

# 纳米科技与产业发展

## 信息动态

第 11 期(总第 299 期)

2019 年 11 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

※※※※

## 上海硅酸盐所在铽镓石榴石基磁光陶瓷

### 研究方面取得系列进展

铽镓石榴石 ( $Tb_3Ga_5O_{12}$ , TGG) 在可见及近红外波段具有较高的 Verdet 常数、优异的光学性能、高的热导率和激光损伤阈值, 上述优点都使 TGG 成为了光隔离器用的重要磁光材料。TGG 单晶在制备过程中会产生氧化镓挥发而影响其晶体质量, 且难以获得大尺寸单晶。相较而言, TGG 陶瓷可以在较低的烧结

#### 本期导读

- ◆ 上海光机所在 PtS 表面态辅助载流子复合及其光学非线性特性研究方面取得重要进展 (见第 3 版)
- ◆ 纳米技术改善化疗传递, 增强抗癌疗效 (见第 7 版)
- ◆ 国内外微/纳米会展信息荟萃 (见第 13 版)

温度及多样化的烧结机制下实现透明化，能够有效避免晶体生长中的氧化镓挥发等诸多问题，从而获得高质量的磁光陶瓷。另外陶瓷还具有易于制备大尺寸材料、断裂韧性高、制备周期短等优势。因此，TGG 磁光陶瓷具有良好的应用前景。

近日，中国科学院上海硅酸盐研究所李江研究员带领的透明与光功能陶瓷研究课题组在钽镓石榴石基磁光陶瓷研究中取得进展。该团队以共沉淀法合成的 1.0at% Ce:TGG 纳米粉体为原料，再结合空气烧结及热等静压后处理 (HIP) 技术制备得到了性能优异的 Ce:TGG 陶瓷。该陶瓷在 1064 nm 处的直线透过率达到了 81.7%，且在 632.8 nm 处的 Verdet 常数达到  $-143.4 \text{ rad} \cdot \text{T}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ ，比商用 TGG 晶体提高了 5%。

目前国际上仅有日本神岛化学公司制备的 TGG 磁光陶瓷可以满足高功率激光器用光隔离器的应用要求，但制备细节尚不明确，亟待打破技术壁垒。近年来，李江研究员团队与江苏大学材料学院刘强教授合作开展了关于 TGG 磁光陶瓷的研究工作，并取得了系列研究成果。该团队自主合成了高质量的 TGG 纳米粉体，并通过优化合成工艺对粉体的组分、形貌和团聚状态等进行了调控 (Opt. Mater., 2019, 90: 26-32; J. Inorg. Mater., 2019, 34(7): 791-796)。优化后的 TGG 粉体为纯立方相，且具有良好的分散性和烧结活性，适用于后续 TGG 磁光陶瓷的烧结。考虑到氧化镓的挥发，该团队采用两步烧结法制备了具有优良光学质量和磁光性能的 TGG 透明陶瓷。该 TGG 陶瓷在 1064 nm 处的直线透过率达到了 80.3% (接近其理论透过率)，且表现出可与单晶 ( $-134 \text{ rad} \cdot \text{T}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ ) 相比拟的磁光性能，其在 632.8 nm 处的 Verdet 常数约为  $-136 \text{ rad} \cdot \text{T}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ 。相关研究成果发表于国际期刊 Optical Material 上 (Opt. Mater., 2019, 62: 205-21)，同时这是国内首次报道的以自主合成的 TGG 粉体为原料所制备的高性能 TGG 磁光陶瓷。

以上系列研究工作得到中国科学院前沿科学重点研究计划项目 (院青年拔尖人才项目)、国家自然科学基金项目、国家重点研发计划项目、

中国科学院上海硅酸盐研究所重点学科建设项目等资助。

## 上海光机所在 PtS 表面态辅助载流子复合 及其光学非线性特性研究方面取得重要进展

近期，上海光机所微纳光电子功能材料实验室王俊研究员团队在二维非层状半导体硫化亚铂 (PtS) 超快载流子动力学特性和光学非线性特性研究方面取得进展，揭示了 PtS 在光电子器件设计和应用方面的潜力。论文于 2019 年 10 月 29 日在线发表于 ACS Nano, DOI: 10.1021/acsnano.9b06782。

