

纳米科技与产业发展 信息动态

第 8 期(总第 296 期)

2019 年 8 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

※※※※

上海药物所发现利用仿生脂蛋白调节肿瘤基质提高 纳米药物靶向肿瘤细胞的新策略

实体瘤中肿瘤基质细胞(如 TAM、CAF 等)和细胞外基质组成异常复杂的瘤内递送屏障,严重阻碍了药物在肿瘤组织中的渗透及其靶向肿瘤细胞的递送。并且,瘤内肿瘤细胞分布呈高度异质性,即使制备了纳米制剂也难以突破上述递送屏障靶向肿瘤细胞,严重影响了其临床治疗效果。

针对上述难题,中科院上海药物所

本期导读

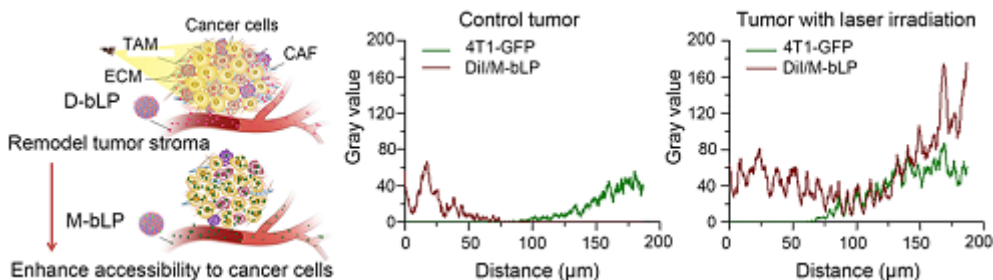
- ◆ 上海硅酸盐所在高性能 Yb:Lu₂O₃ 激光陶瓷研究中取得进展(见第 3 版)
- ◆ 迄今最薄金箔仅两个原子厚(见第 6 版)
- ◆ 碳纳米管+RRAM+ILV,新技术晶圆问市(见第 11 版)
- ◆ 国内外微/纳米会展信息荟萃(见第 15 版)

张志文、李亚平研究员领导团队利用仿生脂蛋白系统，通过光热效应破坏肿瘤基质屏障，提高纳米药物靶向肿瘤细胞。这一新策略可显著抑制乳腺癌的复发和转移。2019年7月25日，Nature Communications《自然-通讯》杂志以“Bioinspired lipoproteins-mediated photothermia remodels tumor stroma to improve cancer cell accessibility of second nanoparticles”为题在线发表了研究成果。

该研究设计构建了仿生脂蛋白载体分别包载光敏剂 DiR (D-bLP) 和化疗药物 DM1 (M-bLP)。研究发现 D-bLP 经静脉注射 4T1 肿瘤小鼠后能够高效靶向渗透其体内肿瘤组织，但在瘤内被 TAM、CAF 等基质细胞截留，无法到达肿瘤细胞区域。经 808nm 光照后，D-bLP 产生的光热效应能够杀伤肿瘤基质细胞，破坏细胞外基质，从而突破肿瘤基质递送屏障。在此基础上，显著提高了二次注射的 M-bLP 在肿瘤组织的蓄积和渗透，使其到达瘤内肿瘤细胞区域的分布提高 27 倍，显著抑制了乳腺癌的复发和转移，效果显著优于脂质体对照组。

该研究揭示了肿瘤基质屏障对纳米药物瘤内分布的影响，提出并证实了通过调节肿瘤基质靶向肿瘤细胞递送的思路，为克服瘤内基质屏障靶向肿瘤细胞的药物递送提供了有意义的探索。

上海药物所张志文研究员和李亚平研究员为本文共同通讯作者，博士生谭涛为第一作者。该研究得到了国家重大科学研究计划、国家自然科学基金、中国科学院战略性先导科技专项(A类)和中科院青年创新促进会等项目的资助。



