

科技云

科技连着你我他

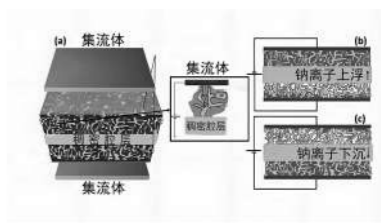
■本期观察:高原 崔雅庆 张子轲

新型钙-氧气电池



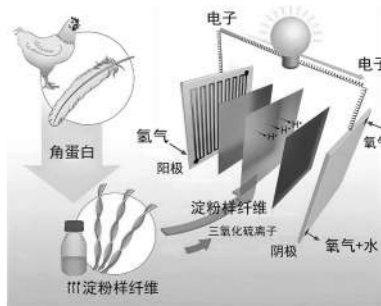
据2月7日《自然》主刊报道,复旦大学纤维电子材料与器件研究院研发出一款新型钙-氧气电池,这款电池可在室温条件下进行电化学充放电,展现出高安全性和较低成本等优势。这款电池主要由3个部分构成:金属钙负极、碳纳米管空气正极和有机电解质。该电池设计时不仅优化了性能和成本,也兼顾了环境的可持续性。与在柔性电子设备中的应用要求。其中,金属钙负极成本较低,且具有较高理论容量;新型电解质在室温下表现出了高离子电导率和稳定的电化学特性,提升了电池的整体安全性。据介绍,这种电池可支持室温条件下长达700次的充放电循环,还能制成柔性纤维并进行编织,用于下一代可穿戴系统的纺织电池。

固态钠电池



近期,美国马里兰大学研究人员开发出一款固态钠电池,这款电池主要由钠超离子导体材料组成,具有高离子电导性和优异的稳定性。大多数钠离子电池都包含液体电解质,存在易燃风险。相比于液态的钠离子电池,固态钠电池使用固态电解质取代易燃的有机液态电解质,可有效提高电池的安全性。据悉,该电池每平方厘米表面能够通过40毫安电流,满足高速充放电的需求。由于海洋中的盐分极其丰富,固态钠电池被视为下一代电池技术,已经进入国内外电池研发人员的视野,为未来快速增长的能源存储需求提供了一种更低成本、更可持续的替代方案。

新型燃料电池膜



家禽产业每年会产生大量的废弃鸡毛等待被焚烧销毁,这不仅会释放大量二氧化碳,还会产生二氧化硫等有毒气体。近期,新加坡南洋理工大学的研究人员表示,他们从废弃鸡毛中提取角蛋白,并将其转化为角蛋白纤维。这些角蛋白纤维可用于新型燃料电池膜中。每个燃料电池的核心都有一层半透膜,它允许质子通过,但会阻止电子,迫使电子通过外部电路,从阳极流向阴极,从而产生电流。据悉,从废弃鸡毛中提取的角蛋白纤维对环境友好,同时,由它制成的新型燃料电池膜比传统燃料电池膜价格便宜了约60%。研究人员表示,这种新型燃料电池膜不仅可以用于燃料电池中,还可以用于水的分解。下一步,他们将探索这款新型燃料电池膜的稳定性和耐用性,并在必要时进行改进。

据外媒报道,俄罗斯空军有关部门负责人在接受媒体采访时表示,俄罗斯新一代战斗机计划于2025年前实现首飞。其中特别提到,为有效提高发现远程弱小目标能力,俄罗斯将为该机装备集成量子技术的新型雷达。

