

# 印刷电子技术：为电子产业带来更多可能

文·杨斌 本报记者 滕继濮

设想一下,一张轻薄柔软,摸起来就像一张纸的触摸屏,用起来是什么奇妙感受?家中某处电路断了,不求电工,自己用笔“画”一下,就能完成接驳……这些听着比较科幻的应用目前正走进现实,而且它们都与印刷电子技术息息相关。

印刷电子技术非常新、非常热——与其有关的论文2005年后才开始出现,并在过去几年内迅速增加,

## 印刷与电子的结合?

“印刷制造本质上与3D打印一样,是一种增材制造。”中国科学院半导体研究所专家说,印刷电子就是将印刷制造方法应用于电子器件的制造,是继硅基集成电路电子技术之后电子学领域的一个新的发展方向。

“印刷电子可以简单理解为印刷与电子的结合。”中科院苏州纳米所专家介绍,将印刷方法成功应用于电子制造涉及5个主要技术领域:基底材料、可印刷电子材料、印刷方法、印刷与后处理工艺、系统设计,其中可印刷电子材料是整个印刷电子技术赖以存在的基础。

由于低能耗、低材料消耗、无腐蚀工艺,印刷制造技术的特征就是绿色环保。与硅基微电子器件不同的是,印刷加工的电子学器件与基底材料无关,可以在各种基材上制备电子器件,包括各种柔性基底材料,而且印刷电子制造投资低,因为所需要的设备与传统印刷设备基本相同,大大低于硅基微电子器件加工所需要的设备,另外,与传统印刷

国际有机与印刷电子协会组织还在去年发布了最新版“路线图”。印刷电子技术预示着变革性发展,包括传统印刷、印制电路板、光伏、显示、物联网在内的相关产业,将随着此技术的开发驶入转型升级的快车道。

前不久,国内相关领域的顶尖专家齐聚“西苑沙龙”,在这场高端讨论中记者得知,我国的研究并不落后于国外,我们有着自己的未来。

有相同特征的是,印刷电子制造可以实现大面积批量化制造,尤其是卷对卷连续生产制造,可以大大降低制造成本。

但印刷电子技术也不是完美无缺。首先其不具备传统硅基微电子制造技术的高精度与高密度,而且可印刷的电子材料的性能也要比传统硅基微电子所依赖的晶体材料差。另外,就性能而言,印刷电子不如硅基微电子,但印刷电子器件与产品的大面积、柔性化与低成本是硅基微电子所不具备的。

2013年,市面上相继出现了可弯曲手机、透明手机与电视、大尺寸弧形屏电视、柔软如纸的显示屏、半透明薄膜太阳能电池、全印刷的电子标签、谷歌眼镜与智能手表等,这些都表明新一代柔性化与个性化电子时代已经到来。在国外的一些电子行业领域,印刷也已经部分取代或全部取代这些行业领域中传统需要光刻与蚀刻制造的加工技术。但印刷电子技术与传统制造技术不是互相取代,而是互相补充。

## 世界产业的焦点

“国外最近几年在印刷电子领域呈爆发增长之势,在去年11月召开的Printed Electronics USA会议上,有2200多人出席会议,参展公司有160余家,这正说明国际上看好印刷电子的未来发展趋势与市场潜力。”有关专家说。但将印刷作为一种电子制造技术只是在最近10年中开始受到关注并蓬勃发展。

尽管有机电子从上世纪80年代开始研究,但与印刷电子有关的研究论文从2005年以后才开始出现,并在过去几年迅速增加。其中一个重要原因是无机纳米材料开始应用于印刷电子——这种材料具有远远高于有机电子材料的电荷迁移率。

无机纳米材料的另一个优点是环境稳定,不受空气中水氧的影响,电子器件可以在自然环境下印刷制备。只要将无机纳米材料(纳米粒子、纳米线、纳米管等)制成墨水或油墨,就可以用传统印刷方式制成各种结构。纳米材料本身的性质赋予了这些结构以电荷传输、光电转换、传感、发光与显示等特性,从而形成各种新型半导体器件、光电与光伏器件、显示器件与传感器器件,大大增强了印刷制备电子器件的实用性,拉近了印刷电子与市场的距离。

