

# 红外隐形眼镜开启人类新“视”界

当夕阳沉入地平线,世界在人类眼中渐次褪色。然而在蛇类的感知中,热辐射勾勒出猎物的清晰轮廓;在萤火虫的复眼里,花朵反射着人类不可见的紫外图案。在可见光谱之外,自然界始终上演着无声的光影戏剧,而人类却因视网膜的局限,成为这场盛宴的缺席者。

如今,这一视觉局限迎来了突破的可能。

日前,中国科学技术大学与复旦大学等国内外科研机构合作的研究创新性地将一种含有多个荧光发射的稀土颗粒与隐形眼镜相结合,通过可穿戴的形式使人类感知近红外光的时间、空间和色彩等多维度信息,可为治疗色盲等视觉疾病提供新的解决方案。



感官世界的盲区。

## 特殊材料变不可见为可见

如何突破哺乳动物视觉的天然壁垒?

在前期研究中,薛天和中国科学技术大学特任教授马玉乾团队以及其他合作者将一种可以把近红外光转换为可见光的上转换纳米颗粒注射到动物视网膜中,首次实现了哺乳动物的裸眼近红外图像视觉能力。但眼内注射在人体应用受限,如何通过非侵入性方式实现近红外视觉,是该技术实用化的关键挑战。

“由高分子聚合材料制备的软性透明隐形眼镜提供了一个可佩戴式的解决方案。但制备近红外光上转换隐形眼镜有两个前提:高效上转换能力和良好光学性能。”薛天说。

为此,研究人员对上转换纳米颗粒进行表面修饰,提高它们在高分子聚合材料中的均匀分散性,同时筛选出与上转换纳米颗粒折射率匹配的高分子聚合材料,制备出了上转换纳米颗粒掺杂比例高并且高度透明的近红外光上转换隐形眼镜。

研究人员介绍,稀土元素具有独特光学性质,通过近红外光激发,可以转换不同颜色的

光。人体可以通过稀土纳米颗粒的荧光颜色,判断外界的肉眼不可见的近红外光波长,实现对近红外“色彩”的识别。

研究人员将含有这种高效上转换纳米颗粒的薄膜,精密地集成到常规的软性隐形眼镜基质中,确保其高度透明且佩戴舒适。当佩戴此眼镜时,外界的红外光穿过镜片,被纳米晶体捕获并实时转换为可见光。这些新生的可见光子随即进入人眼,被视网膜上的感光细胞正常接收和处理。大脑视觉皮层最终解读这些信号,使佩戴者“看见”了原本不可见的红外世界。

在实验验证时,佩戴这种隐形眼镜的小鼠可以分辨不同时间频率和不同方位的近红外光信息。值得一提的是,佩戴该隐形眼镜的人类志愿者不仅可以看到一定光强范围近红外光,还可以准确识别近红外光的时间编码信息。

除此之外,研究人员还开发了一种内置近红外光上转换隐形眼镜的可穿戴式框架眼镜系统,使人类志愿者能够获得与可见光视觉空间分辨率一样的近红外图像视觉,精确识别复杂近红外图形。

除了时间和空间信息外,视觉感知还可以在色彩维度上传递丰富的信息。研究人员用三色正交上转换纳米颗粒取代了传统的上转换纳米颗粒,制

备出三色上转换隐形眼镜,可以将三种不同光谱的近红外光转换成红、绿、蓝三基色的可见光。实验结果显示,通过佩戴三色上转换隐形眼镜,人类志愿者可以有效识别三种波长的近红外光,感知多种近红外色彩。这表明三色上转换隐形眼镜可以有效地实现人类近红外色彩图像视觉。

“这项技术仍然有进一步提升的空间,例如,目前该隐形眼镜上转换效率较低,仍然需要红外光源辅助照射才能使人眼识别近红外光。另外,上转换隐形眼镜中的纳米颗粒如能实现发射光的定向输出,就可能不依赖于镜框光学系统,直接实现隐形眼镜介导的精细近红外图形视觉。这些都有赖于视觉生理学、材料科学和光学的跨学科合作。”薛天说。

