

# 中国科学技术大学优秀博士学位论文推荐表

|  |  |                          |                     |      |          |     |   |
|--|--|--------------------------|---------------------|------|----------|-----|---|
| 作者姓名   | 张琪   | 学号                       | BA13004006          | 出生年月 | 1989.08  | 民族  | 汉 |
| 院系名称   | 近代物理系  | 电话                       | 15256078903         | 毕业去向 | 中国科学技术大学 |     |   |
| 指导教师   | 杜江峰 石发展  |                          | 获博士学位日期             |      | 本次申请     |     |   |
| 一级学科名称   | 物理学  |                          | 二级学科名称              |      | 原子分子物理   |     |   |
| 本科毕业院校   | 山东大学   |                          | 硕士毕业院校              |      | 硕博连读     |     |   |
| 承担主要社会工作   |  | 无                        |                     |      |          |     |   |
| 获奖情况   | <b>科研工作奖励:</b>   |                          |                     |      |          |     |   |
|  | 2015 年: 中国分析测试协会科学技术奖 (CAIA) 特等奖 (团队, 学生唯一), 中国科学十大进展, 中国高等学校十大科技进展 (年青学术骨干) |                          |                     |      |          |     |   |
|  | <b>学术奖励:</b>   |                          |                     |      |          |     |   |
|  | 2017 年: 博士后创新人才支持计划  |                          |                     |      |          |     |   |
|  | 2016 年: 量子信息与量子科技前沿协同创新中心杰出研究生奖  |                          |                     |      |          |     |   |
| 2016 年 6 月受邀参加德国林岛 (Lindau) 举行的诺贝尔奖获得者大会 (全国共 20 人)  |  |                          |                     |      |          |     |   |
| 2015 年: 中科院院长特别奖   |  |                          |                     |      |          |     |   |
| 2014 年: 留学基金委“国家建设高水平大学公派研究生项目奖学金”   |  |                          |                     |      |          |     |   |
| 2013 年: 硕士生国家奖学金   |  |                          |                     |      |          |     |   |
| 学位论文题目   |  | 基于金刚石氮 - 空位色心探针的室温单分子磁共振 |                     |      |          |     |   |
| 学位论文研究方向   |  | 量子信息物理学                  |                     |      |          |     |   |
| 学位论文评阅专家   | 王俊峰  | 刘俊明                      | Peter.Z. Qin        | 姚叶峰  | 段昌奎      | 荣星  |   |
| 学位论文答辩专家   | 杨辉   | 王雪华                      | 费少明                 | 袁海东  | 段昌奎      | 苏吉虎 |   |
| 论文答辩日期   |  | 2017. 5. 27              | 论文答辩结果 (通过票数/不通过票数) |      |          | 6/0 |   |
| 学位论文中文摘要   |  |                          |                     |      |          |     |   |
| <p>近半个世纪以来,快速涌现和发展的单分子技术使我们对微观世界的认知甚至调控能力得到前所未有的深化和提高。然而,现有的单分子手段,或者受限于原理无法实现原位、非破坏性的探测,或者在原位环境下难以做到精准的结构解析。引入新的单分子探测方法,突破上述限制,能够促进多个学科的进展。磁共振技术在获取物质的组成和结构信息方面,拥有准确、快速和无破坏性的独特优势,已广泛应用到物理、化学、材料和生物医学等领域。当前通用的磁共振技术通常仅能得到数十亿个分子的统计平均信息,将其灵敏度推进到单分子水平一直是磁共振领域最重要的课题之一,但实现这一目标面临诸多挑战。最新的研究进展表明,金刚石内的氮-空位色心 (Nitrogen-Vacancy center, NV) 可以作为室温下灵敏的磁性探针,具有实现单分子磁共振的潜力。在本篇博士论文中,我们研制了新型光探测磁共振平台,发展了新的单个金刚石 NV 的量子调控方法,以此为基础首次获得了单个蛋白质分子的顺磁共振谱。具体分为三个阶段:</p> <p>1. 我们自主建设了新型多波段光探测磁共振平台,并在该平台上发展了对 NV 单自旋探针的动力学量子相干保护方法。分别针对自旋环境扰动和驱动场扰动,实现了对 NV 探针的抗噪声量子调控:利用组合脉冲,实现动力学纠错的量子门,提供了一种抵抗自旋环境涨落噪声的操控手段;展示了不同驱动场强下,多次朗道-齐纳隧穿形成的拉比振荡,提供了一种抵抗驱动场涨落的操控手段。</p> <p>2. 基于上述平台和抗噪声量子调控技术,我们利用氮-空位色心作为单自旋量子干涉仪,实现了对金刚石体内单个暗电子自旋的探测和自旋极化,展示了实现单自旋顺磁共振的可行性,显示此前被当作噪声环境的大量暗电子自旋可以被转化为可用的量子比特资源。进一步地,我们将被探测对象从金刚石体内推进到体外,探测到了金刚石表面距离氮-空位探针 10 nm 处的电子自旋标记,以此在室温大气条件下获得了世界上首张单个蛋白质分子的磁共振谱,通过对谱形的模拟分析得到该分子的动力学信息,标志着传统的磁共振技术深入单分子层面。</p> <p>3. 单分子信号一般十分微弱,我们提出了用光电离结合单电子晶体管的手段实现高效高通量的 NV 信号读出,提高该方法的灵敏度。我们首先利用单电子晶体管研究了单个稀土离子的光电转换和电场下的 Stark 效应,提出将单个稀土离子进行半导体晶体管的纳米尺度表征,并继续探讨了利用该方法实现 NV 单自旋读出的前景。</p> |  |                          |                     |      |          |     |   |

| 攻读博士期间与博士学位论文相关的代表性成果（限列 10 项） |  |                        |                  |          |                     |
|--------------------------------|--|------------------------|------------------|----------|---------------------|
| 发表学术论文数                        | 8  | 本人第一论文数<br>(含导师第一本人第二) | 4                | 专利及其它成果数 | 0                   |
| 序号                             | 成果名称   | 作者排名                   | 期刊名称             | 发表时间     | 收录情况                |
| 1                              | Single-protein spin resonance spectroscopy under ambient conditions.                                   | 2 (学生一作)               | Science          | 2015     | SCI 一区<br>IF 34.661 |
| 2                              | Quantum logic readout and cooling of a single dark electron spin.                                      | 2 (学生一作)               | Phys. Rev. B     | 2013     | SCI 二区<br>IF 3.718  |
| 3                              | Observation of time-domain Rabi oscillations in the Landau-Zener regime with a single electronic spin. | 3                      | Phys. Rev. Lett. | 2014     | SCI 一区<br>IF 7.645  |
| 4                              | Implementation of dynamically corrected gates on a single electron spin in diamond.                    | 4                      | Phys. Rev. Lett. | 2014     | SCI 一区<br>IF 7.645  |
| 5                              | 基于室温单自旋磁共振技术的量子精密测量.   | 1                      | 中国科学: 信息科学       | 2014     | 中文核心                |
| 6                              | “钻石钥匙”开启单分子磁共振研究之门.  | 1                      | 物理               | 2015     | 中文核心                |
| 7                              |  |                        |                  |          |                     |
| 8                              |  |                        |                  |          |                     |
| 9                              |  |                        |                  |          |                     |
| 10                             |  |                        |                  |          |                     |