

金属之光

10

中国科学院金属研究所
2017年 第10期 (总第198期)

INSTITUTE OF METAL RESEARCH. CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

喜迎十九大

永 / 远 / 跟 / 党 / 走
党 / 在 / 我 / 心 / 中



中华人民共和国万岁



世界人民大团结万岁

出版日期: 2017年10月

纳米孪晶金属与历史无关的稳定循环响应研究取得重要突破

疲劳通常指反复施加循环载荷(远小于材料的屈服应力极限)而引起的一种材料弱化过程。实际服役过程中约90%金属构件的失效均由疲劳断裂引起,其原因是材料在循环加载过程中微观结构不断变化、遭受严重且不可逆转的累积损伤,从而导致材料循环硬化或软化直至最终失效。金属材料的非稳定循环响应及疲劳寿命强烈依赖于其疲劳历史,实际复杂循环载荷服役条件下金属构件的疲劳失效和寿命预测更加困难。因此,抗疲劳损伤材料发展的重大瓶颈问题就是如何减小或抑制循环变形过程中微观结构局域化和不可逆损伤。

最近,中国科学院金属研究所沈阳材料科学国家(联合)实验室卢磊研究员研究组和美国布朗大学高华健教授研究组合作在这一领域取得了突破性进展。他们发现具有晶体学对称结构的纳米孪晶金属不但具有循环稳定响应而且疲劳累计损伤非常有限。这种具有独特的稳定循环响应特征和有限累计损伤的纳米结构为发展抗疲劳损伤的高性能工程金属材料提供了新思路。

研究人员利用直流电解沉积技术成功制备了块体择优取向纳米孪晶纯铜样品。通过传统拉-压应变幅控制疲劳实验研究了该样品的相关循环

应力响应,发现在恒定应变幅下,其应力响应迅速稳定(既不硬化也不软化);尤为重要的是,当应变幅阶梯式递进增加以及随后阶梯式递进减小时,该样品的应力-应变响应完全可逆,即当应变幅恒定时,应力和应变具有一一对应关系,且循环滞后环完全重合(图1)。该结果表明经过上万次循环加载变形之后,纳米孪晶金属的塑性变形是可逆的且没有累积损伤,表现出一种独特的与历史无关的稳定循环响应特征。微观结构分析与大规模分子动力学计算模拟发现循环载荷作

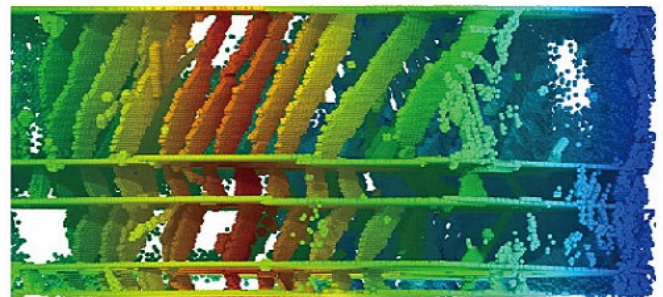


图2.分子动力学计算模拟疲劳试验过程中纳米孪晶片层内形成的高度关联链状位错及稳定孪晶界面。

用下,纳米孪晶结构中仅有单滑移位错启动,并在纳米尺度孪晶间形成大量超级稳定、相互平行的高度关联链状位错(图2)。这种关联链状位错结构往复可逆运动承担塑性变形,但相互之间并无交互作用,既不破坏纳米孪晶结构的稳定性也不造成累积损伤。纳米孪晶金属与历史无关的稳定循环响应特征与传统单晶、粗晶和纳米晶体金属具有的结构非稳定化和严重损伤累积的循环变形行为截然不同。

该研究获得科技部国家重大科学研究计划、国家自然科学基金委国际合作重点项目、中国科学院前沿科学重点研究等项目资助。该成果发表在《Nature》(《自然》)周刊(2017年10月30日在线Advance Online Publication (AOP) on Nature's website: <https://www.nature.com/nature/journal/vaop/ncurrent/pdf/nature24266.pdf>)。

