

纳米科技与产业发展 信息动态

第 12 期(总第 260 期)

2016 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

※※※※

上海应物所在纳米马达研究方面取得进展

近期，中国科学院上海应用物理研究所物理生物研究室樊春海、李迪团队的研究人员发现了一种新的等离子体纳米马达驱动方式。相关工作“Catalysis-driven Self-Thermophoresis of Janus Plasmonic Nanomotors”在线发表于《德国应用化学》(Angew.Chem. Int. Ed. DOI:10.1002/anie.201609121)。

自驱动生物马达广泛存在于生物体

本期导读

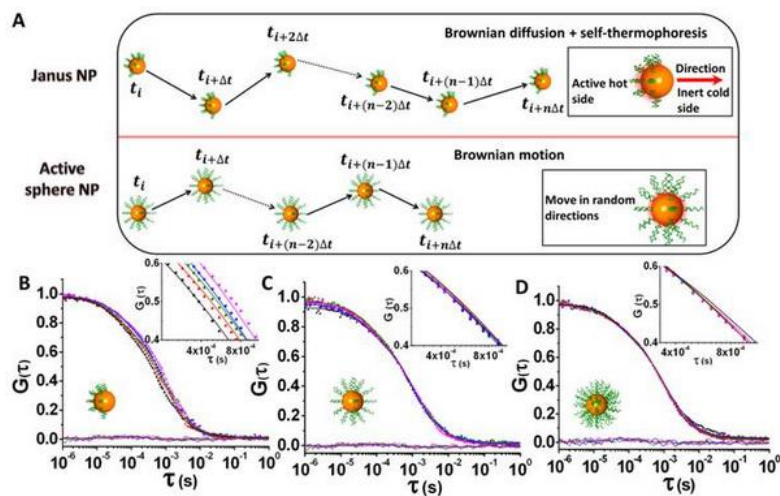
- ◆ 大统一模型揭示配体金纳米团簇生长机制（见第 3 版）
- ◆ 上海光源软 X 射线组在纳米气泡研究方面取得进展（见第 4 版）
- ◆ 德国推出第三期纳米材料行动计划（见第 9 版）
- ◆ 欧盟研制新概念智能玻璃窗（见第 13 版）

中，利用自驱动克服布朗运动的阻力，进而高效地行使特定的生物学功能。受生物马达的启发，自驱动人工纳米马达的设计一直备受研究者关注。自驱动纳米马达能够对特定的刺激信号产生响应，并以可控的速率和方向运动，有可能用于生物流体中的药物输运与靶向。

在李迪研究员指导下，博士研究生秦为为和彭天欢在本工作中构建了一种新型“两面神”(Janus)等离子体纳米马达，该纳米马达具有优异的催化及局域等离子体光学性质。上海交通大学任吉存教授课题组搭建的共振光散射相关光谱(RLSCS)为研究催化反应条件下纳米马达的扩散行为提供了有力手段。研究表明，纳米马达催化 $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$ 和 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 之间的氧化还原反应放出的热量，可以在纳米粒子的催化面与水溶液界面上产生不对称的温度梯度，引起纳米马达的自热泳，从而驱动马达运动。

作者系统研究这种自热泳纳米马达的运动方向、驱动力与化学反应热之间的关系。从描述布朗颗粒运动的郎之万方程出发，建立纳米马达扩散运动的随机模型，推导出纳米马达扩散系数与化学反应速度之间的关系。

这种化学反应热驱动的纳米马达，可以把底物的化学能转化为马达运动的机械能，而且能够通过调节底物浓度以及催化剂的性质实现对马达运动速率的精确控制，因而在智能纳米机器人等研制方面具有很好的应用前景。