硫铂矿 (Cooperite) 或硫化亚铂 (PtS) 是一种具有非层状结构的稀有矿物。无论是天然形成的还是人工合成的 PtS，通常以小尺寸、不规则形状存在，存在不可避免的杂质，这阻碍了对其本征光学和光子学特性的研究。因此，目前在非线性光学和超快光子学领域，还缺乏 PtS 相关研究的报道。

在这项研究中，研究人员与爱尔兰都柏林圣三一大学 (Trinity College Dublin) 合作，采用热辅助转换方法成功制备了无杂质的大尺寸、均匀、厚度可控的 PtS 薄膜。与常规的二维层状材料不同，PtS 的光学带隙随薄膜厚度的减小而变窄，这主要归因于禁带内表面态能带的存在。

超快动力学研究发现载流子弛豫时间随 PtS 薄膜厚度的减小而减小 (激光条件: 520 nm, 380 fs)，这是由于表面态辅助内部载流子复合效应的存在，使得样品表面具有快弛豫寿命，而样品内部具有较慢的弛豫寿命。基于量子力学波函数模型来估算电子和空穴的占有概率，实验结果和计算结果的良好吻合表明表面态在俄歇过程中起主导作用。非线性光学特性研究发现 PtS 在可见光区表现为超快饱和吸收和自聚焦特性 (激光条件: 515 nm, 340 fs)，这主要是由共振电子非线性引起的。

这项工作详细研究了二维非层状 PtS 材料的本征非线性光学特性和超快载流子复合特性，对开发基于 PtS 的光电子器件提供了实验和理论指导。

相关工作得到了国家自然科学基金委、中国科学院、及上海市科委的项目支持。

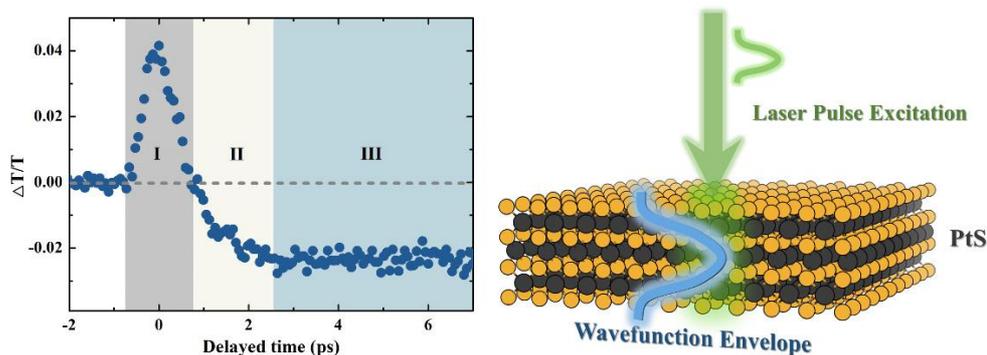


图 PtS 薄膜的超快载流子动力学过程

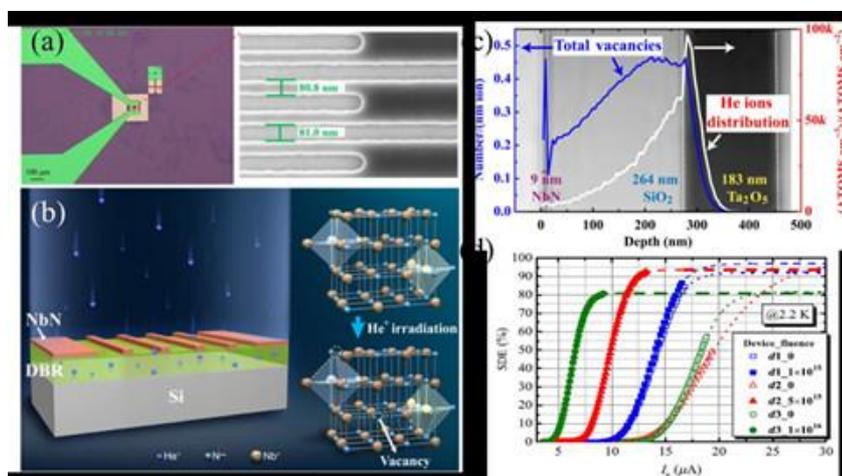
## 上海微系统所在超导纳米线单光子探测器的性能调控及机理研究方面取得重要进展

近日，中科院上海微系统所的尤立星团队与欧欣团队展开合作，将“万能离子刀”技术应用于超导纳米线单光子探测器 (SNSPD) 的性能调控和机理研究中。研究发现，使用氦离子 ( $\text{He}^+$ ) 辐照诱导的可控缺陷能够调控 SNSPD 的物理性能，进而实现对器件探测性能的增强。该技术还可以直接比较辐照引起的超导器件性能变化，有望成为研究超导器件物理的有力工具。相关研究成果于 2019 年 10 月 17 日 (北京时间) 在线发表在国际权威学术期刊 Phys. Rev. Applied 杂志上。

