

推荐国家自然科学基金项目公示

项目名称	金属材料强韧化的内在与外在微纳尺寸效应
推荐单位	教育部
推荐单位意见： <p>我单位认真审阅了该项目推荐书及附件材料，确认全部材料真实有效，相关栏目均符合国家科学技术奖励工作办公室的填写要求。</p> <p>随着技术的进步，金属材料中决定其力学性能的内在特征微观组织尺寸，以及微纳器件所用金属材料的外观尺寸相应均已减小到与其位错和孪晶等变形的各种物理载体相当的微纳尺寸范畴。原来仅依赖于材料内在微观组织、具有材料常数性质的性能指标均会表现出明显的材料外在尺寸效应，金属材料强韧化面临着新的挑战 and 机遇。该项目基于上述变形物理载体对材料内在和外在微纳尺寸的依赖性，通过系统深入的研究，在具有三种典型晶体结构的金属材料中发现了其内在与外在微纳尺寸效应及其耦合对强韧化作用的新规律和新机制，为提高其强韧化水平提供了理论依据与新思路。</p> <p>该项目在 Nature、Nature Mater 等期刊发表的 8 篇代表作被包括 18 名院士在内的 32 个国家 450 余名作者在 42 种国际期刊 SCI 他引 425 次。2 篇论文入选 ESI 高被引论文，1 篇入选“中国百篇最具影响力国际学术论文”，并被收入美国和德国科学家编写的 3 部学术专著。包括国际断裂大会 50 分钟大会主旨报告在内的国际会议特邀报告 30 次。针对上述成果，国际权威学者在 Nature Mater 上发表正面专题评述文章 2 篇，并被 Nanotoday, NPG Asia Mater 和 Nature China 专题正面评论 3 次。部分成果入选 2010 年度“中国高等学校十大科技进展”。</p> <p>对照国家自然科学基金授奖条件，推荐该项目申报 2017 年度国家自然科学基金一等奖。</p>	

项目简介:

该项目属于材料科学基础领域。

提高金属材料强度、并兼顾其延韧性，是该领域追求的永恒主题和面临的共性关键问题。随着技术的进步，金属材料中决定其力学性能的内在特征微观组织尺寸，以及微纳器件所用金属材料的外观尺寸相应均已减小到与其位错和孪晶等变形的各种物理载体相当的微纳尺寸范畴。原来仅依赖于材料内在微观组织、具有材料常数性质的性能指标均会表现出明显的材料外在尺寸效应，金属材料强韧化面临着新的挑战 and 机遇。该项目正是基于上述变形物理载体对材料内在和外在微纳尺寸的依赖性，通过系统深入的研究，在具有三种典型晶体结构的金属材料中发现了其内在与外在微纳尺寸效应及其耦合对强韧化作用的新规律和新机制，为提高其强韧化水平提供了理论依据与新思路。主要发现点如下：

1. 发现了微纳尺寸金属单晶中孪晶变形的强烈晶体外在尺寸效应，在亚微米尺度时变形机制由孪晶变形转为位错滑移变形主导，而其最大流变应力达到其理想强度值，并保有相当的压缩塑性。提出了以螺位错为媒介的孪晶变形“受激滑移”模型，阐明了孪晶变形强度“愈小愈强”尺寸效应的内在机理。美国材料研究学会(MRS)主席 Kraft 教授在 Nature Mater 的专题评述称该结果“颠覆了晶体尺寸愈小愈容易形成孪晶这一长期以来人们的直觉，其尺度效应远大于位错的，可在大得多的尺寸上达到其理想强度，并可制成具有超高比强度的微米金属纤维材料”。

2. 建立了合金强韧化的内在多尺度第二相耦合效应模型，发现了通过调控微米至纳米尺度颗粒之间的匹配，特别是利用合金超细晶内纳米第二相粒子与位错的交互作用提高其应变硬化能力，可以在强化的同时显著增加其延韧性。被国外学者称为“近 15 年时效合金强韧化物理模型中的四个代表性工作之一”。欧洲科学院院士 Valiev 教授在 Nature Mater 的专题评述称该结果“为同步提高合金强度与延韧性提供了有效途径，是块体金属材料纳米化的一个非常好的范例”。