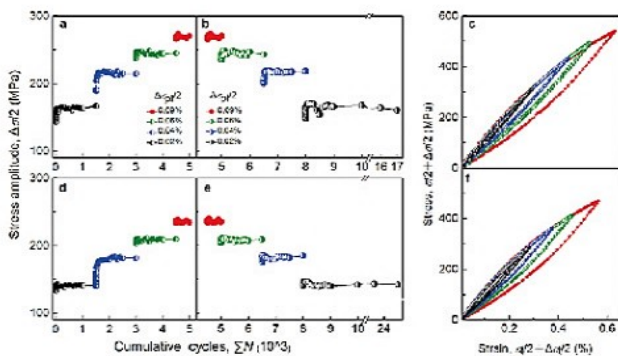


图1. 纳米孪晶Cu与历史无关的稳定循环响应行为。在变幅疲劳实验中,具有不同孪晶片层和晶粒尺寸的两类纳米孪晶样品随塑性应变幅阶梯式递进增加时的循环响应曲线(图a和d)和随塑性应变幅阶梯式递进减小时的循环响应曲线(图b和e);图c和f分别为两类样品在不同应变幅时的滞后环。应变幅恒定时,应力和应变具有一一对应关系,循环滞后环完全重合。

金属所研制出具备双极可调整流特性的原子厚度隧穿晶体管

近期，金属所研究人员利用范德华人工堆垛技术，在少数原子层硫化钼（MoS₂）与金属电极之间插层高质量六方氮化硼（h-BN）隧穿结构，成功制造出能够通过门电压调制的双极反向整流器件。该项成果在单个纳米器件中集成了场效应管与多工作组态二极管（图1），有望开辟基于二维原子晶体的超微型信息器件的新途径。10月17日，英国《自然通讯》(Nature Communications) 期刊在线发表了该项研究成果。

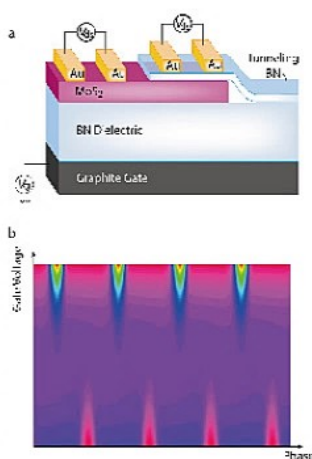


图1a) MoS₂隧穿晶体管示意图; b) 输入正弦波在门电压调制下的双向整流效应

众所周知，高质量层状垂直异质结的制备，通常需要利用超高真空分子束外延生长等手段。然而，此类制备方法对外延材料的基底晶格匹配等要求较高。范德华堆垛方法是近年来兴起的凝聚态物理研究前沿之一，其利用层状材料的范德华结合力，将不同的二维、准二维材料人工堆垛成为任意异质结构，可以大大降低受基底材料的局限。该方法一经发明，立刻在凝聚态物理领域引发了全球范围的研究热潮。目前，该体系已经在介观尺度下实现了由超高质量界面引起的整数与分数量子

