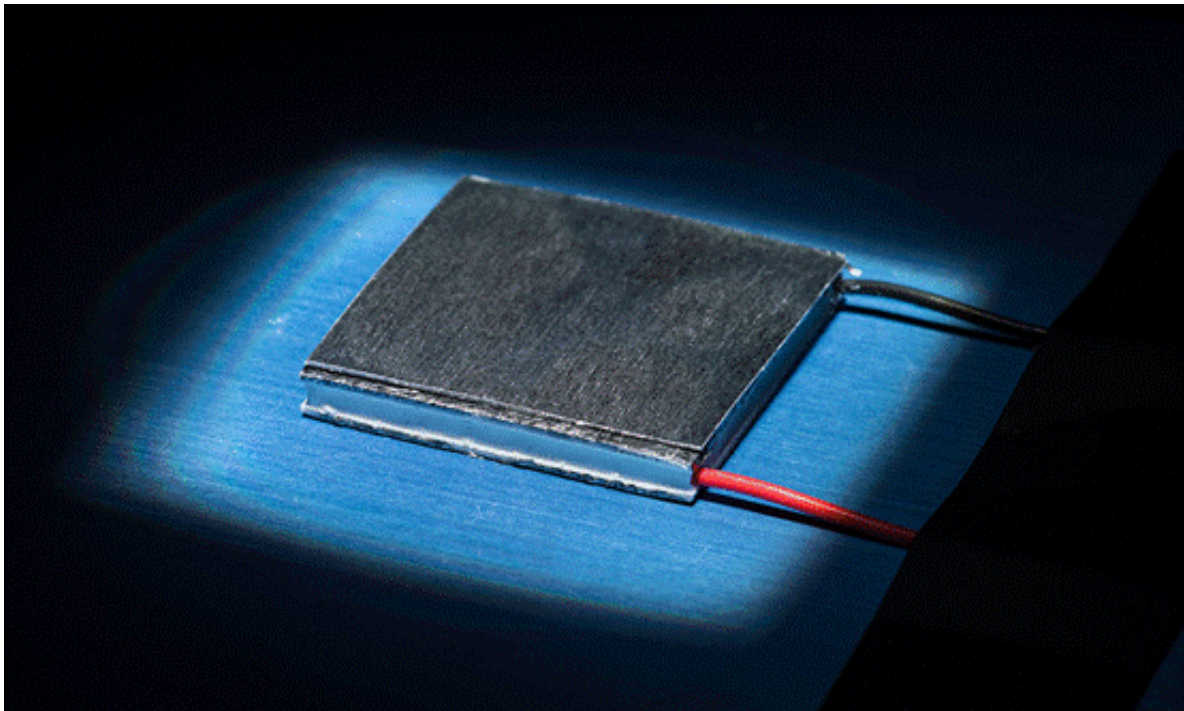

飞秒激光刻蚀技术将普通金属变成“完美”的太阳光能吸收器

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/8443.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！

飞秒激光刻蚀技术将普通金属变成“完美”的太阳光能吸收器。



近日，来自美国纽约罗彻斯特大学光学研究所的郭春雷教授联合穆罕默德·埃尔卡巴什教授，在国际顶尖光学期刊《Light: Science Applications》发表了题为Spectral absorption control of femtosecond laser-treated metals and application in solar-thermal devices的高水平论文。来自罗彻斯特大学光学研究所的Sohail A. Jalil博士和Bo Lai博士为本文的共同第一作者，郭春雷教授和穆罕默德教授为本文的通讯作者。郭春雷研究团队在等离激元杂交模型的指导下，利用飞秒激光加工技术控制表面纳米结构的形态，从而实现对光谱吸收的更多控制，并首次证明了可以将飞秒激光诱导的金属表面用于高温选择性太阳能吸收器（SSA）。该研究目前已得到了Bill Melinda Gates 基金会、美国陆军研究中心以及国家科学基金会的支持与资助。

飞秒激光直接加工技术是一种经济高效，无掩模且可扩展的制造技术，已广泛用于有效修改材料的光、电、机械和摩擦学特性。飞秒激光脉冲加工产生的随机结构可以表现出材料功能化的理想

特性，例如：完美的光吸收、超疏水性和超亲水性等，在生物医学、环境和能源领域有许多潜在应用。但是，由于产生的表面结构的大小、几何形状和密度的具有随机性，难以精确控制表面结构的性质，最终在实际设备中运用经飞秒激光诱导的表面仍然具有很大的挑战性。

