

附件 6



中国科学院大学
University of Chinese Academy of Sciences

博士学位论文评阅书

论文题目 中温固体氧化物燃料电池自组装多级结构阴极研究

作者姓名 威惠颖

学位类别 工学博士

学科（专业） 化学工程

研究所（院系） 大连化学物理研究所

中国科学院大学制

学术道德评价

(一票否决)

评价要素	评价意见 (请在相应栏内划“√”)
是否存在剽窃他人成果、伪造数据、由他人代写等严重作假行为	<input type="checkbox"/> 是 (具体说明存在的问题)
	<input checked="" type="checkbox"/> 否

评阅意见

评 价 要 素			权重	具体得分 (百分制)
1	论文选题	选题的理论意义、实用价值	10%	90
2	文献综述	反映该学科及相关领域的前人成果和前沿动态	15%	92
3	创新成果	论文成果创新性, 对学科发展、技术进步、经济建设、国家安全等方面产生的影响和贡献	40%	91
4	基础理论和专门知识	基础理论的宽厚度、坚实度, 专门知识的系统性、深入性	10%	85
5	科研能力	论文体现科研潜质与独立科研能力	15%	85
6	论文写作	论文结构、撰写规范性; 文字表达准确、清晰和流畅性; 引文严谨、规范性	10%	90
总体评价			总分	89

注: “分数”栏每项均按百分制整数评分, 各项满分均为 100 分。评分分为四档: 大于等于 90 分为优秀; 大于等于 75 分小于 89 分为良好; 大于等于 60 分小于 74 分为一般; 小于 60 分为差。

论文题目：中温固体氧化物燃料电池自组装多级结构阴极研究

作者姓名：戚惠颖

固体氧化物燃料电池(SOFC)的操作温度向着中低温方向发展,由此带来的阴极氧还原反应极化电阻增大,是制约中温 SOFC 发展的关键。本文针对此问题,开展自组装多级结构的复合纳米阴极制备、电催化性能和氧还原反应机制的系统研究工作。选题对促进中温 SOFC 的发展,具有重要的科学意义和实际指导意义。

论文根据钙钛矿复合氧化物酸碱性质,提出利用表面酸碱反应再构纳米颗粒的自组装方法,制备出了微纳多级结构单相的 BCFZY 钙钛矿复合氧化物阴极,在 750℃ 温度下,最大输出功率密度达到了 2.468W/cm²。采用自蔓延燃烧法自组装制备了 Zr 掺杂的“类石榴状”的多级结构双相钙钛矿复合物 BZC 新材料,其一次平均粒径为 32 nm 和 23-35nm,二次颗粒平均粒径为 100nm,其总电导率达 8.50 S/cm(725℃);组装的电池在 650℃ 温度,0.8V 恒电压放电性能稳定。以及自组装合成了分级微纳结构双立方相钙钛矿 SLZC_x 复合物阴极材料,具有良好的电子电导率和适宜的热膨胀系数,650℃ 下,具有 1.739W/cm² 的功率输出密度。这些制备方法和获得的结果具有创新性。

论文做了大量的试验分析工作,进行了有层次的论证,撰写符合规范。表明作者的很好地掌握了本学科的基础知识和专业知识,具备了独立从事科研工作的能力;论文达到了国家学位条例对博士论文的要求。同意提交博士论文答辩。

建议在申请专利的基础上,对其创新性的理论部分结果进行总结,尽快在期刊进行发表。

学术道德评价

(一票否决)

评价要素	评价意见 (请在相应栏内划“√”)
是否存在剽窃他人成果、伪造数据、由他人代写等严重作假行为	<input type="checkbox"/> 是 (具体说明存在的问题)
	<input checked="" type="checkbox"/> 否