大统一模型揭示配体金纳米团簇生长机制

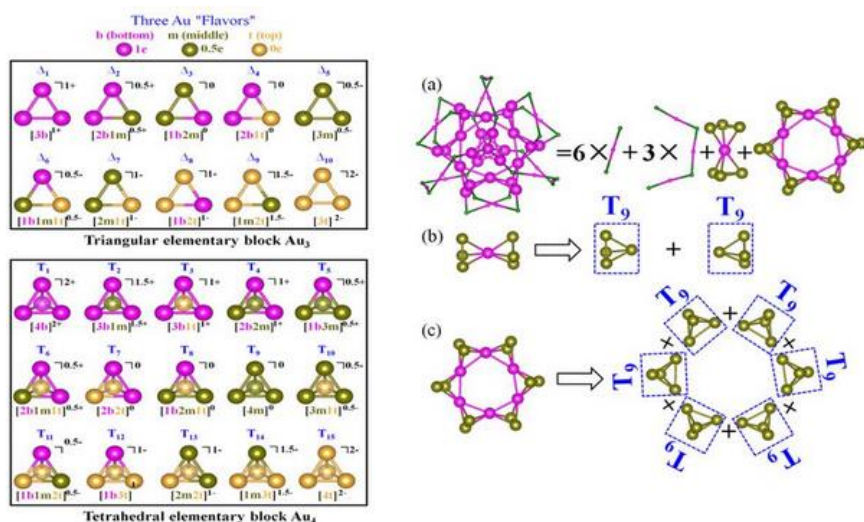
近日，中国科学院上海应用物理研究所水科学与技术研究室高焱研究员课题组与美国内布拉斯加大学林肯分校的曾晓成教授合作，提出了一个用于解释配体金纳米团簇的结构稳定性及其生长机制的普适模型 GUM(Grand Unified Model)。相关研究成果发表在《自然-通讯》杂志上。(A grand unified model for liganded gold clusters, Nat. Commun. 7, 13574 doi: 10.1038/ncomms13574 (2016))。

众所周知，“八电子规则”是现代化学的理论基础，是理解和解释主族元素分子结构稳定性和物化性质的基石。随后发展的“十八电子规则”和“Wade 规则”在 20 世纪也取得巨大成功，成为理解过渡金属分子和小尺寸团簇的基本化学理论。但随着近 20 年来纳米技术的巨大进展，传统化学理论是否在纳米尺度仍然适用引起人们广泛关注。特别对于金属纳米团簇，迄今人们普遍认为其是由一个一个金属原子随机生长而来，并不存在一个普适的化学规则。

长期以来，配体金纳米团簇因其独特的结构和物理化学性质以及在催化、纳米技术及生物医学等领域广泛的应用前景得到了广泛关注。近 10 年来，随着一系列大尺寸的配体金纳米团簇被成功结晶，人们试图提出理论模型解释其结构稳定性，但并未获得普遍成功。上海应物所的许文武博士、朱倍恩博士在高焱研究员指导下，与美国内布拉斯加大学林肯分校和中国科技大学的曾晓成教授合作，建立了一个普适模型，实现了对迄今为止报道的所有 71 个配体金纳米团簇的基本理解。该模型认为每个金原子有三个不同的电子价态，三个或者四个金原子可以满足 2 电子的满壳层电子态，从而构成基本的结构单元(三角形 Au_3 和四面体 Au_4)。当这些基本单元堆积在一起时，就形成了结构各异的稳定的金纳米团簇。该模型的建立，有力的证明了金纳米团簇的结构和生长遵循着基本的化学规律，从而为进一步理解金以外的金属纳米团簇打开了新的

思路。由于这个模型非常类似于粒子物理中的基本粒子模型(即夸克有不同的“味”，三个夸克构成质子和中子，并进一步构成原子核和原子)，所以被称为“大统一模型”(Grand Unified Model)。研究人员利用该模型预测了一系列高度稳定的金团簇，从而为实现基于化学规则的纳米金团簇可控合成提供了基础。

该项研究工作得到了中国科学院、上海应物所、国家自然科学基金委、上海市科委、中组部、中国科技大学以及深圳超算中心、国家超级计算天津中心和上海超算中心以及 NSFC-广东联合基金(第二期)超级计算科学应用研究专项的共同资助和支持。



