

批准立项年份	2009
通过验收年份	2012

教育部重点实验室年度报告

(2022 年 1 月——2022 年 12 月)

实验室名称：人工结构及量子调控教育部重点实验室

实验室主任：沈文忠

实验室联系人/联系电话：蒋震宗/021-54743242

E-mail 地址：wzshen@sjtu.edu.cn; zzjiang@sjtu.edu.cn

依托单位名称：上海交通大学

依托单位联系人/联系电话：周敏/021-34206894

2022 年 12 月 31 日填报

一、研究水平与贡献

1、主要研究成果与贡献

结合研究方向，简要概述本年度实验室取得的重要研究成果与进展，包括论文和专著、标准和规范、发明专利、仪器研发方法创新、政策咨询、基础性工作等。总结实验室对国家战略需求、地方经济社会发展、行业产业科技创新的贡献，以及产生的社会影响和效益。

上海交通大学“人工结构与量子调控”教育部重点实验室建设项目于2009年2月获批启动，2012年6月顺利通过教育部的验收，正式成为教育部重点实验室。在2015年度、2020年度两次数理、地学领域教育部重点实验室五年工作评估中均被评为优秀类实验室。

实验室获批建设以来，从国家高新技术需求和学科前沿的有机结合点出发，针对人工电子/光子结构体系及其相应的量子调控中的重大基础科学问题，选取已在人工结构及量子调控领域有雄厚工作基础和条件、可望在国际科技竞争中占有一席之地的有限目标作为突破口，形成了五个特色鲜明的研究方向：（1）人工材料物性的计算研究与结构设计，（2）半导体量子结构与量子过程调控，（3）高温超导材料生长调控与机理，（4）表面和界面量子现象与调控，（5）小量子系统凝聚态理论。成立以来实验室围绕人工电子/光子结构，以人工结构设计、构造与组装、特异性能表征及应用、量子过程调控、原型器件与理论分析这一系统研究工作为主线，不仅在拓扑绝缘体量子现象、半导体量子器件、高温超导材料物理和小量子系统凝聚态基础理论等方面取得一批国际学术界领先的基础研究成果，而且成功开拓相关第二代高温超导带材和高效硅基太阳能电池技术的产业化应用，已经成为国内外有显著特色的人工结构及量子调控领域创新研究基地。

本年度，实验室固定人员发表 SCI 论文 102 篇，论文平均影响因子为 8.984（指其中有影响因子的 96 篇），其中实验室为通讯作者单位完成 69 篇。年度发表的重要论文包括：《Nature》、《Science》各一篇，《Nature Materials》、《Nature Chemistry》各一篇，《Advanced Materials》两篇，《Physical Review Letters》四篇，《Science Advances》一篇，《Annual Review of Condensed Matter Physics》一篇，《Nature Communications》一篇，《Nano Letters》四篇，《ACS Nano》两篇，《Small》两篇等。

代表性研究进展包括：

1. 《Nature Chemistry》以“Quantum nanomagnets in on-surface metal-free porphyrins”为题发表了王世勇副教授和化学化工学院张江高等研究院合成中心庄小东教授合作的最新成果。该研究通过表面化学合成方法，在无金属卟啉分子链中，成功的构建了一系列的分子量子磁体，并观测到了集体的量子激发态和分数化末端态【Nature Chemistry DOI:10.1038/s41557-022-01061-5】。
2. 《Science》以“Spectroscopy signatures of electron correlations in a trilayer graphene/hBN moiré superlattice”为题发表了陈国瑞副教授与美国麻省理工物理系巨龙助理教授课题组等的合作研究成果，报道了在石墨烯莫尔超晶格体系中强关联现象的首个光谱学证据。实验结果直接证明了三层石墨烯莫尔超晶格体系中强关联效应的存在，并在实验上给出了与描述强关联体系的 Hubbard model 相关的能量尺度，对精确描述莫尔超晶格中的强关联提供了实验支持。陈国瑞副教授为论文共同第一作者，实验室为第二完成单位【Science 375, 1295-1299 (2022)】。
3. 《Nature》以“Quantum anomalous Hall effect from intertwined moiré bands”为题发表了李昕昕副教授课题组、姜生伟副教授课题组和美国康奈尔大学的 Kin Fai Mak 教授和 Jie Shan 教授课题组等的合作研究成果，报道了在二维半导体莫尔超晶格系统中实现高度可控的量子反常霍尔效应的实验发现。该工作显示了利用二维半导体莫尔超晶格研究和调控拓扑量子物态的优势，并为基于类似系统进一步探索更多由电子关联和拓扑共同支配的新奇量子物态、制备拓扑量子原型器件等研究铺平了道路。李昕昕副教授、姜生伟副教授分别为论文共同第一作者，实验室为第二完成单位【Nature 600, 641-646 (2021)】。
4. 钱冬教授研究组和张文涛教授、罗卫东教授、史志文教授和贾金锋教授研究组开展合作，结合角分辨光电子能谱 (ARPES)、扫描隧道显微镜 (STM)、压电力显微镜 (PFM) 以及第一性原理计算，研究了拓扑半金属材料 TaNiTe_5 的拓扑狄拉克表面态、非中心对称的表面原子弛豫以及铁电极化现象，在实验上发现了拓扑相和铁电金属相共存的新体系。该工作以“Coexistence of ferroelectriclike polarization and Dirac-like surface state in TaNiTe_5 ”于 2022 年 3 月以封面文章发表于【Phys. Rev. Lett.

128, 106802 (2022)】。

5. 秦明普副教授以第一作者应邀为《Annual Review of Condensed Matter Physics》撰写了标题为“The Hubbard model: A computational perspective”的综述文章。该文详细地总结了过去十多年来在 Hubbard 模型研究中利用不同数值方法得到的进展，澄清了在 Hubbard 模型研究中的一些争议，特别是掺杂 Hubbard 模型中条纹相的确认。同时也指出了在 Hubbard 模型中有待解决的问题，如高温超导态可能出现的参数范围以及超导态和条纹相之间的关系。最后该文也强调了发展更高效更准确的方法对于最终求解 Hubbard 模型以至最终揭示高温超导机理的重要性。【Annual Review of Condensed Matter Physics **13**, 275-302 (2022)】
6. 沈文忠教授课题组在《Journal of Materials Chemistry A》发表了两端钙钛矿/晶硅叠层太阳能电池：进展、挑战和机遇的综述论文。论文将文献报道的钙钛矿/晶硅叠层太阳能电池根据其串联方式分为平面结构、单绒面结构、保形全绒面结构和机械堆垛结构，并对其制备方案（双源共蒸发+溶液法、旋涂法、刮涂法、狭缝涂布法和物理堆垛法）的优劣进行了评估。从最佳的实验光谱响应和模拟的光学特性得出结论：保形全绒面结构比其它三种结构具有更高的功率转换效率理论上限，给出了保形全绒面结构的优化方向。进一步回顾了叠层电池的实际应用指标，包括大面积制造、稳定性和双面性问题。该综述论文为钙钛矿/晶硅叠层太阳能电池的实验探索和数值模拟提供了一个全新的视角，并将为光伏产业的可持续发展做出贡献【J. Mater. Chem. A **10**, 10811-10828 (2022)】。
7. 张月蘅教授、沈文忠教授课题组和应用物理与计算数学研究所合作提出了一种基于 GaAs/Al_xGa_{1-x}As 异质结的量子棘轮结构。这种结构综合利用了电泵浦实现的热载流子注入效应、自由载流子吸收和从轻、重空穴带到自旋轨道分裂带的光跃迁等多种吸收机制，突破了界面势垒的限制，实现了从近红外到太赫兹波段（4-300 太赫兹）的超宽谱光响应【Science Advances **8**, eabn2031 (2022)】。
8. 史志文课题组、王世勇课题组与韩国、以色列及国内课题组开展合作，利用纳米颗粒催化化学气相沉积，成功在绝缘六方氮化硼（hBN）基底上外延生长超长超窄 GNR，并在理论上提出竞争形核机制和“范德瓦尔斯滑移”生长机理。相关研究成