国外对有机、柔性印刷电子技术的发展一直非常关注,主要工业发达国家在政府层面已经推行

了多项研究计划,包括建立国家层面的研发中心。

英国在2009年投资2千万英镑建立国家印刷电子中心并启动国家印刷电子发展计划,相继建立6个与印刷电子塑料电子相关的研究中心与多家企业;德国涉及有机与印刷电子的科研机构与企业超过90余家,2004年就已经成立有机电子协会;日本在2011年成立先进印刷电子技术研发联盟,以印刷与薄膜技术企业主导印刷电子产业。

尤其值得一提的是韩国。韩国知识经济部于2011年提出了一个发展印刷电子技术的6年计划,从2012年到2018年,韩国政府将与工业界共同投资1725亿韩元(约合10亿元人民币),研究开发印刷电子的全面解决方案。韩国政府认为,在过去的20年中已经在移动通信与平板显示领域取得了世界瞩目的成绩,平板显示全球老大,移动通信全球第二。他们看到印刷电子是一个新的机会,可能会带动一大批新的产业,因此政府出面主导大力推动。同时,韩国三星、LG这样的电子信息产业巨头,这些大型企业都对印刷电子极为关注,都已有内部研究计划。去年由韩国主办的国际柔性印刷电子大会(ICFPE),会议主席就是三星显示公司的CEO。LG则已在其显示面板生产线上开始采用喷墨打印工艺。

## 我国的创新机遇

“在无机纳米材料应用于印刷电子技术与产业化方面,中国与国外基本处于同一起跑线上。”之所以如此,有关专家认为是因为国外也是在近几年才开始这方面的研究,产业化也刚刚开始,“应该说,中国抓住了这一机遇。”

### ■专家视点

陈弘达 中国科学院半导体研究所副所长 研究员

自2013年以来多家国外印刷电子材料与设备制造商已开始频繁访问中国,寻求打入中国市场的机会。中国在印刷电子新材料及应用技术研发与产业化方面已经落后于日本、韩国及欧美国家。中国落后的主要原因是国家层面尚未对发展这一新兴产业给予足够重视。由于国家政策导向的缺失,造成国内参与印刷电子技术研究开发的力量薄弱。相关产业的关注度与重视程度不够。但整体而言,中国在印刷电子新材料及应用技术领域与国外的差距还不小。中国大力发展印刷电子技术与产业是可行的。

崔锋 中科院苏州纳米所印刷电子中心主任

中国应在绿色印刷电路、透明薄膜光伏、平板与柔性显示、物联网等4大领域优先发展印刷电子技术。重点发展可印刷导电、光伏与发光材料,同时注重开发相关印刷电子设备。在研发项目的部署方面,重视与下游终端企业的结合,通过一些示范应用,展示印刷电子在大面积、柔性化、低成本与绿色环保方面的优势。在政府应发挥的作用方面,建议通过政府资金带动企业投入与地方投入。强调政策引导作用,特别是在推行绿色生产方式方面,通过政策激励,使企业产生转型升级的动力。争取通过国家下一个5年计划的实施,使印刷电子产业成为国家的一个新兴产业。

彭俊彪 华南理工大学材料学院院长 教授

预计印刷显示产业产值占整个显示产业的约40%,即2020年产值达到500亿美元,2025年达到700亿美元,是一次产业技术的革命。在国际上印刷显示处于刚刚兴起的阶段,我国基础与国际水平相差不多,我们完全有机会在该领域争取自己的技术和产业空间,实现赶超的目标。另一方面,目前全球显示产业规模增长开始遇到瓶颈,印刷显示在显著降低生产成本、提高显示品质等方面具有优势的前提下,将能够解决目前面临的瓶颈问题。

