

2015 年度

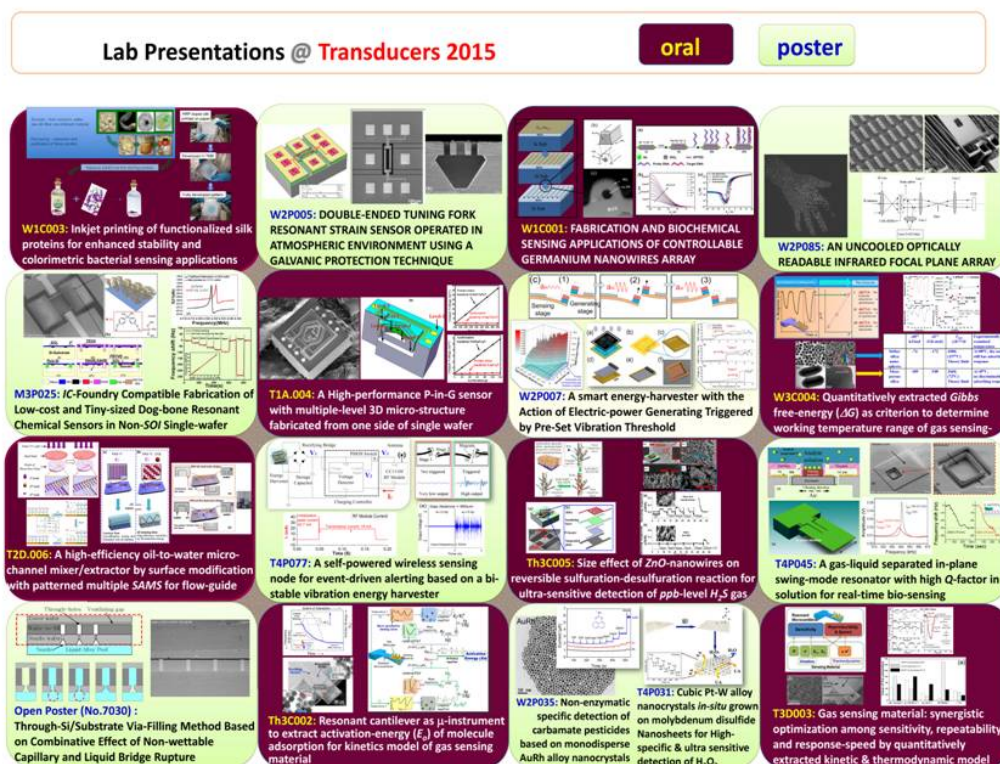
中科院上海微系统所

# 十大科技进展评选

候选内容（共 19 项）

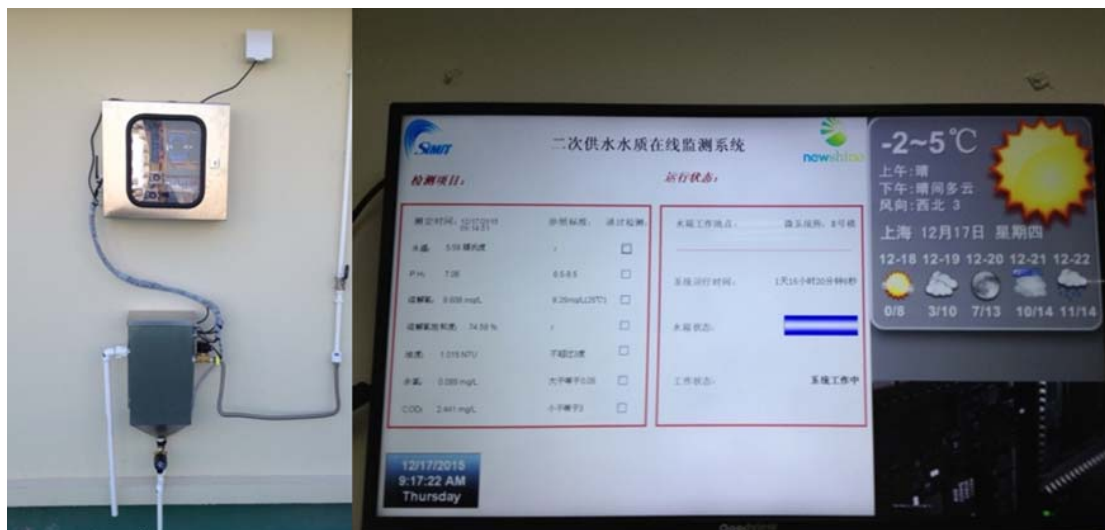
2016 年 1 月 14 日

# 1. 我所传感器高质量论文发表进入国际最前列



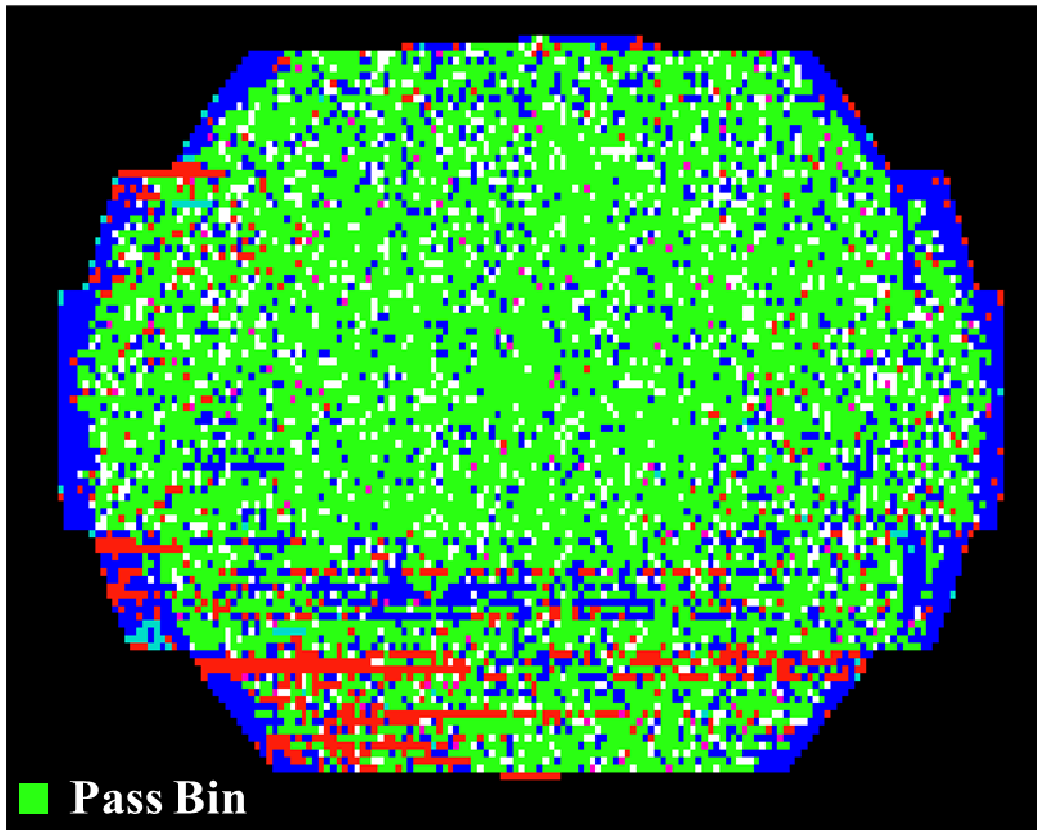
经过多年来的不断努力和不懈追赶，在 2015 年 6 月美国安克雷奇召开的两年一届国际传感器最高会议 Transducers' 15( 论文录取率约 40% ) 上，我所一室获得录用的文章数 ( 16 篇 ) 首次进入国际同行的最前列，并且有不少于一半的论文是录取更为困难的 oral 报告，在学术成果的成色上也进入国际最前列。此外，在本届会议上我们同时创造了单个作者发表论文数全球第一，以及一名作者是同届大会三篇 oral 论文第一作者的历史记录，为本会议前所未有。这标志着我所传感器研究能力实现了重要跨越，从国内领先迈向了国际最前沿。附图为被大会主席邀请做为国际重要传感器实验室在会场大厅的论文成果展示板内容。

