

赵 韩 吴玉程 等编

HEFEI GONGYE DAXUE

2007NIAN

YOUXIU SHUOSHI

XUEWEI LUNWEN

ZHAIYAOJI

合肥工业大学 2007 年 优秀硕士学位论文摘要集

合肥工业大学出版社

合肥工业大学 2007 年 优秀硕士学位论文摘要集

赵 韩 吴玉程 等编

合肥工业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

合肥工业大学 2007 年优秀硕士学位论文摘要集/赵韩等编. —合肥:合肥工业大学出版社,2008.12

ISBN 978-7-81093-870-9

I. 合… II. 赵… III. 合肥工业大学—硕士学位论文—内容提要--2007
IV. Z89;G643.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 201223 号

合肥工业大学 2007 年优秀硕士学位论文摘要集

赵 韩 吴玉程 等编

责任编辑 吴普明 丹

出 版	合肥工业大学出版社	版 次	2008 年 12 月第 1 版
地 址	合肥市屯溪路 193 号	印 次	2009 年 3 月第 1 次印刷
邮 编	230009	开 本	710 毫米×1000 毫米 1/16
电 话	总编室:0551-2903038	印 张	15.25
	发行部:0551-2903198	字 数	290 千字
网 址	www.hfutpress.com.cn	印 刷	合肥创新印务有限公司
E-mail	press@hfutpress.com.cn	发 行	全国新华书店

ISBN 978-7-81093-870-9

定价:38.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换。

出版委员会学术委员会

主任委员：徐枏巍

副主任委员：陈心昭 赵 韩

委员(按姓氏笔画为序)：

史铁钧 刘全坤 陈心昭

张崇巍 杨伯源 费业泰

赵 韩 钟玉海 徐枏巍

出版编辑委员会

主任委员：吴玉程 马国锋

委员：朱 红 王其东 高 隽

孟宪余 王 磊 李军鹏

黄 飞 权 怡

出版说明

为贯彻教育部《关于实施研究生教育创新计划 加强研究生创新能力培养 进一步提高培养质量的若干意见》（教研〔2005〕1号）文件精神，培养研究生创新意识、创新能力，提高研究生培养质量，合肥工业大学设立了研究生教育创新基金，以支持和资助研究生的教育创新活动，为创新人才成长搭建平台。评选优秀硕士学位论文是创新基金所支持的项目之一。为宣传优秀硕士学位论文的成果，将其汇编出版为《合肥工业大学2007年优秀硕士学位论文摘要集》。

为使论文摘要能充分反映学位论文的学术水平，要求硕士学位论文作者认真提炼，力求文字简洁、结论明确，突出学位论文的创新点。

我们力求把这项工作做好，但由于我们经验不足和学识水平有限，难免存在不足之处，敬请读者给予批评指正。

合肥工业大学研究生学位论文出版编辑委员会

2008年12月

序

当今世界科学技术突飞猛进，知识经济飞速发展，以经济和科技为基础的综合国力的竞争日趋激烈。而科技的竞争、经济的竞争乃至综合国力的竞争，归根结底是人才的竞争。面对新的形势、新的要求，党中央先后作出了实施“科教兴国”、“人才强国”战略和走自主创新道路，建设创新型国家的重大决策。胡锦涛同志在党的十七大报告中又提出，建设人力资源强国和创新型国家是我国全面夺取建设小康社会新胜利的两大新目标。高等学校是国家创新体系的重要组成部分，肩负着培养自主创新型人才的历史使命。研究生教育处于高等教育的最高层次，是国家培养高层次创新型人才的主要渠道。研究生，特别是博士研究生的科研工作，一般处于本学科的前沿，具有一定的创造性。为鼓励广大研究生，特别是博士研究生选择具有重大意义的科技前沿课题进行研究，进一步提高研究生的创新意识、创新精神、创新能力，激励、调动我校博士研究生及其指导教师进一步重视提高博士学位论文质量和争创优秀博士学位论文的主动性和积极性，展示我校博士研究生的学术水平，为他们的尽快成才搭建平台，学校经过精心策划，编辑出版了《斛兵博士文丛》和《合肥工业大学 2007 年优秀硕士学位论文摘要集》。

