

与白细胞计数、体重等性状相关。例如,肥胖人群往往拥有较少的rRNA基因拷贝,但其原因当时并不清楚。

在最新研究中,Rakyan团队进一步考察了这些基因序列本身的差异。伦敦玛丽女王大学的分子遗传学家Francisco Rodríguez-Algarra首先筛查了英国生物银行数据库中49对同卵双胞胎的基因组,寻找每对双胞胎双方共同拥有的rRNA基因突变。这样做更有可能捕捉到出生时就已存在的突变,同时避免把DNA测序误差或其他噪声误判为真实变异。结果,研究人员找到了数百种变异,其中大多数是单个DNA碱基的差异。

随后,研究团队又利用英国生物银行约30万名其他参与者的数据,分析这些变异与人类性状之间的关联。在数十项显著结果中,他们发现,某些rRNA基因突变与个体体型相关。具体而言,一组集中出现在编码核糖体中最大RNA分子的基因中的突变,与身高、体重、腰围及胆固醇水平存在关联。

研究人员指出,这些关联之所以能够被发现,部分原因在于英国生物银行几乎为所有参与者都记录了身高和体重数据;相比之下,其他健康或生活方式数据覆盖并不完整,因此更难检出具有统计学意义的关联。Rakyan表示,由于该研究只聚焦于少量同卵双胞胎中发现的变异,而且这些双胞胎均为白人,团队很可能还遗漏了更多变异。

Rakyan团队并不是唯一研究

此类关联的团队。2025年,在他们将当前研究以预印本形式发布后不久,Barna及其同事也发布了一篇预印本,对英国生物银行中的rRNA基因变异进行了分析。该团队采用了不同的分析方法,除了发现与体型相关的一些类似结果外,还提示rRNA变异可能与生理特征、多种疾病以及核糖体功能有关。

英国利兹大学的核糖体研究者Julie Aspden表示:“想到人类群体中存在这样的变异,确实令人兴奋。”不过她也指出,目前仍不清楚rRNA基因变异究竟是通过什么机制影响这项新研究中观察到的那些性状。论文认为,其中一些突变可能会改变rRNA的结构,进而影响它与其他核糖体

组分之间的相互作用。Aspden表示,这或许会改变核糖体对某些蛋白质合成的“偏好”。她所在团队从2023年1月1日起至今也在研究类似问题,即rRNA修饰如何影响翻译过程。

一些研究人员还推测,核糖体多样性未来或许可以成为新疗法的靶点。Blanchard建议:“如果癌细胞所表达的核糖体在物理性质上确实不同,也许我们就能用小分子药物去靶向它们。”

Rakyan团队目前正计划在一个大型癌症组织样本数据集中开展新的rRNA基因分析。Rakyan表示,随着研究人员更加深入地审视这些长期被忽视的序列,“希望这一领域会迎来大量新发现。”(译自《Science》,2026,392(6795))

隐形的图案:红外波段的防伪与信息加密技术革命

文/文政绩¹,张璇²,邵宇川³

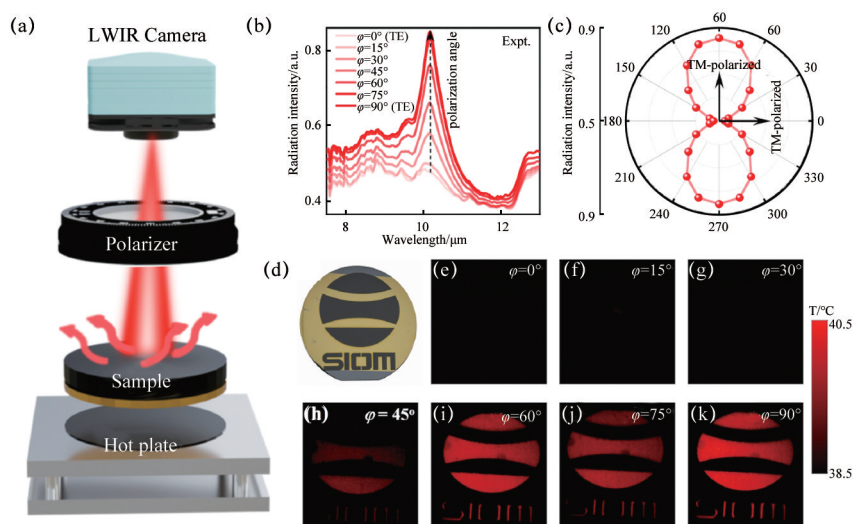
看似普通的一层薄膜,在红外热成像相机镜头下能够随着观察角度的改变或偏振片的旋转,时而显现出隐藏的图案,时而完

