

# 塑性无机非金属材料

(基础研究奖)

(邹志刚、陈光、张荻、田永君、钱国栋)

## 1、推荐意见

### (1) 邹志刚专家推荐意见

长期以来，人们普遍认为无机非金属材料不具有类似金属和有机高分子的塑性变形能力，塑性无机非金属材料的研究属于“无人区”。该成果打破了这一传统认知，在国际上率先发现了在室温具有本征塑性的无机非金属材料  $\text{Ag}_2\text{S}$  和  $\text{InSe}$  晶体，基于其开辟了塑性无机热电材料研究新方向，提出了多种力学性能和热电性能协同调控方法，开发了系列兼具塑性变形能力和高热电优值的新型热电材料，研制出性能远高于有机热电器件的无机柔性热电器件。该成果打破了金属与无机非金属的传统边界，是我国在材料基础研究领域的重大突破，为无机非金属材料学科的发展做出了卓越贡献。我同意推荐该成果申报 2024 年度中国科学院杰出科技成就奖。

专家工作单位：南京大学

专家专业技术职务：院士，教授

专业领域：能源与环境材料

## (2) 陈光专家推荐意见

我是中国科学院院士、南京理工大学教授陈光，主要从事金属材料与加工科学技术研究，对塑性无机非金属材料的研究成果非常了解。长期以来塑性无机非金属材料属于材料研究领域的“无人区”。该研究成果开创性的发现了具有塑性的无机非金属材料，打破了传统认知；通过对塑性无机非金属材料变形机制的深入研究，提出了普适性的塑性指标并建立了新材料高通量筛选方法，预测并实验验证了系列塑性无机非金属材料；开展了力学性能与热电性能的协同调控，开发了多种高性能塑性无机热电材料和器件。相关研究丰富了无机非金属材料学科的内涵，有力促进了热电能量转换技术的发展。我推荐和支持该成果申报中国科学院杰出科技成就奖。

专家工作单位：南京理工大学

专家专业技术职务：院士，教授

专业领域：金属材料与冶金工程

### (3) 张荻专家推荐意见

“塑性无机非金属材料”成果打破了长期以来人们对于无机非金属材料在外力作用下易脆性开裂、难变形和可加工性差的固有认知，开发出系列集大变形能力、优良机械加工性能和优良电热输运性能于一身的变革性塑性无机热电材料，并利用其制备出高功率密度超薄柔性热电器件，推动了热电能量转换技术在柔性电子和物联网等领域的应用。研究结果发表于 *Science* 等顶级学术刊物，在国际上引起了广泛关注。国内外众多单位对该成果开展了跟踪研究，该方向已成为材料研究领域一个全新的研究方向，有力提升了我国在无机非金属材料领域和热电研究领域的影响力与知名度。因此，我同意推荐该成果申报 2024 年度中国科学院杰出科技成就奖。

专家工作单位：上海交通大学

专家专业技术职务：院士，教授

专业领域：金属基及构型化复合材料

#### (4) 田永君专家推荐意见

我是中国科学院院士、燕山大学教授田永君，对该研究成果非常了解。该成果在 2018 年首先发现了具有本征塑性的无机非金属材料硫化银，揭示了基于多中心/弥散化学键的独特形变机制；随后发现了塑性二维范德华晶体，提出了预测材料塑性与否的判据，发现了多种新型塑性无机非金属材料；基于这些材料研制出多种高性能塑性无机非金属材料热电材料和柔性/异型热电器件。该成果激发了国内外对塑性无机非金属材料的研究热潮，引领了 30 余种具有优良变形能力的塑性无机非金属材料的发现，为材料学科的发展做出了重要贡献，促进了力学、材料、物理等多学科交叉融合。

我推荐“塑性无机非金属材料”为中国科学院杰出科技成就奖（基础研究奖）候选者。

专家工作单位：燕山大学

专家专业技术职务：院士，教授

专业领域：新型亚稳材料；超硬材料

### (5) 钱国栋专家推荐意见

我是浙江大学教授钱国栋，现任硅及先进半导体材料全国重点实验室常务副主任，对“塑性无机非金属材料”研究成果非常了解。区别于金属和高分子，无机非金属材料在外力作用下极易发生脆性断裂，机械加工性和服役稳定性差，严重制约了其应用。该成果在国际上率先发现了在室温具有类似于金属力学性能的塑性无机非金属材料  $\text{Ag}_2\text{S}$  和  $\text{InSe}$  晶体，开辟了塑性无机非金属材料这一研究新方向，成功将金属/高分子的优良变形能力和无机非金属材料的丰富功能特性融为一体，是材料研究领域的重要创新。该研究成果属于我国在无机非金属学科“从 0 到 1”的原创性研究，现已成为材料研究领域前沿研究方向。我推荐该成果申报中国科学院杰出科技成就奖。