果以“Catalytic growth of ultralong graphene nanoribbons on insulating substrates”为题发表在材料科学权威杂志《Advanced Materials》上【Adv. Mater. **34**, 2200956 (2022)】。

9. 贾金锋教授实验团队与中国科学技术大学课题组开展合作,在锡烯(stanene)材料中取得突破进展,实现了拓扑边缘态和超导在多层 stanene 薄膜中的共存。该成果以“Coexistence of robust edge states and superconductivity in few-layer stanene”为题在 Physical Review Letters 上发表,并被选为编辑推荐【Phys. Rev. Lett. **128**, 206802 (2022)】。
10. 张文涛教授研究组基于所研制的具备高能量、时间分辨率优势的先进角分辨光电子能谱系统,利用超快激光激发,在 FeSe 超导体中探测到两个纯电子结构相变,并发现晶格结构相变对向列相电子态有着奇异的贡献,该工作以“Anomalous contribution to the nematic electronic states from the structural transition in FeSe revealed by time- and angle-resolved photoemission spectroscopy”为题,发表在【Phys. Rev. Lett. **128**, 246401 (2022)】。

2022年11月15日,科睿唯安发布了2022年度全球“高被引科学家”名单,实验室学术带头人郑浩教授名列其中。2019-2022年,郑浩教授连续四年入选“全球高被引科学家”。2022年4月16日,爱思唯尔(Elsevier)发布2021年“中国高被引学者”榜单,实验室主任沈文忠教授、副主任钱冬教授入选。这也是沈文忠教授连续第二年入选该榜单。沈文忠教授入选活跃在科学、工程和技术领域的国际组织 VEBLEO 2022年“VEBLEO FELLOW”。本年度陈国瑞、许霄琰双双入选“海外优青”项目。

2022年9月23日,上海交通大学主办的开放获取期刊《Quantum Frontiers (量子前沿)》(缩写 QUFR, E-ISSN: 2731-6106)创刊号正式登陆全球最大学术出版机构之一 Springer Nature 集团在线平台。《Quantum Frontiers》入选中国科技期刊卓越行动计划高起点新刊项目,期刊专注于凝聚态物理学与量子科技之间的交界面,聚焦量子科技领域中的原创性研究和重要突破,着重发表在交界面附近的优秀研究成果。实验室贾金锋院士担任该期刊执行主编,郑杭教授担任编辑部主任。

本年度,国际国内学术交流受新冠疫情影响较大。实验室年度内组织大型全国性学术会议两次(第十八届中国太阳级硅及光伏发电研讨会、第十届量子多体计算研讨会);

组织行业协会年会一次（上海市太阳能学会年会）；组织国际系列学术研讨会（量子磁性青年论坛，共五次）。组织学术讲座 39 场，其中线上线下结合 38 场，线下 1 场。固定人员参加国内会议 25 人次，其中作邀请报告 22 人次；指导研究生获权威会议优秀论文奖 2 篇。开放课题在研项目 11 项，2022 年度共发表 SCI 论文 11 篇，全部标注实验开放课题资助。

本年度指导本科生获第十七届“挑战杯”全国大学生课外学术作品竞赛一等奖；指导本科生参加第八届全国大学生物理实验竞赛，获自选类作品一等奖 1 项、讲课类作品一等奖 1 项；培养博士生获上海交通大学 2022 年度“校长奖”并入选上海市“超级博士后”计划 1 人；培养 1 名博士后获中国博士后科学基金第 15 批特别资助（站中），1 人获入选上海交通大学优秀博士毕业生；本年度培养研究生获“国家奖学金”等各类奖励 29 人次。

实验室教师获第五届全国高等学校物理基础课程青年教师讲课比赛（上海赛区）一等奖；上海交通大学教书育人集体奖一等奖 1 项（排名第一）；获上海交通大学首届佳和优秀教学奖 1 人；上海交通大学 2022 年度“青年岗位能手”1 人。主持国家级教学项目 4 项，参与 2 项，年度新增主持项目 1 项。年度申请国家发明专利 17 件，获国家发明专利授权 10 件、实用新型专利授权 2 项；年度经费到款 3749.41 万元。

实验室紧紧围绕国家光伏材料领域重大战略决策，大力推动具有前瞻性、引领性技术创新成果的转化，为相关产业转型升级提供新技术、新产品，为企业跨越式发展提供战略支撑。本年度与林洋能源、隆基绿能、华耀光电、无锡奥特维、微导纳米等国内外知名企业继续保持密切合作，推动科学技术的产业化。此外，太阳能光伏团队在沈文忠教授的带领下与国晟能源在南京联合成立“异质结光伏技术研究院”，沈文忠教授担任研究院院长；与鄂尔多斯市隆基光伏科技有限公司、内蒙古工业大学、隆基绿能科技股份有限公司组成高效晶硅太阳能电池技术研究创新联合体承担内蒙古自治区“挂榜揭帅”项目。

2、承担科研任务

概述实验室本年度科研任务总体情况。

实验室根据学术委员会建议，面向国家需求和科学前沿组织力量，着力解决拓扑绝缘体相关量子现象、半导体量子器件物理和高温超导电性机理领域的关键科学问题，并与国家产业发展紧密结合，开拓相关研究成果的转化和应用，承担了一批重要的科研项目。同时，通过创新团队建设来保障各项国家重大科研项目的顺利开展。以学科领军人物为核心，以科研骨干为主体，专业人才与科研辅助人员相配合，各研究方向团结协作，在保持各方向自身特色的同时，推动各项研究的交叉融合与协同推进，持续提高实验室承担重要科研项目和服务社会的能力。

2022 年度新增主要项目包括（项目经费超过 100 万元及自然科学基金面上项目）：

- 1、新增国家重点研发计划课题 5 项，包括：沈文忠教授“晶硅全钝化接触电池结构设计及机理研究”（2022.12 月，300 万元）、史志文副教授“超薄半导体的多维度极限分辨表征”（2022.4 月，450 万元）、马杰副教授“量子自旋阻挫体系及其异质结中非常规自旋激发的调控研究”（2022.12 月，699 万元）、钱冬教授“二维材料异质结的界面超导和拓扑特性调控”（2021.12 月，550 万元）、张文涛教授“超快实验技术发展及超快探测”（2021.12 月，248 万元）。
- 2、新增国家重点研发计划青年项目 1 项。李昕昕副教授“极端条件下二维半导体莫尔超晶格中的量子物态调控”（2022.12 月，500 万元）。
- 3、国家自然科学基金委专项项目，张文涛教授“光致二维电子态和高温超导研究”（2022.1 月，300 万元）。
- 4、内蒙古自治区“挂榜揭帅”项目，沈文忠教授“高效晶硅太阳能电池研究及示范应用”（2022.9 月，300 万元）。
- 5、新增（2022.1 月起）自然科学基金面上项目 4 项，青年项目 1 项，项目负责人分别为刘灿华、陈国瑞、李昕昕、姜生伟、杨毅，总经费 278 万元。
- 6、新获批（2023.1 月起）自然科学基金面上项目 5 项，项目负责人分别为秦明普、张

