

# 越过“牛顿的棱镜” 纳米级光谱仪问世

■本报见习记者 程唯珈

买了青菜,担心有农药?拿出手机,打开摄像头,让微型光谱仪先帮你做个CT。此外,光谱仪还能检测出食物的新鲜程度、蛋白质含量、糖分含量等。这些看似“科幻”的操作,在不久的将来都可能变成现实。

这一切的背后,都离不开一根由半导体纳米线组成的微型光谱仪。其大小比人类头发千分之一还细,说它是世界上最小的光谱仪也毫不为过。

“它可被集成到手机上,只要用手机一扫就可以检测出食物的新鲜度、食品药品的成分,还可用于艺术品的鉴定。”该光谱仪的发明者之一、论文第一作者、剑桥大学石墨烯中心博士后杨宗银将一根纤细的带隙渐变的碲硒化镉纳米线放置显微镜下。在蓝光的激发下,散发着彩虹色的荧光。

该成果日前发表于《科学》。

## 牛顿的棱镜

17世纪,牛顿发现太阳光通过棱镜的折射后可观察到彩色,这个色散实验为光谱仪的诞生播下了种子。通过对光谱的测量,人们可获知大到几百万光年外的星系活动,小到纳米尺度的分子结构,还可以用来分析物体中的化学成分。

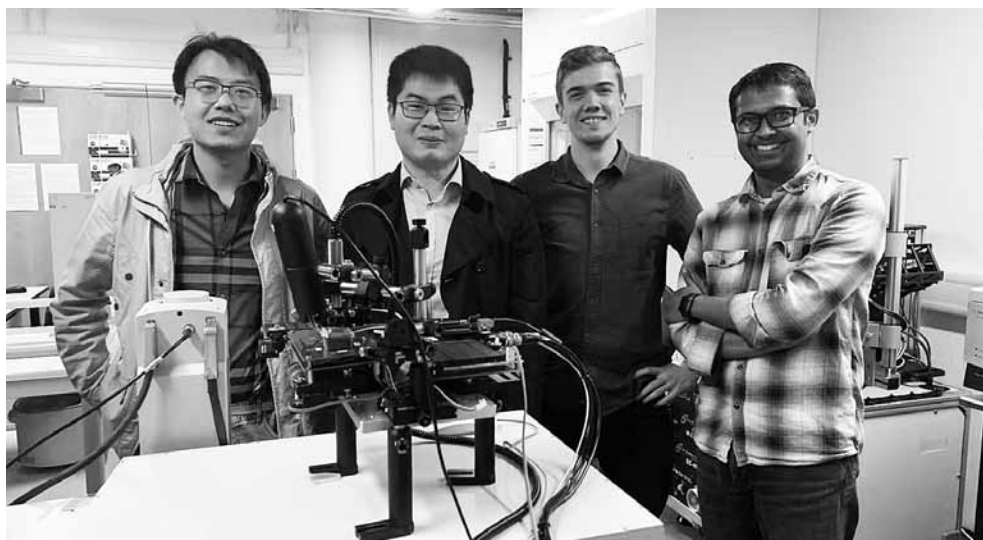
比如我们日常饮用的牛奶,肉眼直接观察很难区别个中差异。但是通过对牛奶进行光谱分析,牛奶里的成分便一目了然。

“每个物质都会有相应的光谱信号,如水、乙醇、糖的吸收光谱,荧光、拉曼光谱都不一样。据此可以确定牛奶的成分、糖分高低、含水量多少以及是否含有三聚氰胺等。”论文作者之一、上海理工大学副教授谷付星告诉《中国科学报》,借助光谱仪,人们可以快速地进行分析。

尽管目前光谱仪技术已经成熟,但光谱仪的微型化,遇到了门槛。

“普通光谱仪包含色散元件,这是个很核心的器件。”谷付星介绍,科研人员一般用棱镜或者光栅对入射光进行分光色散,然后在后方放置一个光探测器阵列用于测量不同谱线的强度信息。但是,由于使用了棱镜光栅等分光元件,导致光谱仪体积庞大。而减小分光光和探测元件的尺寸又将导致光谱仪的光谱分辨率、灵敏度及动态检测范围显著下降。

