2023年度国家自然科学基金“229Th核钟跃迁精密光谱及关键技术研究”专项项目指南

229Th核基态到同核异能态（229mTh态）的跃迁是目前唯一可通过激光技术研究的原子核跃迁。由于该跃迁对外场不敏感，且品质因子Q高达1019，因而基于该跃迁所研制的229Th核光钟频率不确定度有望超过10-19，成为新型的高精度时钟。229Th掺杂到晶体中不影响跃迁的主要特性，有望实现结构紧凑、简单的固体核光钟。通过精确测量核钟跃迁特性，还可为核物理研究提供高精度数据，并为重大基础物理问题研究提供新的平台。然而，目前229Th核钟跃迁频率测量误差还在5 THz，已实现的真空紫外光源的功率谱密度、相干度和频率控制精度都非常低，尚未实现该核钟跃迁的直接激发，这是研制核光钟的瓶颈。为推动解决核光钟研制的科学与技术问题，突破核光钟研制的技术瓶颈，国家自然科学基金委员会数学物理科学部设立“229Th核钟跃迁精密光谱及关键技术研究”专项项目，支持该领域研究。

**一、科学目标**

　　本专项项目围绕229Th核钟跃迁谱线探测、掺229Th晶体制备、高相干性真空紫外激光产生与精密光频控制等方向，组建若干科研团队进行攻关，以期在229Th核钟跃迁频率测量、全固态真空紫外相干激光方面取得重大突破。

**二、研究方向和研究内容**

　　（一）同核异能态229mTh3+离子的制备及核钟跃迁频率精确测量。

　　发展229mTh3+离子的制备技术，测量同核异能态的寿命，获得核钟跃迁的强度和Q值；测量同核异能态的核极矩，研究电磁相互作用和强相互作用对229Th核钟跃迁能量的影响；采用离子囚禁技术，开展229Th核钟跃迁频率的测量，测量精度优于1 GHz；在此基础上，探索实现229Th核钟跃迁激光激发的途径。

　　（二）掺229Th晶体制备和性能研究。

　　研发掺229Th晶体生长设备和关键生长技术，研制出掺229Th晶体，晶体中的229Th浓度达到4×1017cm-3, 在149nm波段透过率达到35%（@1mm厚度）；研究掺229Th晶体能谱、掺杂浓度、真空紫外光透过性能、辐射缺陷和背景噪声之间的内在关联；在此基础上，开展掺229Th晶体中核钟跃迁激光激发研究。

　　（三）基于非线性光学晶体的真空紫外激光产生。

　　开展真空紫外氟化物非线性光学晶体的生长技术研究，制备出在149 nm波段透过率不低于60%（@1 mm厚度）的高质量非线性光学晶体；基于该种晶体发展小周期结构电场极化技术和高品质因子光学微腔制备技术；研究激光非线性频率转换过程中的相位匹配和模式匹配原理及相关技术，实现149 nm波段的相干光源产生，激光功率达到nW量级。

　　（四）用于产生149 nm激光的窄线宽基频光与光频精密扫描系统。

　　研究多种非线性频率转换方案中功率放大后的基频光的频率控制方法，将基频光的线宽压缩到1 Hz，频率稳定度优于1 Hz（@1秒~1天）；研究基频光的频率精密控制与扫描技术，激光频率扫描范围达到 10 GHz，基频光的频率控制不确定度优于1Hz；研究非线性光频转换的退相干效应，以及经过非线性频率转换后的真空紫外激光的线宽、频率稳定度等特性。

**三、资助计划**

　　本专项项目资助期限为4年，申请书中研究期限应填写“2024年1月1日－2027年12月31日”。计划资助4项，平均资助强度为250万元左右，总资助直接经费1000万元左右。

**四、申请要求**

　　（一）申请资格。

　　1. 具有承担基础研究课题的经历；

　　2. 具有高级专业技术职务（职称）。

　　在站博士后研究人员、正在攻读研究生学位以及无工作单位或者所在单位不是依托单位的人员不得作为申请人进行申请。

　　（二）限项申请规定。

　　1. 本专项项目申请时不计入高级专业技术职务（职称）人员申请和承担总数2项的范围；正式接收申请到国家自然科学基金委员会作出资助与否决定之前，以及获得资助后，计入高级专业技术职务（职称）人员申请和承担总数2项的范围。

　　2. 申请人同年只能申请1项专项项目中的研究项目。

　　3. 其他限项申请要求按照《2023年度国家自然科学基金项目指南》“限项申请规定”执行。

　　（三）申请注意事项。

　　1. 申请书报送日期为2023年11月8日－11月14日16时。

　　2. 本专项项目申请书采用在线方式撰写。对申请人具体要求如下：

　　(1) 申请人在填报申请书前，应当认真阅读本申请须知、本项目指南和《2023年度国家自然科学基金项目指南》的相关内容，不符合项目指南和相关要求的申请项目不予受理。

　　(2) 申请人应根据本专项项目拟解决的具体科学问题和项目指南公布的拟资助研究方向，自行拟定项目名称、科学目标、研究内容、关键科学问题、技术路线和相应的研究经费等。

　　(3) 申请人登录科学基金网络信息系统http://grants.nsfc.gov.cn/（没有系统账号的申请人请向依托单位基金管理联系人申请开户），按照撰写提纲及相关要求撰写申请书。

　　(4) 申请书中的资助类别选择“专项项目”，亚类说明选择“研究项目”，附注说明选择“科学部综合研究项目”，**申请代码1选择A21或A22（或其下属代码），申请书正文开头应首先说明申请对应本指南中的研究方向**。以上选择不准确或未选择的项目申请将不予受理。

　　3. 申请人应当严格按照《国家自然科学基金资助项目资金管理办法》等相关规定和《国家自然科学基金项目资金预算表编制说明》的具体要求，认真编制《国家自然科学基金项目预算表》。

　　4. 申请人完成申请书撰写后，在线提交电子申请书及附件材料。申请材料中所需的附件材料（有关证明材料、审批文件和其他特别说明要求提交的纸质材料原件），全部以电子扫描件上传。

　　5. 依托单位应对本单位申请人所提交申请材料的真实性、完整性和合规性进行审核；对申请人申报预算的目标相关性、政策相符性和经济合理性进行审核。具体要求如下：

　　(1) 本专项项目采用无纸化申请方式，依托单位只需在线确认并及时提交电子申请书及附件材料，无需报送纸质申请书。项目获批准后，将申请书的纸质签字盖章页装订在《资助项目计划书》最后，与之一并提交。签字盖章的信息应与信息系统中的电子申请书保持一致。

　　(2) 依托单位完成电子申请书及附件材料的逐项确认后，应于申请材料提交截止时间前通过科学基金网络信息系统上传本单位科研诚信承诺书的电子扫描件（请在信息系统中下载模板，打印填写后由法定代表人签字、依托单位加盖公章；若当年已上传本单位科研诚信承诺书的电子扫描件，则不用再重新提交），无需提供纸质材料；须在项目申请截止时间后24小时内在线提交项目申请清单。

　　6. 本专项项目咨询方式：

　　国家自然科学基金委员会数学物理科学部物理科学一处

　　联系人：刘强、姜向伟

　　联系电话：010-62325055、010-62327181

**五、其他注意事项**

　　（一）为实现专项项目总体科学目标，获得资助的项目负责人应当在项目执行过程中关注与本专项其他项目之间的相互支撑关系。

　　（二）为加强项目之间的学术交流，本专项项目群将设专项项目总体指导组和管理协调组，并将不定期地组织相关领域的学术研讨会。获资助项目负责人必须参加上述学术交流活动，并认真开展学术交流。