

研究发现位错是可用来有效调控材料物理特性的新组元

金属所的研究人员利用高通量脉冲激光沉积技术，通过调控异质界面位错的柏氏矢量，成功构筑出具有巨大线性应变梯度、超低弹性能以及特殊物理特性的功能氧化物纳米结构。6月30日，英国《自然·通讯》(Nature Communications)期刊在线发表了该项研究成果。这项工作由沈阳材料科学国家(联合)实验室固体原子像研究部马秀良研究员、朱银莲研究员和唐云龙博士等人组成的材料界面电子显微学研究团队完成。

应变(尤其是非均匀应变)能够对特定材料结构实施梯度化调节，从而调控甚至诱导产生母体材料所不具备的全新物理特性。但是，非均匀弹性应变通常很难集成在特定器件上，其主要困难在于由非均匀弹性应变产生的“向错”具有非常高的应变能，难以稳定存在。如何突破“向错”应变的能量壁垒，实现对非均匀弹性应变在材料元器件中的有效调控，进而制备具有大范围响应特性的梯度功能材料，是当今先进功能材料领域面临的一个重大基础性科学难题。

金属所沈阳材料科学国家

(联合)实验室的固体原子像界面结构研究团队长期致力于材料基础科学问题的电子显微学研究，经过多年的学术积累，在解决上述基础科学难题方面近来取得突破。他们在利用脉冲激光沉积技术生长氧化物异质界面过程中，采用高通量模式，使BiFeO₃/LaAlO₃(001)界面产生新奇的、具有面外分量的a[011]刃型位错阵列。像差校正电子显微分析表明，这种新型位错阵列具有晶格旋转效应(类似弹性弯曲变形)，使BiFeO₃纳米结构中产生高达10⁶/m的线性应变梯度。这种巨大的线性应变梯度通过弯电效应产生了数兆伏/m的内建电场(与传统半导体p-n结或肖特基结的内电场相当)，同时也大幅度拓宽了BiFeO₃纳米结构的可见光吸收范围。这表明巨大的线性应变梯度可实现对带隙的连续调控，进而影响光电响应特性，增强其光催化特性等。

该项研究结果显示，“向错”的弹性能随尺度的变化具有很强的非线性特征，体现出巨大的尺寸效应。理论计算表明在纳米尺度的BiFeO₃/LaAlO₃体系中，即便其弹性应变梯度超过10⁶/m，该体系的弹性能低至不及均匀应变下弹性能的十分之一，甚至低于界面失配位错阵列本身的能量。

位错是材料科学中的核心概念之一。该项工作改变了人们对功能材料中有关位错作用的传统认识：位错未必是一定导致某些物(下转二版)

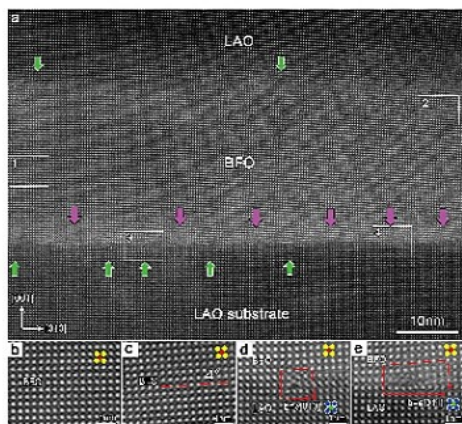


图1: LaAlO₃/BiFeO₃/LaAlO₃(001)纳米结构沿[100]的HAADF-STEM成像。(a)原子分辨率HAADF-STEM成像;四处典型矩形区域标号为1,2,3和4。(b)-(d)分别为对应1,2,3和4号矩形区域的放大像。注意(b)和(c)之间的相对晶格旋转,表明BiFeO₃纳米结构中可能存在沿面内方向的连续晶格旋转。粉色和绿色箭头分别示意两类不同伯氏矢量的位错,其位错核心区域如(d)和(e)所示。