上海光源软 X 射线组在纳米气泡研究方面取得进展

上海光源软 X 射线组 in-house 研究团队发现了不同亲疏水性的纳米周期性结构对纳米气泡的生长位置和界面性质具有较好的调控作用，理论模拟结果和实验能够很好的吻合，并对实验结果进行了深入的解释。该工作发表于《英国皇家化学会杂志》(Lei Wang et., Formation of Surface Nanobubbles on Nanostructured Substrates, Nanoscale, 2016, doiDOI: 10.1039/C6NR06844H)。

固体界面性质对纳米尺度下气体在固液界面上的聚集行为有着重要的影响，已成为表面化学、胶体化学、流体动力学、环境和生命科学等多个领域的研究热点。近二十年来，关于固液界面纳米气泡为什么能够稳定存在和与宏观尺度下相比较大的界面接触角是当前研究的热点和急需解决的关键问题。其中，不同结构和性质的基底是影响纳米气泡在固液界面吸附以及稳定性的关键因素之一。

基于以上原因，上海光源软 X 射线组联合培养研究生王磊在张立娟副研究员的指导下，通过和物理与生物学实验室胡钧课题组和上海光源 XIL 线站科研人员密切协作，制备了系列不同周期、不同疏水性质的纳米结构，利用原子力显微镜（AFM）以及分子动力学模拟对纳米周期性结构对界面纳米气泡生成和稳定的影响进行了详细研究。实验发现对于较疏水的结构，纳米气泡主要在疏水的结构上生成，气泡大小受限于疏水结构的尺寸，纳米气泡接触角随结构尺寸变小而变小。而对于疏水性差的纳米结构，纳米气泡虽然也在疏水表面上生长，但大小和位置不能严格受限于结构尺寸。这些发现必将有助于对纳米气泡稳定机制的深入理解，将为探索纳米气泡在微流器件方面的实际应用提供实验基础。