陈林森 苏大维格董事长 研究员

柔性电子的需求和行业发展趋势,面临几个重

大难题和挑战,第一,材料来源,第二,柔性电路集成度,第三,器件功能化。

印刷电子的基础导电材料涉及氧化铟锡(ITO),不同程度地存在电阻高、脆性等。国内外学术界和产业界在寻求ITO替代性导电材料做了大量研究工作,其中,纳米银和石墨烯在透明导电电极方面的研究与应用取得积极进展。

李路海 北京市印刷电子工程研究中心主任

我们需要整合一个概念,到底什么叫印刷电子,印刷电子和我们以前做了很多投入产业包括显示、发光、能源、光伏这些有什么样的关系,这个是需要明确。当然之所以讲到国家的投入也是考虑到一个问题,印刷电子是一个交叉的行业,多技术交叉的行业,是一个新兴产业,如何把这些企业、院校和研发人员整合,只有通过项目资金来给它整合才有可能实现。

张震昌 印刷电子产业(常州)研究院院长

“纸电池”是未来型电池,是展示印刷电子产品功能的重要组成部分。“纸电池”是采用全程印刷方式制成的,属于印刷电子范畴。

“纸电池”的出现改变了人们对一次性电池固有的观念,为印刷电子产品走向市场提供了前体。它的应用范围及其广阔,主要分为三大类:智能包装、智能标签和新颖化妆品面膜和医疗贴膜等。智能包装是赋予包装更多的功能如防伪功能,信息记录与展示功能等;智能标签主要用于物联网的管理如资产管理的电子射频标签和冷链物流管理的温度电子射频标签(血浆、抗体药物、生长激素和其他药品、食品、蔬菜、水果等);新颖化妆品面膜和医疗贴膜主要是开拓了健康与保健的家庭化。

郑立荣 复旦大学信息学院院长 教授

我们要大跨度走,我们的思想或者我们的计划比国外晚两年,从国际上公布的技术来看,我觉得我们还是落后的。现在欧美对从事微电子的各行业投入越来越少,但是我们还不能丢掉,因为我们现在很多印刷电子的东西都没有成为产品。

危岩 美国纽约州立大学教授,北京印刷学院印刷与包装工程学院荣誉院长



▲柔性电子纸



◀透明手机



▶全印刷射频电子标签

于2010年开发出了可用于喷墨打印的纳米银导电墨水。上海锐比利电机公司于2010年完成了第一代印刷电路板字码打印机。

在科技界,中科院苏州纳米所于2009年10月开始筹建印刷电子技术研究中心,这是国内第一个完全致力于印刷电子科研开发的团队。自2010年以来,印刷电子开始在中国成为一个迅速发展的新兴技术领域。中科院苏州纳米所的印刷电子中心之后,北京印刷学院、天津大学、华中科技大学等高校相继建立印刷电子研究中心。北印中源、中科纳通、苏州纳格、昆山福赛等以印刷电子为主营业务的公司也相继成立。一些基于印刷电子技术的产品开始出现。例如,北印中源的纳米银浆,中科纳通的印刷RFID标签与地铁票,苏州纳格开发的用于触摸屏的柔性透明导电膜,昆山福赛的印刷锂电池等。2011年10月,由北京印刷学院、中科院苏州纳米所与中科院化学所等单位发起了全国印

刷电子产业创新联盟。

2010年7月,由中科院苏州纳米所印刷电子中心发起组织了首届全国印刷电子研讨会,该研讨会至今已连续举办4届,参加人数逐年增加。首届研讨会只有20余人到会,2013年举办的第4届研讨会已参会人数已达150余人。2012年5月,中国应邀出席首届国际印刷电子标准工作委员会。中国还争取到了2014年国际柔性印刷电子大会(ICFPE)的主办权,说明中国印刷电子的发展已受到全球的关注,我国正面临前所未有的良好机遇,发展印刷电子技术应成为在今后5—10年科技规划布局的重要方向与重要领域之一。

“印刷电子作为一个新兴领域,仍然有巨大的创新空间,如果国家尽快开始对印刷电子新材料及应用技术加以重视,加强政策引导,完全有可能抢占先机,走出一条自己的创新之路。”专家表示。