3. 构建了纳米金属多层膜变形断裂尺度效应的微观力学模型，揭示了其微纳柱体强韧化的内在层厚与外在直径的耦合尺寸效应，发现了层厚 10 纳米、直径为亚微米的铜/铜铝非晶多层膜微纳柱体的强度可超过或接近其组元相理想强度，并具有相当大的压缩塑性。美国同行认为“该材料体系的微纳结构设计能够在根本上改变材料的变形行为，提供了广受欢迎的、与十余年来等轴纳米晶金属迥然不同的高强韧性组合”。

该项目在 Nature、Nature Mater 等期刊发表的 8 篇代表作被包括 18 名院士在内的 32 个国家 450 余名作者在 42 种国际期刊 SCI 他引 425 次。2 篇论文入选 ESI 高被引论文，1 篇入选“中国百篇最具影响力国际学术论文”，并被收入美国和德国科学家编写的 3 部学术专著。包括国际断裂大会 50 分钟大会主旨报告在内的国际会议特邀报告 30 次。针对上述成果，国际权威学者在 Nature Mater 上发表正面专题评述文章 2 篇，并被 Nanotoday, NPG Asia Mater 和 Nature China 专题正面评论 3 次。部分成果入选 2010 年度“中国高等学校十大科技进展”。

客观评价:

该项目在 Nature、Nature Mater 等期刊发表的 8 篇代表作被包括 18 名院士在内的 32 个国家 450 余名作者在 42 种国际期刊 SCI 他引 425 次(附件 3)。代表论文 1 和 2 入选了 ESI 高被引论文(附件 5)，代表论文 1 为 2010 年中国百篇最具影响力国际学术论文(附件 6)。研究工作受邀做包括国际断裂大会 50 分钟大会主旨报告在内的国际会议特邀报告 30 次(附件 7)，并被收入美国和德国科学家编写的 3 部学术专著(其中一部已成为加州理工学院的教材)。针对上述成果，国际权威学者在 Nature Mater. 上发表正面专题评述文章 2 篇，并被 Nanotoday, NPG Asia Mater 和 Nature China 专题正面评论 3 次。成果入选 2010 年度“中国高等学校十大科技进展”(附件 6)和“中国科学十大进展”30 项候选新闻，以及 2013 年度“中国十大科技进展”20 项候选新闻；并被包括相关领域国际权威学者的同行引用、高度评价与跟踪研究。具体如下：

(一) Nature Materials、Nanotoday 和 NPG Asia Materials 等专题评论：“颠覆了长期以来人们的直觉，其尺度效应远大于位错变形的，因而在大得多的尺寸上达到其理想强度”、“所用方法是一种可同时提高合金强度和延性的有效途径，是块体金属材料纳米化的一个非常好的范例(great example)”。

1) 美国 MRS 主席、德国卡尔斯鲁厄理工大学 Kraft 教授在《Nature Materials》，2010 年 4 月的“新闻与评论”专栏以“Crystalline materials: Twin behaviour and size”为题专门推介了代表论文 1，称该结果“颠覆了晶体尺寸愈小愈容易形成孪晶这一长期以来人们的直觉，其尺度效应远大于位错变形的，因而在大得多的尺寸上达到其理想强度，并可制成具有超高比强度的微米金属纤维”。(代表引文 1)。

2)《NPG Asia Materials》在 2010 年 4 月的“研究焦点”专栏以“Nanomechanics: Size matters”为题专门推介了代表论文 1，专题评述称该结果“对于 M/NEMS 等微纳器件的高性能化设计和晶体变形机理及其转换这一基础科学命题等均具有重要意义”。(附件 8)。