全消失。甚至,同一个器件在不同观测条件下,可以组合出8种独立的“开关”状态,像一把物理钥匙,守护着加密信息的安全。这不是科幻电影的情节,而是基于近零介电常数材料的热辐射调控技术正在实现的事情。

1 信息加密的“隐形战场”

无论是在关乎国家安全的军

1. 中国科学院上海光学精密机械研究所,副研究员,《科技导报》青年编委
2. 中国科学院上海光学精密机械研究所,硕士研究生
3. 中国科学院上海光学精密机械研究所,研究员



超构薄膜红外偏振防伪器件

(图片来源:《ACS Applied Optical Materials》)

事通信领域,还是在贴近日常生活的商业消费市场,信息加密与防伪已成为一项全球性的重大挑战。成熟可靠的加密技术必须具备3大核心特征:易于检验、难以复制、成本可控。尽管目前市场上已存在条码、指纹、射频、荧光以及常规光学加密等多种技术,但面对日益猖獗的造假手段,传统防伪手段如激光标签、电话查询、二维码等,或易于仿制,或查询繁琐,正逐渐显露疲态。

2024年,国家市场监管总局数据显示,全国每年查处假冒伪劣商品案件上万起,其中高端消费品占比逐年上升。在白酒、化妆品等高价商品领域,造假手段层出不穷,企业急需更高等级的防伪方案。

在众多防伪技术中,光学防伪加密标签因其独特的优势而备受关注。由于这类加密标签选用的材料与其他产品有所不同,其具有不易褪色、颜色艳丽等特性。光学加密技术利用光与物质相互

作用时产生的散射、反射、透射、吸收、衍射等基本规律获得某种特殊的视觉效果,从而形成加密技术和加密产品。然而,尽管光学防伪技术发展多年,但目前存在的防伪加密技术中尚缺乏标准成熟的红外防伪加密技术,特别是中长波红外信息加密。这一空白,正是新型红外信息加密技术的机遇所在。

2 从“复杂”到“简洁”的跨越

长期以来,人类调控光波的材料局限于宏观大尺度下的自然材料,其调控自由度极其受限。近年来,人工微结构(如超构表面)的发展让科学家能够灵活操纵电磁波。目前公开报道的红外防伪技术大多依赖这种超构表面设计:在可见光波段隐藏图案,在红外波段显现。此类防伪技术隐蔽性好且极难仿制。

然而,这类传统超构技术存在一个致命的痛点:工艺极度复杂。它们通常依赖昂贵的光刻加

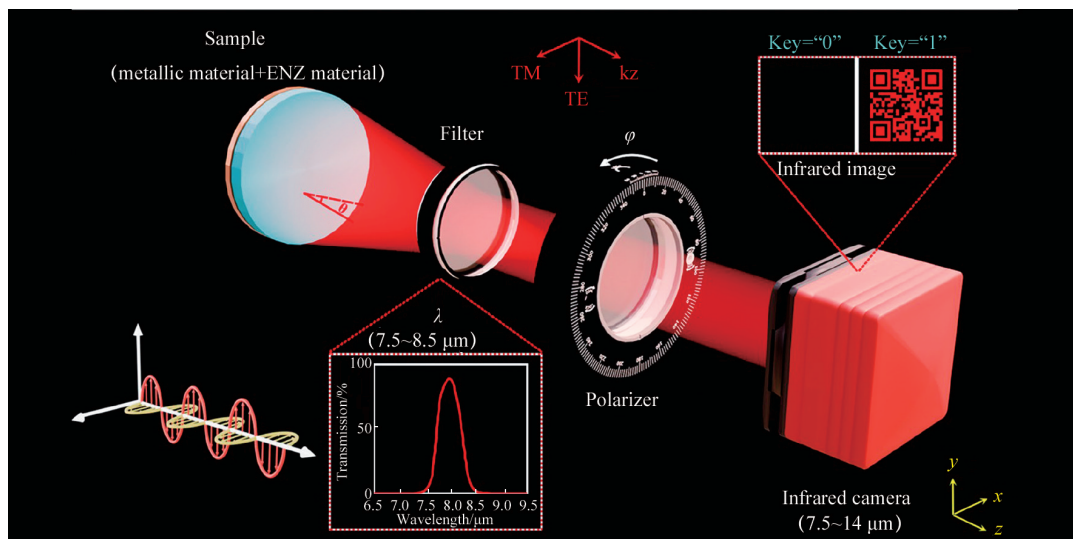
工工艺,导致成本高昂,同时无法实现大面积制备、光谱调控能力有限且在可见波段的颜色单一。

