

纳米科技与产业发展

信息动态

第 12 期(总第 300 期)

2019 年 12 月 20 日

主办单位：上海市纳米科技与产业发展促进中心

协 办：上海科学技术情报研究所

上海华明高技术（集团）有限公司

上海大学纳米科学与技术研究中心

新闻快讯

※※※※

同济课题组利用超黑碳气凝胶中强烈的热电子效应，实现了太阳光能-热能转化效率的大幅提升

太阳光能-热能转化是利用太阳能最简单、有效的途径之一。除了太阳能热水器之外，太阳能-热能转化还可以用于采暖、光热发电和海水淡化。利用太阳能进行海水淡化实际上是利用太阳能蒸汽产生系统，先将光能转化为热能，然后利用热能来加热水体，在水蒸发的过程中盐离子和重金属离子不会随水蒸气流失，从而达到海水淡化的过程。

本期导读

- ◆ 上海微系统所在太赫兹被动光频梳方面取得重要进展（见第 4 版）
- ◆ 纳米孔测序+CRISPR: 新方法挑战基因组暗物质（见第 8 版）
- ◆ 国内外微/纳米会展信息荟萃（见第 14 版）

同济大学物理科学与工程学院纳米多孔材料课题组通过对碳气凝胶的不断研究，发现其具有一些特殊的性质，例如由其无序结构和小尺寸导体效应引起的与角度无关的、宽波段的强烈的光吸收 (ACS Nano, 2016, 10, 9123-9128)，由等效开口谐振环导致的双负特性 (Carbon, 2018, 129, 598-606)，以及小尺寸导体效应引起的强烈的热电子耦合增强光催化效应 (MRS. Comm. 2018, 8, 521-526)等。

近日，该课题组通过采用预冷冻技术结合碳化工艺，制备了集大孔、介孔和微孔结构于一体的超黑碳气凝胶复合材料。材料中垂直的大孔结构有利于水蒸气的运输；介孔结构有利于材料的保温隔热；而微孔结构可以构造小尺寸导体，从而产生强烈的热电子效应，最终提高光热转化效率。除此之外，通过物理活化的方法可以在材料原有的骨架上造出新的微孔结构。最终，该材料实现了 1 个太阳的光照强度下 87.51% 的光热转化效率和 $1.37\text{kg/m}^2/\text{h}$ 的水蒸发速率。除此之外，该材料通过水蒸发的方式，可以进行海水淡化、硬水软化和污水处理，且处理后的水质能够达到世卫组织和卫生部关于饮用水的标准。该工作以 “Enhanced Photothermal Conversion by Hot-Electron Effect in Ultrablack Carbon Aerogel for Solar Steam Generation” 为题发表在国际知名期刊《ACS Applied Materials & Interfaces》上。该工作提出的小尺寸导体引起的热电子效应，可以为设计其他高效的光热转化器件提供一条新的思路。

该论文的第一作者是博士生汪宏强，通讯作者为杜艾副教授，我校周斌、张志华、沈军、张晨、姬秀洁等师生也参与了该工作。该工作受到了国家自然科学基金、国家重点研发计划“纳米科技”重点专项、上海市特殊人工微结构材料与技术重点实验室开放课题的支持。