评阅意见

评 价 要 素			权重	具体得分 (百分制)
1	论文选题	选题的理论意义、实用价值	10%	100
2	文献综述	反映该学科及相关领域的前人成果和前沿动态	15%	95
3	创新成果	论文成果创新性, 对学科发展、技术进步、经济建设、国家安全等方面产生的影响和贡献	40%	90
4	基础理论和专门知识	基础理论的宽厚度、坚实度, 专门知识的系统性、深入性	10%	90
5	科研能力	论文体现科研潜质与独立科研能力	15%	90
6	论文写作	论文结构、撰写规范性; 文字表达准确、清晰和流畅性; 引文严谨、规范性	10%	90
总体评价			总分	92

注: “分数”栏每项均按百分制整数评分, 各项满分均为 100 分。评分分为四档: 大于等于 90 分为优秀; 大于等于 75 分小于 89 分为良好; 大于等于 60 分小于 74 分为一般; 小于 60 分为差。

对学位论文的学术评语：（请对论文的学术水平、创新性做出简要评述，包括选题意义，文献资料的掌握，论文创新之处，写作规范和逻辑性等。还须明确指出论文中存在的问题和不足之处。可另附页）

论文题目： 中温固体氧化物燃料电池自组装多级结构阴极研究

作者姓名： 戚惠颖

中温固体氧化物燃料电池温度降低，带来阴极氧还原反应极化电阻显著增大的问题。针对这一问题，该博士学位论文开展了自组装多级结构阴极的研究。论文选题具有重要的学术价值和应用前景。

该论文提出并建立表面酸碱反应再构纳米颗粒的自组装法，获得具有微纳米多级结构、单一相组成的钙钛矿复合氧化物阴极。该多级结构阴极，提高了表面氧吸附解离活性，表面过程的极化电阻降低，约为 BSCF 阴极的一半。

然后，提出并建立甘氨酸-硝酸盐“纳米熔炉”反应的原位自组装法，获得“类石榴状”多级结构、六方-立方钙钛矿复合物阴极新材料。最后，采用上述的“纳米熔炉”法制备 SLZC_x 复合物，自组装得到具有微纳米多级结构、双立方钙钛矿相组成的复合物阴极新材料。采用该新材料阴极制备电池，650℃输出功率达到 1739 mW/cm²，高于常见的 SrCoO₃ 基复合阴极电池。电池测试性能稳定，纳米颗粒附着微米颗粒的多级结构保持不变。论文成果具有创新性。

论文反映出作者已掌握扎实的理论基础知识和系统深入的专业知识，具备独立开展科研工作的能力。论文表述清楚，书写规范，内容丰富，已达到博士学位论文水平。同意进行博士学位论文答辩。

论文有如下小问题，请作者修改。如：中文摘要第一段出现的“IT-SOFC”需给出中文说明；第 35 页，图 2.3 中“热偶”改为“热电偶”，图 2.3 中文图题“O₂-TPR”更正为“O₂-TPD”

学术道德评价

(一票否决)

评价要素	评价意见 (请在相应栏内划“√”)
是否存在剽窃他人成果、伪造数据、由他人代写等严重作假行为	<input type="checkbox"/> 是 (具体说明存在的问题)
	<input checked="" type="checkbox"/> 否

评阅意见

评 价 要 素			权重	具体得分 (百分制)
1	论文选题	选题的理论意义、实用价值	10%	9
2	文献综述	反映该学科及相关领域的前人成果和前沿动态	15%	14
3	创新成果	论文成果创新性,对学科发展、技术进步、经济建设、国家安全等方面产生的影响和贡献	40%	32
4	基础理论和专门知识	基础理论的宽厚度、坚实度,专门知识的系统性、深入性	10%	9
5	科研能力	论文体现科研潜质与独立科研能力	15%	12
6	论文写作	论文结构、撰写规范性;文字表达准确、清晰和流畅性;引文严谨、规范性	10%	9
总体评价			总分	85

注:“分数”栏每项均按百分制整数评分,各项满分均为100分。评分分为四档:大于等于90分为优秀;大于等于75分小于89分为良好;大于等于60分小于74分为一般;小于60分为差。

对学位论文的学术评语：（请对论文的学术水平、创新性做出简要评述，包括选题意义、文献资料的掌握，论文创新之处，写作规范和逻辑性等。还须明确指出论文中存在的问题和不足之处。可另附页）