为了提供对飞秒激光诱导的表面结构的更多控制，过去的研究主要集中在增强周期性微结构的均匀性上，已有的研究表明，一维飞秒激光诱导的周期性表面结构（fs-LIPSSs）具有可在多种材料上实现的亚波长周期性，许多研究小组已经采用了不同的技术来解决fs-LIPSSs的空间均匀性问题，例如：钛基材料上的正反馈机制和负反馈机制、化学辅助的飞秒激光诱导等。虽然这些研究表明飞秒激光加工具有产生更规则的表面特征的能力，但没有证明具有精确设计表面特性的能力。美国罗彻斯特大学的郭春雷教授团队聚焦飞秒激光加工领域，对如何更精确的控制金属表面的特性及其应用展开了一系列的研究。

郭春雷课题组通过等离子共振尺寸效应和等离子激元杂交模型来控制表面纳米结构的形貌，进一步控制经飞秒激光诱导的金属表面的光学性质。研究人员利用飞秒激光脉冲蚀刻具有纳米级结构的金属表面，通过修改飞秒激光加工参数来调节随机分布的纳米结构的尺寸和密度，从而改变经飞秒激光诱导的表面结构的光吸收能力。使该表面选择性地仅吸收太阳光波长的光，而不吸收其他波长的光。该表面不仅增强了从阳光中吸收能量的能力，而且还减少了其他波长的热耗散，实际上是首次制造出完美的金属太阳能吸收器。

为了拓展这种通过飞秒激光诱导来控制金属表面的光吸收能力的应用，研究人员还通过实验证明了该技术在铝、铜、钢和钨等金属上的光吸收能力调控，提出了选择性太阳能吸收器（SSA）和宽带吸收器（BBA），并首次证明了可将飞秒激光诱导的表面用作高温选择性太阳能吸收器，基于钨的选择性太阳能吸收器（W-SSA）具有最高的太阳能吸收效率，表现出作为高温太阳能接收器的出色性能。与未经处理的钨（通常用作本征选择性光吸收剂）相比，W-SSA与太阳能热电发电（TEG）装置集成后，其热发电效率提高了130%。

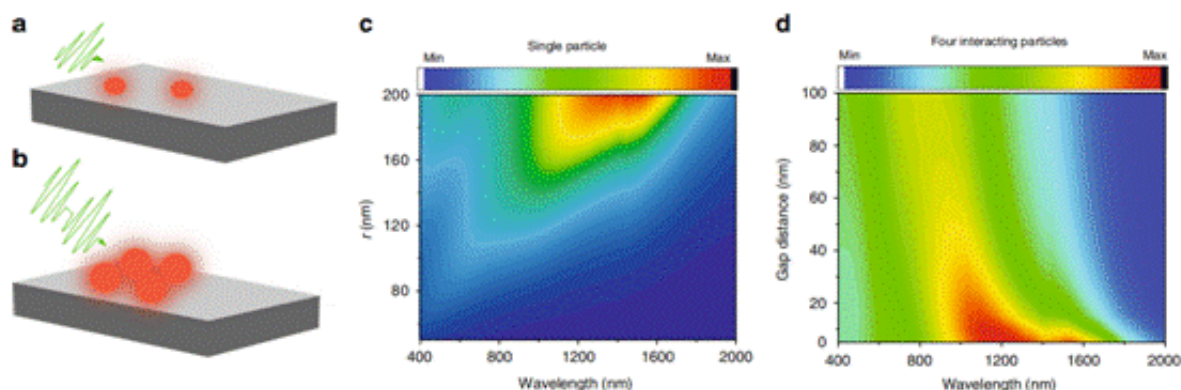


图1 经飞秒激光诱导的金属表面的吸收光谱范围。（a）、（b）分别表示使用低脉冲数和较低通量、高脉冲数和较高通量时，近场耦合导致的等离子体共振的移动，可以发现，低脉冲数和较低通量所产生的表面纳米结构的尺寸较小，密度也小于使用高脉冲数和较高通量形成的表面纳米结构。（c）计算出的单个钨纳米粒子的吸收与粒径的关系，突显了尺寸效应与测得的等离子体共振宽度的相关性。（d）四个半径为100 nm的杂交钨纳米颗粒的计算吸光度与纳米颗粒之间的间隙距离的关系。较小的间隙导致更强的杂交并使等离子激元共振峰红移至更高的波长。尺寸和杂交效应都扩大了随机分布的纳米表面结构的共振。