月蘅、邢晖、许霄琰、顾威，总经费 279 万元。

7、2022 年国家海外高层次人才计划（海外优青）项目：陈国瑞、许霄琰，各 200 万元。

8、重大横向课题 2 项，沈文忠教授与华耀光电科技股份有限公司横向项目，合同经费 750 万元；沈文忠教授与无锡奥特维科技股份有限公司横向项目，合同经费 100 万元。

本年度在研的其他重要项目（开始时间为 2022 年之前）还包括：贾金锋教授为首席科学家的国家重点研发计划项目；沈文忠教授、李贻杰教授分别为课题负责人的国家重点研发计划重点专项课题两项；王世勇主持的国家重点研发计划青年项目一项。郑浩教授主持的自然科学基金重大项目课题一项；沈文忠教授、郑浩教授、马杰教授主持的自然科学基金重点项目三项；沈文忠教授主持的企业合作项目三项（林洋 2 项目、苏民）；贾金锋教授主持的国家自然科学基金委员会与香港研究资助局联合科研资助合作研究项目、沈阳材料科学国家研究中心合作项目等。承担中组部“青年千人”、上海市“千人计划”等人才计划项目；主持国家自然科学基金面上项目 7 项。

2022 年在研各类项目 80 余项，合同总金额 1.38 亿元，其中合同金额超过 100 万的主要项目（所有自然科学基金面上、青年项目作为一个项目）27 项。年度科研经费实际到款 3749.41 万元，其中超过 90% 来至合同金额超过 100 万元的国家和省部级重大项目以及重大横向课题。年度新增各类科研项目 28 项，其中主要项目 14 项，合同金额 4455 万元。

这些项目的启动与设立，将促进实验室创新性研究的充分开展，有利于在科学前沿领域实现重点突破。同时，充足的科研经费也为实验室新一年度的研究任务的顺利执行提供有力的保障。在执行国家/省部级重大基础研究任务的过程中，实验室重视项目的过程管理，项目负责人注重科研项目质量和效益，确保高质量完成项目既定任务。

同时，实验室积极推动科学技术向生产力的转化，促进技术创新成果的应用。通过与苏州阿特斯阳光电力科技有限公司、南通苏民、林洋能源、隆基乐叶光伏、东方日升、江苏沛县经济开发区管理委员会等国内外知名企业、地方政府进行产学研合作，不仅为企业、政府提供技术咨询，而且以项目合作、技术开发、平台共建等形式，将高校实验室里的新技术、新方案、新产品直接应用于企业生产线，为企业跨越式发展

提供了战略支撑。2022 年沈文忠教授课题组与华耀光电科技股份有限公司进行 N 型光伏电池成套工艺和生产技术研发的长期合作，协议共签订五年，总经费 750 万元，其中 2022 年已经到款 150 万元，课题组顺利完成年度研发任务。沈文忠教授课题组还与无锡奥特维科技股份有限公司合作进行异质结太阳能电池切损机理研究及无损切割技术研发，本年度已完成切损机理研究，并提交给企业全面详实的研究报告。该课题合同期为 2 年，总经费 100 万元，2022 年已到款 50 万元。

二、研究队伍建设

1、团队建设情况

简要介绍凝聚、吸引、培养国内外优秀中青年人才的措施及取得的成绩和团队组织情况。

实验室依托于上海交通大学物理与天文学院凝聚态物理国家重点学科，已形成一支相对稳定、学术水平高、具有创新意识和团队精神的学术队伍。近年来，实验室从学科建设和队伍建设实际出发，按重点领域和优先次序，持续对学科和人员结构进行优化。本年度，新引进美国加州大学圣迭戈分校博士后、2022 年国家海外高层次人才计划（海外优青）入选者许霄琰和德国马克斯普朗克复杂系统物理研究所博士后研究员陈淳；培养郑浩晋升长聘正教授；培养陈国瑞副教授入选 2022 年国家海外高层次人才计划（海外优青）。实验室整体人才队伍不断壮大，学科布局和人员梯队更加合理。至 2022 年 12 月，实验室在职人员有固定人员 52 人（包括行政人员 6 人），其中正教授 20 人，40 岁以下研究骨干 14 人。此外，还有兼职教授、访问学者及博士后等流动人员 25 人。

固定人员中包括中国科学院院士两人（雷啸霖、贾金锋）、国家高层次人才计划入选者一人（顾威）和一批优秀学术带头人。学术带头人中四人获国家杰出青年科学基金（沈文忠、贾金锋、郑杭、王孝群），四人为教育部“长江学者奖励计划”特聘/讲座教授（沈文忠、贾金锋、姚忻、钱冬），四人为“百千万人才工程”国家级人选（郑杭、沈文忠、贾金锋，王孝群），两人入选国家“万人计划”科技创新

领军人才（贾金锋、钱冬），一人曾入选“教育部跨世纪优秀人才计划”（朱卡的），一人入选中组部“拔尖人才计划”、科技部中青年科技创新领军人才（钱冬）；此外，还有一人入选上海市“领军人才计划”（贾金锋）。

在中青年学术骨干中，有十三人入选国家海外高层次人才计划青年项目（罗卫东、李耀义、马杰、郑浩、张文涛、史志文、蔡子、王世勇、陈鹏、李昕昕、姜生伟、陈国瑞、许霄琰），五人入选上海市“千人计划”（李贻杰、郑浩、史志文、陈鹏、陈国瑞），一人入选教育部“青年长江学者”（刘灿华）、四人入选“教育部新世纪优秀人才”计划（董兵、刘世勇、钱冬、刘灿华），四人入选上海市“曙光学者”（钱冬、刘灿华、郑浩、史志文），二人入选上海市“东方学者”（钱冬、史志文），三人入选上海市“浦江人才”计划（董兵、刘灿华、管丹丹），二人入选上海市“启明星”计划（钱冬、蔡子）。

贾金锋教授带领的“新型量子材料物理和器件”研究团队入选 2015 年度国家自然科学基金委创新研究群体和 2016 年科技部创新人才推进计划重点领域创新团队。沈文忠教授带领的“半导体量子结构与量子过程调控”群体为教育部“长江学者与创新团队发展计划”2005 年创新团队（2013 年获滚动支持）。王孝群教授领衔的“计算物理方法的发展及其在新奇量子效应研究中的应用”群体入选 2007 年度教育部“长江学者和创新团队发展计划”创新团队。实验室部分学术带头人参与的“人工微结构科学与技术协同创新中心”入选教育部“2011 计划”（南京大学为牵头单位）。表面和界面量子现象与调控团队于 2019 年度加入建设沈阳材料科学国家研究中心量子材料联合研究分部。沈文忠教授带领的高效太阳能电池技术团队 2022 年成为上海交通大学非碳基能源转化与利用研究院的上海高校 IV 类高峰学科建设创新团队。

