

倚剑量子“御风”而行

——记国耀量子雷达科技有限公司

量子技术,21世纪以来世界科学研究最前沿热点之一。

激光雷达,一种已被广泛应用、性能挖掘潜力巨大的探测手段。

当量子技术遇到激光雷达,会碰撞出怎样的火花?强强相遇,两败俱伤还是相得益彰?

我们的科学家已用切实成果给出答案——将量子技术应用到激光雷达,前者的应用范围得以拓展,后者的性能极限一再突破,而融合二者优势的量子探测激光雷达一出现便引得世界瞩目。

那么,量子探测激光雷达有何特别?能做什么?

国耀量子雷达科技有限公司(以下简称国耀量子)就是一家专门从事高性能量子探测激光雷达研究与应用的高科技企业,他们以优质产品和解决方案告诉世界,量子技术距离我们的生活并不遥远,已经在反哺社会经济、人民生活。

“高冷”量子技术遇“热”

在量子力学中,如果某种物理量存在最小的、无法被分割的基本单位,就意味着这种物理量是可以量化的,而这个最小单位就是量子。量子是构成物质的最基本单元,是能量的最基本携带者,所有人们所熟知的分子、原子、电子、光子等微观粒子,都是量子的一种表现形态。

1900年,德国物理学家普朗克在研究黑体辐射问题时首次提出“量子”的概念。以量子为基础衍生出的量子科学,是20世纪最重要的科学发现之一。

提到量子,人们总觉得它是“高冷”的,离自己的生活非常遥远,其实并非如此。自量子力学发展以来,基于量子规律而发展应用的各种技术已经渗透到我们的方方面面。比如我们今天使用的计算机、笔记本电脑及手机等的芯片,其基本的计算单元晶体管就是基于量子力学中的能带理论发明的。

近年,伴随物理学学科不断发展,人们关于量子的科学研究与应用,也从基于量子规律的宏观应用,转变为精准控制量子的技术应用。自20世纪90年代以来,量子技术逐步被应用于信息的获取、存储、传递、处理和使用等过程中,更在最近的短短20年里取得巨大进步,并形成了量子保密通信、量子计算、量子精密测量等典型应用。

量子技术并不“高冷”,反而在各国都炙手可热。英国于2015年启动总额4亿英镑的“国家量子技术专项”;欧盟2018年初启动总额超过30亿英镑的“量子技术旗舰项目”;2018年6月,美国众议院通过为期10年的“国家量子行动法案”;之后不久,德国政府通过总投入6.5亿欧元的量子技术研究的框架计划——“量子技术:从基础到市场”……

量子技术,已经成为世界新一轮科技革命的制高点,成为世界各国力争的焦点之一。而各国的量子技术研究规划中,无一例外均将量子保密通信、量子计算和量子精密测量放在了重中之重。

量子通信是指利用量子技术,传输量子状态以达成经典通信无法达到的功能,诸如量子密钥分发、量子隐形传态传输等,目前量子密钥分发是最接近实用的分支,其最大特点是能够保障信息链路传输的无条件安全。基于世界首颗量子科学卫星“墨子”号的成功发射与在轨运行,以及逐步建成的“京沪干线”(连接北京、上海,贯穿济南和合肥全长2000余公里的量子通信骨干网络),我国首次描绘出了天地一体化的量子通信网络蓝图,有助于国家信息安全与信息技术的突破。

量子计算的最终目标是通用量子计算机,被称为“梦想的超高速计算机”,其计算能力随可操纵的粒子数呈指数增长,一台操纵100个粒子的量子计算机,对特定问题的处理能力可达到目前全世界计算能力总和的100万倍。专家介绍,通用量子计算机一旦实现,将对通信安全、导航、成像以及人工智能、生物制药、新材料研发等诸多领域产生颠覆性影响,带来国家安全和经济社会发展的大变革。据报道,目前已有科学家开始进行量子计算机的实用尝试,在中国,量子计算正从基础研究迈入技术积累和集中攻关阶段。

相对来说,量子精密测量的实现比量子计算要容易一些。利用高精度的量子信息处理技术,可以对时间、位置、重力等物理信息实现超越经典技术极限的量子精密测量,大幅度提升卫星导航、激光制导、水下定位、医学检测和引力波探测等的准确性和精度。