仿生脂蛋白通过调节肿瘤基质提高纳米药物靶向实体瘤肿瘤细胞的示意图

上海硅酸盐所在高性能 Yb:Lu₂O₃ 激光

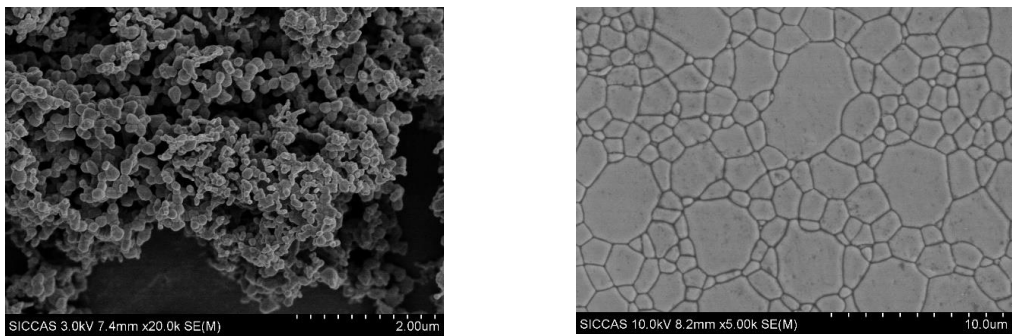
陶瓷研究中取得进展

高功率固体激光器在国防军事、高端装备制造、科学研究等领域具有广泛应用。目前高功率固体激光增益介质中应用最为广泛的是 Nd/Yb 掺杂的激光材料。与 Nd 掺杂的激光材料（如 Nd:YAG）相比，Yb 掺杂激光材料的优点包括：Yb³⁺吸收带与激光二极管（LD）有效耦合，吸收线宽大；量子亏损低，理论量子效率高；无辐射弛豫引起的热负荷低；无激发态吸收和上转换，光转换效率高；荧光寿命长，有利于储能。因此，Yb 掺杂透明陶瓷适合用作高功率、大能量的固体激光增益介质。基质材料决定了增益介质的物化性能，对于高功率激光基质材料而言，高的热导率是最重要的性能之一。Lu₂O₃比 YAG 具有更高的热导率，但其单晶熔点高达 249°C，现有技术难以制备出高质量、大尺寸 Lu₂O₃单晶，但可在较低的烧结温度下获得高光学质量的 Lu₂O₃透明陶瓷。因此，Lu₂O₃基透明激光陶瓷成为非常有希望的候选者。由于 Yb³⁺与 Lu³⁺离子半径和原子质量非常接近，Yb:Lu₂O₃声子能量低，且热导率随着 Yb³⁺的掺杂浓度升高几乎没有变化（可实现高浓度掺杂）；同时，Lu₂O₃热膨胀系数低，抗热震性能优异，故高光学质量的 Yb:Lu₂O₃激光陶瓷被认为是一种颇具发展潜力的高功率固体激光增益介质。