2. 人才引进情况

简要介绍 1-2 名本年度培养或引进的优秀人才（以固定人员为主）。

优秀人才培养方面，本年度郑浩教授顺利晋升长聘正教授。

郑浩，教授、博士生导师，2007 年于中科院物理所获得博士学位。2007-2016 年，先后在英国伯明翰大学、德国基尔大学、美国普林斯顿大学从事博士后研究。主要使用扫描隧道显微镜和分子束外延手段从事凝聚态实验研究。与同事共同完成了外尔半金属的实验发现工作，并被美国物理学会评为“2015 年世界物理八大进展”。2015 年入选“国家海外高层次人才青年项目”，2016 年入选“上海市海外高层次人才计划”并加入实验室，2018 年入选“曙光学者”，2018 年获得“求是杰出青年学者奖”，2019 年-2022 年连续四年入选科睿唯安全球“高被引科学家”。拥有授权专利 7 项，发表论文 80 余篇，其中包括 Science 3 篇，Nature Communication 8 篇，Physical Review Letters 14 篇。是 Rev. Mod. Phys., Phys. Rev. Lett., Nat. Com 等 30 余种国际知名学术期刊审稿人。主持国家级科研项目多项，包括自然科学基金委面上项目（2020 年，70 万），重大项目课题（2018 年，560 万），重点项目（2021 年，350 万）等。2021 年，郑浩教授在拓扑绝缘体/超导体复合体系 $\text{Bi}_2\text{Te}_3/\text{NbSe}_2$ 研究中，提出了外场调控库伯对动量新方法，证实了一项 50 多年前的理论预言，首次发现了“分段费米面”。相关成果被《Science》接收，以 First release 形式优先发表，并被科学网、澎湃、新华、网易等公共媒体采访报道。2022 年郑浩教授受邀在 APS March Meeting 上做邀请报告。

本年实验室引进两位青年学者许霄琰和陈淳。

许霄琰，2012 年从华中科技大学毕业，2017 年在中科院物理研究所获得博士学位。先后在香港科技大学、美国加州大学圣迭戈分校从事博士后研究。2022 年加入实验室，任课题组长、博士生导师、长聘副教授，主要从事强关联电子体系的理论和计算，包括量子自旋液体、非费米液体、符号问题、量子临界性等。已发表 SCI 论文 30 篇，其中 PRL 5 篇、PRX 3 篇、PNAS 1 篇、Nat. Commun. 1 篇，论文累计引用 1000 余次(google scholar)。2022 年受邀做国际会议邀请报告 3 次，新增自然科学基金面上项目 1 项，入选 2022 年国家海外高层次人才计划（海

外优青)。

陈淳, 2008年毕业于复旦大学, 2017年在美国明尼苏达大学双城分校获理论物理哲学博士, 先后在加拿大阿尔伯塔大学物理系、德国马克斯普朗克复杂系统物理研究所从事博士后研究。2022年加入实验室, 担任长聘教轨助理教授, 主要从事理论与计算凝聚态及统计物理研究, 包括量子动力学与非平衡态现象、共形场论、玻色化与张量网络、具有拓扑属性的强相互作用量子物质、强关联系统的数值计算方法等。2022年陈淳和王孝群教授合作, 以第一作者及通讯作者在《npj Quantum Information》发表了在非常规多体局域化研究中取得最新研究成果。

三、学科发展与人才培养

1、学科发展

简述实验室所依托学科的年度发展情况, 包括科学研究对学科建设的支撑作用, 以及推动学科交叉与新兴学科建设的情况。

实验室所依托的上海交通大学物理与天文学院凝聚态物理学科 2002 年被教育部批准为国家重点学科。2009 年, 凝聚态物理国家重点学科从国家需求和学科前沿的有机结合点出发, 筹建“人工结构及量子调控”教育部重点实验室。2010 年起又根据国际上拓扑绝缘体研究热潮, 引进了表面和界面量子现象与调控优秀研究团队。2012 年 6 月实验室顺利通过教育部验收, 并在 2015 年度、2020 年度数理、地学领域教育部重点实验室五年工作评估中被评为“优秀类”实验室。

上海交通大学将本实验室作为凝聚态物理国家重点学科建设的主要载体, 加大投入, 重点予以建设。实验室在“985—新一轮学科建设”、“一流学科建设”、上海市“高峰学科”等国家、地方对高等学校建设项目的支持下, 以国家高层次人才计划、海外高层次人才计划、“东方学者”等人才项目展开为契机, 着重加强了杰出人才的引进和培养, 进一步凝聚研究方向和研究内容, 推进学科内涵式高质量发展。在具有国内外影响力的优秀学术带头人(2 位中国科学院院士、6 位长江/杰青)的带领下, 多位海外归国优秀中青年科研人员(1 位国家高层次

人才计划、13位“海外优青”)全心投入。目前已形成了五个研究方向,七支各有特色的研究团队,具有开放民主、紧密协作的学术氛围和团队文化。已在拓扑绝缘体量子现象、半导体量子器件、高温超导材料物理和小量子系统凝聚态基础理论等方面取得一批国际学术界领先的基础研究成果,同时成功开拓相关第二代高温超导带材和高效硅基太阳能电池技术的产业化应用,逐步发展为国内外有显著特色的人工结构及量子调控领域创新研究基地

近年来,实验室表面和界面量子现象与调控团队在“新型量子材料物理与器件”国家自然科学基金委创新研究群体、科技部重点领域创新团队项目等团队建设项目的支持下,研究团队得到充实与加强,取得了一系列国际领先的重要研究成果,荣获2019年国家自然科学二等奖,团队负责人贾金锋教授2021年当选中国科学院院士。2019年,贾金锋教授作为项目负责人承担了国家重点研发计划“量子调控与量子信息”重点专项项目“马约拉纳零能模的构筑与操控”。团队中郑浩教授承担了自然科学基金重大项目“新型拓扑超导体和马约拉纳准粒子的实验室研究”、重点项目“多个马约拉纳零能模之间相互作用的实验研究”;王世勇副教授2021年承担了国家重点研发计划青年项目“调控低维石墨烯材料中的量子多体效应”、李昕昕副教授2022年承担了国家重点研发计划青年项目“极端条件下二维半导体莫尔超晶格中的量子物态调控”。钱冬教授、张文涛教授、马杰教授等2022年新增多项国家重点研发计划课题。以上项目的立项与实施,确立了实验室未来3-5年内科研的主要攻关方向,带动了实验室整体科研能力的提升。

“人工结构及量子调控”教育部重点实验室的建设支撑了上海交通大学凝聚态物理国家重点学科的发展,并有力地推动了与我校理论物理、材料物理等学科的交叉与合作,建立并发展了量子计算、量子材料等新兴学科,为我校物理学一级学科近几年的快速发展做了重要贡献。在2017年公布的教育部第四轮一级学科整体水平评估中,上海交通大学物理学被评为A类学科。2018年底公布的上海市高峰高原学科中,上海交通大学物理学入选II类高峰学科。2020年3月,QS全球教育集团公布了第十次世界大学学科排名,上海交通大学物理与天文学科首次跻身TOP50,位居全球第48位。2021年5月,泰晤士高等教育(THE)发布了第二届中国学科评级,上海交通大学物理学获A+评级。2022年,上海交通大学物理学入选国家“双一流”学科建设。

2、人才培养

简述实验室人才培养的代表性举措和效果，包括跨学科、跨院系的人才交流和培养，与国内、国际科研机构或企业联合培养创新人才等。

“围绕提高自主创新能力、建设创新型国家，以高层次创新型科技人才为重点，努力造就一批世界水平的科学家、科技领军人才、工程师和高水平创新团队，注重培养一线创新人才和青年科技人才，建设宏大的创新型科技人才队伍。”是《国家中长期人才发展规划纲要》对高等院校人才培养方向的指导方针。实验室成立以来以培养拔尖创新人才为宗旨，以“知识探究、能力建设、人格养成”三位一体为理念，形成了有自身特色的人才培养模式。近几年，在研究生教学改革、研究生成果评价等方面进一步采取创新举措。主要包括：

