

湖南省科学技术发明奖推荐书

(2018 年度)

一、 项目名称

化学电源外壳材料的功能梯度设计与关键技术开发及应用

二、 推荐单位意见

我国《电动汽车科技发展专项规划》等纲要中多次指出：电动汽车是我国发展的重点之一。电池比容量、可靠性和智能化是衡量的电动汽车先进性的关键性能指标，应该重点突破动力电池的安全性、一致性、持久性等一系列关键技术。该项目同时从化学电源外壳材料的结构与功能上创新，开发出一系列多层复合薄膜材料，并对其材料设计、制备工艺、性能表征以及产业化关键技术进行了系统的研究和开发，建立了国际领先的示范性生产线，实现了工程化及产业化应用，不仅打破了国外的技术垄断，而且主要技术指标远超过国际最高水平，居于国际领先地位。该项目技术发明所生产的材料冲压成电池外壳，成功应用于高端无汞碱性电池、高端扣式电池和动力锂电池等行业。

该项目获得了国家“863”项目(2 项)、国家自然科学基金杰出青年基金项目、湖南省重大专项、湖南省战略性新兴产业科技攻关等项目的支持，通过了中国工程院院士，著名材料科学家李恒德先生作为鉴定委员会主任的专家组的鉴定；受到了中央电视台科技频道、湖南省教育台等媒体的专题报道；获得授权国家发明专利 25 项，在 *Acta Mater.*，*Scripta Mater.*等国际顶尖杂志发表论文 50 余篇，制定了两项企业标准，部分成果已经占领了国内同类领域 70%的市场份额，且在动力电池外壳材料领域拥有巨大的市场前景。

三、 项目简介

我国《电动汽车科技发展专项规划》等纲要中多次指出：电动汽车是我国发展的重点之一，电池比容量、可靠性和智能化当作衡量电动汽车先进性的关键性能指标，应该重点突破动力电池的安全性、一致性、持久性等一系列关键技术。化学电源主要由外壳材料、正负极材料、电解质和隔膜组成，其中外壳材料占据了电池成本的 10%以上，因此，提高外壳材料的性能并降低其生产成本是发展先进化学电源的关键。先进化学电源的外壳材料应具有高耐腐蚀、高均一、高存储和高安全等优异性能，而目前国际上主要采用滚镀的制备工艺，即“先对基材塑性成形，然后对零部件表面进行镀层处理”，该类材料存在镀层不均匀、耐蚀性差、易划伤、污染环境等关键技术问题。基于此，本项目同时从化学电源外壳材

料的结构和功能上进行创新，采用预镀工艺，即“先对基材表面镀层处理，后进行精密塑性成形”，开发出一系列多层复合薄膜材料，建立了国际领先的示范性生产线，实现了工程化应用，不仅打破了国外的技术垄断，而且主要技术指标大大超过了国际最高水平，居于国际领先地位。

主要技术内容：针对化学电源外壳材料耐蚀性差、易划伤、易剥落以及冲压成外壳后露铁率高和封口滚槽时镀层剥落等重大关键技术问题，我们创造性地研发了一系列多层复合薄膜外壳材料，即微/纳米晶镍多层薄膜、含镍纳米线多层复合薄膜、含钴纳米线多层复合薄膜三种外壳材料，达到了传统材料替代、力学性能增强、耐蚀性改善的目标；实现了这些薄膜材料在化学电源外壳材料的产业化应用，并发展了一系列评价外壳材料关键技术指标的方法。

主要技术发明：(1) 首次发明了一种镀覆微/纳米晶镍多层薄膜的预镀外壳材料及其制备方法，其具有优异的耐腐蚀和冲压性能，解决了镀层脱落以及表面划伤的工程应用难题，打破了国外的技术垄断，并研制出了拥有自主知识产权的多功能薄膜力学性能检测装置。(2) 基于预镀外壳材料的技术突破，立足动力电池外壳材料对薄膜材料有更高的力学性能要求，首次发明了一种镀覆含镍纳米线复合薄膜的外壳材料及其制备方法，成功解决了其在加工成形过程中的脱落或表面划伤，并发展了界面结合性能和应力应变关系的相关评价方法。(3) 动力电池对外壳材料的耐腐蚀性要求更高，首次将含钴纳米线多层膜复合技术应用于电池外壳材料，发明了一种含钴纳米线复合薄膜的钢带及其制备方法，大大提升了其预镀外壳材料及“预镀外壳”的耐腐蚀性，并对纳米线的热稳定性进行了系统评价。

