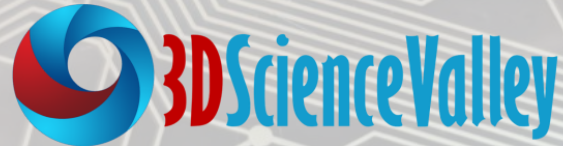


--- White Paper Series ---

3D科学谷白皮书系列

3D打印与电子产品白皮书1.0

White Paper of 3D Printing and Electronics1.0



白皮书下载请加入3D科学谷QQ群：529965687

随时查看白皮书请关注“3D科学谷”微信公众号：cn_3dsciencevalley

Version ID:20170515

硅基电子与印刷电子

1 科技部《“十三五”先进制造技术领域科技创新专项规划》中的电子制造重点任务

我国制造业发展对科技创新的需求

“规划”指出，我国制造业基础技术研究能力薄弱已经成为当前制约我国制造业发展的主要瓶颈，其中基础材料、关键基础零部件、电子元器件、集成电路、传感器、控制系统、软件工具及平台等众多领域的基础研究、关键技术研究、关键工艺研究都没有掌握自主核心技术，工艺装备、测试与实验装备、标准化等共性技术自主创新能力薄弱，亟需科技攻关……

重点任务

极大规模集成电路制造装备及成套工艺

1. 光刻机及核心部件
2. 高端关键装备及零部件
3. 成套工艺及知识产权(IP)库
4. 关键材料
5. 封装测试

实现可集成数模混合电路、射频、微机电系统(MEMS)和光电等多功能异质材料芯片的三维系统集成技术的量产应用……

重点任务

新型电子制造关键装备

1. 宽禁带半导体/半导体照明等关键装备研究
2. 光通讯器件关键装备及工艺研究
3. MEMS器件/电力电子器件等关键装备与工艺研究
4. 高效光伏电池关键装备及工艺研究
5. 新材料、新器件关键电子装备与核心部件研究

针对石墨烯、碳基电子器件、柔性显示、光互联等国际上新不断出现的新材料、新器件、新工艺对半导体技术相关的装备需求，开展面向电子器件应用石墨烯材料制备装备、大面积转移装备、石墨烯电子器件制造装备……

2 传统硅基微电子技术

硅基微电子技术是以大规模**集成电路**为基础发展起来的技术。这种技术主要是指在半导体材料芯片上通过微细加工制作电子电路。在过去50年，硅基半导体微电子技术占据了电子技术的绝对主导地位，但随着电路尺寸进入20纳米时代，集成电路加工的工艺越来越复杂，所需要的投资规模巨大，全球硅基集成电路制造垄断在少数几家大公司手中。



实现电气互联的印刷电路板（PCB），是集成电路的载体

印刷电子是一种基于印刷原理的新兴电子**增材制造技术**，其原理在于利用喷墨、气溶胶喷射、材料挤出等印刷手段将导电、介电、半导体性质的材料转移到基底上，从而制造出电子器件与系统。与传统电子加工方法相比，印刷电子在大面积、柔性化、低成本方面具有优势。

喷墨印刷
等传统印刷技术

材料：
导电油墨

材料挤出
3D打印

材料：
导电金属和绝缘热塑性材料
导电膏体和绝缘热塑性材料

Aerosol Jet
3D打印

材料：
导电、绝缘、半导体材料墨水

.....

4 印刷电子 v.s. 传统电子制造技术

常规PCB制造

1

覆铜箔板

2

印制图 (抗蚀剂)

3

表面处理 - 分立元件

4

安装元件

5

焊接固定

印刷电子

薄膜基材

印刷图形 (半导体油墨)

印制图形 (导体油墨)

5 印刷电子 v.s. 传统电子制造技术

优势:

- 低能耗、低材料消耗，无蚀刻，绿色环保
- 基底材料广泛，可在多种基材上制备电子器件，包括柔性基底
- 大面积批量化制造，降低成本
- 可在基底上同时印制出电路与元件，无需后续插入元件

劣势:

- 不具备传统硅基微电子制造技术的高精度与高密度
- 材料性能比传统微电子制造技术所依赖的晶体材料差
- 性能低于传统硅基微电子，是传统电子技术的补充

硅基微电子与印刷电子的比较



3D打印电子的应用

6 3D打印技术在电子行业的营收点

3D打印技术在电子行业中的应用尚处于早期阶段，目前主要是用于电子产品的快速原型，市场上推出的电子专用3D打印机主要应用是**PCB的快速原型制造**，这些打印机厂商提供配套的导电打印材料。然而也有少数的应用已经超越原型制造，走向了电子产品批量生产（如：共形天线）。从长期来看，3D打印在电子零件制造和封装领域的市场规模将达到数十亿美元。

不仅是3D打印 还包括部分2D打印电子

3D打印电子与2D打印电子的界限是模糊的，例如，有的2D印刷电子打印机也可以在3D物体表面进行打印，也有的2D喷墨打印机具备一定的制备3D表面的能力。这些功能都是应用在电子产品研发阶段。

小批量生产

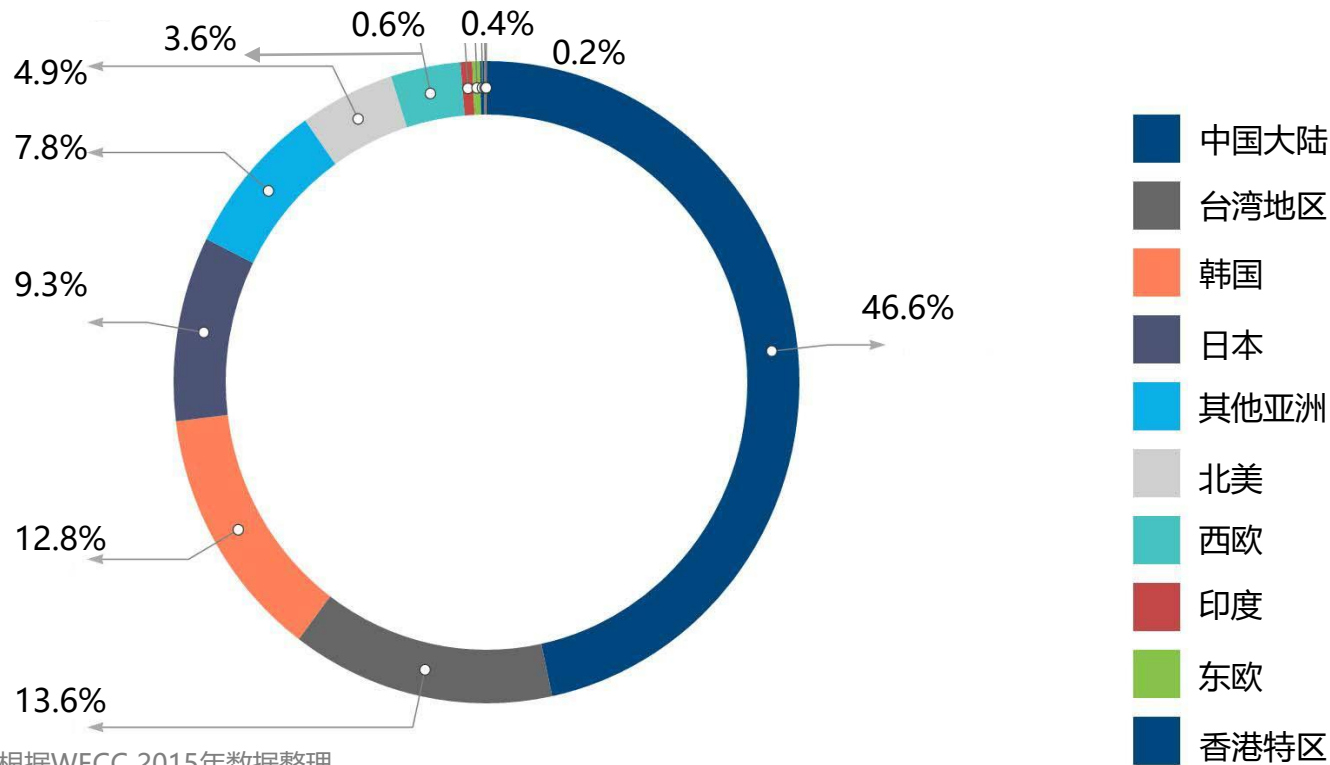
高性能计算、军事、航空航天中的电子零件，例如：PCB快速原型、连接器、MEMS 芯片和天线，以及部分光纤器。

