“单晶镍钴锰酸锂正极材料的开发与产业化”申报湖南省科技进步奖公示内容

一、项目名称

单晶镍钴锰酸锂正极材料的开发与产业化

二、推荐意见

经认真审核提名书材料，该项目通过体相掺杂协同表面包覆技术，同时对材料晶体结构和界面结构进行调控，结合多元素同步共相结晶、多工序阶梯式除杂和烧结工艺的优化，实现了材料元素组分均匀性分布、杂质含量低和特定微观形貌的控制，并采用智能化设备实现产品一致性生产，最终解决了材料首次库伦效率降低、倍率和循环性能差等关键科学问题。本项目的完成，申请专利18项，其中授权发明专利3项、实用新型专利5项。经过多批次检验及权威机构检测，制备的三元镍钴锰NCM523材料达到了设计的预期指标。与市场上三元镍钴锰NCM523材料相比，首次库伦效率、倍率和循环性能等关键性能参数均有提高。经过客户使用，该产品较大提高锂离子动力电池的安全性能及电化学性能，满足动力锂离子电池的需要。 本项目小试、中试及规模化生产的产品，性能稳定，技术成熟。于2017年4月转入正式规模化生产，各阶段产品性能均达到了设计要求，较好地满足了客户的使用要求。该项目产品投产后不到三年，累计实现产值9.48亿元人民币，上交税金1727万元。 本项目产品销售给比亚迪、银隆新能源，塔菲尔、哈光宇、鹏辉能源等知名动力电池企业。市场将进一步扩大，可望在短期内实现三元镍钴锰NCM523产品年生产达4000吨的目标，销售收入、营业利润、上缴税金等均会显著增加。本项目产品的投产，不仅带动了国内相关产业的发展，增加了税源，带动就业人数225人，具有较大的社会效益。

提名该项目为湖南省科技进步二等奖。

三、项目简介

随着电动汽车快速发展，续航里程的提高对电池的能量密度提出了更高的要求。为了实现这一目标，寻找新的电极材料体系来提高锂离子电池的能量密度成为了科研工作者的研究重点。三元镍钴锰正极材料具有性能优于钴酸锂而成本远低于钴酸锂、能量密度远高于磷酸铁锂等显著优势，正在逐渐成为汽车动力电池的主流正极材料。但三元正极材料实际应用面临着一些技术难点：在制备和循环过程中容易出现锂镍混排，导致首次库伦效率降低、倍率和循环性能差；表面的镍易与电解液发生副反应，也影响电池性能。**针对上述科学问题，开展了“单晶镍钴锰酸锂正极材料的开发与产业化”研究，取得如下技术**

**成果：**

(1)采用多元素同步共相结晶技术使镍、钴、锰等不同特性元素达到原子级同步共相结晶，结合多工序阶梯式除杂工艺技术，实现了前驱体材料组分和粒径均匀分布、杂质含量低、振实密度高。

(2)基于缺陷化学理论和理论计算指导，通过掺杂对三元镍钴锰NCM523材料晶体结构的有效调控，解决其在循环过程中锂镍离子混排严重、结构稳定性差的问题。同时，通过烧结工艺的调控，实现单晶材料的可控生产，提高了材料的压实密度和高压状态下的稳定性。

(3)基于理论计算指导，结合湿法表面包覆技术调控界面结构，解决三元镍钴锰NCM523材料表面残锂和Ni4+对材料结构和电解液稳定性的影响，同时提升了锂离子导电性。

(4)开发了智能自动化的生产设备，结合多段升温控制技术，降低材料的晶体表面缺陷，提高了三元镍钴锰NCM523产品稳定性、一致性以及综合性能。

**本项目创新性的基于理论计算指导，通过体相掺杂协同表面包覆技术，同时对材料晶体结构和界面结构进行调控，结合多元素同步共相结晶、多工序阶梯式除杂和烧结工艺的优化，实现了材料元素组分均匀性分布、杂质含量低和特定微观形貌的控制，并采用智能化设备实现产品一致性生产，最终解决了材料首次库伦效率降低、倍率和循环性能差等关键科学问题。本项目的完成，申请专利18项，其中授权发明专利3项、实用新型专利5项。**

