

纳米科技与产业发展

信息动态

第 10 期(总第 273 期)

2017 年 10 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

※※※※

上海交大纳米体系高性能光电材料研究获重要进展

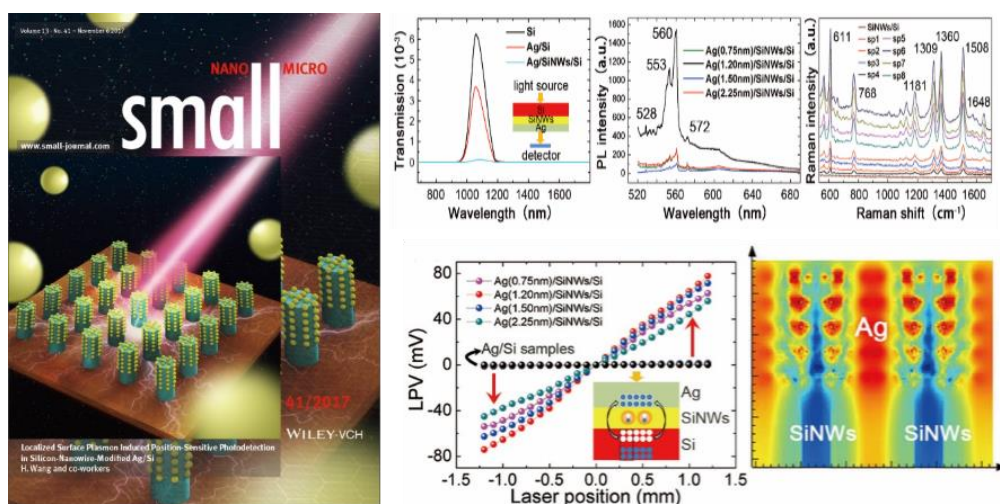
近日，德国 Small 【Small 13, 1701726 (1-8), IF:8.643】以封面论文(back cover)形式报道了上海交通大学物理与天文学院光科学与工程研究中心王辉教授课题组提出的硅纳米线修饰的纳米银颗粒/硅结构中局域表面等离子体激发的高性能位置灵敏光电探测器研究成果：Localized Surface Plasmon Induced Position-Sensitive Photodetection in Silicon-Nanowire-Modified Ag/Si，该

本期导读

- ◆ 同济教师领衔团队玩转“水+空气”魔法 创新研发“微纳米气泡”清洁技术（见第 3 版）
- ◆ 不用病毒，纳米颗粒也能递送 CRISPR “剪刀”（见第 4 版）
- ◆ 平面石墨烯可自折叠成 3D 结构（见第 5 版）
- ◆ 科学家将光子弯曲至被实际通信使用的波长（见第 10 版）

论文的第一作者为王辉教授指导的博士生梅春练。

可见光波段和近红外光电探测器在民用生产生活和军事技术等各个领域都有广泛的用途，探索具有高灵敏度、宽光谱响应范围的光电探测元件是长期以来的研究热点。其中，硅是工业生产最常采用的具有众多良好性能的半导体材料。然而，由于晶体硅是间接带隙材料，对入射光的有效吸收非常有限，从而限制了光信号到电信号的转化比例，直接影响了光电器件的灵敏度。理论和实验结果表明，通过硅纳米线对硅表面形貌进行修饰和利用银纳米颗粒激发局域表面等离子体是两种促进光吸收和光生载流子输运过程的有效方法。



王辉教授研究团队采用金属辅助化学刻蚀的方法在晶体硅表面制备纳米线阵列结构，用磁控溅射在其表面沉积银的纳米颗粒，这种方法简单成本低，可重复性强，而且样品均匀性好。硅纳米线具有很好的降低入射光反射的效果，有效增加了光吸收率。从可见光到近红外波段，纳米尺度的贵金属银都能够激发很强的局域表面等离子体，所形成的“热点”附近的电场强度也会明显增强。在光谱学上，这一性质可以应用于表面增强拉曼散射，在对低浓度 10⁻⁸M 罗丹明 6G 检测中获得了十分明显的拉曼信号。在电学特征上，较之传统的银薄膜/硅体材料，实验上在这种结构中获得了最大 53 倍增强的侧向光伏效应，在 2.5mm 线性范围内具

有最大 65.35mV/mm 的灵敏度，在 405-980 nm 的宽波段范围内都具有高线性度、强灵敏度的光电响应。实验和理论表面，基于局域表面等离子体，硅纳米线修饰的银/硅结构能够有效地促进光吸收和增强光电信号的转化，提高光电探测器性能。