而在中国,无论谈到量子通信、量子计算,还是量子精密测量,都躲不开中国科学技术大学。

国耀量子就是中国科学技术大学量子技术团队的成员响应国家鼓励科研人员创业政策,积极推动量子技术创新成果产业化落地的结晶。

当激光雷达“遭遇”量子技术

国耀量子的创始人均来自中国科学技术大学。

CEO夏海云,激光雷达专家,已从事激光雷达研究16年,从飞秒激光雷达,到亚洲首台平流层测风激光雷达,再到量子探测测风雷达、超导双频测风激光雷达,成果颇丰。

CTO张强,量子通信专家,多年从事量子密码、量子通信实验研究和单光子探测器研制,量子物理学基本问题检验等,同样成果卓著。

夏海云和张强的合作,正是激光雷达与量子技术的跨学科融合。如今看来,这一融合颇为成功。

激光雷达已发展半个多世纪,其基本原理是:出射激光脉冲与大气相互作用,采用光学天线收集大气后向散射信号,然后输入光学接收机,经光电探测和数据处理后,得出一系列关键大气参数,诸如气溶胶浓度、PM_{2.5}值、云高、温度、湿度、能见度、大气成分(如水汽、各种污染气体成分)等。

夏海云所研究的,是被世界气象组织列为最具挑战性的激光雷达——测风激光雷达。

为何最具挑战性?

“决定激光雷达性能的最关键因素,是弱光电信号的探测能力。微弱大气后向散射信号的极限就是单光子。在其他用途的激光雷达中,只要数清楚大气后向散射信号中包含的光子个数就可以,其中测风激光雷达还需要探测单个光子的频率变化。”夏海云解释,这对雷达性能提出了严峻挑战。

传统观点认为,只能依靠提高出射激光功率或者增大望远镜面积来提高激光雷达探测信噪比,进而提升激光雷达性能。量子技术的出现,为激光雷达性能的提升提供了新的技术路径。

夏海云与张强合作,摒弃欧美增大激光能量和望远镜面积的传统思路,利用量子技术,从微观提升量子效率,降低探测噪声,从而实现激光雷达性能的提升。他们提出的高量子效率、全光纤集成的方案,最终开辟了激光雷达发展的新方向——量子探测激光雷达。

“在我们的技术中,我们利用了1550nm波段的激光技术和室温下高灵敏度的量子探测技术,实现了可产业化、人眼安全的量子探测激光雷达系统。”据了解,目前国耀量

子已经取得了一系列行业内领先成果——

他们率先提出量子探测激光雷达,实现了大气气溶胶(对电厂排污情况)的昼夜连续探测。该方法近来被德国宇航局和洪堡大学;法国科学院、巴黎一大和Thales(法国军火商)光电部;白俄罗斯国立大学;丹麦科技大学;英国埃克塞特大学等同行应用。

他们率先报道了全光纤集成的量子探测测风激光雷达,不仅简化了系统结构,还提高了系统稳定性和可靠性,并免于周期性校准。

他们率先提出超导双频测风激光雷达,实现了最高空间分辨率风场探测,可探测机场风切变。该工作被美国光学协会(OSA)、美国科学协会(AAAS)专题报道“最精简稳定,适合机载、星载运行”。

他们还率先提出超导偏振雷达,可对大气污染物种类进行区分。

……

国耀量子的成立,正是为了推动量子探测激光雷达成果从实验室到产业化的跨越,推动量子探测激光雷达相关成果尽快服务社会与人民。

“硬核”团队的新挑战

国耀量子成立于2017年,总部位于上海自贸区,旗下设山东国耀量子雷达科技有限公司(生产基地)和合肥分部(研发基地)。

公司现有成员35人,其中博士18人,核心技术与成员均来自于中国科学技术大学。科研人员创业,乘上了国家创新创业政策的“东风”,也仍是一个不小的挑战。

所幸这个创业团队,技术实力足够“硬核”——核心成员曾先后负责和参与“墨子号”量子通讯卫星、量子通信京沪干线、国家重大军事任务等,拥有量子探测激光雷达的海陆空运行经验,曾获军队科技进步一等奖、日内瓦国际发明特等奖金奖。

这样的团队奠定了国耀量子雷达与生俱来的优势。

短短几年,国耀量子已经自主研制并生产出了基于量子(单光子)探测器的激光雷

达,主要产品包括量子探测测风激光雷达、能见度仪、云高仪、扬尘监测雷达、PM_{2.5}/PM₁₀激光雷达测量仪。

由于量子技术、集成光电子技术、光通信技术在激光雷达中的应用,国耀量子研制的量子探测激光雷达,有着明显的优势——采用的1550nm工作波长,在200nm—2000nm波段人眼安全曝光功率中最高,人眼安全系数最高,利于进行大范围城区推广;

研发了应用于激光雷达的高量子效率、低暗计数噪声的单光子探测器,探测效率高,利于实现远距离扫描;