经过多批次检验及权威机构检测，生产的三元镍钴锰NCM523材料达到了设计的预期指标。与市场上三元镍钴锰NCM523材料相比，首次库伦效率、倍率和循环性能等关键性能参数均有提高。经过客户使用，该产品较大提高了锂离子动力电池的安全性能及电化学性能，满足动力锂离子电池的需要。

本项目小试、中试及规模化生产的产品，性能稳定，技术成熟。于2017年4月转入正式规模化生产，各阶段产品性能均达到了设计要求，较好地满足了客户的使用要求。该项目产品投产后不到三年，累计实现产值9.48亿元人民币，上交税金1727万元。

本项目产品销售给比亚迪、银隆新能源，塔菲尔、哈光宇、鹏辉能源等知名动力电池企业。市场将进一步扩大，可望在短期内实现三元镍钴锰NCM523产品年生产达4000吨的目标，销售收入、营业利润、上缴税金等均会显著增加。本项目产品的投产，带动了国内相关产业的发展，增加了税源，带动就业人数225人，具有较大的社会效益。

**四、客观评价**

**(1)授权3项发明专利和5项实用新型专利**

[1]锂离子电池正极材料及其制法和应用，中国发明专利，ZL201710526766.7，授权公告日2018年11月6日。

[2]镍钴铝酸锂正极材料及其制备方法和应用，中国发明专利，ZL201710594655.X，授权公告日2019年3月15日。

[3]镍钴锰酸锂正极材料及其制备方法和应用，中国发明专利，ZL201710563439.9，授权公告日2018年11月6日。

[4]辅助上料装置及分条机，中国实用新型专利，ZL201821924306.6，授权公告日2019年8月23日。

[5]一种锂电池正极材料烘烤托盘，中国实用新型专利，ZL201822254654.3，授权公告日2019年8月30日。

[6]一种锂电池正极材料混合干燥装置，中国实用新型专利，ZL201822254759.9，授权公告日2019年9月17日。

[7]一种锂电池正极材料预烧炉，中国实用新型专利，ZL201822254756.5，授权公告日2019年8月30日。

[8]一种锂电池正极材料制备设备，中国实用新型专利，ZL201822270053.1，授权公告日2019年9月27日。

**(2)科技查新报告**

科技查新报告（报告编号：201936000L070920）：2019年1月，经教育部科技查新工作站L07（湖南大学图书馆教育部科技查新工作站）查新报告显示，在国内公开的文献及项目资料中，未见与本项目所述生产工艺及产品性能等（采用了两次包覆方法，采用了三次烧结工艺，高分子酚类聚合物包覆，容量达到170mAh/g，循环次数超过1000次）完全相同的报道。

**(3)企业标准**

2016年11月，起草并制定了企业标准，编号:Q/HNKFL0001-2017名称：锂离子电池三元正极材料（LiNixCoyMn1-x-yO2），并在常德市质量监督局备案。

**(4)第三方质量检测**

第三方质量检测（LAB-R181207002）：2019年1月，本项目产品经先进储能材料国家工程研究中心有限责任公司检测中心检测，项目产品技术性能均达到标准。

**(5)常德市工业和信息化局验收意见**

湖南金富锂新能源股份有限公司镍钴锰三元正极材料建设项目：①已按照项目审批内容建设完成，并能满足生产使用。②财务管理严格规范，2018年省级制造强省专项资金计划支持500万元，已下达资金400万元，全部用于项目建设，实行了转款专用。③环境保护、劳动安全卫生、消防等设施已按照设计要求与主体工程同时建成使用，并经有关主管部门单项验收合格。④该项目经济社会效益好。