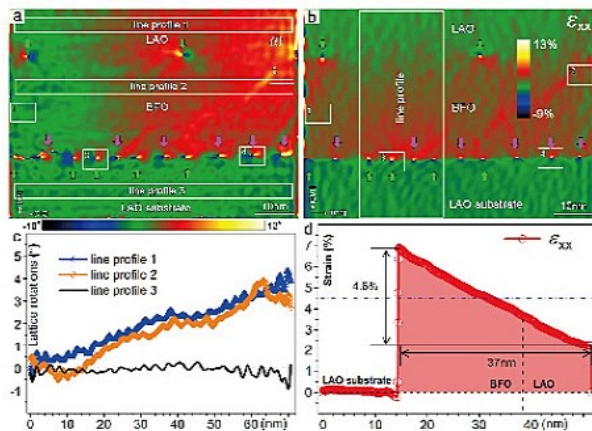


图2: (a)LaAlO₃/BiFeO₃/LaAlO₃(001)纳米结构中晶格旋转(ω)和(b)面内应变(ϵ_{xx})的二维分布。(c)对应(a)中的三处白色矩形区域沿面内方向晶格旋转线分布。(d)对应(b)中的白色矩形沿面外方向应变线分布。注意BiFeO₃和LaAlO₃中都产生了明显的晶格旋转;同时还产生了沿面外方向的线性应变梯度,可达10⁶/m。

“乙烯裂解炉强化传热技术的开发及推广应用” 荣获中国循环经济协会科学技术奖二等奖

近日，由金属所主持研制的“乙烯裂解炉强化传热技术的开发及推广应用”获得2016年度中国循环经济协会科学技术奖二等奖。截止2016年4月，“乙烯裂解炉管扭曲片强化传热技术”已在120余台裂解炉上得到应用，裂解炉乙烯年总生产能力超过800万吨，涉及炉型涵盖了LUMMUS、TECHNIP、S&W和中国石化等主要裂解炉专利商的炉型。其中新建的镇海、天津和武汉乙烯装置全部采用了本技术。此外，该技术已出口到马来西亚和泰国等国家，实现了国产乙烯技术的首次出口。应用该技术后，每年为企业节约成本超过8000万元，减少CO₂排放超过18万吨。

中国循环经济协会科学技术奖是由中国循环经济协会设立的，旨在表彰和奖励在我国循环经济领域中做出贡献的组织和个人。重点表彰对循环经济领域的研究具有深远影响的；对转变传统经济增长模式和促进产业技术进步影响面广、经济效益显著的共性技术、前瞻性技术与高新技术的研究成果。



(上接一版) 理性特性降低的结构缺陷，而是能被用来有效调控甚至产生优异物理特性的新组元。该项研究提供了如何利用位错的特性构筑具有连续带隙变化的梯度功能材料的概念、原理及方法。

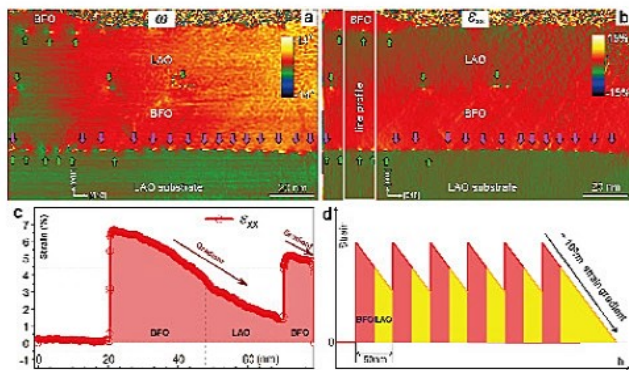


图3: (a)BiFeO₃/LaAlO₃/BiFeO₃/LaAlO₃(001)纳米结构中晶格旋转(ω)和(b)面内应变(ϵ_{xx})的二维分布。(c)对应(b)中的白色矩形沿面外方向应变线分布。注意在整个BiFeO₃/LaAlO₃/BiFeO₃三层纳米结构中都产生了明显的晶格旋转及其伴随的沿面外方向的线性应变梯度；除了第一层BiFeO₃/LaAlO₃(001)由高通量沉积制备的界面，其它界面都只有弛豫失配应变的a[010]位错，没有弛豫晶格旋转的a[011]位错，从而使得线性应变梯度能够在整个三层纳米结构中得到保持。(d)为在循环BiFeO₃/LaAlO₃纳米结构中保持这种线性应变梯度的原理示意图。