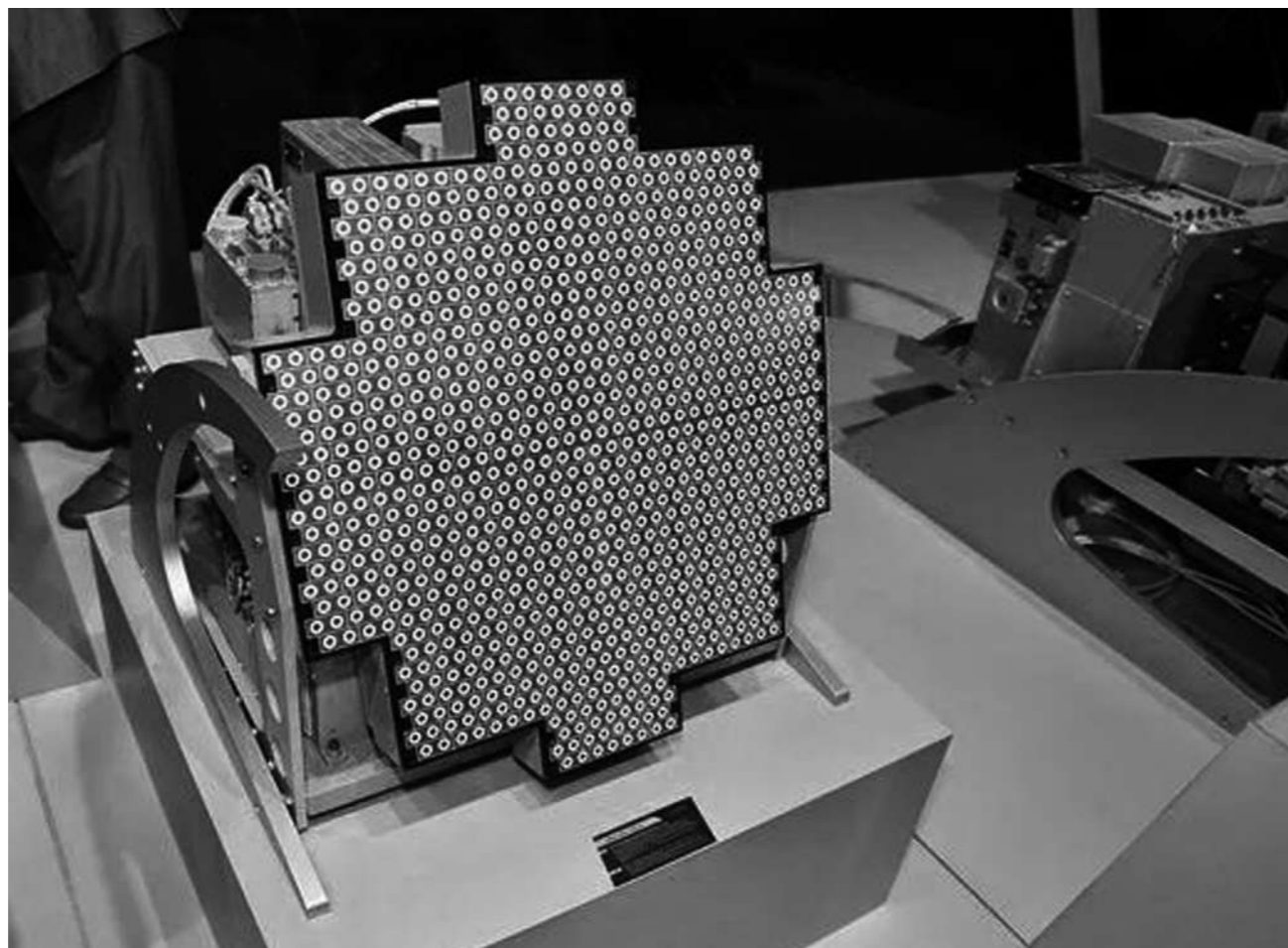
作为一项新的研究成果,量子雷达不仅具备在干扰环境下辨别复杂目标和探测弱小目标的能力,还能通过绘制目标的3D图像确定目标类型。从世界上第一部雷达问世至今,历经数十年的创新发展,雷达技术在

理论及应用等方面都已取得长足进步,广泛应用于社会发展的各个领域,其中在军事领域的应用最具前瞻性、引领性。

但近年来,随着武器装备发展的日新月异,传统雷达探测性能逐渐趋于经典物理学极限,关键指标能力提升难度越来越大。面向侦察与反侦察、干扰与反干扰、摧毁与反摧毁的信息化战场,量子雷达被认为是可以赋能未来战场的利器。那么,什么是量子雷达?它有哪些优点与特长?未来又会以怎样的面貌置身战场?请看解读。