有没有一种办法可以兼顾仪器的尺寸和精度?多年来,国内外科研人员展开了诸多研



剑桥大学论文作者合影

项目组供图

“纳米级光谱仪可以做成光谱芯片,与广泛使用的手机摄像系统具有良好的兼容性,继而设计成紧凑型光谱仪模块,使手机具备光谱探测能力,把强大的光谱分析技术从实验室搬到手掌上。”

究,包括且不限于利用高度集成的微电子芯片处理信号、使用精密加工技术使器件空间体积更小等手段,但均未突破色散如棱镜和光栅等这个核心器件的限制。

谁能想到,在牛顿实验四百多年后的今天,来自中国、英国和芬兰的科研团队另辟蹊径,仅仅采用了一根半导体纳米线,就成功攻克了这个技术难题。

## 纳米线牵起兄弟情

说起这神奇的纳米线,还得从8年前说起。

早在2011年,同在浙江大学求学的谷付星和杨宗银共同发明了单根纳米线上调控带隙的技术。用谷付星的话形容,“得到的纳米线在荧光显微镜下观察起来就像一道彩虹”。

“这很容易让人联想到牛顿三棱镜实验中的七彩色。”杨宗银告诉《中国科学报》,沿着这一思路,这对师兄开始探索用纳米线替代三

棱镜,将传统光学器件的尺寸缩小到纳米尺度。

然而,想要实现光谱信号的收集和分析并非易事。尽管理论上可以在这种纳米线周边做电极阵列来实现光谱检测,但是这需要精密的微纳加工。

2012年,谷付星从浙江大学毕业,前赴上海理工大学成为“青椒”。由于实验室刚起步,无法满足光谱实验的条件,于是他一边研究氢气传感,一边将希望寄托于前往剑桥大学读博的杨宗银。

而在大洋彼岸,杨宗银的日子也不好过。他心仪的纳米线光谱仪课题和导师的研究方向并不匹配,想要完成实验测试需要极其艰苦的努力。

“从我2014年来剑桥读博,直至2017年一共做了大概150个光谱仪器件,结果仍然不理想,这段时间幸亏有妻子的支持。随着对器件和算法的一次次优化,直到2018年8月,在一个周六晚上,我在实验室测量到了信号,有

## 纵览

### 辽宁省抽检3D打印机样品:合格率0%

本报讯 近日,辽宁省市场监督管理局组织开展了3D打印机产品质量安全风险监测工作,据通报,本次风险监测共采集3D打印机样品10批次,有0批次产品合格,10批次产品不合格,产品合格率为0%。

其中,有10批次的辐射发射项目不符合要求,3批次的发热要求项目不符合要求,2批次的接地和连接保护措施项目不符合要求,1批次抗电强度项目不符合要求。

针对3D打印机产品质量风险监测中反映出的问题,辽宁省市场监督管理局表示,将及时通报监测情况,将本次风险监测结果通报国家市场监督管理总局产品质量安全风险监测中心及有关部门,以便及时掌握该产品的质量状况和风险点,做好预防和消费警示。此外,还将加强地区间沟通联系,将本次风险监测结果函告生产企业所在省(市)市场监督管理部门,为日常监管做参考依据。(田瑞颖)

### 国内首个汽车零部件压缩空气站通过一级能效检测

本报讯 近日,秦皇岛戴卡兴龙轮毂有限公司建设的压缩空气站通过《压缩空气站能效分级指南》一级能效检测,这在全国尚属首家,对推进我国汽车零部件领域压缩机应用及加快绿色升级节能减排技术发展具有重要意义。