1、坚持“少而精”的教学模式，培养精英型科技人才

实验室将研究生的培养目标定位为物理学基础学科培养一批精英型人才。长期以来坚持“少而精”的教学模式。由一批热爱教育事业、学术造诣深厚、具有国际视野的导师，对有志于攀登世界科学高峰的优秀学生予以精心的专门指导。要求研究生不仅应具有扎实的科学文化知识、精良的专业技能、高尚的道德情操、健康的身体及心理素质，而且应该具有适应科学技术不断发展、解决实际问题的能力及创新能力。在导师的全心投入和重点指导下，实验室培养了一批掌握本领域坚实的基础理论和宽广的专门知识，掌握解决实际问题的先进方法和现代技术手段，了解本专业的国内外现状和发展方向，勇于在学术前沿深入探索的优秀研究生代表。研究生以第一作者在 Nature Chemistry、Adv. Mater.、Phys. Rev. Lett. 等顶尖学术期刊上发表一批高水平论文，已成为实验室科研工作的中坚力量。

2、注重应用型人才培养

科学技术的进步最终要体现在对生产力的推动上，科研成果的转化与应用离不开技术、应用型人才的培养。实验室根据部分研究方向与产业化应用紧密结合的特色，有针对性对部分学生制定了特殊的研究生培养方案，要求高年级硕士研究生和博士生在结束基础理论课程后，必须有一半时间深入企业了解研究领域的产业化流程与标准，了解行业发展的瓶颈，并且在实验室获得的研究成果必须经

过企业的中试生产线的验证。在太阳能光伏和第二代高温超导带材领域，实验室与国内外知名企业密切合作，一方面实验室为企业培训和输送了一批具有专业知识背景的人才，另一方面，企业为青年教师、研究生提供了科研成果测试和应用的实践平台。这样的举措，使得科研成果更加贴近产业化应用，更加符合企业需求，能更好的服务于国民经济。

实验室主任、国内光伏科学与技术领域著名学者沈文忠教授长期以来把科研工作的目光聚焦于新型太阳能电池的应用基础研究，以是否具有产业化应用前景，是否有利于企业产业升级作为研究生科研工作的重要评价标准。本年度，丁东、马胜、贺礼等 5 名博士后及博士生在苏州中来新材股份有限公司、江苏微导纳米科技股份有限公司、无锡奥特维科技股份有限公司等知名企业生产第一线完成大部分科研工作。相关 5 篇产学研合作论文发表在 Solar RRL、Sol. Energy、Sol. Energy Mater Sol. Cells 等领域内顶尖期刊上。

3、加快研究生教学改革，完善研究生成果评价

近年来，实验室所属上海交通大学物理与天文学院对研究生采取“双向选择、宽进严出”的培养方式，根据学术型硕士、直博生、硕博连读生、留学生等不同学生类型，采用不同培养方案。2017 年起，增加博士生中期考核（资格考试），所有博士生在入校两年后，必须参加《量子力学》、《电动力学》、《固体物理和高等凝聚态物理》等专业课程的书面考试（根据研究方向选取其中 1-2 门）；2019 年起，博士生入学后第一年不确定导师，第二年可参考第一年的研究兴趣、个人特点、课题组氛围来确定研究方向。博士生导师也可根据学生的工作态度、实际能力等选取合适的博士生。这些举措，有助于提升研究生专业素养，同时也对研究生导师提出了更高要求。

创新人才的培养是研究型大学研究生培养目标。为鼓励研究生选择具有一定风险性的学科前沿领域课题或对国家经济建设、科技进步和社会发展具有重要意义的课题，在论文数量、影响因子等毕业条件或指标上进行弱化。增加了开题报告、中期考核、学位论文评审等中间过程，对研究生培养质量做监督。对在成果转化及产学研项目、基础前沿研究领域做出重要贡献的研究生，放宽其申请学位

的要求。这样的举措，缓解了研究生的毕业压力，使其能安心科研，对领域内重要课题进行深入探索。在实验室良好学术氛围下，2022年毕业的研究生中，6位博士生加入国内外科研机构继续从事博士后研究工作，其中段绍峰（导师张文涛教授）在上海交通大学继续从事博士后研究，并获2022年校长奖，入选上海市“超级博后”计划；吕博赛（导师史志文副教授）前往加州大学伯克利分校物理系继续博士研究，并入选2022年上海交通大学优秀毕业生，获2022年优秀博士毕业生发展奖学金。

4、建立具有国际化视角的教学科研一体化教师队伍，坚持以人为本教育理念

教师队伍水平的高低直接决定了人才培养的高度。教师的视野，决定了他施教的广度和深度。依托单位上海交通大学正在朝着“双一流”大学的建设目标迈进，实验室以此为契机，近年来在吸引和培养高水平中青年科研人员方面取得长足进步。实验室46名固定人员中，有29人拥有超过一年的海外高水平科研机构工作、学习的经历；2014年起，新引进的年轻人员均具有世界一流大学博士学位和学术工作经历，在学科前沿领域开展创新性研究，取得重要的研究成果，具有很强的学术潜力，研究工作至少达到了世界一流大学助理教授水平。以“海外优青”计划为主的海外归国青年学者已经在实验室承担越来越重要的研究工作，成为实验室科研工作可持续发展的重要保障。本年度，培养和引进陈国瑞、许霄琰副教授入选国家“海外优青”计划，培养郑浩教授晋升长聘教授。目前实验室有中科院院士和国家高层次人才计划3人，国家“万人计划”2人，“长江学者”“杰青”6人；“青年千人”“海外优青”13人，“青年长江学者”“上海市千人”等39人的各类国家/省部级中青年人才计划获得者。郑浩教授入选科睿唯安2022年度全球“高被引科学家”名单；钱冬、沈文忠教授入选爱思唯尔2021“中国高被引学者”榜单。已形成一支老中青结合的具有国际化视野的高水平人才梯队。

实验室骨干人员既是一名科研工作者也是人民教师，承担科研和教学两项基本工作。如何把科研和教学两项任务有机的结合起来，建立一支既具备高水平的科研能力，又具备良好的教学能力的教学科研一体化教师队伍，是实验室人才培

养的关键。实验室根据各位教师的特点制定不同的分工，取长补短，互相合作。并关注每位教师个体的发展，将教师个人特长、利益目标和实验室整体利益目标相结合。承认能力差异，在管理上重心下移，考核和激励不作一刀切，不作硬性规定。在实验室运行费使用上，不用论文、专利、“帽子”等指标作为分配依据，鼓励富有创造力的年轻学者自由开展探索性与风险性强的基础研究，重在“选人不选项目”。同时，也稳定支持具有明确研究目标和相对稳定的研究方向的学术带头人团队，经费支持不看近几年的所谓“成果”数，不竞争不排名，按需分配。保障并促进科研人员按照科研需求和规律潜心探索科学世界，有空间有时间静心坐“冷板凳”。

四、开放交流与运行管理

1、开放交流

(1) 开放课题设置情况

简述实验室在本年度内设置开放课题概况。

实验室于2012年通过教育部验收以后，遵循《教育部重点实验室建设与运行管理办法》的规定，充分开放运行，建立访问学者制度，设立开放课题，吸引优秀人才开展合作研究。2013年度开始设立实验室开放课题。在实验室网站公开接受课题申请。