3)《Nature China》编辑 Cheung，在该刊 2010 年 1 月的“研究焦点”专栏以“Mechanical properties: Size stress”为题专门推介了代表论文 1，称该结果揭示了“变形孪晶所需要的应力随晶体尺寸的减小急剧增加，并在亚微米尺度位错滑移完全取代变形孪晶”。(附件 9)。

4) 欧洲科学院院士、俄罗斯乌法国立航空技术大学 Valiev 教授在《Nature Materials》，2013 年 3 月的“新闻与评论”专栏以“Nanostructured alloys: Large tensile elongation”为题专门推介了代表论文 2，专题评述认为：所用方法是一种可同时提高合金强度和延性的有效途径。并进一步评论到：“这一工作是块体金属材料纳米化的一个非常好的范例(great example)，该工作中所提出的纳米化方法有望在其它金属结构材料中得到应用，并制备出相应的高性能新型结构材料”。(代表引文 4)。

5) 国际著名期刊《Materials Today》与《Nanotoday》主编 Sealy 教授，2013 年 4 月在《Nanotoday》期刊专题推介了代表论文 2，认为：该研究的关键创新在于通过液液掺杂技术引入了纳米 La₂O₃ 颗粒。这些颗粒弥散在晶粒内部提高了强度，而且晶内颗粒使得位错容易存储，从而同时提高了延性。文章同时给出了美国俄勒冈州立大学 Kruzic 教授的评论：“该结果如果能工业化生产，将为钨合金带来显著进步。”(代表引文 5)。

(二) 相关领域国际权威学者及知名国际同行的评价引用和跟踪研究：“是制备高强度、高延性金属材料的代表性工作”、“调控多层次结构提高材料加工硬化能力赋予纳米结构高强度合金高延性的典型范例”、“一个精致巧妙的范例”、“所建模型是两元系时效铝合金的四个代表性工作之一”。

1)《Nano Letters》期刊编辑、美国加州理工学院 Greer 教授和《Scripta Materialia》期刊主编、荷兰格罗宁根大学 De Hosson 教授合作于 2011 年发表在 Prog. Mater. Sci. 上的综述文章以一个独立章节对代表论文 1 进行了大篇幅引用，强调了上述研究通过独特的实验方案，避免了他人结果的误差，从而发现了孪晶切变的强烈晶体尺寸效应，并建立了相应的理论模型。(代表引文 2)。

2)《Mater. Sci. Eng. A》期刊主编、加州大学戴维斯分校工学院院长、美国工程院院士 Lavernia 教授在 Acta Mater. 发表的文章讨论处 3 次引用该项目成果(代表论文 1)，依据位错受激滑移理论模型揭示超细晶 Al-Mg 合金复合材料中孪晶界面的强化作用，(代表引文 3)；在 Scripta Mater. 发表的文章也 2 次引用代表论文 1 计算 Al-Mg

合金复合材料中孪晶形成的临界应力。(附件 10, 引文 1)。

3) 美国 MRS 主席、德国卡尔斯鲁厄理工大学 Kraft 教授在 Acta Mater. 发表的文章引言与讨论中 5 处引用该项目成果(代表论文 1), 其中 4 次引用代表论文 1 阐明纳米晶晶须通过孪晶的强烈外在尺寸效应可以使其强度接近其理想强度, 同时具有 5~12% 的断裂应变, 并且分别通过实验与分子动力学模拟证明了该项目“位错受激滑移理论模型”的可靠性。(附件 10, 引文 2)。

4) 英国皇家工程院院士、帝国理工学院 Dunne 教授在其 Acta Mater 的文章引用该项目 3 篇论文(含代表论文 1), 将其作为第一个微纳密排六方晶体孪晶变形尺度效应的例子(附件 10, 引文 3)。