技术成果：本项目成果在湖南永盛新材料股份有限公司得到产业化应用，近三年实现销售总收入 1.87 亿元，创利税 1418 余万元，并将产品应用于宜昌力佳等电池公司，获得间接经济效益 8 亿元以上。获得了“863”项目(2 项)、国家自然科学基金杰出青年基金项目、湖南省科技重大专项等项目的支持，通过了由中国工程院院士、著名材料科学家李恒德先生作为鉴定委员会主任的专家组鉴定，通过了“863”材料领域专家组的验收；授权 25 项国家发明专利，在 *Acta Mater.*，*Scripta Mater.* 等国际顶尖杂志发表论文 50 余篇，被引近 500 次。

四、 客观评价

本项目研究成果得到了相关领域专家的积极评价，通过了教育部组织的由中国工程院院士、著名材料科学家李恒德先生作为鉴定委员会主任的专家组的鉴定；中央电视台科技频道、湖南省教育台等媒体对该项目成果进行了专题报道；产品已经被惠州亿纬锂能、四川长虹、深圳力佳等国内知名电池企业所采用，并获得了这些公司非常好的反馈意见。主要体现在：

(1) 我们利用“微/纳米晶镍多层薄膜”方面的早期研究成果，研制了碱性一次电池和二次电池所用的外壳材料。这一材料由电沉积镍镀层和低碳钢带紧密结合而成，具有优异的延伸率和耐蚀性，是便携式通讯设备、笔记本电脑、电动工具、电动汽车所用电池的首选外壳材料。在此之前，国内该类产品全部依赖进口。国家教育部在 2002 年 6 月 19 日对“微/纳米晶镍多层薄膜”研究中的阶段性成果组织了鉴定，鉴定委员会由原国际材料研究学会联合会主席、中国材料研究学会名誉理事长、中国工程院院士、清华大学材料科学与工程系李恒德教授担任主任，湖南大学徐仲榆教授担任副主任，以及来自清华大学、北京科技大学等单位的专家组成。专家组一致认为：课题组在短短的 3 年内，充分利用有限的项目经费支援，超额完成项目计划任务，取得了系列创新性科技成果。包括：开发了一套具有自主知识产权的完整的生产工艺，建立了一条高水平的中试生产线，相关产品填补了国内空白，所研发的外壳材料在强度、延伸率、耐蚀性等主要技术指标上达到或超过国际先进水平。

(2) 我们所研发的微/纳米晶镍多层薄膜电池外壳材料在通过教育部的鉴定，成功实现产业化后，中央电视台科技频道《走近科学》栏目对项目研究成果进行了长达半个小时的专题报导，报导将我们所研发的微/纳米晶镍多层镀层外壳材料被誉为“中国自己的外壳”，并指出：“我国信息化技术自主创新能力不足，核心技术和关键装备主要依赖进口，之所以如此，其中核心技术之一就是我国不能够生产高性能电池外壳材料，只有日本和德国能够生产。湘潭大学低维材料及其应用技术教育部重点实验室研制了一种高性能电池外壳材料，这种材料的优点是：镍层与基底材料结合力强，耐蚀性能好，深冲性能及电导性能优越，产品性能稳定，这一研究成果填补了国内空白，可以自豪的说我们拥有中国自己的外壳”。

(3) 我们在“复合多层薄膜电池外壳材料”的研究获得了湖南省重大科技专项的资助，2012 年 12 月以湖南大学韩绍昌教授为首的湖南省科技重大专项专家组对项目研究成果进行了验收。专家组一致认为项目开发出了纳米晶镍钴二元合金动力电源外壳薄膜材料的连续电沉积制备技术，采用该项技术后动力电源的存储性能得到了很大提高。

