

在党的二十大精神指引下

科技访谈录·量子信息

推开量子世界的大门

——对话军事科学院国防科技创新研究院副研究员徐馥芳

■本报记者 贺逸舒

量子之美,美在未知

记者:习主席在党的二十大报告中,把量子信息列入新时代十年重大科技创新成果之一。量子信息是什么?它和我们经常提及的量子科技有什么关系?如今我国在量子信息领域都取得了哪些重要成就?

徐馥芳:量子信息是量子物理学和信息科学交叉催生的技术领域。它利用微观体系的量子效应,实现信息的高灵敏感知、安全传输和高速处理。量子信息主要包括量子通信、量子计算和量子精密测量等3个典型技术分支。

量子科技是一个更宏观的概念。它指的是量子力学建立后催生和发展起来的一系列科学与技术。随着量子信息技术的发展,量子科技发展进入新阶段,第二次量子革命兴起。这是一次巨大的飞跃,直接或间接改变和提升着人类获取、传输和处理信息的方式和能力。

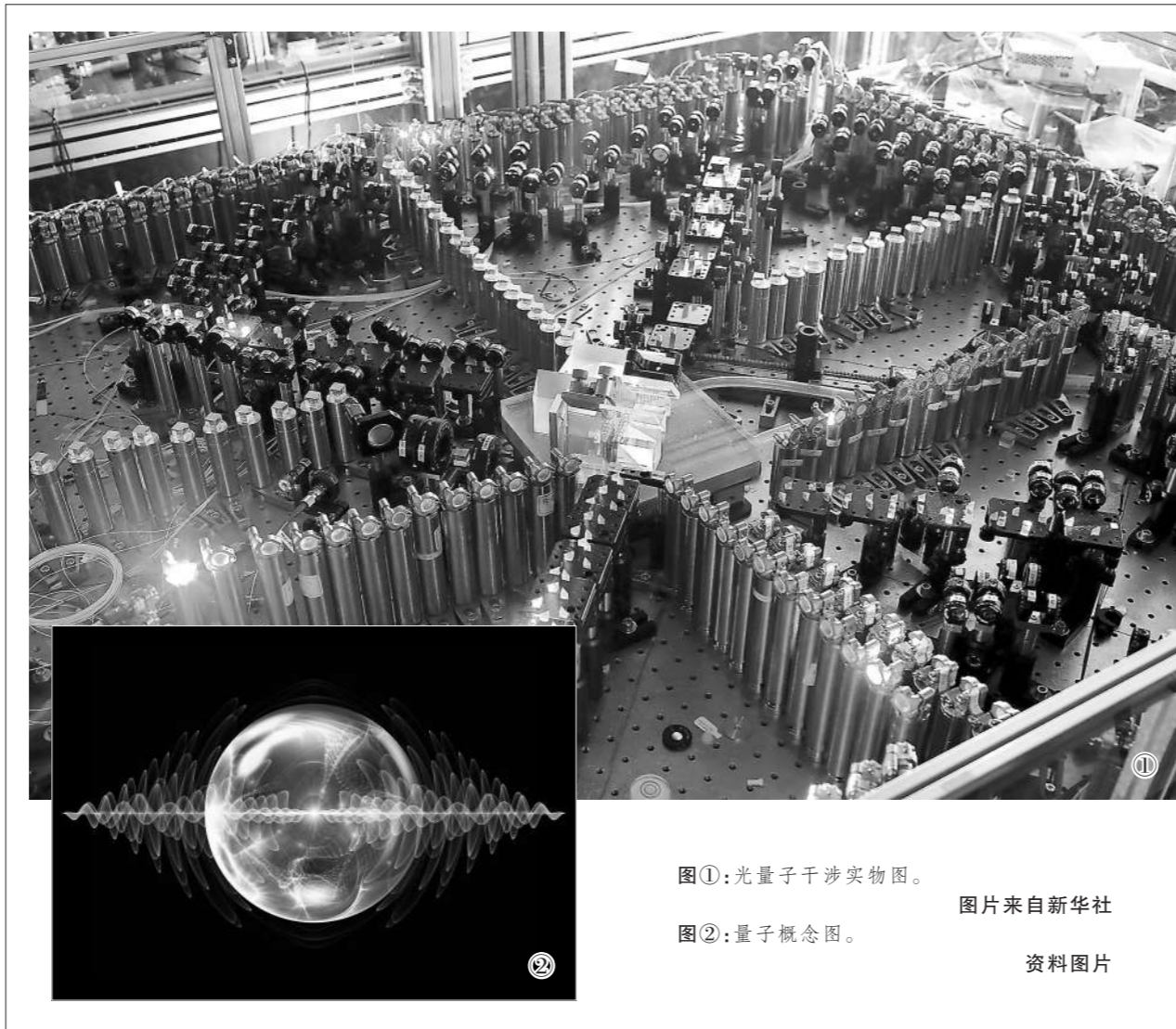
近年来,我国在量子信息领域取得了许多重大成果。在量子通信领域,我国实现了光纤量子保密通信应用演示与验证的“京沪干线”,成功发射了“墨子号”量子卫星;在量子计算领域,我国实现了“九章”光量子计算原型芯片和“祖冲之号”超导量子技术原型系统;在量子探测领域,我国多个单位研制的冷原子干涉重力测量样机在国际重力比对试验中都取得了优异成绩,针对水下目标探测的量子磁力探测样机已经针对典型场景开展了测试,等等。

