

欢迎来到“超材料”世界

本报记者 刘霞 综合外电

大视野

据英国《自然》杂志网站近日报道,近几年,“超材料”逐渐成为科学家们争相研究的前沿领域。他们表示,经过工程学方法处理的具有新奇光学属性的“超材料”在不久的将来,会揭开自己“神秘面纱”,从实验室大步迈入市场。

“超材料”:生活中不可或缺

如果汤姆·德里斯科尔从来没有听说过“哈利·波特式的隐身斗篷”这样的词语,他应该会很高兴,但这不可能发生。现在,“哈利·波特式的隐身斗篷”这样的词语已经成为滥觞——当媒体报道“超材料”领域取得的进步时,似乎无法拒绝这一表达的神奇“魔力”,致使这样的词语不定期就会充斥各大媒体与观众见面。

物理学家德里斯科尔在“高智发明公司”工作,主要负责“超材料”的商业化开发和推广工作。

“超材料”是具有天然材料所不具备的超常物理性质的人工复合结构或复合材料,其能采用天然材料无法做到的方式弯曲、散射或传输电磁波。理论学家们认为,“超材料”能被用来制造各种各样的隐形装置,这些装置就像某些科幻小说中提及的“隐形斗篷”那样,能使物体周围的光等电磁波“绕道而行”,从而使物体变得不可见。

2000年,美国加州大学圣地亚哥分校的物理学家戴维·史密斯和同事首次向公众展示了“超材料”的神奇魔力:他们利用微波技术把一个直径5厘米的铜制小圆筒成功地隐藏起来,尽管史密斯等人对隐形范围只相当于一粒豌豆这一实验结果并不满意,但这仍然是“超材料”史上值得大书特书的时刻。

其实,英国帝国理工学院的约翰·潘德瑞爵士才是“超材料”的发明者。早在上世纪90年代中期,潘德瑞进行的实验就证明,一排细小的铜线和铜环对微波的折射率为负数,而所有天然材料的折射率都为正,并在此基础上提出了负折射理论。潘德瑞认为,人眼之所以能看见物体,是因为光线反射的缘故,而未来纳米技术的发展,使科学家能够研发出一种改变光线方向的材料,这就是“超材料”。

史密斯和潘德瑞的研究结果极大地诱发了科学家们对“超材料”的兴趣,很多“超材料”研究人员希望能让“隐形斗篷”早日成为现实,军方也亟不可待地投入了大笔资金。

不过,迄今为止,研制出的“超材料”的魔力还十分有限:只在单层的二维材料上取得了成功,“负折射”特性也只出现在微波范围。对于波长更短的光,比如人眼适应的可见光,还无能为力。也就是说,这些“超材料”还无法制成在那种人眼前消失的“隐身斗篷”。目前,只是一个鼠标大小的隐形罩,对科学家们来说都是一个比较大的目标,研制出“隐身斗篷”至少需要数十年。

德里斯科尔也补充道,“超材料”领域的研究人员目前仍然面临很多令人望而却步的挑战,其中最突出的是,找到便宜的方法,在纳米尺度下制造出超材料元件并精确地控制其“一举一动”。因此,从现实情况出发,廉价的卫星通讯设备、更纤薄的智能手机以及超快的光学数据处理设备“有望成为超材料发挥最大影响



力学的地方”。

据悉,首款由“超材料”制成的产品有望于明年面市,这也有望引发连锁反应,让普通消费者在使用“超材料”中受益,比如,在飞机上或从手机那儿获得更快、更便宜的互联网连接。德里斯科尔表示,这样的应用也将有助于由“超材料”制成的产品从“人们生活中的新奇之物”变为“生活中不可或缺之物”。

“超材料”天线:让飞机与卫星“通话”