该研究工作得到了上海光源软 X 射线线站（BL08U1）、上海应物所物理与生物研究室、国家自然科学基金委、上海超算中心的大力支持。

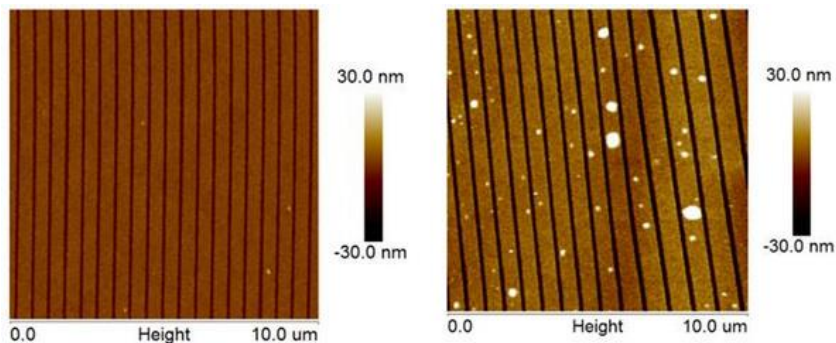


图 1：一维结构：沟槽结构上生长纳米气泡前（左图）后（右图）的 AFM 图像。结构周期为 500 nm，线条 400nm。

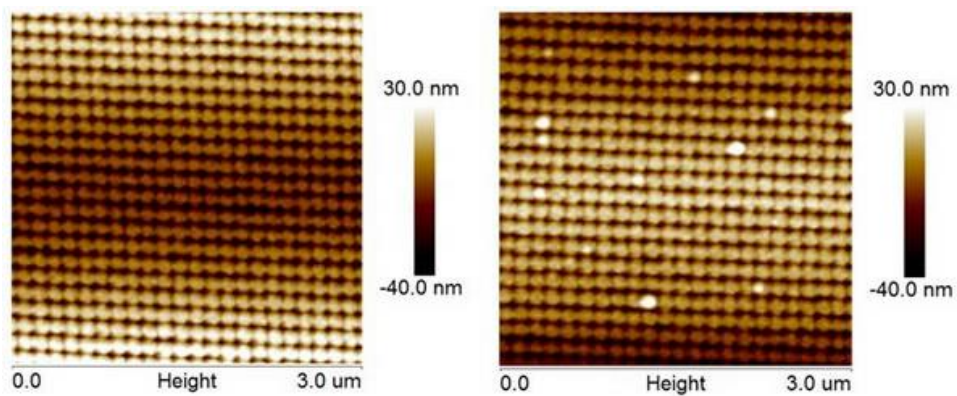


图 2：二维点阵结构：生长纳米气泡前（左图）后（右图）的 AFM 图像。结构周期为 138nm，孔的直径为 70nm。

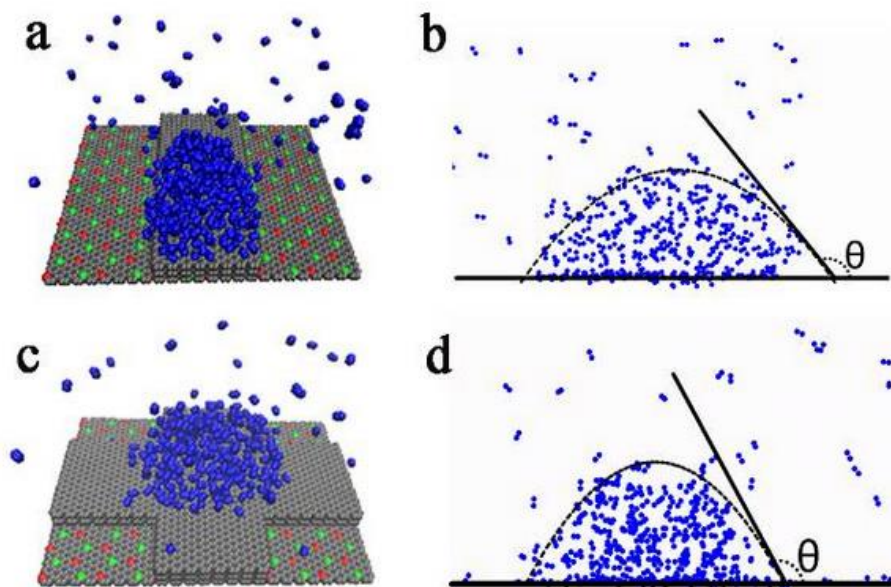


图 3：理论模拟结果海外传真

☆☆☆☆

美开发出纳米发电机 未来可穿戴设备靠人体供电

美国密歇根大学研究人员开发出的纳米发电机由硅晶片和分层的非污染性物质组合而成。这些非污染性物质包括银、聚酰亚胺和聚丙烯铁电驻极体等。

在加入特定离子后，纳米发电机的每一层都包含充电粒子。通过这种方式，当人体运动或机械能触碰或按压纳米发电机时，就会产生电能。值得一提的是，当纳米发电机折叠时，其效能会指数级增长。

美国密歇根大学提供的视频画面显示，在没有电池驱动的情况下，该校研究人员通过这个低成本的小设备，用触摸屏幕或按压的动作，成功操作了一个 LCD 触摸屏，一组 20 个 LED 小灯泡以及一个柔性键盘。

纳米发电机薄如纸张，在应用到不同设备时会有不同尺寸。比如，为触摸屏供电的设备约手指粗细，而用于给 LED 灯泡发电的设备约手掌大小。

研究人员认为，由于具有轻便、柔性、成本低、生物相容性等特点，纳米发电机的应用前景广泛。

在纳米尺度“铺地砖”，制造纳米器件的全新方法

研究人员首次模拟出粒子可以自发地自组装成叫做“阿基米德铺砌”（Archimedean tilings）的几何网格。实现这种结构的关键是称为“最小主动设计”（minimal positive design）的策略，需要考虑粒子的几何结构和化学选择性。该方法具有分子自组装方面的应用价值，未来或许可以应用于多种纳米技术。论文作者 Stephen Whitlam 来自美国劳伦斯伯克利国家实验室，论文发表在最近的《物理评论快报》上。