采用周期极化钕酸锂波导、体布拉格光栅、带通滤光片综合噪声抑制技术,在透射带宽0.05nm时透过率88%,噪声抑制比高;

研发了全光纤光学器件,可实现系统全光纤链接,紧凑小巧,防振性能优越,尤其适

合在机载、舰载、星载等特殊平台运行,且适合系统小型化、模块化的大批量生产,利于后期维护;

同时,其可实现全天时工作,可进行污染源的区域性定量测量等等。

最重要的是,除了产品,国耀量子还可为用户提供系统、科学的解决方案,提供定制化的雷达生产,根据用户需求实现气象参数,如风、温、湿、密度等探测,以及环保参数,如PM_{2.5}/PM₁₀、能见度、大气污染成分、污染颗粒物偏振态等的探测,服务于环境保护、数字气象、航空安全、智慧城市、国防安全等多个领域。



量子测风激光雷达

量子气溶胶激光雷达

机载测污量子激光雷达

未来已来,唯变不变

2018年8月28日,首都航空北京飞澳门一客机在澳门机场降落时疑似遭遇风切变,机组立即采取复飞并启动应急程序,最终安全降深圳宝安机场。万幸事故没有造成人员伤亡,风切变则再次成为人们关注的焦点。

风切变是一种天气现象,是风速在水平和垂直方向的突然变化。风切变,特别是低空风切变,是导致飞行事故的大敌,被称为“无形杀手”。国际航空界公认低空风切变是飞机起飞和着陆阶段的一个重要危险因素。同样被视为“隐形杀手”的还有晴空湍流,一种晴朗天气时空中出现的湍流,一般认为它与风切变有关。这些特殊天气现象的存在,严重影响着民航飞机的飞行安全。

军事领域面对的风场与气流情况更为复杂。以航母舰载机的降落为例,飞行员不仅要考虑海区气象条件,还要关注气流、海面状况等客观不确定因素,更要综合考量航母上的复杂大气紊流情况,“除了陆地机场通常存在的大气紊流以外,由于航母庞大的舰体以及自身的运动还会在舰首产生上洗气流,在舰尾处形成较强的尾流,在舰侧面形成翻滚的气流;而舰载机起飞后在甲板上留下的尾流,也会对下一架飞机的起飞造成

影响”。因此,舰载机飞行风险大,事故发生率高。

量子探测激光雷达系统的出现,为这些难题提供了目前技术水平的最优解。针对风切变等特殊天气现象,国耀量子可提供两种直接探测雷达解决方案,一种是基于量子频率上转换的测风激光雷达,另外一种是基于超导单光子探测的测风激光雷达。两种方案,均可实时、连续监测风场变化,实现风切变预警,在最大程度上规避风险,保障飞行安全。

与之相似的,国耀量子同样可以根据不同需求,研制生产不同形制、性能的量子探测激光雷达系统,以服务于临近空间飞行器环境保障、卫星发射场风切变预警、化学播撒预警、海上风切变预警、卫星轨道预测和目标搜索,乃至超低空等战略武器高精度制导等场景。

国耀量子同样可提供民用领域的探测方案,比如风场探测、污染探测等。

在风力发电领域,量子探测激光雷达系统可以提供风叶正前方的实时风场变化信息,从而反馈给风机及时调整风叶方向,以达到最优的发电效率,减少电机损耗。同时,量子探测激光雷达系统可以进行某区域

的长时间风场数据累计测试,为风机的选址提供评估数据支持。

在气象环保领域,量子探测激光雷达可以定位污染源的排放,实现对工业扬尘的监测,及污染源净排放的计算等。如今,国耀量子已经形成了一套可长期稳定、适合大温差、强震动、高盐雾恶劣工况下运行的全光纤系统,比传统雷达具有更高的性价比。这一系统可实现对广域范围内大气污染源、能见度信息、PM_{2.5}/PM₁₀、工业扬尘等24小时实时监测,同时结合对大气风场信息的监测可以区分大气传输和区域内生成污染,定量监测每一个大气污染源,定量计算每个单位的净排量,为环保部门的监管执法提供可量化数据支持。

每一次大的科技突破,都会引发人们思想观念的革新,而后是生活方式的变革,量子技术同样如此。国耀量子所做的,正是将量子技术从实验室搬到人们的生产生活中,让人们亲近它、接受它。

第二次量子革命的浪潮之下,国耀量子将一如既往,胸怀凌云之志,倚剑量子科技,以当下及未来国家需求为出发点,不断创新、坚持创新、持续创新!因为他们坚信:未来已来,唯变不变。



量子雷达实验室