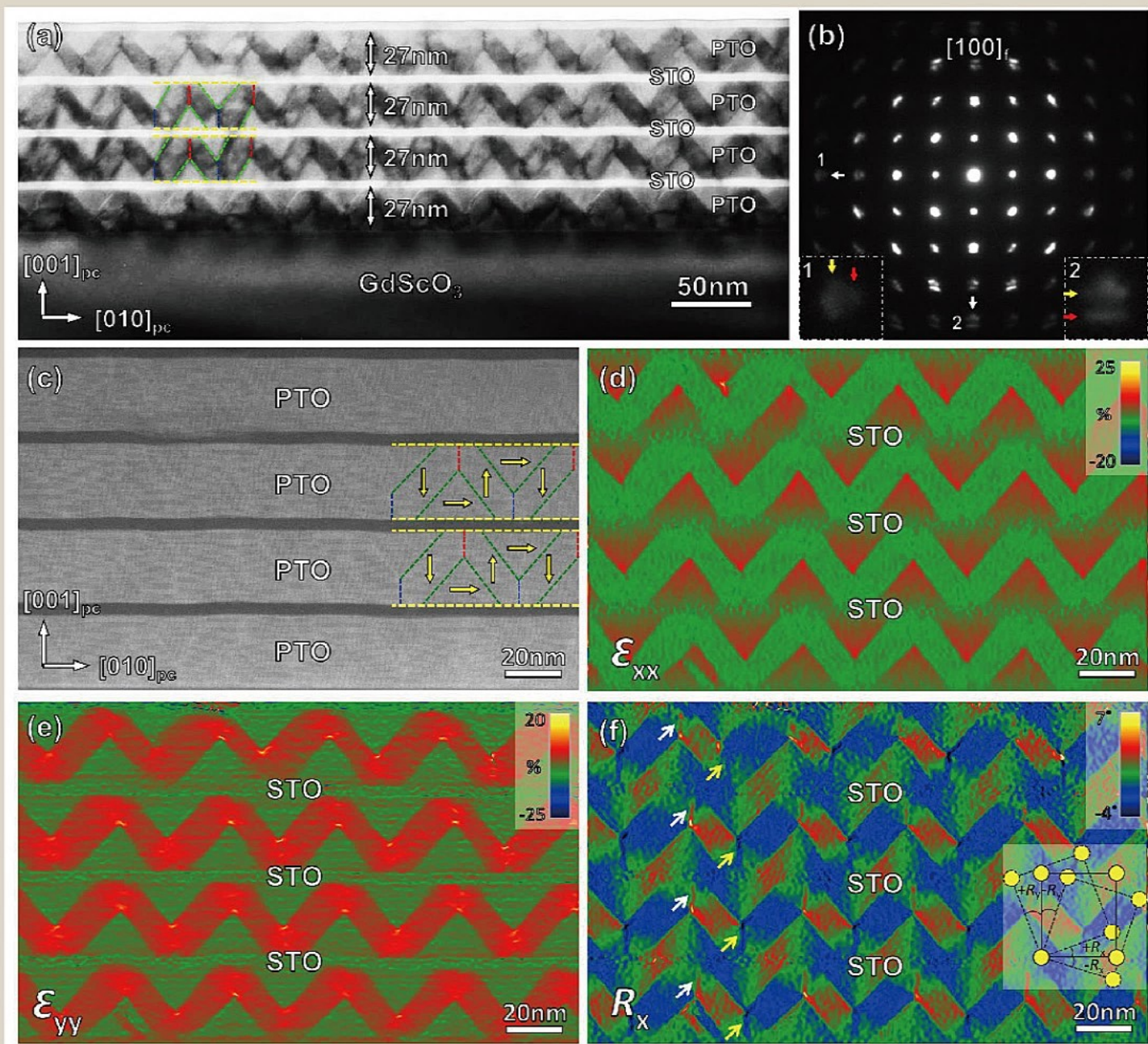


## 金属所研究人员建立通量全闭合铁电畴 二维阵列形成相图



# 铁电超薄薄膜中强极化可持续性研究取得进展

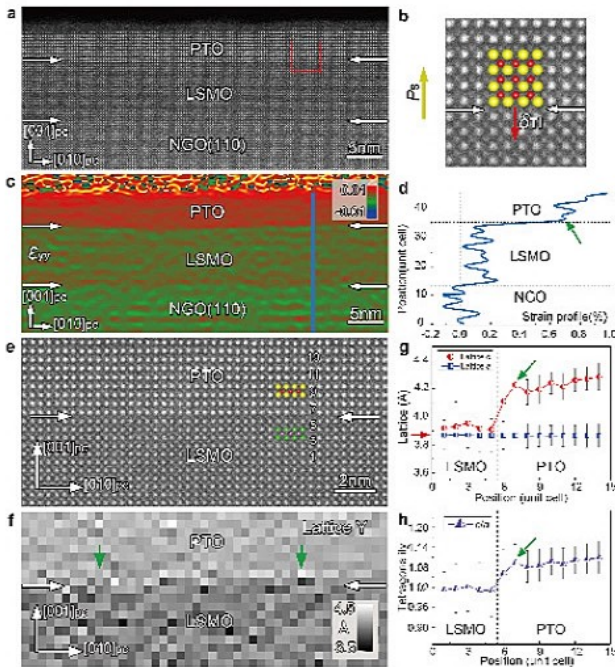


图1、3.6nm PbTiO<sub>3</sub>/La<sub>0.7</sub>Sr<sub>0.3</sub>MnO<sub>3</sub>薄膜界面处的晶格参数和应变分析。显示出PbTiO<sub>3</sub>/La<sub>0.7</sub>Sr<sub>0.3</sub>MnO<sub>3</sub>薄膜界面处面外晶格常数(g)以及四方性(h)显著增加。

金属所沈阳材料科学国家(联合)实验室固体原子像研究部马秀良研究员、朱银莲研究员及博士生张思瑞等人近日在超薄铁电薄膜中发现强极化的可持续性现象。

超薄铁电体在超级电容器等微纳电子领域有着广泛的应用前景。早在上世纪70年代人们就认识到铁电薄膜中存在着一个临界尺寸,当薄膜厚度小于这个临界尺寸时,退极化场的存在使得铁电薄膜的极化降低或者消失。如何维持并进一步增强一定厚度范围内超薄铁电体的极化是该领域长期以来面临的基础性科学难题。