5) 《Mater. Sci. Eng. A》期刊主编、美国工程院院士、加州大学戴维斯分校工学院院长 Lavernia 教授在 Acta Mater. 发表的文章引言中 4 处引用该项目成果(代表论文 2), 将其作为通过在粗晶晶粒内部形成纳米氧化物颗粒制备高强度、高延性金属材料的代表性工作。(附件 10, 引文 4)。

6) 法国科学院院士、巴黎矿业学院 Pineau 教授在 Acta Mater. 上发表的综述文章直接引用该项目成果(代表论文 2), 将其作为赋予纳米结构合金高强韧性的一个精致巧妙的范例。(附件 10, 引文 5)。

7) 法国科学院院士、格勒诺布尔理工学院 Bréchet 教授组在 Prog. Mater. Sci. 的综述文章中 5 次引用该项目结果(代表论文 4、5), 并指出“Liu 等利用逐次升温的强化固溶处理工艺可使微米结晶相和亚微米弥散相分别减少 30% 和 20%, 从而将 Al-Mg-Si 合金的断裂应变提高了 20% 左右。(代表引文 6)。

8) 《Mater. Sci. Eng. A》期刊编辑、英国南安普敦大学 Starink 教授在 Acta Mater. 文章中关于铝合金时效析出强化物理模型的综述部分, 将该项目提出的时效析出强化模型作为了两元系时效铝合金时效析出强化的四个代表性工作之一(代表论文 3)。(附件 10, 引文 6)。

9) 荷兰德尔夫特理工大学 Sietsma 教授在其发表的文章中(Met. Mater. Trans. A) 8 次引用代表论文 3 与相关强度数据, 称其为“模拟 Al-Mg-Si 合金中细长状沉淀相时效析出及强化的唯一尝试性工作”, 并基于在该项目的理论框架和实验结果开展了跟踪研究, 以验证其结果的正确性。(附件 10, 引文 7)。

10) 美国北卡罗来纳州立大学魏秋明教授跟踪该项目研究, 在 Acta Mater. 上发表的文章引用该项目 4 篇文章(含代表论文 7) 共 6 次, 称该项目组工作与美国洛斯阿拉莫斯国家实验室的结果同为多层膜应变速率敏感性的代表性工作, 且该项目研究结果为 Cubic/HCP 体系的代表性工作。(附件 10, 引文 8)。

11) 德国马普学会钢铁研究所执行所长 Raabe 教授在 Acta Mater. 的文章中 8 次引用并整段评论代表论文 8(包括数据曲线)(附件 10, 引文 9), Raabe 教授 2014 年发表在 Phys. Rev. Lett. 上的文章也直接引用代表论文 8 的强度数据, 据此阐明晶体/非晶多层膜的微观变形机制。(附件 10, 引文 10)。

(三) 其他国际同行的评价和跟踪研究: “微纳尺寸钛单晶的强度可以达到其理想强度”、“含多尺度第二相合金断裂与强韧化行为的典型实例”、“该微纳材料的结构设计能够在根本上改变材料的变形行为, 提供了广受欢迎的、与十余年来等轴纳米晶金属迥然不同的高强韧性能组合”。

12) 加拿大滑铁卢大学 Burek 教授研究小组跟踪该项目研究, 在 J. Mater. Res. 上发表的关于密排六方金属锌微纳尺度单晶柱体的文章中 7 次引用代表论文 1, 并大篇幅评论该工作的与众不同之处, 突出微纳尺寸钛单晶微柱体的强度可以达到其理想强度。(附件 10, 引文 11)。

13) 美国亚利桑那州立大学 Solanki 教授在发表于 Nature 上的文章引用代表论文 2, 认为这种高强韧性能组合来源于所制备材料中的纳米级核壳结构(附件 10, 引文 12)。

14) 日本国立材料研究所(NIMS) Singh 教授在 MSE-A 上发表的文章讨论处直接引用该项目关于铝合金多尺度第二相颗粒对断裂行为调控的模型(代表论文 4、5) 共 3 次, 圆满的解释了 Mg-Zn 合金中棒状析出相尺寸与分布对其延性的影响。(附件 10, 引文 13)。

