

2022 8

总 44 期

光电科技  
情报网



# 光电科技快报

Opto-electronics Science  
& Tech Letters

- 关于 6G 技术的五个重要问题
- 世界首个超导单光子探测器国际标准正式发布
- 2026 年全球 VR 头显所用 CIS 出货量可望突破 2 亿颗
- 研究人员开发出可用于医疗传感器等领域的有机光电探测器



中国科学院光电情报网工作组

中国科学院光电情报网内参

# 光电科技快报

Opto-electronics Science & Tech Letters

(2022 年第 8 期 总 44 期)

中国科学院光电情报网工作组

2022.08

### **中国科学院光电情报网介绍：**

中国科学院光电情报网(简称光电情报网)是在中国科学院文献情报系统“学科情报服务协调组”的整体组织和指导下,由中国科学院武汉文献情报中心牵头组建,联合中国科学院光电领域相关研究所、东湖新技术开发区(中国光谷)、国内相关光电企业、省科学院联盟相关成员单位,共同搭建的情报研究资源共享及协同服务的非营利性情报研究及服务团体。通过“协同开展情报研究服务、组合共建情报产品体系、促进情报资源交流共享、提升整体情报保障能力”的工作方式,创新院所协同、院地合作的情报研究和服务保障模式,更好支撑中国科学院、地方的发展规划布局,坚实保障各个层面的战略决策、智库咨询、科学研究和产业创新情报需求,从而有效推动光电领域科技进步和产业发展。

### **中国科学院光电情报网工作组：**

组长单位：中国科学院武汉文献情报中心

副组长单位：中国科学院长春光学精密机械与物理研究所  
中国科学院上海光学精密机械研究所  
中国科学院光电技术研究所  
中国科学院合肥物质科学研究院  
中国科学院成都文献情报中心

组员单位：中国科学院西安光学精密机械研究所  
中国科学院海西研究院  
中国科学院光电研究院  
中国科学院国家空间科学中心  
中国科学院国家天文台南京天文光学技术研究所  
中国科学院苏州生物医学工程技术研究所  
中国科学院上海技术物理研究所

特邀单位：安徽科学技术研究院  
安徽光电技术研究所

# 目 录

<b>特别关注</b> .....	<b>2</b>
关于 6G 技术的五个重要问题 .....	2
<b>战略规划</b> .....	<b>6</b>
世界首个超导单光子探测器国际标准正式发布 .....	6
科技部首批支持建设十个人工智能示范应用场景 .....	7
<b>行业观察</b> .....	<b>9</b>
2026 年全球 VR 头显所用 CIS 出货量可望突破 2 亿颗 .....	9
LGD 与 SK 海力士联手！组建 Micro OLED 同盟 .....	10
光通信器件制造企业德科立上交所上市 .....	11
<b>研究进展</b> .....	<b>13</b>
研究人员开发出可用于医疗传感器等领域的有机光电探测器 .....	13
中国科大实现两个光力系统的全光远程同步 .....	14
莫尔层间激子的形成为未来光伏奠定了基础 .....	16
大连化物所研制出 3D 打印钠离子微型电池 .....	17

本期责编：胡思思

本期编辑：李海燕（上海光机所） 朱立禄（长春光机所） 王亚军（西安光机所） 张甫

（安徽光机所） 章日辉 曹 晨 刘美蓉 杨子意

**联系电话：027-87199007**

# 特别关注

## 关于 6G 技术的五个重要问题

在 5G 轰轰烈烈展开部署的同时,对下一代技术的研发工作也已经拉开帷幕。6G 无线技术承诺创造更美好的未来,其中一个目标就是实现人类社会、物理世界和数字世界的融合。通过融合,6G 有望为实现联合国可持续发展目标提供巨大助力。

### 什么是 6G?

简而言之,6G 是用于蜂窝网络的第六代无线通信标准,将接替当前的 5G (第五代)标准。不过,研究界并不指望 6G 技术取代前几代技术。相反,新旧技术会共存协作,合力改善我们的生活。



虽然 6G 在某些方面可以借鉴 5G,但想要满足更先进的技术需求,彻底改变我们与世界的连通方式,还有很多空白技术需要从头开始研发。

第一个有待提升的领域是速度。从理论上讲,5G 可以实现 20 Gbps 的峰值数据速率,不过迄今为止测试中记录得到的最高速度只有 8 Gbps 左右。在 6G 中,随着我们开始采用更高频率(100 GHz 以上),目标峰值数据速率将达到 1,000 Gbps (1 Tbps),这足以支持立体视频等使用场景,提供增强的虚拟现实体验。

实际上我们已经展示过 310 GHz 频率的空中接口传输,其峰值速度高达 150 Gbps。除了速度之外,6G 技术还会带来另一个关键优势:极低的延迟。这

意味着通信的时延可以降至极低，让物联网（IoT）和工业应用能够尽情释放其潜力。

6G 技术将提供增强的连通性，赋能未来的物联网创造更多奇迹。现在的 5G 能够支持每平方千米（或 0.38 平方英里）范围内同时连接 100 万台设备，6G 会将这个数字提升至 1000 万台。

但是，6G 带给我们的不仅仅是更快的数据速率和更低的延迟。

### **6G 技术的用户是谁？使用场景有哪些？**

在 5G 中，我们开始看到机器对机器通信的兴起，而 6G 有望推动其更上一层楼。大众都将成为 6G 的最终用户，越来越多的设备也将如此。这种转变不仅会影响到人们的日常生活，也会给企业和整个行业带来变革。