电子工业的崛起跟他们的细致规划是密不可分的。在规划过程中,相关的材料协会对规划给予了极大的帮助,我了解到他们的材料部分是由韩国材料协会辅助规划的,希望这能为下一步国家规划印刷电子材料及应用布局提供参考。

裴为华 中国科学院半导体研究所研究员

电子印刷都是朝着如何取代硅取代传统的电子器件发展的,建议在安排这些项目的时候,要吸纳一些应用研究的,不一定做材料和做设备的人,印刷电子研究方向是设备、材料、集成,加一个应用研究,可能更完善一点。

郭露 北京工业大学教授

我认为,电子器件更多讲究材料迁移率问题,光波波长是在可见光等光域范围内,有时候往往把光子学和微电子的性质对立起来,能不能形成印刷电子学或者印刷光子学,现在显示是印刷光子学,有人做薄膜太阳能电池,用新型的薄膜太阳能电池,把它用印刷方式制作,可在整个平面上对所有的光谱来进行光的吸收,这样的效率可能会更高一点。如果是印刷的光电子学,在一些应用方面和概念上,将提出新的概念。

郭太良 福州大学教授

实际上,显示领域在“九五”期间就对印刷电子做了布局,原来的PDP,除了氧化镁那一层膜要真银,现在就是用印刷电子做,产值是几十亿美元。

另外,福州大学也启动了3D打印的重大专项,在信息领域里面3D打印是大有作为的。

杨至灏 浙江光达电子科技有限公司副总经理

我个人认为印刷电子就是电子制造技术,它的重要性是不亚于晶体管的发现,集成电路的发现,这是第三次。印刷电子的关键词不在于印刷,关键词在于赋予电子器件一个新的功能新的应用。

在国外,包括日本、韩国、美国,促使它发展起来是企业行为,是企业先看到的这个需求,是企业需要。在国内,我们国内大企业包括上市公司,做有前瞻性、和国际接轨的事情是很少的,在这一点上,国家更需要在政府层面花更大力度去推进。总体来讲,我们的个别技术可以在近期有突破,如果能够集中力量做几件事情,将更加有效。

张兴业 中国科学院化学所副研究员

我们国家处于印刷电子发展初期,只能走循序渐进、务实技术的思路,一蹴而就、一步到位领先世界的发展模式和思路是不符合技术发展自然规律的。

我相继参加过韩国国际柔性印刷电子展、日本印刷电子展和美国印刷电子展,我注意到他们都做了详细的布局 and 规划。拿韩国举例,我认为韩国

## ■数字

### 14起

打击网络新闻敲诈和假新闻专项行动正在全国范围开展,2日,全国“扫黄打非”办公室和中国记协向社会公布了14起网络新闻敲诈和编造传播假新闻的典型案列。

本次公布的网络新闻敲诈和编造传播假新闻案件有:山西省忻州市寇某某假冒“西部廉政监督网”记者实施敲诈勒索;今年1月高某某等五人开设“中国廉政网”“中国县域网”两个非法网站,冒充记者诈骗上访民众;去年8月江苏徐州仲某等四人私设“今日焦点网”,在全国各地进行敲诈勒索;去年11月,多家媒体新闻客户端以及官方微博发布“2014年放假安排时间表”的假新闻;去年3月《法制晚报》在其网站刊发《季宅“失窃”案被告人无罪》的假新闻等。

### 52625亿元

国家外汇管理局近日公布2013年末中国外债数据。数据显示,截至2013年12月末,我国外债余额为52625亿元人民币(约合8631.67亿美元)。其中,虽然短期外债占比高达78%,但风险总体可控。

外汇局资本项目管理司副司长郭松表示,与2012年末相比,我国外债余额同比增长17%,增速同比上升11个百分点。其中,企业间贸易信贷和银行贸易融资对外债余额增长贡献率分别为36%和35%。