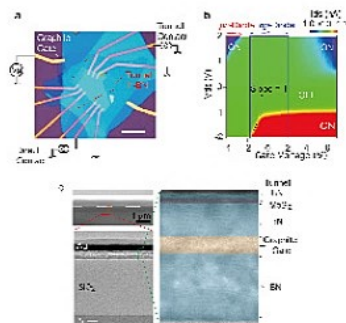


图3a) MoS₂隧穿晶体管光学照片; b) 器件在源漏偏压和门电压参数空间中的输出电流特性; c) 样品的垂直截面透射电镜图像

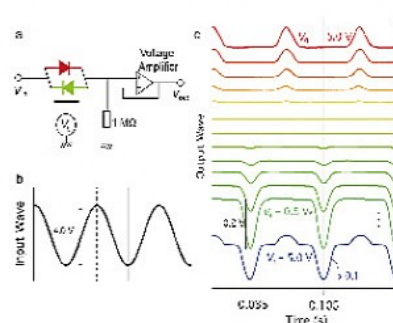


图4 MoS₂隧穿晶体管仅通过门电压调控即可以实现具有不同功能的整流器件，包括正向导通、全关、负向导通、全开器件

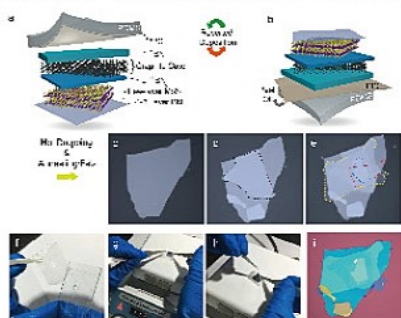


图2 实验制备倒置范德华堆垛异质结的示意图及光学照片

霍尔效应、电子光学等新奇物理特性。

金属所磁学与磁性材料研究部研究人员发明了倒置范德华堆垛的新方法（图2）。解决了传统范德华垂直异

质结构难以获得高质量超薄顶层的结构性难题，目前已申请中国专利一项。基于上述倒置转印范德华堆垛的制备方法，金属所研究人员以少数层二硫化钼（MoS₂）为研究体系，利用超薄（少数原子层）的六方氮化硼（h-BN）作为范德瓦尔斯异质结的隧穿层，系统开展了隧穿晶体管器件研究。研究表明，通过在金属（Au）和半导体（MoS₂）界面之间引入隧穿h-BN，可有效降低界面处的肖脱基势垒，从而实现通过局域石墨背栅的对通道MoS₂费米能级的精确静电调控（图3）。

所获得的MoS₂隧穿晶体管仅通过门电压调控即可以实现具有不同功能的整流器件，包括pn二极管、全关、np二极管、全开器件（图4）。这项工作利用电子隧穿，首次将双向可调的二极管和场效应管集成到单个纳米器件中（过去要通过集成电路才能实现），为未来超薄轻量化、柔性

多工作组态的纳米器件开创了新的研究方向。

该项研究工作由沈阳材料科学国家（联合）实验室磁学与磁性材料研究部张志东研究员与韩拯研究员主持，国内外多家科研单位共同合作完成。金属所先进炭材料研究部孙东明研究员在微纳器件制备方面提供支持，半导体所姜向伟研究员小组进行了第一性原理计算模拟，北京大学量子中心陈剑豪教授小组提供了电子束曝光（EBL）加工支持，太原理工大学郭俊杰教授研究组进行了聚焦离子束（FIB）制备与透射（下转封底）

功能材料成果推广

金刚石薄膜的制备与应用

技术简介及应用领域

本技术主要利用微波化学气相沉积或热丝CVD的方法在不同衬底上生长各类型金刚石薄膜（单晶、多晶及多孔金刚石），以满足特殊超硬材料的机械加工和航空航天及微电子等领域对关键材料和技术的需求，如金刚石电子器件、金刚石切削刀具、金刚石硬质涂层、金刚石窗口、电子器件散热层等。

技术特点(包含主要技术指标)

在硬质合金上生长的金刚石膜与基体之间有良好的结合力，可应用于轻金属和碳材料的机械加工。此外，本技术工艺简单，成本低廉，适合于工业推广和应用。技术指标包括：生长面积： ≤ 3 英寸；沉积速率： < 10 mm/h；厚度： $3 \sim 50$ 微米；硬度： $50 \sim 100$ GPa。本技术可应用于金刚石高频高能微电子机械系统、功能防护涂层和透明电极、金刚石基生物传感器，IR、紫外以及X光的

窗口，场发射器件，远紫外激光器的制备等等。

合作方式

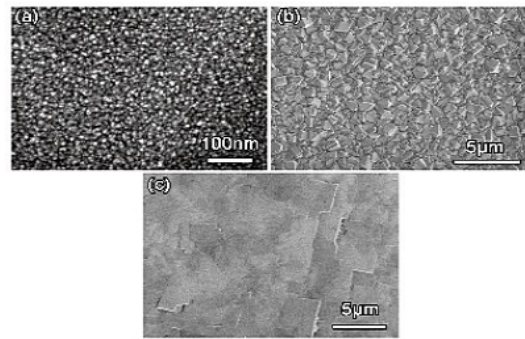
联合开发、技术转让、技术入股

联系人

项目负责人：刘宝丹

电话：024-83970875

邮箱：baodanliu@imr.ac.cn



不同形貌的金刚石薄膜。(a) 超纳米金刚石；(b) 微米级金刚石；(c) (100)取向异向外延金刚石

陶瓷颗粒增强铝基复合材料

技术简介及应用领域

陶瓷颗粒增强铝基复合材料与传统铝合金、钛合金等相比，具有高比强度、高比刚度、高耐磨、高热导率、低热膨胀系数等特点，可广泛应用于航空、航天、汽车、核电等领域。目前颗粒增强铝基复合材料在一些有减重需求的结构件、耐磨件、散热器件以及特定功能件（如中子吸收）等获得了大量应用。本技术研制的中低体分SiC颗粒增强铝基复合材料相对传统铝、钛合金，具有高比强度、高比刚度等特点，目前作为结构件大量应用于航空航天等领域。另外，由于该材料的高比强度、高耐磨性、低热膨胀系数等特点，在高端汽车轮毂、刹车盘、发动机活塞等领域也具有广阔的应用前景。

