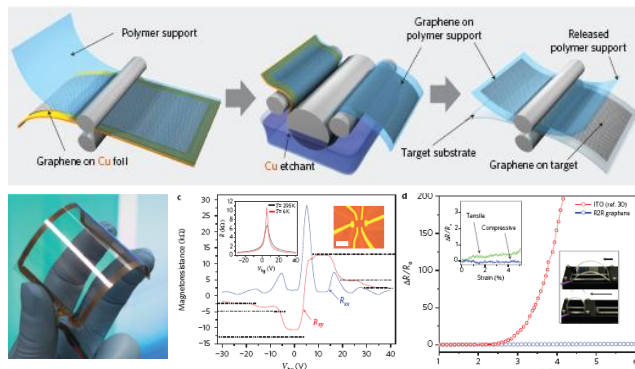


国外进展

用于透明电极制备的30英寸掺杂石墨烯薄膜的Roll-to-Roll 加工

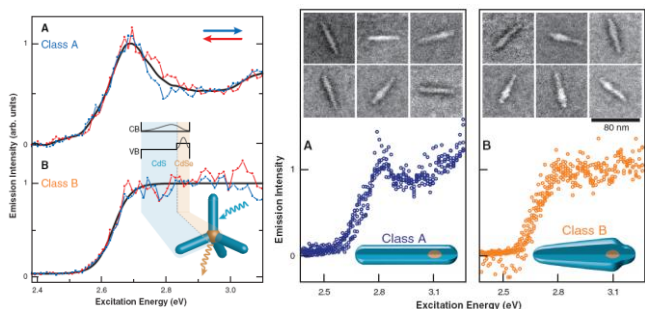
石墨烯具有优越的电学、机械与化学性质，在柔性电子器件领域备受关注。然而石墨烯薄膜在透明电极上的应用由于缺乏大面积制备方法，有效的转移与掺杂技术而没有发展起来。近来，**韩国三星集团与韩国成均馆大学Sukang Bae**等人采用滚子对滚子（roll-to-roll）的方法制备了30英寸的单层石墨烯的柔性透明电极。该石墨烯薄膜通过在铜箔上化学气相沉积碳材料制作而成。单张薄膜的方块电阻值约为125Ω/□，光透射率为97.4%。显示出了半整数量子霍尔效应。通过重叠4层石墨烯制作的薄膜其方块电阻值为30Ω/□，光透射率为90%，其性能优于普通ITO构成的透明电极。另外，他们还在全触摸屏上安装了所制备的石墨烯电极，可在极高的应力下工作。该工作发表在**Nature Nanotechnology 5 (2010) 574**上。



滚子对滚子制备方法示意图、制备的石墨烯的电学性能与触摸屏

硒化镉/硫化镉异质结纳米晶界面能转移过程中粒子形貌的作用

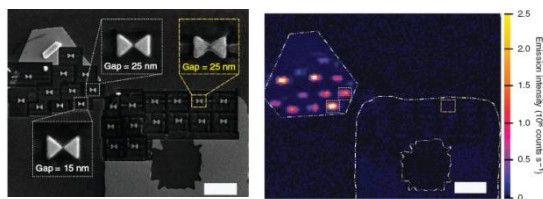
先进的半导体纳米材料加工技术可对材料的结构与掺杂进行精确的控制。虽然大多数纳米结构由同一材料组成，但纳米结构电子功能的调控要求纳米结构由多种材料组成。这使得纳米尺度异质结界面信息的研究非常重要。纳米尺度半导体异质结可用来模拟光捕集过程，但是在光捕集过程中异质结界面处能级和载流子跨结转移过程机理还没有取得共识。**美国犹他大学(University of Utah)的Nicholas J. Borys**等人利用单粒子光捕集谱仪探究单个粒子形状对异质结中能量转移和载流子弛豫的影响。发现粒子的几何形貌和相应的量子限域参数的形态变异控制光捕集行为谱的泛型。结合扫描电子显微镜结果建立了单粒子的光致发光激发和粒子形貌之间的相关性。该工作发表在**Science 330 (2010) 1372**上。