此前，研究人员已经成功地让粒子自组装成柏拉图镶嵌（Platonic tilings），这是由单一形状（如正方形、三角形或六边形）的构成的周期

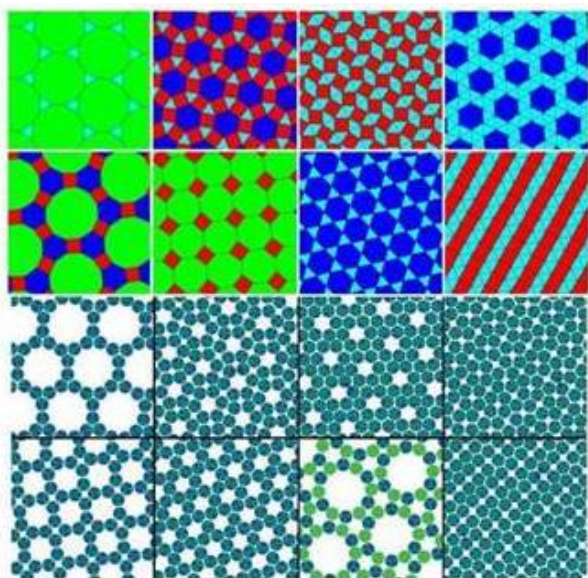
性排列。为此，研究人员使用一种称为“正设计”（positivedesign）的策略，基于粒子的几何形状来实现所需的结构。当把粒子放在一起并将其冷却时，由于化学、物理和热力学上的相互作用，它们会自发地自组装成柏拉图镶嵌。

实现柏拉图镶嵌的下一个最简单的目标就是让粒子自组装成为阿基米德铺砌，但这要困难得多。阿基米德铺砌由两个或三个不同的形状组成，并且只有一种类型的顶点（它们的交点看起来相同，具有相同的角度）。阿基米德铺砌具有八种类型，新的设计策略可以实现所有这些构造。

这个方法的新颖之处在于“最小”，与化学选择性有关。Whitelam发现，在期望结构中，如果确定所有的粒子间相互作用，然后选择只有某种只参与某些特定相互作用的粒子，然后经过简单的冷却方法，粒子就能自组装成想要的结构。该策略的“积极”方面是它通过促进期望的结构来实现目的，并且不需要抑制其他不需要的结构。

其他研究人员已经通过模拟证明，仅仅具有正确的几何不一定能自组装成想要的结构。而Whitelam的工作证实了这一事实，并且证明化学选择性（chemical selectivity）对实现期望的结构至关重要，即粒子只通过特定的相互作用结合，从而避免产生错误的结构。

“这个结果的一个方面已经广为人知：使用DNA纳米技术的研究人员通常使用DNA介导的化学特异性相互作用，可以制造出比阿基米德铺砌更复杂的结构，”



Whitelam 说。“令我惊讶的是，即使对于阿基米德铺砌（最简单的半正镶嵌之一），你也需要这个方法，并且这就是所需要的全部。也就是说，化学特异性是必要且充分的。我想强调这一事实的原因是，阿基米德铺砌与化学特异性的联系看起来并不明显。”

“我的目标以这项作为基础上，与研究 DNA 相关的科学家进行纳米科学相关的研究，”他说。“我们希望研究如何用这些分子制造出新的纳米结构。”

德国推出第三期纳米材料行动计划

德国即将启动的第三期纳米科技行动计划，规划了安全且对环境友善的纳米材料生产策略。德国政府也希望借由新的计划，协助中小企业从事纳米技术的研究、行销与国际网路的建立。