今年1月,现在在美国杜克大学工作的史密斯成为高智发明公司“超材料”商业化部门的联合负责人之一。他表示,首款由“超材料”制成的商业化产品最早将于明年上市。

从高智发明公司拆分出来的卫星通信创业公司Kymeta希望向市场上推出一款紧凑型的天线,这或许是首款与“超材料”有关的面向普通消费者的产品。这个相对来说比较廉价的设备会让飞机、火车、轮船、汽车在移动网络鞭长莫及的偏远地方连接卫星宽带上网。

目前,这一天线的技术细节仍是秘密。据悉,这款天线基于“电磁超材料”。这是一类人造材料,能够控制电磁波,使射频信号对准卫星,从而建立持续的宽带连接。该天线的核心是一块平滑的电路板,其上包含有数千块这种电磁“超材料”元件,每个元件的属性可以被设备内置的软件改变。当天线正确地追踪到卫星时,各个“超材料”元件释放出的波会互相加强并朝卫星所在的方向扩散,其他方向释放出的波则会相互抵消并消失得无影无踪,这就使得不管卫星在天空中的哪个地方,该天线都能追踪到而不必像标准的碟形天线一样总朝一个方向盯着一颗卫星。

该公司表示,与目前广泛使用的卫星天线相比,采用这一技术研制的新“超材料”卫星天

线更轻、更薄、更便宜。Kymeta公司已经向投资者和潜在的合作伙伴们展示了这一技术,他们也计划对这一技术进行更进一步地研究,在降低成本的同时保持其严苛的性能标准,以满足监管机构的要求。

Kymeta公司表示,这款天线计划于明年推向市场,或许首先会在私人飞机和客机上使用,如果市场反应良好,他们希望将这一技术应用于便携式、能效高的卫星通信产品内,用于营救工作或研究领域。这些产品将广泛应用于航天、交通和海洋等领域,而且,该公司也计划为个人用户开发便携式卫星接入设备。

“超材料”相机:让机场安检变得更方便

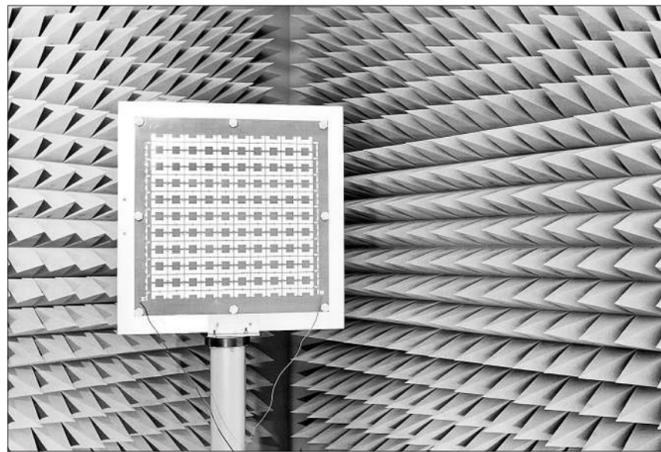
今年1月份,史密斯的团队宣布,他们已经研发出了另外一款“超材料”设备:一台不需要镜头或任何移动零件就能制造出微波压缩图像的相机,这一设备或许有助于降低机场安检的成本和复杂性。

在目前的机场安检内,扫描设备必须对物体周围或物体之上的一台微波传感器进行彻底扫描,这会产生大量数据,而在对这些数据进行处理之前,必须要将其存储起来,而杜克大学的研究团队研制出的设备则不需要存储很多数据。该设备会朝物体以10次/秒的速度发送多种波长的微波束,从而为物体拍摄多张快照。当微波被物体反射回来后,会落在一条纤薄而狭窄的方形铜质“超材料”元件上,每一块元件能被调谐,从而阻止或让反射的辐射通过。每块元件会将一张扫描物体的简化快照传输进入一个传感器内,传感器再对每幅快照发出的辐射总强度进行测量,随后输出一系列数值,这些数值能被进行数字化处理,从而构建出一张该物体经过高度压缩的图像。不过,史密斯团队也承认,这仅仅迈出了