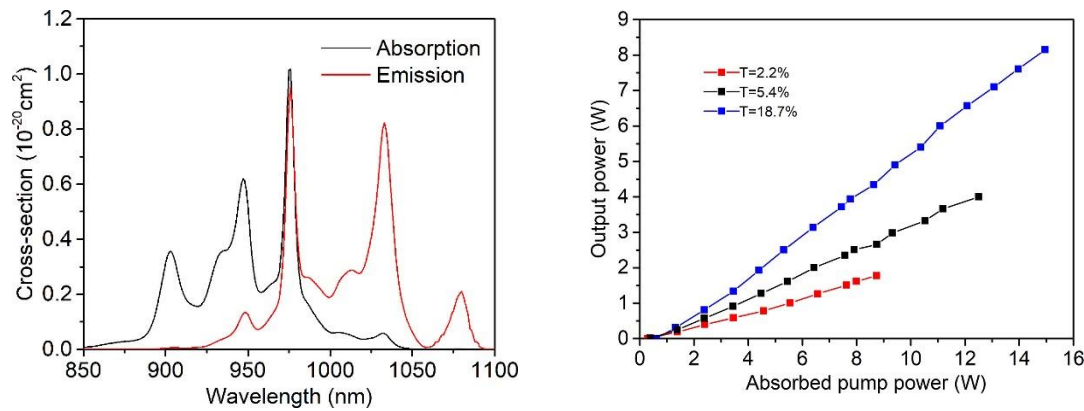
近期，中国科学院上海硅酸盐研究所李江研究员带领的透明与光功能陶瓷研究团队与意大利国立光学系统研究所和意大利国立应用物理研究所合作，在 Yb:Lu₂O₃激光陶瓷研究中取得进展。该团队以共沉淀法制备的 Yb:Lu₂O₃纳米粉体为原料，采用真空预烧结合热等静压后处理工艺成功制备出了高质量的 Yb:Lu₂O₃透明陶瓷。利用光纤耦合激光二极管（LD）在 929.4nm 处进行准连续（QCW）泵浦，实现了 1033.4nm 处 8.15W 的最大激光功率输出，斜率效率高达 58.4%，相关结果发表在 *J. Am. Ceram. Soc.* (2019, doi: 10.1111/JACE.16674)，文章第一作者为上海硅酸盐

所硕博连读研究生刘子玉，通讯作者为李江研究员。

倍半氧化物陶瓷 (Sc_2O_3 、 Lu_2O_3 、 Y_2O_3) 由于其热导率高、热机械性能好、光学性能优异及宽波段透明等特点，是非常有前景的高性能激光增益介质。 Sc_2O_3 的热导率高达 $17\text{W/m}\times\text{K}$ ，而且 $\text{Yb}:\text{Sc}_2\text{O}_3$ 材料基态劈裂大，具有宽的发射带，可进行较宽的波长调谐，实现超短脉冲放大。该团队采用共沉淀法合成具有高分散性、高烧结活性的 $\text{Yb}:\text{Sc}_2\text{O}_3$ 纳米粉体，采用真空烧结技术获得了高质量的 $\text{Yb}:\text{Sc}_2\text{O}_3$ 透明陶瓷。利用光纤耦合 968nm 激光二极管 (LD) 泵浦 $\text{Yb}:\text{Sc}_2\text{O}_3$ 陶瓷，实现了在 1040nm 处 2.44W 连续激光输出，斜率效率为 35% ，可调谐激光波长范围达 55nm (*J. Eur. Ceram. Soc.*, 2018, 38:1632–1638)。



$\text{Yb}:\text{Lu}_2\text{O}_3$ 的纳米粉体 (左) 和 HIP 后处理陶瓷的热腐蚀表面 (右) 的 FESEM 形貌图



$\text{Yb}:\text{Lu}_2\text{O}_3$ 的纳米粉体 (左) 和 HIP 后处理陶瓷的热腐蚀表面 (右) 的 FESEM 形貌图

相关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、上海硅酸盐所重点学科建设项目等资助。

“化学能高效转化碳基纳米电催化剂结构设计、可控制备及应用研究”课题中期评估总结会

国家重点研发计划项目“化学能高效转化碳基纳米电催化剂结构设计、可控制备及应用研究”课题中期评估总结会顺利举行。

2019年7月15日，由中国科学院上海高等研究院牵头，北京化工大学、厦门大学以及南京大学共同承担的国家重点研发计划项目“化学能高效转化碳基纳米电催化剂结构设计、可控制备及应用研究”课题中期评估总结会在上海高研院召开。中科院上海有机所唐勇院士、厦门大学孙世刚院士、中国科学技术大学俞书宏教授、中科院长春应化所邢巍研究员、纳米技术及应用国家工程中心何丹农教授、上海交通大学朱新坚教授、复旦大学余学斌教授、上海高研院封松林研究员、上海高研院魏伟副院长和科技发展处负责人张丽亮以及项目组成员共计50余人出席了此次会议。会议由项目负责人杨辉研究员主持，上海高研院副院长魏伟致欢迎辞。