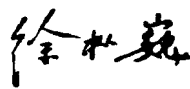
此次入选《斛兵博士文丛》和《合肥工业大学 2007 年优秀硕士学位论文摘要集》的论著，均为 2007 年毕业并获得博士或硕士学位的研究生学位论文或论文摘要，是在广泛动员、严格把关的基础上，根据质量第一、公平公开、规范评审的原则认真遴选出来的。同时这些论著注重坚持基础研究与应用研究并举，是兼顾理论价值与实践意义的最新研究成果。可以说，这套《斛兵博士文丛》（第二卷）

和《合肥工业大学 2007 年优秀硕士学位论文摘要集》虽然也可能有这样或那样的不足，但基本反映了我校博士或硕士研究生所具有的坚实的理论基础、系统的专门知识，以及较高的学术造诣和分析能力；体现了他们崇尚学术、追求真理、勇于创新的科学精神，实事求是、严谨认真的治学态度，不断进取、追求卓越的学术品格；展现了我校“勤奋、严谨、求实、创新”的校风学风。

建校 63 年来，学校充分发挥人才培养、科学研究和服务社会的功能，为国家和社会培养了一大批杰出人才，一代又一代的莘莘学子在这里勤奋耕耘、茁壮成长。出版《斛兵博士文丛》和《合肥工业大学 2007 年优秀硕士学位论文摘要集》也是我校实施研究生教育创新工程、培养研究生创新精神、提高研究生创新能力的一个重要举措。合肥工业大学经过 63 年的建设和发展，逐步形成自身的办学特色，也取得了许多令人瞩目的成就。我们正在不断改善办学条件，逐步完善相关政策，营造有利于高层次创新型人才尽快成长的良好环境，确保学校多出人才、快出人才、出好人才。

我衷心希望广大研究生能发扬我校优良的传统、校风、学风，在合肥工业大学自由宽松、开放和谐、充满生机和活力的学术环境中奋发努力、锐意进取、勇于创新，通过自己的辛勤劳动和刻苦钻研写出更好的论文，为进一步提高我校的学术水平、科研创新能力和综合实力作出更大的贡献，努力把学校建设成为国内先进、国际知名的创新型高水平大学。

合肥工业大学校长
教授、博士生导师



二〇〇八年十一月

目 录

基于超临界流体技术的印刷线路板回收实验及机理研究	(001)
机械与汽车工程学院 胡张喜 刘志峰	
II-VI族一维半导体纳米材料与有序阵列的合成与表征	(005)
材料科学与工程学院 曹佰来 蒋 阳 钱逸泰	
有源电力滤波器与光伏发电的统一控制研究	(009)
电气与自动化工程学院 张铁良 张国荣	
柔性坐标测量机的设计和研制	(013)
仪器科学与光电工程学院 王春花 费业泰	
基于 LFSR 重新播种的 SoC 测试数据压缩方法研究	(016)
计算机与信息学院 李 扬 梁华国	
拟动力试验数值积分方法研究	(024)
土木建筑与水利工程学院 王德才 叶献国	
水安全智能多属性评价	(034)
土木建筑与水利工程学院 李 磊 金菊良	
铜、锌氧化物纳米结构薄膜的制备及性质研究	(047)
化学工程学院 栾春燕 张卫新	
我国组合会计政策选择的契约动因研究——来自制造业上市公司的经验证据	(054)
管理学院 游乐文 赵惠芳	