量子雷达:洞察千里的“火眼金睛”

■王宏强 刘康 程永强



高技术前沿

传统雷达与量子技术的“强强联合”

近年来,量子理论与信息科学的结合,带来了量子信息学的蓬勃发展,产生了诸如量子保密通信和量子计算等新理论、新技术。其中,量子技术与雷达探测的“结合”,促成了量子雷达的诞生。

量子雷达是多个学科交叉的前沿课题,学科基础涉及量子物理、电子科学与技术、信息与通信工程等多个领域。

关于量子雷达的内涵,在学术界的诸多文献中有着明确定义——量子雷达是将传统雷达技术与量子信息技术相结合,利用电磁波的波粒二象性,通过对电磁场的微观量子态和量子态操作与控制,实现物体探测、测量和成像的远程传感系统。简单地说,量子雷达就是一种利用量子现象,进行目标状态感知和信息获取的特殊传感设备。

曾有国外媒体报道,量子信息技术的出现,有望大幅提高雷达系统对物体的探测能力,在未来空间探索等领域具有广阔的应用前景。

相比于传统雷达,量子雷达以电磁场微观量子态作为信息载体,进行探测时发射由少量光子组成的探测信号,接收端采用光子探测器进行接收,并通过量子系统状态估计与测量技术,获取回波信号光子态中的物体信息。

也就是说,量子雷达更加关注发射和接收信号的微观特性,主要从“微观”视角观测物体及环境,相当于用一把刻度极为精细的尺子去“测量”,获得我们感兴趣的物体信息。

目前,根据所利用的量子现象和探测信号形式以及信息获取方式的不同,量子雷达可以分为3种——

量子纠缠雷达。这种量子雷达探测目标时,发射纠缠的量子态电磁波,发射机发射信号光子探测物体,“备份”光子保留在接收机中。如果物体将信号光子反射回来,那么通过对信号光子和“备份”光子纠缠测量可以实现对物体的检测。也就是说,通过测量那些并没有“看见”物体的光子,就可以告诉我们物体的样子。当前,量子纠缠雷达范畴主要包括干涉量子雷达和量子照射雷达等。

量子增强雷达。这种雷达使用光子探测器接收回波信号,利用量子增强检测技术提升雷达系统的性能。目前该技术在激光雷达、太赫兹雷达中已开

展较为广泛的研究。此外,量子增强雷达还包括基于高精度时频基准传递的量子增强阵列雷达。

量子衍生雷达。这种雷达从量子物理理论发展而来,可以显著提升传统雷达系统的性能,但其并不依靠真实量子物理体系来实现,目前量子衍生雷达在雷达成像领域发展较快。

在继承中发展,在发展中创新

雷达技术诞生于20世纪初,在二战期间获得应用。在雷达用于探测飞机之前,人们采用声音探测器来提供预警,但其最大工作距离非常有限。

1903年,一位德国人设计了一种发射-接收系统,成功探测到物体反射回来的电磁波,由此他研制了一种无线电波定向探测的设备,并申请了专利。自那以后,人类便开始长期致力于雷达的探索与研究,并逐渐拓展雷达在军事领域的应用。

世界上第一部作战雷达是英国“本土链”雷达,其作为第一个完整的防空系统,在战争中可有效预警来袭飞机,表现出色。1940年,美国麻省理工学院建立了辐射实验室,主要从事雷达研究。雷达也因为其在二战期间发挥的重

要作用,被誉为“拯救与改变了世界的发明”。

在二战结束后的数十年间,雷达技术在航空、航天、航海等诸多领域获得了重要应用,同时由于局部战争刺激和科技进步,雷达技术也不断向前跨越式发展,相继出现了相控阵、脉冲多普勒、合成孔径等雷达,在军事和民用领域发挥着广泛的作用。

