研究实现辐射降温薄膜的宏量制备

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/10452.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！

研究实现辐射降温薄膜的宏量制备。在印尼和泰国的火山地区，地面温度高达70摄氏度，而在这样恶劣的环境下，却活跃着一种昆虫——长角甲虫。这种甲虫的翅膀上有微小的三角形结构，不仅能够反射太阳光，还可以帮助其散发体内的热量。

受其启发，来自上海交通大学、美国得克萨斯大学奥斯汀分校以及瑞典皇家理工学院组成的一支研究团队，基于刻蚀旋涂真空热固化的新方法，仿生制备出具有长角甲虫类似结构的柔性薄膜，在被动式辐射降温的同时，实现了辐射降温薄膜的宏量制备。

相关研究近日发表在美国《国家科学院院刊》上。

长角甲虫带来灵感

在自然界中，一些生物具有特殊的表面结构，通过被动辐射，表现出惊人的热调节能力。长角甲虫就是其中一种。

我们在昆虫馆偶然发现这种甲虫外表呈现金色的光泽，这引起了我们的关注。论文作者之一、上海交通大学材料科学与工程学院教授周涵告诉《中国科学报》，长角甲虫大多生活在温度很高的火山口附近，这也引起了他们的兴趣，并对其微观形貌、光学、热学特性进行了系列的研究，最终发现了一些新奇的特性。

研究人员首先观察了长角甲虫前翅的微观结构，发现其前翅表面长满了绒毛，密度达每平方厘米2.55万根以上。前翅的颜色也可以有效地抵御褪色处理，展现出光子晶体的结构色特征。

他们又通过进一步的观察发现，每根绒毛都是由两个光滑面与一个粗糙面组成的三角形结构，粗糙面是宽度为1微米、高度为0.18微米的波纹型结构，与绒毛本身构成了多级粗糙结构。

在掌握了前翅表面的微观结构之后，周涵等人又对其光学性质与温度调节能力进行了研究。通过观察前翅在有无绒毛情况下的反射情况发现，绒毛可以将光线反射率提高35％以上。通过乙醇溶液的浸没实验则进一步确定了高反射率是得益于绒毛表面存在的多级微观结构。

时间—温度曲线也表明，表面绒毛具有显著的降温作用，在真空与空气中分别达到3.2摄氏度与1.5摄氏度的温度降幅。这种出色的温度控制能力，有利于昆虫在高温、阳光暴晒的环境中进行日常觅食活动。

长角甲虫具有可见近红外高反射特性和中红外波段高发射特性，能有效地进行表面降温，使其具有耐热能力。周涵补充道。

制备仿生薄膜

基于对长角甲虫前翅表面结构及温度控制能力的研究，研究者们力图制备出具有类似结构的仿生辐射降温薄膜。周涵告诉记者，仿生类似长角甲虫的结构，难点就在于精准制备微观结构以及实现大面积的制备。

在制备过程中，研究人员首先利用光刻法制备具有三角形结构的硅模板，然后再将含有有机硅与氧化铝微球的前驱体溶液旋涂于模板表面，热聚合后分离得到表面为三角形的微结构薄膜。此种方法，可以实现薄膜的大尺度、宏量制备，并且具有一定的通用性，可实现氧化锌、氧化锆、氧化镁、二氧化钛等多种陶瓷颗粒的掺杂。

在得到了仿生薄膜后，研究人员又对其性能进行了测试，结果显示其在太阳光谱范围内的平均反射率约为95%。薄膜实际制冷能力评估结果显示，在平均太阳强度约862 瓦/平方米、湿度为22.7 %的条件下，仿生薄膜的平均温度降为5.1摄氏度，最大温度降为7摄氏度。

我们在制备前对甲虫的微观结构进行了仿真模拟解析，对结构进行了改造优化，使得中红外发射率更高。周涵表示，他们经过理论研究提炼出优化的仿生结构模型，揭示了其机理。在此基础上，通过效仿优化结构模型的仿生机理，使得仿生薄膜具有类似的功能。研究人员还通过结构优化、功能材质复合，使得仿生薄膜的光学、热学性能更优。

被动辐射制冷前景可期

据统计，我国建筑能耗约占全国总能耗的35%，而制冷空调系统的能耗又占建筑能耗的50%~60%左右。现有的制冷技术大都基于蒸汽压缩制冷，该技术需要消耗大量电力。因此，制冷技术已经成为能耗大户，技术亟须更新换代。

学习自然，制备特殊的表面结构，实现被动辐射制冷，无疑是一项极具前景的技术。仿生薄膜不仅可以自行冷却，还可以将周围环境与膜所覆盖的设备或热体的温度显著降低。

周涵表示，未来，仿生薄膜可以用于被动辐射冷却领域，无须外加电源，如建筑物降温、水系统冷却、荒漠治理、太阳能电池热管理等。此外，除了实现辐射制冷，这种仿生薄膜的柔韧性和疏水性也为其在各种可穿戴设备、个人电子设备以及车辆中的应用奠定了基础。

未来要想大规模应用，还需要扩大生产规模和产品规格，并进一步降低成本。周涵表示，这种被动辐射制冷的热调控技术无疑更加节能环保。这一工作也为后续基于高性能光子辐射器的辐射冷却技术的大规模生产铺平了道路。（来源：中国科学报李惠钰）

相关论文信息：https://doi.org/10.1073/pnas.2001802117

版权声明：凡本网注明来源：中国科学报、科学网、科学新闻杂志的所有作品，网站转载，请在正文上方注明来源和作者，且不得对内容作实质性改动；微信公众号、头条号等新媒体平台，转

载请联系授权。邮箱：shouquan@stimes.cn。
作者：周涵等 来源：PNAS

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转发