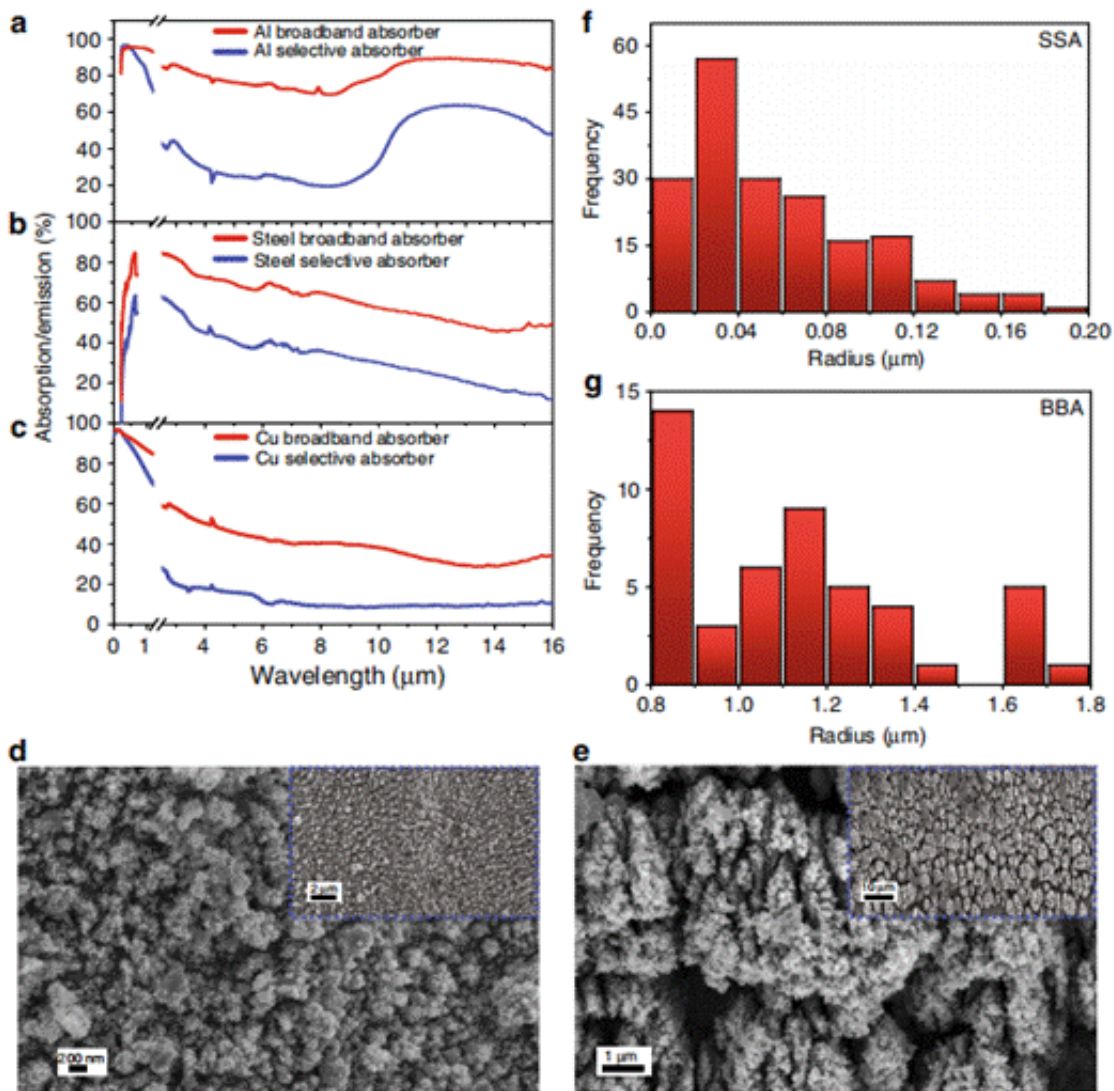


图2 使用飞秒激光诱导的金属表面的宽带吸收器 (BBA) 及选择性太阳能吸收器 (SSA)。(a) ~ (c) 分别表示飞秒激光加工金属铝 (Al)、不锈钢、铜 (Cu) 后获得的SSA和BBA的吸收和发射光谱。其中, Cu-SSA表现出真正的光谱选择性。(d) 和 (e) 分别是Cu-SSA和Cu-BBA的SEM图像。插图显示了Cu-SSA和Cu-BBA的缩小视图。(f) 和 (g) 分别是Cu-SSA和Cu-BBA表面结构尺寸分布的直方图。