(4) 项目得到了国家 863 项目的支持，课题名称为“镜面不锈钢单面覆多层镍材料的产业化关键技术研究(2013AA032500)”。2017 年 12 月，国家高新技术中心组织了 863 领域专家进行结题验收，专家组给予了高度的评价：“该课题突破了微/纳结构多层镍表面复合技术等关键技术，形成了电沉积多层膜-热处理-冷加工的金属带材表面复合新工艺，开发了镜面不锈钢单面覆多层镍材料，建成了最大宽幅为 1300mm 的不锈钢单面覆多层镍材料连续电沉积示范西安，设计产能超过 5000 吨/年，实现了批量生产和销售。完成了批复的任务目标，达到了考

核指标。”

五、 推广应用情况、经济效益和社会效益

1. 推广应用情况

本项目产品在湖南永盛新材料股份有限公司推广应用以来，近三年累计实现销售收入 1.87 余亿元，总利税达 1418 余万元。产品已被惠州亿纬、四川长虹、深圳力佳等国内知名电池企业所采纳，产品性能优异，获得这些公司非常好的反馈意见，因而与湖南永盛新材料股份有限公司签订了长期供货协议书，从而形成持久的销售关系，创造间接经济效益 8 亿元以上。

2. 经济效益

(1) 复合多层薄膜电池外壳材料与多家同行产品进行了性能比较，优越性突出。

本项目经教育部科技查新工作站查新证实，将脉冲喷射电镀技术应用到化学电源外壳材料当中，制备了特殊结构的微/纳米晶复合镍薄膜材料，并将纳米线材料复合到材料当中，使材料融合了纳米线材料特殊的性能，使材料同时获得了高强度与高韧性，所做的创新工作达到国际领先水平。

项目产品通过了国家轻工业电池质量电镀检测长沙站和机械工业表面覆盖层产品质量监督检测中心的检测，检测结论表明，本项目产品符合 QC/T 743-2006 《电动汽车用锂离子蓄电池》标准和委托单位技术要求，并与日本同类产品在镀层厚度，表面光泽，镀层孔隙率，镀层延伸率，镀层结合强度，耐蚀性等多个方面进行了性能对比，结果显示本项目产品比日本产品性能更加优异，性能指标大大超过日本产品。

(2) “复合多层薄膜电池外壳材料”研究成果成功推广到国内知名企业，实现了产品推广应用，并具有良好的市场应用前景。

从 2002 年至 2010 年，上述产品不断更新换代，生产规模逐年扩大，近期推出的产品与原有电池外壳材料相比具有更好的耐蚀性能，可大大提高电池的存储性能及使用寿命，通过原有工艺的改进，产品在湖南永盛新材料股份有限公司得到推广应用。从 2010 年示范性生产线建成并投产以来，产量达到 1200 吨/年，2011 年 4 月建成 1000 mm 宽镍钴二元合金薄膜材料的规模化生产线，产量达到 5000 吨/年。

3. 社会效益

该项目属于高新技术项目，该项目培养了博士 15 名、硕士 40 名，提供直接就业岗位 100 余个，吸收了大量优秀人才。推出的系列产品——化学电源微/纳米晶镀层外壳材料可替代传统的电源外壳材料，为我省经济持续增长注入了强大

的推动力，带动了新材料及高端装备制造的快速发展，夯实了我省在能源与材料领域的地位。项目产品极大地提高了化学电源的品质，其性能优于进口的同类产品，社会意义重大。与传统“滚镀外壳”生产工艺相比，耗水量节约 30 倍，具有重大的环境效益。

