

中国科学院大连化学物理研究所
优秀博士后奖励基金申请表

申 请 人： 张慧敏

研 究 组： 502

学科专业： 纳米与界面催化

合作导师： 包信和院士

填表日期： 2015 年 11 月 18 日

中国科学院大连化学物理研究所制

姓 名	张慧敏	性 别	女
出生日期	1987 年 8 月 13 日	民 族	汉族
学历/学位	博士研究生	专业技术职务	助理研究员
毕业院校	中国科学院物理研究所	专 业	凝聚态物理
(拟) 进站时间	2015 年 11 月	进站性质	☒ 统招统分 ☐ 在职人员
E-Mail	zhhm0813@126.com	联系电话	18010090159
学习 简历	起止年月	所在单位/专业	所获学位
	2006 年 9 月至 2010 年 7 月	山东大学材料科学与工程学院	学士
	2010 年 9 月至 2015 年 7 月	中国科学院物理研究所 凝聚态物理专业	博士研究生
工作 经历	起止年月	所在单位	职务
	2015 年 11 月至今	中国科学院大连化学物理研究所	博士后
博士 学位 论文 摘要	博士论文题目	分子束外延镓膜的超导电性研究	
	指导教师姓名	郭建东、马旭村研究员	
	(限 800 字) 发现新的薄膜超导材料及其超导电性研究已经成为凝聚态物理研究的重要前沿,也是未来发展新的高温超导薄膜电子学器件的重要材料基础。镓(Ga)是一种元素超导体,但具有多种结构相。 α -Ga 是室温下的稳定相,其超导转变温度(T_c)为 ~ 1.1 K; γ -Ga 是一种亚稳相,其 $T_c \sim 7.6$ K。在实际材料中, Ga 的亚稳相多以混合相出现,严重影响了其超导电性的研究。在本篇论文中,我们利用分子束外延(MBE)技术分别在氮化镓(GaN(0001))衬底和硅(Si(111))衬底上制备了单晶的晶体 Ga 膜;并利用原位的扫描隧道显微镜/谱(STM/STS)技术和非原位的电输运测量技术研究了 Ga 膜的超导电性,包括超导能隙 Δ 、超导转变温度 T_c 、临界磁场和磁通结构等。具体内容如下: (1)我们在宽禁带半导体 GaN(0001)衬底上成功地制备了大面积平整的两个原子层(2ML, 0.556 nm)厚的 Ga 膜。它具有六角周期的晶体结构,其原子结构和原子间距与所有 Ga 的体相都不相同,是一种新的二维超导体。原位 STS 谱测量表明两层 Ga 膜的超导能隙为 1.01 meV,远远大于 Ga 体稳定相(α -Ga)的超导能隙(0.16 meV)。利用非原位的电输运测量手段,我们观察到 Ga 膜的超导转变温度为 5.4 K,是 α -Ga 的五倍,显示出界面增强的超导特性。2ML Ga/GaN(0001)是一种新的金属/半导体异质结界面增强超导体,为研究界面超导机理提供了新的平台。而 GaN 是半导体工业中重要的光电材料(2014 年诺贝尔物理学奖),在其上制备的两原子层厚的超导薄膜为超导电子学与半导体工艺的结合提供了可能。 (2)我们在规则台阶的 Si(111)衬底上生长了不同尺寸、不同形状的 Ga 岛,并确定了其结构为亚稳态的 γ 相(γ -Ga)。紧接着,我们利用低温 STM/STS 研究了 Ga 岛的横向尺寸和厚度对其超导电性的影响。实验发现,超导转变温度 T_c 随着 Ga 岛的横向尺寸(有效直径 r_e)和厚度减小而降低,临界超导厚度为两个原子层。尤其重要的是,相对于在圆形 Ga 岛上观测到的正常磁通结构,我们在长方形 Ga		