该项研究得到了国家自然科学基金、中国科学院前沿科学重点研究项目、科技部973计划以及金属所葛庭燧奖研金等项目资助。

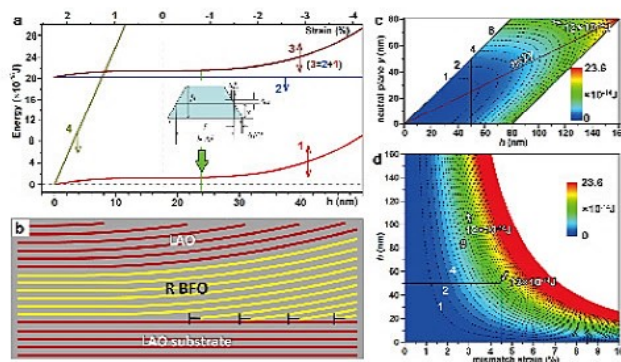


图4: BiFeO₃纳米“向错”弹性能计算及其与均匀应变状态下的比较。(a)均匀应变和应变梯度下同样尺寸BiFeO₃纳米结构弹性能随厚度变化趋势。曲线1为应变梯度下BiFeO₃纳米结构的弹性能；曲线2为BiFeO₃/LaAlO₃界面失配位错阵列的弹性能；曲线3为界面失配位错阵列的弹性能和应变梯度弹性能的加和，即3=1+2；曲线4为BiFeO₃纳米结构在均匀失配应变下的弹性能。值得注意的是，和均匀应变下弹性能相比，应变梯度下BiFeO₃纳米结构的弹性能在50nm厚度范围内几乎可以忽略不计。(b)为BiFeO₃/LaAlO₃纳米结构中由a[001]面外分量产生向错的示意图。(c)和(d)分别为应变梯度下和均匀应变下BiFeO₃纳米结构应变能随薄膜厚度和中性面或失配应变大小的演化规律。可以看出，在大失配体系下，如BiFeO₃/LaAlO₃体系，其向错应变梯度引起的弹性能在纳米尺度范围内远远小于均匀失配应变导致的弹性能。

腐蚀与防护类成果推广

一种环保低成本耐蚀的镁合金微弧氧化处理方法

技术简介及应用领域

一种耐蚀型的镁合金微弧氧化工艺，通过在成膜液中添加导电盐解决了复杂零件均镀性差的问题，并且该微弧氧化膜耐蚀性优异，氧化后的样品经336小时的盐雾实验，评级为9级，而一般的微弧氧化膜盐雾100小时左右就开始有腐蚀出现。该技术已经获得了国家发明专利，并已经建立了微弧氧化生产线，对航天和民用产品进行了批量处理，尤其成功地用于一些大型复杂镁合金部件的表面防护，获得了均匀、致密、外观美丽的氧化膜。该项技术与国内外其他同类技术相比，溶液使用寿命长（使用十年仍然良好）、成本低、耐蚀性好、与有机涂层结合力佳，适合大规模产业化应用。

技术特点（含技术指标）

成本约7元/m²（包含水电、管理、设备折旧等），可以抵抗盐雾300小时，与有机涂层结合力好。

创新要点

成本低，均镀性好，耐蚀性优异，适于产业化应用。

合作方式

联合开发、技术转让、技术入股

联系人

项目负责人：宋影伟 电话：024-23915897
邮箱：ywsong@imr.ac.cn



微弧氧化及涂漆后的镁合金部件

一种环保耐蚀结合力优异的镁合金化学镀Ni-P方法

技术简介及应用领域

化学镀Ni-P是另外一种工业化应用较多的镁合金防护技术，它是一种金属涂层，具有良好的导电性和电磁屏蔽性，这是化学转化膜和微弧氧化膜无法比拟的，但存在的问题是镀层结合力差，容易出现涂层脱落现象，在实际应用中存在极大隐患。针对这一问题，发展了新型的前处理及化学镀工艺，解决了镀层结合力差的难题。通过对镀层综合性能测试表明，满足地面存放时的腐蚀保护性，装配时低的搭接电阻及电磁屏蔽性，同时适应太空各种复杂环境，该技术已用于航天领域表面防护，实践证明该技术确保了航天部件的良好运行，客户评价“国内领先”。