记者:我们知道,量子力学是描述微观物理世界的理论。在您的眼里,又或者是在您的想象里,量子世界有多美?

徐馥芳:量子世界之美,在于它的神秘与未知。在量子的概念提出之前,我们对微观世界的认识,往往基于对宏观世界的理解之上。受到物理学自身限制,我们无法直接观测微观世界,甚至借助光学、电子显微镜等也只能观测到皮毛。如今,了解过量子测量的我们都知,量子测量会对被测量子系统产生影响;处于相同状态的量子系统被测量后可能得到不同的结果。这种因果颠倒的试验结果听起来近乎玄幻,也是诸多科学家无法用经典物理学理论解释黑体辐射实验的原因。

在量子世界,很多经典物理学中不存在的物理状态变得可能。量子力学直接颠覆了我们对整个世界的认知。一个全新的世界在我们面前徐徐打开,太多的未知等待着我们去探索。这怎能不令人欣喜?

如今,还有许多物理现象难以被我们理解,比如量子隧穿、电子自旋、电子轨道跃迁;单电子自身干涉、测量导致的坍缩、共轭物理量无法同时精确测量(海森堡测不准原理),等等。这些都是量子世界里的一扇扇神秘的“大门”,一



图①:光量子干涉实验图。

图②:量子概念图。

图片来自新华社

资料图片

旦打开走进,里面可能是一个更加幽远深邃的“洞天”。

但是,量子世界的神秘,或者说对量子世界的疑惑,并不足以使我们怀疑量子力学。量子力学的一部分已经得到实验验证,基于量子力学发展起来的科学与技术,已经极大地改变了我们的社会,并将继续服务于人类社会生活。

对未来世界的影响,将远超你的想象

记者:有句俗话说,“遇事不决,量子力学”。量子似乎已经走进了人们的日常生活,又似乎还很遥远。您怎么看?

徐馥芳:很多时候,我们会觉得量子力学离我们很远。这一略带神秘、略显高深的学科,告诉我们微观世界中存在一些超导、超流、纠缠等神奇的量子效应,一般人很难理解。虽然一直都在说量子科技正在走进我们的生活,但是这一过程,往往以基础科学的形式在起作用。量子力学指导和推动了电子技术和信息技术的发展,但是我们的科学家、工程师和用户并不一定需要对量子力学懂太多。传统的学科还在将技术进一步推向前沿,仍有在不引入量子力学的情况下的进步空间。或者更直白