实验室的开放课题特别面向国内优秀的年轻学者，希望能为他们明确研究方向、加快科研启动提供帮助。通过验收以来至2022年底，经学术委员会审核通过或推荐，已为国内青年学者设立开放课题23项，其中2013年度4项，2014年度1项，2016年度4项，2018年2项（另有延长资助1项），2019年度2项，2020年6项，2022年4项，资助经费共92万元，课题执行期为两年。在这些开放课题的资助下，2013-2021年度共发表了包括Phys. Rev. Lett.、Nanoscale在内的34篇高水平SCI论文。

2022年度，实验室在研开放课题11项，名单见下表。其中，延长资助一项，

年度新增四项，分别资助了来自复旦大学、浙江大学、华南理工大学和深圳技术大学的四位年轻申请者。2022 年度，在研开放课题已发表标注实验室名称的 SCI 论文 11 篇，均标注实验室开放课题资助。

1. Development of a Core – Shell Heterojunction $\text{TiO}_2/\text{SrTiO}_3$ Electrolyte with Improved Ionic Conductivity,
L. Fang, E. Y. Hu, X. J. Hu, Z. Jiang, M. A. K. Y. Shah, J. Wang, and F. Z. Wang,
ChemPhysChem **23**, e202200170-(1-8) (2022)
2. Phase evolution and electrochemical properties of nanometric samarium oxide for stable protonic ceramic fuel cells
E. Y. Hu, J. Wang, L. Q. Ma, M. Yousaf, F. Z. Wang, B. Zhu, W. X. Yang, and P. Lund,
ChemPhysChem **23**, e202200656-(1-10) (2022)
3. Synergistic effect of sodium content for tuning Sm_2O_3 as a stable electrolyte in proton ceramic fuel cells,
E. Y. Hu, F. Z. Wang, M. Yousaf, J. Wang, P. Lund, J. P. Wang, and B. Zhu,
Renewable Energy **193**, 608-616 (2022)
4. Secondary phase effect on the thermoelectricity by doping Ag in SnSe
R. Vasudevan, L. J. Zhang, Q. Y. Ren, J. T. Wu, Z. X. Cheng, J. L. Wang, S. Q. Lin, F. F. Zhu, Y. Zhang, M. Holzel, Y. Z. Pei, X. Tong, and J. Ma,
Journal of Alloys and Compounds DOI10.1016/j.jallcom.2022.166251
5. High energy-power density Zn-ion hybrid supercapacitors with N/P co-doped graphene cathode,
Y. Zhao, H. L. Hao, T. L. Song, X. Wang, C. W. Li, and W. Y. Li,
Journal of Power Sources **521**, 230941-(1-10) (2022)
6. Quantum ratchet broadband THz detector,
P. Bai, Y. H. Zhang, and W. D. Chu,
International Conference on Infrared Millimeter and Terahertz Waves,
DOI:10.1109/IRMMW-THz50926.2021.9567201

7. Broadband and photovoltaic THz/IR response in the GaAs-based ratchet photodetector,
P. Bai, X. H. Li, N. Yang, W. D. Chu, X. Q. Bai, S. H. huang, Y. H. Zhang, W. Z. Shen, Z. L. Fu, D. X. Shao, Z. Y. Tan, H. Li, J. C. Cao, L. H. Li, E. H. Linfield, Y. Xie, and Z. R. Zhao,
Science Advances **8**, eabn2031 (2022)
8. Tuning La₂O₃ to high ionic conductivity by Ni-doping,
F. Z. Wang, E. Y. Hu, J. Wang, L. Yu, S. Hong, J. S. Kim, and B. Zhu,
Chemical Communications **58**, 4360-4363 (2022)
9. Unveiling the role of lithium in cerium oxide based ceramic fuel cells employing lithium compounds as the anode,
E. Y. Hu, W. J. Zhao, Z. Jiang, F. Z. Wang, J. Wang, B. Zhu, and P. Lund,
Physical Chemistry Chemical Physics **24**, 23587-23592 (2022)
10. Phase structure-dependent low temperature ionic conductivity of Sm₂O₃,
L. Q. Ma, E. Y. Hu, M. Yousaf, Y. K. Lu, J. Wang, F. Z. Wang, and P. Lund,
Applied Physics Letters **121**, 102104-(1-7) (2022)
11. Sodium-Doped Samarium Oxide Electrolytes for Avoiding the Lithiation-Induced Interface Degradation of Ni_{0.8}Co_{0.15}Al_{0.05}LiO₂ Electrode-Based Ceramic Fuel Cells,
E. Y. Hu, J. Wang, M. Yousaf, F. Z. Wang, B. Zhu, and P. Lund,
ACS Applied Energy Materials DOI:10.1021/acsaem.2c02540 (2022)

开放课题的设立，为实验室与国内各单位学者间创造了学术接触、交流和讨论的良好环境。有利于拓宽原有研究方向的学术空间，有利于在学术方向上的集思广益、优势互补，形成创新机制，并有效提升了实验室在领域内的影响力和知名度。

序号	课题名称	经费额度 (万元)	承担人	职称	承担人单位	课题起止时间
1	有序胶体硅纳米晶(Si NCs)薄膜的制备	4万	郝惠莲	副教授	上海工程技术大学	2019.12-2023.11 (延长资助)
2	MnCoGe 磁相变材料中的自旋晶格耦合	4万	任清勇	副教授	中国科学院高能物理研究所	2020.11-2022.10
3	一个完全阻错量子磁性模型家族的基态相图研究	4万	李 涛	教授	中国人民大学	2020.11-2022.10
4	掺杂层状 Ti 基超导体 BaTi ₂ Sb ₂ O 电子结构研究	4万	郭艳峰	教授	上海科技大学	2020.11-2022.10
5	幂律长程相互作用低维强关联体系的量子相变	4万	任 杰	副教授	常州理工学院	2020.11-2022.10
6	基于热空穴效应的太赫兹探测器研究	4万	白 鹏	师资博后	北京应用物理与计算数学研究所	2020.11-2022.10
7	有序介孔 MoS ₂ 纳米阵列的制备及其在电催化中的应用研究	4万	王法泽	讲师	东南大学	2020.11-2022.10
8	新型二维材料的制备和物态研究	4万	阮 威	青年研究员	复旦大学	2022.12-2024.11 (年度新增)
9	基于转角 TMD 异质结中层间激子的关联物态研究	4万	汤衍浩	教授	浙江大学	2022.12-2024.11 (年度新增)
10	二维人工量子结构莫尔有序态的探测与调控	4万	谢弘超	教授	华南理工大学	2022.12-2024.11 (年度新增)
11	分子束外延薄膜及块体剥离薄片 (Bi, Sb) ₂ Te ₃ 器件的光电性质	4万	李 慧	副教授	深圳技术大学	2022.12-2024.11 (年度新增)

注：职称一栏，请在职人员填写职称，学生填写博士/硕士。

(2) 国内外学术交流与合作情况

请列出实验室在本年度内参加国内外学术交流与合作的概况,包括与国外研究机构共建实验室、承担重大国际合作项目或机构建设、参与国际重大科研计划、在国际重要学术会议做特邀报告的情况。请按国内合作与国际合作分类填写。