同济教师领衔团队玩转“水+空气”魔法 创新研发 “微纳米气泡”清洁技术

在本届中国国际工业博览会高校展区，几个龙头引人注目。轻轻拧开，普通自来水经特殊气液平衡器处理后，瞬间变为乳白色，如同牛奶。据介绍，其强大的洁净功能不仅可直接用于冲洗蔬果、洁面冲淋，在工业清洗方面也将一展所长。

这“水+空气”的魔术，来自同济大学环境科学与工程学院副教授李攀领衔的研发团队，基于微纳米气泡技术的绿色清洗装置，无论在能耗还是清洁指标方面均领先国际。

可实现皮肤深层清洁

普通自来水如何发生如此神奇的变化？李攀介绍，其依靠的是先进的“微纳米气泡”技术。通过一特制瀑布式平衡罐向自来水充入空气，水中会立即充满纳米级的超细微小气泡，直径在几十微米和几十到几百纳米尺度。数以万亿计的微小气泡在水中不断奔涌，视觉上即给人以乳白色“牛奶水”的观感。由于气泡尺寸小、上浮速度缓慢、在水中存在时间长，对于各种材质表面的微孔结构具有非常优异的清洗效果，如工业管道、膜组件、机械零件、液晶面板等。

值得一提的是，由于仅使用水和空气，不需使用或少使用化学清洗药剂，不但大大降低清洗环节对材质表面的损伤，可延长设备使用寿命、降低设备更换成本，还可消除对环境的二次污染。

她特别提到微纳米气泡清洁皮肤的许多可能。从理论上来说，大量细微气泡可进入传统清洗无法企及的皮肤毛孔内部，利用气泡表面的电

荷将淤积的油脂等带离皮肤，实现皮肤深层清洁。气泡带入的空气可以有效杀死躲藏在皮肤毛孔深层的致病厌氧细菌，缓解并预防皮肤炎症。

民用工业领域展拳脚

“微纳米气泡的应用在工业领域并不是新事物。”李攀坦言，基于相同物理理论框架的微纳米气泡应用，已被日本纳入国家工业复兴战略计划。据预测，全球微纳米气泡的相关产品和服务，尤其在工业清洗、农业、医疗和健康行业有望大幅增长。“我们在做的，是以创新尽可能提升水中纳米气泡浓度，提升清洁力指标。”她说，与之同样重要的，还有对能耗的控制。“我们做环境保护的，搞不定能耗，都是空谈。”

目前普遍使用的技术是利用电能驱动水泵打入气泡，能不能不用电？市政水管网络本身就有一定水压，如果充分放大并利用这个压力，结果会如何？此次工博会高校展区，团队首次展示一款最新的家用微纳米气泡淋浴花洒，仅利用供水管网压力，无需电力接入即可产生较高浓度的微纳米气泡水。不仅如此，相较于国外电能驱动的同类产品，前者出水的单位水量中所含气泡浓度高出 100 倍。

在民用领域，研发团队已开始考虑与热水器、浴缸、洗衣机等家电制造厂家合作开发微纳米气泡相关产品，让更多人感受即便不使用化学洁净剂也可深度清洁肌肤的技术。在工业领域，全新研发的瀑布式平衡管和迷宫式微纳米气泡发生器，以及弱酸型反渗透膜绿色清洗装置和成套工艺，也将大展拳脚。

海外传真

☆☆☆☆

不用病毒，纳米颗粒也能递送 CRISPR “剪刀”