## 为视觉修复开辟新方向

这项突破性技术带来的远非实验室中的新奇体验,其应用前景广阔而深远。比如,相较于笨重、耗电、视野受限且仅提供单色图像的传统红外夜视仪,这种隐形眼镜方案将为安保人员在完全黑暗或烟雾中行动、救援队员搜寻热源、工程师进行设备热检,甚至普通消费者在夜间活动等提供了前所未有的非侵入式“超级视觉”工具。

该技术的信息传输领域也展现出潜力:可利用人眼不可见但眼镜可转换的特定红外光源,设计出高度隐蔽的通信或加密系统。例如,于特定位置闪烁的红外信号可在人群中向特定佩戴者传递秘密指令;产品上的红外防伪标记只有在佩戴此眼镜时才能显现,大大提升防伪可靠性;博物馆或机密区域可使用红外光束划定无形警戒线,佩戴此眼镜时即可看见警戒线。

更重要的是,该技术还将为视觉修复与增强带来新曙光。全球约每12名男性与200名女性中即有1人存在色觉缺陷,且多为红绿色盲。其根源在于视网膜中负责感知红或绿特定波长的视锥细胞缺失或功能异常。

对于色盲、色弱等色觉异常人群,这项技术提供了极具想象力的干预方向,可通过光谱的“重新编码”,帮助他们突破自然的视觉局限,感知更丰富的色彩信息。

纳米晶体在隐形眼镜上的无声闪烁,是科学智慧对自然感官界限的一次温柔重构。当红外光谱在人类视网膜上投下第一缕可见的辉光,人们得以窥见超越百万年进化设定的另一种可能。科学赋予我们的,不仅是工具,更是理解广袤宇宙的新感官与新语言。

据《科技日报》作者:吴长锋 洪敬谱

## 多数哺乳动物无法识别红外线

光的本质是一段连续的电磁波谱,其波长差异决定了人类能否感知其存在。人类视网膜上有一类视锥细胞,能对红、绿、蓝三原色特异性响应。3种细胞被激活的比例,决定了人类所看见的颜色。一直以来,人类可看见的光波长范围仅限于400纳米(紫光)至700纳米(红光)。若能感知更加广阔的近红外波段(700纳米至2500纳米),将突破人类视觉的极限。

“自然界中,人类肉眼可感知的可见光,仅占电磁波谱的很小一部分。由于红外光所携带的能量低于可见光,这一特性使其既无法激发人眼视网膜中的感光细胞,也难以被绝大多数哺乳动物的视觉系统直接感知。”中国科学技术大学教授薛天说。

在自然界中,少数生物进化出了感知红外线的特殊能力。响尾蛇、蝮蛇等部分蛇类拥有专门的颊窝器官,能够探测温血动物散发的长波红外辐射。一些昆虫,如部分甲虫则能感知较近红外范围的光线。但这本质上是一种热感知,而非真正的“视觉成像”。然而,对于人类和鼠类等绝大多数哺乳动物而言,红外线始终是

## 从高端市场向主流消费群体渗透

# 折叠屏手机今年出货量或达1980万台

随着9月消费电子旺季即将来临,电子信息产业又到用工旺季,郑州富士康招工再现“长龙”,苹果iPhone 17进入大规模量产阶段。而最让市场期待的是苹果折叠屏手机的进展。据集邦咨询最新研究,苹果预计于2026年下半年推出折叠产品,将助力折叠手机渗透率从2025年的1.6%提升至2027年的3%以上。

机构普遍认为,折叠屏手机作为消费电子创新的重要方向,正逐步从高端市场向主流消费群体渗透。

## 消费电子进入传统旺季

金九银十,消费电子进入传统旺季。有报道显示,作为行业风向标,苹果iPhone 17正式进入量产阶段,而富士康的大规模用工也显示旺季正在来临。

郑州富士康招聘公众号8月19日发布消息称,郑州两厂区高价招聘,其中郑州航空港区主要负责手机零配件组装、测试、检测等,目前主要有派遣工(返费工、小时工模式)全年最高价招聘中。返费工底薪为每月2100元,再加上加班费,以及在在职满90天发放的最高8000元返费、1300元津贴和补贴,预估做满3个月工资在1.92万元至2.3万元之间。