消费电子外壳定制化生产

如：Nascent Objects 模块化的消费电子产品。

7 3D打印电子的主要应用-PCB快速原型

世界主要PCB产区

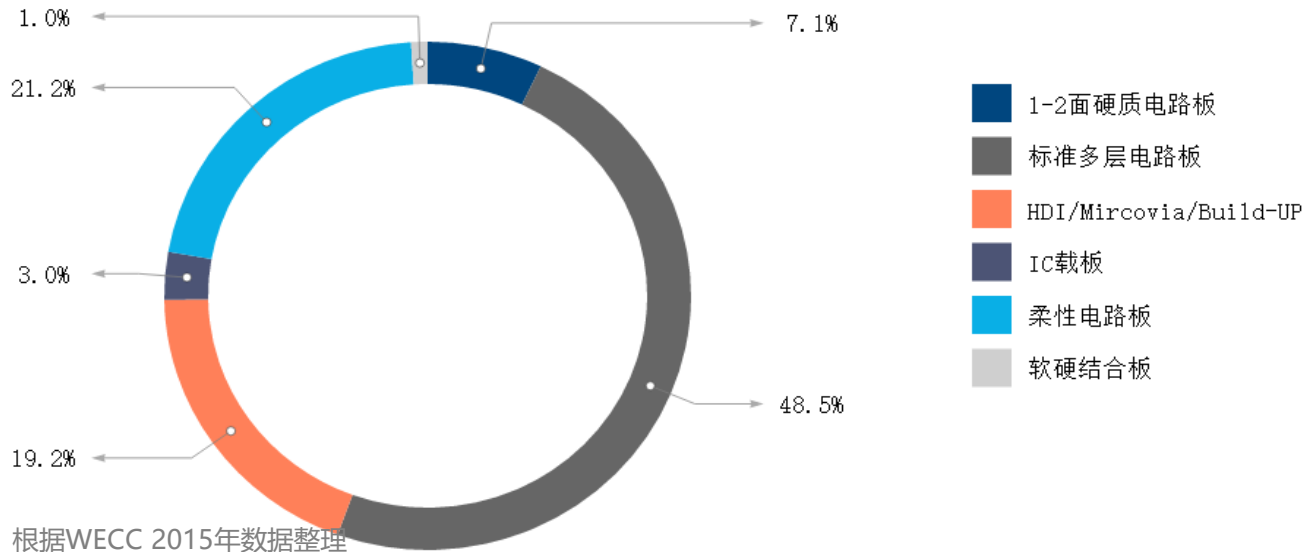


2000 年以前PCB 产业主要以美国、日本及欧洲为主，产值约占全球75%左右。进入21 世纪以来，中国凭借相对低廉的劳动力成本、投资政策和下游广阔的市场等优势，下游电子终端产品制造不断往中国转移，成为全球最大的电子产品制造基地。

2008年至2016年，美洲、欧洲和日本PCB产值在全球的占比不断下降；与此同时，中国大陆PCB产值全球占有率则不断攀升，由2008年的31.18%进一步增加至47.36%；除中国大陆和日本外的亚洲其他地区PCB产值全球占有率亦缓慢上升。全球PCB行业产能（尤其是高多层板、挠性板、封装基板等高技术含量PCB）进一步向中国大陆等亚洲地区集中。

8 3D打印电子的主要应用-PCB快速原型

中国大陆PCB制造市场细分 (按照PCB产品种类)



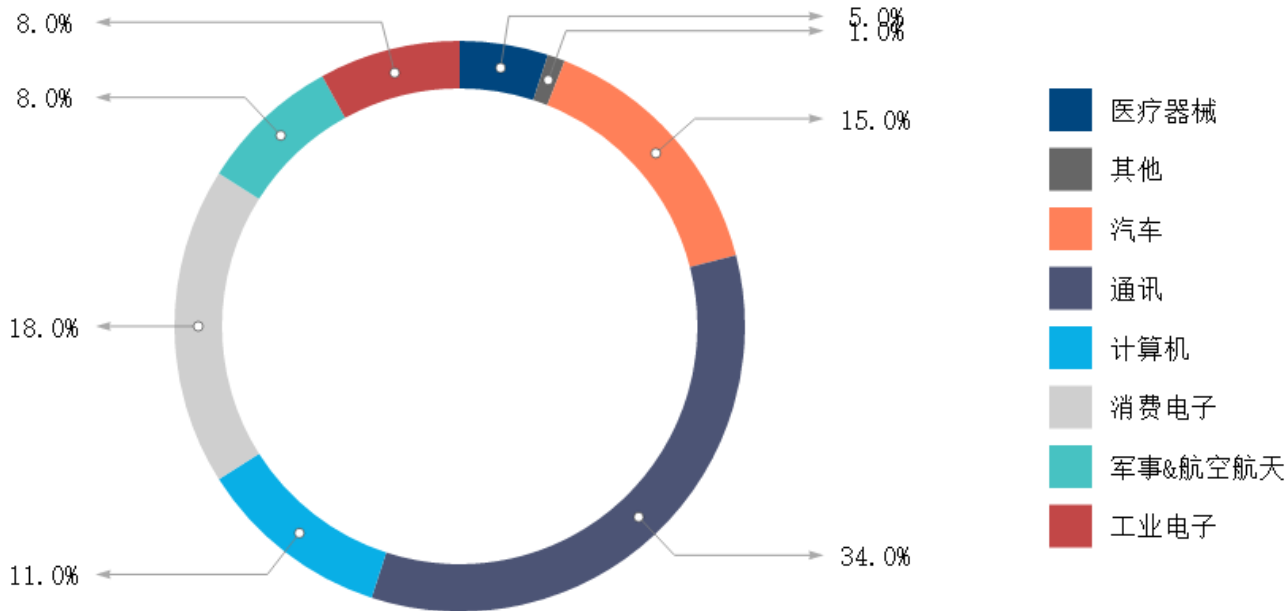
从产品结构上看，技术含量较高的挠性板、HDI板和封装基板占比逐年提升，但仍相对较低。其中，技术含量最高的封装基板占比很少，而内资厂商中仅有深南电路、兴森科技和珠海越亚等企业能够生产。

根据Prismark预测，未来五年中国PCB产业各细分产品产值增速均高于全球平均水平，尤其表现在高多层板、HDI板、挠性板和封装基板等各类高技术含量PCB。以封装基板为例，2016年至2020年中国封装基板产值年复合增长率约为5.5%，而全球平均水平仅为0.1%，产业转移趋势明显。

数据参考：WECC&Prismark

9 3D打印电子的主要应用-PCB快速制造

中国大陆PCB 下游应用市场



根据WECC 2015年数据整理

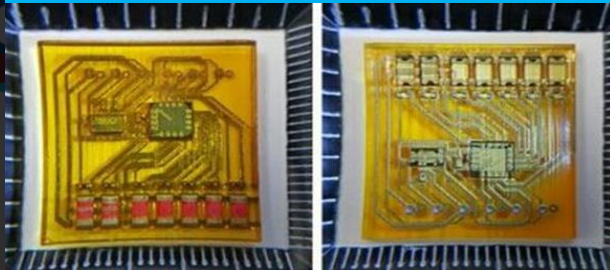
PCB行业发展至今，应用领域几乎涉及所有的电子产品，主要包括通信、航空航天、工控医疗、消费电子、汽车电子等行业。PCB行业的成长与下游电子信息产业的发展势头密切相关，两者相互促进。