杨辉首先介绍了课题的中期评估要求以及项目的总体进展情况，三个课题围绕中期目标和技术指标完成情况以及拟解决的关键科学问题分别汇报了课题计划执行情况、取得的主要进展、课题间的合作以及下一阶段的研究工作计划等。与会领导和专家充分肯定了各课题在前两年围绕项目总目标所取得的阶段性研究成果，顺利完成了中期预定任务和目标，同时对各课题今后三年的工作计划提出了宝贵的意见和建议，希望各课题能够进一步加强交流与合作，为解决国家重大需求和重大科技问题多做贡献。

迄今最薄金箔仅两个原子厚

英国利兹大学一个研究小组称，他们制造出了世界上最薄的金箔，只有两个原子那么厚，仅 0.47 纳米——这一里程碑式的成就对医疗和电子行业尤其有利。

相关论文主要作者叶孙杰（音译）说：“之前报道过的最薄的无支撑二维金纳米薄片，最小厚度为 3.6 纳米（1 纳米为十亿分之一米）。我们最新造出的二维黄金薄片是第一个具有亚纳米厚度的，也就是说，我们将二维黄金带到了亚纳米尺度。”

叶孙杰表示，制造出不含固体基质（提供支撑的表面或材料）的超薄二维金属纳米材料是一个重大挑战。尽管如此，他们通过开发一种新的生产技术，实现了这一目标。她解释说：“金纳米薄片的合成始于氯金酸，氯金酸是一种含金的无机物。利用一种‘约束剂’（促使黄金形成二维纳米薄片的化学物质），可以将它还原为金属形式。”

叶孙杰指出，诸如此类的超薄纳米材料具有独特的结构特征，为许多应用开辟了可能性，对医疗和电子行业尤其有利。“这不仅有助于在现有技术条件下更有效利用黄金，还为材料科学家开发其他二维金属提供了新途径，这种方法有望革新纳米材料制造。”



研究人员指出，这种二维金箔的一个主要潜在应用是，在许多工业过程中作为加速化学反应的催化剂。标准基准测试显示，亚纳米金箔的效率是传统工业所用金纳米粒子的 10 倍，因此，工业上可以

使用更少的黄金获得同样的效果，这具有经济优势。

这种二维黄金还可用于开发人造酶，在快速医学诊断测试中，这些酶可能成为净水技术的一部分。此外，由于这种材料具有柔性，还可用于可折叠电子产品（来源：科技日报）。

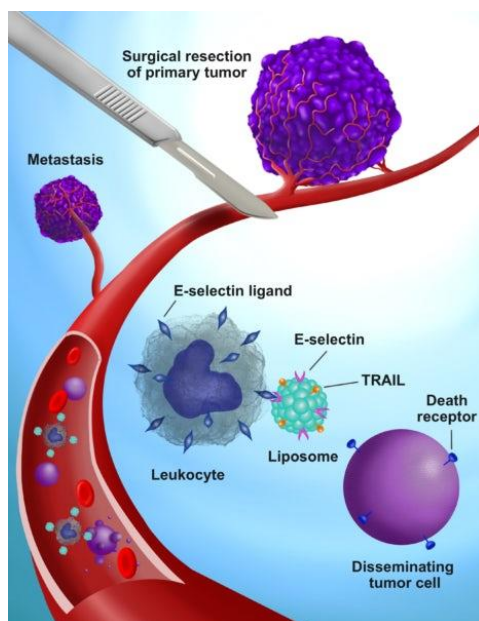
纳米粒子有助于免疫细胞更有效地寻找和摧毁“流氓”癌细胞

癌症如此难以被击败的主要原因之一是因为癌细胞难以攻破的防御机制，即使在手术切除原发肿瘤之后也是如此。但现在范德堡大学的研究人员开发出一种新技术，利用纳米粒子增强免疫细胞，帮助它们捕获通过血液迁移的癌细胞。

