

★

高技术前沿

★

论 见

深度伪造技术(Deepfake)是“深度学习”(Deep Learning)与“伪造”(Fake)的结合体。深度伪造技术最常见的应用是AI换脸。早在20世纪90年代,荣获奥斯卡金像奖的电影《阿甘正传》就采用了原始的“换脸”技术,将美国总统肯尼迪的影像植入影片。他们通过调节其表情和肢体语言,达到以假乱真的效果。

如今,深度伪造技术已成为涵盖视频伪造、声音伪造、文件伪造及微表情合成等多模态智能模拟和伪造的一种技术。它的出现,使篡改或生成高度逼真且难以甄别的音视频内容成为可能,普通受众很难辨别真伪、洞悉真相。

加强对深度伪造技术的风险防范

■张征鸿

深度伪造技术具有软件“傻瓜化”、地址“虚拟化”和自我迭代持续演化等特点。凭借其在图像、音频、视频生成方面的卓越能力,深度伪造技术迅速成为一种新兴技术工具。随着应用的推广,深度伪造技术造假成本低、溯源难度大、仿真精度高,彻底颠覆了“眼见为实”的传统认知。这柄上手便捷、威力巨大的“双刃剑”,其潜在的破坏性和安全风险日益凸显,需要加强对深度伪造技术的风险防范。

从技术层面分析,现阶段深度伪造技术的应对手段至少包括主动干扰、主动取证和被动检测3种途径。

主动干扰技术是指在内容发布前,给将要发布的内容添加保护性的对抗攻击“噪声”。这种“噪声”,人的感官难以察觉,却可以有效干扰深度伪造技术的预处理或生成过程。例如,如果图像或视频中的人脸关键点无法被正确提取,就会导致最终的人脸伪造结果呈现出被破坏的形态,使目标伪造失效。这是一种防患于未然“事前防御”手段,能够从源头上实现对即将发布内容的保护。

主动取证技术则是通过在图像或视频中嵌入可追溯的保护信息,实现对伪造内容的溯源与认证,形成一种亡羊补牢的“事后追责”手段。例如,通过隐写技术或先进的数字水印技术嵌入特殊标记,可以有效标记深度伪造模型生成的内容,并在事后追踪追责使用了相关模型的恶意伪造者。这不仅提升了检测伪造内容的能力,也为遏制潜在的滥用提供了保障。此外,多模态的主动取证方法也已经引起关注,这种方法在视觉和音频素材中同时嵌入保护信息,从而构建起更全面的防御体系。

被动检测技术就是面对疑似伪造视频,通过技术分析手段来判断其是否由深度伪造技术合成,这是对抗日生成和传播的深度伪造成品的最后一道防线。可以利用视频中蕴含的生物信息鉴别真伪。如检查视频中的人物能否像真人一样自然完成眨眼动作,或借助面部光学分析手段监测视频中人物的心率变化是否符合真人的心跳节律等。还可以从其他角度挖掘伪造线索。如伪造人脸的合成过程中,不可避免地需要将人脸重新贴合到目标视频中,这一步骤往往会在人脸周围留下人为融合痕迹,这些融合边界是检测的重点。此外,面部轮廓异常、表情习惯不自然等都是甄别伪造视频的重要突破口。