五、推广应用情况

由湖南金富力新能源股份有限公司自主开发的“单晶镍钴锰酸锂正极材料”材料，其产品主要应用于锂离子动力电池的正极材料，是高性能车载动力电池生产的关键材料之一。该项目产品投产后不到三年，累计实现总产值9.48亿元，销售收入7亿元，利税1721万元人民币。产品已销售给比亚迪、银隆新能源，塔菲尔、哈光宇、鹏辉能源等。知名动力电池企业。

主要应用单位情况

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 单位  名称 | 应用的技术 | 应用情况 | 应用的起止时间 | 应用单位  联系人/电话 |
| 安徽益佳通电池有限公司 | 单晶镍钴锰酸锂正极材料 | 生产电池新增销售额16382万元，新增利润3965万元 | 2017.4-2019.12 | 朱晓青13632902130 |
| 深圳格林德能源集团有限公司 | 单晶镍钴锰酸锂正极材料 | 生产电池新增销售额6031万元，新增利润1855.56万元 | 2017.2-2019.12 | 曾凡燕15813884516 |
| 江苏塔菲尔新能源科技股份有限公司 | 单晶镍钴锰酸锂正极材料 | 生产电池新增销售额65364万元，新增利润15659万元 | 2018.3-2019.12 | 邹建18168079192 |

六、主要知识产权和标准规范等目录

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 知识产权  （标准）类别 | 知识产权（标准）  具体名称 | 国家  （地区） | 授权号（标准编号） | 授权（标准  发布）日期 | 证书编号（标准批准发布部门） | 权利人  （标准起草单位） | 发明人  （标准起草人） | 发明专利  （标准）有效状态 |
| 发明专利 | 锂离子电池正极材料及其制法和应用 | 中国 | ZL201710526766.7 | 2018年  11月06日 | 第3138452号 | 湖南金富力新能源股份有限公司 | 杨亿华、钟毅 | 有效专利 |
| 发明专利 | 镍钴铝酸锂正极材料及其制备方法和应用 | 中国 | ZL201710594655.X | 2019年  03月15日 | 第3295359号 | 湖南金富力新能源股份有限公司 | 杨亿华、钟毅 | 有效专利 |
| 发明专利 | 镍钴锰酸锂正极材料及其制备方法和应用 | 中国 | ZL201710563439.9 | 2018年11月06日 | 第3138410号 | 湖南金富力新能源股份有限公司 | 杨亿华、钟毅 | 有效专利 |
| 实用新型  专利 | 辅助上料装置及分条机 | 中国 | ZL201821924306.6 | 2019年08月23日 | 第9284986号 | 湖南金富力新能源股份有限公司 | 季德力、杨亿华 | 有效专利 |
| 实用新型  专利 | 一种锂电池正极材料烘烤托盘 | 中国 | ZL201822254654.3 | 2019年08月30日 | 第9307100号 | 湖南金富力新能源股份有限公司 | 杨亿华、钟毅（、熊霁 | 有效专利 |
| 实用新型  专利 | 一种锂电池正极材料混合干燥装置 | 中国 | ZL201822254759.9 | 2019年09月17日 | 第9385570号 | 湖南金富力新能源股份有限公司 | 杨亿华、钟毅、熊霁、伍千彦 | 有效专利 |
| 实用新型  专利 | 一种锂电池正极材料预烧炉 | 中国 | ZL201822254756.5 | 2018年12月29日 | 第9304990号 | 湖南金富力新能源股份有限公司 | 钟毅、杨亿华、熊霁、王海涛 | 有效专利 |
| 实用新型  专利 | 一种锂电池正极材料制备设备 | 中国 | ZL201822270053.1 | 2018年12月29日 | 第9431846号 | 湖南金富力新能源股份有限公司 | 钟毅、  杨亿华、  王海涛 | 其他有效的  知识产权 |
| 标准 | 锂离子电池三元正极材料 (LiNixCoxMn1-xO2) | 中国 | Q/12HNKFL0001-2017 | 2016年  11月15日 | 常德市  质监局 | 湖南金富力新能源股份有限公司 | 杨亿华、王海涛  钟毅、熊霁  季德力、伍千彦刘兴海等 | 其他有效的  知识产权 |

