

项目公示信息

项目名称：低银掺杂电触头合金研制及其耐电弧侵蚀机理

完成单位：西安工程大学，三菱电机中国有限公司上海分公司，西安交通大学

完成人：王俊勃，王军，付翀，刘松涛，邱虹华，王彦龙，思芳，常延丽，宋宇宽，王亚平

项目简介：

电触头是电力、电器电路中通、断控制及负载电流电器的核心元件，其性能的好坏直接影响到电气系统的整体可靠性及寿命，日常生活中各类电器产生事故和故障的主要原因多是电触头失效而造成。全世界每年用于制造电触头合金所消耗的银用量约为 2000 吨，占每年银消耗的 40%，其中我国作为电触头合金的制造大国每年消耗将近 1500 吨银，约值 60 亿人民币，80%需要进口。并且，电触头中的银在触点开断过程中由于电弧侵蚀而逐渐消耗，不能回收利用。因此本成果针对电触头材料耐电弧侵蚀不足、微观结构与电弧作用下的失效机制不明确及银用量高等关键问题开展系统研究。

1、提出可以通过组织纳米化来影响电弧的形成及阴极斑点的运动方式，解决电触头耐电弧熔融侵蚀的关键问题；成果探讨了 La、Fe、Ce、Sb、Cu 等单一元素掺杂对纳米 SnO_2 粉体性能的影响，发现 La 掺杂对纳米 SnO_2 粉体晶粒长大有

优异的抑制作用（成果论文发表在 *Journal of Non-Crystalline Solids* 上）。添加 La 元素后，晶粒细小的 La 掺杂 SnO_2 纳米粉体弥散分布与银基体中，加大了电弧弧根的面积，有明显的散弧效果，并且显著提高了电触头合金的耐电弧烧蚀能力，成果论文发表在国际著名材料类期刊 *Materials Science and Engineering B*（2006, 131: 230-234.）期刊上。而通过添加 Cu 元素后可明显降低银液体与 SnO_2 颗粒间的润湿角，进而提高银熔池的粘度，减少了 Ag- SnO_2 电触头合金电弧烧蚀时的材料损失。相关机理研究发表在国际著名材料类期刊《*Alloys and Compounds*》（2014, 588,378-383）上。

2、利用高能球磨和热挤压工艺、复压工艺改善掺杂纳米 SnO_2 在银基体中的分布，首次在国内触头行业龙头企业成功试制组织分布均匀、耐电弧烧蚀性能优良银含量为 82% 和 70% 的复合掺杂 Ag- SnO_2 电触头合金，成本大大降低；相对于市场现有银含量 88% 以上的 Ag- SnO_2 电触头合金产品，该成果成功将银含量降低到 82% 和 70%，在提高耐电弧侵蚀性能的同时，大幅度节约银用量。

3、该成果是第一次将冷喷涂技术引入 Ag- SnO_2 触点材料的制备，并得到了国际同行的广泛认可，相关研究成果 2013 年在涂层领域的权威期刊《*Surface and Coating Technology*》发表，同时也是 Ag- SnO_2 电触头合金在该期刊第一次发表文章，为低银高性能的低压电器触点材料的开发

和工业化生产应用提供理论基础。

成果历经 15 年在国内外学术刊物上发表论文 63 篇,SCI 检索 31 篇, EI 检索 7 篇, 被引: 165 次, 他引: 158 次; 申请中国国家发明专利 19 项, 授权 18 项; 申请日本国家发明专利 3 项, 授权 2 项; 培养硕士研究生 17 人, 联合培养博士 3 人, 研究生赴日本研修 4 人, 教师赴日本学术交流 4 人。产品在国内电接触合金生产龙头企业试生产成功, 并经过日本三菱电机严苛的检测, 各向性能指标达到日本行业要求。

主要知识产权目录(15 篇代表作及专利、计算机软件著作权等):

主要论文专著目录（限 15 条）

论文专著名称	刊名	作者	年卷页码（xx 年 xx 卷 xx 页）	发表时间	通讯作者	第一作者
The effect of annealing treatment on microstructure and contact resistance properties of cold sprayed Ag-SnO ₂ coating	Journal of Alloys and Compounds	Jun Wang, Chen Wang, Yongqiang Kang	2017, 714: 698-703	2017.08.15	Chen Wang	Jun Wang
Microstructure and vacuum arc characteristics of CuO skeletal structure Ag-CuO contact materials	Journal of Alloys and Compounds	Jun Wang, Chen Wang, Yongqiang Kang	2016, 686: 702-707	2016.11.25	Jun Wang	Jun Wang
等离子喷涂 Ag-SnO ₂ 涂层的微观结构和性能（英文）	稀有金属材料与工程	付翀, 侯锦丽, 郭天福, 王俊勃, 丁秉钧, 郑晶	2016, 45(04): 869-873	2016.4.4	付翀	付翀
Contact resistance characteristics of Ag-SnO ₂ contact materials with high SnO ₂ content	Journal of Alloys and Compounds	Jun Wang, Shengnian Tie, Yongqiang Kang, Yaping Wang	2015, 644: 438-443	2015..5.11	Yaping Wang	Jun Wang
Microstructure and properties of Ag-SnO ₂ materials with high SnO ₂ content	Journal of Alloys and Compounds	Jun Wang, Dongmei Li, Yaping Wang	2014, 582: 1-5	2013.06.22	Yaping Wang	Jun Wang
The behavior and effect of CuO in Ag-SnO ₂ materials	Journal of Alloys and Compounds	Jun Wang, Wei Liu, Dongmei Li, Yaping Wang	2014, 588: 378-383	2013.11.16	Yaping Wang	Jun Wang
等离子喷涂 Ag/(Sn _(0.8) La _(0.2))O ₂ 涂层的组织及电性能	金属学报	付翀, 王俊勃, 杨敏鸽, 侯锦丽, 丁秉钧	2013, 49 (03) : 325-329.	2013.03	付翀	付翀