安全领域矛与盾的对抗无止境。在信息化智能化快速发展的今天,唯有未雨绸缪,才能掌握主动,立于不败之地。

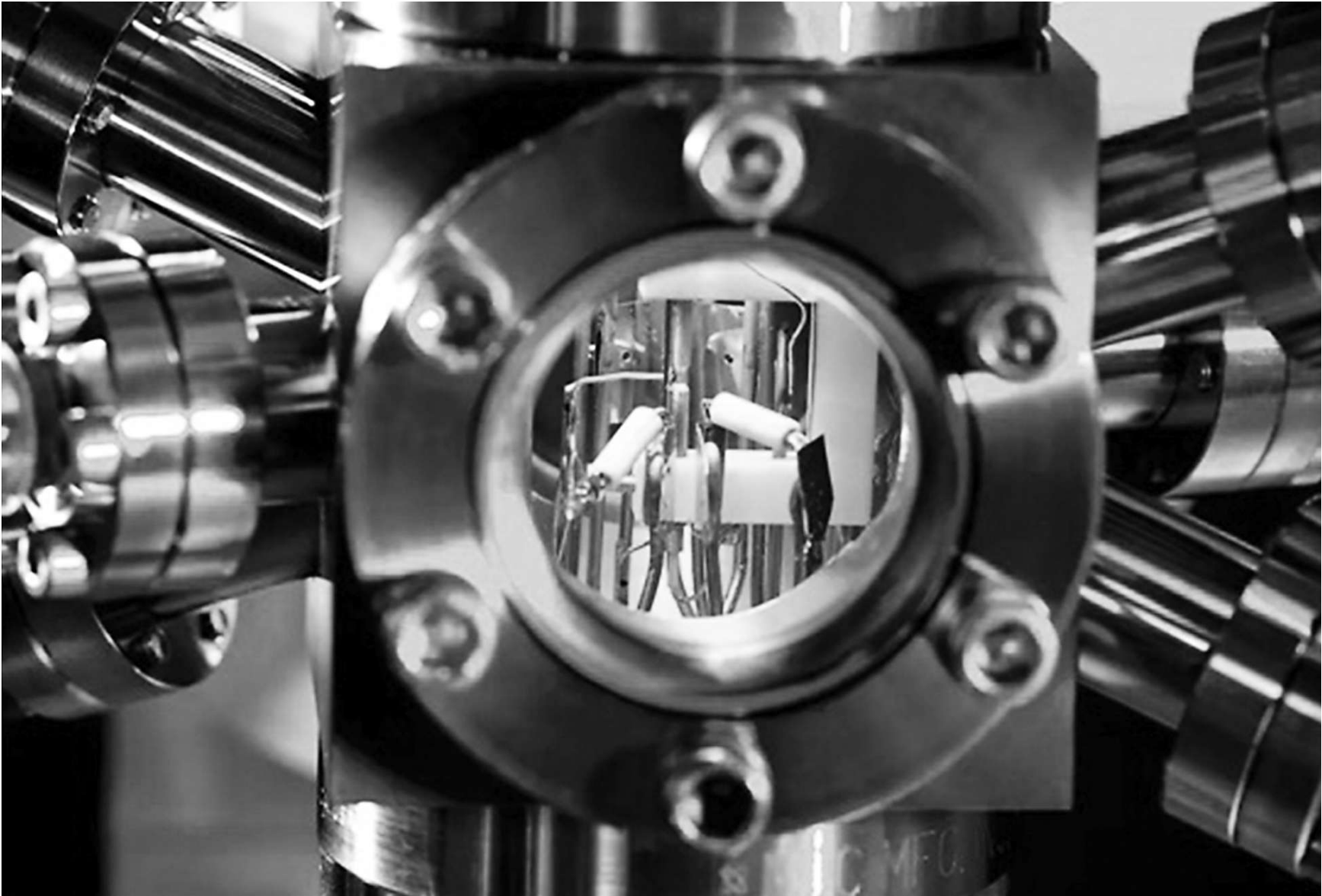
今年初,英国国防部表示,英国国防科学技术实验室正在开发该国首个量子钟(即用量子技术实现的原子钟),以增强军事情报收集和监视能力。原子钟从实验室走向战场,标志着时间精度已成为现代科技与国防的重要竞争力。从导弹精确制导

到卫星组网,从电子对抗到无人作战,原子钟以其“千万年误差不足一秒”的极致精度,成为大国科技博弈的重要内容。

原子钟如何“以时制胜”?围绕原子钟的竞争又如何在世界上掀起波澜?请看本期解读。

原子钟：国防领域的“时间之刃”

■凌晨 贾瑞君 刘雪涛



原子钟让人类可以更加精准地观测时间。

资料图片

人们常用“刹那”形容时间稍纵即逝。将古人的定义进行换算,一刹那约为0.018秒。一昼夜约有1.2万个弹指、24万个瞬间、480万个刹那。这种超越感知与能力的时间定义,是古人对“时间观测”朴素、原始而又浪漫的想象。这同时激发了人类对时间标准的理性思考与科学探索。

历史上,时间单位“秒”曾被定义为地球自转一周所用时间(太阳日)的1/86400。随着科学技术的发展,科学家发现地球自转并不稳定,太阳日在一年中并非完全相同。于是在1956年,基于地球公转规律,国际单位制“秒”被修改为地球公转一周时间的1/31556925.9747。这一定义在1960年第11届国际计量大会上批准通过。然而,地球自转不稳定所引起的时间测量误差,并未被地球公转所克服,同时地球公转还存在难以复现的问题。

想要更精准地观测时间,离不开原子物理与量子力学的发展。

原子是构成物质的基本单位,其结构可以分为原子核和核外电子。核外电子围绕原子核运动,并遵循着量子力学规律,分布在不同的电子轨道。想象一下,原子的内部有很多不同的“台阶”,电子可以在台阶之间相互跳跃,这种跳跃被称为量子能级跃迁。当跃迁发生时,电子从一个台阶跳到另一个台阶,如同宏观世界的钟摆,发出稳定的“嘀嗒”声,辐射出频率极其稳定的电磁波。

不同种类原子具有独有的振荡频率,当原子处于这一频率的电磁辐射下,原子内部绕轨道运行的电子将发生量子能级跃迁。基于这一量子现象所设计的原子钟,可以通过测量能级跃迁所发出的电磁波定义时间。