中国PCB应用市场分布广泛，主要包括通讯、计算机、消费电子、汽车电子、医疗、航空航天等。受益于智能手机、移动互联网等行业的蓬勃发展，通信和消费电子等已成为中国最大的PCB产品应用领域。

数据参考：WECC&Prismark

PCB快速原型3D打印应用案例

超越原型



超薄、可弯折电路板，可用于物联网领域

Nano Dimension的3D打印机已可以实现在电路打印的过程中直接嵌入电子元件。

优势：

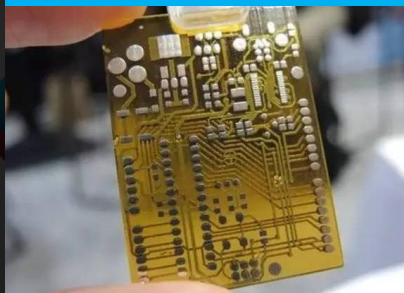
保护电子元件机械性能、避免受腐蚀；

由3D打印的导电油墨实现电子元件互联，免于使用焊接工艺，有利于提高印制电路板的质量和易用性；

在电子元件没有完全封装的情况下直接打印，为创建超薄的电路板创造条件。



快速原型



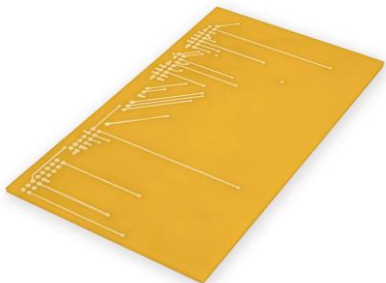
PCB 快速原型

传统方式生产的复杂PCB板是使用数片双面板，并在每层板间放进一层绝缘层后粘牢(压合)而成，制造工艺复杂，周期长。

Nano Dimension使用喷墨沉积与固化3D打印机，在数小时内便可完成多层电路板设计原型的3D打印,打印材料：AgCite纳米颗粒导电油墨。

超越原型**结构性电子产品**

Voxel8 多材料3D打印机将在电子设计中开辟一个全新的维度，可实现以前无法实现的特殊几何形状的PCB电路板，或在产品结构内部直接制造出电路，替代柔性电路。

快速原型**PCB 快速原型**

3D打印机：Voxel8 多材料3D打印机

打印材料：环氧树脂、导电银材料

PCB和柔性电路的多材料数字化有望改变电子设计和制造的方式。在短期内，PCB和柔性电路的快速原型3D打印技术将使产品工程师能够快速迭代其设计，减少产品开发周期。

12 手机等移动设备中的3D打印共形天线

技术举例



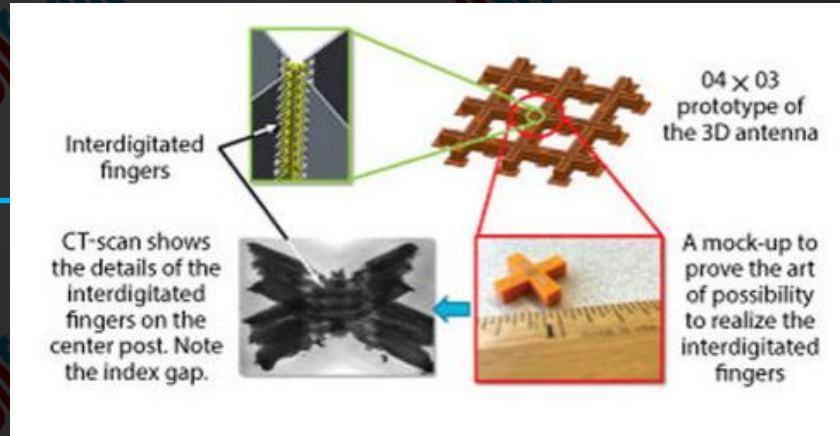
Optomec Aerosol Jet（气溶胶喷射打印技术）属于一种增材制造/3D打印技术，可将各种导电、绝缘或半导体材料以及生物医学墨液准确地打印到各种2D或3D塑料、陶瓷、金属、纸、玻璃等承印基底上。

该技术在打印天线过程中可精确控制导电纳米银墨水的沉积位置、几何形状和厚度，并产生光滑的镜面表面光洁度，在该过程中不使用电镀或环境有害物质。

案例

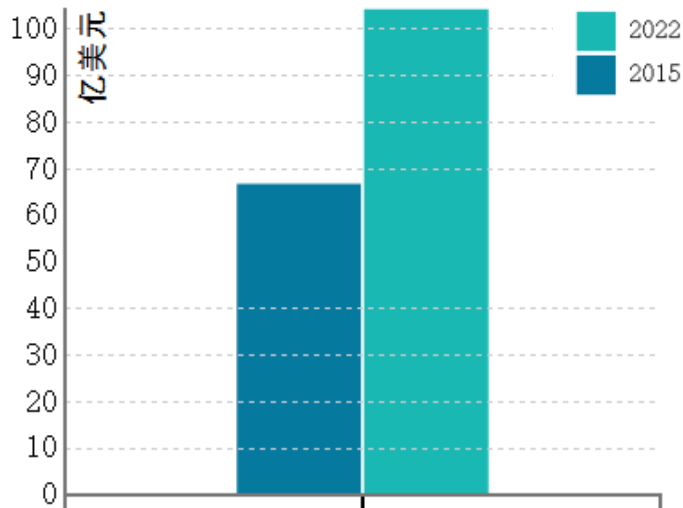


光宝科技使用Optomec的Aerosol Jet 3D打印技术将3D天线直接打印在电子产品的外壳中，从而最大化设计灵活性，实现更轻薄的产品设计。



随着电子产品体积的缩小，以及用户对产品信号传输和接受能力要求的提升，相控阵天线是在国防、电信和消费电子领域的市场得到增长。

MITR集团研发了一种宽带相控阵天线，具有7:1的带宽比。这种天线设计具有非常适合增材制造的3D特征，并且难以用传统的制造技术制造。MITR在研发中使用Voxel8 多材料3D打印机进行相控阵天线的制造。



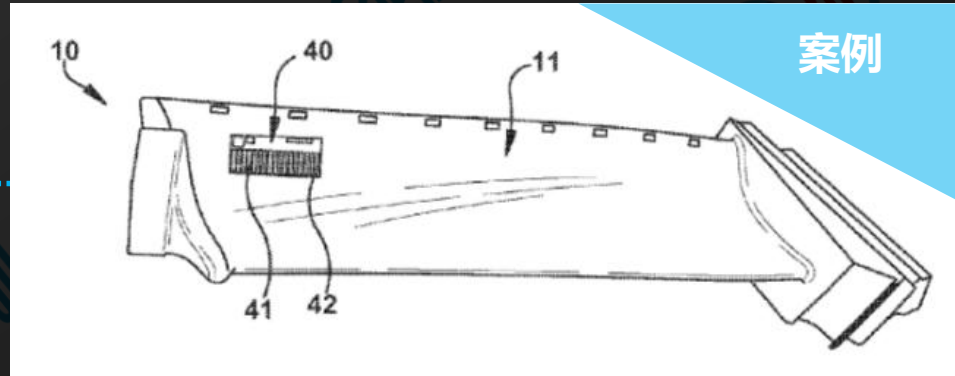
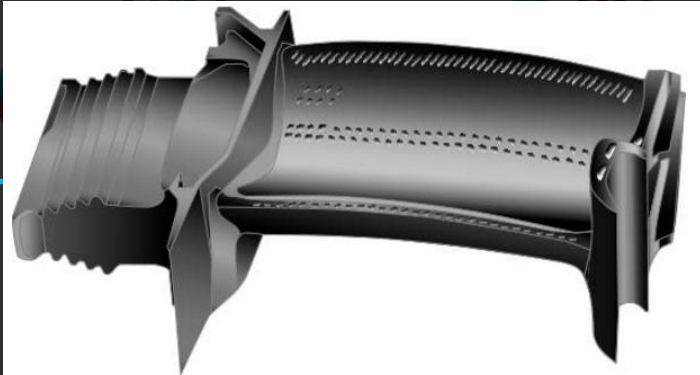
2015年印刷传感器市场价值为67.1亿美元，预计到2022年将达到104.6亿美元，预计复合年均增长率为7.0%。

印刷传感器在**可穿戴医疗设备和消费电子产品**中的日益增长的应用是印刷传感器市场的主要驱动力。此外，**触摸式电子设备和物联网**的日益增长为印刷传感器带来重大机遇。

印刷传感器市场以北美和西欧地区为主。北美地区糖尿病患者人数全球最高，因此对生物传感器的需求量很大，而西欧地区则拥有大量的印刷电子研发机构，其中有欧洲联盟和其他公共部门支持的原型设计和制程开发设施。在亚太地区，日本在印刷传感器市场上与其他地区相比将大幅增长。东欧和拉美以及印度传感器市场呈现平稳的增长态势。

制造印刷传感器的印刷电子技术包括：喷墨印刷，凹版印刷，丝网印刷、柔版印刷，以及Aerosol Jet（气溶胶喷射）3D打印技术.....