2022 年度,受疫情影响实验室国内国际人员往来交流大幅减少。但实验室坚持积极开展与国内外科研机构的合作与交流,取得了一批实质性的合作成果。本年度,继续邀请 2003 年诺贝尔物理学奖获得者、著名物理学家 Anthony J. Leggett 教授担任兼职教授。马杰、陈国瑞等青年教师与麻省理工学院、加州大学伯克利分校、美国橡树岭实验室、康奈尔大学等继续保持密切合作,在量子自旋液体表征、石墨烯光电流测量、氮化硼晶体生长等领域进行合作研究。其中,陈国瑞副教授和美国麻省理工学院巨龙助理教授合作,在实验中发现石墨烯莫尔超晶格中强关联态的首个光谱学证据的成果,发表在《Science》上【Science 375, 1295-1299 (2022)】,陈国瑞为共同第一作者。李昕昕、姜生伟和美国康奈尔大学的 Kin Fai Mak 教授和 Jie Shan 教授课题组合作,在《Nature》上发表在二维半导体莫尔超晶格系统中实现高度可控的量子反常霍尔效应实验发现的论文【Nature 600, 641-646 (2021)】,李昕昕、姜生伟分别为文章共同第一作者。

国内交流方面,实验室年度内组织大型全国性学术会议两次(第十八届中国太阳级硅及光伏发电研讨会、第十届量子多体计算研讨会);组织行业协会年会一次(上海市太阳能学会年会);组织国际系列学术研讨会(量子磁性青年论坛,共五次)。固定人员参加国内会议 25 人次,其中作邀请报告 22 人次;指导研究生获权威会议优秀论文奖 2 篇。邀请国内外著名专家定期作学术报告,本年度共邀请 39 位著名学者作专题学术报告。实验室表面和界面量子现象与调控团队加入建设沈阳材料科学国家研究中心量子材料联合研究分部。实验室骨干团队继续与南京大学(牵头单位)等五家单位联合深入开展教育部“2011 计划”——“人工微结构科学与技术协同创新中心(CICAM)”项目的科研工作。沈文忠教授带领的高效太阳能电池技术团队 2022 年成为上海交通大学非碳基能源转化与利用研究院的上海高校 IV 类高峰学科建设创新团队。至 2022 年底,实验室共有博士后 23 人,其中,段绍峰入选 2022 年上海市“超级博士后”激励计划;林高庭获中

国博士后科学基金第 15 批特别资助（站中）。

国际交流方面，受疫情影响较大，2022 年实验室在研各类国际合作项目 2 项，其中参与的国家重点研发计划“政府间国际科技创新合作”中挪合作项目赴挪威考察行程因疫情延误，预计 2023 年初进行。由上海交通大学、李政道研究所主办的学术期刊《Quantum Frontiers》2022 年 9 月 23 日在 Springer Nature 集团在线平台发布创刊号。《Quantum Frontiers》2021 年入选中国科技期刊卓越行动计划高起点新刊项目，由贾金锋院士担任执行主编，郑杭教授任编辑部主任。本年度，4 人在国际学术机构任职，19 人次担任国际期刊副主编/编委。其中 2022 年度新增贾金锋、沈文忠、张文涛分别任《2D Materials》、《Frontiers in Energy》、《Ultrafast Science》的编委。

产学研合作方面，本年度太阳能光伏团队在沈文忠教授的带领下与福与鄂尔多斯市隆基光伏科技有限公司、内蒙古工业大学、隆基绿能科技股份有限公司组成高效晶硅太阳能电池技术研究创新联合体承担内蒙古自治区“挂榜揭帅”项目；与国晟能源联合在南京成立“异质结光伏技术研究院”，沈文忠教授担任研究院院长。

(3) 科学传播

简述实验室本年度在科学传播方面的举措和效果。

作为依托高等院校的科研单位，实验室不仅肩负科研与教学两项重要任务，也承担着进行科学传播的社会责任。本年度主要举措与成果如下：

- 1、2022 年 2 月，沈文忠教授作为第一作者与赵一新教授、刘烽教授共同为 Frontiers in Energy 撰写新闻热点“2021 年主流太阳能电池效率进展”，第一时间总结了晶硅、钙钛矿和有机三种主流太阳能电池的认证效率进展，分析了相关结构、材料、工艺等方面的支撑作用，同时给出了下一步发展展望。
- 2、2022 年 8 月 1 日，受全联新能源商会晶硅光伏专委会邀请，沈文忠教授成为第 187 期中华新能源沙龙主讲嘉宾，为光伏企业家分析光伏最新前沿技术

进展情况。沈文忠教授从抓住机遇角度介绍了光伏产业过去、现在和未来，从推动发展角度系统、全面的阐述了晶硅光伏技术新发展、新机遇，重点介绍了 TOPCon、HJT 等高效晶硅电池技术的发展现状及趋势，并对多晶硅、硅片、高端装备、逆变器等光伏重点环节发展情况进行了讲解。浙江正泰、腾晖光伏、沐盟科技、河北道荣、一道新能、艾能电力等 30 多家会员单位，以及业内代表共计 100 余人参加了沙龙。

- 3、实验室继续成为上海电力学院数理学院的“本科生科学认识实践”课程的合作基地，本年度的实践课程受疫情影响继续改为线上专题报告。2022 年 9 月 20 日、22 日，沈文忠教授、刘洪副研究员、李正平老师以及博士研究生王鑫分两个专题为 80 多名本科生做光伏产业、晶硅电池、新型钙钛矿电池等领域的进展报告。

2、学术委员会工作情况

请简要介绍本年度召开的学术委员会情况，包括召开时间、地点、出席人员、缺席人员，以及会议纪要。

按《教育部重点实验室建设与运行管理办法》的要求，实验室成立了由十四位知名学者组成的学术委员会，指导实验室的学术方向，评估实验室的研究成果，审议实验室的重大学术活动和年度工作计划、审批开放研究课题。实验室同时制定了《人工结构及量子调控教育部重点实验室学术委员会工作条例》，对学术委员会的组成和相关职能进行规范。

实验室通过验收以来每年均举行学术委员会会议。为了完整的对年度工作进行梳理后向学术委员会汇报，每年的学术委员会会议均在次年度的 4-5 月份举行，2022 年度的学术委员会计划于 2023 年举行。

本年度，因受疫情影响，我们将 2021 年度学术委员会召开的形式由现场会议变为通讯评议。通过函评的方式向学术委员会介绍实验室的年度工作进展，请学术委员予以评议。我们的评议评审材料寄出后，收到了 14 位学术委员中的 10 位委员的反馈。学术委员会对实验室 2021 年度的工作高度评价，均给予实验室“优秀”

评价。学术委员、复旦大学陶瑞宝院士评价：“从 2021 年度报告中列出的 7 项代表性研究成果中，可以明显的看到，此实验室在。。。等多个领域，都取得了非常耀眼、国际一流研究成果”。学术委员、上海交通大学雷啸霖院士评价：“看了人工结构及量子调控教育部重点实验室 2021 年度报告，我认为实验室克服了疫情造成的不利影响，在基础研究、科技成果转化、人才培养等方面都取得了突出成绩，表现优秀”。学术委员、中科院上海技术物理研究所陆卫研究员建议：“在已取得的多项学术进展基础上，更好的将物态调控研究得更深入”。以下为学术委员会副主任、复旦大学沈学础院士的意见：



上海交通大学人工结构及量子调控教育部重点实验室
 Laboratory of Artificial Structures and Quantum Control, Ministry of Education

《人工结构及量子调控教育部重点实验室 2021 年度报告》

学术委员评价

(请提出宝贵意见和建议)