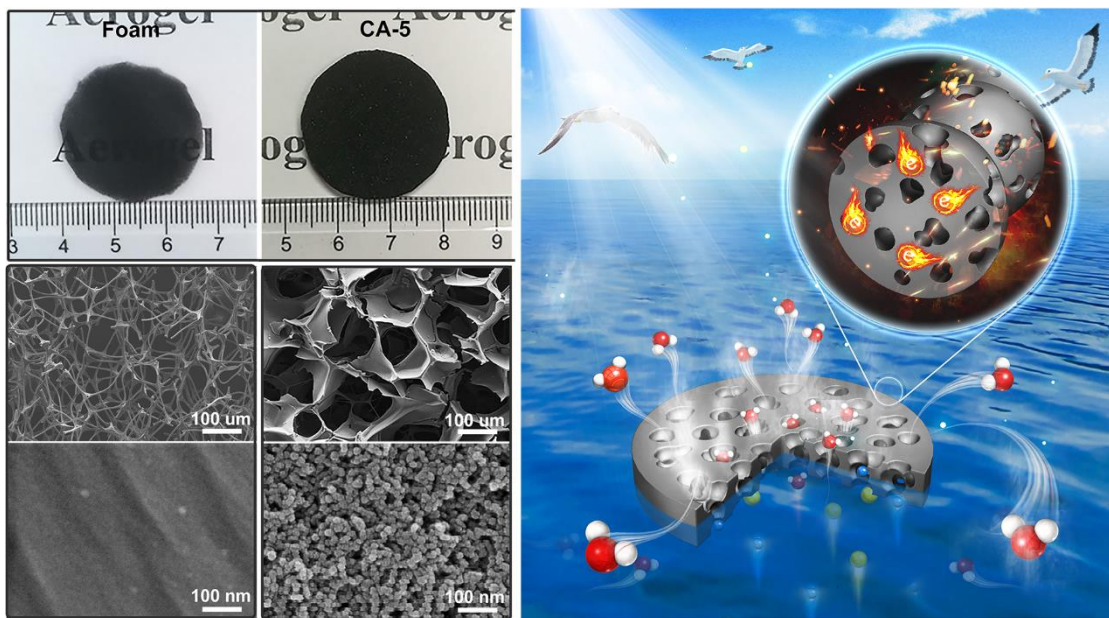


图 1. 普通泡沫和超黑碳气凝胶的宏观和微观结构图及海水淡化示意图。

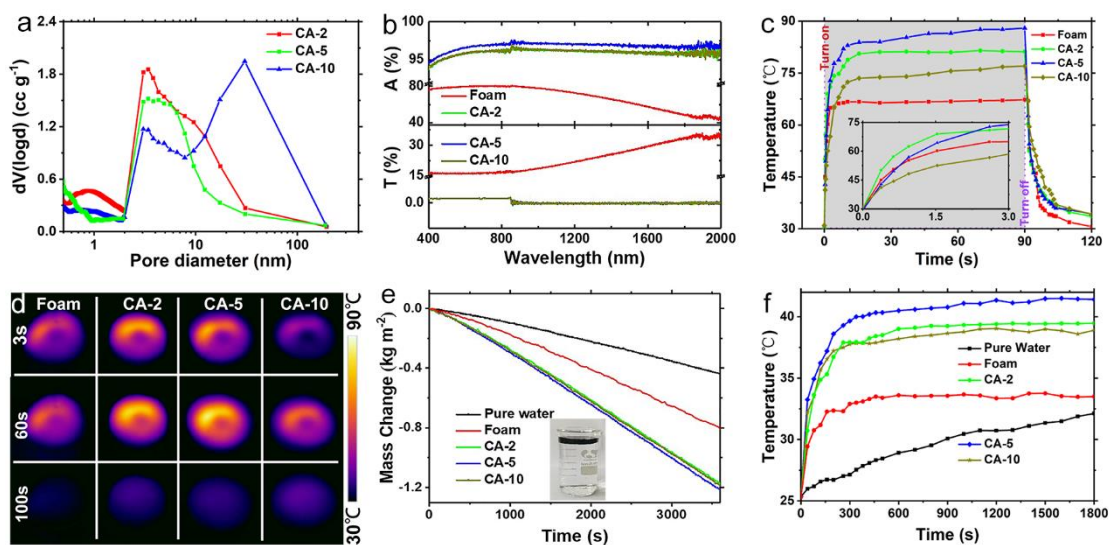


图 2. 超黑碳气凝胶光热转化性能的表征。(a) 孔径分布；(b) 吸收、透过光谱；(c, d) 光热转化性能；(e) 连续光照下的光-热蒸汽产生速率对比；(f) 应用时材料表面温度。

上海微系统所在太赫兹被动光频梳 方面取得重要进展

近日，中科院上海微系统所曹俊诚、黎华研究员领衔的太赫兹 (THz) 光子学器件与应用团队与华东师范大学精密光谱科学与技术国家重点实验室曾和平教授团队、中科院苏州纳米所国际实验室张凯研究员团队合作，在国际上率先实现基于 THz 量子级联激光器 (QCL) 的增强型被动光频梳，采用太赫兹泵浦探测技术，首次测量到 THz QCL 被动光频梳的脉冲发射。研究结果以“Graphene-Coupled Terahertz Semiconductor Lasers for Enhanced Passive Frequency Comb Operation”为题发表在 Advanced Science 期刊（影响因子：15.804），并被遴选为封面文章。