英国《自然·生物医学工程》杂志日前在线发表的一篇论文，介绍了通过纳米颗粒而非病毒来递送 CRISPR 基因组编辑分子的方法。实验

中，美国科学家利用这种非病毒递送方法，有效纠正了引起小鼠杜氏肌营养不良症的遗传突变。

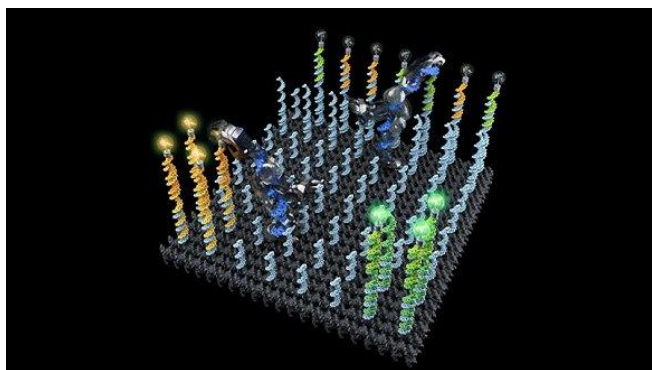
CRISPR 被称为“生物科学领域的游戏规则改变者”，现已发展成为该领域最炙手可热的研究工具之一。以往研究表明，通过介入，CRISPR 能使基因组更有效地产生变化或突变，效率比既往基因编辑技术更高。目前，CRISPR 技术在医疗健康方面的应用潜力，取决于将三种 DNA 编辑组件——Cas9 DNA 剪切酶、向导 RNA 以及待插入基因组的 DNA 供体有效递送至特定的靶细胞。病毒可用来转运这些分子，但是存在安全隐患，运量也有限，更重要的是，其会降低 CRISPR 组件的编辑效率。

此次，美国加州大学伯克利分校科学家尼仁·穆希、艾琳娜·康柏及其同事通过研究表明，CRISPR 组件可被包装在单个纳米金粒子周围，然后包裹在保护性聚合物内。该纳米粒子可以将 CRISPR 组件有效递送至各种不同细胞内，即是说，一种有效的非病毒 CRISPR 递送机制出现。

他们的实验同时表明，基因编辑通过同源介导的双链 DNA 修复（修复由 Cas9 DNA 剪切酶造成的 DNA 双链断裂的最准确机制）进行，而且作为实验对象的杜氏肌营养不良症小鼠，其肌肉组织内的脱靶编辑已降到最低。杜氏肌营养不良症是一种 X 染色体隐性遗传疾病，病患会因骨骼肌不断退化而出现肌肉无力或萎缩，导致不便行走，医学界尚无有效疗法。

平面石墨烯可自折叠成 3D 结构

美国约翰·霍普金斯大学和麻省理工学院的科学家合作，利用全新方法让平面石墨烯自折叠成 3D 几何形状。发表在最新一期《科学进展》杂志上的这一成果，将为用石墨烯研制可穿戴电子设备、活细胞胶囊和折叠式晶体管等带来更广阔的前景。



作为一种新型纳米材料，石墨烯因具有超薄、强度大、导电导热性能强等特性，10 年来经常出现在新闻报道中，在生物传感器和可穿戴电子设备领域带来系列全新应用。但这些应用装置

需要将平面石墨烯制成三维结构，现有方法主要利用蚀刻技术让石墨烯层在某个基底物上形成想要的形状，许多形状无法获得，因此研究人员一直在寻找更好的方法。

在这项以约翰·霍普金斯大学徐伟南（音译）为第一作者的新研究中，研究人员开发出一种全新的微图形处理技术，石墨烯层在加热过程中能沿着预先设定的线条弯曲，像人工折纸一样折叠成 3D 结构。这种新方法具有两大优势，其一，能避免之前工艺中出现的石墨烯特性受损，折叠过程可完全保留石墨烯的导电导热等性能；其二，3D 形状内的折痕可形成能量带隙，进一步提高石墨烯的导电性能。

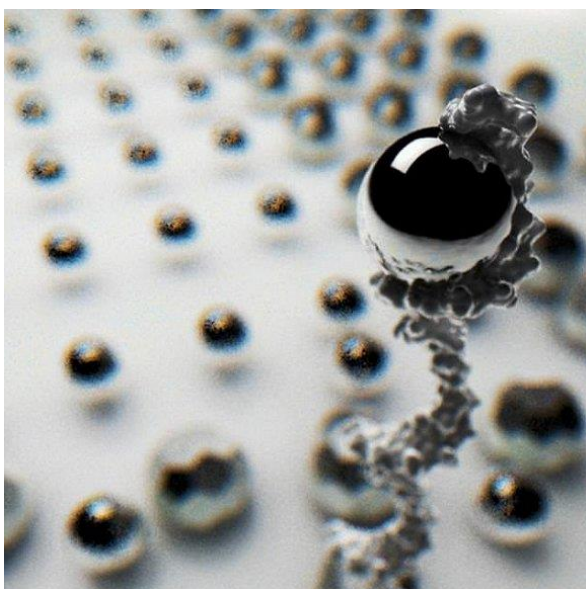
研究人员表示，新技术还能与传统光刻技术兼容并应用于芯片中，且能进行高度并行处理，不会出现规模化生产障碍。他们在测试中利用这种折叠技术制造出能包裹活细胞的 3D 结构、非线性电阻器以及一种晶体管装置，3D 石墨烯将为人们带来各种非常好用的可穿戴电子设备和置于活体生物体内的传感器。