技术特点（含技术指标）

导电性 $\leq 5\text{m}\Omega$ ，在 $-40\sim 80^\circ\text{C}$ 500次冷热循环变化时无剥落、起皮，耐盐雾试验100小时以上。

创新要点

工艺环保，镀层结合力好，导电性、电磁屏蔽性、耐蚀性、耐磨性优异。

合作方式

技术转让、技术入股

联系人

项目负责人：宋影伟 电话：024-23915897
邮箱：ywsong@imr.ac.cn



化学镀后镁质航天器部件

导师代表王京阳研究员在2017年度毕业典礼上的致辞

各位同学、各位亲友、各位导师，大家好！首先请接受我最诚挚的祝贺！祝贺穿上学位服的各位同学，你们成功完成了研究生阶段的全部工作，今天是闪亮的主角，是亲友和老师们的骄傲。人生若白驹过隙，19年前我也坐在同学们相同的位置，经历人生重要的时刻，现在坐在第一排的学位委员会老师中有很多位是我读书时尊敬的师长，所以要特别感谢金属所导师们不倦的辛勤付出和耐心培养！同学们回顾一下在金属所的学习生活，一定是感觉几年时间转瞬即逝，但过程和细节估计很是煎熬，在金属所读学位确实很辛苦，同时大家的收获也一定颇多。

临别总有很多话要讲，同学们当初选择来金属所读学位，不乏勇气；能够成功获得学位，也是多有智慧和毅力，都是很优秀的青年人。简单说些人生价值、鼓励和鸡汤的话，大家会烦，也很无趣。作为导师在学生临行的时候，又总想说点什么，各种叮嘱、各种寄望，确实两难。我大致了解同学们的毕业去向，国内的企业居多，高校和研究所较少，出国做博士后的少之又少。一定要祝贺大家有实力进入大企业做实事，但同时我也对毕业去向缺少多元化有些担忧，这显示科学研究正在丧失应有的魅力，打算从事科学研究的年轻人明显减少，同时本土毕业生到高水平机构中从事科学研究的机会也在减小。

我去年11月份访问了剑桥大学，在那里待了4天时间，游历了多个学院，参加了学术讨论，感慨颇多。剑桥是一个外观古朴、学院规则传统甚至守旧的地方，它却不断出现推动人类进步的最活跃文化思想和科学发现，一共产生了96位诺贝尔奖获得者，仅三一学院就有32位获奖人！我在访问期间去了3次一个名叫Eagle的酒吧，坐在那一面和朋友们喝啤酒，一面体会文化进步、科学突破和技术创新的驱动力到底是什么？这个酒吧非常有名，据称两位卡文迪许实验室的年轻人在1953年2月28日狂奔进这个酒吧，宣布发现了生命的秘密：就是DNA双螺旋结构。为什么这个看上去正统甚至保守的地方却容纳了牛顿、达尔文、培根、凯恩斯、拜伦等

各类天才，甚至徐志摩也留下了“再别康桥”中的佳句？我相信杨所长对剑桥的文化有深刻的理解，我是以外人的眼光总结了“守正、创新”四个字。守正才能不忘初心，引导自己沿着正确的方向砥砺前行；创新源自内心的渴望，是努力攀到新的台阶，在更高处看风景，获得对世界最新认知的渴望。在前贤的肩膀上传承，产生深入灵魂的荣耀感，才能时刻规范创新的动力和开拓的行为。作为一名金属所人，我感到非常骄傲，多年来见证了金属所的变化与发展，努力为金属所多尽一分力。金属所的精神传承也适用守正创新来概括，守正是金属所人的灵魂，是在重要领域服务国家的长期坚守和执着，创新是金属所人的信仰，是支撑开拓进取的不竭动力。相信同学们能够传承金属所的文化与精神，初心不改，虽远不怠。