据初步计算,2013年末,我国外债负债率为9.40%;债务率为35.59%;偿债率为1.57%;短期外债与外汇储备的比例为17.71%,均在国际公认的安全线以内。

“随着我国GDP规模、外汇储备规模以及进出口贸易的不断扩大,我国总体债务风险不是在上升而是在下降。”郭松说。

## ■简讯

### “高效炼油”预计能降低CO<sub>2</sub>排放10%

科技日报讯(记者王婷婷)日前,记者从973计划“绿色低碳导向的高效炼油过程基础研究”项目组获悉,此项研究中的部分技术具备了工业应用条件,工业应用后预计可提高汽、柴油收率1.5—2.0个百分点,CO<sub>2</sub>排放降低10%以上。

据了解,该项目在基础层面上以石油馏分高效定向转化为核心,在应用层面上以实现“多区协同强化催化裂化”和“催化裂解生产低碳烯烃新工艺”为总目标,围绕轻、重石油馏分催化转化反应历程及调控规律、多相流动反应系统非线性特征及耦合调控规律、裂解产物多相平衡和传递规律等三大关键科学问题,在催化裂化、催化裂解的反应机理、催化材料及催化剂、多相流动反应耦合系统的模型化、关键过程装备强化方法等方面的研究取得了重大进展。

项目组卢春喜教授介绍,在关键过程装备强化方法方面,成功开发了新型导向格栅式汽提/再生技术,可显著强化气固间的接触效率,降低气固两相沿轴向的返混,提高气相的有效利用率,改善气固两相在流化床内的停留时间分布。

此外,还研究开发了一种惯性分离与离心分离协同作用的新型气固超短快速分离设备,具有压降小、分离效率高、操作弹性大等优点,可使油气在后反应系统的平均停留时间由目前国际先进水平的5秒降低到4秒以下。

而该项目研发的“两股进料环流床+提升管”耦合形式的催化裂化预提升结构,可实现调节催化剂温度、提高剂油比、改善剂油混合状况、提高目标产品收率的多重目标。

卢春喜教授表示,上述三项技术均具备了工业应用的条件,工业应用后预计可提高汽、柴油收率1.5—2.0个百分点,CO<sub>2</sub>排放降低10%以上。

### 首个可去除PM2.5背景墙研发成功

科技日报讯(记者马爱平)近日,用维舍卡碳石制成的首个能去除PM2.5的背景墙研发成功。

据悉,卡碳石吸附功能是硅藻泥的20—30倍,且催化与降解作用比传统二氧化钛更强。根据国家室内环境与健康产品质量监督检验中心的检测结果显示:一块30厘米见方的维舍卡碳石产品,在4分钟内,可吸附15%的PM2.5;在24h对1m<sup>3</sup>空间内的甲醛吸附率是87%,甲醛分解率是50%。

据维舍卡碳石的研发者湖南万象集团首席科学家徐海介绍,其所研制的卡碳石是在炭硅复合材料的基材中,负载不同功能性材料的先进技术,不仅能使所应用的产品本身无毒有害成分,还可具备吸附PM2.5及吸附并分解甲醛等室内有害气体的高效功能。同时,产品可根据负载材料的不同,实现超净净化、调节室内温湿度等健康环保功效,净化时效长达15年以上。日前,这两项核心技术已获得美国专利商标。

目前,卡碳石已储备多项突破技术,卡碳技术能广泛应用于室内装饰装修、家居产品、车饰、家电外壳、数码产品和大型空调出风口过滤口等。

“西苑沙龙”是科技部高技术研究成果研究中心为了推动国家科技计划相关领域发展战略研究,举办的以西苑饭店为场地的系列科技发展战略和学术研讨沙龙活动。沙龙重点围绕高技术、基础研究及其学科交叉领域的发展前沿与趋势、重大应用和产业发展需求方面的重大问题,探讨科技前沿、讨论最新突破性进展,展望未来发展趋势。沙龙鼓励与会者本着“客观、求实、融合、创新”的原则,以客观求实的态度,发表自己的学术观点;鼓励和引导多学科交叉融合,激励创新思想。