15) 比利时鲁汶大学 Pardoen 教授组在 J. Mech. Phys. Solids 文章中 2 次引用该项目关于铝合金多尺度第二相颗粒对断裂行为影响的结果(代表论文 5), 并将其作为含多尺度第二相合金断裂与强韧化行为的典型实例。(附件 10, 引文 14)。

16) 瑞典 Thermo-Calc Software AB 公司 Engström 博士在 Mater. Today: Processing

上发表的文章直接引用该项目成果(代表论文 4)共 4 次,认为我们的析出相尺寸与密度的相关实验数据可以支撑其模拟计算的结果。(附件 10,引文 15)。

17) 英国南安普敦大学 Polcar 教授在 Acta Mater. 文章中引用该项目 8 篇论文共 12 次,将代表论文 7 作为 Cubic/HCP 体系的代表性工作 5 次引用,并利用其中所建微观力学模型得出与其实验结果相符的结论,同时高度认可所提出的组元协同变形的微观机制。(代表引文 7)

18) 美国纽约州立大学石溪分校 Trelewicz 教授在 Acta Mater. 文章中引用该项目 4 篇论文共 7 次,并认为代表论文 8 中纳米金属多层膜柱体的微纳材料结构设计能够在根本上改变材料的变形行为,提供了广受欢迎的、与十余年来等轴纳米晶金属迥然不同的高强韧性能组合(代表引文 8)。

(四) 被编入美国、德国科学家的学术专著与专业手册

1) 剑桥大学出版社 2014 年出版的美国加州理工学院 Fultz 教授《Phase Transitions in Materials》一书,在其时效析出相变章节中将该项目成果作为典型代表性工作进行了描述和讨论(附件 11)。

2) 部分结果被收入 Springer 出版社出版的德国铝业技术服务中心 Ostermann 博士的学术专著《Anwendungstechnologie Aluminium》,该书也是德国铝合金企业界的重要参考书。(附件 11)。

3) 部分结果被收入 Springer 出版社出版的《Handbook of Nanomaterials Properties》,在其第十六章中俄亥俄州立大学 Anderson 教授等将该项目四张实验结果的图等进行了描述讨论。(附件 11)。

代表性论文专著目录:

1. Strong crystal size effect on deformation twinning/ *Nature*/ Yu, Q; Shan, ZW; Li, J; Huang, XX ; Xiao, L; Sun, J; Ma, E, 2010(463): 335-338, 影响因子 38.138, SCI 他引 188 次
2. Nanostructured high-strength molybdenum alloys with unprecedented tensile ductility/ *Nature Materials*/ Liu, G; Zhang, GJ; Jiang, F; Ding, XD; Sun, YJ; Sun, J; Ma, E, 2013(12): 344-350, 影响因子 38.891, SCI 他引 78 次
3. Modeling the strengthening response to aging process of heat-treatable aluminum alloys containing plate/disc- or rod/needle-shaped precipitates/ *Materials Science and Engineering: A*/ Liu, G; Zhang, GJ; Ding, XD; Sun, J; Chen, KH, 2003(344): 113-124, 影响因子 2.647, SCI 他引 48 次
4. Experiment and multiscale modeling of the coupled influence of constituents and precipitates on the ductile fracture of heat-treatable aluminum alloys/ *Acta Materialia*/ Liu, G; Sun, J; Nan, CW; Chen, KH, 2005(53): 3459-3468, 影响因子 5.058, SCI 他引 23 次
5. Heat treatment-modulated coupling effect of multi-scale second-phase particles on the ductile fracture of aged aluminum alloys/ *Acta Materialia*/Liu, G; Zhang, GJ; Wang, RH; Hu, W; Sun, J; Chen, KH, 2007(55): 273-284, 影响因子 5.058, SCI 他引 21 次
6. Thickness dependent critical strain in submicron Cu films adherent to polymer substrate/ *Applied Physics Letters*/Niu, RM ; Liu, G; Wang, C; Zhang, G; Ding, XD ; Sun, J, 2007(90): 161907, 影响因子 3.142, SCI 他引 31 次
7. Length-scale-dependent deformation and fracture behavior of Cu/X (X = Nb, Zr) multilayers: The constraining effects of the ductile phase on the brittle phase/*Acta Materialia*/Zhang, JY; Zhang, X; Wang, H; Lei, SY; Zhang, P; Niu, J; Liu, G; Zhang, J; Sun, J, 2011(59): 7368-7379, 影响因子 5.058, SCI 他引 22 次
8. Transition from homogeneous-like to shear-band deformation in nanolayered crystalline Cu/amorphous Cu-Zr micropillars: Intrinsic vs. extrinsic size effect/ *Acta Materialia*/Zhang, JY; Liu, G; Lei, SY; Niu, JJ; Sun, J, 2012(60) : 7183-7196, 影响因子 5.058, SCI 他引 14 次