除了为最终用户提供更快的浏览速度之外，我们还可以期待通过仿佛身临其境的、有触觉的体验来增进人与人的交流。例如，爱立信就预测会诞生“感官互联网”，即有可能以数字方式让人们感受到气味或味道。新一代移动网络联盟（NGMN）的一份报告称，全息远程呈现和立体视频（我们可以将其视为 3D 视频）也将成为一种使用场景。这一切都是为了让虚拟现实、混合现实和增强现实融入我们的日常生活。

6G 技术可能会对企业和行业产生更大的影响，归根到底会造福我们这些最终用户。机器届时将能够同时处理几百万个连接，完成它们现在还无法胜任的任务。

NGMN 报告预计，6G 网络将实现超高准确度的定位和跟踪。这可能会带来多方面的进步，例如允许无人机和机器人运送货物和管理制造工厂；改善数字医疗保健和远程健康监测；以及加强数字孪生的使用。

数字孪生将发展成为一个值得关注的使用场景。某些行业可以借助这个重要工具来有效地解决工厂或特定机器的问题，类似的好处不胜枚举。我们可以试想一下创建整个城市的数字孪生，并对复制对象展开测试来评估哪些解决方案最适合交通管理的情景。新加坡政府已经着手构建一个 3D 城市模型，为未来实现智慧城市做准备。

### **如何才能实现 6G？**

创造新世界需要采用新技术。在边缘计算、人工智能（AI）、机器学习（ML）和网络切片等领域，6G 无疑可以从 5G 中受益匪浅。与此同时，我们还需要彻底变革才能满足新的技术要求。

首先是应了解如何在亚太赫兹频率范围内运行。5G 需要在 24.25 GHz 至 52.6 GHz 的毫米波（mmWave）频段内运行才能完全发挥其潜力，而新一代移动连通性很可能会转向采用 100 GHz 以上的频率，即亚太赫兹频率，甚至可能会进入真正的太赫兹频率。

为什么要了解这个？随着频率增长，信号波会展现出不同的特性。5G 之前的蜂窝通信仅使用 6 GHz 以下频谱，信号最远可以传播 10 英里。在毫米波频段，信号传播距离急剧缩减到 1,000 英尺左右。6G 建议使用的亚太赫兹信号传播距离往往更小，只有几十到几百英尺而不是上千英尺。

话虽如此，我们可以使用新型天线来尽量扩大信号的传播距离。天线的尺寸与信号波长成正比，因此频率越高，波长越短，天线的尺寸可以缩减到足够小而能够大量部署。此外，天线还采用了一种叫做波束赋形的技术，将信号朝向某个特定的接收机发射，而不是像 LTE 之前常用的全向天线那样向着四面八方发射。

另一个重要领域是为 AI 和 ML 设计 6G 网络。5G 已经开始考虑将 AI 和 ML 添加到现有网络中。到了 6G 时代，我们有机会从头开始建设与生俱来就适应这些技术的网络。

国际电信联盟（ITU）的一份报告称，到 2030 年，全球每月将产生超过 5,000 艾字节（或 50 亿太字节）的数据。鉴于互联的用户和设备数量如此庞大，我们将不得不依靠 AI 和 ML 来执行各项任务，例如管理数据流量；允许智能工业机器做出实时决策并高效利用资源等等。

6G 需要解决的另一个挑战是安全性——如何确保数据安全，只有得到授权的用户才能访问它。解决办法是让系统能够自动预测复杂的网络攻击。

最后一项技术需求是虚拟化。随着 5G 的演进，我们将逐渐转向虚拟环境。如今，Open RAN（O-RAN）架构将更多的处理和功能转交给云端负责。边缘计算等解决方案将在未来变得越来越普遍。

### **6G 技术是否可持续？**

可持续性在当今电信行业关注的焦点。诚然，随着 5G 的推进，6G 也离我们越来越近，人类和机器将消耗越来越多的数据。以我们在数字世界的碳足迹为例，发送一封简单的邮件相当于向大气中排放 4 克二氧化碳。

幸好，6G 技术有望帮助人类在各种应用中提高可持续性。优化农场自然资源的使用就是一个例子。通过使用实时数据，6G 还能赋能智能车辆进行路线规划，这将有助于减少碳排放并更好地分配能源，从而提高能源效率。

此外，研究人员也将可持续性放到了他们 6G 项目的中心。使用新型材料的半导体等元器件应当会降低功耗。归根结底，我们预计新一代移动连通性将会有助于实现联合国可持续发展目标。

### **6G 将在什么时候可以使用？**

业界一致认为，第一个包含 6G 的第三代合作伙伴计划（3GPP）标准版本将在 2030 年完成。6G 技术的早期版本最早可能在 2028 年投入试运行，像前几代标准一样都需要经历十年左右的时间。这是“下一代通信联盟”（Next G Alliance）公布的愿景。

在将新一代移动连通性推向市场之前，国际机构会针对技术规范展开讨论，从而实现互操作性。例如，确保您的手机能在世界各地使用。

ITU 和 3GPP 同为知名的标准化机构，他们也设立了工作组来评估全球 6G 研究进展。

另外技术的发展同样需要时间。许多 6G 功能需要借助在材料和方法上都突破常规的新的解决方案才能实现，开发这样的方案也同样需要时间。

*信息来源: eefocus*



# 战略规划

## 世界首个超导单光子探测器国际标准正式发布

2022年8月19日，经国际电工委员会（IEC）批准，由中科院上海微系统所超导电子实验室尤立星研究员牵头制定的国际标准 IEC 61788-22-3:2022 ED1 Superconductivity - Part 22-3: Superconducting strip photon detector - Dark count rate 正式发布。该标准项目制定工作于2018年7月正式获批启动，经过四年的努力最终完成。这是全球首个单光子探测器的国际标准，也是在超导电子学领域我国牵头制定的首个国际标准。