《压缩空气站能效分级指南》是中国空气压缩机行业的第一个团体标准,也是全球第一个关于压缩空气系统能效的行业团体标准,是响应国家“十三五”规划,节能减排、绿色制造号召的具体体现。该标准由中国压缩机协会、阿特拉斯·科普柯、合肥通用机电产品检测院有限公司合作发起,于2018年10月1日发布,自2019年1月1日起正式实施。

“高性能铝合金”轮毂在生产过程需要大量的高品质无油压缩空气。2017年,秦皇岛戴卡兴龙轮毂投资1300万元建设了全新的压缩空气站,以提升汽车轮毂品质 and 节能减排效能。经过标准连续监测,秦皇岛戴卡兴龙的压缩空气站的输功效率达到55.74%,高于一级指标3%以上。目前,每年可为企业节约电能200多万度,节省资金150万元,降低成本20%以上。(高长安 王继军)

# 探访世界最大笔记本研发制造基地——联宝工厂如何实现批量柔性制造

■本报记者 赵广立

生产一台笔记本,需要多久?在联宝工厂,答案是两秒。

位于安徽合肥经济开发区的联宝工厂,是目前全球最大的个人电脑(PC)研发制造基地。联想集团董事长兼CEO杨元庆日前在2019世界制造业大会上透露,投产7年来,联宝工厂累计出货量已经超过1.2亿台笔记本电脑。粗算下来,不到两秒钟就有一台笔记本下线。

这还不算什么,联想集团副总裁、联宝科技首席执行官柏鹏透露,在联宝工厂,有80%的订单每单数量少于5台。也就是说,缘于用户对于PC的个性化追求,联宝工厂接到的订单是“五花八门”的——1.2亿台笔记本中有80%是无数个低于5台的订单构成的。

联想联宝是怎么做到的?近日,记者赴庐实地探访了联宝工厂。

## “合同同类项”背后的智能

PC作为“个人”电脑,配置多样、灵活多变是其特点——不同型号的CPU、硬盘、内存、键鼠、操作系统、软件预装甚至颜色、尺寸等等,多样选择导致种类几何级增长。正因此,一个产品型号会有多个不同的配置组合。柏鹏举例说,像联想X1 Carbon这样的产品,就有2万多种配置组合。“这还只是一个产品型号,类似的型号联想有几十个。”

这也就难怪,联想80%的订单都是5台以下的数量。柏鹏告诉记者,联宝工厂每天会接到5000多个订单。

面对客户这样大量的需求,联宝工厂的生产线必须用一种高效的方式来兑现生产。“传统的一站式生产方式显然不能满足客户的个性化需求,我们必须以最快、最高效同时以更低成本的方式来实现。”柏鹏对《中国科学报》说,“这其中最重要的就是,从个性化的产品订单到批量化的工单之间的转化环节。”

面对千万个订单,自然要“合同同类项”,然后再针对需求个性化生产。但订单如何合并、如何分配用工,其中大有学问。

“工单”是标准化的生产。在联宝工厂,订单要先转化成工单,在完成交付前,批量工单再还原成一个个订单。“在这中间牵扯到了什么问题?智能排产、智能用工。”柏鹏说。

智能排产是用智能化的方式把大大小小的订单转化成工单,保证产线高效、保障质量、保证低成本;智能用工是用智能化的方式根据



联宝工厂自动化贴片生产线

用户个性化的订单要求,结合物料、产线准备情况等,做综合的智能排布。

“这是我们的诀窍和关键。”柏鹏说,排产和用工的环节越智能,联宝工厂的效率就越高。“排产系统无缝连接到订单和工厂工单,应用智能排产系统,原来需要十几个小时的排产作业,现在缩短到不到3小时。”

## 联宝有条“维纳斯生产线”

用户订单的高效率交付,当然也离不开联宝工厂日臻完善的自动化生产线。

联宝工厂的自动化生产线,主要分为贴片线和组装线。记者在工厂生产车间看到,一条贴片线上有若干台自动化装备,它们负责在电路板经过时将小到电阻、电容,大到芯片、控制器等元器件准确无误地固定到相应位置。经过贴片线,一块PCB板就变成了“一块功能完善的电脑主板,并在贴片线尾端进行初步的上电测试。”