## 2. 二次供水（自来水）水质实时在线监测系统打破国外产品的垄断，实现“互联网+水监测”国产化



“二次供水实时在线监测系统”由两部分组成：前端无线传感监测系统和后端水质监测平台。前端监测使用的是自主研发的监测探头，采用国际先进的全光谱检测原理与电化学分析技术相结合，水样无需消解直接检测，大大降低了检测和维护成本，且在检测过程中无二次污染物产生，保证了水质安全和监测结果的准确。监测指标包括 pH、余氯、溶解氧、浊度、化学需氧量（COD）、水温等水质直接相关指标。该系统突破了水质监测技术瓶颈，创新地将“互联网+水监测”深度融合于环境监测领域，打破了目前国外产品的垄断，实现全天候在线监测二次供水水质，可实时保障居民用水安全，为政府改善供水设施等均能提供重要数据，是“智慧城市”智能小区建设的重要实践。

### 3. 嵌入式 PCRAM 芯片在国际上首次应用

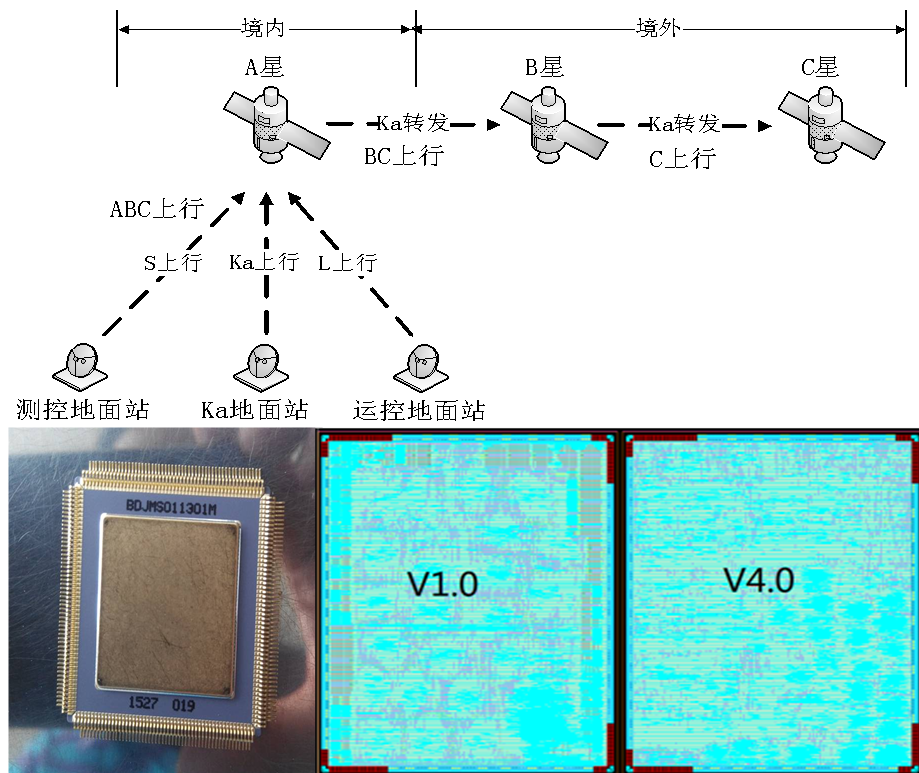


攻克了我国 130nm、110nm 和 40nmPCRAM 量产工艺，使得嵌入式 PCRAM 芯片在国际上得到了首次应用，微系统所是在国际上继英特尔、三星之后的第三家实现了 PCRAM 芯片的量产，产品成品率超过 90%，预计每年将有上亿颗的用量。

随着其他客户产品的逐渐开发，国产芯片将在高速数据处理、移动存储、银行移动电子钥匙、固态存储硬盘等应用上进行推广，这对于推动我国自主存储产业的发展，改变我国存储芯片大部分依赖国外进口的现状，提升国家的信息安全，促进经济发展转型升级，都将起到重要作用。



## 4. 立足本所特色，完成星间通信抗辐照 SOI ASIC 芯片设计



卫星通信芯片是北斗导航卫星星间通讯系统的关键器件，实现星间指令或数据通信的加解密功能。目前加解密主要由大规模 FPGA 电路编程实现。由于处于中高轨道的导航卫星要经受很强的空间离子的辐射，非抗辐照的 FPGA 电路难以达到长寿命应用的要求。因此，抗辐照加密芯片的研制已被列为北斗导航卫星元器件国产化的内容之一。目前完成的基于 SOI 材料 0.13um 工艺的 BDJMSOI1301 是国内第一颗自主研发的国产化星间抗辐照加密专用集成电路。

芯片指标：

- 1) 芯片规模：300 万门左右
- 2) 工作频率：50Mhz

- 3) 工作结温：  $-55^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$
- 4) 工作电压： IO:  $3.0\text{V} \sim 3.6\text{V}$ ， 内核：  $1.08\text{V} \sim 1.32\text{V}$
- 5) 功耗： 整体不超过 2 瓦
- 6) 封装: 陶瓷 CQFP208。