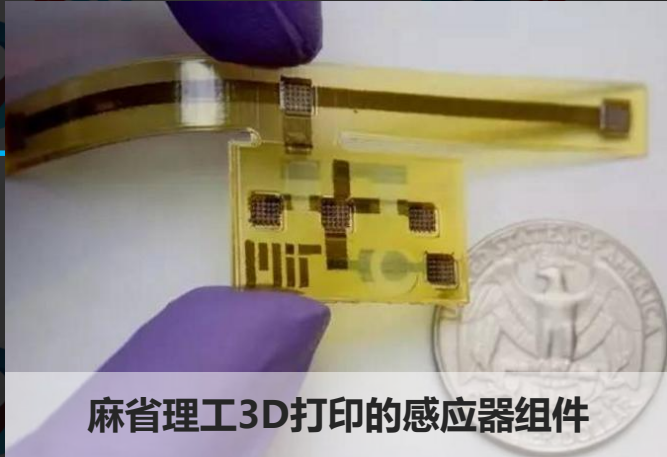
15 3D打印电子应用-印刷传感器



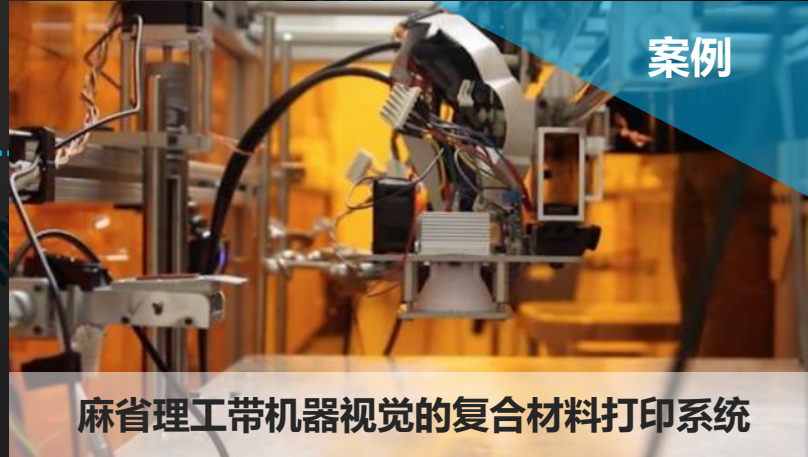
GE制造涡轮机部件上应变传感器的专利已获得批准。该专利技术包括涡轮部件的外部表面规划，和如何将陶瓷材料沉积到外部表面指定的位置上。应变传感器的陶瓷粉体通过自动化的3D打印增材制造工艺沉积到叶片表面上，陶瓷材料可以包括热障涂层如氧化钇及稳定的氧化锆。而一些特殊的涡轮部件位置上则不需要热障涂层。

完成应变传感器的制造则需要不同设备之间的配合，包括气溶胶喷射机（例如，Optomec的Aerosol Jet 3D打印机和透镜系统）、微喷机（如Ohcraft或nScript公司的微笔或3Dn），以及 MesoScribe Technologies技术公司的等离子喷涂设备MesoPlasma。

在GE公开专利之前，斯旺西大学的研究人员已通过Optomec气溶胶喷射技术直接打印应变和光学蠕变传感器，用在喷气发动机的压缩机叶片表面上。使用激光检测系统和光学测量的传感器，研究人员能够确定一个组件的蠕变程度在10纳米以内。



麻省理工3D打印的感应器组件



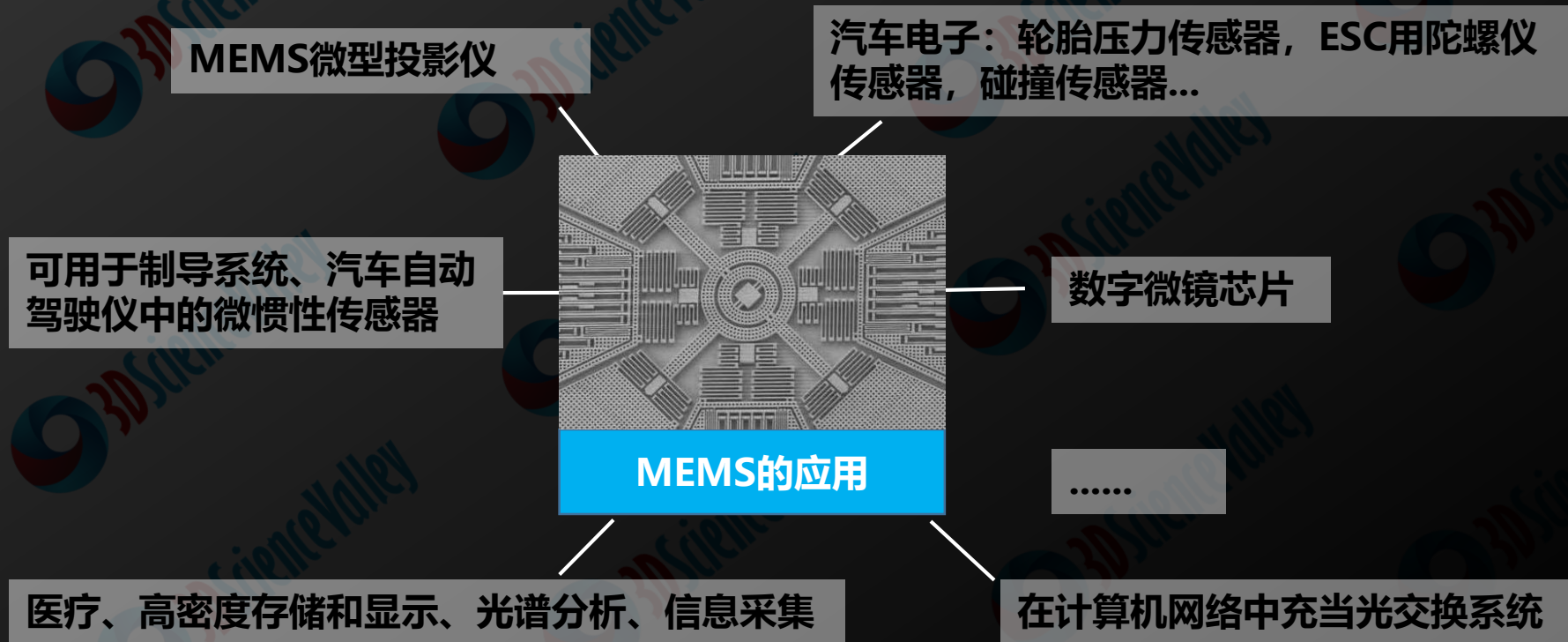
麻省理工带机器视觉的复合材料打印系统

多材料和低价格：麻省理工学院的计算机科学与人工智能实验室研发的MultiFab 3D打印机可以打印多达10种材料，打印过程中可将电路和传感器直接嵌入打印对象中，使其具有广泛的应用领域，从备件到完整功能部件。该设备零售价约7000美元，价格比同类多材料3D打印机低很多，类似打印机一次只能处理三材料价格已经在250000美元。