尤立星研究员团队在超导条带光子探测器研究方面具有广泛的国内外影响力，特别是在探测效率和暗计数研究方面，取得多项原创性成果；并成立高新技术企业赋同量子科技（浙江）有限公司，开展超导单光子探测技术产业化运作。尤立星研究员是 IEC TC90 第十四工作组（WG14：超导电子器件）成员，一直代表中国积极参与超导电子器件领域的国际标准化工作，并因其在国际标准化方面的贡献获2018年度 IEC 1906 奖。IEC 61788-22-3 作为首个超导条带光子探测器（SSPD）的国际标准，没有过去的相关经验可以借鉴。尤立星和同事杨晓燕博士围绕该国际标准开展了大量的技术标准文档写作、循环比对试验以及沟通协调工作，工作也得到了南京大学、天津大学等国内同行的大力支持。特别是这两年的全球新冠疫情和复杂的国际关系变化给相关国际交流、特别是国际循环比对试验带来了巨大的挑战。最终项目团队克服重重困难，完成了标准制定的所有工作。

相关工作得到了全国超导标准化技术委员会（SAC/TC265）和 IEC TC90 第十四工作组的大力支持。

备注：在学术界该类器件通常称为超导纳米线单光子探测器件（Superconducting Nanowire Single Photon Detector）。在 IEC 标准 IEC61788-22-1 中，该器件被命名为超导条带光子探测器 Superconducting (Nano)Strip Photon Detector, 简称：SSPD 或 SNSPD。



IEC 61788-22-3

Edition 1.0 2022-08

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



**Superconductivity –  
Part 22-3: Superconducting strip photon detector – Dark count rate**

**Supraconductivité –  
Partie 22-3: Détecteur de photons à bande supraconductrice – Taux de  
comptage en obscurité**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

ICS 29.050

ISBN 978-2-8322-4070-0

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.  
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission  
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

信息来源：国际电工委员会（IEC）

## 科技部首批支持建设十个人工智能示范应用场景

在《关于加快场景创新以人工智能高水平应用促进经济高质量发展的指导意见》公布三天后，8月15日，科技部公布了《关于支持建设新一代人工智能示范应用场景的通知》（以下简称《通知》），意在加快推动人工智能应用，助力稳

经济，培育新的经济增长点。

《通知》指出，坚持面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求、面向人民生命健康，充分发挥人工智能赋能经济社会发展的作用，围绕构建全链条、全过程的人工智能行业应用生态，支持一批基础较好的人工智能应用场景，加强研发上下游配合与新技术集成，打造形成一批可复制、可推广的标杆型示范应用场景。首批支持建设十个示范应用场景。

首批十个示范应用场景包括：智慧农场、智能港口、智能矿山、智能工厂、智慧家居、智能教育、自动驾驶、智能诊疗、智慧法院、智能供应链。

《通知》还提到，科技部以国家科技计划项目成果为主要基础，以国家新一代人工智能创新发展试验区为主要依托，充分发挥国家新一代人工智能开放创新平台企业作用，遴选一批支持建设的示范应用场景。各地方科技厅（委、局）、试验区向科技部推荐拟支持建设的示范应用场景，科技部经审核评估后，确定是否支持，并对建设达标的场景进行宣传推广。

信息来源：科技部

# 行业观察

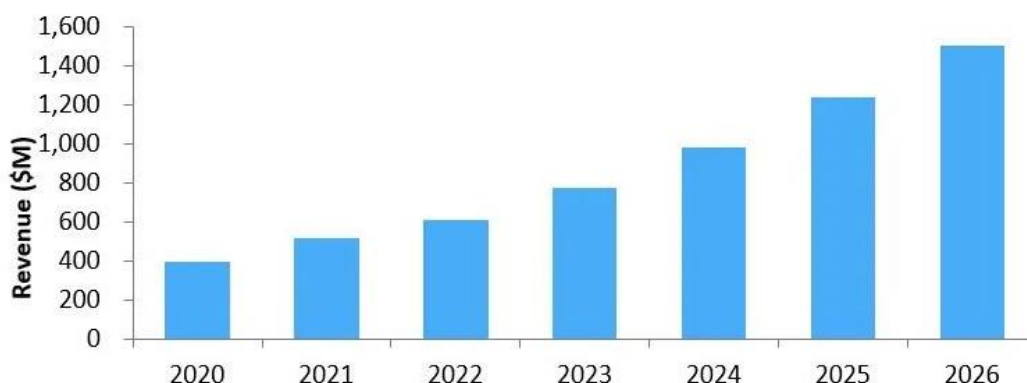
## 2026 年全球 VR 头显所用 CIS 出货量可望突破 2 亿颗

CMOS 图像传感器作为 3D 视觉的重要组成部分将在游戏机、VR 头显、智能家居设备、智能 TV、家用机器人以及无人机等消费电子领域获得越来越广泛的应用。

多年来，3D 视觉被广泛用于工业制造领域。相比 2D，3D 视觉有助于捕捉更详细的图像信息，包括物体的尺寸、形状和位置等。3D 视觉的使用节省了大量的人工成本，提高了生产效率。随着硬件尺寸的不断缩小和算法的优化，3D 视觉的实用性和测量精确度得到了极大的提高，尤其是 ToF（Time of Flight）技术的迅速成熟，使得 3D 视觉大规模进入消费电子领域。3D 视觉在消费电子领域的落地将为 CMOS 图像传感器带来更多的市场需求。