“说到自动化程度,联想的贴片线可以说是业界领先。”联宝科技智能制造群总经理曲松涛告诉《中国科学报》,目前联想正在上马的一条贴片线,自动化率达到75%,是业界最高。“我们叫它‘维纳斯生产线’。它的产线长度是目前生产线(约180米)的一半,大概只有90米。”

从180米到90米,带来的变化非常多。曲松涛对记者说,产线缩短一半,物料的移动距离就会比原来少一半,首先会获得效率的大幅提升;其次,产线变短也提高了生产设备利用

率,整体效率得到极大提升。不过,曲松涛也表示,变短之后的生产线,对贴片效率、印刷效率、回流焊效率都有着双倍的要求;而且为了适应更短产线,一些工艺也要调整,比如拉动系统上的自主导航配送车(AGV),要从单轨变双轨(已实现)。

“产线变短要求我们在各方面提高效率。”曲松涛说,对自动化程度更高、更短生产线的追求,也是联宝工厂对更高生产效率的追求。他还提到,联宝工厂的组装线自动化率也在提高,“目前组装线的自动化率大概有35%,很快就能达到50%”。

人机协同仍然重要

## 光谱检测走进大众生活

可是这仅有头发丝千分之一大小的微型光谱仪,甚至肉眼都无法看清楚,老百姓又该怎样使用呢?

面对疑惑,杨宗银解释说,纳米线光谱仪可以做成光谱芯片,与广泛使用的手机摄像系统具有良好的兼容性,继而设计成紧凑型光谱仪模块,使手机具备光谱探测能力,把强大的光谱分析技术从实验室搬到手掌上。今后,只需要掏出手机给物体拍个照,就能获得该物体的光谱信息。

获取的这些信息数据,通过手机APP软件,将需要检测的信息和对应数据库中的数据进行分析,人们就能直观地看出相关成分的含量在怎样的范围。

“这跟我们在医院得到的验血报告类似。不过,要做到这一步,还需要进行后续的研发。”杨宗银说。

谷付星介绍,通过后续开发,待纳米机器人技术成熟,供电和信号传输的问题解决之后,这种微型光谱仪除了应用于电子设备,还有望植入人体,用于实时监测人体健康状况,为癌症等疾病检测提供一种新的检测治疗方法。

对于检测人体健康状况这个功能,比如血糖指标等,谷付星表示:“涉及人体的健康实验,会非常慎重,我们的产品要确保检测结果的准确性,也要符合国家医疗卫生保健的相关标准,研发的过程会比较漫长。”

他们希望等到技术成熟时,这样的微型光谱仪,老百姓只需要几百块钱就能轻松拥有。那时,光谱检测技术将真正走进大众的生活。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1126/science.aax8814>

# 河北工业大学3D打印赵州桥落成

本报讯 10月13日,装配式混凝土3D打印赵州桥落成典礼在河北工业大学北辰校区举行。该项目由河北工业大学副校长兼土木与交通学院院长马国伟带领研究团队完成。“这是我们团队按照赵州桥1:2缩尺打印后现场装配式组装的桥,跨度18.04米,桥梁总长28.1米,是目前世界最长跨度装配式混凝土3D打印赵州桥,也是世界上单跨最长的混凝土3D打印桥梁。”马国伟告诉《中国科学报》。

赵州桥位于河北省赵县,距今已有1400多年的历史,是世界上现存最早、保存最好的一座弧形单孔敞肩型石拱桥。该桥无论从结构设计方面还是施工建造、造型美学方面,对现代桥梁的科学设计以及合理施工均具有指导意义。