Pravansu Mohanty, Yaping Wang, Microstructure and properties of Ag-SnO ₂ coatings prepared by cold spraying	Journal of Surface & Coatings Technology	Jun Wang, Xuan Zhou, Lin Lu, Dongmei Li	2013, 236: 224-229	2013.10.05	Yaping Wang	Jun Wang
Effect of La doping on microstructure of SnO ₂ , nanopowders prepared by co-precipitation method	Journal of Non-Crystalline Solids	Chong Fu , Junbo Wang , Minge Yang,Xiaolei Su,Jie Xu,Bailing Jiang	2011, 357(3): 1172-1176	2010.11.20	Chong Fu	Chong Fu
热压烧结制备 La 混杂纳米复合 AgSnO ₂ 电接触合金	稀有金属材料与工程	王俊勃,刘英,付翀,杨敏鸽, 丁秉钧	2009, 38(11): 2023-2026	2009.11	王俊勃	王俊勃
Observation of arc discharging process of nanocomposite Ag-SnO ₂ and La-doped Ag-SnO ₂ contact with a high-speed camera	Materials Science and Engineering:B	Wang Junbo, Zhang Yan, Yang Minge, Ding Bingjun, Yang Zhimao	2006, 131(1-3): 230-234	2006.07.15	Wang Junbo	Wang Junbo
Electrical breakdown characteristic of nanostructured W-Cu contacts materials	Journal of Wuhan University of Technology- Materials	Wang Junbo, Chen Wenge, and Ding Bingjun	2006, 21(4): 32-35	2006.11	Wang Junbo	Wang Junbo
Fe 掺杂对纳米复合 AgSnO ₂ 电接触合金 电弧演化行为的影响	稀有金属材料与工程	王俊勃, 张燕, 杨敏鸽, 杨志懋, 丁秉钧	2006, 35(12): 1954-1958	2006.12	王俊勃	王俊勃
Synthesis of Fe-doped nanosized SnO ₂ powders by chemical co-precipitation method	Journal of Non-Crystalline Solids	Wang Junbo, Yang Minge, Li Yingmin, Chen Licheng, Zhang Yan, Ding Bingjun	2005, 351(3): 228-232	2005.02.01	Wang Junbo	Wang Junbo
纳米复合银基电触头材料的研究	稀有金属材料与工程	王俊勃, 李英民, 王亚平, 丁秉钧	2004, 33(11): 1213-1217	2004.11	王俊勃	王俊勃

主要知识产权证明目录（限 10 条）

知识产权类别	知识产权具体名称	国家（地区）	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人	专利有效状态
发明专利	一种银铜氧化物电触头材料的制备方法	中国	ZL201510566450.1	2017.03.22	第 2425450 号	西安工程大学	王俊勃，思芳，刘松涛，杨敏鸽，贺辛亥，付翀，曹风，郭天福	有效
发明专利	一种银氧化锡电接触合金的制备方法	中国	ZL201510482811.4	2016.08.24	第 2209578 号	西安工程大学	付翀，仇润红，张宇慧，刘宁，王俊勃，杨敏鸽，侯锦丽，刘松涛	有效
发明专利	一种银氧化锌电接触合金的制备方法	中国	ZL201510486659.7	2016.08.24	第 2209584 号	西安工程大学	付翀，仇润红，张宇慧，刘宁，王俊勃，杨敏鸽，侯锦丽，刘松涛	有效
发明专利	一种银基金属氧化物/铜复合触头合金的制备方法	中国	ZL201310229709.4	2015.11.18	第 1841753 号	西安工程大学	付翀，王俊勃，杨敏鸽，侯锦丽，贺辛亥，苏晓磊，徐洁，刘松涛	有效
发明专利	一种银氧化锡电触头材料的制备方法	中国	ZL201310238015.7	2015.07.08	第 1721853 号	西安工程大学	刘松涛，王俊勃，杨敏鸽，贺辛亥，付翀，徐洁，苏晓磊，杨增超，江燕	有效
发明专利	一种银碳化钨触头合金的制备方法	中国	ZL201310229598.7	2015.07.08	第 1722096 号	西安工程大学	付翀，侯锦丽，王俊勃，杨敏鸽，贺辛亥，苏晓磊，刘松涛，胡新煜	有效
发明专利	高能球磨法制备超细掺杂 AgSnO_2 电触头材料的方法	中国	ZL201310257417.1	2015.04.29	第 1649740 号	西安工程大学	王俊勃，杨增超，刘松涛，杨敏鸽，付翀，贺辛亥，姜凤阳，齐海虎	有效
发明专利	铜基表面纳米复合 AgSnO_2 电接触合金的制备方法	中国	ZL200810231645.0	2011.06.22	第 799169 号	西安工程大学	付翀，王俊勃，杨敏鸽，贺辛亥，陈立成，杜志敏，蒋百灵	有效
发明专利	化学共沉淀制备纳米稀土共混 AgSnO_2 电接触合金	中国	ZL200410073547.0	2009.04.22	第 489248 号	西安工程大学	王俊勃，杨敏鸽，陈立成，张燕，李英民，丁秉钧，王鹏飞	有效
发明专利	纳米 $\text{SnO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ 共混掺杂银基电接触合金及其制备工艺	中国	ZL200310122263.1	2007.02.28	第 310963 号	西安工程大学	王俊勃，杨敏鸽，李英明，王鹏飞，陈立成	有效