5G 的普及使万物互联成为可能，AI 技术的发展让消费电子设备智能化成为趋势。3D 视觉赋予消费电子设备更强感知三维物理世界的能力，人脸识别和手势识别亦可为消费者带来全新的用户体验。CMOS 图像传感器作为 3D 视觉的重要组成部分将在游戏机、VR 头显、智能家居设备、智能 TV、家用机器人以及无人机等消费电子领域获得越来越广泛的应用。据 Omdia 预测，应用于消费电子领域（除去手机、平板、笔记本）的 CMOS 图像传感器的市场规模将以年均 25.2% 的年复合增长率快速增长，2026 年达到约 15 亿美元。其中增长较为迅速的应用领域包括 VR 设备、智能门锁和扫地机器人等。

**CIS revenue in consumer electronics, 2020~2026**



Source: Omdia

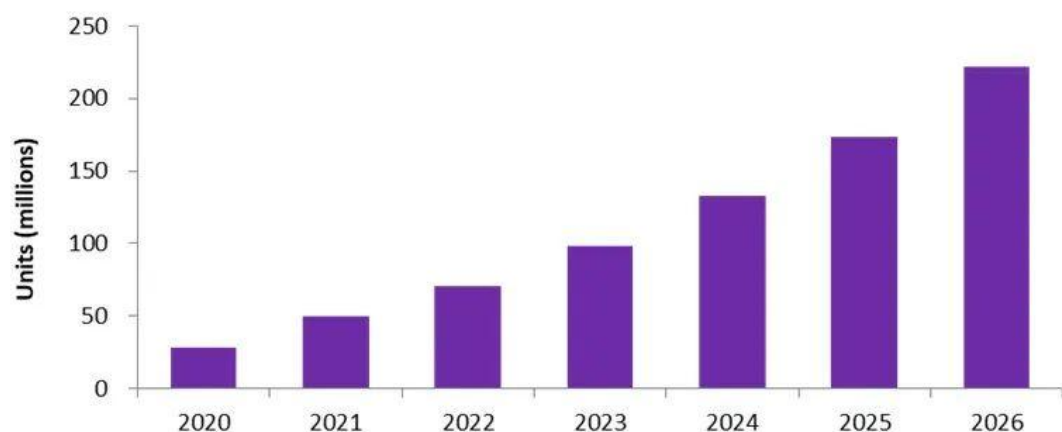
© 2022 Omdia

Source: Omdia report: Image Sensors for Consumer & Mobile Report-2022 Analysis

以 VR 设备为例。随着元宇宙技术的发展，互联网的媒介形式势必迎来变革，AR、VR 设备带来的三维视觉体验越来越受到重视。Omdia 预计，outside-in 的 VR 架构将被 inside-out 架构取代，VR 依靠自带的摄像头和传感器即可完成空间定位和人机交互。全彩透视的渗透率会进一步提高，眼球追踪将成为 VR 设备的标配功能。另外，为了帮助用户实现使用虚拟形象（Avatar）进行社交的需求，VR 还需要捕捉从肢体到脸部、唇部等细节部位的动作。裸手识别有望成为 VR 主流的交互方式，为玩家带来更新奇的体验，也将成为一项非常考验厂商视觉算法能力的功能。我们预计，未来消费级 VR 头显设备将至少配备 6 个不同类型的摄像头，其中包括 2 个定位摄像头、2 个眼球追踪摄像头、1 个 ToF 摄像头和 1 个 RGB 摄像头，分别用来完成 inside-out tracking 设备自身的定位，眼球追踪，手势追踪，以及实现 see through 等功能。如果配备的 VR 手柄采用视觉定位方案，摄像头的数量还会更多。例如 Magic Leap2 就搭载了 9 颗摄像头，包括 1 颗 ToF 摄像头，1 颗 12.6MP 的 RGB 摄像头，4 颗眼球追踪摄像头以及 3 颗定位摄像头。受益于 M1 芯片强劲的算力，苹果的新品 MR 头显或将搭载更多的摄像头。

根据 Omdia 的预测，全球 VR 头显所用 CIS 出货量将以 41% 的年均增长率增长，2026 年将超过 2 亿颗。

Figure 12.2: Consumer VR Headset CIS Shipment Forecast, 2020~2026



Source: Omdia

© 2022 Omdia

信息来源: Omdia

## LGD 与 SK 海力士联手！组建 Micro OLED 同盟

Micro OLED 是指扩展现实(XR)设备的核心显示，在元宇宙时代，XR 设备有望成为超越智能手机的新一代设备。

据了解, LG 显示和 SK 海力士决定在 Micro OLED 开发和生产上进行合作, 并正在进行最后的协商。Micro OLED 的像素尺寸小到几十微米( $\mu\text{m}$ ), 非常精细, 与普通 OLED 不同, 半导体工艺是必须的。而 LG 显示没有半导体系列公司和生产设备, 因此需要与 SK 海力士等半导体专业厂商合作。据悉, 两家公司在关于具体的角色、协作方面已进入最终协议阶段。



图 1 SID 2022 展出的 OLEDoS

SK 海力士进行晶圆设计并绘制电路。LG 显示很可能负责从在晶圆蒸镀 OLED 阶段到最终完成阶段的过程。最终目标是为全球的大型科技公司的 XR 设备提供显示屏。苹果明年初将首次推出第一代 XR 设备。据悉, LG 显示为第一代 XR 设备提供用于外部屏幕的 OLED 指示器。第一代 XR 设备的 Micro OLED 由索尼供应。