美国科学家研发出可以进入血液的 DNA 机器人

虽然目前人类针对纳米技术的研究还处于早期阶段，但来自加州理工学院的最新研究显示这种精密技术的巨大潜力。当地时间 9 月 14 日，

来自美国加州理工学院（Caltech）的科研团队在《科学》杂志上刊文，展示了一款由 DNA 组成，可在纳米级环境中完成工作的机器人。

据《科学》杂志，该团队开发出了一款可在人类肉眼无法触及的微观世界中完成识别、机械运输、智能化分拣等一系列复杂工作的分子机器人。这种由单链 DNA 构成的



“机器人”可以自主地在纳米级环境中“行走”，拾取某些分子并将其在指定位置放下。

“就好像把电子机械机器人送到火星这种遥不可及的地方，我们希望能将分子机器人送至人类不能去的微观世界中，比如血液。”加州理工大学助理教授钱璐璐说，“我们的目标是设计和构建一个可以执行复杂纳米力学任务的分子机器人”。

该团队由该校的前研究生 Anupama Thubagere 和华裔科学家钱璐璐领导。研究人员构建了组装 DNA 机器人的三个基本构建模块：一条拥有两只“脚”的“腿”，用来“行走”、一条带有一只“手”的“胳膊”，用于提取货物，第三个被添加的部分可以识别特定的下落点并向手指发出讯号。这些部分是由单链 DNA 内的几个核苷酸构建而成。

理论上说，这种模块化的构建方式可以使机器人组合成许多不同的形状以满足不同任务的需求。例如，可以使用具有若干只手和胳膊的 DNA 机器人同时携带多个分子。

在测试中，研究者们创建了一块长宽各 58 纳米，表面布满了若干条单链 DNA 的测试场，由于机器人的“脚”也是单链 DNA，因此“脚”

在与表面接触时就可以互相绑定，同时，另一只“脚”会自由移动，直到它找到另一根单链 DNA，以此完成“行走”。

在测试场表面，研究人员使用微观处理器选择了六个黄色和粉色两种不同的荧光染料分子，作为机器人的“货物”，并将它们沉积在特定的目标滴点处。实验结果显示，机器人在 24 个小时内成功将六个分散各地的“货物”送到正确的下货点。经过多次重复测试后，DNA 机器人递送货物的成功率达到了 80%。

“我们不会为任何特定的应用开发 DNA 机器人，实验室将侧重于研究能够开发通用 DNA 机器人的工程原理，”钱璐璐说，“但我希望其他研究人员可以将这些原理用于激动人心的应用，例如使用 DNA 机器人从其组成部分合成治疗性的化学物质，并在只有给出特定信号时才于血液或细胞中传递药物，或者用于分类垃圾中的分子成分以进行回收利用。

美韩大学教授联合改进柔性超级电容器 性能直逼电池

使用简单的逐层涂布技术，美国和韩国的研究人员开发了一种纸质柔性超级电容器，该超级电容器具备高能量和高功率密度的极佳性能。

我们通常根据三种性质来判断储能装置的优劣：能量密度、功率密度和循环稳定性。与电池相比，超级电容通常具有高功率密度，但是能量密度低，即超级电容存储电量的能力要弱于电池，但是瞬间充放电能力要优于电池。

所以想要将电容作为储能设备，其低能量密度是最大的限制。为了提高超级电容器的性能，韩国大学化学与生物工程系的 Lee 和合作者 Jinhan Cho 就提高超级电容器的能源密度进行研究，同时他们将保持其高功率产出。