20世纪40年代末,美国国家标准局成功研制氨分子钟。1955年,英国国家物理实验室研制出全球首台铯原子钟,标志着人类正式进入原子钟时代。与传统基于天文现象的时间测量方法相比,原子钟不会因为地理位置或时间的变化而发生改变,表现出更好的一致性和稳定性。

1967年,第13届国际计量大会采用原子时间来定义“秒”,即:在无外界干扰的条件下,铯原子133同位素基态的两个超精细能级间跃迁周期的9192631770倍。直到现在,“秒”的定义仍由更为先进的铯原子喷泉钟保持。

制胜现代战场

时间精密测量是武器装备现代化效能提升的基石。作为核心支撑,原子钟具有极高的测时精度,能够显著提升武器装备的协同性、精准性和自主性,具有重要战略作用。如今,原子钟已广泛应用于军舰、飞机和导弹等装备,成为武器装备现代化进程中不可或缺

“时间心脏”。

——导航定位与精确打击。传统弹道导弹的导航系统高度依赖惯性导航与卫星定位信号。在战争环境中,卫星信号很容易遇到电子干扰、信号丢失或欺骗攻击等情况,导致弹道导弹的精准性和稳定性受到影响。例如,最快的洲际导弹飞行速度可达8800米/秒,当全球定位系统信号受干扰时,即使只有0.3秒的偏差,其打击精度也会偏离目标约3千米。原子钟的引入为导弹提供了超高精度的自我时间同步能力,即使在全球定位系统不可用的情况下,导弹也能实现精确导航与定位。

美国的GPS卫星导航系统采用铯原子钟与铷原子钟结合的方式,性能稳定且精度很高。俄罗斯从20世纪80年代的格洛纳斯卫星导航系统起步,早期搭载铯原子钟,如今已迈向氢原子钟时代,其GLONASS-K2系列卫星的氢原子钟稳定性达 $1\times10^{-14}$ /天。欧盟的伽利略系统则以铷原子钟和被动型氢原子钟为主,追求更高精度与可靠性。原子钟技术的发展不仅推动了各国卫星导航系统的升级,也为精确制导提供了坚实的时间基准,彰显出原子钟在现代军事应用领域的关键支撑作用。

——高精度时间同步。大战前夕,为方便统一行动,军人们总会提

前对表,校正时间。在现代战争中,原子钟已经取代了基于机械表的时间同步仪式,让战争机器的齿轮在分秒不差中运转。尤其是在军用通信数据传输中,原子钟可以提供超高精度的时间同步,极大提高军用通信系统的可靠性和安全性。美国的“军事星”卫星通信系统就搭载了高精度原子钟,为军事通信提供着可靠的时间基准。

原子钟凭借其卓越的高精度时间同步性能,在军事领域的应用延伸至多个方面,应用范围涵盖电子对抗、网络安全以及导弹防御等多个关键领域。在电子对抗领域,原子钟的高精度时间同步能力可显著提升干扰与抗干扰的效能;在网络安全领域,原子钟能为加密通信提供更为可靠的时间基准;在导弹防御领域,原子钟可以有效提高预警系统的响应速度和精确度。原子钟正逐渐成为现代武器系统中不可或缺的核心组件,为各类作战平台提供至关重要的时间支持。

——原子钟小型化和便携化有望进入战术应用。高精度且可搬运的原子钟以及小型化甚至芯片级的原子钟装备,可以提供可靠而稳定的时间来源,确保在各种复杂环境中都能精确授时。进入21世纪,随着芯片级原子钟的问世,导弹制导精度大幅提升。美国国

家标准与技术研究院利用原子的相干布局囚禁原理研制的CPT原子钟甚至比一粒米还小,能够部署于卫星、导弹、战舰等多种平台,极大提高武器的定位精度。如今,军用原子钟正沿着更高精度、更小体积、更低功耗的研究方向快速发展。

2022年,美国新研制的舰载光钟,突破了高精度光钟对整体尺寸、复杂海洋环境敏感性等关键难题,并在太平洋海军舰艇上连续工作20天。其性能可与实验室级的铯原子钟相媲美,显示出巨大的军事应用潜力。

博弈时间主权

面对原子钟的巨大军事潜力,世界主要军事强国纷纷加大投入。

美国国防高级研究计划局(DARPA)正在开发新一代原子钟,计划将其集成到军事系统中。这种新型原子钟不仅精度高,而且体积小、重量轻,可以部署在战斗机、潜艇等作战平台上。2022年,DARPA发布了强韧光学时钟网络计划,研发可在实验室外运行的低尺寸、低重量、低功率的光学原子钟,精度和保持率方面超过目前最先进的原子钟。