同学们以后将处在一个多元化的工作集体中，同事间的关系会比老师与学生、学长与师弟、师妹的关系复杂些，希望同学们能够用欣赏的眼光去看待不同性格的人，怀有包容的心对待不同的做事方式，能够带领团队解决重要的科学与技术难题，甘于做实事，勇于做大事，有担当、有格局，做到兼收并蓄、广纳众流。

不知道大家看没看过最近非常火的小说“择天记”，小说的文笔和情节设置很好看，主角陈长生命中注定活不过20岁，所以他每天都在思考如何能通过逆天改命来解决生或死这个大问题，他很认真甚至古板地对待生活中每个细节，博闻强记，通读道藏，然后修行顺心意功法，很具有道家的意味，结局自然是皆大欢喜。他的成长道路很符合研究生阶段的规律：修学储能、先博后渊。学习、工作、生活都是修行，是一个循序渐进的艰苦过程，其中的关键词是“认真”，希望大家认真待人、认真做事、认真生活。

各位同学是金属所的种子，今天临风远行，希望大家在新的岗位上、新的环境中不断前进，保持金属所人的格调与风骨，记得这里是各位的精神家园、最温暖的港湾。最后祝同学们、亲友们和导师们身体健康、生活愉快！

三个老友侃变化

金属所退休职工 董祥林

退休离开工作多年，我们这一拨人年龄都在80岁以上了，大家过着衣食无忧，无所事事，优哉游哉的日子。由于不是去世就是生病，同龄老友们能在外面活动的已大为减少，因此能碰在一起显得很亲热，常常唠个没完，除了谈自己的家庭、个人生活外，仍然关注国内外大事，尤其是国家各种变化、进步。下面是一次我们三个老友（分别简称为A、B和C）的一次侃大山，就是东扯西拉，漫无章法：

A：过去年青时，条件太差，老感到钱不够花，无论怎么精打细算，总是捉襟见肘。大人孩子吃的都很差，常常觉得对不起孩子们，孩子们没有什么零食吃，什么都是好的。那时沈阳很难买到油条，有时到北京出差，买几根油条回来，回家时已是头天炸的了，压的偏偏的，又凉又硬，孩子们却像宝贝一样。自从改革开放，日子一天天好起来了，现在和改革前相比，算是反过来了，钱好像有点花不完，鱼肉水果想吃多少都无所谓，经常买回来多了吃不完。国内外也都旅游了一些地方，可惜现在游不动了，不然还要多游山玩水，确实是不差钱。

B：说起生活，真是过去做梦也未想到会这么好，过去住房特别窄小，现在比过去扩大了好几倍，不愁吃，不愁穿，想吃什么都不用考虑价钱，只是现在常有伪劣食品的报道，使人吃起来不放心。

A：的确，常怕吃上有害食物，但现在国家已十分重视这个问题了，采取坚决打击的措施，毫不含糊，情况已比过去好多了，相信这个问题会逐渐解决。

B：再一个是看病，现在我们赶上好时代了，总想多活几年，因此对健康特别重视，老人生病是不能避免的，看病就是一个大问题。过去是看病难看病贵，现在中央大抓这个问题，比过去有所改善，但很多方面仍不尽如人意。据说西方先进国家看病比我们方便多了，而且他们的医疗水平高，医疗环境好，我们什么时候能达到人家这水平就好了。

