

北京市科学技术奖拟提名项目公示内容

项目名称：纳米结构集流体及三维微纳结构电极构筑原理与理论基础

提名意见：

该项目在两项国家 973 计划及多项国家自然科学基金项目的支持下，创新性地系统研究了三维多孔结构、三维阵列结构、三维网络结构集流体及其三维复合电极的构筑策略与电化学反应机理，取得了以下重要科学发现：(1)在国际上首次提出“纳米铜箔”概念，发现铜箔集流体晶粒细化强化机理，创制超薄高强纳米铜箔集流体；提出三维分级导电网络活性材料涂层设计思想，构筑“二维纳米集流体+三维活性材料涂层”高性能三维微纳结构电极。(2)首次提出“三维集流体”概念，创制蜂窝和泡沫多孔铜三维集流体，发现蜂窝多孔铜的强化机理和吸附阻化机理；首次将多孔铜三维集流体应用于锂电池，采用高容量活性材料构筑三维微纳结构电极，发现电极性能提升效应。(3)发现去合金化形成三维连续纳米孔铜箔机理，创制纳米孔铜箔“三维集流体”，首次将纳米孔铜箔“三维集流体”应用于锂离子电池，构筑高性能三维纳米结构电极。(4)提出纳米阵列和纳米网络三维集流体概念，创制系列三维纳米集流体，构筑系列三维纳米结构电极，形成三维纳米集流体和三维微纳结构电极理论体系。

以上创新研究成果在 973 项目验收时，得到陈立泉院士、解思深院士、杨裕生院士和范守善院士等专家组成的验收专家组的肯定。该项目的 5 篇代表性论文，SCI 总被引 2000 余次，1 篇发表在国际顶级期刊 *Adv.Mater.*上，得到国内外同行高度评价。

提名该项目为北京市科学技术奖自然科学奖一等奖/特等奖。

项目简介：

众所周知，锂离子电池是现代信息社会的基础。2019 年诺贝尔化学奖颁发给了锂离子电池的三位奠基人，以表彰他们在锂离子电池发展过程中的伟大贡献：1975 年 M. Stanley Whittingham 首次将“锂离子脱嵌”原理应用于电池研发；1980 年 John B. Goodenough 首次发现含锂离子的正极材料钴酸锂；1985 年吉野彰首次采用碳材料作为负极，制作出了锂离子电池原型器件。1995 年以后，伴随着第三次工业革命，锂离子电池技术逐渐成熟，并成为现代信息社会的基础。2006 年以后，随着第四次工业革命的兴起，锂离子电池的能量密度、循环寿命和安全性能成为限制其应用的瓶颈问题。该项目在三位诺贝尔奖获得者杰出工作

的基础上,首次创新性地提出了锂离子电池三维集流体概念,首次采用导电性好、结构稳定的三维集流体,负载高容量的锂离子电池活性材料,制备出了具有三维导电网络的高性能复合电极,通过微纳结构限域作用,抑制活性材料在脱嵌锂过程中的体积效应,成功将高容量的活性材料应用于锂离子电池,大幅度提高了锂离子电池的能量密度、循环寿命和安全性。

该项目在两项国家 973 计划及多项国家自然科学基金项目的支持下,创新性地系统研究了三维多孔结构、三维阵列结构、三维网络结构集流体及其三维复合电极的构筑策略与电化学反应机理,取得了以下重要科学发现:

(1)在国际上首次提出“纳米铜箔”概念,发现铜箔集流体晶粒细化强化机理,创制超薄高强纳米铜箔集流体;提出三维分级导电网络活性材料涂层设计思想,构筑“二维纳米集流体+三维活性材料涂层”高性能三维微纳结构电极。

(2)首次提出“三维集流体”概念,创制蜂窝和泡沫多孔铜三维集流体,发现蜂窝多孔铜的强化机理和吸附阻化机理;首次将多孔铜三维集流体应用于锂电池,采用高容量活性材料构筑三维微纳结构电极,发现电极性能提升效应。

(3)发现去合金化形成三维连续纳米孔铜箔机理,创制纳米孔铜箔“三维集流体”,首次将纳米孔铜箔“三维集流体”应用于锂离子电池,构筑高性能三维纳米结构电极。

(4)提出纳米阵列和纳米网络三维集流体概念,创制系列三维纳米集流体,构筑系列三维纳米结构电极,形成三维纳米集流体和三维微纳结构电极理论体系。

以上创新研究成果在 973 项目验收时,得到陈立泉院士、解思深院士、杨裕生院士和范守善院士等专家组成的验收专家组的肯定。该项目的 5 篇代表性论文,SCI 总被引 2261 余次,1 篇发表在国际顶级期刊 *Adv.Mater.*上,得到国内外同行高度评价。

主要支撑材料目录:

[1]代表作 1: Zhang, Shichao; Du, Zhijia; Lin, Ruoxu; Jiang, Tao; Liu, Guanrao Wu, Xiaomeng; Weng, Dangsheng, Nickel Nanocone-Array Supported Silicon Anode for High-Performance Lithium-Ion Batteries, *Advanced Materials*, 22 (2010) 5378-5382.

[2]代表作 2: Shichao Zhang, Yalan Xing, Tao Jiang, Zhijia Du, Feng Li, Lei He, Wenbo Liu, A three-dimensional tin-coated nanoporous copper for lithium-ion battery anodes, *Journal of Power Sources*, 196 (2011) 6915–6919.

[3]代表作 3: Guangmin Zhou, Da-Wei Wang, Feng Li, Lili Zhang, Na Li, Zhong-Shuai Wu, Lei Wen, Gao Qing (Max) Lu, and Hui-Ming Cheng, Graphene-Wrapped Fe_3O_4 Anode Material with Improved Reversible Capacity and Cyclic Stability for Lithium Ion Batteries, *Chemistry of Materials*, 22 (2010) 5306–5313.

[4]代表作 4: Shengbin Wang, Yanbiao Ren, Guanrao Liu, Yalan Xing and Shichao Zhang, Peanut-like $\text{MnO}@C$ core-shell composites as anode electrodes for high-performance lithium ion batteries, *Nanoscale*, 6 (2014) 3508-3512.

[5]代表作 5: Tao Jiang, Shichao Zhang, Xinping Qiu, Wentao Zhu, Liquan Chen, Preparation and characterization of silicon-based three-dimensional cellular anode for lithium ion battery, *Electrochemistry Communications*, 9 (2007) 930-934.

候选人及排序: 张世超, 邢雅兰, 刘文博, 成会明, 蒋涛, 周光敏, 吴晓萌, 林若虚, 任衍彪

候选单位及排序: 北京航空航天大学, 四川大学, 清华大学深圳国际研究生院, 中国科学院金属研究所