金属所沈阳材料科学国家(联合)实验室固体原子像研究部的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,他们在解决上述科学难题方面取得重要进展。马秀良研究员、朱银莲研究员和博士生张思瑞等人提出充分利用异质界面两侧不同的自由度,并且利用电极能够屏蔽退极化场的存在

等原理,构筑了PbTiO<sub>3</sub>/La<sub>0.7</sub>Sr<sub>0.3</sub>MnO<sub>3</sub>铁电电极界面体系。利用具有亚埃尺度分辨能力的像差校正透射电子显微术,发现不同厚度的PbTiO<sub>3</sub>超薄薄膜自界面至表面均存在着面外晶格常数增强的现象,更进一步发现,对于1.2nm厚的PbTiO<sub>3</sub>薄膜,其极化强度增大到50 μC cm<sup>-2</sup>,随着薄膜厚度逐渐增加,极化也随之增大;当薄膜厚度大于等于10nm时,极化强度可达到100 μC cm<sup>-2</sup>,远超出块体极化值。基于X射线光电子谱分析,提出异质界面极化巨大增强的电荷传递机制。该研究结果不仅解决了10纳米以下厚度范围超薄铁电体极化可维持性的难题,也为探索新型铁电界面效应提供了崭新思路,对发展超薄纳米铁电器件具有重要意义。