摘要集

- ASP 架构下的机械零部件信息系统的研究 (064)
机械与汽车工程学院 黄方毅 赵 韩
- 不确定制造环境下的机械产品选配方法及其应用 (078)
机械与汽车工程学院 张凤琴 刘明周
- 汽车声品质的客观评价方法及其在汽车车门关闭声中的应用 (088)
机械与汽车工程学院 汪念平 陈 剑
- 新型功能型分子的设计、合成及应用 (096)
材料科学与工程学院 查 敏 丁运生
- 科技系统电子政务网站评价模型与方法研究 (107)
管理学院 程 飞 马溪骏
- 基于案例推理的牙科病历智能生成技术研究 (117)
管理学院 顾东晓 李兴国
- 企业创新绩效评价方法研究 (126)
管理学院 叶春森 蒋翠清
- 有限元领域中模型态的选择研究 (131)
计算机与信息学院 金 灿 刘晓平
- 基于粗糙集理论的约简方法研究 (145)
计算机与信息学院 史君华 胡学钢
- 城市设计与营销理念下的现代商业街区设计 (155)
建筑与艺术学院 宣 蔚 潘国泰
- 城市滨水区公共空间景观整体性研究 (163)
建筑与艺术学院 魏晶晶 陈 刚
- 一个对立而矛盾的世界——《到灯塔去》的女性主义分析 (168)
外国语学院 孙桂林 林玉鹏

交替传译中译员的认知心理问题研究	(179)
外国语学院 黄 娟 任静生	
有限环上线性码的结构及其秩的研究	(191)
数学系 施敏加 朱士信	
多元混合切触有理插值	(201)
数学系 梁 艳 唐 烁	
GPS 坐标转换中基于改进遗传算法求解病态方程的探讨	(206)
土木建筑与水利工程学院 董玉磊 高 飞	
秦岭洛南—栾川断裂带运动学特征	(213)
资源与环境工程学院 霍立新 宋传中	
西峰剖面夏季风替代性指标研究及古气候重建	(224)
资源与环境工程学院 孙玉兵 陈天虎	

基于超临界流体技术的印刷电路板回收实验及机理研究

胡张喜 刘志峰(导师)

机械工程专业

废弃电子电器产品的回收处理及再资源化不仅可以节约有限的资源和能源,而且可以有效地防止废旧产品污染环境,是实现循环经济和可持续发展战略的重要内容。在废弃电子电器产品中,印刷电路板具有废弃数量大、使用范围广、再资源化价值高、环境污染严重等特点,因此针对废弃印刷电路板的回收工艺及方法研究,引起了国内外许多研究机构的关注。

本文第一章对线路板的结构、材料组成及生产废弃情况进行了分析,说明了线路板回收的经济意义、环境意义和资源能源意义;对印刷电路板回收处理技术的研究进展进行了研究,分析了现有印刷电路板回收工艺的应用情况和各自的优缺点,并对现有印刷电路板回收工艺进行了综合比较,说明了进行本论文研究的必要性;对超临界流体技术的基本原理和超临界流体技术在环境科学中的应用情况进行了研究,说明了采用超临界流体技术回收印刷电路板的可行性。

本文第二章对印刷电路板超临界流体回收法的实验系统及实验进行了设计。开发了间歇式高温高压超临界 CO_2 流体回收处理废弃印刷电路板实验系统,为实验研究提供了实验平台。实验系统主要由四个模块组成,分别是反应模块、控制模块、监视模块和进给模块。本文给出了实验系统的机构示意图和平面布局示意图,根据示意图介绍了共12个步骤的整个实验流程。对实验系统可能产生的系统误差进行了分析并给出了误差补偿方法。实验系统的系统误差分为两部分,一是在使用手动计量泵测量夹带剂体积时产生的误差;二是在温度测量时存在反应釜中温度比温度传感器显示温度时间滞后的误差。这两个误差可通过引入校正系数和在ANSYS 8.0软件中进行建模分析并通过实验加以验证的方法分别进行补偿。本文采用了正交设计方法对回收实验进行科学设计。正交实验设计法能以较少的实验次数,实现实验参数的“均匀分散”和“整齐可比”,且能够方便对实验结果进行直观分析和方差分析,能够满足实验的需要。本文在众多实

验因素中,选取反应压力、反应温度、反应时间、夹带剂含量四个因素作为设计实验的实验因素;选取了重量减少百分比、厚度增加百分比、弯曲强度变化百分比和冲击强度变化百分比四个定量指标来评价和表现线路板材的分离效果,并对所选取评价指标的正确性及合理性进行了分析,给出了实验模型。采用正交设计方法对回收实验进行设计,为每个实验因素选取 5 个水平,选用 $L_{25} 5^6$ 正交表设计实验,列出了超临界流体回收线路板的正交实验设计表。