根据 Chemical Watch 报导，提出计划的德国联邦教育及研究部 (BMBF) 表示，未来与纳米材料有关的项目将聚焦在立法与完全议题上。而德国将确保欧盟执行委员能依据纳米材料的风险研究结果，持续增补 REACH 化学品法规，保障人体与环境不受到侵害。

欧盟执行委员于 2016 年 3 月宣布将透过“纳米观察站” (nano observatory) 公共网站的设立，收集既有的纳米材料的资讯，借此提升资讯透明度。德国对此表示赞成。

但欧洲化学总署 (ECHA) 管理委员会也表示，若欧盟执行委员无法为 REACH 尽快提出纳米材料相关的具体要求，那么纳米观察站可提供的新资讯将寥寥可数。为提升德国厂商的竞争力，德国政府正尝试透过各项研究项目，提供最佳的潜在风险评估以及风险管理能力。

德国政府已与经济合作暨发展组织 (OECD) 等团体展开合作，并将透过与其他欧洲组织联手，协助国内纳米科技专家参与欧盟的 Horizon 2020

研究计划，如此才可在国家级的研究规模外，也能透过欧洲与国际资源处理更多议题。

含有纳米材料的废弃物，不论是在化学物的制造过程，或是在使用阶段中产生，都需要特殊的回收处理程序。现行处理方式对人体与环境的潜在危害，长久以来被忽视。BMBF 表示即将推出的纳米科技行动计划，将提供经费投入回收技术的研究。

这项纳米材料行动计划将动用 1.9 亿欧元的经费从事跨领域研究，其中也包含对中小企业与新创公司的补助。计划将中小企业补助视为优先项目之一，并希望能透过研究与创新资金工具打造出创新链，加速科学知识前进应用领域的速度，以安全的方式将创新的纳米产品成功行销到市场。

纳米材料行动计划近期将针对中小企业推出的一个创新项目，以推动德国与以色列间的技术交流为目标。

微观世界的水 100 摄氏度时会结冰

麻省理工学院的科学家发现，在通常 100 摄氏度沸点条件下，碳纳米管中的水却变成结冰状态。更确切地说，105 摄氏度甚至 151 摄氏度时，水在碳纳米管中不仅不沸腾，反而变成冰的状态——凝固不动。



科学家意识到，日常熟知的物质性质在微观下会发生意想不到的变化。化学教授麦克·斯特诺（Michael Strano）说：“如果把液体放入纳米大小的容器中，会改变它的相位变化特征。”因此水在纳米水平的碳导管中，那些水可能因为单位空间的水分子数量明显减少而出现与宏观所见截然不同的特点——100 摄氏度时并不沸腾而是结冰。

报导说，科学家未预料到水在纳米水平的微观性质会发生如此神奇的变化。斯特诺教授说：“这种变化结果远远超出我们的预想。”

他补充道，水在碳纳米管内的状态不是通常的“冰”状态，而是类似冰的晶体状态。他说：“它不是真正的冰，而是像冰那样的状态。”

斯特诺教授还表示，另一个令人惊讶的结果是与先前预料的“碳会排斥水分子进入”正相反，水分子非常顺利地进入纳米碳管之中，其原因目前不明。

挤压铂催化剂缩小 0.01 纳米性能提高 90%

斯坦福大学科研团队通过将铂催化剂与一种超薄材料键合，挤压铂催化剂缩小 0.01 纳米，使其催化性能提高了 90%。这种能从原子水平调控金属催化剂性能的新方法可广泛运用于清洁能源领域，提高燃料电池的效率。相关论文发表在 11 月 25 日美国《科学》杂志上。