癌细胞一旦转移就会变得更加致命，通过血液传播到其他器官。令人沮丧的是，在某些类型的癌症中，手术切除原发肿瘤的尝试实际上可以触发转移，因为伤口发炎等原因。这可能会增加“流氓”细胞冒险并在其他地方成长为新肿瘤的机会。

因此范德堡大学团队开发了一种寻找和摧毁这些循环癌细胞的方法。该产物被称为 TNF 相关的凋亡诱导配体（TRAIL），由附着于脂质纳米颗粒表面的两种蛋白质以及称为 E-选择蛋白的粘附受体组成。

一旦将这些纳米颗粒注入血液中，E-选择素就可以使它们粘附在白细胞上。TRAIL 涂层使免疫细胞成为更有效的“杀手”。“TRAIL 粘附的白细胞和血液中的癌细胞之间的碰撞不断发生，”该研究的首席研究



员 Michael King 说。“我们在血液中和全国各地诊所接受治疗的癌症患者的数百份血液样本中进行了测试。在所有情况下，在两小时内，活的癌细胞被清除。这与乳腺、前列腺、卵巢、结肠直肠和肺癌细胞有关。”

研究人员表示，这项技术在之前的测试中取得了很好的效果，但在这种情况下，他们设法将治疗方法分成三个剂量。该想法是在手术期间去除原发性肿瘤，可以将该治疗施用到血流中以捕获逃逸的细胞并防止它们稍后转移。

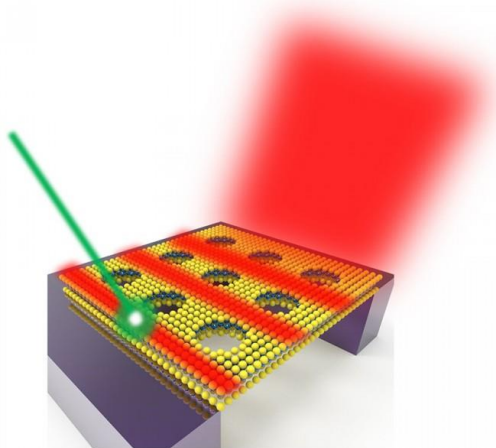
虽然目前大多数测试都是针对小鼠进行的，但该团队表示，人体试验的过渡应该相对较快。那是因为治疗的所有成分 - 蛋白质、纳米颗粒和白细胞 - 已经在人体内自然发生。

该研究发表在《科学进展》(Science Advances) 杂志上（来源：cnBeta.COM）。

仅三个原子厚 最薄光学装置问世

据《自然·纳米技术》报道，美国科学家研制出世界上最薄的光学装置——一种只有 3 个原子厚的波导。此项研究成果可将现有光学器件的尺寸缩小几个数量级，或带来更高密度、更高容量的光子芯片。

加州大学圣地亚哥分校研制的这款新型波导，厚度约为 6 埃米（1 埃米=10⁻¹⁰ 米），比典型光纤薄 1 万倍，比集成光子电路中的片上光波导薄约 500 倍。波导由悬浮在硅框架上的二硫化钨单层（两层硫原子中间夹一层钨原子）组成，单层由一系列纳米孔图案形成光子晶体。



这种单层晶体的特殊之处在于，其在室温下可支持被称为激子的电子—空穴对。这些激子产生强烈的光学响应，使晶体的折射率大约是围绕其表面的空气折射率的 4 倍。相比之下，具有相同厚度的另一种材料不具备如此高的折射率。当光线通过晶体传播时，它会被内部捕获并通过全内反射沿着平面传导。该波导的另一个特征是，可在可见光谱中传导光。

蚀刻到晶体中的纳米孔允许一些光垂直于平面散射，从而得以观察和探测。这个孔阵列产生的周期性结构，使晶体还能作为谐振器。该系统不仅可以共振地增强光物质相互作用，还可作为二阶光栅耦合器将光耦合到光波导中（来源：科技日报）。