本文第三章采用实验分析软件 SPSS(Statistical Product and Service Solutions)对实验结果进行了科学、详细的分析。通过正交实验结果直观分析表、直观分析效应曲线图、各实验因素间交互作用表、方差分析表、各实验因素均数图等分析方法分别分析了实验模型中各实验因素对线路板重量变化百分比、线路板厚度变化百分比、线路板弯曲强度变化百分比和线路板冲击强度变化百分比的影响,之后又赋予四个实验因素不同的权重,得出了各实验因素对综合实验效果的影响,指出当评价指标不同时,各实验因素对实验结果影响的显著程度各不相同,但总体来说,实验温度对实验结果影响最大,反应时间和夹带剂量的影响次之,实验压强对实验结果的影响最小,四个因素之间有交互作用。本文采用验证性实验的方法对温度的显著性和压强的非显著性进行了验证实验研究,证明了分析结果的准确性。对超临界流体回收线路板的最佳实验参数进行了研究。通过元素分析的方法对实验后线路板中被碳化的碳的含量进行了分析,在综合考虑线路板的分层效果及树脂、玻璃纤维的碳化程度的基础上,确定了最佳实验参数。对线路板自身性质对回收效果的影响进行了实验研究。分别研究了线路板的大小、线路板的厚度和线路板上单位面积的孔数等因素对回收效果的影响,得出线路板的大小对实验结果影响较大,线路板的厚度对实验结果影响不大,线路板上单位面积上的孔数对实验结果影响较大。

本文第四章通过对印刷线路板的组成结构进行分析,从超临界流体环境下树脂材料的分解和溶解两个方面对印刷线路板的分层机理进行了深入研究。印刷线路板的最基本结构是由基板强化材料绝缘层、金属铜导电层和高分子黏结树脂材料层组成的层状结构,超临界流体回收印刷线路板的过程就是将印刷线路板中作为黏结层的树脂材料去除,从而实现各材料层的分离和高效回收的过程。通过对树脂材料的性质进行分析并对其反应后的分解产物进行质谱分析,推测出了超临界流体回收印刷线路板实验中树脂分解产物中所含的主要物质及官能团。通过将其与树脂热解产物进行对比分析,推测出了树脂材料在超临界流体环境中的分解过程。分析结果表明,超临界回收废弃印刷线路板实验中,树脂材

料在一相对较低温度下,发生了分解反应,铰链聚合的高分子材料发生键断裂以及环化重整反应,分解成小分子量的物质,从而把作为黏结层的树脂破坏,实现线路板的分层。对树脂材料及其分解产物在超临界流体中的溶解度进行了研究。介绍了状态方程模型、活度系数模型、经验方程和计算机模拟这四种目前已有的超临界流体中固体溶解度关联和与预测模型并对四种模型的特点进行了分析,选取状态方程模型作为超临界流体中树脂材料及其分解产物的计算模型。通过建立超临界流体中固体溶解度的状态方程模型,对树脂及其分解产物在超临界流体中的溶解度进行了估算。分析结果表明,树脂分解产物几乎完全溶解。树脂分解产物在超临界流体环境中的完全溶解有力促进了树脂材料的分解过程,这也是超临界流体环境中树脂材料在较低温度条件下就发生较高程度分解的一个重要原因。

本文第五章将超临界 CO_2 流体回收废弃印刷电路板的方法同现有的电路板回收方法进行比较,对超临界 CO_2 流体回收法的优缺点进行了分析研究。研究表明,同现有的电路板回收方法相比,超临界 CO_2 流体回收法具有以下优点:印刷电路板可自动分层,材料回收率高,铜和玻璃纤维的回收率可达到 100%;回收所得的铜和玻璃纤维均为单一物质,尾端不需要进行分选、置换、冶炼等工艺,回收工艺简单;回收过程所使用的 CO_2 和水均为环境友好材料,其中 CO_2 还可循环使用,处理过程中也不会向周边环境释放有害气体及废液,二次污染极小,环境性能十分出色;能源、资源消耗量少等。但由于超临界 CO_2 流体回收法目前还处于研究阶段,不是很成熟,因此在回收工艺要求及工业应用方面与现有方法特别是机械物理法有着较大的差距。