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以及科技部973计划等资助。相关成果于10月25日在Advanced Materials上在线发表(DOI: 10.1002/adma.201703543)。

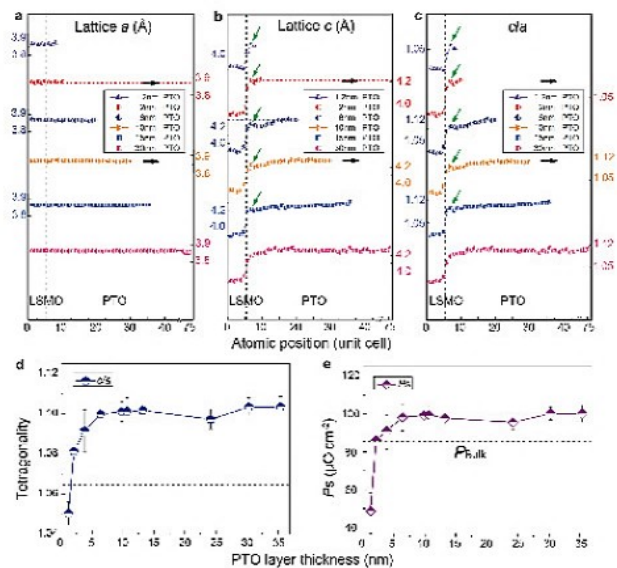


图2、不同厚度(1.2nm,2nm,6nm,10nm,15nm)PbTiO<sub>3</sub>薄膜的晶格常数(a、b)以及四方性(c)变化,PbTiO<sub>3</sub>/La<sub>0.7</sub>Sr<sub>0.3</sub>MnO<sub>3</sub>界面处都存在面外晶格显著拉长现象,四方性(d)以及(e)随着厚度的变化显示出当薄膜厚度为1.2nm时极化强度为50 μC cm<sup>-2</sup>。

# 金属所研究人员建立通量全闭合铁电畴二维阵列形成相图

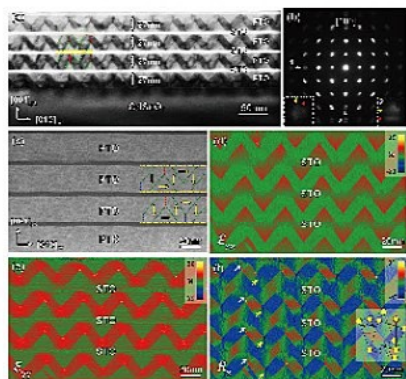


图1、相邻PTO层的厚度比为1的PTO/STO多层薄膜的像差校正透射电子显微分析。各PTO层中均出现周期性V畴阵列，且在垂直薄膜方向上也呈现周期性。(a-c) PTO/STO多层膜的低倍TEM明场像(a)，电子衍射谱(b)，和高倍HAADF-STEM像(c)；(d-f)是对图(c)进行几何相位分析得到的面内晶格应变(d)，面外晶格应变(e)以及面内晶格旋转(f)二维分布图。

获得了清晰的原子结构图谱。

拓扑缺陷具有独特的力、电、磁等特性，在电子器件中具有重要的应用价值。作为一种重要的拓扑缺陷，具有闭合极化分布的铁电涡旋畴或通量全闭合畴组态，在高密度数据存储中应用前景广阔。由于利用通量全闭合畴结构来存储数据可以避免数据之间的相互影响，因此，若能将这种纳米畴组态制备成周