用手机操控脑细胞！远程操控神经的高科技诞生

在一项发表于《自然·生物医学工程》的研究中，由韩国高级科学技术研究院(Korea Advanced Institute of Science and Technology, KAIST)和华盛顿大学神经科学家组成的研究团队发明了一种新设备，可以通过智能手机控制的微型大脑植入物来控制神经回路。

向大脑输送药物和光线

在现代生物科学研究中，为了理解神经元的功能、帮助寻找针对神经疾病的药物，科学家往往需要直接向活体动物的脑部传输特定的药物与光线并追踪这些药物与光线对生物体的后续影响，即通过药物理解不同的脑细胞在特定生理活动、行为认知中的作用、特定药物对大脑的影响，以及进行光遗传学研究。光遗传学是一门新兴的生物技术领域，神经科学家可以往受试者的神经元注入视蛋白基因，然后利用光线控制活体组织中的神经元。

向大脑传输药物和光的传统方法通常会利用刚性金属管和光纤。因此，受试的脑部需始终连接设备线。这种方法除了会限制受试者的活动，

随着时间的推移，相对坚硬的传统设备也会导致大脑软组织损伤，因此并不适合长期植入。

虽然科学家对传统方法做了一些改进——利用结合软探针和无线平台改良设备，减轻生物体的不良组织反应——但仍无法实现长时间的药物输送（传统设备的术后寿命为 2 周）。

因此，实现长期的无线药物传输是科学家必须解决的关键挑战。

在最新研究中，韩国高级科学技术研究院和华盛顿大学的科学家联合打造了首款可以在大脑中长时间传输药物和光线的独立无线神经装置。



这款神经装置由乐高式的可替换药盒、一个柔软的超薄探头，以及一个由智能手机控制的蓝牙无线模块的组成。厚度相当于人类头发的探头包含微流体通道和小型 LED(比一粒盐还小)，把药盒装配到小鼠的大脑植入物中。

研究人员称之为“无线光流控脑探头”（wireless optofluidic brain probes）。它能够将四种不同的药物和两种不同波长的光（蓝光与橙光）传输到活体小鼠的脑组织深处。其中，神经器件是光流控的；药物输送则通过加热器的热驱动实现。

由于可替换药盒的存在，神经学家不用担心药物耗尽。再加上轻盈的设计，他们可以在超过半年的时间内连续研究大脑回路。

远程无线控制小鼠运动

通过智能手机的界面控制，研究人员可以通过编程，在 10~100 米的范围内远程控制加热器与调节 LED 光波长，从而向受试脑部输送特定的光与药物组合。

“我们试图让无线脑控制变得尽可能简单。这种微型神经装备具有强大的蓝牙芯片，因此无需任何特殊、笨重和昂贵的装置。”KAIST 的电气工程教授 Jae-Woong Jeong 说。

通过该装备，研究人员可以很轻松地进行全自动化动物研究，通过有条件地控制光和/或药物传递，对动物的行为产生正面或负面影响。

局限与前景

研究人员希望，这一突破能加速神经科学、生物技术、制药、健康等领域的创新。

“我相信，在不久的将来，神经科学实验室和制药公司可以利用我们的研究成果缩短确定药物疗效的时间，并帮助找出长期使用某种药物的副作用。”研究的主要作者，KAIST 研究员 Raza Qazi 说。

论文作者之一，华盛顿大学医学院的 Michael Bruchas 教授强调了该装置在临床上的应用潜力。“它让我们能够更好地剖析行为的神经回路基础，以及大脑中特定神经调节器的作用，”Bruchas 说，“我们也渴望将该设备用于复杂的药理学研究，帮助我们开发新的治疗疼痛、成瘾和情绪障碍的方法。”