自 2005 年光频梳研究工作获得诺贝尔物理学奖以来，光频梳越来越受到人们的关注。由于具有高频率稳定性和短脉冲（如果激光锁模可实现）特性，光频梳可以大幅提高光谱和时间测量的精度，在基础研究和高分辨技术领域均有重要应用。一直以来，研究人员都在不断研究探索光频梳的全波段覆盖，从而满足不同应用需求。在 THz 波段，基于半导体的 THz QCL 具有高功率、低发散角、电泵浦等特点，是实现 THz 光频率的理想载体。传统的主动锁模技术可成功实现 THz QCL 主动光频梳并产生 THz 光脉冲。但是 THz QCL 主动锁模技术往往涉及复杂的微波调制以及飞秒激光锁相技术，其系统相当复杂。长期以来，研究人员不断探索更为简单有效的 THz QCL 被动锁模技术。然而，受限于材料的非线性与激光器增益恢复时间等因素，一直以来基于被动锁模的 THz QCL 光频梳技术在国际上都没有突破。

在本工作中，研究团队利用多层石墨烯材料的饱和吸收和色散补偿特性，实现 THz QCL 增强型被动光频梳。在 THz QCL 低峰值功率泵浦条件下，采用 z-scan 技术，成功观察到石墨烯材料的非线性饱和吸收特性。饱和吸收体耦合的 THz QCL 光频梳的射频信号频率线宽低至 700 Hz。

另外，基于饱和吸收特性，研究团队采用 THz 泵浦探测技术首次直接测量了被动 THz QCL 光频梳光脉冲宽度（16 ps），证明 THz QCL 实现了锁模。该工作为将来进一步提高 THz QCL 光频梳频率稳定性和实现 THz 超短短脉冲输出奠定重要基础。

论文的第一和通信作者为黎华研究员，共同通信作者为曹俊诚研究员、曾和平教授、张凯研究员。该项工作得到了国家自然科学基金和中科院率先行动计划经费支持。

论文链接：<https://doi.org/10.1002/advs.201900460>

封面链接：<https://doi.org/10.1002/advs.201970120>

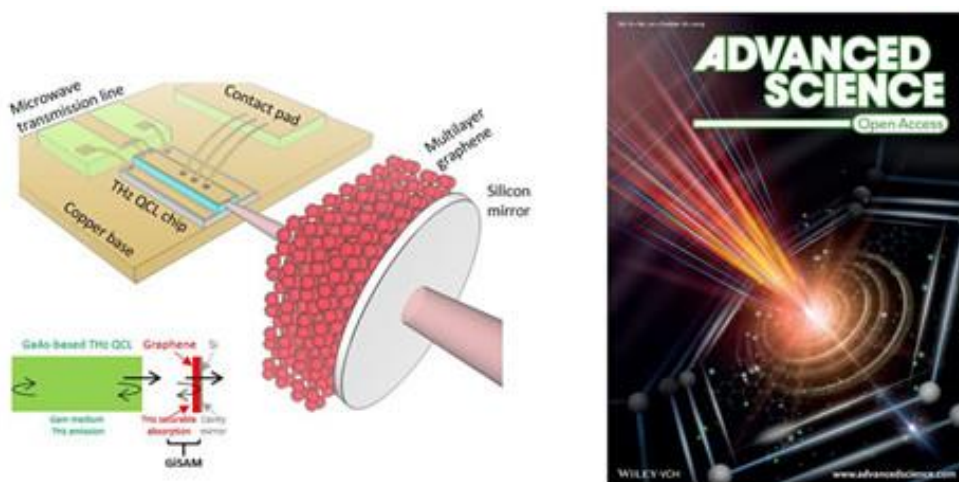


图 THz QCL 被动光频梳器件示意图（左）、Advanced Science 期刊论文封面（右）

上海光机所在零维钙钛矿的光物理特性以及微纳激光性能方面取得重要进展

近日，中国科学院上海光学精密机械研究所强场激光物理国家重点实验室与重庆大学合作，在零维钙钛矿 Cs_4PbBr_6 微纳激光研究方面取得重要进展。相关研究成果以封底文章发表在[Solar RRL, 2019, DOI: 10.1002/solr.201900127]。