全球资源和能源的加速紧缺、生态环境的恶化和各项回收以及再资源化法律法规的不断颁布,都使得废弃电子电器产品的回收和再资源化成为各国科研和产业部门关注的焦点,而作为电子电器产品重要组成部件的印刷电路板以其废弃量大、组成结构复杂、回收价值高成为该方面研究的重点和难点。传统的废弃印刷电路板回收工艺虽然已比较成熟,但在回收过程的环境性、材料的回收率以及回收过程的资源、能源消耗方面存在着某些不足,影响了电路板回收产业的发展。本文在综合国内外相关研究的基础上,将绿色环保的新技术——超临界流体技术应用于废弃印刷电路板的回收,建立了具有高材料回收率、低能耗和良好的环境性能的新型废弃印刷电路板回收工艺,并从超临界流体回收废弃印刷电路板的实验系统及实验设计、超临界 CO_2 流体回收实验分析、超临界 CO_2 流体回收法的回收机理研究、超临界 CO_2 流体回收法的优缺点分析等方面对其进

摘要集

行了深入研究。但目前将超临界流体技术应用于废弃印刷线路板的回收仍是一个较新的课题,同时对超临界流体技术回收处理印刷线路板的相关研究涉及多学科交叉,是一个复杂的系统问题。本文关于超临界流体技术回收废弃印刷线路板的理论与方法尚存许多需要进一步研究的问题,包括优化工艺参数、降低工艺要求;选择不同的溶剂,建立相关超临界流体回收实验数据库;对反应产生的尾气进行分析研究;开发工业应用的超临界流体回收处理废弃印刷线路板的设备;等等。

II-VI 族一维半导体纳米材料与有序阵列的合成与表征

曹佰来 蒋 阳 钱逸泰(导师)

材料科学与工程专业

近年来,一维纳米材料及其各种结构由于其新颖的物理、化学性质和在许多领域中所展示的潜在的应用前景,已成为当今纳米材料研究的前沿和热点。本论文主要研究几种 II-VI 族一维半导体纳米材料的合成与有序阵列,探索控制其形貌和尺寸的途径,并考察由此引起的其发光性质的变化。通过直接使用金属基底作为反应源,采用一步或两步溶剂热法,成功合成了硫化镉纳米阵列、硫化镉/硒化镉核壳结构纳米线和硫化锌纳米棒,并显现出了较好的光学性质。主要内容具体归纳如下:

(1) 采用氨基硫脲和镉片(基底)作为反应原料,通过简单的液相反应制备出大面积尺寸均一、排列整齐的硫化镉纳米线阵列。实验如下:称量适量的氨基硫脲($\text{NH}_2\text{CSNHNH}_2$),取一块纯度为 99.999% 的 Cd 片,经打磨并进行抛光使其表面光滑平整,然后放到聚四氟乙烯内衬的不锈钢的高压釜中,并向釜中填充乙二醇溶剂,密封高压釜,将其置于烘箱中,加热温度为 180°C ,保持 18h,自然冷却到室温。取出高压釜倒出乙二醇,所得样片依次用蒸馏水、无水乙醇洗涤 4~6 遍,然后将样片放入 60°C 的真空干燥箱中干燥 4h。制备所得到的硫化镉纳米线阵列为六方纤锌矿结构的单晶结构,沿着 c 轴(001) 方向垂直生长在镉片上。我们探讨并推测其生长机理如下:当 Cd 片和氨基硫脲一起被加入到乙二醇溶剂里时,Cd 片表面的 Cd 原子被乙二醇的强亲核氮原子激活。同时,氨基硫脲分子也受到乙二醇的强亲核氮原子的攻击,很大程度上削弱了氨基硫脲分子上的 $\text{C}=\text{S}$ 双键。因此,在温度很低的情况下, $\text{C}=\text{S}$ 双键就能够被破坏而形成 S 原子。被激活的 S 原子和 Cd 片上被激活的 Cd 原子反应生成 CdS,形成晶核并覆盖在 Cd 片表面上。然而,Cd 片表面所生成的 CdS 晶核又能溶解于乙二醇中而电离形成 S^{2-} 离子和 Cd^{2+} 离子。因此在相应的低温条件下,建立了 CdS 的生成与电离平衡。当温度升高时,化学反应平衡被破坏,溶剂中的 Cd^{2+} 离子与溶剂乙二醇分子