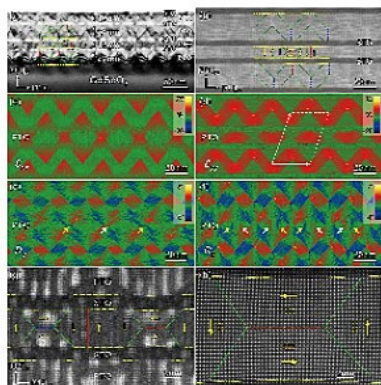


图2、相邻PTO层的厚度比为0.5的PTO/STO多层薄膜的像差校正透射电子显微分析。较厚的PTO层中出现周期性V畴阵列，而较薄的PTO层中则出现规则排列的H畴阵列。(a) PTO/STO多层膜的TEM明场像。(b) 薄膜的HAADF-STEM像。(c, d)对图(b)进行几何相位分析得到的面内和面外晶格应变二维分布图。(e, f)对应于图(b)的面外和面内晶格旋转二维分布图。(g, h)薄的PTO层放大的HAADF-STEM像。

金属所沈阳材料科学国家(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、刘颖博士、王宇佳博士和唐云龙博士等人与美国科学家合作，在通量全闭合铁电畴的周期性阵列及其可控生长方面取得新进展，建立了通量全闭合铁电畴二维周期性阵列的形成相图，并

期性阵列，将有利于数据的寻址。

近来，金属所沈阳材料科学国家(联合)实验室固体原子像研究部的材料界面电子显微学研究团队与中国科学院深圳先进技术研究院、美国华盛顿大学的李江宇教授和美国圣路易斯大学的李志豪博士等合作，利用像

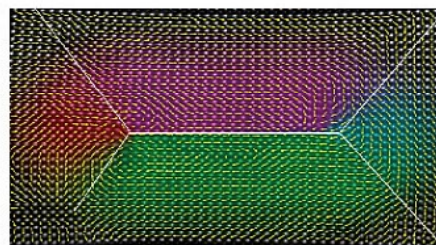


图3、极化矢量与原始图像的叠加清晰展示具有对称特征的通量全闭合铁电畴。

差校正透射电子显微术并结合相场模拟技术，在二维周期性闭合畴研究方面取得重要进展。他们在研究团队前期发现的一维周期性全闭合畴组态(Science 2015)的基础上，通过调控三维应变状态，可控制备出二维有序排列的通量全闭合阵列，并通过相场模拟构建了可以预测二维有序排列的全闭合阵列存在条件的相图。该项研究成果于11月16日在《纳米快报》(Nano Letters)期刊在线发表。

应变对功能氧化物(尤其是对铁电材料)的功能特性和微结构具有重大影响。在前期的工作中，该研究团队通过调控二维应变状态(选用提供面内两个方向上的拉伸应变的GdScO<sub>3</sub>衬底)，在PbTiO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub>(PTO/STO)薄膜体系中发现了一维周期性排列的、180°畴壁沿垂直界面方向的竖直全闭合畴(V畴)阵列。这种畴组态在空间构型上具(下转四版)

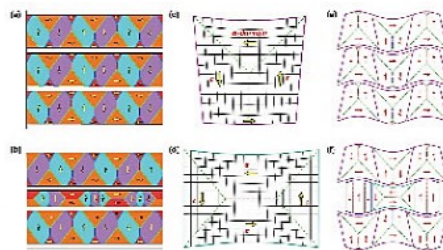


图4、V畴和H畴阵列的示意图(a-b)和向错应变分析(c-f)。(c) 竖直和(d) 水平全闭合畴结构中晶格应变示意图。(e) 相邻PTO层厚度相同时，周期性竖直全闭合有利于容纳其中的应变。(f) 相邻PTO层厚度比为1/2时，较薄PTO层中形成水平全闭合有利于容纳其中的应变。

# 功能材料成果推广

## 各向同性热解石墨 (IPG)

### 技术简介及应用领域

各向同性热解石墨材料是利用化学气相沉积方法 (CVD) 制备的一种高性能碳质材料, 其结构致密、晶粒尺寸小, 克服了石墨材料呈各向异性的弱点, 具有耐高温、润滑、耐磨损、强度极高、不透气、耐烧蚀、可加工性能优良等特点, 作为综合性能最佳的机械密封材料在航空、航天、船舶、冶金、石油、电子、机械等领域都得到了成功的应用。