17 3D打印电子应用-MEMS

MEMS (Micro Electromechanical System, 即微电子机械系统)是指集微型传感器、执行器以及信号处理和控制电路、接口电路、通信和电源于一体的微型机电系统。

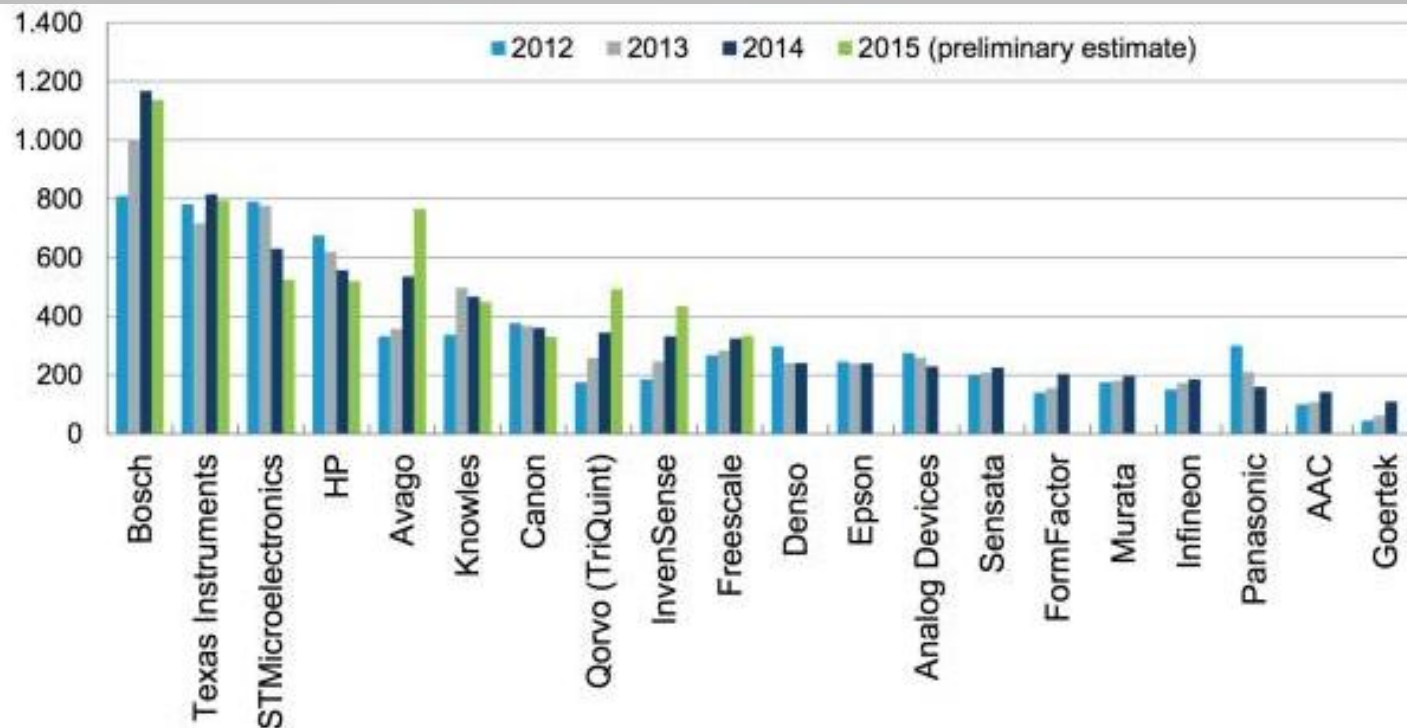
MEMS的特点可归结为三“M”,即微型化(miniaturization)、多样性(multiplie-ity)和微电子技术(microeleetronics)。MEMS技术通过微型化和集成化开辟了一个全新的领域和产业,它可以完成大尺寸机电系统所不能完成的任务,也可嵌人大尺寸系统中,把自动化、智能化和可靠性提高到一个新的水平。



18 3D打印电子应用-MEMS

MEMS产品的生产门槛高，需要用到先进的半导体制造设备，设备往往高达数千万美元，如此巨大的投资要求成为开发MEMS应用潜力的主要障碍。国际上的MEMS厂商包括博世，德州仪器，HP等少数企业。国内企业包括：北京青鸟元芯、无锡微纳电子、歌尔声学、西安中星测控、上海芯敏微系统技术等。

全球Top 20 MEMS 制造商

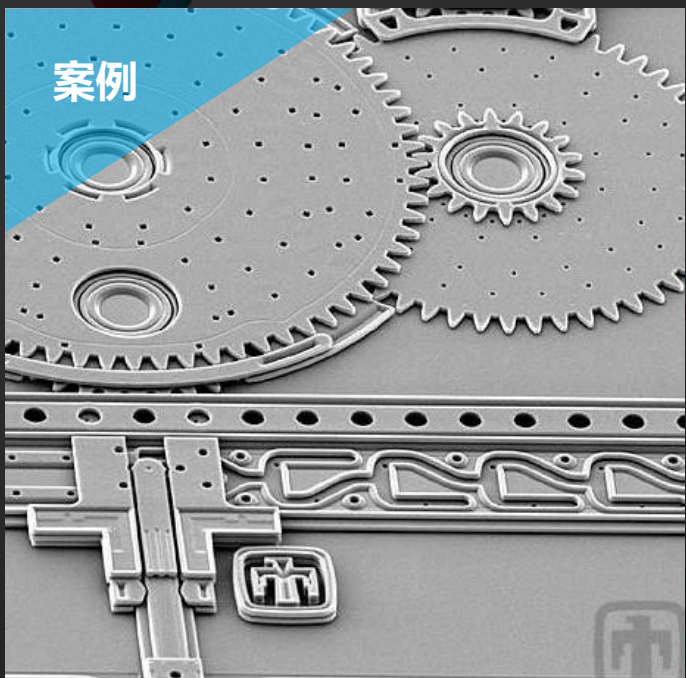


排名根据IHS 2015发布的市场金额，单位：百万美元

19 3D打印电子应用-MEMS 3D打印的探索

麻省理工利用3D打印机在MEMS 气体传感器制造领域进行了探索，有望打破MEMS当前这一高资金投入壁垒的现状，将MEMS制造成本将为当前的1%。

案例



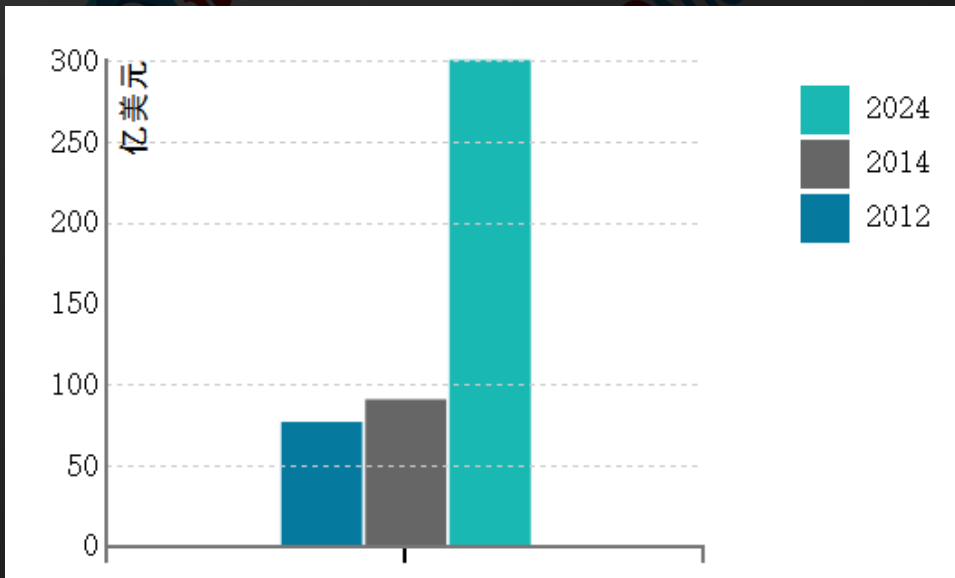
麻省理工最初打算使用电喷发射器，以常规技术来制造MEMS的气体传感器，但是在研究过程中发现，通过3D打印机也可以实现，以往的MEMS制造之所以昂贵是因为其制造过程中需要高温和真空环境，而麻省理工的解决方案在低温且无需真空环境下实现的。其核心突破点在于使用了经济型的气体传感器，通过氧化石墨烯的薄片，这种材料只有一个原子厚，具有不同寻常的电学特性，对传感十分有用。