第一步。迄今为止,展示出的图像都很粗糙,只是简单的金属物体的二维图像。德里斯科尔表示,获得复杂物体的三维图像是科学家们面临的巨大挑战。但是,如果这一挑战能被克服,机场或许会让目前笨重且昂贵的安检设备下岗,用大量纤薄廉价且同计算机紧密相连的“超材料”照相机来代替。德里斯科尔表示,这一转变有望让安检扫描扩展到机场的各个房间、过道、走道以及其他敏感的场所内。

史密斯团队目前的主要目标是研发出一种坚固且有市场潜力的“超材料”设备,其并不局限于无线电、微波或红外波长。如果这一技术能同可见光合作,它们将变得更有用,可以用于光纤通讯或面向消费者的照相机和显示器内。

史密斯研究团队的史蒂芬·拉润彻表示:“要做到这一点并不容易”。他解释道,对于任何给定类型的光波,只有元件及其之间的间隔



比该光波的波长小,“超材料”才能施展和发挥它们神奇的能力。因此,我们使用的波长越短,“超材料”元件的块头就应该越小。

在光谱的微波和无线电区域内,做到这一点相对来说还比较容易:这一范围的波长从几微米到几米不等;但一款光学的“超材料”元件的测量单位则低至微米以下。不过,拉润彻表示,这也并非不可能,今天的高性能微芯片内就包含有仅几十纳米宽的零件,不过,与这些从本质上说静止不变的零件不同,很多应用领域里使用的“超材料”元件需要通过软件来按需改变其属性,所以,这也大大增加了其制造难度。

“超级镜头”能平面聚焦

尽管存在不少困难,但科学家们已经开始着手设计一些能发挥作用的“超材料”元件。例如,今年3月份,美国南安普敦大学光电研究中心副主任、物理学家尼古拉·正路德福领导的研究团队发表文章称,他们新研制的纳米“超材料”零件由电控制,能显著提升传输或反射光波的能力,这些超材料零件由金薄膜蚀刻而成,这种设备有望成为高速光纤通讯网络中的开关。

与此同时,因为在光学尺度上很难制造出三维“超材料”阵列并对其进行控制,所以,有些研究人员转而开始专注于研究二维的“超表面”。2012年8月,美国哈佛大学的实验物理学家费德里科·卡帕索展示了一款平面的“超材料”镜头,其能像玻璃镜头那样,将红外线聚焦到一点上。卡帕索表示:“我不敢说这完全是新鲜事物,但我相信,我们是全球首个将平面光学用于商业产品的团队。”

传统镜头通过让光穿过不同厚度的玻璃产生的折射从而让光聚焦到一点,而卡帕索团队研制出的镜头则让光通过一个金“超材料”元件组成的二维阵列做到这一点。这一“超材料”元件阵列由为微芯片工业而研发的电子束光刻技术从一块60纳米厚的硅晶圆上蚀刻出来。金元件被固定,因此,装配后不能再被调整。但是,通过在制造过程中选择特定的大小和间距,物理学家们能让给定波长的光以精确的方式正确地聚焦到某一点上。

不过,卡帕索警告称,这样的平面镜头距离商用或许仍然要等上数十年。部分原因在于,硅本身是一种坚硬且易碎的材质,不容易

蚀刻,为此,研究人员们正在探索更坚固且柔韧、更容易在生产线上进行处理的替代品;他们也在寻找更好的对纳米元件进行蚀刻的方法。

但卡帕索对此非常乐观,他说,一旦这一技术被我们掌握,很显然,我们可以将其用于智能手机的照相机里。现在,电池和镜头是导致智能手机很难变纤薄的主因,如果使用平面照相机镜头,智能手机可以做得“像信用卡一样纤薄”。而且,这种平面镜头也避免了玻璃镜头很容易产生的偏差,这意味着他们最新研制出的这种平面镜头有望被用来制造更好、无偏差的显微镜。