## 5. 微系统所 InP 基无铟量子阱激光器创波长记录

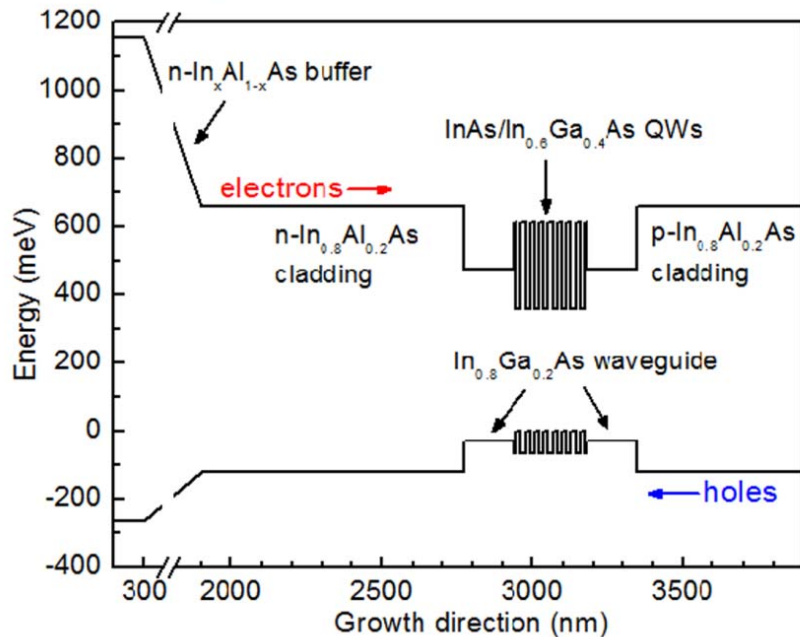
### semiconductor TODAY COMPOUNDS & ADVANCED SILICON

News

8 April 2015

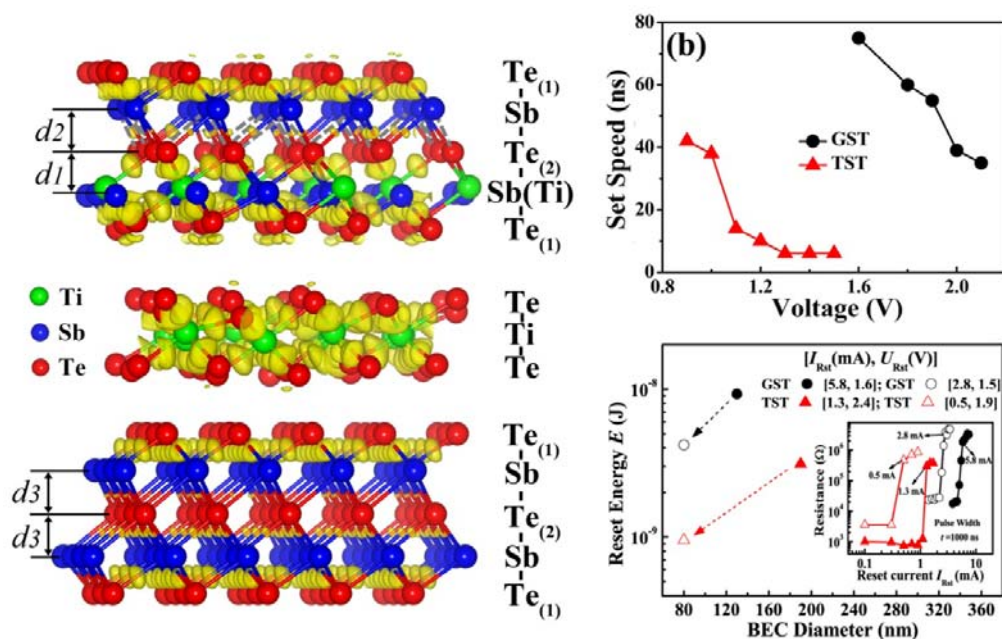
#### Indium arsenide quantum well laser diodes with $2.9\mu\text{m}$ wavelength

Shanghai Institute of Microsystem and Information Technology has developed a long-wavelength indium arsenide (InAs) quantum well (QW) laser diode (LD) grown on indium phosphide (InP) substrate [Y. Gu et al, Appl. Phys. Lett., vol106, p121102, 2015]. The researchers claim the longest wavelength achieved ( $2.9\mu\text{m}$ ) as a record for antimony-free (Sb) structures.



2-3 微米波段半导体激光器在光谱分析、气体检测、航天遥感等方面有重要应用。二室科研究人员创新地构建了高质量异变复合衬底并优化了量子阱和波导结构，成功研制出激射波长达 2.9 微米的 InP 基无铟量子阱激光器，这是目前国际上此类激光器的最长激射波长。该工作在 Applied Physics Letters 上发表后 Semiconductor Today 做了专题报道。课题组在该方向已开展多年持续研究，历年来在 Applied Physics Letters、IEEE Photonic Technology Letters 等期刊发表了多篇系列论文，2015 年受邀以 “InP-based antimony-free MQW lasers in 2-3  $\mu\text{m}$  band” 为题撰写了英文专著篇章，并基于激射波长 2.4 微米以下的一系列室温连续工作器件开发出实用化激光器模组提供给中科院上海技物所和山东大学等应用。“2-3 微米波段 InP 基无铟量子阱激光器材料、器件及应用” 项目获 2015 年度上海市技术发明奖。

## 6. 自主研发 Ti-Sb-Te 材料实现高速、低功耗相变



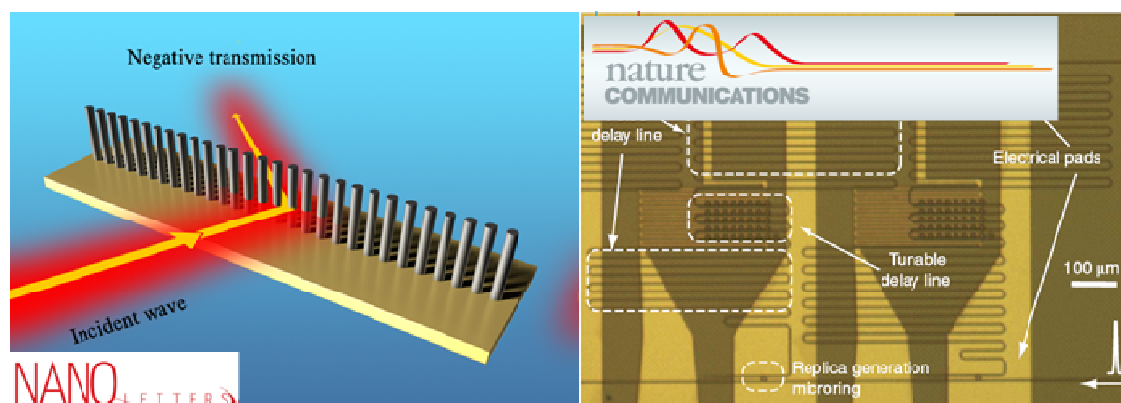
在国际上率先提出的自主 TiSbTe 相变材料，和传统 GeSbTe 材料相比其相变速度可提升一个数量级。优化筛选出的最佳材料组分，通过构造以 Ti 为中心的八面体结构，稍微调整 Ti 原子中心的局部结构就可能实现更低的功耗以及更快的相变速率，并首次通过球差电镜观察到了这种八面体构型的原子结构，这种相变方式大幅降低了器件的 RESET 功耗。这种高速、低功耗、长寿命的自主 TiSbTe 相变材料成功应用于 40nm12 英寸工艺 PCRAM 工程化，通过 1T1R 集成实现了实验芯片的完整数据存储功能。