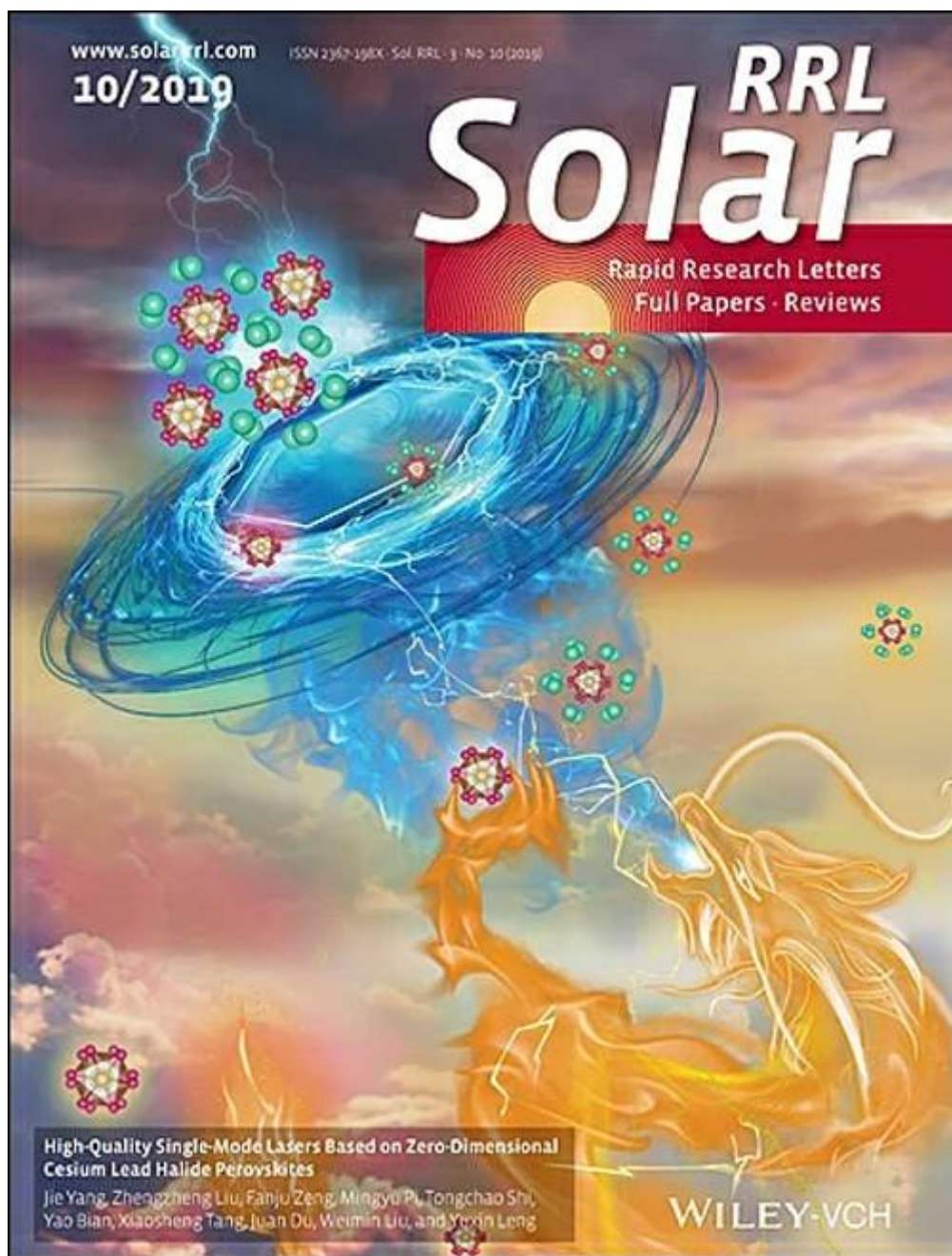


图1 该工作作为 Solar RRL 2019 第4卷第10期封底文章发表。

钙钛矿材料具有优异的光学性能，如载流子迁移速率大、扩散长度长、吸收系数大、量子效率高等优点，不仅在光伏领域具有优异的表现，

在微纳激光器以及发光二极管等领域也具有广泛应用。相比于传统三维铅卤钙钛矿 ABX_3 ，零维结构的钙钛矿具有较大的激子结合能，较高的量子产率以及独特而优异的光学性质，在光电领域具有广阔的应用前景。然而，其发光机理仍存在争议。