尽管这种镜头也会存在衍射极限的问题,但它们最终会变得很好。衍射极限指的是传统镜头无法捕获照射在物体上的比光的波长更小的“蛛丝马迹”。对于可见光来说,这一极限约为200纳米,但是,由“超材料”制成的“超级镜头”能超越这样的极限,这就使科学家们能够看到被拍摄对象亚波长范围内的信息,比如活体细胞内的病毒或不断发生变化的结构等。

其实,早在2005年,美国加州大学伯克利分校的物理学家张翔(音译)领导的研究团队就最先演示了一款概念性的“超级镜头”,其使用的“超材料”是由一层35纳米厚的银置于铝和塑料组成的纳米层中形成的纳米“三明治”。

从那时起,该研究团队的努力目标就是让这一“超级镜头”变得更加完美。功夫不负有心人,2007年,该研究团队研制出了一种更加精良的“超超级透镜”。这一“超超级透镜”由银、铝和石英等化合物层嵌套制成。这种镜头不仅能捕捉转瞬即逝的波,而且能放入传统的光学系统中使用,因此,科学家们或许能借助这一设备,通过标准的显微镜目镜查看到亚波长的细节。

可逆聚焦有助于制造更微小的结构

通过让传统的光学设备同“超材料”制成的超级透镜和超超级透镜“联姻”,张翔希望最终能为这些设备找到除了显微镜之外的其他应用领域。就像这些结构能放大亚波长的细节,它们也能逆向运行,将光导入亚波长的聚焦点,这一点对于使用影印石板来制造微型结构非常重要。

如果超级透镜和超超级透镜能够做到这一点,那么,科学家们就可以使用超精细的光束来蚀刻目前还无法达到的更小结构,这将极大地增强光学设备的数据存储密度,也能使一块计算机芯片上驻扎更多元件。

史密斯对此比较谨慎,他强调称,与目前正在研发的其他先进平板印刷技术相比,超级透镜和超超级透镜趋向驱散更多光能。他表示,这使得它们成为“强大且富有竞争力但至今未能找到实际用途的技术”。不过,他也表示,张翔的尝试是“英雄般的实验,从根本上展示了‘超材料’所拥有的潜能”。

张翔也承认,对于超级透镜和超超级透镜来说,最好的时代还没有到来。但他相信,在未来几年,科学家们会对这些技术进行精炼和改进,让其变得更加实用。他说:“这些技术会给经济发展带来巨大影响。超材料、超级透镜将被证明真的具有创新性,对此,我谨慎乐观的态度。我们如何处理和使用‘超材料’的唯一局限是我们的想象,只有想不到,没有做不到。”

坚而不摧的秘密

——古罗马防波堤为生产绿色混凝土提供新思路

本报记者 华凌 综合外电

大观园

一段浸没在地中海深处的古罗马防波堤,经历了长达2000多年的海水侵蚀冲击,依旧坚而不摧,究竟是什么让其如此“厉害”?据物理学家组织网近日报道,由美国能源部劳伦斯伯克利国家实验室领导的一个国际研究团队对其耐久性深入研究时,意外地发现,古罗马人竟然在生产制造混凝土的过程中,就能够削减二氧化碳的排放,减少对环境的破坏。那么,他们是如何做到的呢?

海上混凝土的秘密

来自美国加州大学伯克利分校、沙特阿拉伯阿卜杜拉国王科技大学以及德国柏林同步辐射电子储存环公司的研究人员,使用伯克利实验室的先进光源(ALS)光束以及其他实验设施,在调研波佐利湾的海上混凝土中发现,古罗马人制造混凝土时,不同于现代的做法主要表现在两个关键方面。

其一,硅酸盐水泥是一种可将混凝土组件绑定在一起的胶水。使用硅酸盐水泥的混

土是含有钙、硅酸盐和水合物的化合物(C-S-H)。而古罗马混凝土产生了一个非常不同的钙铝硅酸盐水合物(C-A-S-H)是一个非常稳定的黏合剂。

通过ALS光束线的光谱鉴定,研究人员认为是在C-A-S-H中铝替代硅的特定方式可能是海水混凝土的凝聚力和稳定性的关键。另一个突出之处涉及到混凝土的水化产物,从理论上讲,在用硅酸盐水泥制成的混凝土中,C-S-H类似于结合了天然存在的层状矿物,被称为雪钙石膏和六水钙石膏。可惜的是,这些理想的晶体结构在现代常见的混凝土中无处可寻。