六、 主要知识产权目录

序号	类别	名称	国家	专利号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	授权发明专利	一种镀覆微/纳米晶镍多层薄膜的钢带及其制备方法	中国	ZL201010110128.5	2013-04-24	1183536	湘潭大学	周益春; 潘勇;李玮;王建兴;堵艳艳;杜超
2	授权发明专利	一种用于电池壳体的镀覆镍钴/镍/镍磷多层膜不锈钢带及其制备方法	中国	ZL201510837249.2	2017-12-15	2739769	湖南永盛新材料股份有限公司	刘小钊; 尹业文; 窦坤鹏; 崔俊葳
3	授权发明专利	一种用于扣式锂离子电池外壳的高耐蚀超硬表面处理不锈钢带	中国	ZL201410734269.2	2016-04-20	2038486	湖南永盛新材料股份有限公司	刘小钊; 尹业文; 周亮; 窦坤鹏; 罗凌云
4	授权发明专利	一种用于扣式锂离子电池壳体的表面处理不锈钢带及其制备工艺	中国	ZL201010109805.1	2012-05-09	944517	湖南永盛新材料股份有限公司	潘俊安; 向奎; 潘勇; 刘小钊

							司	
5	授权发明专利	一种镀覆含纳米线的多层复合薄膜的钢带及其制备方法	中国	ZL201010110129.X	2012-07-11	1002200	湘潭大学	潘勇;周益春;李玮;王建兴;周兆峰;杜超
6	授权发明专利	一种镀覆有含镍纳米线复合薄膜的钢带及其制备方法	中国	ZL201010110136.X	2013-03-13	1150494	湘潭大学	周益春;潘勇;王建兴;李玮;周兆峰
7	授权发明专利	一种镀覆有含钴纳米线复合薄膜的钢带及其制备方法	中国	ZL201010110126.6	2013-03-13	1150742	湘潭大学	周益春;潘勇;王建兴;李玮;周兆峰;堵艳艳;杜超
8	授权发明专利	一种用作电池外壳的镀覆含钴纳米线的多层复合薄膜的钢带及其制备方法	中国	ZL201010110347.3	2012-08-29	1032313	湘潭大学	潘勇;周益春;王建兴;李玮;堵艳艳;杜超
9	授权发明专利	一种镀覆镍-钴/镍/镍-钴多层膜的电池壳体钢带及其制备方法	中国	ZL201010109803.2	2013-11-06	1301147	湘潭大学	潘勇;周益春;王建兴;李玮;堵艳艳;杜超
10	授	一种具有高	中	ZL2011101317	2012-07-	1001466	湘潭	潘勇;杜

	专利权	耐腐蚀性能的可锡焊铝带及其制备工艺	国	11.9	11		大学	超;朱岭; 唐伦圆; 雷维新; 郑军
--	-----	-------------------	---	------	----	--	----	-----------------------------

七、 主要完成人情况表

姓名	排名	职务	职称	工作单位	完成单位	对本项目技术创造性贡献
潘勇	1	无	研究员	湘潭大学	湘潭大学	潘勇作为本项目的第1完成人，是国家“863”项目“覆镍深冲钢带产业化生产中的关键技术研究，2003AA331090”等多个项目主持人，对3个主要技术发明点均有卓越性贡献：①提出了化学电源外壳材料的功能梯度设计理念；②开发了镀层功能梯度设计的关键技术；③设计了功能化多层复合材料的相关制备工艺；④完成并推进了发明技术的产业化应用。【专利1、4、5、6、7、8、9、和10】。本人在该项目中的工作量占本人工作量80%。
雷维新	2	系主任	副教授	湘潭大学	湘潭大学	雷维新作为本项目的第2完成人，是国家“863”项目“金属及金属基化合物层状结构功能化材料的研究和应用，2013AA032500”等多个项目的主要参与人，对3个主要技术发明点均有贡献，尤其对技术发明点3有主要贡献：参与了化学电源外壳材料的功能梯度设计，创造性地将纳米线复合到金属镀层中，提高了外壳材料的力学性能和耐腐蚀性能，同时将该技术发