为打破这一僵局,研究人员将目光投向一类特殊的薄膜——“近零介电常数材料(epsilon-near-zero materials, ENZ)”。在特定波长下,这类材料会展现出极其独特的光学响应。利用这一特性,只需在金属反射镜上沉积一层数百纳米厚的ENZ薄膜(甚至不足工作波长的1/10),配合掩膜版,即可完成加密样品的制备。通过精妙的材料选择与膜系设计,该技术能利用隐藏图案内外的“红外热辐射差异”,在可见光波段展现特定的“隐真示假”图案(肉眼无法辨别真伪),而在中长波红外相机下,真实的加密信息才会显露真容。预计此类技术可推广至包装、打印、装修、烟酒、医药等民用防伪领域,以及红外信息加密等军用加密识别领域。

3 锻造“物理钥匙”实现热辐射调控

基于这一思路,研究团队设计并制备了2种双层薄膜热辐射器,分别实现了从一维到三维的调控跨越。

第一种器件选用氧化钨薄膜作为新型ENZ功能材料。沉积态的非晶氧化钨薄膜在红外波段表现平平,但经过450℃高温退火处理后,它转变为结晶态的多晶氧化钨。这一转变看似简单,背后却涉及对薄膜微观结构和化学成分的精准确控。研究团队通过红外光谱偏振仪、拉曼光谱、X射线衍射、扫描电子显微镜和X射线



用于红外加密-解密应用的角向和偏振选择性红外窄带热发射器的示意。热发射器样品发射双波长窄带红外光,然后通过7.5~8.5 μm 的高透射率滤光片进行滤波,并通过偏振器进行偏振

(图片来源:《Science》)

光电子能谱等手段,系统表征了退火工艺对薄膜的影响。最终制备的氧化钨/金双层器件,在10.12 μm 波长处展现出惊人的偏振选择性:一种偏振方向的光吸收率高达97.6%,而另一种偏振方向的光吸收率仅4.2%,偏振消光比达到23.2。基于这一特性,研究团队将图案化样品与红外偏振片结合,成功实现了红外偏振防伪演示——图案只有在特定偏振角度下才会显现,旋转偏振片,图案便隐于无形。

如果说第一种器件实现了“一维”的精准控制,那么第二种器件则迈向了“三维”的协同作战。研究团队选用二氧化硅作为功能材料,确定了1000 nm二氧化硅与100 nm铝的组合。实验发现,该器件在8.02和9.89 μm 处呈现双峰辐射特性。这2个峰的表现截然不同:8.02 μm 处的辐射只在斜入射角且为特定偏振时才出现,而9.89 μm 处的辐射则无论角度、偏振如何,始终稳定存在。

正是这种特性,为信息加密提供了绝佳的物理平台。

研究团队巧妙地利用了这一特性,构建了基于8种独立探测条件的红外多级加密通信系统。加密过程将明文信息转换为二进制序列,根据序列中的每一位数字,选择对应的探测条件——0°或45°入射角、0°或90°偏振角、8 μm 带通滤波开或关。而接收方想要解密,光有数字文件是不够的——还必须拥有与发送方完全相同的物理器件,即那把独一无二的“物理钥匙”。只有在相同的探测条件下,这把“钥匙”才能让隐藏的图案重新显现,还原出最初的二进制序列和明文信息。这一方案将“物理器件”与“数字编码”结合,实现了双重安全保障。

4 技术向应用的转化已经开始

这种基于红外波段的隐形信息存储技术,正在从实验室走向产业应用。基于ENZ材料的热辐射调控技术提供了一种纯物理的

防伪路径,它不借助于任何化学物质的可复制性,而是利用材料本征的物理特性和精心设计的薄膜结构,将信息直接“写入”器件本身。这意味着,即使制造工艺被完全复刻,攻击者也无法改变器件固有的角度和偏振响应特性:这把“物理钥匙”独一无二。

通过合理设计超构薄膜材料体系,该技术可在可见波段隐藏图案的同时实现丰富的结构色,并能够在短波、中波以及长波红外波段使隐藏图案通过红外相机显现,从而实现多级红外信息加密。迄今为止,尚缺乏对这种新型红外信息加密技术的相关报道。更重要的是,这些器件无需光刻、可晶圆级制备,结构简洁却功能强大。这意味着它们具备大规模生产的潜力,在红外防伪标签、加密通信器件、智能热管理等对成本和可扩展性要求较高的应用场景中,具有明显的竞争优势。

(科技新闻栏目编辑 黄文光)