金属催化剂可加速化学反应并减少能量消耗，其催化性与其内部电子结构直接相关。论催化剂的电子结构需要与催化反应中的分子匹配，新方法可压缩或伸拉原子，对电子结构进行调整。研究人员选择钴酸锂材料为研究对象。他们将几层钴酸锂堆积在一起形成电池样电极，通过充电让锂离子离开电极，电极会膨胀 0.01 纳米，当放电让锂离子重新回来时，电极又会收缩到原来的尺寸。在随后的实验中，他们向钴酸锂电极加入数层铂催化剂，由于金属铂能够与钴酸锂边缘通过化学键结合，催化剂因而能在充放电过程中随着电极同步伸展或收缩 0.01 纳米。

0.01 纳米听起来很小，却能大幅提高催化性能。研究发现，压缩让铂催化活性更强，在氧气还原中的性能提高了 90%，有望大幅提升氢燃料电池的效率。

IBM 公开碳纳米管芯片技术

IBM 公开了碳纳米管生产技术，利用这项技术可以制造出有史以来性能最强大的微型晶片，为微芯片皮下注射技术和可折叠电脑奠定了基础。

理论上，IBM 分子微芯片的运算速度在下个十年中会比硅芯片快 6-10 倍，而碳纳米管微芯片技术却可以使计算机运算速度达到硅芯片的一千倍以上。因此，碳纳米管芯片不仅可以大大提高电话和笔记本电脑性能，而且还非常省电。纳米管芯片的功能不止在于提高电脑和电话性能上，还可以用来生产治疗癌症的纳米机器人，用这种技术生产出来的纳米机器人具有史无前例的精密性。

纳米管最大的问题在于如何缩小其尺寸，而 IBM 科研团队找到了解决这个问题绝佳的解决方法。他们运用一种化学方法把每个纳米管塑造成了合适的形状和结构，让这些纳米管自动结合，从而改善了“从上到下垒砖块儿”式的传统做法。纳米技术自 20 世纪 90 年代兴起以来成功解决了不少棘手的技术问题。去年，IBM 将纪录数量的碳纳米晶体管植入到小型载体上，使微型晶片的导电量大大提升。

不过，IBM 这项技术要运用到商业规模化生产中还有待时日，或许纳米超高速处理器运用到智能手机市场中还要再等十年。

产业信息



欧盟研制新概念智能玻璃窗

建筑行业占到欧盟总能源消费结构的近 40%，尽管现代建筑普遍采用双层或三层玻璃窗，玻璃层之间充满空气甚至真空，或采用电致变色玻璃节能技术，但玻璃材料总体上隔热性相对较低，仍然是节能建筑的最薄弱环节。欧盟第七研发框架计划为此提供 390 万欧元资助，总研发投入 510 万欧元，由欧盟 7 个成员国列支敦士登（总协调）、法国、德国、奥地利、捷克、塞浦路斯和瑞士，组成欧洲跨学科 FLUIDGLASS 研发团队，从 2013 年 9 月开始，寻求全新的智能玻璃窗解决方案。

研发团队采用目前欧洲市场上流行的标准三层玻璃窗格作为研究基础，利用含有暗色纳米颗粒物的水基液体替代玻璃层之间的空气或真空。通过全自动智能调节液体中的纳米颗粒物数量，使外玻璃层液体最大化吸收阳光热量和遮挡强烈阳光。液体中纳米颗粒物的数量愈多，吸收的热量愈多和遮挡阳光的效果愈好。内玻璃层液体根据室内室外气候环境条件，自动加热或制冷液体以保持室内温度舒适度。整个玻璃窗的主要功能为最大化增加玻璃窗格的隔热性。中间环节分别由管道、储能装置、热交换机和热泵全自动智能相联。

目前，研发团队研制的新概念智能玻璃窗已进入中试示范结构优化阶段，初步结果显示出巨大的商业潜力，可在原有基础上至少降低 30% 的建筑能源消耗。研发采用市场上现有的标准组件，因而不会增加太多的额外成本，玻璃窗外观也无任何改变。此外，塞浦路斯的夏天和列支敦士登的冬天代表着欧洲的两个极端气候，新概念智能玻璃窗将确保适应任何气候环境条件。

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 陈晨 电子邮件：chenchen@snpcc.org.cn