高体分铝基碳化硅材料具有密度小、热膨胀系数小、热导率高等特点，目前已作为热管理材料替代铝铜、钨铜等小批量应用于电子封装等领域，未来在IGBT、LED散热基板等领域也具有批量化应用前景；高体分铝基碳化硅材料还具有高比刚度及良好的尺寸稳定性特点，目前在空间相



机支架、仪器仪表等领域也具有广阔的应用前景。

合作方式

联合开发、技术入股、技术转让

技术简介及应用领域

本技术为1-10微米多孔（开孔）金属的制备技术，如镍、铜、不锈钢等金属，特别适合多孔金属箔、多孔金属管和多孔金属粉的制备。多孔铜箔可应用于锂电池负极集电体，可大幅度提高电池充电容量。

技术特点

多孔金属尺寸在理论上无限制，从性价比上建议厚度小于1毫米，100微米以下金属箔，加工成本每平米10元以下，适于大规模生产，孔隙率：35~75%，孔型：开孔，孔径：1~10微米，多孔纯铜箔强度200MPa左右，适用于纯铜或铜合金、纯镍合金、不锈钢等，产品合格率：

联系人

项目负责人：马宗义

电话：024-83978908

邮箱：zyrna@imr.ac.cn

微孔金属制备技术与应用

95%以上。所用设备均为常规设备。已实验室生产多孔镍、多孔铜和多孔不锈钢等。

合作方式

联合开发、技术入股

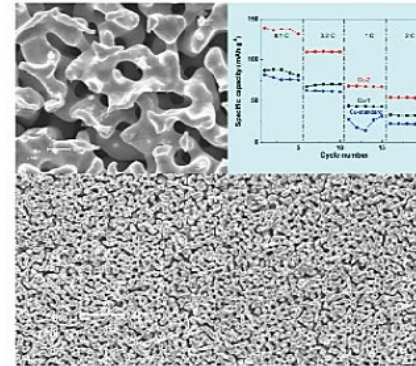
技术转让

联系人

项目负责人：任伊宾

电话：024-23971676

邮箱：ybren@imr.ac.cn



多孔铜箔及锂电池应用

技术简介及应用领域

本技术采用少量合金化和等温淬火热处理的技术措施，开发出含碳化物等温淬火球墨铸铁（简称CADI）强韧性耐磨材料，为冶金、矿山、水泥、发电、现代农业等行业提供一种优质的抗磨材料。

技术特点

调节合金成分，可以方便的控制CADI基体中碳化物含量，从而调节合金的韧性与硬度，针对不同的应用环境，开发不同强韧性的部件。

CADI材料的性能主要由等温淬火工艺决定，即由奥氏体化温度和保温时间、等温淬火温度和保温时间决定。

CADI球铁制备工艺简单易实现，成本低廉，在现有球墨

铸铁生产设备上可直接进行生产。

合作方式

联合开发、技术入股、技术转让

联系人

项目负责人：闫德胜

电话：024-83978883

邮箱：dsyan@imr.ac.cn

高耐磨性农用机械配件



“我在团队中的位置”主题讨论活动心得分享

“我在团队中的位置”主题研讨会心得体会 ——特殊环境材料研究部党支部

在我们这个党支部团队中，有进入耄耋之年的李依依院士，有在工作岗位奋斗了20多年的以戎利建同志为代表的中青年党员，更多的是奋斗在科研第一线的年轻党员同志。李依依院士作为一名优秀的共产党员，依然为金属所、研究部、青年人才的发展出谋划策，全力担当顾问角色，为研究部争取科研经费，在自己位置上努力担当，充分发挥了党员的先锋模范带头作用。戎利建同志则一直以老一代优秀党员的精神激励自己，在团队中发挥带头表率作用，他立足于课题组，着眼于研究部，为整个团队的发展建设而努力。

通过本次活动的热烈讨论，从实验支撑岗位的技术工人，科研一线的年轻党员，到科研骨干和学术带头人，再到耄耋之年的李依依院士，每个人都满怀激情，都要在团队中发挥自己的作用，贡献自己的一份力量，促进各个课题组、研究部和研究所不断向前发展。