不过，该设备目前也面临一些限制。比如，它不能轻易改变大脑植入物的流体输送量和输注速率，这在一定程度上限制了它的应用场景。但是，研究人员表示，他们可以多次向目标神经回路输送相同的液体，以补偿所需的剂量。

另外，尽管小鼠可以容忍这些头戴式装置，但在好动的小鼠身上，装置有可能从头部脱离。这也限制了该装置进入神经系统空间关键位置的能力。在这一点上，该设备与完全可植入装置不同，后者的整个系统可以植入皮肤下。

研究小组将继续研究这一装置，希望最终将其应用于特定的临床研究（来源：环球科学）。

碳纳米管+RRAM+ILV，新技术晶圆问世

日前，麻省理工学院助理教授 Max Shulaker 在 DARPA 电子复兴倡议 (ERI) 峰会上展示了一块碳纳米管+RRAM 通过 ILV 技术堆叠的 3DIC 晶圆。这块晶圆的特殊意义在于，它是碳纳米管+RRAM +ILV 3DIC 技术第一次正式经由第三方 foundry (SkyWater Technology Foundry) 加工而成，代表着碳纳米管+RRAM +ILV 3DIC 正式走出学校实验室走向商业化和大规模应用。

DARPA ERI 峰会上的最新发布

麻省理工学院助理教授 Max Shulaker 在 DARPA ERI 峰会上展示碳纳米管+RRAM+ILV 3DIC 晶圆时，收获了观众热烈的掌声。如前所述，Shulaker 在 2017 年已经在实验室的 foundry 中完成了碳纳米管+RRAM+ILV 3DIC 的原型制备并发表了 Nature 论文，而这次展示的晶圆则是在碳纳米管+RRAM+ILV 3DIC 第一次在第三方 Foundry (SkyWater Technology) 制备成功。



Shulaker 教授周二在底特律告诉数百名工程师：“这个晶圆是在上周五制造的，它是 Foundry 厂生产出来的第一个单片 3DIC”。这块在第三方 Foundry 制备的碳纳米管+RRAM+ILV 3DIC 得到了 DARPA 的 3DSoc 项目支持，该项目意在使得 3DIC 技术获得进一步突破，最终目标是让使用 90nm 半导体特征尺寸的 3DIC 系统与现在使用最先进 7 纳米工艺的芯片相比，具有 50 倍的性能优势。该项目只有一年左右的历史，但在其 3 到 5 年的运行结束时，DARPA 想要做到的是，制造 5000 万个逻辑门的芯片，4 千兆字节的非易失性存储器，逻辑层之间互联密度达到每平方毫米 900 万个互连，总互联数据率达到 50Tb/s，而互联的能效比达到 2pJ/bit。

Shulaker 教授所展示的 3DIC 系统尚不能做到这一切，但这是一个重要里程碑。他说：“我们与 Skywater Technology Foundry 和其他合作伙伴一道，彻底改变了我们制造这一技术的方式，将这一技术从仅在我们的学术实验室工作的技术转变为能够而且目前已经在美国 Foundry 厂的商业制造设施中工作的技术。”

目前 SkyWater Technology 用来生产碳纳米管+RRAM+ILV 3DIC 的工艺是 90 纳米工艺，未来可望能实现更小的特征尺寸，从而实现更高的性能。此外，在工艺良率达到量产标准后，SkyWater 将会提供 PDK。在此基础上，Skywater 将能够围绕碳纳米管+RRAM+ILV 3DIC 的流程建立业务，并将该技术授权给其他代工厂。

碳纳米管+RRAM+ILV 3DIC 是否会改变半导体行业？

碳纳米管+RRAM+ILV 单片 3DIC 能提供远高于 TSV 的互联密度，从而为 3DIC 带来进一步的性能突破。然而，碳纳米管+RRAM+ILV 3DIC 想要进入主流应用，还需要跨越工程上的几道坎。