地说,期望改变世界的量子信息技术,目前许多还停留在实验室阶段或者初步应用阶段,有待进一步突破。

另一方面,量子力学其实离我们也很近。我们周围的物质,包括我们的身体和大脑都是由原子分子构成的,它们在微观上遵守的是量子力学的规则。我们享受的现代科技产品,手机、电脑等都是量子力学指导的产物。近年来,随着量子信息技术的快速发展,量子通信、量子计算、量子精密测量领域都取得了一些重大进展,相关的科技产品正在加速走进我们的生活。

当然,我们更需清醒地看到,量子技术在向世界展现出其强大能力和发展潜力的同时,也面临巨大挑战。这其中,不仅有来自对量子态的长时间维持和精确调控等人类改造世界能力的挑战,更牵扯到物理学基础理论等人类认识世界能力的挑战。也许,还需经过漫长的时间,有新材料、新机理等特殊契机出现后,量子技术才能真正向世界显示其威力。

记者:请您设想一下,量子信息技术会给我们的未来生活带来怎样的改变?

徐馥芳:量子信息技术对未来世界的影响,将远超你的想象。在量子信息技术的3个分支中,量子精密测量和量子通信发展相对成熟,已经从实验室“飞入寻常百姓家”。而难度最大的量

子计算,发展仍处于早期阶段,距离商用普及仍有较长距离。我们乐观估计,还要20年以上的时间才能实现。

量子计算是量子信息技术中最综合的一个技术分支,也是对信息技术冲击最大的一个分支。从算盘时代发展到冯·诺依曼架构的电子计算机时代,人类社会发生了翻天覆地的变化。从经典计算机到量子计算机,“量子比特”取代了经典的“比特”,量子计算机在理论上具有秒杀所有传统计算机的计算能力。可以想象,一旦通用量子计算机发展起来,人类社会又将再次经历巨大变化。网络安全、大数据和人工智能、化学生物制药、金融工程、智能制造等领域都将因为量子计算机的巨大信息处理能力,发生颠覆性改变。

体管、激光等重大发明。近年来,以量子计算和量子通信为代表的第二次量子革命兴起,极大地影响和改变着人类的生活。

本期科技访谈录,我们邀请到军事科学院量子技术方向学科带头人、国防科技创新研究院前沿交叉技术研究中心副研究员徐馥芳,请他谈一谈神奇的量子世界,展望量子科技发展的宏伟未来。

位。我还清楚记得,大家刚来到单位的时候,办公场地都是临时借用的,第一份项目申报书,是在临时租借的宿舍中完成的。但大家都没有被这些现实困难吓倒,科研经费有限,就省吃俭用买设备买器件;团队人才短缺,就想想方设法引进、培养青年人才……几年时间过来了,我们的团队已经相对稳定成熟,科研条件有了很大改善,也取得了不少研究成果。

回顾这段从零起步的创业历程,我最大感触是,我们这一代科研人员赶上了一个好时代。在国家高度重视科技创新的大背景下,在党中央和中央军委的相关政策扶持下,在军事科学院良好的科研氛围下,我们团队可以瞄准一个目标,心无旁骛地共同努力。在这种环境下,拼搏也成为内在的自发本能。

记者:您认为,研究量子技术和其他科学技术有什么不同?研究量子技术需要怎样的科学精神?

徐馥芳:由于量子物理的概念与宏观世界完全不同,从事量子技术研究需要经过科学的系统训练,接受其独特的逻辑和技术方法。量子力学是一门完备的、严谨的科学。没经过系统训练,利用学习到的部分量子概念,结合自己的现实经验看待或处理问题,很容易走入歧途,产生错误观点。

现在社会上对量子技术存在着两种极端理解:一种是认为量子技术是骗子技术,所有的都是假的,不认可量子力学的正确性,或者认可量子力学但不认可量子技术;另一种认为量子技术是万能的,会彻底颠覆现在的电子技术和信息技术。这两种理解毫无疑问都是错误的。量子力学是一门基础学科,我们需要理性认识基于量子力学发展起来的量子技术,尤其是方兴未艾的量子信息科学。它是一门全新的交叉学科,它的发展将成为我们传统信息技术的有力补充,并成为信息技术深化发展的基础。