七、主要完成人情况

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 杨亿华 | 项目排名 | | 1 | | | 职务/职称 | | 总经理 |
| 工作单位 | 湖南金富锂新能源股份有限公司 | | | 完成单位 | | | 湖南金富锂新能源股份有限公司 | | |
| 对本项目的贡献 | 1、责小颗粒前驱体工艺，单晶镍钴锰酸锂材料合成工艺方案的设计、指导和研究工作 (附件一，1、2、3；附件七，1-10)。2、参与文献查阅、实验数据的分析和企业标准撰写 (附件七，11)。 | | | | | | | | |
| 姓 名 | 王海涛 | 项目排名 | | 2 | | | 职务/职称 | | 副总经理 |
| 工作单位 | 湖南金富锂新能源股份有限公司 | | | 完成单位 | | | 湖南金富锂新能源股份有限公司 | | |
| 对本项目的贡献 | 1、负责单晶镍钴锰酸锂材料的晶体生长机理的研究，优化单晶材料的合成工艺，研究掺杂技术与表面包覆技术，优化生产工艺 (附件七，7-10)。  2、参与文献查阅、实验数据的分析和企业标准撰写(附件七，11)。 | | | | | | | | |
| 姓 名 | 钟毅 | 项目排名 | | 3 | | | 职务/职称 | | 常务副总经理 |
| 工作单位 | 湖南金富锂新能源股份有限公司 | | | 完成单位 | | | 湖南金富锂新能源股份有限公司 | | |
| 对本项目的贡献 | 1、负责小颗粒前驱体制备工艺参数对前躯体颗粒形貌、微晶形状与尺寸、相纯度、掺杂原子均匀分布状况的影响；前躯体颗粒形貌、微晶形状与尺寸对三元材料性能（容量、循环性能、高温储存、安全性、压实密度等）的相关性研究；表面包覆技术生产工艺的优化(附件一，1、2、3；附件七，3-10)。  2、参与文献查阅、实验数据的分析和企业标准撰写(附件七，11)。 | | | | | | | | |
| 姓 名 | 熊霁 | | 项目排名 | | 4 | 职务/职称 | |  | |
| 工作单位 | 湖南金富锂新能源股份有限公司 | | | | 完成单位 | 湖南金富锂新能源股份有限公司 | | | |
| 对本项目的贡献 | 1、负责前驱体、单晶镍钴锰酸锂材料生产的小试、中试、量产设备的设计、选型、安装调试；针对关键工艺设备的改进与创新设计；生产工艺的流程优化与品质管理(附件七，5-8)。  2、参与文献查阅、实验数据的分析和企业标准撰写(附件七，11)。 | | | | | | | | |
| 姓 名 | 季德力 | 项目排名 | | 5 | | | 职务/职称 | |  |
| 工作单位 | 湖南金富锂新能源股份有限公司 | | | 完成单位 | | | 湖南金富锂新能源股份有限公司 | | |
| 对本项目的贡献 | 1、负责单晶镍钴锰酸锂材料的晶体生长机理的研究，优化单晶材料的合成工艺，研究掺杂技术与表面包覆技术，优化生产工艺(附件七，1-2)。  2、参与文献查阅、实验数据的分析和企业标准撰写(附件七，11)。 | | | | | | | | |
| 姓 名 | 武千彦 | 项目排名 | | 6 | | | 职务/职称 | |  |
| 工作单位 | 湖南金富锂新能源股份有限公司 | | | 完成单位 | | | 湖南金富锂新能源股份有限公司 | | |
| 对本项目的贡献 | 1、负责前驱体、单晶镍钴锰酸锂材料生产的小试、中试、量产设备的设计、选型、安装调试；针对关键工艺设备的改进与创新设计；生产工艺的流程优化与品质管理 (附件七，5-6)。  2、参与文献查阅、实验数据的分析和企业标准撰写(附件七，11)。 | | | | | | | | |