首先是碳纳米管的集成规模。目前，我们看到斯坦福大学完成了 200 万碳纳米管晶体管的芯片，但是这样的规模相对于目前的 SoC 来说还是太小。如果碳纳米管想要走入主流，至少还需要把集成规模提升 100-1000 倍，其中也包括了大规模集成时良率的提升。

其次是设计方法和生态的问题。碳纳米管需要专门设计的标准单元库，此外在 EDA 工具和流程上也会需要相应的设计（例如 DRC 等）。

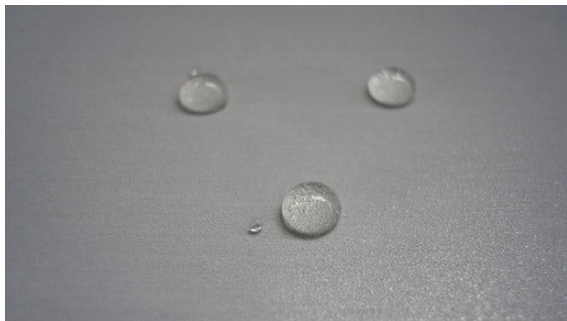
至少在目前看来，碳纳米管+RRAM+ILV 3DIC 还只是一个学术项目，但这也是 DARPA 力推该项目的原因为，因为一旦解决了上述的工程问题，并且能把生态搭建起来，碳纳米管+RRAM+ILV 3DIC 将有可能成为下一代半导体技术的关键。同时，由于美国在半导体工艺领域正在渐渐失去领先的地位，因此 DARPA 也希望借碳纳米管+RRAM+ILV 3DIC 技术来复兴美国在半导体工艺领域的竞争力（来源：半导体行业观察）。

德国公司研发纳米涂层 可防止指纹显示在不锈钢上

正如许多不锈钢面板冰箱的拥有者所知，不锈钢上的指纹往往非常明显。然而，新的透明涂层可以以三种方式帮助减少指纹。这实际上是一种清漆，这种“溶胶/凝胶纳米漆”由德国的 FEW 化学品公司开发，并由弗劳恩霍夫材料与系统微结构研究所的团队进行评估。

首先，它是超疏水和疏油的。换句话说，它是防水和防油的，限制了手指油脂最初粘在它上面的程度。此外，它含有微小颗粒，使涂层表面具有微观粗糙的纹理，由微小的“峰谷”组成。其结果是，任何脂肪并坚持只附着于“峰”，未达到下面的“谷”-所以有较少的接触面积。

最后，清漆的折射率与手指油脂的折射率相同。这意味着无论光线是打击涂层表面的清洁部分还是涂有脂肪的部分，该光线都以相同的方式反射，因此指纹区域具有与清洁区域相同的外观。



Fraunhofer 研究人员目前正在开发各种版本清漆的测试系统，其中将指尖状印章浸入与皮肤油成分相似的溶液中，然后压在涂层

钢样品上。然后使用光谱和光学技术的组合来自动评估这些样品中剩余多少溶液，以及它的可见程度。

研究人员希望清漆能够在 2020 年年底之前投入大规模生产（来源：cnBeta.COM）。

会展信息



国内外微/纳米会展信息汇萃

(2019 年 9 月)

时间	地点	会议名称
9/3-9/6	Munich, Germany	Nanophotonics and Micro/Nano Optics (NANOP 2019)
9/12-9/14	Cambridge, UK	Nanotechnology in Cancer: Engineering for Oncology
9/19-9/20	Brussels, Belgium	Advanced Materials & Nanotechnology
9/20-9/21	San Francisco, USA	Annual Meeting on Nanomaterials Science
9/23-9/27	Helsinki, Finland	Graphene Week 2019
9/23-9/24	Dubai, UAE	Advanced Materials Science & Nanotechnology
9/27	Ispra, Italy	Global Summit on Regulatory Science 2019 Nanotechnology and Nanoplastics
9/30-10/2	Lausanne, Switzerland	International Conference on Perovskite Solar Cells 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 石海峰 电子邮件：shihai Feng@snpcc.org.cn