郑州富士康相关负责人在接受当地媒体采访时透露:“今年的用工数量有所增加,员工待遇也有明显提升。”

结合苹果此前公布的2025财年第三财季(2025年第二季度)财务数据,营收和净利润纷纷大增,大中华区表现亮眼,收入同比增长4.4%,iPhone系列出货量显著提升。苹果还在持续发力中国市场。

在苹果的带动下,A股苹果供应链企业的业绩向好,立讯精密、工业富联、领益智造、鹏鼎控股等核心供应商在今年上半年均实现不错的业绩增长。

不仅如此,二季度小米集团实现业绩大增也在一定程度上催化了消费电子板块的情绪。数据显示,小米第二季度营收同比增长30.5%至1160亿元,经调整净利润同比大增75.4%至108亿元,智能手机业务收入455亿元,出货量连续8个季度正增长。

但需要注意的是,从整体营收和毛利率来看,小米智能手机在第二季度同比有所下跌,这主要是受到智能手机平均销售单价下降的



集邦咨询预计,2025年折叠手机出货量将达1980万台,渗透率约1.6%,与2024年持平。而苹果入局将助力折叠手机渗透率从2025年的1.6%提升至2027年的3%以上。

冲击。

小米管理层表示,在今年年初或者去年年底,行业对整个手机市场的大盘普遍抱有乐观预期,各个品牌的目标也都是相对积极的。然而,上半年过去之后,业内人士发现整个市场的增长并未达到预期水平。当各品牌的进货量增多后,自然就引发了价格战,这其实是一种基本规律。

小米方面坦言,到今年年中,各品牌的库存基本都处于合理水平了,下半年整个市场会变得更加理性。目前来看,全球手机市场大盘几乎不会有增长,或者只会有微乎其微的增长。结合此前中芯国际的判断,到今年年底,全球智能手机出货量及国内主流手机厂商总产量与去年基本持平。这意味着,虽然消费电子有旺季情绪催化,但下半年成绩或会承压。

## 折叠屏加速渗透

那么,关于消费电子中最重要的智能手机市场,除了老生常谈的“AI+”,还有什么值得期待的创新点?

答案或许是折叠屏。苹果知名分析师郭明錤今年以来多次爆料苹果折叠屏进展,其在6

月称,苹果供应商鸿海精密预计将于2025年第三季度末或第四季度初正式开始生产“折叠屏iPhone”。7月,他再度爆料,苹果为其首款折叠iPhone采用三星显示器公司的无折痕方案,并计划在2026年下半年量产。

尽管国内外厂商的折叠屏手机已经历了多次更新换代,但苹果历来不是产业创新前段推手,而是等市场蛋糕做大,再以差异化方式快速抢下市场。苹果入局意味着折叠手机迈向成熟应用,核心竞争将转向制造效率、成本控制,以及供应链整合。

集邦咨询预计,2025年折叠手机出货量将达1980万台,渗透率约1.6%,与2024年持平。而苹果入局将助力折叠手机渗透率从2025年的1.6%提升至2027年的3%以上。

随着苹果进军折叠设备的时间日益临近,市场高度关注其可能采用的新材料与供应商。该机构称,折叠手机历经多零件铰链组装到一体化结构设计的技术演进,材质、结构和厚度的突破帮助机身变得更加轻薄,铰链技术的发展更成为竞争的焦点。

综合多家机构研究来看,目前安卓系折叠机主要采用“U”形铰链和水滴形铰链两种形态;工艺上以金属粉末注射成型工艺为主。苹果入局推动铰链创新,有望引入液态金属和钛合金3D打印等创新材料和工艺。