						明推广至方形铝壳电池、电池极耳等领域,实现了技术发明的产业化推广与应用,同时,提出了功能薄膜的界面结合能表征方法,为多层结构材料的设计提供了有力的理论基础。【专利 10】。本人在该项目中的工作量占本人工作量的 70%。
潘俊安	3	无	讲师	湘潭大学	湘潭大学	潘俊安作为本项目的第 3 完成人,是国家“863”项目“金属及金属基化合物层状结构功能化材料的研究和应用,2013AA032500”等多个项目的主要参与人,对 3 个主要技术发明点均有贡献,尤其对技术发明点 2 有主要贡献:针对化学电源外壳材料开发了镀层功能梯度设计的关键技术,创造性地将镍磷合金引入镀层中,极大提高了材料的耐腐蚀性能,解决了电池正极盖长“绿霉”的工程化问题,实现了在高端锂一次电池领域的应用,同时,参与了薄膜破坏及失效机理的研究,在提高复合材料的力-化性能方面作用突出。【专利 4】本人在该项目中的工作量占本人工作量的 70%。
周益春	4	校长	教授	湘潭大学	湘潭大学	周益春作为本项目第4完成人,是湖南省重大专项“动力电源关键薄膜材料的工程化研究,2009FJ1002”等项目的主持人,是国家“863”项目“覆镍深冲钢带产业化生产中的关键技术研究,2003AA331090”等多个项目的重要参与人。对3个主要技术发明点

						均有突出性贡献：提出了多层薄膜的设计思路，同时，从“材料”、“力学”和“化学”三个学科交叉的学术观点研究化学电源关键材料在使用过程中的诸多破坏及失效问题，发展了相关界面结合能的表征方法，取得了创造性研究成果。【专利1、5、6、7、8和9】。本人在该项目中的工作量占本人工作量的60%。
刘小铷	5	总经理	高级工程师	湖南永盛新材料股份有限公司	湖南永盛新材料股份有限公司	刘小铷作为本项目第5完成人，是湖南省战略新兴产业项目“镍钴二元合金材料规模化生产关键技术研究开发，2012GK4075”等项目的重要参与人，对3个主要技术发明点均有决定性贡献，尤其是技术发明点2有主要贡献：提出并设计了镍磷合金功能化镀层，满足了高端锂一次电池需求，同时提出了化学电源外壳材料的产业化实施方案，组织完成了生产线的硬件改造，为3个技术发明点的产业化进程开辟了道路。【专利2、3和4】。本人在该项目中的工作量占本人工作量的70%。
尹业文	6	技术总监	工程师	湖南永盛新材料股份有限公司	湖南永盛新材料股份有限公司	尹业文作为本项目第6完成人，是湖南省战略新兴产业项目“镍钴二元合金材料规模化生产关键技术研究开发，2012GK4075”等项目的重要参与人，对3个主要技术发明点均有贡献，参与了化学电源外壳材料的工业化方案设计。参与了生产线的硬件搭建。完成了复合材料的试制、试验和生产。【专利2