ACS Applied Materials & Interfaces, 7: 7627,2015

Nature Communications, 5:4086, 2014

Nature Communications, 6:10040, 2015

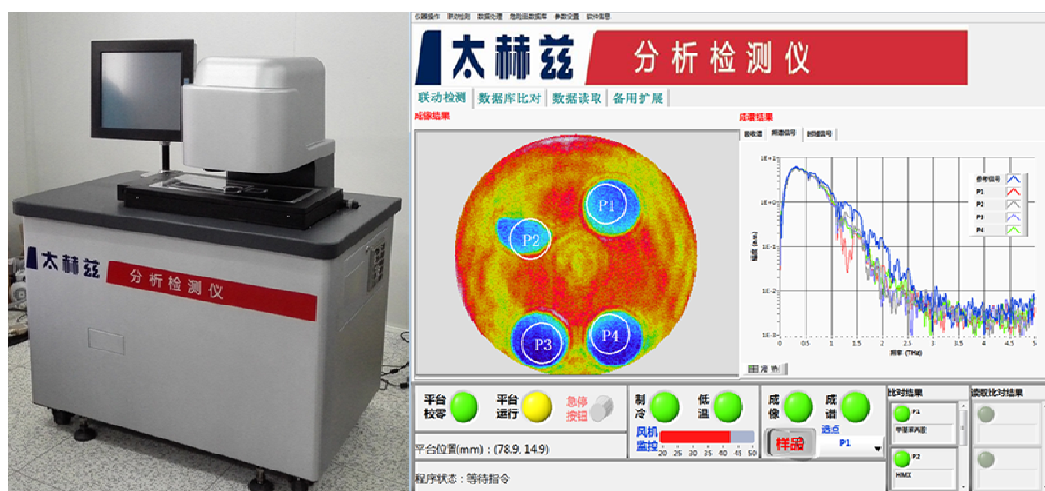
## 7. 硅光子前沿研究再获突破进展



硅光子技术是指采用超大规模集成电路技术实现硅基核心光子器件，并在 SOI 圆片上单片集成，在片上实现激光、调制、探测及复用等功能，微系统所硅光子团队在这一领域不断开拓，瞄准产业化，在前沿研究方面也屡有斩获。2015 年 2 月，微系统所硅光子团队在《Nano Letters》上发表文章（Nano Lett. 2015, 15, 2055–2060），采用单排硅基圆柱阵列实现了片上光束操控，与超构界面相比尺寸更小、效率更高、损耗更小且能够实现光束在面内的传输，便于与片上光子器件集成，为硅光子互连芯片提供了新机理和新器件。2015 年 4 月，微系统所硅光子团队与普渡大学合作，在《Nature Communications》上发表文章（Nat. Commun. 2015, 6, 5957），基于微系统所的硅光子研发平台，在 SOI 圆片上实现了脉冲整形、片上时延、热调谐结构和高速电光调制的单片集成，实现了超宽带可快速重构的射频任意波形发生器件。微系统所硅光子团队将不断进取，在十三五期间与上海工研院和南通工程中心共同在上海周边打造世界知名的硅光子基地。

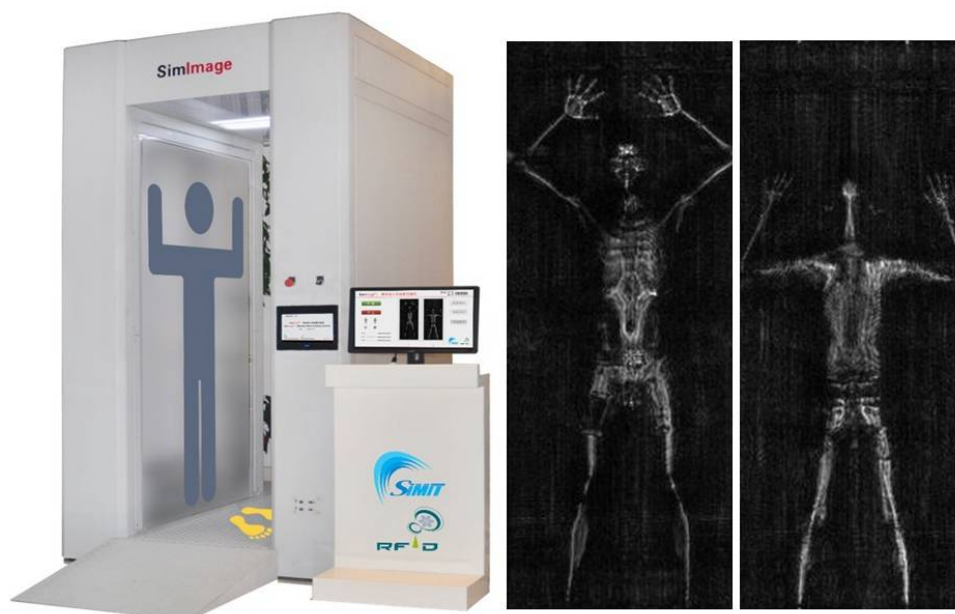


## 8. 新一代太赫兹危险品分析检测仪研制成功



太赫兹 (THz) 波介于红外光与毫米波之间，其与物质的相互作用呈现出非常丰富的物理现象，许多爆炸物和毒品等危险品在 THz 频段有独特的指纹谱。开发可快速识别危险品种类的安检仪在国家公共安全等领域具有重要的应用价值。由国家重大科学仪器设备开发专项支持，中科院太赫兹固态技术重点实验室曹俊诚研究员领衔，联合上海高晶影像科技有限公司、天津大学和上海理工大学，成功开发了基于 THz 量子级联激光器和 THz 时域技术的危险品分析检测仪，在国际上率先采用成像定位与成谱分析相结合的联动方式，完成了对 C4、C5、HMX、TNT、RDX 等爆炸物和海洛因、冰毒、氯胺酮等毒品指纹谱的测量与识别，实现了我国具有自主知识产权的 THz 成像成谱联动分析检测仪的重要突破。