在这项工作中，研究人员利用飞秒瞬态吸收测量研究了零维钙钛矿 Cs_4PbBr_6 的光物理特性，揭示了 Cs_4PbBr_6 中极化子的存在，这提供了绿色荧光是 Cs_4PbBr_6 的本质发光而非 $CsPbBr_3$ 杂质的证据。此外，研究小组通过常温反相微乳液法制备了 $CsPbBr_6$ 钙钛矿微米片，成功实现了具有低阈值和高品质因数的光泵浦单模激光，暴露在空气中 also 具备极佳的稳定性。同时发现通过调节表面活性剂的剂量可以容易地实现 $CsPbBr_3$ 和 Cs_4PbBr_6 之间的相变。该研究表明零维钙钛矿在纳米激光领域有巨大的应用潜力。

该项研究得到了中科院 B 类先导专项、国家重点研发计划-政府间国际科技创新合作重点专项、国家自然科学基金等的支持。

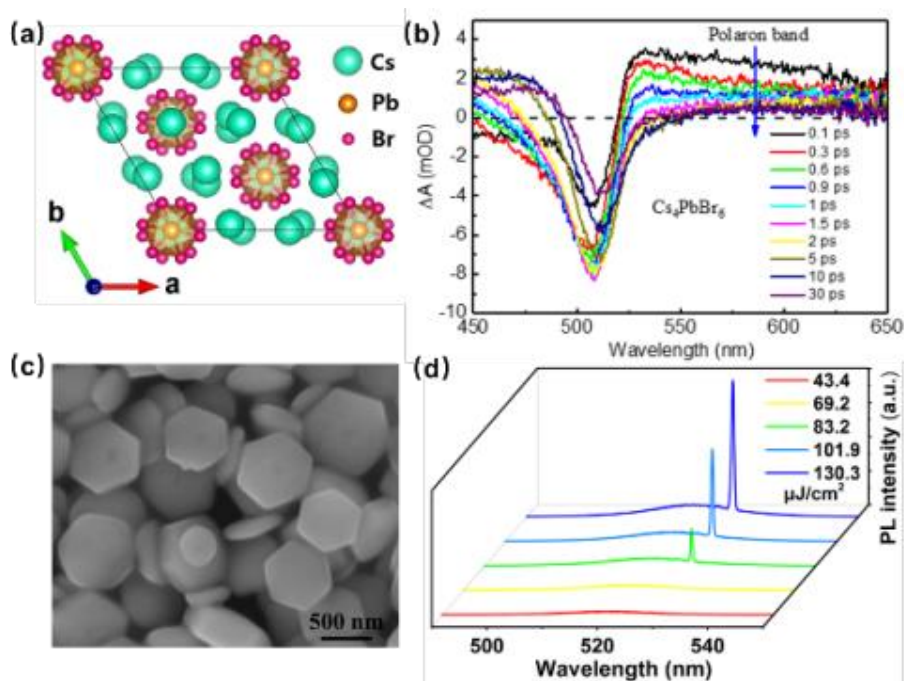


图 2 (a) Cs_4PbBr_6 晶体结构。(b) 瞬态吸收光谱图。(c) SEM 形貌图。(d) 单模激光。

海外传真

☆☆☆☆

纳米孔测序+CRISPR：新方法挑战基因组暗物质

基因组的大部分由单调的重复组成，其中某些短片段会重复数百次甚至数千次。不过，重复次数通常有个范围，若大大超出这个范围，则有可能造成严重的后果。以脆性 X 综合征为例，患者 FMR1 基因 5' 非编码区上的 CGG 异常扩增是主要原因。然而，这些重复区域的检测仍然颇具挑战性。

近日，德国马克斯·普朗克分子遗传学研究所领导的研究团队在《Nature Biotechnology》杂志上发表了一种新方法，能够仔细观察这些过去无法触及的基因组区域。这种方法结合了纳米孔测序和 CRISPR-Cas 技术，有望改善先天性疾病和癌症的诊断。