MEMS主要包括微型机构、微型传感器、微型执行器和相应的处理电路等几部分，麻省理工的3D打印技术具体是解决了MEMS哪一个部分的制造？这项技术的商业化前景如何？这些问题还有待观察。

20 3D打印电子应用-RFID标签

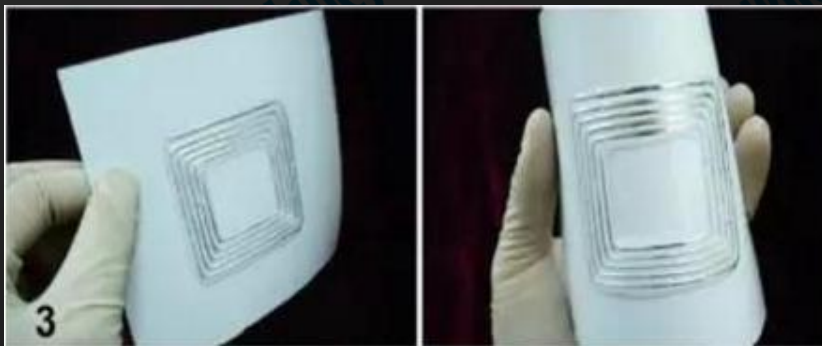
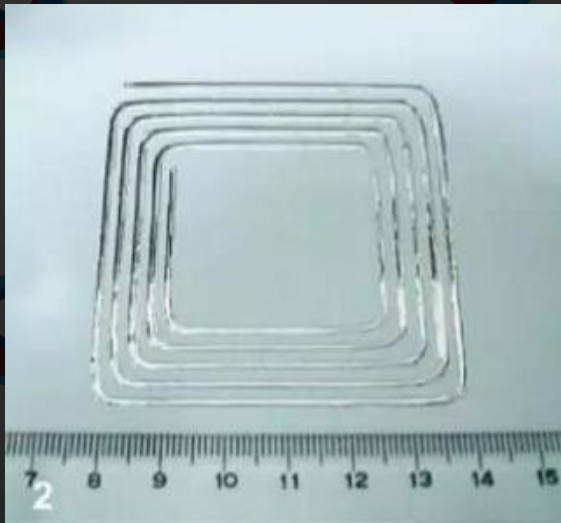
RFID即无线射频识别，是一种通信技术，俗称电子标签。可通过无线电信号识别特定目标并读写相关数据，而无需识别系统与特定目标之间建立机械或光学接触，主要由芯片和天线组成。RFID技术应用很广，如：图书馆，门禁系统，食品安全溯源等。

当芯片和天线在一个过程中一起印刷时，RFID印刷成本会大幅降低。



IDTechEX在报告中指出,2013年全球RFID规模为78亿美元，预计到2024年市场规模将达到302亿美元。

案例



中国科学院理化技术研究所低温生物与医学实验室通过液态金属3D打印机在纸基上打印电路或功能器件，如：RFID标签。

打印机采用气压式印刷方法，注射筒中的液态金属墨水可在氮气压力的作用下进入打印喷头，打印喷头的尖端采用的是软毛刷结构，液态金属墨水被刷印在基底上。打印喷头的三维运动由机械装置控制，运动速度程序设置于教导盒中。

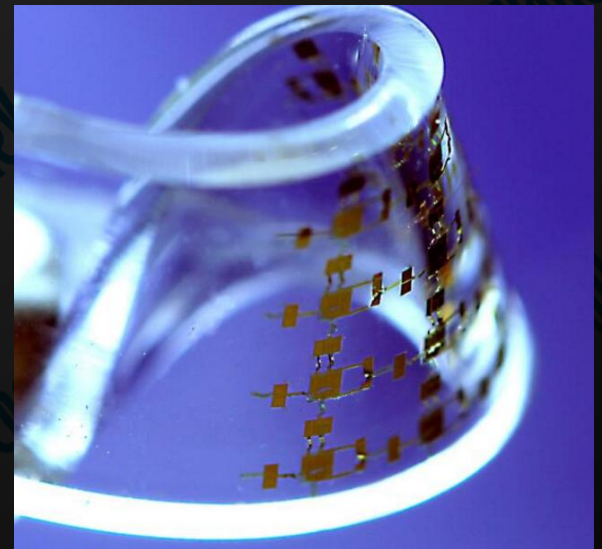
制作纸基电子线路的打印原理如下：首先，在纸面上打印第1层液态金属电路，然后将室温硫化（room temperature vulcanizing, RTV）硅橡胶叠印在液态金属电路之上，起到封装和电气绝缘的作用。如果需要打印多层电路，可以在封装层之上再用液态金属墨水打印所需线路即可。

22 3D打印电子应用-柔性弯折电子设备的探索

GrafTech发明了一种具有柔性石墨衬底的柔性电路板（专利号US009546764），通过3D打印技术将介电层和导电层和更多的电子元件打印到柔性石墨基体上。GrafTech增强了在可反复扭转、拉伸或弯曲的柔性材料上制造电子器件的实力，而柔性可弯折电子将成为目前印制电路板的潜在替代性产品，广泛用于可折叠手机、各种穿戴设备以及车载系统。

美国密苏里科技大学通过气溶胶3D打印技术以及弹性的聚合物基底、导电油墨来制造柔性电路。与传统的光刻法（减材制造）不同，气溶胶打印技术是一种增材制造方法，直接将导电材料沉积在基底上，然后立即进行局部固化，从而与柔性基底相结合。

解决柔性弹性基底材料与刚性电子电路之间“不匹配”的问题是研究的关键，直接气溶胶打印技术使他们可以直接在弹性表面上打印非常非常薄的导电材料，这种弹性表面可以反复扭转、拉伸和弯曲，从而做出可弯折、拉伸的电子产品，而且对其性能几乎没有影响。



来源：National Science Foundation

23 金属3D打印技术在电子行业的应用-传感器的保护

在石油和天然气管道内带有一种传感器，用于长期监测管道内的温度、流速和压力。在传感器上涂有一层Stellite合金，这是一种钨铬钴合金，属于一种难加工材料。传统的处理技术是施加一种几毫米厚的复合材料覆盖层。然而，在覆盖的过程中，强烈的热会导致大量的传感器材料与Stellite覆层混合，从而影响传感器的耐久性。

德国O.R. Laser公司使用直接金属沉积（DMD或LENS）3D打印技术在传感器表面制造出一个硬合金熔覆层，为石油和天然气行业的传感器元件提供保护，延长传感器的寿命。



GE航空航天通过固定金属3D打印技术制造传感器外壳，用于固定90-94B发动机中的T25传感器。

这些壳体是用钴—铬合金粉末以激光烧结的方式根据CAD设计文件逐层构建的。通过这种新的生产方式，能够更好地保护传感器上的电子不受具有潜在破坏性的气流和结冰的影响。

这个3D打印传感器外壳已通过美国联邦航空管理局（FAA）的认证，其位置位于飞机发动机内高压压缩机的入口处。





FBG传感器是一种光纤光栅传感器，可以精准的测量位移、速度、加速度、温度,主要应用在煤矿围岩、桥梁建筑、航空航天、石油化学工业等领域。如果将FBG 传感器嵌入到金属零部件中，这个零部件将成为可以感知温度、速度等变量的智能零部件。美国航空航天局（NASA）兰利研究中心最近与Fabrisonic 公司合作，使用超声波熔融金属3D打印机制造零部件，并在打印过程中嵌入FBG 传感器，以长期监测零件的应变。