欧洲各国则采取联合研发的策略,均取得了不错的成果。2022年6月,法国国防采购机构宣布开发新一代超小型高性能原子钟,以维护法国导航定位、精确制导和加密军事通信等方面的技术主权。2025年1月,英国国防部宣布其国防科学技术实验室正利用量子技术研制“革命性”原子钟以增强军事行动的安全性,其时间测量误差在数十亿年内仅为1秒。2025年1月17日,据国际顶级期刊《物理评论快报》报道,德国国家计量机构在光学原子钟领域取得重大突破,开发新型离子晶体光学原子钟,不确定度可达小数点后18位以上,创下新的世界纪录。

为追赶国际先进水平,俄罗斯同样不甘示弱。俄罗斯正在研制新型原子钟,以提高其格洛纳斯导航系统的定位精度。俄罗斯还在探索将原子钟应用于导弹预警系统,以提高预警速度和精度。

从导弹飞行轨迹的精准校正到卫星组网的时间协同,原子钟以“纳秒之精”成就“千里之准”,已成为现代军事技术的重要支撑和国家安全的重要保障。可以预见,随着原子钟技术的不断进步,其在军事领域的应用将更加广泛,对现代战争的影响也将更加深远。

新型温差发电材料——

便携式“热电塑料”

■苏泽浩 石 涛

在很多人看来,塑料是不能导电的。实际上有种塑料不仅能导电,且具有热能和电能相互转换的能力,这种塑料被称为导电聚合物。

中国科学院研究团队开发出一种能在微小的温差作用下把热能转化为电能的新材料——“聚合物多周期异质结”(PMHJ)。这种新材料利用两种不同聚合物构建周期有序的纳米结构,其中每种聚合物的厚度均小于10纳米,两种材料的混合界面仅为2个分子层的厚度。

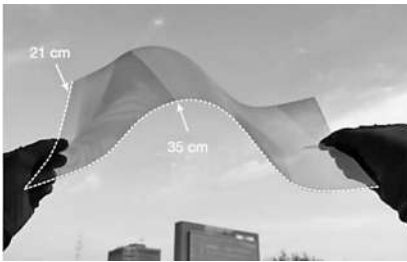
相较于普通的聚合物薄膜,PMHJ薄膜更接近“声音玻璃—电子晶体”的理想模型,有望大幅提升材料的热电

性能。研究人员发现,当PMHJ薄膜被氯化铁掺杂后,其在368开氏度下的热电优值达到了1.28,热电性能也与商业热电材料的室温区热电性能相当。这一成果解决了有机热电领域长期面临的低热电优值的困境,打破了以往对聚合物热点材料性能提升的认知局限,为塑料基热电材料性能性能的持续突破提供了新路径。

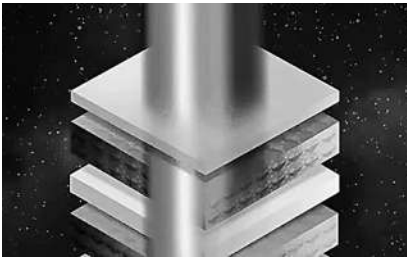
展望未来,PMHJ结构的优异普适性和加工兼容性,使其在柔性供能器件领域展现出应用潜力。人们可以将其编织成塑料纤维,变成可以控制温度的服装,进而推动可穿戴设备和能量收集技术的发展。

★

新成果速递



新型温差发电材料。 资料图片



新型吸光发电材料。 资料图片

新型吸光发电材料——

钙钛矿“发电涂料”

■晁储浩 乙鹏程

英国牛津大学科研人员研发出一种微薄的光吸收材料。这种材料厚度接近1微米,比传统的硅片薄近150倍,且使用灵活,几乎适用于任何建筑物或物体表面。无需使用硅基太阳能电池板,将这种新型发电材料涂在背包、汽车和手机等日常物品的表面上,就可产生太阳能电力。

该材料的太阳能涂层由钙钛矿制成。与目前广泛使用的硅基太阳能电池板相比,钙钛矿吸收太阳能的效率更高。这种采用多结构配置的薄膜钙钛矿材料,可以将多个光吸收层堆叠到一个太阳能电池中,

捕获的光谱范围更广,相同的光照下产生的电力更多。经过验证,钙钛矿材料能源效率超过27%,首次达到与传统的单层发电材料(即硅光伏)性能相媲美的程度。

与通常应用于硅板的现有光伏技术不同,这种钙钛矿涂层可应用于更广泛的物体表面,减少使用硅板或占用大规模土地建造太阳能发电场的需求,从而降低太阳能成本,产生更多经济高效的可持续再生能源。

当前,使用新型吸光发电材料面临的主要问题在于其稳定性不高,涂层的使用寿命较短,这也使得该项技术暂时难以商业化。