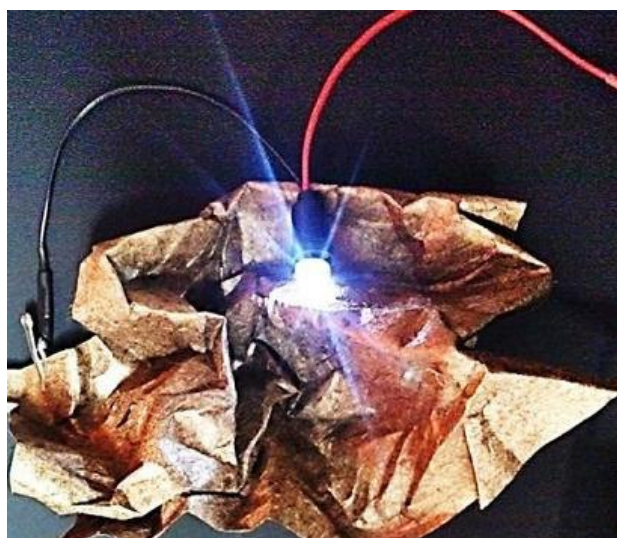
实验中，首先，他们将纸样品浸入含有胺表面活性剂材料的溶液的烧杯中，其中，该表面活性剂可以将金纳米颗粒粘合到纸上；接着，他们将纸浸入含有金纳米颗粒的溶液中。由于纸的本质是一种纤维，且纤维是多孔的，所以表面活性剂和纳米颗粒进入纤维后会很牢固的附着在上面，以此在每个纤维上形成共形涂层。

通过重复浸渍步骤，研究人员得到了一张导电纸，随后他们在其上添加了交替层的金属氧化物储能材料，如氧化锰。对这一过程，Lee 表示：“这基本上是一个非常简单的过程，我们在烧杯中交替进行操作，为纤维素纤维提供了良好的保形涂层。这样，我们就可以折叠所得到的金属纸而不损坏导电性。”

研究人员表明，他们的自组装技术改进了纸张超级电容，据测试，该金属纸张超级电容器的最大功率和能量密度分别为 $15.1\text{mW}/\text{cm}^2$ 和 $267.3\text{ }\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，基本超过传统纸张或纺织超级电容。

值得注意的是，此研究中，研究人员使用的是金纳米颗粒，因为该材质颗粒易于使用，但他们计划使用较便宜的金属如银或铜，以降低材料成本。

虽然这项研究涉及到小型纸张样本，但是基于实际应用中解决方案的技术要求，研究人员表示完全可以使用更大的储罐甚至喷涂技术将其放大使用。对于该技术，Lee 还补充说：“我们对施涂在纸张上的涂层进行了纳米级控制，如果我们增加层数，性能将继续增加。”



接下来，研究团队将测试柔性织物上的技术，以及开发与超级电容器配合使用的柔

性电池。

关于该技术的应用前景，佐治亚理工学院机械工程学院助理教授 Seung Woo Lee 表示：“这种灵活的储能装置为可穿戴设备和物联网设备之间提供独特的连接方式，未来它将会应用于生物学传感器、消费电子和军事电子产品等，将柔性电容与电子设备相结合，它可以推动最先进的便携式电子产品的发展。”

俄科学家创新肿瘤诊断法 可用纳米颗粒发现最微小肿瘤

据俄罗斯“生活”网9月28日报道，英国皇家化学会期刊《New Journal of Chemistry》杂志上发表的一篇文章称，俄罗斯科学家发现了诊断肿瘤的革命性方法，即使是最微小的肿瘤也可以被诊断出来。

报道指出，俄科学家研究出的用于诊断肿瘤的纳米粒子，可以结合核磁共振成像发现出人体内不明显的良性或者恶性的肿瘤。

报道称，来自喀山和新西伯利亚的化学家将大剂量的有毒金属钆作为这种纳米粒子的主要物质，在外部惰性金属的包裹下，钆可以释放出分辨人体内肿瘤细胞的特殊标记。科学家将就此成果进行药物临床试验。

科学家将光子弯曲至被实际通信使用的波长

几十年来，光子纠缠在量子计算和通信中的潜力一直为人所知。然而，妨碍其直接应用的其中一个问题是，很多光子纠缠平台并未在大多数通信形式使用的范围内运行。

一个国际团队展示了一种新的纳米尺度技术，从而开始解开纠缠光子之谜。该技术利用半导体量子点将光子弯曲至被如今流行的 C 波段标

准使用的波长。他们在日前出版的美国物理联合会所属《应用物理快报》上报告了这一成果。

“我们首次展示了偏振纠缠光子在 1550 纳米波长上从量子点发生的散射。”此项研究作者之一、德国斯图加特大学半导体光学和功能界面研究所资深科学家 Simone Luca Portalupi 介绍说，“现在，我们可以利用现有通信技术真正实现长距离量子通信。”

