.1002/adma.201605324)上，该项工作不仅体现了所内合作，即跟研究员黄峰、都时禹在生长机理和第一性原理计算方面的合作，而且跟哈尔滨工业大学物理系教授宋瑛林在光学领域进行了深度的跨单位合作。该项工作得到国家自然科学基金、浙江省自然科学基金、浙江省重点实验室和宁波市科技创新团队等项目的资助。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/105281.html