A：国外的医疗情况并非你想像的那么好，这方面我最有发言权了，因为我和老伴均在加拿大看

过病，住过院，有切身体会。从医院环境和服务态度来说，的确比国内平均情况要好得多，尤其是国外特讲究隐私问题，绝不会在看病时有第三者在场，不像我国门诊常常闹哄哄的，好多患者挤在一个房间里（现在似乎也开始好转）。但其医疗经验和技术水平，其实总的来说不及国内医院。我国各医院，近年来吸收先进国家的医学长处，经费又充足，最先进的仪器都具备，所以无论检查、治疗都和国外同步，水平一点也不比西方先进国家差，加之我国医护人员任劳任怨，工作量比西方国家的大多了，由于病人多，病例就多，使得医生和护士的经验特别丰富。说个国外护士可笑的事实，在我国护士抽血或打点滴都是很简单的工作，一个护士一天打几十甚至上百点滴或抽血是平常的事，可加拿大护士做这样的工作，似乎是一个大工程，常常是费很大劲弄了好长时间还把药打到血管外面了，因此她们一旦打进了一次，就不再抽出来，以便下次再注药或抽血，病人常常带着针头和一段连管多天，睡觉、活动都不方便，也不安全。这不是个例，听说各医院都是这样，网上说美国也是这种情况。这虽是一小事，也说明他们因其工作量少、经验少而导致技术差劲。再一个就是慢，加拿大什么都慢，医院尤其如此，因其休息的日子多，又从不会加班，一个医生一天看不了几个病人，效率极低，所以预约日期一般很长，慢性病倒好一些，一旦遇到重病或急病，那就“急惊风遇上了慢郎中”，往往让你两周、三周再去看，一个病有时得到这里那里检查，好几周甚至几个月还没有结果是常事。如果要做手术那就很可能要排上好几个月甚至一年以上。有的华人在那里治病，弄了好长时间不得要领，只好回国治，可回来一检查，已是癌症晚期了，后悔不及。我老伴就遇到这种情况，去年在加拿大，三、四月份有点不舒服，逐步加重，去医院检查多次都稀里糊涂，最后怀疑是癌症，既不能确诊，又不给治疗，有时一个预约要一、二个月，最后人也大为消瘦，一点劲都没有了。经半年多无数次检查，还是没有结论，只好回国，一检查

果然是癌症，立即接收住院，一天也不耽误。幸好我们果断决定了回来，否则在那里不知要拖多久，后果不堪设想。所以我对美国、加拿大的医疗，一点也不“感冒”，我们医院虽然仍有某些不足，我觉得和西方国家比起来更实惠，更人性化，也更能解决问题。

B：啊！原来是这种情况，与我以前听说和想象的完全不一样。

A：主要是情况变化了，以前我们和西方先进国家的医疗水平确实有差距，经过多年的进步，现在早已赶上来了，某些方面还超过了。其它好多方面都是这样，有人总觉得西方国家多么好，其实是没有跟上变化了的形势造成的错觉，我国通过三十多年的改革，尤其是十八大以来，在习近平总书记的领导下加速改革的步伐，取得了举世瞩目的进步。很多外国人只要看到中国情况的，都非常羡慕我们，感到震惊，认为我国了不起，建设搞的又快又好。而我们国内却有些人身在福中不知福，还盲目停留在过去的认识上，这是“不识庐山真面目，只缘身在此山中。”只有到国外生活一段时间，眼见为实，一对照就能消除这种盲目性。亲眼看到原来觉得多么了不起的西方不过如此，才感到我国的伟大，才感到我们党领导全国人民做了多么伟大的事业，才更感到生活在今天的中国是多么幸福。我们作为中国人感到骄傲。

B：我最拥护党中央提出的社会主义核心价值观，现在强调这些内容，既有针对性，又有长期的指导意义，既是具体问题，又是治国根本。富强、民主、文明、和谐、自由、平等、公正、法治、爱国、敬业、诚信、友善。这二十四个字虽然简单明了，却非常厚重，涵盖了方方面面。看似平常，却不是轻易能做到的，需要我们长期努力，终身追求。如诚信在目前社会上就是一个大问题，这么多骗子、骗局，何谈诚信，所以要加强这方面的教育，同时也要加强法治，只有教育和法治双管齐下，才能从标和本上解决问题。我相信这二十四个字的社会主义核心价值观的推出，人人遵循，必将使我国各方面前进一大步。

C：我最高兴的是，我国的国际地位大大提高了，令全世界刮目相看。这么快国家就富强了，初步实现了中华民族的伟大复兴，国家的繁荣昌盛。在美国等西方大国在中东和亚洲阿富汗等到处干

