

●它突破自然规律限制,物理特性超常 ●它基于数字编码,结构新奇,设计灵活 ●它在隐身、战场感知等方面应用前景广阔

国防科技大学文理学院教授杨俊波为您讲述——

数字超材料:超乎你的想象

■本报记者 王撰文 通讯员 毛元昊 朱晰然

科技云

科技连着你我他

■本期观察:周宇恒 梁晨 刘常春

适应性强的3D雷达系统



3D雷达,即通过机械扫描、电扫描的方式获取相关目标三维坐标的一种雷达。它对引导作战起着关键作用,所采用的平面阵列天线是其重要标志。

近期,西班牙的英德拉(Indra)公司为泰国空军提供了兰萨(Lanza)3D预警雷达系统。该型号雷达系统的硬件设备和软件功能,采用了完全模块化技术和可扩展架构,是目前最先进的3D雷达系统。其平面阵列天线由40个水平天线单元构成,每个单元都自带信号接收装置,依托精密调控获得反馈信号的相关数据。其驱动天线阵列具有32个全固态发射组件,通过1个高速波束转换系统来完成相位控制。该款雷达能适应复杂条件下的操作需求,可在任务中通过让波束长时间的聚焦来锁定特定目标,从而具备应对空中多种挑战的功能。

机动灵活的无源雷达系统



无源雷达,是一种不用发射机发射能量而靠接受受测物体或他源反射的微波能量探测目标的雷达。它有天线和灵敏度极高的信号接收装置。

前不久,德国亨索尔特公司向大众展示了新型Twinvis无源雷达系统。在军事领域里,该雷达系统可通过接收器网络实现广域监视,机动灵活的特点,可确保其迅速部署在任何城市区域,且难以被敌方定位。它通过对第三方目标大量频段的数据分析,完成对所覆盖空域的全面监视、全面检测,拥有广泛的探测范围和较高的精度,甚至可在偏僻山区地带部署使用,可同时分析16个模拟无线电发射器、5个数字无线电和DAB+发射器以及数字地面电视、DVB-T2的使用频率。目前,已在德国4个城市测试使用,实现了精准跟踪飞行物的预期目标。

精密跟踪的火控雷达系统



火控雷达,是指为武器系统提供数据参数并引导火力进行打击的雷达。它属于典型的精密跟踪雷达,配合探测雷达和火控系统使用。

目前,法国海军将拥有7艘军舰装备由泰利斯公司研制的STIR全天候火控雷达系统,用于为导弹和舰炮火力打击提供数据参数。在近海作战条件下,其超隐身目标跟踪能力可最大程度地锁定多种目标,借助双波段雷达与光电装备结合的技术,具备一流的电子反干扰功能,并通过“隐身罩”最大程度地提升安全系数。运用先进的多普勒处理技术,使该型雷达系统能排除强杂波、复杂天候的干扰,提高态势感知及威胁预判能力。配备的固态发射机和大量的功率放大器,能有效提升雷达系统运行的可靠性,战时为火力高效打击提供连续的技术支持。

科技大讲堂

在科幻电影中,那些具有超强本领的人被称为“超人”;在现实生活中,那些具有超强计算和处理能力的计算机被称为“超算”……

在五花八门的材料世界里,也有一种物理性质“超常”的特殊材料,叫做“超材料”。这种材料在自然界并不存在,是本世纪才出现的一种具有特殊性质的人造材料。它通过对某种材料的再加工,并在其表面或内部设计出特殊几何结构或排列方式,使其拥有天然材料所不具备的特殊性质。天然材料的性质是由其成分来决定的,超材料的“超常”性质则源自其后的结构。

随着科技的进步,在超材料基础上还发展出数字超材料,或者叫数码编程设计的超材料。这是一种通过特定设计、打破传统规则结构、拥有奇异的声学及声学特性的超材料。有了它,科幻乃至魔幻电影中的“隐身斗篷”“超级透镜”等奇思妙想也将加速变为现实,人们的生活将会因此而发生重大的改变。