### 技术特点

抗压强度  $\geq 150\text{MPa}$ , 抗折强度  $\geq 90\text{MPa}$ , 开口气孔率  $\leq 0.1\%$ , 密度  $\geq 1.8\text{g/cm}^3$

### 创新要点

IPG制备技术及制备装置

### 联系人

项目负责人: 白朔

电话: 024-83978648

邮箱: sbai@imr.ac.cn



## 浸金属 (树脂) 碳石墨复合材料

### 技术简介及应用领域

传统工艺制备的碳石墨材料内部有较高的孔隙率, 在高压条件下将金属或树脂等浸渍到碳石墨基体中能够极大的提高材料的强度、密封性能、耐磨损性能。金属所制备的高性能浸金属和浸树脂碳石墨复合材料具有优异的力学性能、耐磨损性能和密封性能, 已广泛应用于机械密封领域。

### 技术特点

浸树脂碳石墨复合材料: 抗压强度  $\geq 120\text{MPa}$ , 抗折强度  $\geq 55\text{MPa}$ , 开口气孔率  $\leq 1\%$ ; 浸金属碳石墨复合材料: 抗压强度  $\geq 165\text{MPa}$ , 抗折强度  $\geq 75\text{MPa}$ , 开口气孔率  $\leq 1\%$

### 创新要点

热等静压浸渍技术、高压浸渍技术、高性能

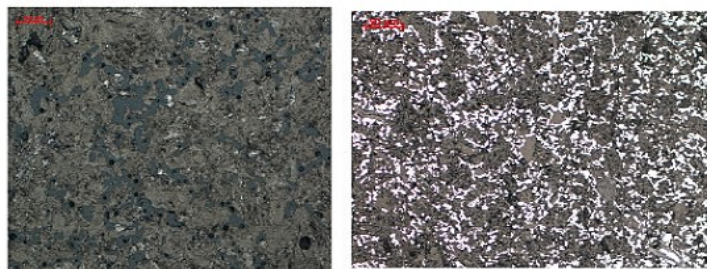
### 碳石墨基体

### 联系人

项目负责人: 白朔

电话: 024-83978648

邮箱: sbai@imr.ac.cn



## 高定向热解石墨 (HOPG)

### 技术简介及应用领域

高定向热解石墨 (HOPG) 是热解石墨经高温高压处理后制得的一种新型石墨材料, 其性能接近单晶石墨。主要应用于X射线单色器、中子滤波器和单色器、石墨基本性能研究、大尺寸石墨层间化合物基础研究、石墨烯制备研究等领域。

### 技术特点

密度: 2.25–2.26g/cm<sup>3</sup>

层面间距: 0.3344–0.3359nm

### 创新要点

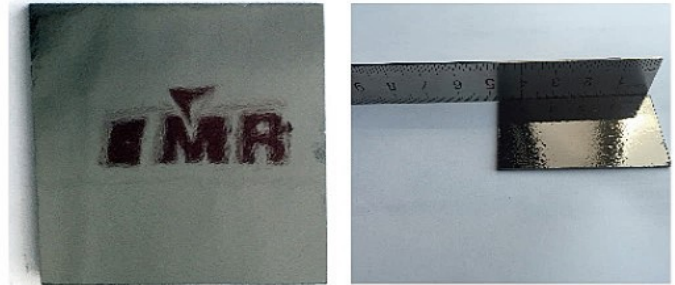
HOPG制备技术

联系人

项目负责人: 白朔

电话: 024-83978648

邮箱: sbai@imr.ac.cn



(上接二版) 有非对称特性。在此工作的基础上, 近来他们依据四方铁电体中全闭合畴的巨大向错应变特征, 设计并制备了厚度调制的PTO/STO多层薄膜。这种多层薄膜不仅面内受到衬底的应变调制, 而且面外应变也得到了有效的调控, 即整个薄膜处于三维应变状态。像差校正透射电子显微分析表明, 当相邻PTO层厚度相同时, 180° 畴壁沿垂直方向的全闭合畴 (V畴) 不仅在面内成周期性排列, 而且在面外也表现出周期性, 即形成了二维周期性排列的V畴阵列; 当相邻