## 9. 毫米波全息安防成像系统研制成功



经过三年研发，第一代 SimImage 毫米波人体成像扫描仪由中科院上海微系统所联合中科院杭州射频识别技术研发中心开发研制成功。该产品主要是针对目前严峻的公共场合反恐需求，对经过的目标人物进行快速的安检扫描，检查出藏匿于身上的各种违禁品，包括各种枪支，各种金属、陶瓷和塑料刀具、塑料炸弹、液体炸弹等。其成像分辨率小于 1cm，成像时间为 2s，达到国外同类产品性能水平。系统中核心芯片、阵列收发组件、成像核心算法等均具有自主知识产权，研发团队近年来已申请发明专利近 20 项。

SimImage 毫米波人体扫描仪在第十七届上海工博会上首次展出，获得了来自中国科学院、上海市科学技术委员会、上海市经济和信息化委员会、浙江省科技厅、上海民航、机场等政府机构和专家领导，以及业内著名企业、投资公司的代表的极大关注。研发技术团队后续已于相

关应用单位紧密对接，将尽快在多个应用场景进行试点应用，同时推进项目的产业化进展。

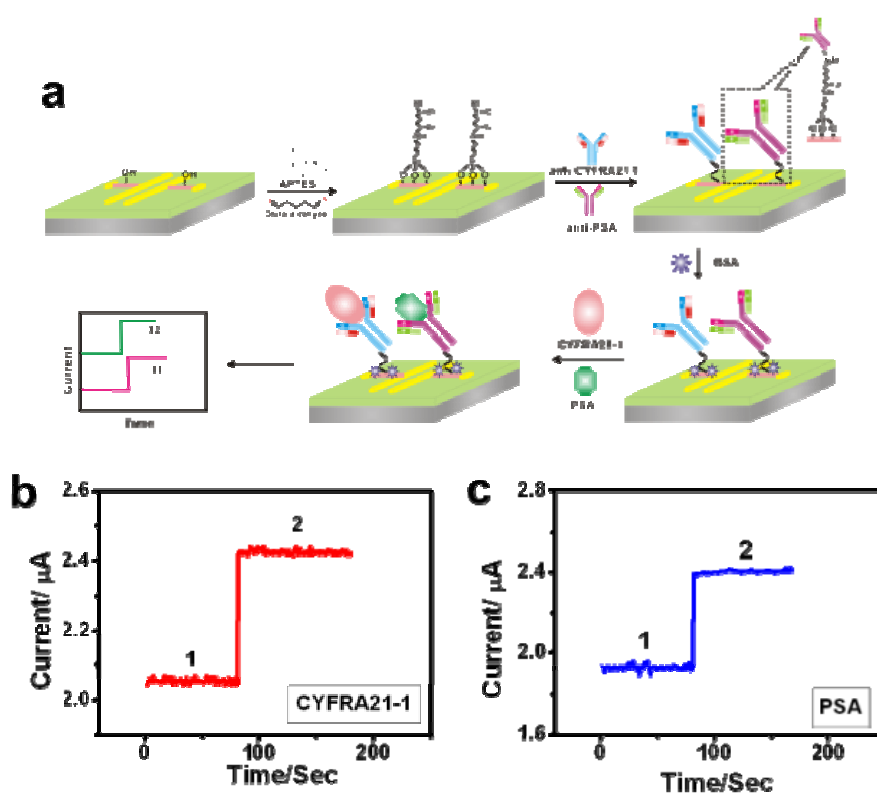
## 10. 空投型特种传感网系统获关键技术突破



空投型特种传感网系统关键技术研究于 2014 年 4 月立项，通过该项目研制了一体化样机。2015 年 11 月在南京某基地完成全指标试验验证，达到技术要求。该样机通过一体化模块设计技术，将常规传感器中的信息处理单元、通信传输单元进行一体化集成，实现了高度的微型化和低功耗，极大地提高了传感器在复杂环境下对混合目标的跟踪、识别及定位能力。本设备可应用于大纵深、边海防监视等领域，可弥补我国在区域性大纵深地面获取信息手段不足，无法与卫星、无人机等共同形成立体感知态势的短板，满足我国从域内向域外，再到全域行动能

力的提升，具有重要的特种领域应用价值，可实现我所特种无线传感网装备的可持续发展。

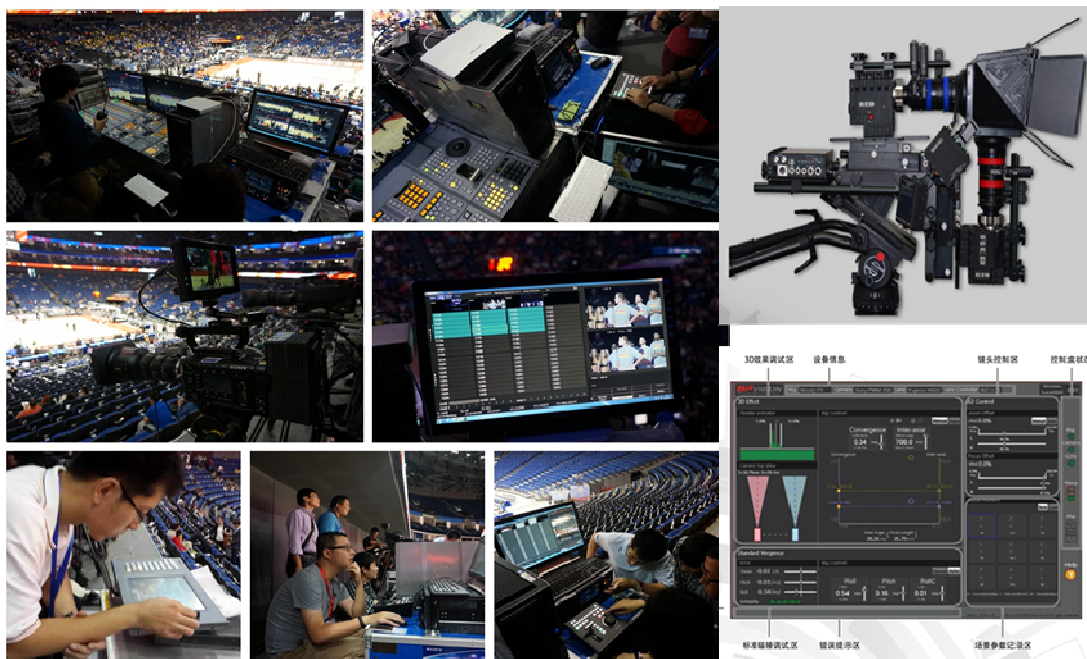
## 11. 硅纳米线集成芯片成功实现对 miRNA、DNA、蛋白等系列标志物的快速、高灵敏检测，为在癌症早期筛查和食品安全等方面的应用迈出关键一步



在以往利用硅纳米线实现 DNA 和 miRNA 高灵敏度检测的基础上，设计并制作完成 PDMS 多通道集成硅纳米线的测试芯片，成功实现对 CYFRA21-1 和 PSA 两种不同蛋白标志物的无标记、超灵敏、特异性、快速检测，检测下限达到 1fg/mL ( Anal. Chem., 2015, 87,