进站前期科研情况简介	岛上观测到拉长的磁通结构。磁通形状因子η随着岛的长宽比 L/w 及磁场 B 的增加而增大。磁场下的零偏压电导沿着岛的短边方向呈现出振荡行为, 而沿着长边方向只有单一的极大值, 证实了每个拉长的磁通对应着单个量子磁通Φ_0。这种不寻常的磁通结构还从来没有被理论预言或实验所报道。我们的实验结果不仅有助于加深人们对纳米尺度下磁通结构的理解, 也为未来应用于高磁场的超导纳米器件的设计提供了思路。					
	1、主持或参与项目情况:					
	序号	项目名称	项目来源	项目金额	起止年度	角色
	1	高质量本征拓扑绝缘体薄膜生长以及化学势调控	国家基金委面上项目		2012.01至2015.12	学生
	2	铁基超导体杂质散射和磁通中心有序态的研究	国家基金委面上项目		2014.01至2017.12	学生
	2、论文发表情况:					
	序号	论文题目	期刊名	影响因子	发表年度/卷期/页码	排序
	1	Detection of a superconducting phase in a two-atom layer of hexagonal Ga film grown on semiconducting GaN(0001)	<i>Phys. Rev. Lett.</i>	7.5	2015/114/107003	1
	2	Quantum Griffiths singularity of superconductor-metal transition in Ga thin films	<i>Science</i>	31.5	2015/350/542	共同一作
	3	Nanoscale superconductivity of γ -Ga islands grown by molecular beam epitaxy	<i>Sci. China-Phys. Mech. Astron.</i>	0.86	2015/58/107402	1
	3、专利情况:					
	序号	专利名称	授权/申请	授权/申请号	起始日期	排序
	4、获奖情况:					
	序号	奖励名称	奖励等级	授奖单位	奖励年度	排序
	1	中科院物理所所长表彰奖	所级	中科院物理所	2012、2013	1
	2	中科院物理所所长优秀奖	所级	中科院物理所	2014	1
	3	中国科学院三好学生	院级	中科院	2014	1

博士 后 工 作 的 研 究 计 划	博士后研究题目：分子束外延薄膜的热电性质研究
	（简述研究计划的可行性、先进性和创新性，理论和现实意义） 热电材料作为一种新型的清洁能源材料，能够直接实现热能和电能的相互转换，同时还具有体积小、无噪音、寿命长、对环境不产生任何污染等优点，在能源利用方面具有独特的优势，因此引起了各国的广泛兴趣。热电材料虽然经过了几十年的发展，但是商业化器件能量转换效率一直小于 6 %左右，因此探索高性能热电材料成为亟待解决的问题。 我们计划利用分子束外延技术制备高质量薄膜、超晶格异质结、纳米结构等低维材料，并研究其热电性质。分子束外延技术在可控制备薄膜方面具有非常明显的优势。用这种技术已能制备薄到几十个原子层的单晶薄膜，以及交替生长不同组分、不同掺杂的薄膜而形成的超薄层量子显微结构材料。另外，我们实验室已经有一套完整的分子束外延设备和薄膜热电测量相关仪器，因此利用分子束外延技术进行薄膜制备并进行热电性质测量是可行的。 低维材料的物理性质由于受到尺寸限制效应调制，经常表现出不同于宏观材料的特殊电子结构。维度上的限制可以使费米面附近的电子能级由准连续变为分立的量子化能级，或者能隙变宽，导致材料的物理性质如磁、光、声、热、电及超导特性与常规材料有显著的不同。同样的，量子尺寸效应会对材料的热电性质产生明显影响。1993 年，Dresselhaus 等人理论预言量子阱超晶格结构可以提高材料的热电性能。目前已有实验证实两维量子阱体系，一维纳米线体系，以及零维的量子点体系中，材料热电参数有明显提高，热电性质好于体相。因此低维薄膜制备为探索新的热电材料和提高材料的热电性能开辟了方向。 随着纳米科技相关研究的蓬勃发展，热电材料的研究已进入到低维纳米尺度，不论在理论或实验方面均有很大的研究空间。分子束外延技术的应用，可以实现各种纳米结构的可控制备，有效促进低维热电材料的研究工作，为提高热电转换效率和理解热电机理问题提供思路。
本人 承 诺	本人承诺：申请表所填内容均真实可靠。对因虚报、伪造等行为引起的后果及法律责任均由本人承担。 本人签字：  2015 年 11 月 25 日

博士后合作导师考核推荐表

对申请人学术水平、科研能力等方面的考核意见:

申请人博士期间主要进行了两维材料的控制生长和相关表面和界面特性的研究工作。在 Ga/GaN 异质结体系的两维超导和量子相变等方面开展了出色的研究工作, 部分工作发表在 Phys. Rev. Lett. 和 Science 期刊上。这些研究工作充分表明申请人在表面科学实验方面得到了严格的科研训练, 熟练掌握了超高真空系统的理论和实验知识, 具备了独立开展博士后研究工作的科研能力。

对申请人提出的研究计划的评价(如可行性、先进性、创新之处、理论和实用意义):

申请人具有很好的分子束外延薄膜的热电性质研究背景, 与我们组目前开展的热电研究方向非常吻合, 计划涉及到的分子束外延设备和热电性质测量装置, 我们研究组内均已配备, 研究计划完全可行。

该研究计划利用材料的低维物理特性对材料热电参数的调控, 实现材料热电性能的提高。该研究计划创新性强, 为提高热电能源转换效率提供了新的思路, 并具有重要的实用意义。

推荐意见(是否同意推荐申请优秀博士后奖励基金):

张慧敏博士师从薛其坤院士, 在表面物理和化学方面积累丰富经验, 有很强的科研能力, 从事科学研究素质高, 同意推荐该博士后项目

合作导师签字

包信科

年11月22日