在雷达技术不断发展与进步的同时,其面临的威胁也越来越多,特别是电子干扰、低截获材料等技术的发展,使传统雷达探测性能急剧下降。在大量的科研实践中,人们发现,基于物体在收到光子信号后可以改变物体的量子特性这一原理,量子雷达可以探测到物体极弱的散射回波,且不易受到干扰。于是,量子雷达开始成为国内外诸多机构竞相研发的重点。相对于传统雷达,量子雷达与之具有明显的不同。

——信息载体与信号体制不同。传统雷达基于电磁波的波动性,通过对被探测体在时域、频域、极化域等方面进行调制与解调,以获取被探测物体的信息;量子雷达则更加注重电磁波的粒子性,尤其是利用量子纠缠等特殊量子效应,获取更为丰富的信息。

——信号处理手段与信息获取方式不同。传统雷达的信号检测机理大多是基于信噪比最大准则,利用回波信号宏观的相参特征实现参数估计;量子

雷达通常不需要复杂的信号处理过程,而是利用精准的量子测量手段,从回波中“测量”出携带的信息。

——发射机与接收机结构和器件不同。在量子雷达领域,量子效应将导致传统器件无法有效工作,这就需要研制出符合量子电动力学规则的量子器件。

尽管量子雷达与传统雷达确有诸多不同,但从本质上来说,量子雷达仍属于传统雷达探测与成像的理论体系范畴。换言之,量子雷达是对传统雷达技术的继承、发展、补充和创新,而不是简单的颠覆、取代和淘汰。

量子雷达或将改变未来战场

量子雷达被誉为未来战场洞察千里的“火眼金睛”,“看得清”更“看得远”。

量子雷达“看得清”。量子雷达可超越经典成像系统的衍射极限,获得分辨率很高的物体图像信息,能够在复杂背景噪声干扰中,快速精准地辨别出探测目标。

量子雷达“看得远”。根据相关学者研究,量子雷达在发射较低功率信号的情况下,对远程目标的发现距离可大幅提升,理论上探测距离可达上千公

里。举例而言,在未来的空中战场上,使用量子雷达就好比加装了“千里眼”,能够在千里之外,对敌方目标的一举一动了如指掌。这对于未来战机稍纵即逝的战场,胜负其实已经立判高下。

量子雷达“看得清”“看得远”背后,是其具备传统雷达无法比拟的优势和潜力——

系统灵敏度高。在量子雷达系统中,噪声来源主要为接收系统器件中短电流引起的散粒噪声以及外部环境带来的热噪声,这些噪声统称为量子噪声。与传统雷达接收机相比,量子雷达接收系统具有极低的噪声基底。同时,量子雷达能够解决传统雷达在低可见目标探测方面的问题,量子雷达的特性使雷达对削弱的回波信号解析能力大大增强。

成像分辨率高。传统雷达成像与量子雷达成像本质上讲都是对电磁场所携带信息的提取,但二者获取物体信息的物理机制不同。传统成像技术建立在电磁场的确定性理论模型之上,利用电磁场的一阶关联信息,通过记录辐射场的光强或相位分布获取物体的图像信息;而量子成像技术则建立在电磁场的量子统计不确定性理论之上,利用了电磁场的高阶关联信息,通过辐射场分布的强度、相位的空间统计特性获得物体图像信息,因而量子雷达可以获得超越传统雷达系统衍射极限的成像分辨能力。

抗干扰能力强。传统雷达系统使用经典物理原理来发送和接收电磁波,通过分析返回的信号来检测目标的位置和速度,而量子雷达则利用量子叠加态和纠缠态等量子效应,以实现更高的精度和隐蔽性。量子雷达可以通过将目标与特定的量子态进行纠缠,然后发送这些纠缠态的光子来实现探测。由于纠缠态的特殊关联性质,量子雷达系统在探测目标时具有更强的抗干扰性,同时使得目标更容易被探测到。