马克斯·普朗克分子遗传学研究所的 Franz-Josef Müller 是文章的通讯作者。他的团队首次成功确定了源自患者的干细胞培养物中基因组串联重复的长度。研究人员还利用纳米孔测序和 CRISPR-Cas 技术，通过扫描单个 DNA 分子而获得了重复序列的表观遗传状态，为基因组重复区域的研究以及各种疾病的快速诊断打开了大门。

解析基因组的暗物质

常规方法往往是测序患者的整个基因组。如今，研究团队希望这个过程更具选择性。Brändl 利用 CRISPR-Cas 系统从基因组中切割下含有重复区域的片段。经过几个中间处理步骤，这些片段随后被加样到测序芯片的孔中。

生物信息学家 Pay Giesselmann 表示：“如果我们不通过这种方式对分子进行预分选，那么它们的信号将被基因组其余部分的噪音所淹没。”他必须专门开发出一种算法，以解释重复序列所产生的电信号：“大多数算法都失败了，因为它们无法预计重复序列的规则模式。”尽管

Giesselmann 开发出的程序“STRique”无法确定基因序列本身，但它可以高度精确地计算序列的重复次数。

未来的潜在应用

“利用 CRISPR-Cas 系统和我们的算法，我们可以仔细检查基因组的任何部分，尤其是那些利用常规方法难以检查的区域，”Müller 说。“我们创造了让每一位研究人员都能探索基因组暗物质的工具。”他认为此工具在基因研究方面有巨大潜力。“有证据表明重复序列在神经系统的发育过程中会不断增长，我们希望对此进行研究。”

临床医生还设想了它在临床诊断中的应用。毕竟，重复区域参与了癌症的发展，而新方法既便宜又快速。Müller 认为：“我们已经非常接近临床应用了。”（来源：生物通）

新研发的碳纳米管是制造下一代超音速飞机

隔热板的关键材料

佛罗里达州立大学高性能材料研究所的一组科学家正在使用先进的纳米材料来生产轻质的隔热板，该隔热板可以承受高超音速飞行带来的热量。新的实验防护罩基于称为“buckypaper”的碳纳米管薄片，可以制成非常薄且柔韧的表皮，可将其应用于超音速飞机机身以提供保护和支撑。

对于在大气中以高于声速五倍的速度运行的飞机和航天器，要避免严重损坏则必须配备隔热罩。当许多航空航天设计越来越依赖提供强度和轻便性但易受高温影响的碳复合材料时，尤其如此。

自 1950 年代以来，由酚醛塑料制成的隔热罩就已经存在，这些被称为烧蚀隔热罩，通过分层燃烧，带走多余的热量来保护返回的航天器。不幸的是，这些防护罩笨重，不灵活，并且在一次使用后必须更换。1970 年代，美国航天飞机使用了陶瓷隔热板，该隔热板吸收并重新辐射了热

量，以保护飞船。这些陶瓷层可以重复使用，但它们仍然庞大，坚硬且易碎。

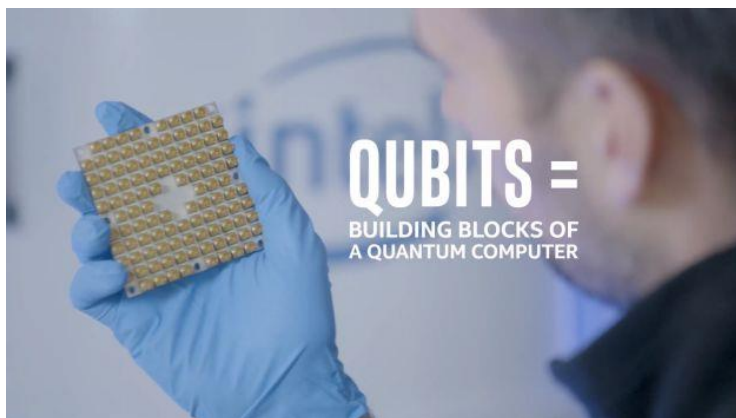
作为替代方案，佛罗里达州立研究小组正在研究布基纸，该布基是通过将碳纳米管（比人的头发细 50000 倍的管状碳分子）压成薄片制成的。当压缩成多层时，纸的重量比钢轻 10 倍，但强度却高 500 倍。