例如,宜安科技作为国内最早布局液态金属的企业之一,性能指标达到国际先进水平。此外,领益智造、统联精密、精研科技等在铰链技术上有所布局。

其中,领益智造在互动平台回应过相关问题。其称,公司碳纤维结构件作为屏幕支撑板的关键零件,具备高强度、低密度、模量好,兼具导电及散热佳的特性,逐步替代不锈钢材料进入折叠手机行业。行业头部客户的相关折叠屏及其他中高端手机机型已采用公司碳纤维结构件,并实现量产出货。

柔性盖板也是折叠屏幕的关键组件,超薄柔性玻璃(UTG)是目前市场的主流。记者从产业链人士处了解到,蓝思科技负责为苹果折叠屏提供UTG屏幕。

“随着苹果对折叠屏手机加速布局,我们认为一方面或将对全球折叠屏手机销量有较大的拉动,另一方面其有望引领折叠屏产业链的创新升级。看好折叠屏UTG及铰链等关键零部件,及3D打印等新工艺。”西部证券电子团队指出。 供稿:《21世纪经济报道》作者:张赛男

## ► 科工前沿

# 我国科研人员研发出昆虫尺度软体机器人

它从108米高的标志塔顶急速坠落,重重砸向地面,可就在片刻之后,这个仅有2厘米长、2克重的小家伙竟重新起身,若无其事地蹦跶起来……这是西湖大学工学院姜汉卿实验室研发的新一代软体机器人。该研究团队提出了一种全新的电磁弹性体驱动机制,首次让昆虫尺度的软体机器人在复杂户外环境中实现完全自主运动,为未来小型化、无线化、高性能的智能机器人系统提供了全新解决方案。

姜汉卿表示:“在自然界,昆虫靠肌肉高效收缩爆发出惊人力量,但人类复刻这一奇迹却困难重重。传统机器人依赖笨重的电机和复杂零件,根本无法塞进昆虫般小巧的身体。而曾被寄予厚望的人工肌肉,又往往需要高压电或强磁场驱动,难以在户外自由施展。”

如何突破这一困境?

姜汉卿团队从昆虫肌肉的伸缩机制中获得灵感,创造出全新的电磁弹性体驱动机制。这个系统巧妙结合了磁力与弹性:利用弹性力和静磁吸力的平衡,来实现机器人类似肌肉收缩的运动。他们还设计了一个精巧的驱动系统,将其塞进了软体机器人不到2厘米长的小身板里。如今,只需不到4伏的低电压,线圈磁场便能让机器人像肌肉般高效收缩,爆发出高达210牛/千克的力量和60%的惊人形变,性能远超现有技术。

这精密的“人工肌肉”暗藏玄机,其弹性体如拉满的弓般储能,形成独特的“双稳态”甚至“三稳态”。这意味着,机器人完成动作后无需持续耗电就能保持状态。“举个例子,新一代软体机器人能耗低,只有56毫瓦,跟小LED灯差不多。它背着一枚8毫米长、4毫米厚、容量只有20毫安时的小型板载电池时,可以持续工作一个小时。”姜汉卿表示。

正是这项突破性技术,让软体机器人被赋予多种运动模式,使其得以真正走出实验室,在复杂户外环境中大显身手。

当它从高空坠向平地,抗摔打的本领立刻凸显价值。1.6厘米长的蠕虫机器人从108米高空自由落体后,竟能毫发无伤地继续在尘土中匍匐前进。未来,在地震等重大自然灾害发生后,它可以被无人机投放落地,快速进入废墟深处,寻找被困人员位置并发出信号,成为生命搜救的“先锋”。

当2厘米长的游泳机器人跃入水中,瞬间化身灵巧的“机器鱼”,在自然水体中自主巡游超1小时。未来,可以派小巧灵活的它检测水下环境或监测污染。

“这些‘微型斗士’能搭载传感器变身环境侦察兵,将运动、感知与极限抗冲击能力完美融合于方寸之间。”姜汉卿表示。 据《光明日报》作者:晋浩天