11203-11208 ) , 并实现对血清样品肿瘤标志物的实时检测 , 从而具备 miRNA、DNA、蛋白等系列标志物的完整检测能力 , 为在癌症早期筛查和食品安全等方面的应用迈出关键一步。

## 12. 自主研发的多机位全自动 3D 摄像系统通过验收 , 使我国 3D 摄像领域技术达到国际领先水平



观众观看 3D 视频过程中 , 双眼视线汇聚在被观测物体上 , 当 3D 视频画面切换时 , 注视物体的距离可能随着切换画面出现跳跃性变动 , 引起观众不适及视觉疲劳。为解决这一问题 , 五室智能仿生视觉团队通过仿生双眼原理 , 利用自主研发的全自动 3D 控制技术 , 在 2015 年 6 月完成了国际首创的 3D 多机位协调拍摄系统。该系统通过同时控制场上正在拍摄的各 3D 摄像系统的辐辏角以及 5 自由度以上双摄像机位姿 ,



实现对各系统辐辏角和双眼标准辐辏的同时高精度控制，保证视差实时校准，从而使各拍摄系统的中心注视物体的 3D 观测距离相同，在任意切换 3D 画面时都不会产生大的注视距离变动，减少了双眼辐辏运动的频度，降低了视觉疲劳。3D 多机位协调拍摄系统已在 15 年通过了广电总局广播电视计量检测中心的验收，使我国 3D 摄像领域技术达到了国际领先水平，并在上海电视台进行了多场多机位的高水平 3D 节目拍摄，获得良好效果。

### 13. 专用宽带无线通信装备全系列一次性通过出厂所检验

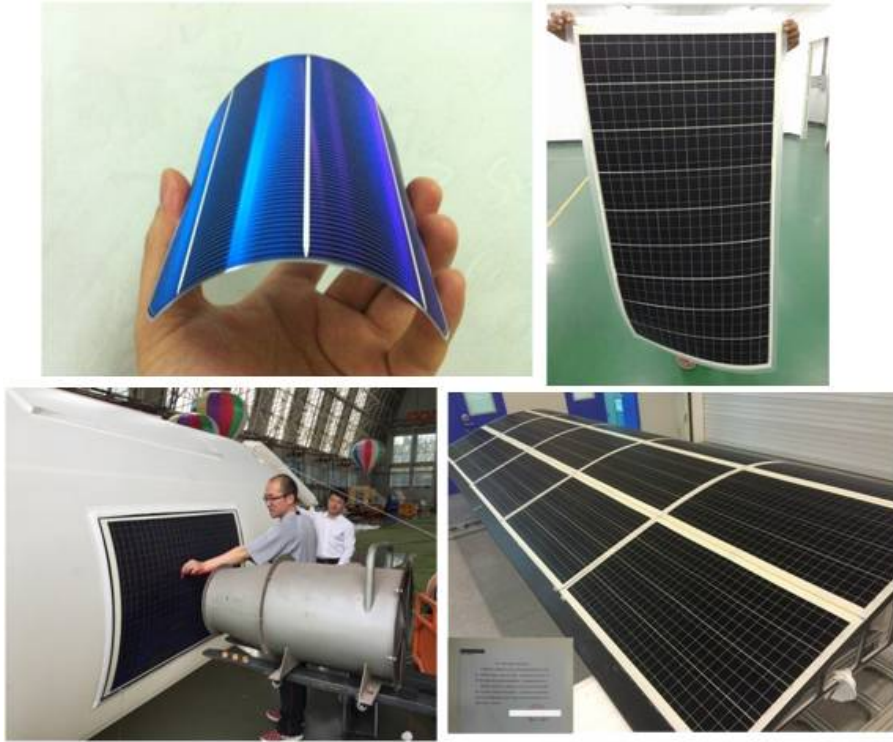


经近三年的刻苦攻关研发，我所承研的八款专用宽带无线通信系统装备今年进入出厂所检验阶段，在电磁兼容、可靠性、环境适应性三大试验组成的检验中，我所承研的全部八款装备均一次性顺利通过，成为所有参测厂家中唯一一家一次性全部过检的单位，在该行业新研系统的出厂所检验历史上也属罕见。

该检验过程今年在华南、华中、华东地区同时展开，项目组妥善组织了人员、装备、后勤，在测试过程中充分展示了我所技术的先进性和可靠性，在这次靠实力比拼的舞台上拔得头筹，受到总部机关和用户的广泛好评，向着该研制任务的顺利完成又迈出了坚实的一步。

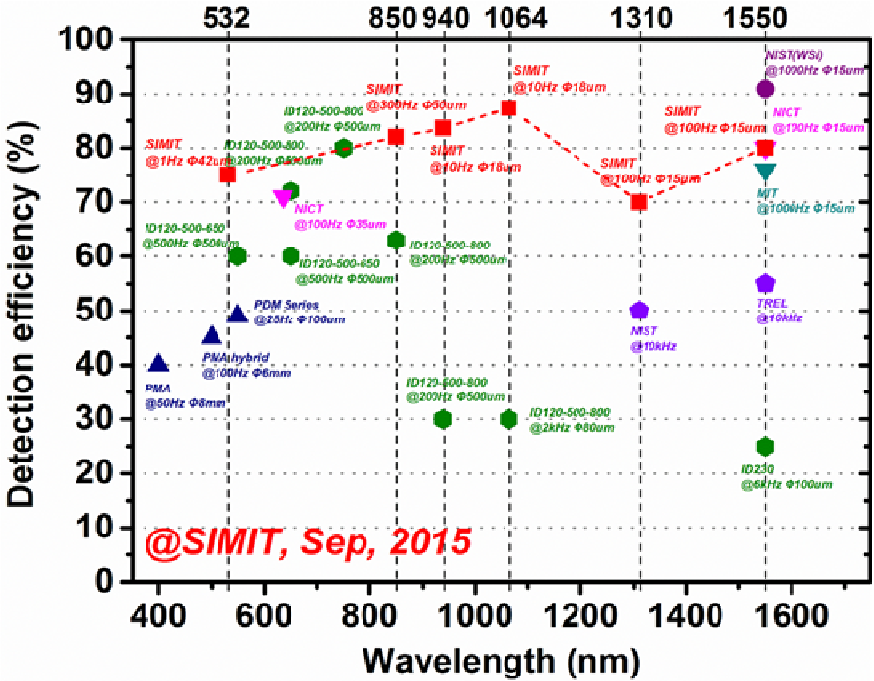
期待着该项目来年取得更大的成绩。

## 14. 高效、轻质、柔性晶体硅太阳电池在临近空间投入应用



面向高分临近空间应用需求，中科院上海微系统所新能源技术中心研制了高效、轻质、柔性晶体硅异质结（HIT）太阳电池，厚度仅 105  $\mu\text{m}$ ，经国际权威第三方检测机构检测转换效率达到 22.4%，达到国内领先水平；利用该电池双面对称的特点，自主开发了同侧互联封装技术，提高了封装效率和可靠性。目前已成功应用于我国自主研发的太阳能动力无人飞机两架，为动力系统提供 6.0kW 以上 HIT 太阳电池，全部取代进口产品；其次超薄柔性 HIT 电池为临近空间气球研发项目配套服务，经用户测试，转换效率、有效载荷比、可靠性能远远超过国内同行水平。该技术为我国临近空间应用提供高效、轻质的柔性太阳电池，摆脱依赖进口产品的局面，对产品性能的提升、国家安全等有着重大意义。