制作这种隔热罩需要将巴克纸浸泡在酚醛树脂中以形成轻巧的材料。它非常薄，但强度很高，可以帮助支撑飞机的结构。进行火焰测试时，巴基纸样品在保持最高强度和柔韧性的同时，在高达 1900°C (3450 °F) 的温度下可以顺利将热量从屏蔽层下方的基层散发出去。（来源：cnBeta.COM）

英特尔公布量子计算低温控制芯片，押注硅量子比特，与谷歌和 IBM 差异化竞争

英特尔实验室 12 月发布了代号为“Horse Ridge”的低温控制芯片，只有手掌大小，可以在 4 开尔文（零下 269 摄氏度）的温度下工作，适用于全栈量子计算系统的开发。

英特尔称，Horse Ridge 是在量子控制系统小型化的最新尝试，由荷兰代尔夫特理工大学和英特尔联合开发，使用自家的 22 纳米 FinFET 技术制造而成。它可以实现对多个量子比特的控制，为英特尔未来扩展到大规模系统铺垫了清晰的路线，提升了进一步设计、测试和优化商业化量子计算机的能力。



量子计算目前面临诸多挑战，其中一个超导量子比特仅在接近绝对零度的温度下才能真正工作。谷歌和 IBM 在研发量子计算时都需要一套体积庞大的控制和冷却系统，一些管子的尺寸比人还粗，还需要数百根电线连接到外部微波发射器上。

英特尔量子硬件主管 Jim Clarke 表示，“尽管人们非常重视量子比特本身，但同时控制多个量子比特的能力一直是业界挑战。英特尔意识到，量子控制是我们开发大规模商用量子计算系统亟需解决的难题之一。这就是为什么我们要投资量子误差校正和控制。有了 Horse Ridge，英特尔已经开发了一种可扩展的控制系统，它将大大加速我们对量子计算潜力的测试和实现。”

英特尔指出，自成立量子硬件部门以来，相比“量子优越性”，自己更看重“量子实用性”，一种确定“量子系统能否彻底改变游戏规则来解决实际问题”的基准，以追求实用量子系统的开发和商业化为主。

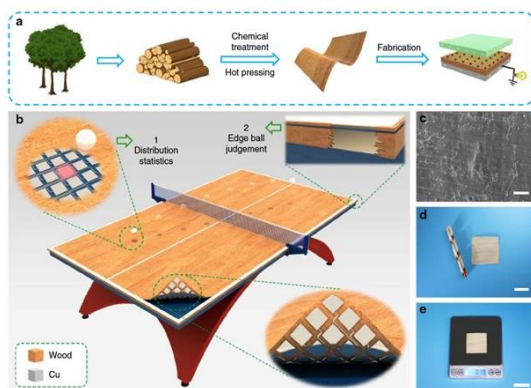
（来源：MIT 评论）

“智能”自驱动乒乓球台

《自然-通讯》发表了一篇论文报告了一款“智能”乒乓球台，其自带的检测系统由乒乓球撞击产生的能量驱动，可以测量球速、追踪球路、检测擦边球（判断球打在台面上还是侧面边缘）。该系统可提供实时数据，不仅有利于运动员训练，还能协助裁判做出决定。

目前为止，要获得运动相关的实时数据往往依赖于分布广泛的电池传感器。这些传感器寿命有限，更换率或充电成本高昂，废弃后还会造成环境问题。而摩擦纳米发电机可以直接将机械刺激转化为电信号，已被用作自驱动压力传感器。

美国佐治亚理工学院的王中林和同事开发了一种木基摩擦电传感器，并将其用于一款“智能”乒乓球台。乒乓球撞击产生的能量收集后可分别给一个免电池落点分布统计系统和一个擦边球判定系统供能。作者表明该系统可以采集乒乓球撞击位置、球速和球路追踪的数据，并显示实时统计。作者采用的分布策略还能让传感器分辨两类擦边球：擦侧边球和擦上边球。