SNSPD 是 2001 年出现的一种新型的单光子探测器，凭借高探测效率、低暗计数、低时间抖动等性能指标，受到了国内外学术界的广泛关注，

在量子通信、量子计算、深空光通信、生物荧光成像等领域发挥着重要作用，有力的推动了量子信息技术和其他前沿科学的发展。

2017 年，尤立星研究员团队国际上首次报道了基于小型闭合循环制冷机，2.1 K 工作温度下，NbN-SNSPD 系统探测效率（1550 nm 工作波长）可以超过 90%【Science China Physics, Mechanics & Astronomy 60(12): 120314. (2017)】。但是，目前尚没有报道能直接调控并比较调控前/后 SNSPD 性能的方法。在本论文中，器件性能的调控机制在于，NbN 薄膜中，辐射诱导的空位缺陷会随着 He+辐照通量的增加而增加；进而使 NbN 的超导能隙、费米能级的电子态密度连续的降低；最终导致器件对光子的响应更加灵敏。在 1550 nm 光子波长， $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$  的 He+通量下，辐照后器件的 SDE 显著提高：在 2.2 K 工作温度下时，SDE 从 49% 提高到 92%；甚至在 2.5 K 时，SDE 仍然能超过 90% 以上，使得器件可以工作在更高温度的制冷系统中。在超过 1.5 年的观察期内，辐照后的器件展示出良好的长期稳定性，验证了该方法的实用可行性。



(a) SNSPD 器件局部放大光学照片、纳米线的扫描电镜照片；(b) 离子辐照 SNSPD 的原理示意图；(c) 氦离子、空位缺陷在器件截面内深度分布的模拟结果；(d) 不同辐照通量下，不同器件的辐照前/后的系统探测效率（SDE）vs 偏置电流（Ib）的对比结果

本研究结果表明，“万能离子刀”技术有助于推动 SNSPD 的研发。特别的，它在放宽器件的膜厚和线宽的加工精度要求，拓展长波光子的饱和和探测光谱，改善器件良率等方面具有重要的用途。而且，He<sup>+</sup>辐照还可以应用于其它超导器件的制造中，比如约瑟夫逊结等的制备中。

本文工作获得了国家重点研发计划项目“高性能单光子探测技术”、国家自然科学基金以及上海市科委等项目资助。

## 第十届中国纳博会主报告：聚焦纳米 前沿科技发展与应用趋势

CHI nano2019 第十届中国国际纳米技术产业博览会(下文简称“纳博会”)10月23日-25日在苏州举办。23日，作为大会最重要环节的纳博会主报告论坛邀请到四位重量级演讲嘉宾，共同聚焦研讨纳米科技发展、纳米技术创新等领域的最新科研成果和产业发展态势。

中国科学院院士、复旦大学校长许宁生分析中国纳米科技研究发展趋势指出，近年来，我国纳米技术应用多点开花，纳米科学和技术取得引人瞩目的发展速度，无论是科研产出总量还是影响力的科研产出，我国都是当今世界纳米研究的主要贡献者。但是，目前我国纳米技术领域原创性的研究相对偏少，纳米技术与产业化之间仍存在差距。纳米技术作为重要的使能技术，对其他学科和技术的发展具有重要促进作用，需要政府和产业界长期、持续和稳定支持。

2010年诺贝尔物理学奖得主、英国皇家学会院士、中国科学院外籍院士安德烈·海姆(Andre Geim)教授作题为《石墨烯、二维材料及其他》的主报告。他说，在人类的整个历史发展进程中，通过探索和开发利用具有宽度、长度和厚度特征的三维材料取得了不断的进步。就在十年前，一种全新的材料问世。它们只有一个原子或一个分子的厚度，被称为二维晶体，因为传统的关于厚度的概念在此材料中已无意义。这种材料也