						和3】。本人在该项目中的工作量占本人工作量60%。
--	--	--	--	--	--	---------------------------

八、 主要完成单位情况表

单位名称	湘潭大学
对本项目技术发明和推广应用情况的贡献：	
湘潭大学是本项目的第 1 完成单位，是国家“863”项目“覆镍深冲钢带产业化生产中的关键技术研究，2003AA331090”和“金属及金属基化合物层状结构功能化材料的研究和应用，2013AA032500”等多个项目的依托单位，对本项目 3 个主要技术发明点均有重要贡献： 发明了一种镀覆微/纳米晶镍多层薄膜的外壳材料及其制备方法，研发产品具有优异的耐腐蚀性能和冲压性能，镀层结合力好、表面硬度高且致密，很好地解决了镀层脱落以及表面划伤的难题；并发明了一种镀覆含镍纳米线复合薄膜的外壳材料及其制备方法，该复合薄膜具有优异的耐腐蚀性能、冲压性能、抗强载荷性能，使用中几乎不发生涂层脱落或者表面划伤问题。同时，发展了鼓包法和压痕法表征这些薄膜材料关键物理、力学性能的理论模型和实验方法；最后将含钴纳米线多层膜复合技术应用于电池外壳材料，发明了一种含镍/钴纳米线复合薄膜的钢带及其制备方法，该复合薄膜可以在不降低多层膜表层硬度的同时，提高了多层膜镀层的韧性并对其热稳定性及物理机制进行了分析。 作为项目的依托单位，为本项目的完成提供了必要的技术、人力、物力和财力支持，并对项目进行了全程的监督和管理。	
单位名称	湖南永盛新材料股份有限公司
对本项目技术发明和推广应用情况的贡献：	
湖南永盛新材料股份有限公司是本项目的第 2 完成单位，是湖南省战略新兴产业项目“镍钴二元合金材料规模化生产关键技术研究开发，2012GK4075”的依托单位，是国家“863”项目“覆镍深冲钢带产业化生产中的关键技术研究，2003AA331090”等多个项目的依托单位，对本项目 3 个主要创新点均有重要贡献： 发明了一种含镍/磷合金复合薄膜的预镀镍外壳材料及其制备技术，研发产品具有优异的耐腐蚀性能和冲压性能，镀层结合力好、表面硬度高且致密，很好地解决了镀层脱落以及表面划伤的难题，同时解决了电池正极盖长“绿霉”的工程化应用难题。同时，完成了化学电源外壳材料的工业化方案设计和生产线规划与硬件搭建，为3个技术发明点的产业化进程开辟了道路，完成了复合材料的试制、试验、生产和推广应用。建立了国际领先的示范性生产线，实现了工程化应用，	

不仅打破了国外的技术垄断，而且主要技术指标大大超过了国际最高水平，居于国际领先地位。湖南永盛新材料股份有限公司将相关技术发明成果成功应用于高端无汞碱性电池、高端扣式电池和动力锂电池等行业，近三年累计实现销售收入1.87余亿元，总利税达1418余万元，并且创造间接经济效益8亿元以上。

九、 完成人合作关系说明

本项目第一完成人潘勇、第二雷维新、第三潘俊安、第四完成人周益春均为湘潭大学教师，是化学电源外壳材料的功能梯度设计与关键技术开发及应用项目研究团队的核心成员，已经有了长期的合作关系，共同承担科研项目和发表论文多项。潘勇教授是本项目负责人，“863”项目首席专家，是本项目 ZL201010110128.5 等专利的主要发明人，也是本项目多篇论文的主要作者；此外，潘勇教授也是主要完成单位湖南永盛新材料有限公司的总工程师，在前期技术开发的基础之上，实现了镀覆微/纳米晶镍多层薄膜的预镀外壳材料等本项目相关的主要技术产品从实验室研究到产业化生产的过渡，是本项目主要技术产品在商业化应用过程当中主要完成人。雷维新副教授作为本项目的第二完成人，是 ZL201110131711.9 等专利的主要发明人。其研究生期间的导师是本项目第一完成人潘勇教授，其深度参与了本项目多个子课题的实验研究，主要负责本项目中含镍/磷合金复合薄膜外壳材料等产品的工艺开发，完成相关的实验室开发到中试生产。潘俊安是本项目技术骨干，是本项目 ZL201010109805.1 等专利的主要发明人，也是锂离子电池壳体的表面处理不锈钢带等产品在产业化开发过程中的主要技术人员。

第四完成人周益春教授是湘潭大学校长，在主持的国家杰出青年基金“电沉积镍镀层薄膜力学、制备与表征方法研究”等项目的完成过程当中，对本项目多层结构材料的作用机理做出了深入解释和理论指导。完成人刘小铷与尹业文作为湖南永盛新材料有限公司的总经理和技术研究总监，是 ZL201410734269.2 等专利的主要发明人，也是本项目镀覆微/纳米晶镍多层薄膜的预镀外壳材料，含镍/磷合金复合薄膜的外壳材料等相关产品在产业化生产及商业化推广应用过程中的完成人。湖南永盛新材料有限公司已经与湘潭大学已经存在多年的产学研合作关系。企业完成人刘小铷与尹业文与湘潭大学完成人潘勇、雷维新、潘俊安及周益春老师也有长期的团队合作。湘潭大学方面主要负责产品的实验室开发、小试生产等工作，湖南永盛新材料有限公司则负责项目的中试生产及产业化开发。通过竭诚合作，双方共同完成了国家“863”计划项目，湖南省战略新兴产业项目等多个项目的申报与实施。并于 2011 年联合申报了国家地方联合创新平台“特种功能薄膜材料国家地方联合工程实验室”。