叔本华曾经说过“单个的人是软弱无力的，就像漂流的鲁滨逊一样，只有同别人在一起，他才能完成许多事业。”这句话充分的说明了团队协作的重要性，正如一个人走路，可以走的很快，一群人走路，可以走的很远。只有在团队中，我们才能最大程度激发自身能量，从而实现自我人生价值。所谓团队精神，是指团队成员为了团队利益与目标而相互协作的作风，共同承担集体责任，齐心协力，汇聚在一起，形成一股强大的力量，成为一个强有力的集体。

就个体在团队中所发挥的作用而言：不同类型的人会发挥不同的作用，精神力量和业务能力强大者，影响面广，能够起到带头和舵手的作用；精神力量和业务能力较弱者，可起到助手和促进团队发展的作用；总之，在一个团队中的每一个人都会对团队的协作产生一定的影响。这关键在于管理者能否将每个队员放到合适的位置，

让其发挥个体优势，从而使团队的力量最大化。

在科研工作中，我们怎样才能找到自己在团队中的位置呢？第一、要建立和谐的信赖关系，营造良好的科研工作氛围。心理学家认为：如果与同事、领导形成和谐的信赖关系，相处的气氛就会融洽，就会有助于形成相互尊重、相互理解的氛围和宽松的环境。这将激发科研工作的热情，更好地发挥个人的聪明才智和创新能力，从而获得更好、更多和更有价值的科研成果。第二、要积极参加研究团队的活动，增强团结协作精神。参加研究团队的集体活动，可以增强我们的团结协作意识，进而产生协同效应；在遇到困难的时候，就能共同想办法、出主意，凝聚集体的力量，做到“三个臭皮匠，顶过诸葛亮”。当在科研工作中遇到困难，内心彷徨、犹豫不决的时候，最需要的是什么呢？需要的是同事之间发自内心的鼓励和帮助，它可以使我们充分展示自我，同事的一句话，有时可使你跳出原来框架的束缚而变得豁然开朗，从而使问题迎刃而解。可以使我们感受到团队的巨大力量。第三、不断学习，提高自我。作为科研团队中的一分子，每个人都要努力工作、不断学习，提高自己的知识水平和科研工作经验，使得自己在从事科学研究过程中不断提高。要认真完成好自己承担的具体工作，思想上要逐渐成熟，时刻锻炼自己，充分发挥自己在团队中的重要作用。同时要多一点谦虚、多一点微笑、多一点宽容、多一点主动。要知道团队是在发展的，所以，团队中的个人也应该不断地有所发展和提高，如果有一点能力，在发挥了相当的优势以后就满足了，不再去努力学习，提高自己的能力，那么你离被团队淘汰的距离就不远了。所以，很多与团队一起打拼的人，在团队开始成长的时候不得不开离岗位，直到离开团队，其原因就是因为他的优势已经不再满足

团队发展的需要了。不仅如此，他的优势更有可能阻碍团队的发展，所以，团队就只能忍痛割爱了，这是团队利益的需要。我们支部李依依院士那种强烈的忧患意识，深谋远虑的思想，那种忘我的努力担当精神，是我们党员的先锋模范，更是我们年轻党员的表率 and 学习的榜样。因此，年轻的党员同志更应该增强使命感和责任感，每个党员同志要发挥先锋模范作用，找准自己在团队中的位置，不断地学习和进步，进一步增强团队

认识和摆正自己在团队中的位置 ——高温合金研究部党支部

在今天，团队似乎随处可见，而人们也早已泛滥地使用这个词汇了。那么什么是团队呢？百度百科给出的定义为：团队是由员工和管理层组成的一个共同体，有共同理想目标，愿意共同承担责任，共享荣辱，在团队发展过程中，经过长期的学习、磨合、调整和创新，形成主动、高效、合作且有创意的团体，解决问题，达到共同的目标。可如果我们深究：什么样的团队才能够使工作做得最出色、什么样的团队管理才能够真正提高团队的效率时，那就不是一件容易的事情了。我们来看看韦尔奇提到的典型团队——运动团队，不难发现：其一，团队最基本的成分——团队成员，是经过选拔组合的，是特意配备好的；其二，团队的每一个成员都干着与别的成员不同的事情；其三，团队管理是要区别对待每一个成员，通过精心设计和相应的培训使每一个成员的个性特长能够不断地得到发展并发挥出来。这才是名副其实的团队。