结合生成较稳定的正二价配位化合物 $\text{Cd}(\text{en})_2^{2+}$ 。随着温度的升高,正二价配位化合物 $\text{Cd}(\text{en})_2^{2+}$ 与 S^{2-} 离子反应形成不稳定的有机-无机配位先驱化合物 $\text{CdS}(\text{en})_2$ 。当温度升高到一定值时,乙二胺分子便从不稳定的配位化合物 $\text{CdS}(\text{en})_2$ 中解离出去,使得 Cd 片表面的 CdS 晶核结晶长大。

在 CdS 纳米线的结晶过程中,系统自由能和晶核临界尺寸的大小与反应温度、压力、反应物浓度、固液态表面能等有关。反应温度越高,系统自由能就越高。因此,在高温下,晶体的形核临界尺寸和自由能障碍随着温度的升高而减小,从而提高了形核速率。只有当温度达到或超过 180°C 时,才有高浓度的 CdS 晶核形成,从而导致在 Cd 片上形成高密度的 CdS 纳米线,并且所有纳米线均沿着六方紧密堆积的 $[001]$ 方向生长。因此导致 CdS 纳米线具有相同的表面极性和表面相斥效应,最终高浓度形核、晶体趋向生长和同表面极性相同导致的纳米线互相排斥效应促使高密度的 CdS 纳米线阵列垂直生长在 Cd 片表面上。

室温下,拉曼光谱显示出硫化镉纳米线直径方向的纳米尺寸效应促使的量子陷效应,进而导致拉曼光谱峰的宽化、不对称性和轻微的红移。均匀整齐的硫化镉纳米阵列起到了激光微共振腔的作用,显示了 515nm 的禁带光致激射,并显现出了明显的激光共振模式。合成过程中,由于高温、高浓度形核和晶体择优取向生长,均匀整齐的硫化镉纳米阵列垂直生长在镉片上。

(2) 通过采用两步溶剂热法,分别采用乙二胺(第一步)、TBP(第二步)为溶剂,第一步反应同 CdS 纳米线阵列的制备;第二步反应称量适量的 Se 粉和第一步所制得的 CdS 薄片($1\text{cm} \times 1\text{cm}$)及一定量的 TBP 进行超声分散,再转入有聚四氟乙烯内衬的不锈钢的高压釜中,向釜中填充 TBP 溶剂达到内衬容积的 80% 后密封高压釜,将其置于一定温度的烘箱中加热一定时间,自然冷却到室温。取出高压釜,倒出 TBP 发现 Se 粉消失,原来黄色的 CdS 片表面便成了棕红色,所得样片依次用蒸馏水、无水乙醇洗涤 4~6 遍。然后将样片放入 60°C 的真空干燥箱中干燥 4h。我们成功地合成了大面积尺寸均匀的硫化镉/硒化镉核壳结构纳米线,直径约为 50nm ,长度约为 $1\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$,其表面比较粗糙。其生长机理为:第一步同 CdS 纳米线阵列的制备机理。第二步反应机理,我们找主测为硫化镉/硒化镉核壳结构纳米线的生长机制为传输机制,Se 原子经过 TBP 的中介螯合传输进而取代 CdS 中的部分 S 离子。Se 粉与 CdS 纳米线一起加入列 TBP 中,当温度上升到一定值时,Se 粉与 TBP 结合成 TBPSe ,随着温度的进一步上升,CdS 表面上有部分的 CdS 溶解于 TBP 中形成了 Cd^{2+} 和 S^{2-} ;随着温度的上升, TBPSe 与 S^{2-} 发生反应生成 TBPS 和 Se^{2-} ;同时 Cd^{2+} 和 Se^{2-} 结合生成了 CdSe。溶剂 TBP 作为