四角锥异质结单粒子及不同形貌的异质结纳米棒的光捕集谱

可用于等离子体纳米电路的原子级平整的单晶金纳米结构

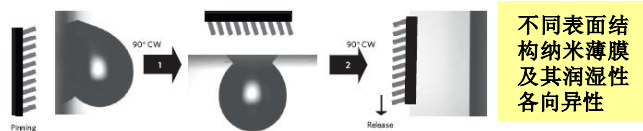
深亚波长等离子体纳米结构对未来光学纳米电路的发展将起到非常重要的作用。但目前由热蒸发生长的金属为多晶结构，利用EBL和lift-off工艺制备时存在较大的多晶金属颗粒，易导致器件内部缺陷。**德国维尔茨堡大学的J. S. Huang**等利用四氯金酸和苯胺通过化学法合成了尺寸大于100μm，厚度小于80nm的晶体取向好，具有原子级平整表面的单晶金薄片。分散在衬底上后可利用FIB等工艺制备各种结构，制备的纳米线路由于消除了粘附层和金属表面等离子体散射，具有双光子荧光光谱显著场增强效应及极好的光学质量。该成果发表在**Nature Communications DOI:10.1038/ncomms1143 (2010)**上。



化学合成的Au单晶薄片与热蒸发Au多晶膜的SEM以及TPPL对比

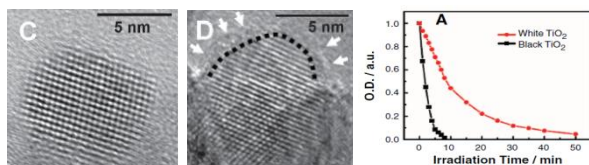
纳米各向异性薄膜的设计及其单向润湿特性

单向润湿现象在自清洁表面、微流体器件、医学等领域具有潜在的应用。目前，人们通过两种途径获得单向润湿效果。一种是空间梯度途径，如温度、表面化学势、表面形貌空间梯度分布等；另外一种是不对称的微凸体棘轮结构。然而，液滴在具有空间梯度分布的表面上滚动过程中，由于自由能不断消耗使得其移动距离受到很大限制。另外，在具有微米尺度的棘轮结构表面，液滴的振荡和变形使其粘附力仅为4uN/5uL。为了有效减少液滴在移动过程中的振荡和变形，增加其粘附力，**宾夕法尼亚州立大学的Nirranjan A. Malvadkar和哈佛医学院的Matthew J. Hancock**等人利用掠入射沉积方法制备出一种具纳米尺度的棘轮结构薄膜，将薄膜表面上液滴的粘附力提高到80uN/5uL，并具有良好的单向流动特性。这对单向润湿特性的表面研究具有重要的意义。该成果发表在**Nature Materials 9(2010) 1023**上。



通过TiO₂纳米晶粒的黑氢化提高其光催化效率

TiO₂是一种良好的光催化剂，在产氢和水解方面应用广泛。然而由于其禁带较宽只能吸收紫外较窄波段的太阳光，为此近年来人们利用各种方法拓宽其吸收波段宽度。这包括改变其组分以及掺杂各种杂质增加缺陷吸收。近来，**加利福尼亚大学伯克利分校的Xiaobo Chen课题小组**利用氢化纳米晶TiO₂极大地拓宽其太阳光吸收光谱宽度并相应的提高了催化效率。这项工作发表在**Sciences 331(2011) 746**上。