可以看作是从标准大块晶体中提取出来的单个原子平面。在其应用方面，石墨烯是最为人们熟知的例子，当然还有其他很多种二维材料。全球成千上万的公司正在探索石墨烯的应用途径，虽然石墨烯可能不会那么快走进我们的日常生活，但也许会比我们想象的更快。

澳大利亚科学院院士、英国皇家学会院士、澳大利亚墨尔本大学教授 Frank Caruso 分析生物应用领域的超分子新材料指出，通过改变金属离子，即可使 MPN 材料(一种独特的金属有机材料)具备不同的功能，包括荧光性、MRI(磁共振成像)和催化能力，因此 MPN 材料在细胞内释放疗法方面颇有价值。组装过程的便捷性及其可扩展性，结合 MPN 材料性能的可调谐性，为功能性界面工程另辟蹊径，MPN 正成为在生物医药、环境和先进材料应用领域颇具价值的候选材料。

美国国家工程院院士、加拿大工程院院士、澳大利亚蒙纳士大学常务副校长 Marc Parlange 从人工智能和数据科学、更好的治理和政策、健康科学以及可持续发展四个重点领域，就蒙纳士大学如何调动院校的科研积极性进行探讨。

据悉，经过 10 年培育发展，中国国际纳米技术产业博览会已成为中国规模最大、影响力最广的纳米技术产业交流盛会，得到了世界纳米强国的广泛认可和积极参与，吸引了来自世界各地的顶级科学家和业界翘楚。(来源：中国金融信息网)

## 海外传真

☆☆☆☆

## 纳米技术改善化疗传递，增强抗癌疗效

密歇根州立大学(Michigan State University)的科学家发明了一种监测化疗药物浓度的新方法，这种方法能更有效地将患者的治疗控制在关键的治疗窗口之内。

随着医学研究日益进展，对癌症患者进行化疗仍有很多问题。过高的剂量会导致健康组织和细胞死亡，引发更多副作用甚至死亡；过低的剂量可能会使癌细胞昏迷，而不是杀死它们，使它们在许多情况下变得更强、更致命。

生物医学工程副教授 Bryan Smith 创建了一个基于磁粒子成像(MPI)的方法，该方法使用超顺磁性纳米颗粒作为造影剂和唯一的信号源，以监测体内药物在肿瘤部位的释放。

Smith 说："这是一种非侵入性的方法，可以让医生立即看到药物在体内的分布情况。有了 MPI，未来的医生可以看到有多少药物直接进入肿瘤，然后动态调整给药量；相反，如果毒性是一个问题，它可以提供肝脏，脾脏或肾脏的图像，并尽量减少副作用。这样，他们就可以精确地确保每个病人都能留在治疗窗口内。"

Smith 的团队，包括来自斯坦福大学的科学家，使用小鼠模型将超顺磁性纳米颗粒系统与阿霉素配对，阿霉素是一种常用的化疗药物。发表在最新一期



《Nano Letter》杂志上的研究结果表明，纳米复合材料既可以作为药物传递系统，也可以作为 MPI 示踪剂。

MPI 是一种新型的成像技术，它比传统的磁共振成像(MRI)要快，并且具有近乎无限的对比度。当与纳米复合材料结合时，它可以揭示在体内深处的肿瘤内的药物递送率。

随着纳米复合材料的降解，它开始在肿瘤中释放阿霉素。同时，氧化铁纳米团簇开始分解，这触发了 MPI 信号的变化。Smith 说，这将使医生更精确地看到在任何深度有多少药物到达肿瘤。

他说："我们发现，MPI 信号的变化与阿霉素的释放呈线性相关，准确率接近 100%。这一关键概念使我们的 MPI 创新能够监测药物释放。我们使用生物相容性聚合物涂层氧化铁纳米复合材料的转化策略将在未来的临床应用中很有前景。"

Smith 已经为他的创新方法申请了临时专利。此外，Smith 团队制造的纳米复合材料的单个成分已经获得了 FDA 的批准，可以用于人类医学。这将有助于加快 FDA 批准新的监测方法。

他说，随着研究进展到临床试验阶段(可能在七年内开始)，Smith 的团队将开始测试多色 MPI，以进一步增强研究过程的定量能力，以及阿霉素以外的药物。（来源：生物谷 Bioon.com）