传输载体,促使硒原子取代硫化镉表面的硫原子,进而形成硒化镉包覆硫化镉的层状核壳结构。

采用 PL 光致发光谱对其发光性质进行检测,CdS/CdSe 核壳结构的发光峰位于 534.808nm 处,与没有包覆的 CdS 纳米线的光致发光峰位置(515.4nm)相比,CdS/CdSe 核壳结构的发光峰有红移现象发生,并且发光强度增强。这主要是由于核芯 CdS 内的电子很容易渗入壳层中,而空穴渗透到壳层中的可能性却很小,这样就造成了电子和空穴的分离,使得所形成的激子的束缚能减少,表现在核/壳型纳米线的发光峰位置红移上,因此 CdS/CdSe 核壳结构纳米线比 CdS 有着更优的发光性质。

(3) 采用锌片和氨基硫脲为原料,通过溶剂热法在锌片上控制合成大面积的大小均匀的条形硫化锌纳米棒。实验如下:称量适量的氨基硫脲($\text{NH}_2\text{CSNHNH}_2$),一块 $1\text{cm} \times 1\text{cm}$ 的 Zn 片经打磨并进行抛光使其表面光滑平整,然后放到具有聚四氟乙烯内衬的不锈钢的高压釜中,并向釜中填充乙二醇溶剂,密封高压釜,将其置于一定温度的烘箱中,加热适当时间,自然冷却到室温。取出高压釜倒出乙二醇,发现原来具有金属光泽的 Zn 片上生长一层白色的沉淀为 ZnS 纳米棒,合成硫化锌样品为六方铅锌矿结构的单晶并且沿着 c 轴(001)方向生长。单根纳米棒长约为 $2\mu\text{m} \sim 3\mu\text{m}$,截面为正方形,其边长约为 30nm。反应时间和反应温度对样品合成有着重要的影响。

我们探讨认为其生长机理如下:当 Zn 片和氨基硫脲一起加入乙二醇溶剂中时,Zn 片表面的 Zn 原子被乙二醇溶剂中强烈的亲核氮原子激活。同时氨基硫脲分子也受到乙二醇溶剂中强烈的亲核氮原子的攻击,很大程度上削弱了氨基硫脲分子中, $\text{C}=\text{S}$ 双键的作用力。因此在很低的温度下, $\text{C}=\text{S}$ 双键便被破坏产生了 S 原子以供进一步的反应。被激活的 S 原子和 Zn 原子就在 Zn 片上反应生成了 ZnS 晶核。然而 Zn 片上的 ZnS 晶核在乙二醇溶剂中又被溶解形成了 S^{2-} 和 Zn^{2+} 离子。因此在相对低的温度下,建立了 ZnS 的生成与电离平衡。随着温度的增加,ZnS 的生成电力平衡被打破。 Zn^{2+} 离子与乙二醇分子反应生成较稳定的 $\text{Zn}(\text{en})_2^{2+}$ 配位化合物离子。随着温度进一步升高, $\text{Zn}(\text{en})_2^{2+}$ 配为化合物离子与 S^{2-} 离子反应生成很不稳定的 $\text{ZnS}(\text{en})_2$ 有机-无机螯合的配位化合物前驱体。最后,当上升到一定的温度时,乙二醇分子便从配位化合物前驱体 $\text{ZnS}(\text{en})_2$ 中分离出去,从而使 Zn 片上的 ZnS 晶核进一步结晶长大。由于六方纤锌矿结构的 ZnS 晶体[101]方向的自由能比较低,所以晶体在生长的过程中,朝着[101]方向生长,最后生成条形 ZnS 纳米棒。