然而,雪钙石膏却出现在古代海水混凝土的砂浆中。研究人员在ALS高压X射线衍射实验的光束线下,测量出其机械性能,并首次阐明铝在其晶格中的作用:铝雪钙石膏比低结晶的C-A-S-H具有更大的刚性。

古罗马人是如何做到的

仍是当今主要建筑材料的混凝土,在生产过程中带来的环境问题日益严重。其主要组

成分水泥在生产过程中会排放大量二氧化碳。据计算,世界水泥工业排放二氧化碳量占全球温室气体排放量的7%,这还不包括水泥和混凝土在物流运输过程中的二次污染。水泥和混凝土建材成为雾霾等大气污染的主要元凶之一。

“这并不是说现代生产的混凝土不好,它已经好到我们每年使用190亿吨的产量,问题是其中制造硅酸盐水泥所排放的二氧化碳占该行业排放量的7%。”加州大学伯克利分校土木与环境工程教授圣保罗·蒙泰罗说。

硅酸盐水泥是“胶水”之源,可以将最现代化的混凝土黏合在一起,但是制造它需要将混合的石灰石和黏土加热到1450℃,石灰石受热后会向大气中释放出大量二氧化碳。

该研究团队通过鉴别古罗马的海上混凝土样本发现,罗马人生产硅酸盐水泥时,用的石灰更少,烘烤石灰石只需900℃或更低,消耗的燃料也少得多。

分析表明,罗马配方需要重量不到10%的石灰,生产硅酸盐水泥可以不到现在的2/3或更低的温度。石灰与富铝的火山灰反应,形成高度稳定的C-A-S-H和铝雪钙石膏,保证其强度和寿命。

提供绿色高性能模型

“在20世纪中叶,混凝土结构设计可持续50年,它们当中的很多都超过了预定时间,当代设计的建筑可保持寿命100年至120年。然而,罗马港口的设施竟然经历了2000多年的化学侵蚀和水下波浪仍幸存下来。”蒙泰罗指出。

作为工程材料的现代混凝土主要缺点是抗拉强度低,变形能力差,容易开裂。在未来的城市发展和基础设施的构建中,迫切需要耐久且低碳的混凝土。

对火山灰使用的描述是从远古时代开始。第一个是奥古斯都皇帝的一个工程师维特鲁威。后来据记载,最好的海上混凝土是源自那不勒斯海湾的火山地区。这些灰具有相似的矿物特性,称为火山灰水泥,在世界各地的许多地方都可以发现。

古罗马人在制造其独特的混凝土时,混合了大自然中的火山灰。他们将石灰和火山灰混合形成砂浆,而砂浆和火山凝灰岩被塞进木质的格体中。放入海水中,瞬间引发了热化学反应。水合的石灰是将水分子并入其结构中,

与火山灰水泥混合在一起反应。

蒙泰罗说:“对于我们而言,火山灰在其实应用中是重要的。制造更强大、更持久的现代混凝土可以使用更少的燃料,更少释放碳到大气中,这就是更深入地了解罗马人如何制造出无与伦比的混凝土所汲取的宝贵经验。”

绿色高性能混凝土承载着人们的希望,同时也让人们意识到,混凝土今后的发展历

程,不仅仅是满足建筑功能的需求,很大程度上需要考虑对环境造成的影响。建筑与环境相互融入更能体现建筑的美,也能让人们赖以生存的环境更加舒适。无疑,该项研究的新发现给未来提供了一个混凝土强度和韧性的模型。古罗马采取的材料和使用的方式对未来生产绿色高性能的混凝土提供了有益的借鉴参考。