专家工作单位：浙江大学

专家专业技术职务：教授

专业领域：微孔功能晶体材料

## 2、代表性论文专著列表

序号	论文名称	刊名	年卷页码	全部作者
1	Flexible thermoelectrics based on ductile semiconductors	Science	2022 年 377 卷 854 页	Qingyu Yang(共一), Shiqi Yang(共一), Pengfei Qiu(通讯), Liming Peng, Tian-Ran Wei, Zhen Zhang, Xun Shi(通讯), Lidong Chen(通讯)
2	Exceptional plasticity in the bulk single-crystalline van der Waals semiconductor InSe	Science	2020 年 369 卷 542 页	Tian-Ran Wei(共一), Min Jin(共一), Yuecun Wang(共一), Hongyi Chen, Zhiqiang Gao, Kunpeng Zhao, Pengfei Qiu, Zhiwei Shan, Jun Jiang, Rongbin Li, Lidong Chen(通讯), Jian He(通讯), Xun Shi(通讯)
3	High-throughput screening of 2D van der Waals crystals with plastic deformability	Nature communications	2022 年 13 卷 7491 页	Zhiqiang Gao, Tian-Ran Wei(通讯), Tingting Deng, Pengfei Qiu, Wei Xu, Yuecun Wang, Lidong Chen, Xun Shi(通讯)
4	Flexible thermoelectrics: from silver chalcogenides to full-inorganic devices	Energy & Environmental Science	2019 年 12 卷 2983 页	Jiasheng Liang(共一), Tuo Wang(共一), Pengfei Qiu, Shiqi Yang, Chen Ming, Hongyi Chen, Qingfeng Song, Kunpeng Zhao, Tian-Ran Wei, Dudi Ren, Yi-Yang Sun, Xun Shi(通讯), Jian He, Lidong Chen(通讯)
5	Modulation of the morphotropic phase boundary for high-performance ductile thermoelectric materials	Nature communications	2023 年 14 卷 8442 页	Jiasheng Liang(共一), Jin Liu(共一), Pengfei Qiu(通讯), Chen Ming, Zhengyang Zhou, Zhiqiang Gao, Kunpeng Zhao(通讯), Lidong Chen, Xun Shi(通讯)

### 3、其他知识产权和标准等列表

序号	类型	名称	著录信息	全部完成人
1	发明专利	一种无机柔性和塑性半导体单晶 InSe 材料及其制备方法和应用	ZL202010259005.1	史迅; 魏天然; 金敏
2	发明专利	一种制备热电厚膜的方法	ZL202010207506.5	史迅; 仇鹏飞; 高治强; 陈立东; 杨世琪; 杨青雨
3	发明专利	Method for preparing thermoelectric thick film	US17906937B2	史迅; 仇鹏飞; 高治强; 陈立东; 杨世琪; 杨青雨
4	发明专利	熱電厚膜の製造方法	特許第7419560号(P7419560)	史迅; 仇鹏飞; 高治强; 陈立东; 杨世琪; 杨青雨

#### 4、成员贡献情况

排序	姓名	工作单位	主要贡献
1	史迅	中国科学院 上海硅酸盐 研究所	国际上率先发现了塑性无机非金属材料 $\text{Ag}_2\text{S}$ ，开辟了塑性无机非金属材料研究新方向，提出了整体研究思路，组织和指导了材料制备与表征，力学性能的微观机制解析和功能特性调控等研究的开展。
2	陈立东	中国科学院 上海硅酸盐 研究所	组织和领导了塑性无机非金属材料发展路线和总体设计方案的制定，布局相关关键技术攻关，指导本工作参加人员的实验、数据分析与讨论工作。
3	仇鹏飞	中国科学院 上海硅酸盐 研究所	具体负责塑性无机非金属材料的研究，包括材料和器件的制备、表征以及数据分析，提出了多种热-电-力性能协同优化方法，开发出多种高性能塑性无机热电材料和器件。



4	杨世琪	中国科学院 上海硅酸盐 研究所	建立了塑性无机热电材料的器件 制备和集成方法,搭建了器件性能 测试平台,开发出高性能超薄面外 型柔性热电器件和环形热电器件。
---	-----	-----------------------	---

说明: 公示内容须与推荐书相关部分一致。