戚惠颖的博士论文“中温固体燃料电池自组装多级结构阴极研究”，以提高固体氧化物燃料电池阴极电催化活性和稳定性为目标，研究多级结构钙钛矿阴极的自组装制备方法与性能的关系，选题具有重要应用背景和理论意义。论文取得如下主要研究进展：

1. 发展了表面酸碱反应再构纳米颗粒自组装方法，获得了具有多级结构、单一相组成的钙钛矿复合氧化物阴极 $\text{BaCo}_{0.4}\text{Fe}_{0.4}\text{Zr}_{0.1}\text{Y}_{0.1}\text{O}_{3-\delta}$ ；该多级结构阴极制备的电池，在 0.84V 和 700°C 下 20 小时，颗粒未发现粗化。
2. 提出甘氨酸-硝酸盐“纳米熔炉”反应的原位自组装方法，获得了多级结构、六方-立方相钙钛矿复合氧化物阴极材料 $\text{BaZr}_{0.4}\text{Co}_{0.6}\text{O}_{3-\delta}$ ；该结构阴极制备的电池，在 650°C 下时最大输出功率达到 1094 mW cm^{-2} ，在恒电压 0.8V 和 650°C 性能稳定。
3. 采用反应的原位自组装方法，制备出 $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Zr}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_{3-\delta}$ 复合物，自组装得到由立方相钙钛矿 $\text{LaZr}_{0.79}\text{Co}_{0.21}\text{O}_{3-\delta}$ 、 $\text{Sr}_{0.74}\text{La}_{0.26}\text{CoO}_{3-\delta}$ 组成的微纳米多级结构氧化物阴极材料； $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Zr}_{0.2}\text{Co}_{0.8}\text{O}_{3-\delta}$ 复合物阴极电池 650°C 时最大输出功率，达到 1739 mW cm^{-2} 。

上述研究结果具有创新性。

论文对文献进行了综述，研究目标明确，思路清晰，工作量大，实验数据分析合理，结论可信。表明作者具有较为扎实的基础理论与专业知识，具备从事科学研究工作的能力。同意答辩。

学术道德评价

(一票否决)

评价要素	评价意见 (请在相应栏内划“√”)
是否存在剽窃他人成果、伪造数据、由他人代写等严重作假行为	<input type="checkbox"/> 是 (具体说明存在的问题)
	<input checked="" type="checkbox"/> 否

评阅意见

评 价 要 素			权重	具体得分 (百分制)
1	论文选题	选题的理论意义、实用价值	10%	95
2	文献综述	反映该学科及相关领域的前人成果和前沿动态	15%	90
3	创新成果	论文成果创新性, 对学科发展、技术进步、经济建设、国家安全等方面产生的影响和贡献	40%	90
4	基础理论和专门知识	基础理论的宽厚度、坚实度, 专门知识的系统性、深入性	10%	95
5	科研能力	论文体现科研潜质与独立科研能力	15%	90
6	论文写作	论文结构、撰写规范性; 文字表达准确、清晰和流畅性; 引文严谨、规范性	10%	90
总体评价			总分	91

注: “分数”栏每项均按百分制整数评分, 各项满分均为 100 分。评分分为四档: 大于等于 90 分为优秀; 大于等于 75 分小于 89 分为良好; 大于等于 60 分小于 74 分为一般; 小于 60 分为差。

对学位论文的学术评语：（请对论文的学术水平、创新性做出简要评述，包括选题意义，文献资料的掌握，论文创新之处，写作规范和逻辑性等。还须明确指出论文中存在的问题和不足之处。可另附页）

论文题目：中温固体氧化物燃料电池自组装多级结构阴极研究

作者姓名：戚惠颖

提高电极反应速率是中低温固体氧化物燃料电池的关键技术之一。本学位论文开展了自组装多级结构阴极的相关性能与机制的研究，有重要理论意义和实用价值。

提出了通过调控表面酸碱反应和高温反应再构纳米颗粒的新自组装方法，制备成具单一相纳米/微米多级结构的钙钛矿复合氧化物阴极（ $\text{BaCo}_{0.4}\text{Fe}_{0.4}\text{Zr}_{0.1}\text{Y}_{0.1}\text{O}_{3-\delta}$ ）。研究表明，该多级结构提高了表面氧吸附解离活性和降低极化电阻，具有较高的稳定性，该结构电池在 750°C 下的最大输出功率达 $2468\text{mW}\cdot\text{cm}^{-2}$ 。