作为中国科学院金属研究所的一员，我们所在的团队基本以课题组为单位，要找到自己在团队中的位置，第一，要了解自己团队的目标是什么。每个课题组都有自己的研究基础和研究方向，所开展的工作基本都围绕着自己的研究方向进行。作为团队中的一员，要了解自己团队的目标，团队的优势在哪里，课题主要来源自哪些领域，然后把自己个人的目标向团队目标看齐，大

意识。只有了解自己在团队中的位置，领导能充分发挥自身的模范带头作用，队员能向着明确的目标而奋斗拼搏，每个人都能在组织中有归属感和积极感，能更好发挥科研创新精神，不断促进科研成果的实践应用。

团队对个人发展有着重要的影响，要在团队这个平台上，努力奋斗，敢于拼搏，充分成长，做到有担当，在团队里充分实现自身价值，才能为整个的团队发展做出自己的贡献。

家合力实现团队这个共同的目标。

第二，要对自己有个确切的定位。每个课题组需要有人争取课题，有人制定实验计划，有人实施，有人辅助工作。那么作为团队中的一员，就需要对自己有确切的定位，自己属于这个团队链条中的哪一环，不管看上去重不重要，他都是团队工作中不可缺少的一环，先把心放下，干好分内工作就好！

第三，要有团队协作精神。我们讲团队协作精神，有必要研究狼的捕猎过程。一只狼并不可怕，但当狼以集体的力量出现在攻击目标面前时，却表现出强大的攻击力。如果没有团队协作精神，就如2004年NBA总决赛湖人队和活塞队比赛一样。赛前，很少有人会相信活塞队能够坚持到第七场。从球队的人员结构来看，有科比、奥尼尔、马龙、佩顿，湖人队是一个由巨星组成的“超级团队”，每一个位置上的球员几乎都是全联盟最优秀的，再加上由传奇教练菲尔·杰克逊，在许多人眼中这是20年来NBA历史上最强大的一支球队，要在总决赛中将其战胜只存在理论上的可能性，更何况对手是一支缺乏大牌明星的平民球队。然而，最终的结果却出乎所有人的意料，湖人几乎没有做多少抵抗便以1：4败下阵来。湖人的失败有其理由：OK组合相互争风吃醋，都觉得自己才是球队的领袖，在比赛中单打独斗，全然没有配合；而马龙和佩顿只是冲着总冠军戒指而来的，根本就无法融入整个团队，也无法完全发挥其作用，缺乏团队协作精神的团队如同一盘散沙，其战斗力自然也会大打折扣。



10月25日，金属所与白俄罗斯科学院物理技术研究所成立中白先进塑性成形技术联合实验室，揭牌成立仪式在浑南园区举行。白俄罗斯科学院物理技术研究所特种轧制实验室主任Vladimir Petrenko教授，冲击液压成形实验室主任Arturu Pokrovsky教授，金属所杨锐所长、沈阳市科技局国际合作处于红砚处长等出席了揭牌仪式。

10月19日至20日，加拿大自然资源部材料技术研究院R. Winston Revie博士访问金属所。



10月12日，为进一步推动国家自然科学基金项目申请工作，提高申请书撰写质量，金属所基础科研处邀请张广平研究员作题为《国家自然科学基金申请书撰写-经历与体会》的专题讲座。



10月8日至11日，核电厂材料与设备的腐蚀与防护专题培训在金属所举办。本次培训由中国核能行业协会核电厂同行评估及经验交流委员会主办、中科院核用材料与安全评价重点实验室承办、苏州热工研究院有限公司协办。16家核电相关单位的26名学员参加了本次培训。



9月26日至30日，加拿大工程院院士、瑞尔森大学（Ryerson University）教授陈道伦（Daolun Chen）博士来所访问讲学。



（上接二版）电镜(TEM)表征，法国奈尔研究所 Vincent Bouchiat教授小组提供了变频探针测试支持，长沙理工大学贾传坤教授参与了电学测量与分析工作。金属所博士研究生李小茜为论文的第一作者，半导体所范志强博士为第二作者（第一理论计算作者）。金属所韩拯研究员、孙东明研究员、

半导体所姜向伟研究员为本文的共同通讯作者。

该项工作得到了国家青年千人计划、国家自然科学基金、科技部重点研发项目、沈阳材料科学国家（联合）实验室等资助。

全文链接：<https://www.nature.com/articles/s41467-017-01128-9>