通常在粉末床金属3D打印的过程中会产生高温，这将会导致嵌入的FBG 传感器失去敏感性。因此，制造嵌入传感器的智能金属零部件，需要使用低温的制造技术。Fabrisonic 公司的UAM 3D打印机的独特之处在于使用了一种将超声波焊接与CNC结合起来的技术。

UAM工艺主要使用使用超声波去熔融用普通金属薄片拉出的金属层，从而完成3D打印。这种方法能够实现真正冶金学意义上的粘合，并可以使用各种金属材料如铝、铜、不锈钢和钛等。在制造过程中温度低于200华氏度，在这样的温度环境下嵌入传感器可以避免传感器被损坏。

中国也在这项技术上取得了进展，如哈尔滨工程大学和楚鑫机电合作研发的超声波快速固结成形制造装备。



Plunkett Associates项目组利用计算流体力学软件对散热片建模模型进行了模拟计算，分析了空气流量特性及相关的传热特性，设计出最优的散热元件。

电子设备性能越来越强大，热负荷也越来越大，需要尽可能有效地散热降温。

自然对流散热方法的限制因素是它的冷却极限，当对冷却要求比较高的时候，局限性就显现出来了。要突破这一局限性则需要对散热元件的结构加以改进，热对流通过散热器来实现，这些元件的特点是表面积大，且由高导热材料如铝或铜制成。当电子元器件变热，对流传导快速带走热量。

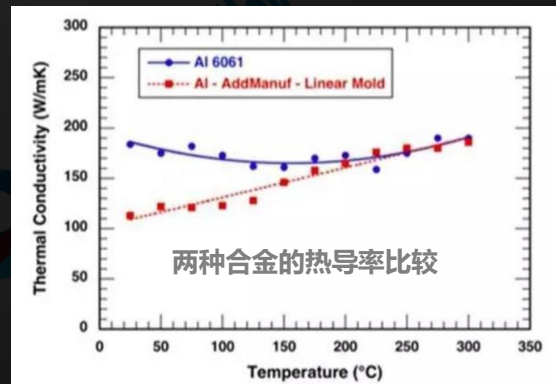
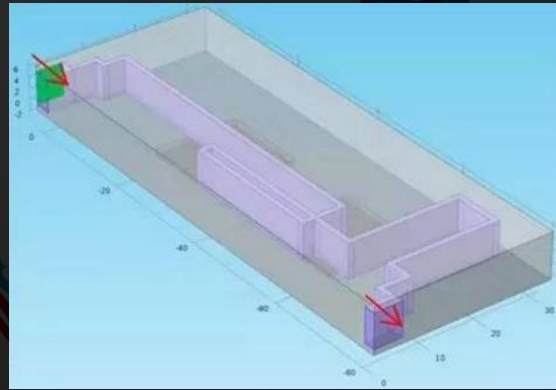
如果散热器可以通过优化高导热材料的几何形状，增加空气流量和表面面积，同时降低生产成本，那么更多的电子产品就可以通过自然对流冷却，而不是诉诸更昂贵和复杂的方法。

通过SLM金属3D打印技术来构建复杂的几何形状在电子器件发热元件的冷却方面存在许多待开发的潜在应用空间。

SLM 3D打印机通过将金属一层一层铺粉，选择性融化粉末带来制造产品几何形状的高度自由度，而几何高度自由度带来散热器更高的表面积密度效率。

现有制造方式

电子散热器例如大功率开关管或三极管的散热片，通常是针对大功率电子元器件散热的散热片，没有外加电源的情况下自然冷却，大多数都是铝合金材料，根据元器件大小制造成需要的尺寸。通常这些散热器由铸造、铣削、钻孔等传统加工工艺完成，传统加工方式加工的散热器很少设计复杂的多片结构，因为这将增加破损或泄漏的可能性。



3D打印+退火工艺

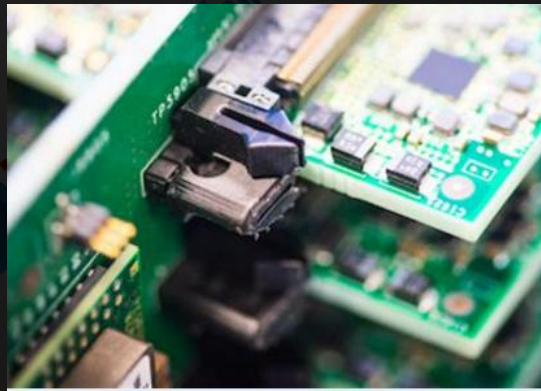
通过3D打印机，制造商能够设计和创建比传统锻造和铣削更复杂的内部结构。此外，这些3D打印的散热片可以很容易地被打印为一个单一的零件，减少了后期组装的需求和泄漏的可能性。

金属3D打印的合金组织成分与传统方式制造的合金组织成分是不一样的，正是这些细微的差异，3D打印的散热片可能产生不利的热效应。

田纳西大学与美国ORNL实验室通过退火工艺，使得3D打印铝合金散热器（含有10%的硅和0.5%的镁）上升到与传统工艺制造的散热器类似的性能水平。

Oracle (甲骨文) 实验室是跨国计算机技术公司Oracle的研发部门, Oracle实验室研发的服务器中需要通过一种微型的精密终端支架来校正系统中的电路板。

最初Oracle使用的生产工艺是注塑生产工艺, 而该工艺在短时间内难以生产大量的微型终端支架, 限制了Oracle对产品进行设计迭代的速度。

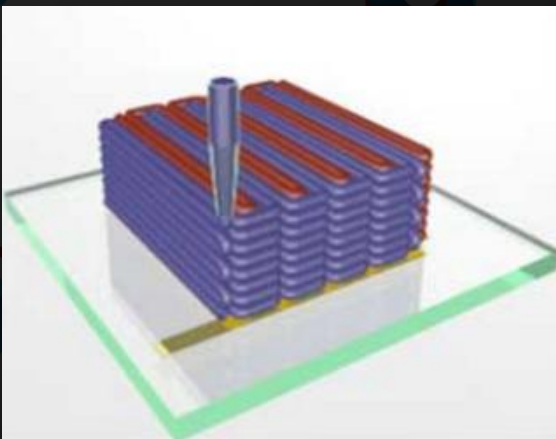


Oracle与Carbon 和Sculpteo合作, 使用Carbon公司的CLIP 3D打印技术直接进行微型支架的快速生产, 成品支架的打印材料为Carbon的RPU 70 (刚性聚氨酯) 树脂, 该材料在刚性和阻燃性方面与ABS塑料相当, 适合应用在消费电子产品的制造领域。

为了使得打印过程更高效, Sculpteo在一种立方体结构内一次性打印多个支架, 这种方式显著提升了3D打印的生产效率, 在短短几天内生产出1万个支架。如果使用传统制造工艺, 生产周期要几个月。