主要完成人情况:

1. 孙军, 排名 1, 国重室主任, 教授, 工作单位: 西安交通大学, 完成单位: 西安交通大学, 是该项目主要负责人, 是项目的组织、设计与直接参与者, 发现点 1、2、3 主要学术思想的提出者, 也是 8 篇代表论文中 8 篇论文的通讯或共同通讯作者。提出了密排六方金属单晶孪晶变形所需应力应该存在强烈的外在微纳尺寸效应, 和纳米金属多层膜微纳柱体变形应具有其内在层厚与外在直径微纳尺寸效应及其耦合作用的学术思想; 提出了通过调控合金中多尺度第二相性态, 在保持甚至提高其强度的同时, 显著提升其延韧性的学术思路。
2. 刘刚, 排名 2, 强度室主任, 教授, 工作单位: 西安交通大学, 完成单位: 西安交通大学, 对发现点 2 做出了主要贡献, 是代表论文 2、3、4、5 的第一作者。系统研究了铝合金、钼合金的第二相强韧化机制, 建立了合金强韧化的内在多尺度第二相耦合效应模型, 发现了通过调控微米至纳米尺度颗粒之间的匹配, 特别是利用合金超细晶内纳米第二相粒子与位错的交互作用提高其应变硬化能力, 可以在强化的同时显著增加其延韧性。
3. 张金钰, 排名 3, 无行政职务, 副教授, 工作单位: 西安交通大学, 完成单位: 西安交通大学, 对发现点3做出了主要贡献, 是代表论文7、8的第一作者。制备了晶体/非晶Cu/Cu-Zr和晶体/晶体Cu/Zr多层膜以及组元材料Cu薄膜等一系列薄膜材料, 在晶体/非晶Cu/Cu-Zr微纳柱体压缩实验中发现其最大流变应力可达到其相应的理想强度水平并保有相当塑性, 构建了纳米金属多层膜变形断裂尺度效应的微观力学模型, 揭示了其微纳柱体内在层厚与外在直径的耦合尺寸效应。
4. 余倩, 排名 4, 院长助理, 教授, 工作单位: 浙江大学, 完成单位: 西安交通大学, 对发现点 1 做出了主要贡献, 是代表论文 1 的第一作者。制备了涵盖不同晶体取向多尺度的微纳金属单晶压缩试样, 实现了跨微观-介观-宏观的多尺度材料力学性能表征和微结构表征, 发现了孪晶变形的强烈外在微纳尺寸效应, 并通过原位定量实验揭示了特征尺度调控下材料微观变形机理的转化。
5. 单智伟, 排名5, 国重室副主任, 教授, 工作单位: 西安交通大学, 完成单位: 西安交通大学, 对发现点1做出了主要贡献, 是代表论文1的第二作者。协助分析了非原位微米级试样的实验结果, 提出并完成了亚微米试样的原位电镜定量力学测试和微观结构表征, 负责了原位实验相关部分的数据分析和论文撰写工作, 参与了发现点1 的所有讨论并在部分观点上做出了显著贡献。