作者认为，这项成果或能实现运动分析的更多可能，开拓木基电子器件与自驱动系统相结合的应用前景。（来源：科学网）

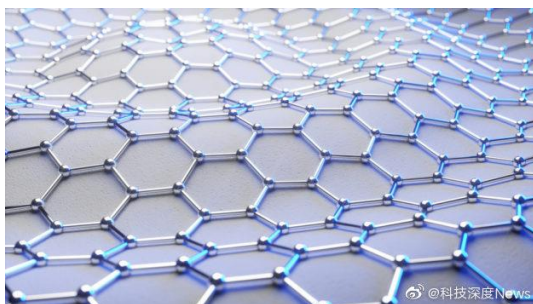
下一个石墨烯？科学家发现纯碳家族新成员，高反射且具磁性

石墨烯已为人们带来许多惊喜，但最近科学家在一次运用廉价原料的实验，意外制成一种新的碳同素异形体，这个新成员除了像钻石和石墨烯一样带有非凡的物理性能，更独特的，是它似乎带有纯碳家族首次见到的特殊性质：铁磁性。

11月初举办的 ISCAN 2019 研讨会，麻州大学洛厄尔分校物理学家 Joel Therrien 首次发表团队的发现。

这种新材料比不锈钢坚硬、具导电性、能和抛光铝比拟的反射性，最令人惊讶的似乎还具有铁磁性，在 125° C 温度下会表现得像永久磁铁，对纯碳家族来说，这还是首次见到。

电磁性为新材料带来一系列在纯碳未见过的性能，其中之一是极高的



硬度，在使用钢丝绒摩擦的测试中，表面并未受损，唯一能证实的是钻石会留下刮痕。而在抗拉强度，虽然团队还未实际测量，但从薄膜能以毫米大小的薄度保持在一起来看，Therrien 认为强度可能

和某些金属一样坚固。

接着是镜面的外观，从研究小组的测量结果来看，即使只有 50 纳米厚，薄膜也能反射 90% 以上的入射光，波长范围从远紫外线到中红外线，这种特性使它成为有用的反射涂层，比起常见的铝更适用于照相机和望远镜的镜面。

电导率仅略低于不锈钢，但这也可展现了新材料的其他电子属性。透过缓慢加热至 $1,000^{\circ}\text{C}$ 并退火处理，薄膜的光泽变暗，并转变为类似非晶硅的带隙半导体，使之成为太阳能电池的候选材料。

团队还没确定要如何称呼这种神秘材料，研究合著者 Puru Jena 称为“U-carbon”，意即不寻常的碳，Therrien 则以历史上曾用来描述坚硬无比之物的“adamant”为启发，称为“adamantia”。

由于 adamantia 具发展潜力，在 Therrien 于 ISCAN 2019 发表后，许多研究者也同时表达了兴奋与谨慎的态度。（来源：科技深度 News）

产业信息



导电纳米金刚石超级电容器可以存储更多能量

多年来，科学家们一直在研究新的能量存储方法。科学家一直在研究替代现代锂离子电池的超级电容器。如今，超级电容器的问题在于它

们无法存储某些用途所需的能量。来自日本的学家研发了一种新型超级电容器，该超级电容器使用导电纳米金刚石作为电极材料。

现代超级电容器的一大问题是能量密度低。日本团队已使用掺硼纳米金刚石作为电极。之所以选择该材料，是因为该团队知道掺硼钻石可以使高能量存储设备随时间保持稳定。

研究小组使用一种叫做微波等离子体辅助化学气相沉积的方法来制造这些电极，并通过测试来检验它们的性能。在含有硫酸水溶液电解质的碱性双电极系统中，电极产生的电压远高于传统电池，从而使超级电容器具有更高的能量和功率密度。

目前尚不清楚这种类型的超级电容器何时或是否会投入生产。（来源：cnBeta.COM）。

会展信息



国内外微/纳米会展信息汇萃

(2020 年 1 月)

时间	地点	会议名称
1/13-1/17	Chiang Rai, Thailand	International Nanotribology Forum
1/20-1/21	Barcelona, Spain	Materials Technology and Manufacturing Innovations
1/20-1/22	Tsukuba, Japan	Asia-Pacific International Conference on Perovskite, Organic Photovoltaics and Optoelectronics

上海市纳米科技与产业发展促进中心 地址：上海市徐汇区嘉川路 245 号 邮编：200237 电话：021- 64101616
上海科学技术情报研究所 地址：上海市永福路 265 号 邮编：200031 电话： 64455555-8427 传真：64377626
责任编辑：卞志昕 电子邮件：zxbian@libnet.sh.cn 樊丽 电子邮件：fanli@snpcc.org.cn