据悉, LG 显示与 SK 海力士联手制定了产能确保方案。SK 海力士也致力于成为新一代设备供应商, 确保新的增成长动力。

双方之间展开合作, 是因为判定未来 Micro OLED 市场将会大幅增长。XR 设备被称为“元宇宙之花”, 市场发展潜力大。根据市场调研公司 Counterpoint Research 的数据, XR 头戴式耳机市场的规模将从去年的 1100 万台增长到 2025 年的 1.5 亿台。

资料来源: CINNO Research

## 光通信器件制造企业德科立上交所上市

2022 年 8 月 9 日, 无锡市德科立光电子技术股份有限公司(以下简称“德科立”)正式在上海证券交易所科创板挂牌上市, 股票简称“德科立”, 股票代码

“688205”。

德科立本次发行 2,432 万股新股，每股发行价格为 48.51 元，发行后的总股本为 9,728 万股。本次公开发行募集资金拟投资于高速率光模块产品线扩产及升级建设项目、光传输子系统平台化研发项目和补充流动资金。

据披露，高速率光模块产品线扩产及升级建设项目总投资额为 62,425 万元，拟新建生产车间，并购置先进的生产设备，进行光收发模块产品的生产。项目建成后，可形成新增高速率光收发模块年产 110 万支的生产能力。通过本项目的建设，德科立 100G、200G 等高速率光收发模块的产能将得到显著提升，400G 长距离光收发模块也将实现批量交付。项目建设期 24 个月。

光传输子系统平台化研发项目总投资额为 21,162 万元，拟新建光传输子系统研发中心大楼及配套用房，并购置先进的研发仪器设备，建设上述光传输子系统研发平台，进行 OTN、城域网、DCI 等设备的子系统研发，满足各类接入网、承载网、城域网、DCI 和数据链路采集系统的需求。项目预计建设期为 24 个月。

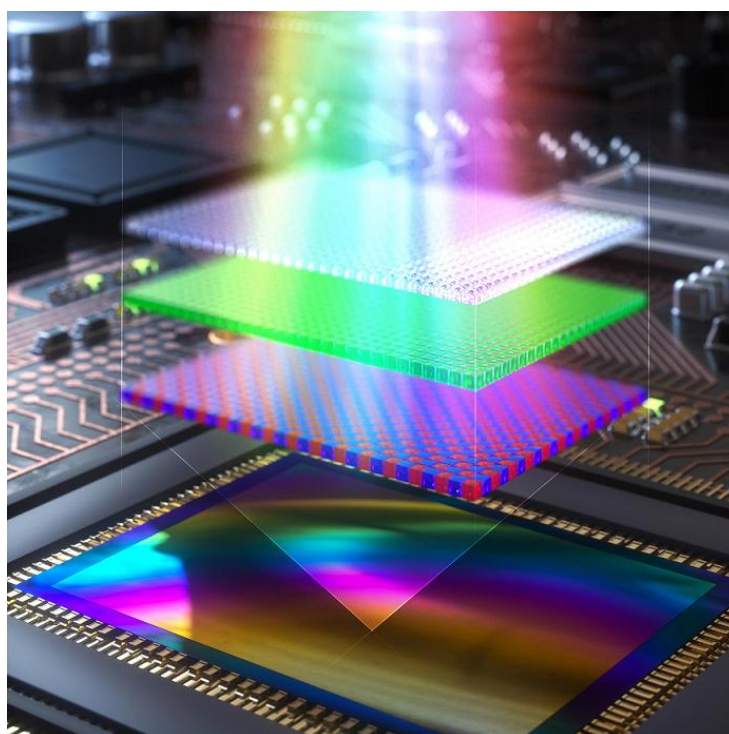
资料显示，德科立主要从事光收发模块、光放大器、光传输子系统的研发、生产和销售，产品主要应用于通信干线传输、5G 前传、5G 中回传、数据链路采集、数据中心互联、特高压通信保护等国家重点支持发展领域。2019 年至 2021 年营业收入分别为 38,741.68 万元、66,470.68 万元和 73,109.73 万元，归属于母公司所有者净利润分别为 4,665.49 万元、14,233.09 万元和 12,644.41 万元。

资料来源：德科立

# 研究进展

## 研究人员开发出可用于医疗传感器等领域的有机光电探测器

研究人员已经开发并展示了新的绿光吸收透明有机光电探测器，它具有高灵敏度并跟 CMOS 制造方法兼容。将这些新的光电探测器纳入有机-硅混合图像传感器可能对许多应用有用。这些应用包括基于光的心率监测、指纹识别及检测附近物体存在的设备。



无论是用于科学相机还是智能手机，今天的大多数成像传感器都是基于 CMOS 技术和无机光电探测器将光信号转换成电信号。尽管由有机材料制成的光电探测器正在吸引人们的注意，因为它们可以帮助提高灵敏度，如到目前为止，事实证明很难制造出高性能的有机光电探测器。

共同领导研究小组、韩国亚洲大学的 Sungjun Park 说道：“要将有机光电探测器纳入大规模生产的 CMOS 图像传感器中需要易于大规模制造的有机光吸收剂并能完成生动的图像识别以在黑暗中以高帧率产生清晰的图像。我们开发了透明的绿色敏感的有机光电二极管，可以满足这些要求。”

研究人员于当地时间 8 月 25 日在《Optica》上描述了新的有机光电探测器。



另外，他们还通过将透明的绿色吸收有机光电探测器叠加到带有红色和蓝色过滤器的硅光电二极管上创造了一个混合的 RGB 成像传感器。

“由于引入了混合有机缓冲层，这些图像传感器中使用的绿色选择性光吸收有机层大大减少了不同颜色像素之间的串扰，”来自韩国三星高级技术研究所 (SAIT) 的研究小组共同负责人 Kyung-Bae Park 说道，“这种新设计可以使高性能的有机光电二极管成为用于各种应用的成像模块和光电传感器的主要部件。”