## **科学家从纳米尺度观察到人体植入镁合金降解速率**

瑞士苏黎世联邦理工学院研究人员首次在纳米尺度上观察到生物医学应用的镁合金的腐蚀。这为更好预测人体植入物的降解，开发量身定制的植入物材料迈出重要一步。研究结果已发表在《高级材料》杂志上。

镁及其合金正越来越多地用于医学，它可以作为骨外科手术中的植入物材料，例如螺钉或钢板等；也可以作为支架材料，用以扩张在心血管外科中狭窄的冠状血管。

与不锈钢、钛或聚合物制成的常规植入物相比，轻金属具有生物可吸收的优势，因此不需要第二次手术就可以从患者体内取出植入物。镁还促进骨骼生长，从而有利于骨折愈合。

但是纯金属镁太软，因此不适合此类手术应用。为了获得必要的强度，必须添加合金元素，通常是稀土元素钆和钆。由于这些物质对人体而言是异物，因此它们可能会在拆除植入物时在人体内积聚，其后果尚难预料。对于儿童来说，这种植入物更是不适宜。

来自苏黎世联邦理工学院金属物理与技术实验室的约尔格·洛夫勒教授开发了一种新的合金家族，除了镁以外，还含有低于1%的锌和钙元素。这些元素与镁一样，具有生物相容性，可以被人体吸收。

根据制造工艺的不同，在新开发的合金中会形成由三种合金元素形成的沉淀。这些沉淀物的大小各不相同，通常只有几十纳米。但对于增强植入物材料良好机械性能必不可少，并且可能会影响材料的腐蚀速度。

然而，这些生物相容性镁合金的广泛外科手术应用仍面临障碍，主要是对在所谓生理条件下体内金属降解机理了解甚少。因此，无法获得这种植入物在体内保留多长时间的可靠预测。

洛夫勒教授及其同事借助分析透射电子显微镜（TEM），能够在几秒到几小时的模拟生理条件下，以前所未有的纳米分辨率详细观察镁合金的结构和化学变化。使用这项现代技术证明了以前无法获得的脱合金机制，该机制可确定镁基质中沉淀物的降解。

研究人员能够近乎实时地观察到钙和镁离子在与模拟体液接触时如何从排泄物中逸出，而锌离子仍然保留并积累。结果排泄物的化学组成连续变化，这也证明了它们的电化学活性在沉淀物中动态变化的事实，即加速了植入物材料的降解。

该研究主要作者，洛夫勒教授的博士生玛蒂娜·希霍娃称，“这种认识扭转了先前的教条。迄今为止都假设镁合金中析出相的化学成分在腐蚀过程中保持不变，这种假设导致大多数关于人体植入物持续时间的预测是错误的。”

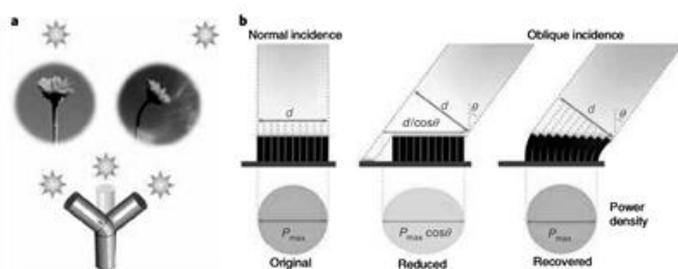
由于有了新的发现，现在可以设计镁合金，从而可以更好地预测它们在体内的降解行为，并对其进行更精确的控制。这对儿童植入手术尤其必要，因为儿童体内的镁植入物降解速度比成人快得多。另外，支架用镁合金的降解速率明显慢于骨板或螺钉的降解速率。希霍娃表示：“凭借对详细腐蚀行为的了解，我们已经朝着为不同患者和医疗应用量身定制合金的目标迈出了关键一步。”（来源：科技日报）

## 人工“向日葵”材料问世

据英国《自然·纳米技术》杂志近日发表的论文，美国科学家报告了一种新问世的“向日葵”材料，可以完美地和光束方向保持一致。该材料呈圆柱体形状，具有“人工向光性”，能够随着光束而动——就像向日葵随太阳转动一样。