涉、打仗，并自己深陷进去时，我们却在扎扎实实搞建设，实现了和平崛起。国家做大事财力充足了，技术进步也很快，有能力搞大工程，创造了许多世界第一。也有能力建造航母了，辽宁舰早已形成战斗力，第一艘完全国产的航母也已下水。听说第二艘也在筹划中，或已开始建造。其它大型舰艇也像“下饺子”一样，有时成群入海成为海军生力军。虽然目前和世界超级大国美国相比航母数量和某些技术还有一定距离，但我们进步很快，一年等于他们好多年，赶上和超过老美为期不会很远，想到这些着实令人兴奋，在二、三十年前，谁能想到在这么短时间国家就会这么强大。

A：因有了强大的海军做后盾，南海海岛建设也搞得又快又好，敌视者只能干瞪眼。我总觉得习近平主持中央工作后每件事都得民心，都像说到、做到我们的心坎上了。一是反腐败，八十年代刚刚改革时，着重经济发展，对廉政抓是抓了，但不够得力，出现了好多贪腐分子，对公众的道德和国家的建设破坏很大，也是民众最反感的事，现在打老虎、拍苍蝇，即便他们跑到国外去也难逃法网，这件事最得民心。二是脱贫，近几年来通过干部包干，使农村脱贫速度加快，通过因地制宜发展新产业，提高农民收入，有的住上了新居，也就是先富带后富，走向共同富裕。

C：还有一带一路，合作共赢，刚开始提出时，我对此还有点怀疑，觉得涉及这么多国家，这么多地域，好像太难了。现在已看出初见成效，据报道仅四川每年发往欧洲的列车就有2000列，这是多么了不起呀！正召开的“一带一路国际合作高峰论坛”就有130多个国家、70多个国际组织共1500多人参加，国家领导人来的也近30位，联合国秘书长也亲临盛会，说明已得到世界上大部分国家认可。一带一路不仅为我国发展提供了条件，也推动了世界经济发展，给世界大多数国家提供了机遇，造福一大片。由此我非常佩服习近平主席的眼光、气魄和胆识，使我国无论政治、经济、国防和科技都出现大飞跃。但现在还仅仅是开始，可以预期即将召开的十九大会有更多大手笔。我更期待着，兴奋着，展望未来，真是前途一片美好。一想到这些，好像出现了年青人的豪情，也要展翅翱翔，可惜已太老了，哈哈！

2017年5月15日



近日，加拿大工程院2017年新增52名院士，金属所毕业所友陈道伦博士当选。陈道伦博士1985年考入金属所攻读博士学位，师从师昌绪、王中光、姜晓霞三位导师，1989年获金属材料及热处理专业博士学位，现任加拿大瑞尔森大学教授。

6月14日至16日，由科学院人事局资助主办，金属所承办的“现代金相分析技术理论与实际操作”精品培训班成功举办。



6月13日至18日，2011年度李薰研究奖获得者、瑞典皇家工学院Levente Vitos教授访问金属所。



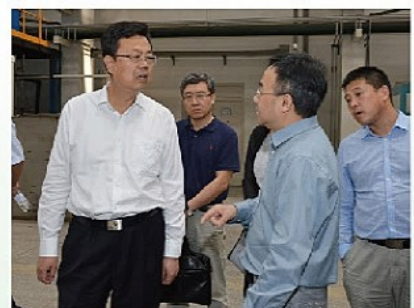
6月12日，英国罗罗公司民用航空首席营运官 Mike Mosley、供应链执行副总裁 David Ayton、全球采购总裁 Caroline Chambers、财务总监 Andrew Davies、

东北亚地区总裁 Patrick Horgan、亚太地区采购总监 James Lloyd 等一行10人访问金属所。

6月9日，金属所2017年度学位授予仪式暨毕业典礼、师昌绪奖学金颁奖仪式隆重举行。本年度共有148名同学毕业，其中博士生101名、硕士生47名。



6月7日，辽宁省科技厅党组书记、厅长于言良到金属所调研考察工作。杨锐所长、谭若兵副所长等所领导陪同调研。



金属之光

6

中国科学院金属研究所
2017年 第6期 (总第194期)

INSTITUTE OF METAL RESEARCH. CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

毕业季

守正·创新