### 更加实用的有机光电探测器

大多数有机材料由于对温度敏感而不适合大规模生产。它们要么不能承受用于后处理的高温，要么在中等温度下长期使用变得不稳定。为了克服这一挑战，科学家们专注于修改光电探测器的缓冲层以提高稳定性、效率和检测性。检测性是衡量一个传感器能够探测到微弱信号的程度。

“我们引入了一个浴铜灵(BCP): C60 混合缓冲层作为电子传输层，”Sungjun Park 说道，“这使有机光电探测器具有特殊的特性，包括更高的效率和极低的暗电流，从而降低了噪音。”这种光电探测器可以放在带有红色和蓝色过滤器的硅光电二极管上以创建一个混合图像传感器。

研究人员证明，新的光电探测器表现出跟传统硅光电二极管相当的检测率。探测器在 150 °C 以上的温度下稳定运行 2 小时，并在 85 °C 下显示出 30 天的长期运行稳定性。这些光电探测器还表现出良好的色彩表现力。

下一步，他们计划定制新的光电探测器和混合图像传感器，用于各种应用，如移动和可穿戴传感器、接近传感器和显示器上的指纹装置。

信息来源: *Optica*

## 中国科大实现两个光力系统的全光远程同步

中国科学技术大学郭光灿院士团队在光力系统的全光远程同步研究中取得重要进展。该团队董春华教授及其合作者邹长铃等将微腔内的光辐射压力引起的机械振荡加载到泵浦光上，经过 5km 长的单模光纤传输后激发另一微腔内的机械振荡，通过光学模式和机械模式的有效调控从而实现了两个光力系统的全光远程同步。相关研究成果 8 月 5 日发表在 *Physical Review Letters* 上，选为“PRL Editors' Suggestion”。

迄今为止，振荡器之间的全光同步距离仅限制在微米量级，这大大限制了同步网络的应用。尽管光力系统将机械振荡器与光子连接起来具有天然优势，但远

程光力系统的全光同步实验实现仍然具有挑战性。首先，由于光学模式和机械模式在微腔制备过程和操控中不可避免的涨落，在不同的微腔系统中很难同时实现完全相同的光学和机械模式；其次，在传输过程中，机械振荡的振幅会衰减，必然会产生光损耗，从而限制了同步的距离。

研究团队提出了一种新的光力系统全光同步的物理解释，将注入锁定机制与同步机制结合起来，实现了全光远程同步。首先，基于微腔中的热光效应和光弹效应，研究团队实现了最大达 5.5nm 的光学频移以及 0.42MHz 的机械频移，克服了在不同的光力系统中光学和机械模式同时对准的困难。然后，该团队利用一束相干激光驱动二氧化硅微球腔，产生的调制光通过 5 km 长的光纤传输到微盘腔。在合适地激光频率下，边带诱导的光力相互作用成功抑制真空噪声，输出功率谱降到单峰，实现两个机械振子的同步。为了进一步证实该实验结果，研究团队利用 1625 nm 左右的探针激光对微盘的机械振动进行检测，进一步确认了实验结果。通过对两个振荡器的输出功率谱和相空间轨迹表征，两个微腔可以以固定的相位关系和相同的频率振动，展示了对不同波段光信息进行同步的能力。本实验所展示的远距离全光同步技术，为构建复杂的同步光力系统网络奠定基础，有希在光通信和时钟同步等领域得到应用。

