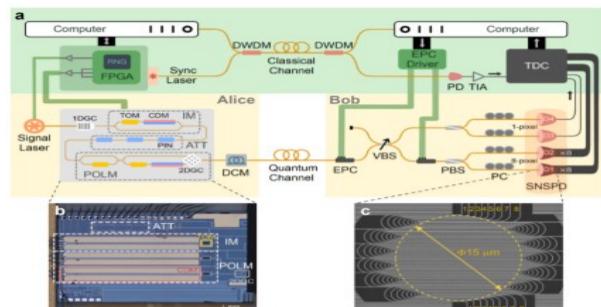


# 中国科大实现百兆比特率量子密钥分发

**本报讯** 中国科大潘建伟、徐飞虎等与上海微系统所、济南量子技术研究院、哈尔滨工业大学等单位的科研人员合作,通过发展高保真度集成光子学量子态调控、高计数率超导单光子探测等关键技术,首次在国际上实现百兆比特率的实时量子密钥分发,实验结果将此前的成码率纪录提升一个数量级。成果3月14日在线发表于《自然·光子学》。

量子密钥分发(QKD)基于量子力学基本原理,可以实现原理上无条件安全的保密通信。提高QKD的成码率对其实用化起着至关重要的作用。高码率可为更多用户提供服务,实现大数据共享、分布式存储加密等高带宽需求的应用。此前国际上最高的实时成码率是10Mb/s(10公里标准光纤信道下)。为了实现更高的密钥率,需要解决系统发送端、接



高码率量子密钥分发装置图

收端和后处理等技术瓶颈。在发送端,高码率QKD需要高保真度的量子态调制,然而现有QKD系统在高速调制下会产生较高误码率;在接收端,同时具有高效率和高计数率能力的单光子探测器不可或缺,超导纳米线单光子探测器(SNSPD)具有高效率和低

噪声的优点,但其计数率通常受到较长恢复时间的限制。潘建伟、徐飞虎研究组发展了集成光子片上高速高保真度偏振态调制技术,系统重频达到2.5 GHz,量子比特误码率优于0.35%;结合中科院上海微系统所尤立星团队最新研制的八像素

SNSPD,实现了高计数率、高效率的单光子探测,在每秒输入5.5亿个光子时仍能保持62%的探测效率;同时,研究组发展了偏振反馈控制、高速后处理模块等。在上述技术突破的基础上,研究团队实现了10公里标准光纤信道下115.8 Mb/s的密钥率,较之前纪录提高了约一个数量级;系统稳定运行超过50个小时,在传输距离328公里下码率超过200b/s。

上述研究成果表明,QKD可实现百兆比特率的实时密钥分发,满足高带宽通信需求,对未来量子通信的大规模实际应用具有重要意义。

本研究论文的第一作者是中国科大博士后李蔚和博士生张立康。

(合肥微尺度物质科学国家研究中心 中科院量子信息与量子科技创新研究院)

**中国科大进一步释放全固态锂电池潜力**

**本报讯** 3月14日,中国科大马骋教授提出了一种新的关于正极材料的技术路线,可以更充分的发挥全固态电池的潜力;该成果发表于《自然·通讯》。

电池技术是新能源车、储能等关键“双碳”技术的核心。全固态锂电池由于采用了不可燃的无机固态电解质替代有机液态电解质,因此相比较目前商业化锂电池,它具有更高的安全性和更大的能量密度提升空间,成为下一代锂电池的研究焦点。

此次研究中,马骋课题组采用非常规的材料设计思路,选择氯化物,而非氧化物,构筑了一种全固态锂电池的新型正极材料——氯化钛锂。

研究发现,氯化钛锂极为柔软,只要经过冷压即可达到86.1%以上的相对密度,而且它的室温离子电导率高达1.04毫西门子每厘米,远远超过了氧化物正极材料,甚至与电池中主要负责离子传输的固态电解质材料相比也毫不逊色。