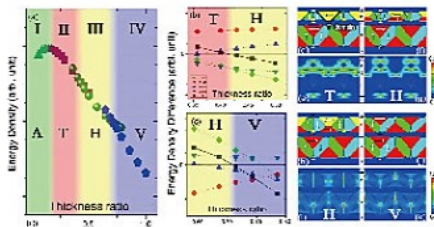


图5、多层PTO/STO薄膜体系的相场模拟。(a) 随相邻PTO层中的厚度比变化, PTO中畴结构的相图。其中包含四个畴区域I, II, III, IV分别对应 $a_1/a_2$ 畴(A), 梯形a畴(T), 水平全闭合畴结构(H)以及垂直全闭合畴结构(V)。(b) 第二个转变点附近H畴和T畴之间的能量密度差。(c) 第三个转变点附近V畴和H畴之间的能量密度差。T畴(d, e)和H畴(f, g)的畴组态及其弹性能量密度分布图。H畴(h, i)和V畴(j, k)的畴组态及其弹性能量密度分布图。

PTO层的厚度比为0.5时, 较厚PTO层中依然出现周期性的V畴阵列, 而薄PTO层中则出现规则排列的180° 畴壁沿水平方向的对称全闭合畴组态 (H畴), 从而得到H畴和V畴交替排列的规则全闭合畴阵列。

在像差校正电子显微分析的基础上, 他们通过改变相邻PTO层的厚度比(thickness ratio) 进行相场模拟, 从体系弹性能、静电能、梯度能等能量相互竞争的角度建立了体系畴结构随厚度比演变的相图。基于相场模拟的预测结果得到了该工作中大量实验数据的验证。

这一研究成果进一步完善了通过应变调控铁电材料畴结构和物理特性的重要性和有效性, 为探索基于铁电材料的高密度信息存储提供了新途径, 对新型纳米器件的设计和研发具有重要意义。

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以及科技部973计划等资助。

该项工作的全文链接: <http://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.nanolett.7b02615>

# “我在团队中的位置”主题讨论活动心得体会

## 金瑞公司党支部

2002年随着中科院知识工程创新实施，金属所进行后勤深化改革，金瑞公司成立了。今年正值金瑞公司成立十五周年，回首十五年，金瑞公司经历了彷徨、起步、发展、稳定，今天已成为金属所这个团队中不可或缺的一员。

1994年以来，金属所的后勤体系改革历经了由福利模式到经营承包的改革，以沈阳金瑞实业有限公司成立作为标志，实现了现代企业法人性质的公司管理，依法自主经营、自负盈亏、自主设置机构。对当时进入公司的81名职工按企业管理模式进行过渡性改革，对原有经营管理机构进行相应重组，优化内部资源配置，使资源使用更合理、更规范。企业化的运行机制提升了经营服务空间，在良性竞争中逐渐形成发展的势头。在轰轰烈烈的改革中，金瑞公司也遇到过很大的困难，最大的困难就是后勤职工与服务对象两方，面对后勤社会化的改革在思想观念上的不适应。一方面，后勤职工思想中计划经济体制形成的旧观念烙印深刻，对转制后的发展心中无底，市场竞争意识和能力较弱，担心下岗，担心收入下降，担心养老保障问题，担心付出的劳动得不到应有的回报，这四个“担心”形成了转制的阻力。另一方面，是服务对象观念转变问题。由于长期的计划经济体制，服务对象已经习惯了享受福利服务，一下子变成有偿服务，一时间观念很难转变。这使金瑞公司面临失去服务市场的风险。