十、 完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者(项目排名)	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	专利联合申请, 产品联合开发	潘勇 1; 雷维新 2	2011 年	一种具有高耐腐蚀性能的可锡焊铝带及其制备工艺 (ZL201110131711.9)	专利 10	
2	专利联合申请, 产品联合开发	潘勇 1; 潘俊安 3	2010 年	一种用于扣式锂离子电池壳体的表面处理不锈钢带及其制备工艺 (ZL201010109805.1)	专利 4	
3	专利联合申请, 产品联合开发	潘勇 1; 周益春 4	2010 年	一种镀覆微/纳米晶镍多层薄膜的钢带及其制备方法 (ZL2010101110128.5)	专利 1	
4	专利联合申请, 产品联合开发	潘勇; 周益春	2010 年	一种镀覆含纳米线的多层复合薄膜的钢带及其制备方法 (ZL2010101110129.X)	专利 5	
5	专利联合申请, 产品联合开发	潘勇; 周益春	2010 年	一种镀覆有含镍纳米线复合薄膜的钢带及其制备方法 (ZL2010101110136.X)	专利 6	
6	专利联合申请, 产品联合开发	潘勇; 周益春	2010 年	一种镀覆有含钴纳米线复合薄膜的钢带及其制备方法 (ZL2010101110126.6)	专利 7	
7	专利联合申请, 产品联合开发	潘勇; 周益春	2010 年	一种用作电池外壳的镀覆含钴纳米线的多层复合薄膜的钢带及其制备方法 (ZL2010101110347.3)	专利 8	
8	专利联合	潘勇; 周	2010 年	一种镀覆镍-钴/镍/镍-	专利 9	

	申请，产品 联合开发	益春		钴多层膜的电池壳体钢 带及其制备方法 (ZL201010109803.2)		
9	专利联合 申请，产品 联合开发	刘小铷； 尹业文	2014 年	一种用于扣式锂离子电 池外壳的高耐蚀超硬表 面处理不锈钢带 (ZL201410734269.2)	专利 2	
10	专利联合 申请，产品 联合开发	刘小铷； 尹业文	2014 年	一种用于扣式锂离子电 池壳体的表面处理不锈 钢带及其制备工艺 (ZL201010109805.1)	专利 3	
11	项目 联合申报	潘勇；雷 维新；潘 俊安；刘 小铷；尹 业文	2013 年	金属及金属基化合物层 状结构功能化材料的研 究和应用 (2013AA032500)	国家 “863” 项目	
12	项目 联合申报	潘勇；周 益春	2003 年	覆镍深冲钢带产业化生 产中的关键技术研究， (2003AA331090)	国家 “863” 项目	
13	项目 联合申报	潘勇；周 益春；潘 俊安	2009 年	动力电源关键薄膜材料 的工程化研究 (2009FJ1002)	湖南省科 技重大专 项	
14	项目 联合申报	潘勇；雷 维新	2011 年	锂离子电池高容量负极 材料力-化耦合机理研 究(11372267)	国家自然 科学基金 项目	
15	项目 联合申报	潘勇；周 益春	2010 年	电沉积镍镀层薄膜力 学、制备与表征方法研 究(10525211)	国家自然 科学基金 杰出青年 基金项目	
16	项目 联合申报	潘勇；周 益春；刘 小铷；尹 业文	2012 年	镍钴二元合金材料规模 化生产关键技术研究开 发(2012GK4075)	湖南省战 略新兴产 业项目	