马国伟介绍说,研究团队借鉴已建成3D打印建筑的建造经验,采用模块化打印技术并对节点装配式进行优化设计,在现场直接进行装配式建造。

据了解,混凝土3D打印是将水泥复合材料逐层堆叠的无模快速建造过程,相比传统的施工建造,可以节省10%的模板与支撑,37%的建筑材料和64%的人工。适合建造异形、定制化的结构构件,不因结构的几何复杂程度而增加成本。

记者在现场看到,3D打印的赵州桥矗立在河北工业大学北辰校区东北方向的景观河上,呈灰白色,不时有学生拾级而上、在桥上来往通行。将历经千年的赵州桥与现代的3D打印相结合,在河北工业大学校园内建造一座装配式3D打印赵州桥,对弘扬河北文化、集成科技创新、促进产教融合、美化校园环境起到积极促进作用。

在3D打印赵州桥项目中,马国伟带领团队精选特种水泥基复合材料,不断优化原材料矿物化学组成、颗粒细度;最终所选用材料具有速凝快硬、水化放热低、早期强度高、早龄期材料特性,同时具有优异的低收缩、微膨胀、高抗裂、自修复的长期工作性能。他们还通过科学设计材料配合比,协调3D打印工艺参数,借助人工智能算法量化适用于超大尺寸3D打印的水泥基复合材料的流变特性参数区间,以满足赵州桥主拱的快速打印成型。

马国伟还透露,装配式混凝土3D打印赵州桥同时使用了内嵌式智能传感技术,应用北斗卫星、无人机等空地一体化健康监测技术,以及物联网云平台集成系统,借助5G无线数据传输为3D打印赵州桥的长期健康监测保驾护航。此外,装配式3D打印赵州桥引入BIM虚拟仿真技术、现代化智能监测手段,为传统桥梁赋予现代气息,充分实现设计新型化、材料功能化、施工虚拟化、装配模块化以及监测智能化。(高长安)



矗立在河北工业大学北辰校区的装配式混凝土3D打印赵州桥

# 中科院沈自所在认知绿色组网领域获进展

本报讯 日前,中国科学院沈阳自动化研究所(以下简称沈自所)工业无线网络课题组在认知绿色组网领域取得进展,课题组提出了一种全新的认知无线网络分簇协议,相关成果发表于《电气和电子工程师协会(IEEE)物联网期刊》。

随着无线技术的快速发展,无线网络和WiFi、蓝牙等无线技术共存于免授权的ISM(工业、科学和医学)2.4GHz频段,共存的电磁干扰严重影响了无线网络传输性能。

工业无线网络课题组研究员梁炜指出,一种解决方案是认知无线网络技术,通过将认知无线电技术引入到无线网络中,可以实现传感器节点对高质量授权频段的动态机会式接入,显著提升无线网络传输性能。

然而,频谱动态性导致认知无线网络网络的拓扑频繁变化,网络开销巨大。“工业无线网络课题组研究员郑萌说,“分簇管理能够有效控制网络开销,因此分簇协议设计成为了认知无线网络领域的研究热点。”

在梁炜、郑萌的带领下,无线网络课题组在国际上首次提出了一种考虑网络稳定性的认知无线网络分簇协议。该协议中,每个节点根据邻居节点集合和可用信道构建最大边团,根据最大边团中节点的剩余能量、节点数量和公共可用信道数计算节点权重。

“权重大的节点成为领域簇首,其它节点加入邻居簇首所在簇成为簇成员。”梁炜表示,“由于分簇过程中充分考虑了网络能耗和频谱动态性,网络的寿命和稳定性得到了显著提升。该项工作为认知无线网络网络的绿色组网奠定了坚实基础。”

近年来,围绕工业无线网络的研究,中科院沈阳自动化所在网络架构设计、拓扑控制、绿色认知组网方法、高可靠传输技术、异构无线共存和国际标准化等方面取得了重要进展,相关工作分别以论文形式发表于多家国际期刊,研究布局逐步系统化、体系化。(沈春蕾)

相关论文信息: <https://doi.org/10.1109/jiot.2019.2898166>