# 15. 超导单光子探测器件技术研究达到国际领先水平



2015 年，超导纳米线单光子探测 ( SNSPD ) 研究取得系列突破。成功研发了从可见光到近红外波段 ( 532、850、940、1064 等 ) 高探测效率 SNSPD 器件，最高探测效率超过 85%@1064 nm，达到了国际最好水平【Opt Exp 23, 17301(2015)】。首次提出并成功研制高消光比 SNSPD 器件【Sci Rep 5, 9616(2015)】；首次发现了有无光照条件下暗计数的不同，并解释了探测效率反常增加的现象【Opt Exp 23, 10786(2015)】。成功（合作）开展了少光子成像【Opt Exp 23, 14603(2015)】、3000 公里卫星激光测距以及 200 平方公里量子通信网络等前沿应用实验和演示。SNSPD 器件和系统已实现了国内外销售。2015 年发表 11 篇 SCI 论文，在国际学术会议上做大会邀请报告 1 次，分会邀请报告 3 次。体现了上海微系统所在该领域研究已达到了国际领先水平。

## 16. 中科院上海微系统所石墨烯单晶晶圆研究取得重要进展

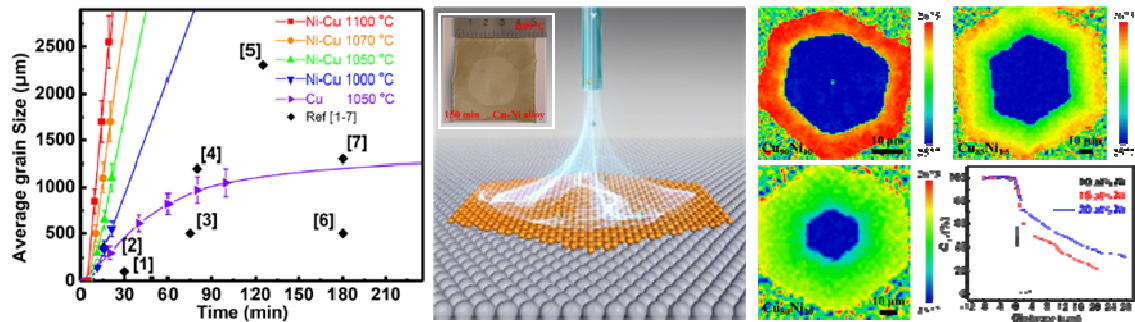


图. Ni-Cu 合金表面快速生长晶圆级石墨烯单晶（左、中）和同位素技术对合金衬底上石墨烯生长机理的分析（右）

在国家重大专项“晶圆级石墨烯材料和器件基础研究”等项目的支持下，中科院上海微系统所超导实验室谢晓明研究员领导的石墨烯研究团队，在国际上首次实现石墨烯单核控制形核和快速生长，成功研制出~1.5 英寸石墨烯单晶，研究论文于 2015 年 11 月 23 日在 Nature Materials 上在线发表(DOI:10.1038/nmat4477)。单晶硅是微电子技术发展的基石，而单晶石墨烯则是其在电子学领域规模化应用的前提。铜表面催化生长是制备石墨烯薄膜的主要手段，但由于无法实现单核控制，且生长速度随着时间的推移逐渐变慢，人们急需发展全新的大尺寸石墨烯单晶成核技术。微系统所研究团队通过向具有一定溶碳能力的 Cu<sub>85</sub>Ni<sub>15</sub> 合金局域提供碳源，产生局部碳浓度过饱和，成功解决了石墨烯单个核心控制形核这一技术难题，且生长速度高达 180 微米/分钟，实现了三维硅单晶技术在二维材料中的再现。这项研究发展出的控制形核技术为探索其它二维材料单晶晶圆的制备提供了全新的思路，对于推动石墨烯在电子学领域的应用具有重要意义。



## 17. 中科院上海微系统所在拓扑绝缘体的铁磁性形成机理的研究中取得重要进展

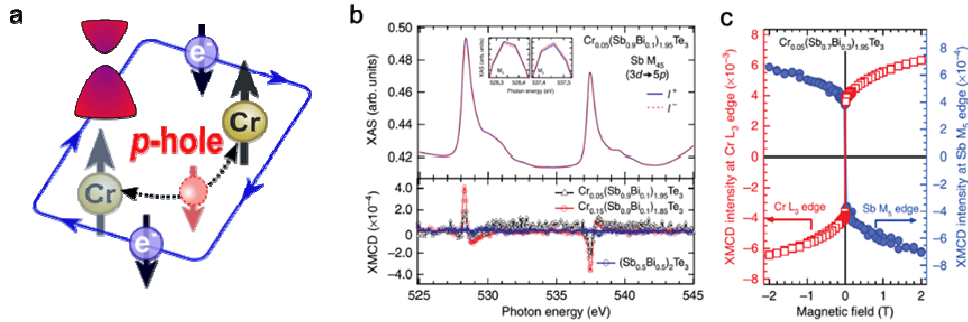


图 a: Cr- (Sb,Bi)2Te3 材料中的铁磁性形成机理的概念图；b: Cr 含量不同的材料中，Sb 元素的 X 光吸收谱以及 X 光磁圆二色性能谱；c: Cr 与 Sb 的元素分辨磁化曲线。

近期，中科院上海微系统所超导实验室原位电子结构方向组叶茂副研究员等人，通过使用基于同步辐射光源的软 X 射线磁性圆二色性能谱和光电子能谱，结合第一性原理计算，首次揭示了具有量子反常霍尔效应的铁磁性拓扑绝缘体中的铁磁性形成机理。研究结果表明，Cr 掺杂的(Sb,Bi)2Te3 母相晶体中 Sb 和 Te 的 p 电子轨道所具备的磁矩，为形成长程铁磁性秩序提供了不可或缺的媒介作用，从而为量子反常霍尔效应的实现提供了必要条件。相关研究成果于 2015 年 11 月 19 日发表在 Nature Communications 上 ( DOI:10.1038/NCOMMS9913 )。该项研究成果揭示了拓扑绝缘体中本征铁磁性的形成机理，为寻找具有更高温度的量子反常霍尔体系、研发新一代超低能耗量子器件的工作提供了重要的依据。