提出了利用甘氨酸-硝酸盐“纳米熔炉”反应的原位自组装方法，制备出具有“类石榴状”多级结构、六方-立方相钙钛矿复合物新材料 $\text{BaZr}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_{3-\delta}$ ，提高了表面氧吸附、解离、还原反应活性和稳定性。该结构电池在 650°C 下的最大输出功率达 $1094\text{mW}\cdot\text{cm}^{-2}$ 。

采用反应原位自组装方法，制备了由离子-电子导体相和离子导体相所组成的具有多级结构和双立方钙钛矿新材料（SLZCx），相比于单一相，双相新材料大幅提高了表面氧吸附、解离、还原反应活性和稳定性。该结构电池在 650°C 下的最大输出功率达 $1739\text{mW}\cdot\text{cm}^{-2}$ 。

上述研究结果具有创新性，为提高电池效率提供基础。

根据本文的工作，论文综述全面、研究工作系统深入、书写规范、论述充分、分析合理，反映了戚惠颖同学具有扎实的理论基础和独立的科研工作能力，已达到博士学位论文要求，同意进行答辩，并建议授予工学博士学位。

建议完善：

- 1、建议将摘要等修改下，表达更简洁明了。
- 2、p160 补充所发表文章年、卷、页码或 TOI

学术道德评价

(一票否决)

评价要素	评价意见 (请在相应栏内划“√”)
是否存在剽窃他人成果、伪造数据、由他人代写等严重作假行为	<input type="checkbox"/> 是 (具体说明存在的问题)
	<input checked="" type="checkbox"/> 否

评阅意见

评 价 要 素			权重	具体得分 (百分制)
1	论文选题	选题的理论意义、实用价值	10%	9
2	文献综述	反映该学科及相关领域的前人成果和前沿动态	15%	13
3	创新成果	论文成果创新性, 对学科发展、技术进步、经济建设、国家安全等方面产生的影响和贡献	40%	37
4	基础理论和专门知识	基础理论的宽厚度、坚实度, 专门知识的系统性、深入性	10%	9
5	科研能力	论文体现科研潜质与独立科研能力	15%	13
6	论文写作	论文结构、撰写规范性; 文字表达准确、清晰和流畅性; 引文严谨、规范性	10%	9
总体评价			总分	90

注: “分数”栏每项均按百分制整数评分, 各项满分均为 100 分。评分分为四档: 大于等于 90 分为优秀; 大于等于 75 分小于 89 分为良好; 大于等于 60 分小于 74 分为一般; 小于 60 分为差。

对学位论文的学术评语：（请对论文的学术水平、创新性做出简要评述，包括选题意义，文献资料的掌握，论文创新之处，写作规范和逻辑性等。还须明确指出论文中存在的问题和不足之处。可另附页）

论文题目：中温固体氧化物燃料电池自组装多级结构阴极研究

作者姓名：戚惠颖

固体氧化物燃料电池是清洁、低耗、高效的电化学能量转换装置。本论文开展自组装复合纳米阴极的制备规律及电化学氧化反应的作用机制研究，对发展中低温固体氧化物燃料电池具有重要的理论意义和应用价值。发展了利用表面反应再构纳米颗粒的自组合法，制备微纳米多级结构、单一相组成的钙钛矿复合氧化物阴极。提出利用甘露醇-硝酸钙“纳米熔盐”反应的原位自组装制备“类石炭水”多级结构钙钛矿复合物，采用反应原位自组合法，制备多级纳米多相物、双正负钙钛矿复合材料，均显著提高了中温条件下电池性能。论文工作量、写作规范、逻辑清晰、图表规范，是一篇优秀的学位论文。建议尽快将研究成果整理发表。