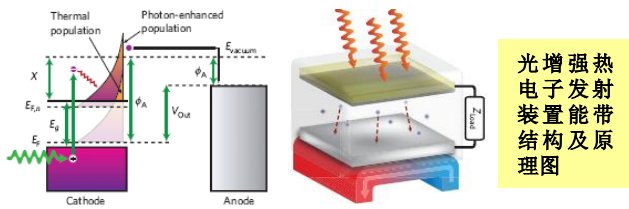


TiO₂纳米晶及其氢化后的HRTEM照片与光催化效率对比

国外进展

太阳能电池聚光系统中的光子增强热电子发射

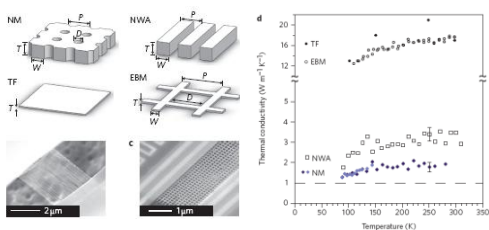
太阳能的利用一般采取两种形式：一，通过量子途径利用太阳光激发电子，例如光伏电池；二，通过热的途径利用汇集太阳能作为热源间接产生电力。然而，量子途径会面临诸如大于禁带宽度的光子的部分能量会以废热损失掉以及低于禁带宽度的光子不能被利用等本质性问题。这些直接限制了光伏电池的太阳能转换率极限 $\leq 50\%$ 。另外，热电子能量转换装置是将热能直接转换为电能，如果能利用此装置将量子途径中产生的废热进一步转化为电能将为继续提高太阳能转化效率极限提供新的途径。近来，**斯坦福大学的Jared W. Schwede**及其合作者提出了这种新的观念即将上述两种物理机制集成在一个物理过程。并在**GaN**器件中得以验证，使得太阳能转化效率达到**60%**。此项工作发表在**Nature Materials 9 (2010) 762**上。



光增强热电子发射装置能带结构及原理图

纳米网状声子结构的热导下降现象

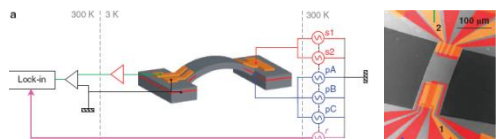
材料的热导和电导独立变化控制在热电材料的能量应用和集成电路降温方面至关重要。原则上，由传导热量和电流所对应的声子和电子的特征尺寸不同，可以对半导体纳米结构的热导率 κ 和电导率 σ 分别加以优化。**加州理工学院的Jen-Kan Yu**等在半导体薄膜上制备了纳米网状的声子结构，可以通过改变声子的能带结构来独立调控 κ 。首先利用**SPAN**工艺制备出了线宽在**20nm**左右的线条和网状半导体薄膜结构，再通过平面工艺制备出了**Pt**量热计和测试平台。这种结构周期可与声子平均自由程相比拟甚至更小。尽管纳米网状结构表面积要大得多，但与纳米线条相比表现出更低的热导，而且保留了块体材料的电导特性。该成果发表在**Nat. Nanotech. 5 (2010) 718**上。



纳米网状结构，扫描电镜照片及不同结构的热导率比较

基于单个谐振器的无内连线并行逻辑电路

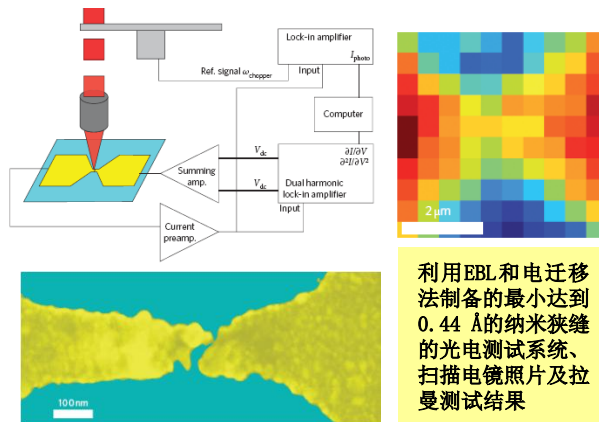
传统布林逻辑功能的实现需要在晶体管间进行大量的物理布线。这不利于提高电路速度与集成度，降低功耗。因此急需发展一种可将布林逻辑压缩到单个工作单元来消除内连线。**日本NTT基础研究所的Mahboob**等人采用单个参量谐振器实现了一种新的逻辑体系结构。在此结构中，多通道的二进制信息被不同频率的机械振动编码。参量谐振器与通道混合可致新的机械振动态，用以实现与门、或门、异或门等逻辑。此外机械逻辑门和电路可以并行操作，使简单机械谐振器中并行逻辑处理得以实现。该成果发表在**Nature Communications | 2:198 | DOI: 10.1038/ncomms1201 (2011)**上。