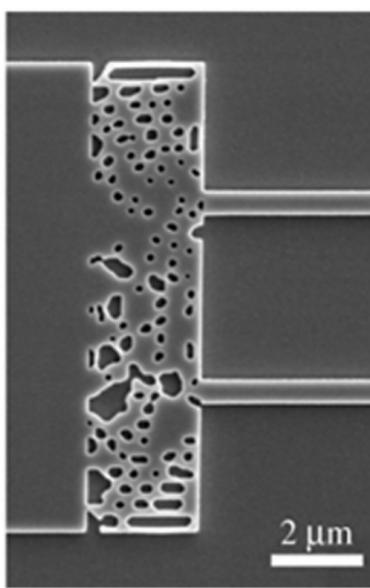
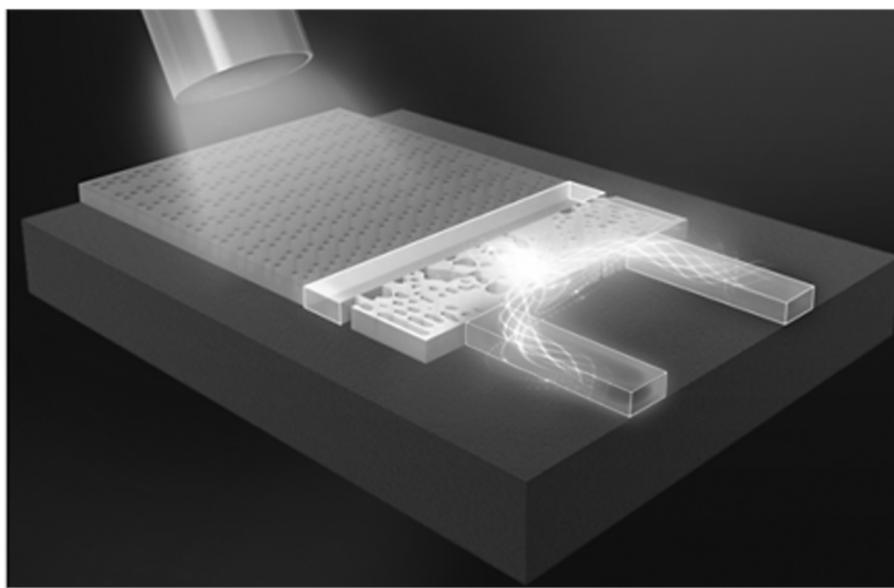
“反常”疑问,催生新奇材料

原本自然界中不存在的超材料,是如何“无中生有”孕育出来的呢?

1968年,苏联理论物理学家菲斯拉格发现,光束由空气中斜射入水中,入射光与折射光分居法线两侧。于是,他突发奇想:是否还有另一种介质,与上述现象相反,能让入射光与折射光分居法线同侧呢?

菲斯拉格的这个“反常”疑问,并非异想天开。从理论上讲,人们只需找到一种同时具有负介电常数和负磁导率材料,就能出现这一“反常”物理现象。只是当时没有开展实验验证,加之功能材料尚处于发展初期,菲斯拉格的这个大胆的科学猜想并未引起重视。

幸运的是,随着人们对电磁理论的深入理解和微纳加工技术的快速发展,一种在微纳尺度上拥有周期结构的人造器件诞生了。它不仅在实验上实现了负介电常数、负磁导率等一切理论预言,更是让人们深刻地理解到:通过在



多种物理结构上的设计,人们可以突破自然规律的限制,获得超常功能的“新物质”,即具有奇异功能的超材料。

超材料是材料设计思想上的一个跨越式重大创新,被誉为本世纪前10年的10项重要科学进展之一,已成为发掘材料新功能、引领产业新方向、突破稀缺资源瓶颈的有力手段。

创新永无止境。超材料方兴未艾,数字超材料又应运而生。2014年,我国东南大学研究团队首先提出了数码、电磁可编程的数字超材料概念。与拥有周期排布结构的超材料不同,它由若干个单元按照编码的方式排布,就好比给材料注入了活的“基因”,可由人们进行调控。而这些新型材料将会忠实地听从“指示”,实现所需的各种奇异功能。

超级“另类”,性能独树一帜

数字超材料的出现,实际上是现代信息工业与前沿物理领域相结合的产物,它将“编码思维”融入了新型超材料的设计过程。在数字超材料中,不同

的编码会带来不同的电磁响应,加之它又融入“材料基因”和“信息比特”的概念,数字超材料自然成了材料领域的超级“另类”,拥有了与众不同、独树一帜的性质和功能:

——结构新奇,颠覆认知。数字超材料结构超级“另类”,它既不同于天然材料依靠原子或分子结构来实现功能,又不同于传统超材料拥有规则的人工单元结构,而是完全采用数字编码的方式,凭借微纳加工技术注入的“材料基因”而拥有超常物理性质和“超能力”,其全新、奇异的构造完全颠覆了人们对物质构成的认知。目前,科学家们已经研制出具备自我修复能力的仿生塑料、将热转化为可用电力的热电材料等“黑科技”产品。

——逆向设计,按需定制。数字超材料采用数字编码的方式设计,拥有十分广阔的设计自由度,可根据不同应用需求来实现“按需定制”。而基于“数字”的可编程特性,又能突破传统材料“正向求解”的设计方法,即根据各种约束条件,“从后向前”进行“逆向设计”,从而可有效解决传统设计中存在的限制和缺点。

——数字编码,实时可控。与传统

的超材料相比,数字超材料的每个人工单元,可简化为“0”和“1”两种状态,通过调节“0”“1”两种单元的排列和组合,构建不同性质的组合单元,进而组装成整个材料,实现特定的功能。用“数字化”方式表征超材料物理特性,极大简化了超材料的设计流程,提高了材料设计的灵活性,扩大了对材料性质的调控范围。若将可编程阵列控制系统加载在结构单元上,还可实现对数字超材料物理功能的实时控制。

军事应用,助推转型升级

超材料特别是数字超材料技术,是国际上重点关注的战略前沿技术,它为新一代信息技术、国防工业、新能源技术等领域带来了深刻变革。主要发达国家将其列为“六大颠覆性基础研究领域”之一,纷纷开展研发与应用。

随着高性能计算和微纳加工工艺的快速发展,数字超材料所展现的超常物理特性将带动航空航天、新型装备制造、人工智能等众多领域的突破性发

展,应用范围将拓展到国民经济和国防建设各个方面。

在军事领域,数字超材料也显示了广阔的应用前景:

——超材料天线可实现对电磁波调整接收和自动校准功能,拓展天线工作带宽,降低能耗,有效增强天线的聚焦性和方向性,从而提高移动通信容量和高速通信能力,提升军队信息化作战水平。

——利用数字电磁超材料对电磁波的实时调控能力,可实现战机、舰艇等武器装备的全天候、多气候条件下的电磁隐身、热隐身、光隐身和声隐身,增强其生存、突防能力。

——运用数字超材料制作的传感器,具有探测灵敏度、战场适应性、柔软性好等优势,将其用于下一代智能探测装置,可使武器装备拥有感应更加灵敏的“器官”和“皮肤”,优化并升级作战性能。

此外,数字超材料还在智能穿戴、侦察、高性能全光计算等领域也展现出广阔的应用前景,可为促进武器装备和部队训练的转型升级提供技术支持。

上图为基于数字超材料的波长分束器示意图。

论见

如何把军事科研创新的引擎全速发动起来?习主席在视察军事科学院时明确提出了坚持理技融合的新思想新理念。坚持理技融合,是实现军事理论研究与军事科技研究的必由之路,是军事科研领域全面贯彻科技兴军战略的重要举措。

众所周知,火药发源于中国。清王朝初年火器制造家戴梓发明了一种“连珠火铳”,装填一次可连射28枚铅丸。这种类似机关枪的火器在当时世界上绝无仅有,但在清王朝统治者看来,类似的新发明只不过是“奇技淫巧”,并不予以重视,结果阻碍了火器技术的改进和在军队中的应用。相反,西方国家则借助火药武装起船舰利炮,以武器“代差”优势打败了清王朝。

对此,有军事专家认为,真正推动

切实坚持理技融合

■王任飞

军事变革的不是军事思想,而是军事技术;火药与安全发火装置将冷兵器时代推进到热兵器时代,蒸汽机与内燃机使人力作战变成机械化作战,计算机和信息处理技术又使战争演变为信息化作战。来福线、螺旋桨推进器、航空器的发明,核裂变与核聚变技术、太空技术、精确打击技术的应用,都使世界军事发生了翻天覆地的变化。就连当今我们常提及的智能化战争,也是智能技术突飞猛进的产物。