从我长期从事量子技术的经历来看,我认为,研究量子技术,一是需要科学严谨的态度,能够严格依据量子理论进行推理和验证,进行试验设计和现象解释;二是需要前瞻的洞察力,量子世界的现象和规律与我们熟悉的经验世界完全不同,对研究中碰到的问题,必须敢于大胆假设,勇于创新,小心求证;三是需要持之以恒的韧劲,在研究量子信息技术时,科学难题和工程技术难题同在,很多时候在短期内都难以有重大应用成果。中国古人常讲“十年磨一剑”,但在这个领域,有可能十年都难磨一剑,所以必须静下心来埋头苦干。

在科学研究上,有时看似下的是慢功夫,实则走的是快车道。量子技术是一门非常前沿且深奥的学科,目前虽然已经有了一些研究成果,但还有更多的“无人区”等着我们去探索。当我们与世界同行站在同一起跑线上,有没有勇闯科技“无人区”的胆识,决定了我们未来能走多远。

文字整理:张志华 栏头设计:贾国梁

科技云

■本期观察:段生福 赵文环 张校尉

精准投药杀菌——DNA纳米机器人

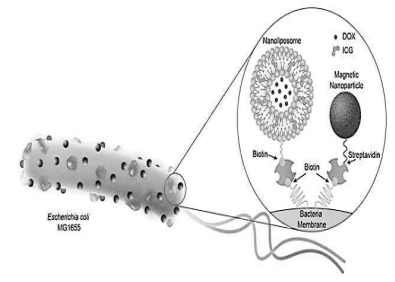


近期,纳米材料领域顶级期刊《纳米视野》发表了一项中国科学家的最新研究成果——DNA纳米机器人。该机器人模型由来自中国科学院和安徽大学的联合团队构建而成,是首个可非线性云集“围攻”生物靶分子的智能纳米机器人模型。

DNA纳米机器人拥有自我识别、结构开合、靶标捕获等“自主意识”。其形状类似夹爪,大概有100个左右的核苷酸长。由于核苷酸自身作用力和序列的可编程性,再结合DNA合成和修饰等技术,使得机器人可以更好地进行药物靶向递送。进入人体后,能根据人体内的不同情况做出相应的变化。

研究人员表示,可以利用这款机器人的导向作用,精准给人体内的单个细胞递送药物,从而改变以往只能通过血液循环输送药物的局面。技术成熟后,还能通过它来做一些更加精细的工作,例如进行超灵敏诊断等。

有望治疗癌症——生物混合机器人



不久前,《科学》杂志子刊《科学进展》发表文章称,德国一家智能系统研究所将机器人技术与生物学相结合,构建出一款生物混合机器人。

大肠杆菌可在高黏性液体中游弋,且具有极强的传感能力。研究小组发现,将纳米脂质体连接到单个大肠杆菌上,可进一步增强这一“超能力”。运用此技术构建的微型细菌混合机器人集结在肿瘤所在位置,受到红外激光照射时,会产生温度达到55℃的光线,从而融化脂质体的熔化过程并释放出其内部封装的药物。此外,酸性环境也会让药物自动释放到肿瘤附近。

研究人员认为,未来的生物混合机器人或能更有效地与癌症作斗争。将机器人注射到癌症患者体内,可以精确地将粒子导向肿瘤,以微创无痛、毒性最小的方式,在癌变位置发挥治疗作用。

智能辅助手术——膝关节手术机器人



随着外科手术技术的发展,机器人手术也慢慢进入骨科领域。不久前,一款国产膝关节手术机器人成功问世,填补了相关领域机器人的空白。

操作过程中,需要先对患者进行CT扫描数据导入电脑进行建模,系统会为医生提供完整的患者骨骼信息、精准三维重建、模拟手术预演等,然后辅助医生制定精准、个性化的规划。最后,利用一体化刀臂辅助截骨,在高精度导航下自动运行至截骨平面实施手术。