## 18. 上海微系统所在氮化硼表面制备石墨烯单晶取得重要突破

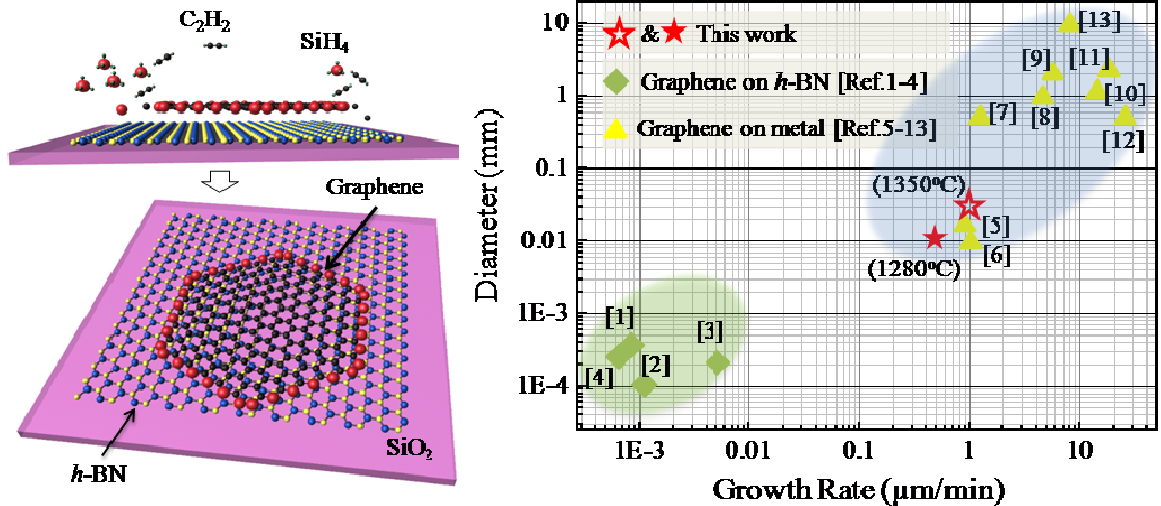


图. 气相催化法生长石墨烯单晶的示意图 (左) 和所得单晶尺寸和生长速率与之前文献报道

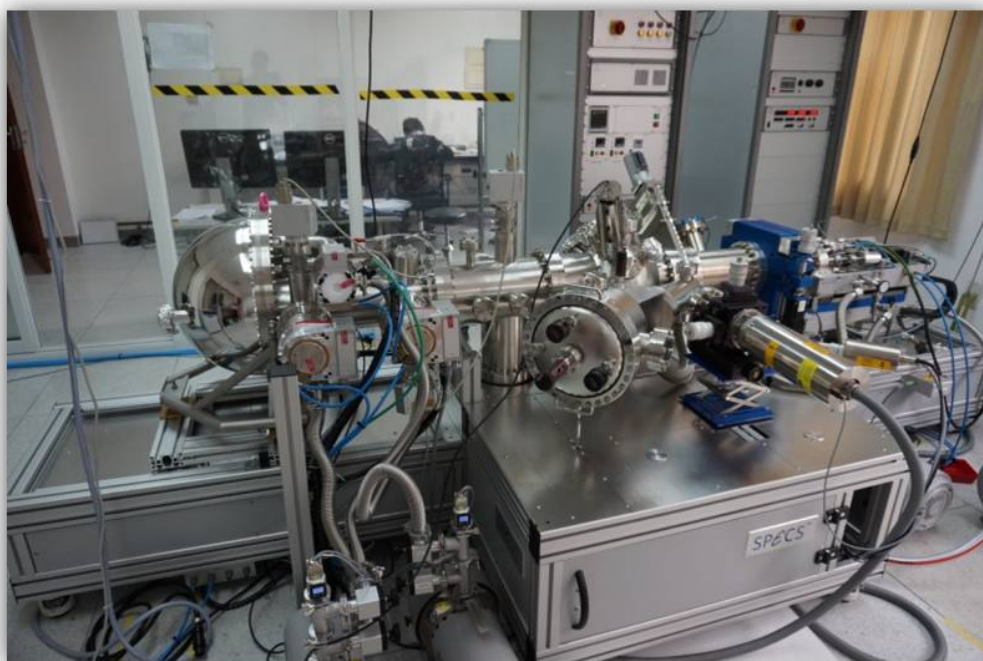
数据比较 (右)

上海微系统所超导实验室石墨烯课题组唐述杰等人，在国际上首次通过引入气态催化剂的方法成功实现石墨烯单晶在六角氮化硼表面的高取向快速生长，研究成果于 2015 年 3 月 11 日在 Nature Communications 上发表 (DOI:10.1038/ncomms7499)。

石墨烯以其优异的电学性能、出众的热导率以及卓越的力学性能等而被人们普遍认为是后硅 CMOS 时代延续摩尔定律的最有竞争力电子材料。研究表明，六方氮化硼因其表面原子级平整、无悬挂键、优异的绝缘性能等优势，成为石墨烯电子器件的绝佳衬底。中科院微系统所石墨烯团队，选择六方氮化硼为衬底，以乙炔为碳源，创新性地引入硅烷作为催化剂，通过化学气相外延的方法制备出晶畴尺寸超过 20 微米的石墨烯

单晶。这项工作克服了不能在六角氮化硼上直接生长石墨烯单晶的巨大难题，首次实现石墨烯单晶在六角氮化硼表面的高取向快速生长，为在介质衬底上制备高质量石墨烯单晶薄膜提供全新的思路和技术方案。

## 19. 国内第一台近常压光电子能谱仪在上海微系统所投入使用



依托基金委国家重大科研仪器设备研制专项“基于上海同步辐射光源的能源环境新材料原位电子结构综合研究平台（SiP·ME2）研制”项目支持，由微系统所牵头，四家联合单位将在上海同步辐射光源（SSRF）建成一个国际先进水平的、多功能、高精度的原位电子结构综合研究平台。作为该仪器专项的重要组成部分，近常压光电子能谱，

在刘志研究员课题组的努力下，于 2015 年 4 月 16 日在上海微系统所 3 号楼正式投入使用。此台近常压光电子能谱仪，能够实现在样品环境气压最高 20mbar 的条件下的光电子能谱原位测量，样品最高可以加热到 800K。它突破了传统软 X 射线光谱学只能应用于高真空或超高真空下的壁垒，使得在近常压下对固-气、液-气界面进行化学成分、氧化态以及电子结构的实时原位分析成为可能。本台仪器的成功运行填补了我国在近常压光电子能谱研究领域的空白。