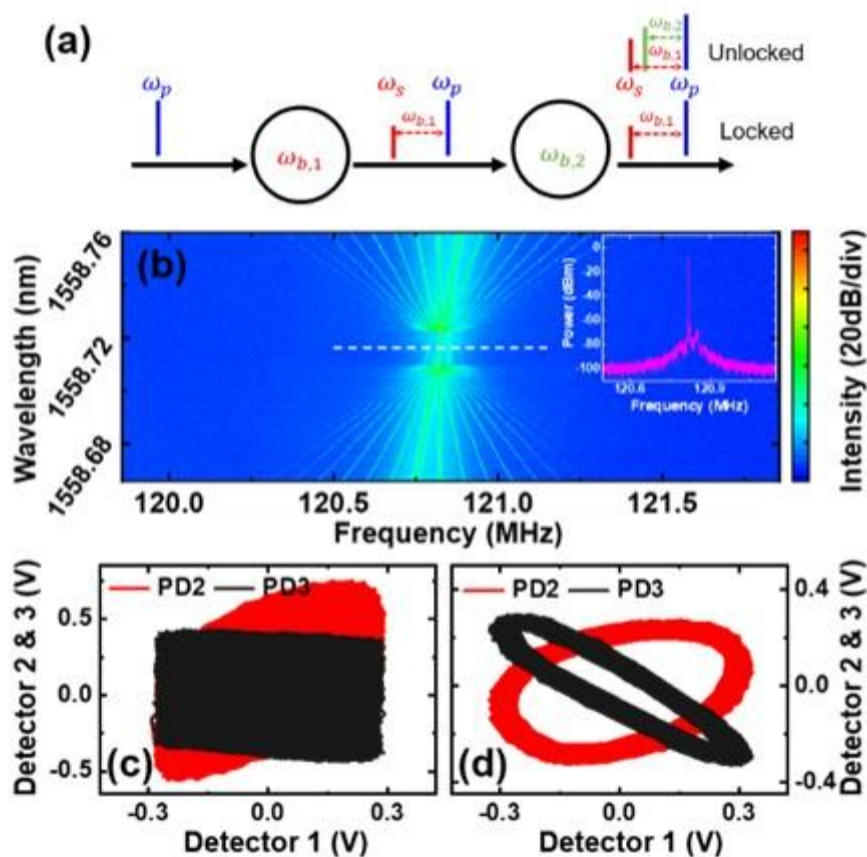


图 2 (a) 不同光力体系全光同步的示意图；(b) 微球和微盘通过 5km 的单模光纤实现同步的动

力学过程；两个机械振子同步前（c）和同步后（d）的相位图

信息来源：中国科学技术大学

## 莫尔层间激子的形成为未来光伏奠定了基础

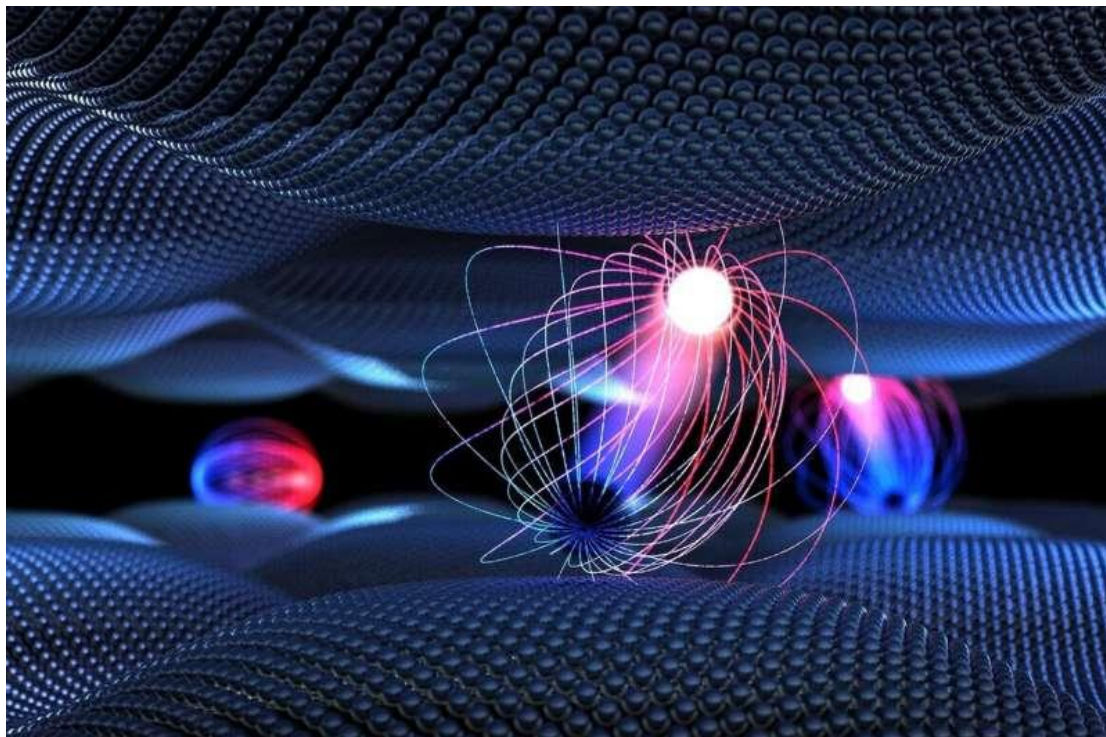


图 3 二硫化钨（顶部）和二硫化钼（底部）的扭曲层的艺术示意图

在利用光激发之后，在层之间形成大量光学“暗”激子，这些“暗”激子是由库仑相互作用而束缚的电子-空穴对（图中由场线连接的明暗球体），不能直接用可见光观察到。最有趣的准粒子之一是显示在图像的中间“莫尔层间激子”，其中空穴分布在一层，而电子分布在另一层。这项研究进展利用飞秒光发射动量显微镜和量子力学理论研究了这些激子在飞秒时间尺度上的形成和莫尔电位的影响（通过层中的波峰和波谷进行解释）

由哥廷根大学领导的一个国际研究小组首次观察到一种物理现象的形成，该现象在二维材料中将光能转化为电能方面发挥了作用。科学家们成功地观察到了被称为暗莫尔层间激子的准粒子，并利用量子力学的理论解释了它们的形成。哥廷根大学的研究人员介绍了新开发的一种飞秒光发射动量显微镜，并且展示了这种实验技术在微观层面上可以提供深刻的物理见解，这将与未来技术的发展密切相关。这项研究成果已经发表在《Nature》期刊上。

由二维半导体材料制成的原子薄层结构有望成为未来电子、光电子和光伏器件的候选材料。更加有趣的是，这些半导体的特性可以通过一种不同寻常的方式

进行调控：就像乐高积木一样，原子薄层可以堆叠在一起。然而，还有另一个重要的技巧：虽然乐高积木只能直接堆叠或者以 90 度角扭曲堆叠在顶部，但是半导体结构中的旋转角度是可以变化的，正是这种可变的旋转角度使得新型太阳能电池的生产变得非常有趣。然而，虽然改变这个角度可以实现新技术的突破，但是这也在实验上带来了很大的挑战。