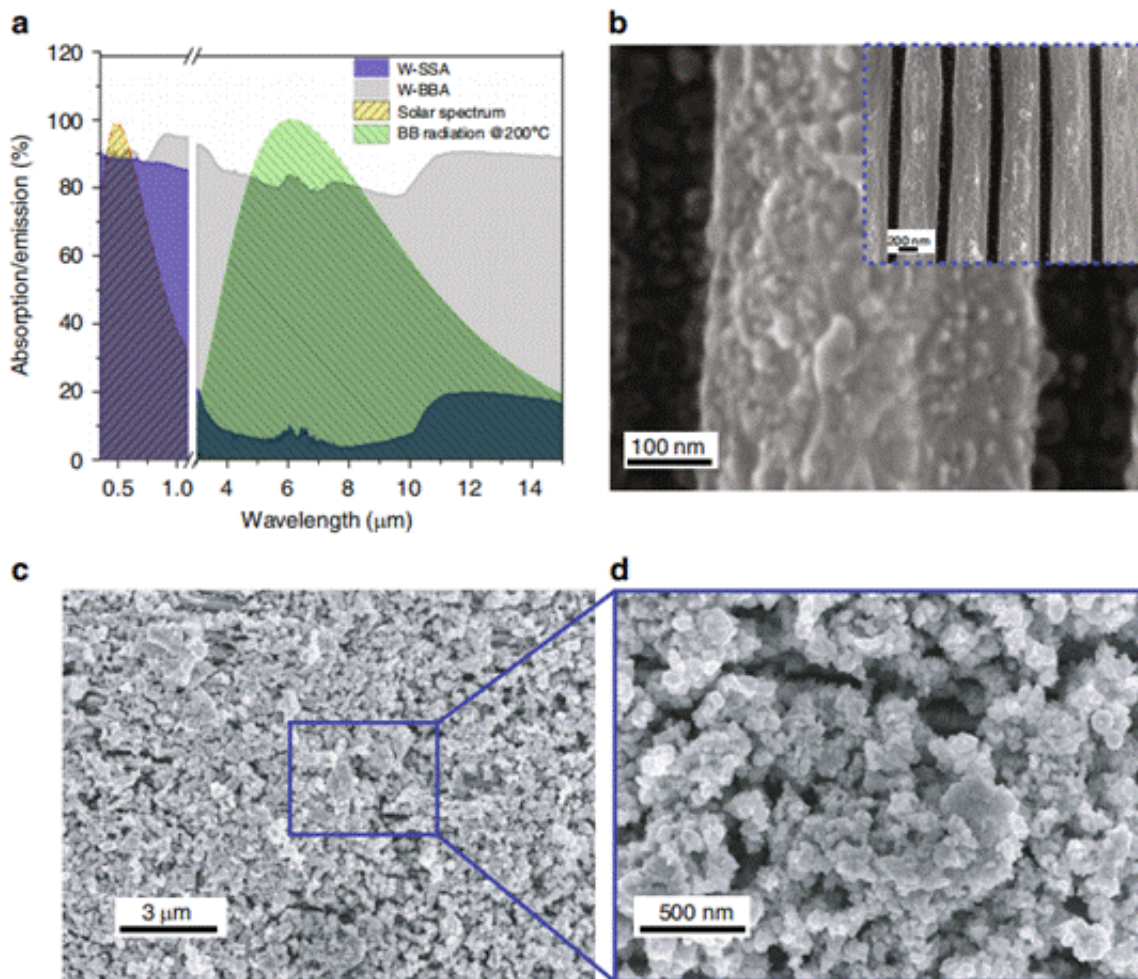


图3 使用飞秒激光诱导的钨表面的宽带吸收器 (BBA) 及选择性太阳能吸收器 (SSA)。
 (a) 在200 °C下测得的钨光谱选择性吸收器和宽带吸收器的吸收/发射光谱。(b) 基于钨的选择性太阳能吸收器 (W-SSA) 的SEM图像。插图显示了纳米结构覆盖的fs-LIPSSs的缩小视图。
 (c) W-BBA表面的SEM图像。(d) 中示出了W-BBA表面的放大的SEM图像。

(来源：科学网 刘扬)

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-020-0242-y>

作者：郭春雷等 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