也就是说,由氯化钛锂组成的复合物正极不需要包含太多固态电解质,就可以实现相当高效的离子传输,因此可以实现很高的活性物质载量。在确保良好循环性能的前提下,研究者成功地在氯化钛锂复合物正极中实现了95%质量比的活性物质载量,大幅超过了磷酸铁锂、钴酸锂、高镍三元材料等氧化物正极所能达到的极限(通常在70%至80%质量比)。此外,活性物质载量如此之高的氯化钛锂复合物正极还展示了相当优异的循环性能:它在1小时完成充电或放电的速率下,在室温实现了长达2500圈的稳定循环。

这些性能表明,几乎未被探索的、以氯化钛锂为代表的氯化物正极材料,是全固态锂电池中非常有前途的正极“候选者”,能够进一步释放全固态电池在能量密度方面的潜力。

该论文的第一作者为博士生王凯同学,通讯作者为马骋教授。

(化学与材料科学学院)

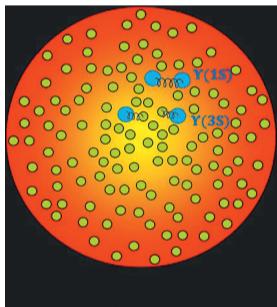
## 科研简讯

○我校郭光灿院士团队孙方稳教授研究组利用微纳量子传感与电磁场在深亚波长的局域增强,研究微波信号的探测与无线电测距,实现10<sup>-4</sup>波长精度的定位。该成果3月9日发表于《自然·通讯》。

○我校地球和空间科学学院张海江教授与中国地质科学院地质研究所侯增谦院士、中国地质大学(北京)王庆飞教授等合作,通过地球物理和地球化学学科交叉,发现岩石圈壳慢解耦形成的岩石圈立交桥构造对造山型金矿带具有控制作用。研究成果发表于《国家科学评论》。

○我校火灾科学国家重点实验室胡隆华研究员和方俊副研究员近期应Progress in Energy and Combustion Science期刊的邀请,发表长篇综述论文。该论文综合胡隆华和方俊十五年来在池火方面的研究成果,以及国际上一些重要的研究突破,全面总结、归纳了池火扩散燃烧和火灾动力学行为的基础理论、模型和新的进展,以及环境风、低压、受限边界等不同环境条件对池火行为的影响机制,并对池火研究提出了新挑战和未来展望。

## 中国科大STAR组在底夸克偶素测量方面取得重要进展



夸克胶子等离子体中的底夸克偶素精确测量。针对该物理目标,中国科大STAR组自2005年开始

为STAR研制大面积缪子探测器,2011年启动探测器批量制作,2014年完成制作并全部安装至STAR实验中。该探测器在2014年与2016年采集了大量金核-金核对撞数据。中科大STAR组与其他单位合作,深入分析这些数据,完成了千亿电子伏特对撞能区底夸克偶素基态及其激发态产额的最精确测量,并在该能区首次观测到底夸克偶素“顺次压低”现象。结果表明这一能区的金核-金核对撞中产生了夸克胶子等离子体,并且其达到的温度足以熔解底夸克偶素激发态。

中国科大STAR组孙勇杰副教授等在近十年的探测器研制过程中发挥了核心作用。在物理分析方面,唐泽波教授、查王妹副教授、王鹏飞同学等发挥了关键作用,为该STAR合作组文章的主要作者。王鹏飞的博士学位论文工作是该文章的核心组成部分。

STAR是基于美国布鲁克海文国家实验室相对论重离子对撞机上STAR实验的大型国际合作组,由来自14个国家71个单位的七百多位科研人员组成。

(物理学核探测与核电子学国家重点实验室)

研究表明,钒同位素组成不易受到风化、蚀变改造的影响。冰碛岩的钒同位素组成可用于直接计算其原岩的主量元素含量。

进一步,研究人员结合得到的岩浆岩钒同位素组成—二氧化硅含量—氧化镁含量线性关系与冰碛岩钒同位素组成,重建了古老大陆上地壳成分,发现在中太古代(距今30亿年前)时大陆上地壳依然以镁铁质成分为主,而从镁铁质到长英质地壳的转变发生在距今30亿年之后。