如何真正做到“产权清晰、责权明确、政企分开、管理科学”，是金瑞公司面临的重大难题。进入公司的职工大有一种壮士断腕的悲壮，因为他们知道后勤转制后，背后的依托没有了，资源稀缺，产品单一，如果不能很快找到经济增长点，很难在公司完成社会化、企业化后进一步保持持续的生命力。但这是后勤职工需要面对的现实，是需要金瑞公司牺牲“小我”利益对金属

所“团队”发展的支持。

面对新的角色，金瑞如何在团队中重新找到自己的位置？金瑞人认识到“个人离开社会不可能得到幸福，正如植物离开土地而被抛弃到荒漠里不可能生存一样”（列夫·托尔斯泰）。“单个的人是软弱无力的，就像漂流的鲁宾逊一样，只有同别人在一起，他才能完成许多事业”（叔本华）。尽管公司转制了，还要努力融入这个团队，共同承担团队责任，从团队发展中找生机，齐心协力，只有团队强大了，个体才更有价值。

想得到团队的认可，那就让你自己成为团队工作链条里不可或缺的一环。金瑞公司是研究所运行的保障服务部门，尽管看上去不那么重要，它却是团队工作运转中不可或缺的组成部分，能够为研究所这个团队提供安全稳定的工作环境和条件，这既是职责也是目标。明确了认识，我们在工作中从团队大局出发，积极为科研人员着想，不抱怨，不自卑，积极与团队建立和谐的信赖关系，把自己作为团队一员，找准位置 and 在这个位置发挥作用的空间。金瑞人不断树立自己在团队中的影响力，打造金瑞品牌。

金瑞公司成立初，就确立了“以人为本，团结奋进，把握未来，争创一流”的指导思想，以高尚的价值观，吸引同样价值观的人聚集在一起，为共同的目标奋斗。金瑞公司党支部就是塑造引领公司价值观的核心力量。党支部通过开会、组织主题教育实践活动、开展丰富多彩的提升凝聚力活动，使金瑞公司统一认识，围绕为研究所这个大团队发展，自觉服务，甘于奉献。金瑞公司的业务范围涵括维修、运行、用车服务等。良好的专业背景和优秀的从业经验以及24小时细心周到的服务，产生了积极正面的影响，有利于建立公司良好的人际关系和声望，从而提升影响力。

2005年，我们选派了10名以党员和退伍军人为主的技工加入辽宁省预备役高炮一师，多年来与省预备役一师装备部坚持开展共建活动。我们参加了一次技术比武和两次技术表演、多次主题培训。先后有一名同志两次荣获优秀预备役军官、一人荣获优秀预备役士兵、一人荣获技术比武并列第一名，扩大了金瑞公司的影响力。

十五年来，金瑞人加强自身建设，既没有出现因后勤改革造成的人员不稳定，也没有出现因

发展瓶颈举步维艰。反而在金属所这个团队中，金瑞公司不断成长，每年实现国有资产的增值保值。在服务方面，金瑞公司以金属所保障需求出发，努力提供高品质的服务。无论是工作需求，还是个人生活，金瑞服务已渗进服务的每个角落。

十五年的发展，当金瑞人再回首“我”在“团队”的位置，“我”会自豪的说，在金属所这个团队中，金瑞公司这个小我不仅今天会写下浓重一笔，明日也必会展翅高飞。

## 后勤机关党支部

### 一、要在团队中找准自己的位置，要有团队精神

在这个世界上，任何一个人的力量都是渺小的，只有融入团队，只有与团队一起奋斗，才能实现个人价值的最大化，才能成就自己的卓越！团队中的每个个体所扮演的角色没有高低之分，只是角色不同，位置不同，每个人都有着不可替代的作用，要认清自己，找准自己的角色定位，才能在团队中发挥出更大的作用。团队，是为了实现一个共同的目标而集合起来的一个团体，需要的是心往一处想，劲往一处使；需要的是分工协作，优势互补；需要的是团结友爱、关怀帮助；需要的是风雨同舟，甘苦与共。团队利益高于个人利益就是要先公后私，一切以团队的利益为重。