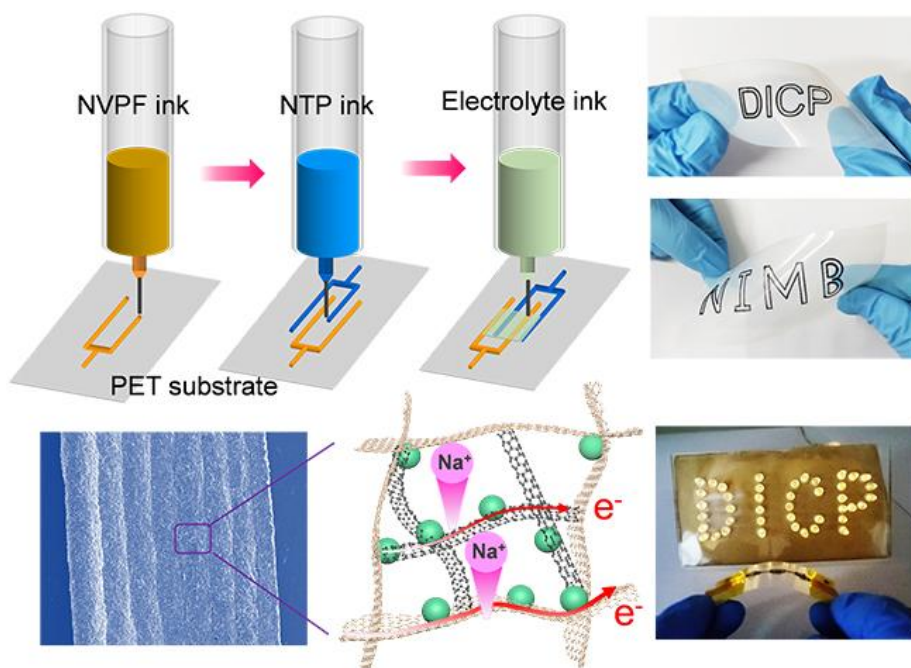
事实上，通常的实验方法只能间接提取莫尔层间激子的信息，因此，这些激子通常被称为“暗”激子。哥廷根大学物理系的基础研究团队负责人 Marcel Reutzel 博士解释说：“我们在飞秒光发射动量显微镜的帮助下，利用一些技术可以直接看见这些暗激子，这使得我们能够测量激子是如何在飞秒时间尺度上形成的，我们可以利用德国马尔堡 Ermin Malic 教授的研究团队开发的量子力学理论来解释这些激子形成的动力学。”

哥廷根大学物理系的研究负责人 Stefan Mathias 教授说：“这些研究结果不仅让我们对暗莫尔层间激子的形成有了基本的了解，而且还为科学家研究新的非常吸引人的材料的光电特性开辟了一个全新的视角，因为我们首次检测到了在激子上的莫尔电位的特征，也就是两个扭曲半导体层的共同作用产生的影响，因此这项实验可以说是具有开创性的。对于未来的计划，我们将进一步研究这种特定的效应，以至于对所合成材料的特性获取更多的认识。”

信息来源：哥廷根大学

## 大连化物所研制出 3D 打印钠离子微型电池

近日，大连化物所催化基础国家重点实验室二维材料化学与能源应用研究组（508 组）吴忠帅研究员与郑双好副研究员团队，开发了可形成三维导电网络的电极油墨与高离子电导率的电解质油墨，显著提高了 3D 打印高载量微电极中的电子和离子传输效率，研制出高容量、高倍率柔性化钠离子微型电池。



可穿戴电子产品与微电子器件的发展，推动了对高性能、多功能、可定制以及柔性化微功率源的研究。平面钠离子微型电池由于钠资源丰富、成本低且钠离子传输较快等优势，被认为是一种有前景的新型微功率源。目前，钠离子微型电池通过微加工技术制备出的微电极通常厚度有限 ( $<10\mu\text{m}$ )，使得其面积容量低于  $0.04\text{mAh}/\text{cm}^2$ ，难以满足对更高面积容量的需求。为此，需要发展一种高效可行的策略来构建三维结构的钠离子微型电池 (电极厚度  $>100\mu\text{m}$ )，以充分利用有限的空间。然而，厚电极中因弯曲度高、离子扩散路径长、电极材料利用不充分，阻碍了电子/离子的快速传输和转化，从而难以实现高性能钠离子微型电池的构筑。

本工作中，该团队通过 3D 打印构建出高面积比容量、高倍率平面钠离子微型电池。团队通过制备具有适当粘度和流变特性的 3D 打印电极油墨，3D 打印厚电极 (厚度可达  $1200\mu\text{m}$ ) 具有三维多孔导电框架结构，促进了离子传输动力学速率，降低了厚电极中的电子传输距离，有效地提高了钠离子微型电池的电化学性能。所制备的钠离子微型电池在低电流密度  $2\text{mA}/\text{cm}^2$  时表现出  $4.5\text{mAh}/\text{cm}^2$  的高面容量和  $7.33\text{mWh}/\text{cm}^2$  的高面能量密度。由于厚电极中有效导电网络的构建以及高离子电导率的凝胶电解质，该微型电池在高电流密度  $40\text{mA}/\text{cm}^2$  时仍具有  $3.6\text{mAh}/\text{cm}^2$  的高面容量以及 6000 圈的长循环稳定性。此外，得益于多孔微电极结构能够容纳机械应力以及离子液体凝胶电解质与基底的强界面相互作用，该钠离子微型电池表现出优异的机械柔性。本工作展现了 3D 打印高性能平面微

型电池在可穿戴和便携式微电子领域的应用潜力。

信息来源：大连化物所



2022年第8期  
总44期

# 光电科技快报

Opto-electronics Science  
& Tech Letters

中国科学院光电情报网工作组  
地址：武汉市武昌区小洪山西25号  
电话：027-87199007