全膝关节置换术是目前治疗终末期膝关节骨关节炎的经典手术。有研究指出,这款机器人辅助下的人工膝关节置换术,能更好地减小人工膝关节磨损,延长使用时间,避免患者二次手术。日前,全国首台国产机器人膝关节置换手术已经成功开展。

“甜蜜”的曲面打印技术

■黄辛舟 王祥嘉 赵守创

新看点

微缩印刷技术是一种将百万分之一到十亿分之一米宽的精确、微小的图案放置在表面上,以赋予它们新特性的过程。这种技术是半导体芯片、微图案表面和电子产品的有力支撑。通常情况下,由金属和其他材料制成的微电路图案可以直接印刷在普通的平面硅片上。近年来,随着半导体芯片和智能材料技术的发展,这些复杂而微小的电路需要印刷在各种非常规的基面上。

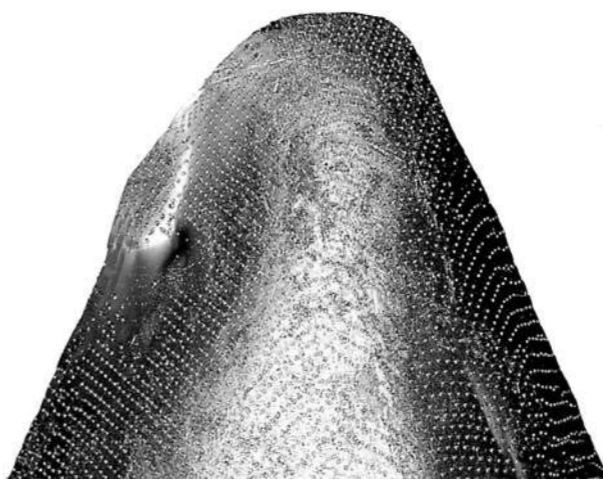
非平面基片上进行高技术操作,需要将最初的平面微加工设计转移到这些材料上。尽管如今的转移印刷技术已经能够将微结构转移到常见的各种软质或轻微弯曲的基底上,但距离精确转移到更普遍更复杂表面的目标还相差甚远。

近日,《科学》杂志发表文章称,有国外科学家研究出一种利用糖在共性表面上转印的方法。科研人员通过“回流驱动柔性转印(REFLEX)”技术,将蔗糖和玉米糖浆溶解在少量水中,然后浇灌在平面的微型图案上。等水蒸发后,蔗糖就会变硬,微电路自然而然地嵌入进硬糖块上。将其转移到新的表面上融化,接着用水将糖冲洗掉,便只留下图案。因为蔗糖和玉米糖浆

的组合在融化时仍然可以保持高黏度,图案在流过曲面和边缘时能够保持其结构布局,如此便能轻松实现“完美转印”。

新研发的“回流驱动柔性转印”技术不仅看起来足够新奇酷炫,也兼具实用价值。据介绍,它可以把电路精确转移到曲率超大的目标表面上,包括各种尖锐或弯曲的物体。未来,这种技术或将为电子、光学和生物医学工程等领域提供新的可能。

目前,国内外的转印微缩技术主要通过固体或液体转印介质传输微图案或结构。固体转印介质有助于精确放置和对微结构进行稳健的宏观处理。然而受限于变形程度,它们无法在高曲率基板或微结构上实现“保型”转



转印至指尖上的微电路示意图。

资料图片

移。液体转印介质可以提高整合性,却会影响放置精度。因此,如何实现在新的、非传统的、非平面的表面转印是该领域面临的主要难题。

随着社会的发展和科学技术的进步,相信在不久的将来,转印微缩技术

将更加完善、适用范围会更加广泛。到那时,微电路将可以在任何曲率的表面实现“无差别转印”,芯片的性能也将得到跨越式提升;亚细胞大小的生物医学探针、药物输送载体将会被医学领域广泛使用……