八、主要完成单位及创新推广贡献

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 单位名称 | 湖南金富锂新能源股份有限公司 | 排 名 | 1 |
| 对本项目的贡献 | 本项目创新性的基于理论计算指导，通过体相掺杂协同表面包覆技术，同时对材料晶体结构和界面结构进行调控，结合多元素同步共相结晶、多工序阶梯式除杂和烧结工艺的优化，实现了材料元素组分均匀性分布、杂质含量低和特定微观形貌的控制，并采用智能化设备实现产品一致性生产，最终解决了材料首次库伦效率降低、倍率和循环性能差等关键科学问题。本项目产品已成功应用于国内大型动力电池企业配套，如比亚迪、银隆新能源，塔菲尔、哈光宇、鹏辉能源等。并中、长期将拓展国内、国外两个市场，争取成为国内外动力电池用三元正极材料领导品牌。项目立项至今，完成产业化生产，累计实现产值9.48亿元，销售收入7亿元，利税1721万元人民币以上，带动就业人数225人。产品进入市场后，客户检测合格品率99.8%，一致性良好，组装电池后合格品率99.0%，电池包单体电池的循环寿命提升23.5%。 | | |

九、完成人合作关系说明

“单晶镍钴锰酸锂正极材料的开发与产业化”项目由湖南金富力新能源股份有限公司杨亿华、钟毅、王海涛、熊霁、季德力、武千彦共同完成。

第一完成人，杨亿华，自2017年1月开始合作，负责小颗粒前驱体工艺，单晶镍钴锰酸锂材料合成工艺方案的设计、指导和研究工作。参与文献查阅、实验数据的分析和企业标准撰写。

第二完成人，王海涛，自2017年1月开始合作，负责单晶镍钴锰酸锂材料的晶体生长机理的研究，优化单晶材料的合成工艺，研究掺杂技术与表面包覆技术，优化生产工艺。参与文献查阅、实验数据的分析和企业标准的撰写。

第三完成人，钟毅，自2017年1月开始合作，负责小颗粒前驱体制备工艺参数对前躯体颗粒形貌、微晶形状与尺寸、相纯度、掺杂原子均匀分布状况的影响；前躯体颗粒形貌、微晶形状与尺寸对三元材料性能（容量、循环性能、高温储存、安全性、压实密度等）的相关性研究；表面包覆技术生产工艺的优化。参与文献查阅、实验数据的分析和企业标准撰写。

第四完成人，熊霁，自2017年1月开始合作，负责前驱体、单晶镍钴锰酸锂材料生产的小试、中试、量产设备的设计、选型、安装调试；针对关键工艺设备的改进与创新设计；生产工艺的流程优化与品质管理。参与文献查阅、实验数据的分析和企业标准撰写。

第五完成人，季德力，自2017年1月开始合作，负责单晶镍钴锰酸锂材料的晶体生长机理的研究，优化单晶材料的合成工艺，研究掺杂技术与表面包覆技术，优化生产工艺。参与文献查阅、实验数据的分析和企业标准撰写。

第六完成人，武千彦，自2017年1月开始合作，负责前驱体、单晶镍钴锰酸锂材料生产的小试、中试、量产设备的设计、选型、安装调试；针对关键工艺设备的改进与创新设计；生产工艺的流程优化与品质管理。参与文献查阅、实验数据的分析和企业标准撰写。

项目完成人员在项目实施过程中合作愉快，对个人排名无异议。