研究人员利用由砷化铟和砷化镓平台创建的量子点，产生了纯粹的单光子和纠缠光子。和参量下转换技术不同，量子点允许光子每次仅被散射出一个并且能按照需求散射。这是量子计算的关键属性。随后，由多层材料构成并且在很宽的光谱内进行反射的分布布拉格反射器将光子引向显微镜物镜，从而使它们被收集起来并被测量。

研究人员和行业先锋发现，C 波段（一个特定的红外波长范围）成为通信中的电磁最有效点。在这个范围内穿过光导纤维和大气的 photons 被吸收的很少，从而使其成为远距离信号传送的理想对象。

“电信 C 波段窗口拥有我们在信号传输上实现的最小光子吸收量。”文章另一位作者 Fabian Olbrich 介绍说，“业界已对技术进行了改良，从而使科学家作出更多发现。现在，我们拥有了运行良好的标准以及较低的散射率。”

呼气即可检测减肥效果

呼气式酒精检测仪是常见的测试酒驾的工具。瑞士研究人员近日开发出一种新型传感器，可用于类似的呼气式检测仪，实时监测运动时身体是否在燃烧脂肪。这一技术将来有望成为人们减肥的好帮手。

瑞士苏黎世联邦理工大学和苏黎世大学医院研发的这种传感器，使用了一枚约 1 欧分硬币大小的芯片，上面覆盖了一层由三氧化钨纳米半导体颗粒构成的多孔薄膜。先前研究发现，当这些三氧化钨纳米颗粒的

原子呈特定晶体结构时，就会和丙酮相互作用，从而降低这枚芯片的电阻，而这一现象是可以被量化的。

通常在运动时人体会消耗碳水化合物、糖以及脂肪，燃烧脂肪时产生的副产物丙酮会通过呼吸排出体外。

这一研究的初衷是用于诊断糖尿病，因为 1 型糖尿病患者呼出的空气中丙酮含量很高。研究人员后来发现，这种传感器的精度极高，数亿个分子中只要有一个丙酮分子就能检测出来，而且只对丙酮分子有效。因此，它甚至能检测出人体运动时呼出气体中含量极低的丙酮。

相关研究已发表在美国新一期《分析化学》杂志上。不久的将来，配备新型传感器的“呼气式减肥检测仪”或许能实时告知人们，运动量多大才能减肥。

产业信息



台积电将建设全球首座 3 纳米芯片工厂 预计 2022 年投产

台积电于 10 月 3 日宣布，该公司将在台南科学园区建设全世界首座采用 3 纳米工艺的芯片工厂。

此前有猜测称，由于美国政府出台多项刺激政策，为美国本土吸引更多制造企业，因此台积电可能在美国建设新工厂。但该声明平息了这一猜测。

台积电大约一年前表示，该公司计划最早将于 2022 年开始生产 5 纳米至 3 纳米芯片。但他们在 9 月 29 日的声明中并未披露 3 纳米工厂的具体启用时间。

台积电已经在同一个地方运营一座 5 纳米芯片工厂。虽然尚未开始生产 5 纳米芯片,但其官方网站预计将在 2019 年第二季度启动风险量产。

台积电之前估计,大约需要 50 至 80 公顷土地来建设这座工厂,总投资约为 5000 亿元新台币(约合 1570 亿美元)。之前之所以预计在 2022 年,是充分考虑了工期拖延的可能。由于面临环保问题,台积电最近在台湾的一些项目都被迫推迟,最长推迟时间甚至达到 1 年。

英特尔发力 10 纳米 称摩尔定律依然奏效

英特尔在华首次发布 10 纳米晶圆,声称摩尔定律依然奏效,并称领先友商整整一代。

英特尔高管亮出的 10 纳米晶圆,拥有世界上最密集的晶体管和最小的金属间距,从而实现了业内最高的晶体管密度。它将于今年年底前正式投产,号称领先其他友商们的“10 纳米”整整一代,以时间来算,则领先 3 年时间。

不同于以往的低调,这一次英特尔直接在 PPT 上与竞争对手台积电和三星 PK。英特尔将 10 纳米技术密度进行了对比,称在栅极间距、最小金属间距等技术指标上都处于领先地位。

据称,10 纳米比上一代的 14 纳米制程性能提升 25%和降低 45%的功耗。

英特尔“发狠”的背景是,全球芯片竞争格局正在发生微妙的变化。有消息称,由于移动设备和数据服务器对于芯片的强劲需求,三星预计将在本季度首次超越英特尔,成为全球第一大芯片制造商。