### 二、锤炼扎实的业务素质，在团队中发挥积极的作用

欲胜人者，必先自胜；欲知人者，必先自知。活到老，学到老，要不断提高自己的业务水平，要勇于实践探索，在实践中掌握新知识，积累新经验，增长新本领。在立足踏实干好本职工作的基础上，遇到阶段性重点问题和难题时，要积极想办法，深入基层调查了解，提出可行性建议和措施。“学”是首要，环境在变，问题也会不断出现。问题并不可怕，只要能够掌握解决问题的技能，就会迎刃而解。运用自己的所学，在

团队中积极的发挥作用，为团队的建设做出一份贡献。

### 三、坦诚互信，善于沟通交流

团队是一个相互协作的群体，需要团队成员之间建立起相互信任的关系。这是整个团队能够协同合作十分关键的因素。如果团队成员之间没有充分的信任，就不可能有真正的交流和沟通，就会失去有配合协作的基础，整个团队也会成为一盘散沙，毫无力量可言。最终，这个团队将会一事无成，毫无建树，自然而然的，团队的每个成员也不会有所收获，更谈不上个人发展。如果团队成员之间相互信任，就能形成高度互信的互动能量，使大家乐于付出，齐心协力，实现团队发展和个人价值。要想在团队中获得成功，沟通是基本的要求，也是做好事情完成任务的充分条件。交流是协作的开始。团队成员之间在思想、阅历、知识、能力等方面都会有所差异，在今后的工作中要多听听对方的好意见，好想法，与领导和同事之间加强沟通交流。

### 四、服从团队领导、勇于担当、互帮互助

坚决做一颗“不上锈的螺丝钉”，只要是团队需要，坚决服从组织分配，不怕苦、不怕累，勇于担当责任，对自己负责，对团队和其他成员负责。学会理解和帮助，共同完成团队的共同目标，齐心协力，团队才能不断发展壮大，个人才能获得收获和成长。



11月23日至24日，同方知网（北京）技术有限公司（CNKI）在北京召开了2017中国学术期刊未来论坛。论坛期间，CNKI发布了175种2017年度“中国最具国际影响力学术期刊”和175种“中国国际影响力优秀学术期刊”。金属所承办的三本期刊《材料科学技术英文版》（简称JMST）、《金属学报》、《金属学报》英文版（简称AMSE）均入选2017“中国最具国际影响力学术期刊”（简称TOP5期刊），分列第19位、第137位、第154位。

11月21日，沈阳市市长姜有为、副市长刘晓东率领沈



阳市发改委、科技厅等相关部门领导到金属所调研。姜有为市长充分肯定了金属所取得的科研成果，以及为国家和地方经济发展做出的重要贡献，希望金属所继续加强与地方企业合作力度，积极推进科研成果的转移转化，为沈阳市经济发展贡献力量。



11月15日，美国科睿唯安（Clarivate Analytics）在线公布了全球2017年“高被引科学家（2017 Highly Cited Researchers）”名单。金属所李峰研究员、成会明院士、卢柯院士入选。

11月14日至17日，2017年度李薰讲座奖获得者、英国国家物理实验室Alan Turnbull博士访问金属所，并开展合作交流。



室Alan Turnbull博士访问金属所，并开展合作交流。

11月9日，中国航空制造技术研究院李志强院长来所作题为“先进航空材料与轻量化制造技术”的师昌绪系列讲座。



11月9日，中国航空制造技术研究院李志强院长等一行5人到金属所交流，并签署了“战略合作协议”。双方将充分发挥各自特长，在钛合金、铝基复合材料等材料研制和应用研究等领域开展全面合作。