完成人合作关系说明：

该项目成果是由西安交通大学的孙军教授研究团队完成。1995年起孙军教授建立材料强韧化尺度效应研究团队，于2000年至2013年期间针对金属材料强韧化的内在与外在微纳尺寸效应开展了深入研究，取得了重要理论研究成果。项目完成人刘刚、张金钰为孙军教授指导的博士生，毕业留校后在孙军团队进行研究工作。完成人余倩为肖林教授与孙军教授共同指导的硕士生，单智伟一直与孙军团队进行紧密的合作研究工作，共同承担研究项目(微米金属单晶变形行为的晶体学与尺度效应 50831004, 介观尺度材料特性与服役行为表征的基础研究 2010CB631000)。完成人刘刚的博士论文“含多尺度第二相时效铝合金力学性能模型化与实验研究”(2002年完成, 导师孙军, 2007年陕西省优秀博士论文), 张金钰的博士论文“金属多层膜力学行为及其组元与尺寸效应”(2011年完成, 导师孙军, 2014年陕西省优秀博士论文), 完成人余倩、单智伟与孙军教授共同发表的论文(代表论文1), 其相关成果均是该项目成果的核心内容。

知情同意证明:

关于孙军教授等申报中国国家自然科学奖的知情同意证明

我于 2010 年在西安交通大学工作期间, 和孙军、余倩和单智伟共同发表学术论文如下:
Qian Yu, Zhi-Wei Shan, Ju Li, Xiaoxu Huang, Lin Xiao, Jun Sun, Evan Ma. Strong crystal size effect on deformation twinning. Nature 463, 335-338 (2010).

孙军、余倩和单智伟等三位教授在这篇文章中做出了核心贡献, 我知情并同意孙军教授等使用这篇论文进行2017年度中国国家自然科学奖的申报, 特此证明。

李巨



2016年12月26日

关于孙军教授等申报中国国家自然科学奖的知情同意证明

我于 2010 年在西安交通大学工作期间, 和孙军、余倩和单智伟共同发表学术论文如下:
Qian Yu, Zhi-Wei Shan, Ju Li, Xiaoxu Huang, Lin Xiao, Jun Sun, Evan Ma. Strong crystal size effect on deformation twinning. Nature 463, 335-338 (2010).

孙军、余倩和单智伟等三位教授在这篇文章中做出了核心贡献, 我知情并同意孙军教授等使用这篇论文进行2017年度中国国家自然科学奖的申报, 特此证明。

我于 2013 年在西安交通大学工作期间, 和孙军与刘刚共同发表的学术论文如下:
G. Liu, G. J. Zhang, F. Jiang, X. D. Ding, Y. J. Sun, J. Sun, E. Ma. Nanostructured high-strength molybdenum alloys with unprecedented tensile ductility. Nature Materials 12, 344-350 (2013).

孙军与刘刚二位教授在这篇文章中做出了核心贡献, 我知情并同意孙军和刘刚二位教授使用这篇论文进行2017年度中国国家自然科学奖的申报, 特此证明。

马恩



2016年12月26日

关于孙军教授等申报中国国家自然科学奖的知情同意证明

我于 2007 年在西安交通大学攻读博士期间, 在导师孙军教授和刘刚教授指导下发表了如下学术论文:
R. M. Niu, G. Liu, C. Wang, G. Zhang, X. D. Ding, J. Sun. Thickness dependent critical strain in submicron Cu films adherent to polymer substrate. Applied Physics Letters 90, 161907 (2007).

我在这篇论文中的工作是在导师孙军教授和刘刚教授的指导下完成的, 孙军教授是这篇文章的核心贡献人并为通讯作者, 刘刚教授是这篇论文的主要作者。我知情并同意孙军教授和刘刚教授使用这篇论文进行2017年度中国国家自然科学奖的申报, 特此证明。

牛荣梅



2016年12月26日