机电谐振器示意图与结构

等离激元纳米狭缝中的光学整流与场增强

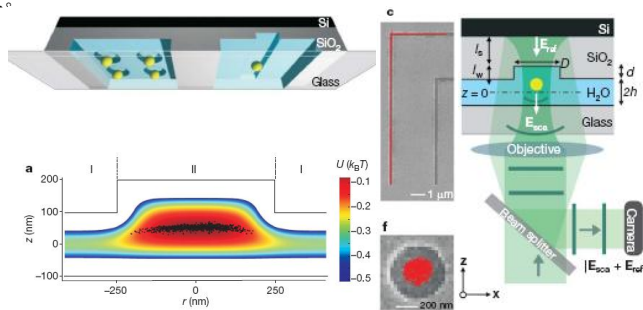
在金属纳米级狭缝间隙结构中存在由于等离激元所导致的显著场增强效应。这种场增强效应可以应用于表面增强光谱、非线性光学、纳光子学等多个领域，但直接在这种纳米级的间隙结构中对场进行直接测量往往是非常具有挑战性的工作。近日，**美国莱斯大学的D. R. Ward**等人利用**EBL**和电迁移法制备出最小达到**0.44 Å**的纳米狭缝，并利用结构中光学电磁响应转换为直流电流的隧穿电导非线性机制，实现了光学整流功能并以此为根据，通过电测量方法对纳米狭缝的光电特性进行表征，在狭缝位置实现了超过**1000倍**的场增强效应。这项工作对相关纳米隙缝结构的非相干光学相互作用、量子效应以及动态检查提出了有效的处理方法，极大地丰富了相关研究的研究手段。该工作发表在**Nature Nanotechnology 5 (2010) 732**上。



利用EBL和电迁移法制备的最小达到0.44 Å的纳米狭缝的光电测试系统、扫描电镜照片及拉曼测试结果

几何形状诱导的流体中纳米物体的静电俘获

物体俘获能力的研究影响到诸如量子光学、软凝聚态物理、生物物理和临床医学等众多学科领域。人们已研究开发出许多精密的方法来记录溶液中布朗运动的随机效应。但是，稳定地俘获纳米尺度的物体仍是一件困难的事。光学镊子是广泛使用的阱，但是要求物体是可充分极化的，因此不能对小的巨大分子进行操作。利用跟踪荧光标记引导的电动反馈技术可以约束单个的分子，但是阱的硬度和寿命受到光物理约束的限制。**瑞士物理化学研究所的Madhavi Krishnan**等人利用离子溶液中带凹槽的二氧化硅平板与玻璃板之间的流体缝隙，产生一种空间分布的静电场，将带负电的物体俘获并悬浮在溶液中达几个小时。他们在进行原理演示时，使用直径为几十纳米的金颗粒、聚合物珠子和脂肪小球，在没有外部的干预下，这些物体都被俘获，而且与其质量和介电性质无关。这种静电阱的硬度和稳定性，可以很容易地通过调节系统的几何结构与溶液的离子强度来改变，并且自身可以与其他操作装置整合。这种静电俘获原理可能会为分子生物学以及物理和材料科学的发展提供机遇。该成果发表在**Nature 467 (2010) 692**上。



纳米静电捕获器件结构示意图、扫描电镜照片、测试光路以及电场分布模拟结果