审视我军的科研现状,一定程度上还存在军事理论研究脱离技术、科技研究缺少科学理论牵引的问题,影

响了科研工作创新发展。当今世界正处于新一轮科技大爆发的时代,人工智能、大数据、物联网、区块链、云计算、生命科学等前沿技术演进之快,影响之广,已超出旧有知识系统的认知范围,并呈现出多点迸发、群体突破的态势。军事科学发展大交叉、大融合、大突破的趋势越来越明显,理论和科技的结合越来越紧密,建设世界一流军队、打赢具有智能化特征的信息化战争对新技术的依赖性越来越大,迫切要求把理论创新和科技创新两个引擎都发动起来,把两个方面的成果切实融合起来。

磨高一尺,道高一丈。现代战争,实际上已成为军事科技的战略博弈。美国著名思想家布莱恩·阿瑟深刻指出,技术的本质是“被捕捉到并被使用的现象,或者更准确地说,技术是那些被捕捉并加以利用的现象的集合”。面对汹涌而来的新科技革命浪潮,其蕴藏的巨大军事应用潜力也亟待挖掘。如何研究未来战争趋势,既取决于技术本身进步的水平,更取决于其用于军事目的的速度和程度,归根结底还是取决于人们对技术的理解力。军事理论研究必须充分吸纳科技发展的最新成果,找准其泛在联动的关键

节点,从战略上确定重点和加强的方向,设计好抢先预置、抢先突破、抢先应用的快捷路径和高效方法,力争抢占新一轮军事革命的战略制高点和前沿“无人区”。

没有科技上的优势,就难有军事上的胜势。当前战争形态和作战方式正在发生革命性变化,“全球快速打击理论”“战略性空天战役理论”等新的战争和作战理论层出不穷。军事理论研究要深刻认识现代战争中技术因素作用日益提升的发展趋势,努力将理论创新的生长点转到基于科技进步和运用科学方法上来;增强对新发明、新发现的敏锐性,密切关注科技发展前沿,及时掌握技术动态,争做新技术的“发烧友”和“明白人”,从定性上找到克敌制胜的基本方法、主要途径和原则要求,并运用技术手段定量分析和验证制胜机理的可靠性。两者有机融合、双轮驱动创新,才能为认清战争本质、把握制胜规律、探寻制胜机理打开一扇新视窗。



胡三银作

“中国天眼”,简称FAST,是目前世界上最灵敏、口径最大(500米)的球面射电望远镜,具有完全的中国自主知识产权。如果从高处俯瞰,“天眼”的形状特别像一口大锅。对此有人问,如果碰上

恶劣的暴雨天气,它里面会不会被灌满水?今天我们就聊聊这个话题。

首先,我们来了解一下“天眼”的排水系统。它主要采用无压隧道设计方案,工程排水隧道总长度超过千米,并分

“中国天眼”如大锅,大雨倾盆能奈何

■田旺 刘茜敏 胡益鸣

为明挖段和暗挖段。整个排水系统由道路边沟、径向水沟、环向水沟、底部排水沟、消能池以及排水隧道组成。若是遇到倾盆大雨,排水系统将高效运行,不会出现“大锅”灌满水的情况。

接着,我们看看组成射电望远镜球面采用的反射面板。反射面板由数千个铝合金材质的小面板组合而成。通过媒体发布的照片我们可以看到,从它底部往上看完全是镂空状态,每一块铝合金面板上面都有很多的小孔,且在面板与板面之间,设计师也预留了缝隙。如果是下雨天,雨水可以通过这些孔和

缝隙流下去,完全不可能出现积水现象。除此之外,采用这样的设计,还可减少对风的阻力,使“天眼”透光率良好,雨后很快就能达到干燥状态。

它还有个紧急排水系统,最内部的三层孔状压板,在压力达到预设极限时,会自动饱和和脱落,在不影响整体结构的情况下,以底部的板材作为突破口,进一步加强排水功能。如此一来,就算雨水直接从外侧倒灌进“天眼”,也不会有任何损坏,最多就是换几块板材而已。

除了技术层面的设计外,“天眼”的台址在选择时也是非常谨慎的。它位

于我国贵州省黔南州克度镇大窝凼,该地形是典型的喀斯特地貌,地下有很多熔岩洞穴。这种地貌具有雨水下渗快、不容易聚集水分的特征。

特别值得一提的是,为保护“天眼”运行环境安全,黔南州气象局创建了“天眼”冰雹防御省市县三级联动联防机制,从人力、财力和技术力量等方面予以专项保障,确保“天眼”安全稳定运行。

科普笔记