重量轻功耗低。量子雷达通常所需回波光子数少,可以有效降低整个雷达探测系统的功耗。将量子雷达应用于无人机、卫星等低功率搭载平台,有望大幅提升轻型平台的探测性能。

现如今,量子雷达逐渐进入人们视野,在未来战场或将发挥重要作用,但当前量子雷达工作体制、物体探测与成像等诸多机理性问题仍不完全明晰,相关理论、技术、系统的研究方兴未艾,理论研究成果与实际系统应用还有一定距离,诸如微观量子态的制备与检测、量子系统信息获取问题等距离真正落地尚需时日。

(王越整理)

上图:俄罗斯ZHUK 35 3D(FGA-35 3D)雷达系统,是一款集成了量子技术的新型雷达,可以绘制远端目标的3D图像。资料图片

造福人类的超声波

■龚诗尹 赵富豪

超声波技术发展的转机,出现在第一次世界大战期间。

当时,德国在战术上使出了“无限制潜艇战”这种杀手锏。一次,德军一艘U型潜艇仅花了75分钟,就连续击沉了协约国的3艘装甲巡洋舰,造成了重大损失,而那艘潜艇连影子都找不到。

协约国立即投入大量的人力和物力,开展针对德国U型潜艇搜寻方法的研究,然而磁学、光学、热学的各种方法都试过了,始终劳而无功。

就在这紧要的历史关头,一位科学家站了出来。他想到了尘封已久的超声波技术,这个人就是法国著名物理学家朗之万。

这位从巴黎工人家庭走出来的物理天才,在第一次世界大战全面打响后,就投入到反潜作战的相关研究中。他另辟蹊径大胆启用超声波技术,以超声波去探测潜艇并以其回音进行定位。最终,在俄国年轻的电气工程师希洛夫斯基的配合下,他设计出一种带有静电型发射器和碳粒微音器的装置。多次实验后,他们

于1916年接收到了海底的回波信号,以及200米外一块装甲板的回波信号。

在这以后,朗之万重点研究石英的压电效应,并成功研制出了石英钢夹心型的超声换能器。这种换能器产生的超声波不仅工作频率高,而且具有较强的方向性。就这样,1918年,朗之万第一次成功接收到了水下潜艇的回波,而且探测距离长达1500米。朗之万研究出超声波探测潜艇的新技术,可以算是超声波最早的实际应用。

继朗之万开局之后,超声波技术的大门被徐徐打开:1929年,苏联的索科洛夫率先提出用超声波探查金属物体内部缺陷的构想,在几年后他制成了这种设备;1931年科学家默哈舍对超声波探查固体内部裂痕进行研究并申请相关专利;1940年美国的费尔斯通发明了超声波回波示波器,把示波技术引入超声设备中……

现如今,超声波技术在工业、医学、环保等多个领域得到广泛应用并蓬勃发展。

在工业领域,超声波焊接技术可以用于各种材料的焊接;超声波清洗技术可以用于清洗精密仪器零部件;超声波萃取技术可以用于提取植物中的有效成分。

在医学领域,超声波被广泛应用于对人体器官活动情况的检查,具有成像快和安全可靠的特点。比如,B超、彩超等已经成为临床常用的诊断手段。

在环保领域,超声波被用于水质监测和废物处理。研究表明,超声波可以分解掉地下水中的有毒物质,帮助改善水质状况。

超声波技术的发展历史是一个充满探索和创新的过程,听不到的超声波,正在“无声”地影响着人们的生活。未来,随着科技的不断进步,超声波技术的潜力将会被进一步挖掘,为人类带来更多的惊喜和便利。

刻进历史的经典创新



朗之万在实验室。

资料图片

超声波广泛存在于自然界中,是声波的一部分,然而人类却感受不到超声波的存在。这是因为,人类耳朵的感知范围在20~20000HZ以内,超声波的震动频率却在20000HZ以上。

早在19世纪末20世纪初,科学家在研究电、声信号转换时,就已经掌握

超声波的制备技术了。

那时候,法国人皮埃尔和杰克兄弟俩发现了压电效应与反压电效应,发现利用石英、酒石酸等压电性材料可以产生超声波。但在随后的30多年里,超声波并没有受到重视,更谈不上后续的研究、开发和实际应用。