研究人员表示,这个成分转变可能标志着全球板块构造的开始,表明全球板块构造运动的启动不可能早于30亿年前。

文章的第一作者分别为田笙渝(地空学院2018届硕士毕业生)和丁昕副研究员,黄方教授和Robert L. Rudnick教授为共同通讯作者。

(王敏)

## 钒同位素研究揭示地球大陆地壳成分的演化历史

本报讯 中国科大地球和空

间科学学院黄方教授课题组和美国加州大学Santa Barbara分校Roberta L. Rudnick教授合作,通过冰碛岩和火成岩的钒(V)同位素研究,确定长英质成分主导的陆壳形成于距今30亿年之后。相关研究成果在线发表于美国《国家科学院院刊》。

地球自45.6亿年前形成以来,经历了漫长的演化和分异。现今的地球是太阳系中唯一一个拥有长英质大陆地壳的类地行星。大陆地壳最初的成分是来自地幔的镁铁质岩浆,而板块运动使得大陆地壳进一步演化,并形

成大面积的长英质陆壳。

大陆地壳的化学成分变化对地球演化、板块运动和行星宜居性有着重要的意义。几十年来,研究者们根据不同方法得出两种相反的认识。其一是太古宙早期以来,大陆地壳就已经是长英质成分主导;其二是太古宙中晚期之前,大陆地壳成分仍然是镁铁质成分主导,从镁铁质向长英质成分的转变发生在太古宙中晚期—元古宙早期。产生争议的主要原因在于采用的地球化学指标具有多解性,钒同位素则提供了一个可靠的方法。

科研人员首先通过分析俯冲

带钙碱性火成岩的钒同位素组成,对比全球拉斑和钙碱性火成岩、太古宙绿岩带火成岩的数据,在排除磁铁矿过度结晶的样品后,发现火成岩的钒同位素组成和二氧化硅含量以及氧化镁含量的相关性适用于太古宙的样品。

为了探索大陆上地壳成分随时间的变化,研究人员进一步测量了冰碛岩钒同位素组成。冰碛岩常被用来研究大陆地壳组成,但是冰碛岩受到胶结物质以及风化改造的影响,其主量元素不能直接用来指示陆壳成分。作为国际上少数实现高精度钒同位素测量的团队之一,黄方团队前期的

## 在可燃冰绿色可持续利用领域中国科大取得新突破

本报讯 近日,中国科大熊宇杰/龙冉研究团队开发了一种绿色高效的光催化甲烷卤化技术,在仅利用光照、甲烷和海水的条件下进行卤代甲烷合成,进而以串联反应实现了甲醇和药物中间体的高效合成。研究成果发表在《自然·通讯》期刊上。

可燃冰是一种重要的储备能源,试采可燃冰的产品中99.5%成分是甲烷。据推断,在我国南海可燃冰的储量至少达800亿吨石油当量。目前可燃冰开采技术中的减压开采法,在可燃冰减压过程中会导致可燃冰气化,对甲烷气体的储存和运输将是一大考验。如能利用海上条

件,将甲烷转化为高附加值的液态产品,将为可燃冰利用提供技术参考。熊宇杰研究团队针对甲烷的绿色可持续利用,开展了一系列的研究。

卤代甲烷作为一种多功能的平台分子,广泛应用于甲醇、乙酸、丙烯等高附加值化学品和燃料的生产。然而,目前卤代甲烷的合成通常涉及氯气、溴化氢等腐蚀性原料和苛刻的反

应条件,不仅需要复杂的工艺和巨大的能量消耗,而且对环境具有较大的潜在威胁。该研究团队设计了一种铜掺杂的二氧化钛催化材料,以绿色且易得的碱金属卤化物为卤素源,在光照下实现了卤代甲烷的高效合成,生成速率达1毫摩尔每克每小时。该方法可以利用海上的光照和海水条件,将甲烷高效地转化为氯代甲烷,证实了光催化甲

烷氯化技术在可燃冰利用方面的可行性。

在此基础上,研究团队设计了一种串联反应装置,实现了以甲烷为原料的甲醇和药物中间体合成。该工作为甲烷的高附加值转化和可燃冰的开采利用提供了全新的视角。

(化学与材料科学学院 合肥微尺度物质科学国家研究中心 国家同步辐射实验室)