向光性在自然界非常普遍，指的是生物体为了觅食或繁衍的目的，随光源而动。譬如植物的向光性可以使植物获得更多的光照，进而提高光合作用，维持植物更好地生长。

但是向光性产生的确切机理仍在研究之中，而且，这一在植物中十分常见的特性却不容易模拟。长期以来，“人工向光性”一直难以实现，因为要在材料成分和特性之间达成适当的平衡，非常有难度。



此次，美国加州大学洛杉矶分校研究人员贺曦敏和同事，将一种可以有效吸收光并将光转化为热的光敏纳米材料与一种受热时会收缩的热敏聚合物结合起来，将其做成小型圆柱体形状。使用光进行照射时，圆柱体吸收光，温度升高，但是只有面向光源的一面如此。随着材料向光一面的收缩，圆柱体朝光束弯曲。一旦圆柱体顶端与光束对齐，此时处于光影中的柱体下部开始冷却、膨胀并停止运动。这些圆柱体可以持续随着光束转动，转向幅度非常广。

研究人员认为，这项研究或可用于提高光捕获材料的效率，因为最新研发的这种圆柱体材料会自动弯曲，使其顶端受到最大量的光照。（来源：科技日报）

## 产业信息



# 美国科学家研发廉价催化剂 可大规模分解水制氢

美国能源部 SLAC 国家加速器实验室 (Department of Energy 's SLAC National Accelerator Laboratory) 和斯坦福大学 (Stanford University) 的研究人员首次证明, 有一种廉价的催化剂可以在商业设备的恶劣环境中, 连续数小时分解水, 并产生氢气。

该电解技术基于质子交换膜 (PEM), 具备利用可再生能源大规模生产氢气的潜力。由于用于提升化学反应效率的铂和铱等金属催化剂成本太高, 在一定程度上限制了氢气的大规模生产。

多年来, 人们一直致力于为 PEM 水电解制氢系统研发贵金属催化剂的替代品。而且很多替代品被证明可以在实验室环境中工作。不过, 据说此次研究人员研发的催化剂是首次商业电解槽中展示出高性能。该设备由位于康涅狄格州的 PEM 电解研究基地和工厂生产, 为全球最古老、最大的电解设备制造商 Nel Hydrogen 所用。

电解的工作原理与电池的反向作用很像, 即不是产生电, 而是利用电流将水分解成氢气和氧气。采用不同的贵金属催化剂, 可以在不同电解质上发生产生氢气和氧气的反应。在此原理下, SLAC 和斯坦福大学科学家制造了一种由沉积在碳上的磷化钴纳米颗粒组成的催化剂, 该催化剂是一种黑色粉末。然后 Nel Hydrogen 小组利用该催化剂替代了产氢那侧电解质上的铂催化剂。与其他催化剂一样, 此种催化剂可以将其他化学物质聚集在一起, 并促进它们发生反应。

该磷化钴催化剂在整个测试过程中 (超过 1700 小时) 都表现得非常好, 表明其可以用于日常化学反应, 即能够在温度、压力和电流密度升高的极酸性条件下, 长时间地工作。

该项研究的一个最重要目标就是实现该磷化钴催化剂的量产，同时保证其品质如一，即从实验合成的起始材料、用研钵和研杵磨制、让其进入烘烤炉烤制、最后将精细的黑色粉末变成一滴墨水，喷到多孔碳纸上，这整个过程都需要保证其质量稳定。最终获得的大尺寸电极会被装入电解槽中进行制氢试验。



虽然铂催化剂只占 PEM 水电解制氢总成本的 8%，但是贵金属市场的波动非常剧烈，可能会阻碍该技术的发展。而随着 PEM 水电解制氢技术不断改进，以满足燃料电池和其他应用对氢气日益增长的需求，降低和稳定其成本将变得越来越重要。（来源：OFweek 新材料网）。

## 会展信息



### 国内外微/纳米会展信息汇萃

(2019 年 12 月)

时间	地点	会议名称
12/2-12/4	Kuala Lumpur, Malaysia	Global Nanotechnology Congress and Expo (Nanotechnology-2019)
12/9-12/10	Bangkok, Thailand	World Congress on Nano Science and Nano Technology
12/15-12/17	Abu Dhabi, UAE	International Conference of Surfaces, Coatings and Nanostructured Materials (NANOSMAT)
12/16-12/17	Dubai, UAE	Congress on Smart Materials and Polymer Technology

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 石海峰 电子邮件：shihafeng@snpc.rog.cn