人工结构及量子调控教育部重点实验室 2021 年度在研究成果、队伍建设、人才培养和开放交流管理方向都取得优异成绩。贾金峰教授当选为中国科学院院士。贾金峰、郑浩、沈文忠等有多篇高水平文章并被列为“中国高被引用学者”；郑浩教授入选首届交大名师；沈文忠教授为首份上海市院士与院士管理委员会编写了《太阳能光伏发电建设应用技术标准》于 2021 年 3 月发布实施并被解放日报报道。又如“中天”、“林洋”、“隆基”、“东方日升”等公司保持和发盛合作关系，并与福达金石能源有限公司共建并申报了国家发改委委的“高效太阳能电池设备与技术国家重点工程研究中心”，又在嘉定上海交大-康迪新能源研究院。连续多年主持全国硅基太阳能电池学术、人才培养的博士与博士后中多人获优秀博士后发展奖学金或“超级博士后激励计划”

日期：沈学础, 2022.08.01

(请将本页扫描或拍照通过邮件发送给我们)

请用“优秀”、“良好”、“合格”、“不合格”予以评价

研究水平与贡献	研究队伍建设	学科发展与人才培养	开放交流与运行管理	总体评价
优秀	优秀	优秀	优秀	优秀

3、仪器设备

简述本年度实验室大型仪器设备的使用、开放共享情况，研制新设备和升级改造旧设备等方面的情况。

截至 2022 年底，本实验室固定资产总额超过 1.6 亿元，包括 50 万元以上的大型设备 47 台（套），总价值 10984 万元。实验室大型仪器设备均设专职管理员，负责重大仪器设备的登记、使用与维护。在所制定的《人工结构及量子调控教育部重点实验室管理条例》中，对实验室的设备购置、大型仪器设备使用与维护做出明确规范。实验室仪器设备在优先满足本实验室科学研究、教学实验需求的前提下，面向社会、开放使用，以提高使用效率。

为提高设备使用效能，加强大型精密仪器共享，实验室副主任钱冬教授 2020 年负责筹建了上海交通大学物理与天文学院微纳加工和测试平台。该平台建设有百级超净间，总面积约 400 平方米。设备包括场发射扫描电镜、物理性能综合测试、X 射线衍射仪、光学显微镜、光学浮区炉、等离子体清洗机等。该平台 2022 年已为全校十几个院所提供测试服务，并向社会相关科研机构与企业公开开放，提供相关项目合作与微纳加工服务。实验室所属物理与天文学院上线院级设备共享平台，实验室 25 台高精设备纳入线上平台，实现校内外设备共享。

先进设备的研制及创新性测试技术，是实验物理基础研究方向持续取得突破性进展的关键和基础。作为研究型创新基地，我们把提高实验室整体科研创新能力作为建设的目标。希望各创新主体之间在设备平台、人才梯队、知识能力等方面得到互补，挖掘潜力，整合资源，产生最佳的群体效应，开辟新的研究领域，培育新的学科和科技增长点，推动各项研究的交叉融合与协同推进。本年度，钱冬教授研究组和张文涛教授、罗卫东教授、史志文教授和贾金锋教授研究组开展合作，充分利用实验室的平台优势，利用角分辨光电子能谱（ARPES）、扫描隧道显微镜（STM）、压电力显微镜（PFM）以及第一性原理计算，研究了拓扑半金属材料 TaNiTe_5 的拓扑狄拉克表面态、非中心对称的表面原子弛豫以及铁电极化现象，在实验上发现了拓扑相和铁电金属相共存的新体系。该工作以“Coexistence of Ferroelectriclike Polarization and Dirac-like Surface State in TaNiTe_5 ”于 2022 年 3 月以封面文章发表于【Physical Review Letters **128**, 106802 (2022)】。

五、下一年度工作计划

2023 年度，实验室的工作计划与目标为：

- 1、在基础研究领域，实验室将继续围绕新型量子材料研究展开工作。力争在量子材料的超快动力学及高温超导机理研究、拓扑二维体系的界面量子调控、低维量子材料在纳米尺度上的光学响应、二维材料的摩尔超晶格强关联物理研究等具有较好基础和显著特色的研究领域取得重要进展。代表性成果力争在 Nature(及大子刊)、Science 正刊上发表论文 2 篇,在 Physical Review Letters 等高水平期刊上发表论文 8 篇以上，出版学术专著（含章节）1-2 部。
- 2、在太阳能光伏科学技术与新型光电子器件、第二代高温超导带材制备技术等应用基础研究领域加强与相关高科技企业的合作，开展联合技术开发，加快科研成果的转化，助力合作企业取得跨越式发展。年度内新增重要横向合作课题 3-5 项，新增国家发明专利授权 5 件以上。
- 3、人才培养与引进方面，培养和引进长江、杰青及四青人才 1-2 名；培养中青年学术骨干晋升长聘正教授 1-2 名；培养各类省部级人才计划 2-3 人次。
- 4、项目申请方面，积极承担国家级科研任务，新增国家重点研发计划课题/青年项目、自然科学基金重大重点项目 2-3 项。
- 5、在平台建设和硬件条件方面，整合各研究方向大型精密设备，继续加强各课题组间的平台共享和合作攻坚，完善公共微纳加工测试中心的运行管理等。

六、主任意见

主任对实验室运行过程中的意见及建议

本实验室的主要特色在于围绕未来科技发展对人工结构和新型功能材料方面需求，通过凝聚态物理学科前沿领域的理论、实验、计算及应用研究，面向未来量子计算在人工结构及量子调控领域所面临的基础科学问题，以及结合当前新能源光伏领域对新型功能材料及相关半导体技术的最新需求，有效推进

相关成果向高技术应用的转化。实验室建立了一支具有国际竞争力的表面与界面、人工拓扑结构和人工电子结构，以及理论与计算的研究团队以及相应的研究平台，从人工结构及相关新型功能材料的前沿和应用两个方面入手，推进理论、实验和应用多方面协同研究，不断产生具有国际先进水平甚至领先的研究成果。

实验室在发展和建设过程中，也遇到一些问题，存在相应不足。首先，尽管我们刚刚搬进了新楼，但随着实验室的人员队伍的充实，凝聚了一批优秀的中青年学术骨干，其中“青年千人”、“海外优青”共13人，实验室和办公室空间趋于饱和，限制了实验室的进一步发展。同时，交大物理学科涵盖了多个二级学科，近年来凝聚态物理与光学原子分子物理交叉领域迅速发展，实验室近两年已在相关领域进行了研究，但整体发展还不够。

希望在未来的几年，实验室能在在立足于自身特色的同时，加强与光学原子分子物理学科的交叉融合与协同发展；进一步加强五个方向的团队建设和平台建设，通过整合凝练团队积极申请国家重大项目资助；进一步加强实验室管理机制的建设，包括公共平台和设备系统的管理，以及科研成果的考核与管理；加强对外开放，推动国内外相关领域的交流合作；此外，积极推进创新、发明与成果应用，继续服务于新能源产业的技术发展需求。

同时，有效面向国家科技发展对物理学科，尤其是对人工结构和新型功能材料、量子计算算法与技术机理等方面的战略需求，加强一流研究与创新拔尖人才培养的紧密结合，为我国人工结构及量子调控领域研究的前沿和应用领域发展，培养、锻炼和引进一批优杰出秀人才，包括中科院院士、长江学者、国家杰青和国家四青人才。在人才队伍、实验平台、运行管理和整体规模等方面把实验室建设达到同类国家重点实验室的标准，成为我国人工结构及量子调控领域的一个重要创新研究基地。