28 3D打印电子其他应用-3D微电池的科研探索

大约10年前美国科学家提出3D微电池的概念，过去的制备方法都基于较为成熟的微电子技术以及新兴微加工技术，成本较高，而且成果并不理想。



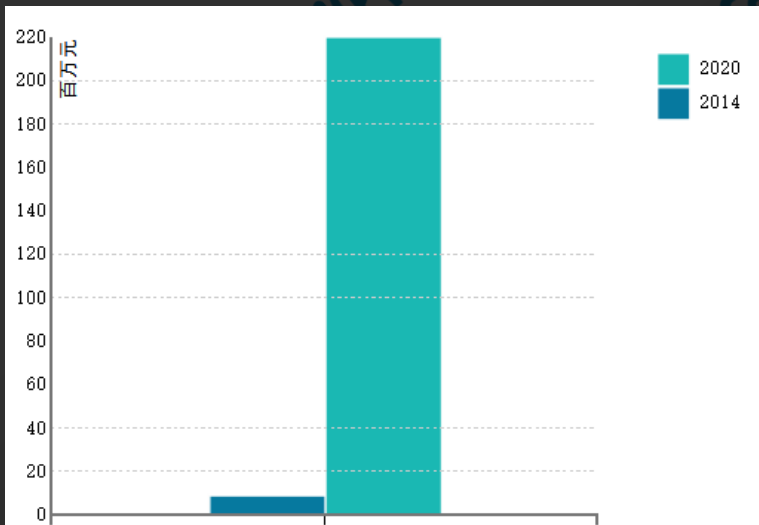
美国伊利诺伊大学采用3D打印技术制备出只有沙粒大小的3D微电池，具有快速充放电能力，其面积能量密度和功率密度在目前3D微电池领域居于前列。有望用于为微米乃至纳米器件提供能量。

打印墨水是制造难点，3D打印机的直径只有30微米，和一根头发丝的直径差不多，这要求“墨水”具有特殊的流变学性质，并能在空气中迅速稳定凝固成型。

科研团队通过胶体化学方法成功将磷酸铁锂和钛酸锂两种材料分别做成“墨水”，用作电池的正极和负极。

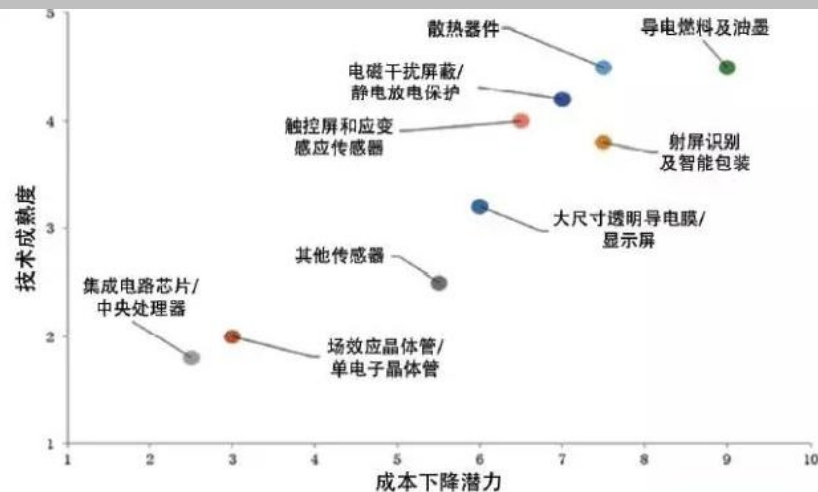
Innova Research报告指出，2014年中国石墨烯市场总收入估计为约875万元人民币，占全球石墨烯市场总收入的7.4%左右，预计在未来五年的复合增长率将达到的70.9%，2020年增长到2.2亿元人民币。

石墨烯的主要应用：电子、复合材料和储能等。2015年石墨烯在电子行业的应用占全球石墨烯市场35.9%的收入份额，预计2020年将达到51.3%。

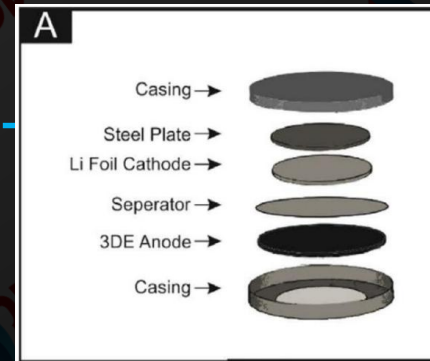
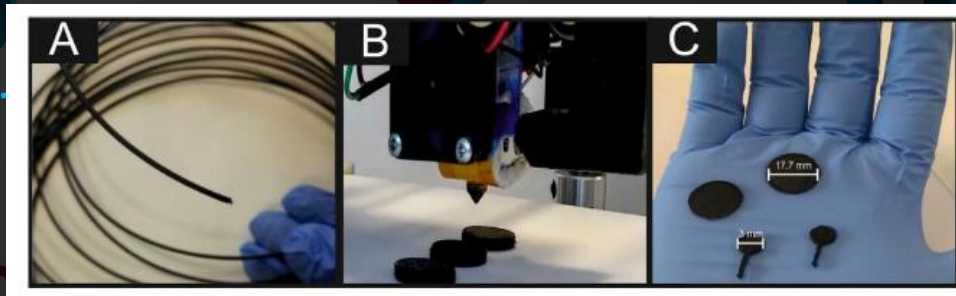


Innova Research指出，石墨烯微片材料特有的印刷便利性以及优越的电子传导性能使得其在导电油墨、RFID天线印刷以及智能包装应用领域相对于传统导电银浆材料更有优势。

未来5-10年最可能大规模应用的电子应用



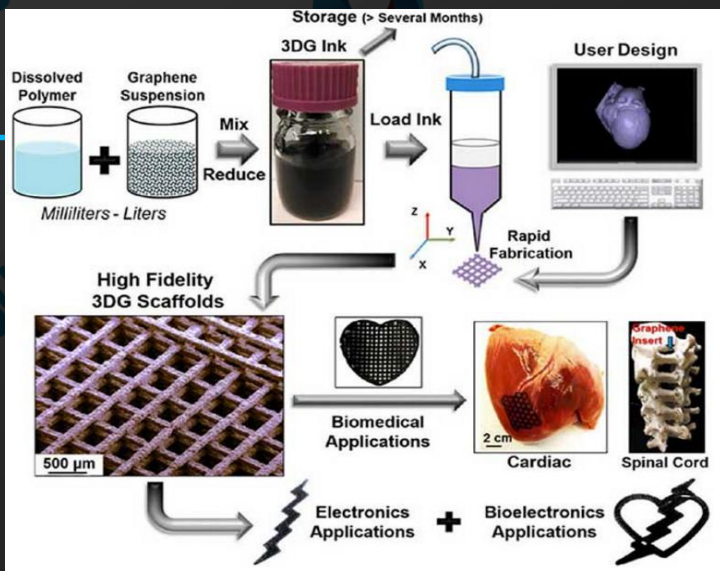
30 3D打印电子其他应用-石墨烯的3D打印科研探索



英国曼彻斯特城市大学、切斯特大学以及中国中南大学合作开展了一项3D打印石墨烯电池的研究课题，该研究展示了如何用石墨烯基PLA材料（含8%的石墨烯）3D打印储能装置。这项研究证明充电电池可用一种更简单、更便宜的方式来制造。

课题组通过Graphene 3D Lab3D公司的BlackMagic3石墨烯3D打印线材（含8%石墨烯）制造了圆盘电极（3DE），在打印后不需要进行进一步的后期生产或固化。这个圆盘电极构成独立阳极中的一层，独立阳极一共有六层，一旦六层叠合在一起，这些独立阳极就可以成功地用在锂离子电池内部，这将简化锂离子设置，让充电过程不再需要集电器。

31 3D打印电子其他应用-石墨烯的3D打印科研探索



美国西北大学材料科学和工程系的Shah TEAM实验室，开发了可应用在3D-Bioplotter生物3D打印机的石墨烯油墨，通过相似的颗粒状油墨材料工艺，他们开发的石墨烯油墨密度达60%-70%，可以打印出较大尺寸的结构。

这种石墨烯油墨的应用领域包括3D打印生物相容性的传感器和诱导组织再生的支架等。

供应链

打印机品牌举例

喷墨技术

喷墨打印材料:

纳米银油墨
电介质油墨

挤出式打印材料:

导电浆料
焊膏
石墨烯复合材料

Aerosol Jet 油墨:

金、铂、银、镍、
铜、铝
碳、钨、碳纳米管
.....

其他

用于FDM 3D打印机的导电线材, 如Graphene 3D的石墨烯复合丝材、TPU丝材等, 用于柔性传感器、射频屏蔽、柔性导电线路, 以及可穿戴式电子电极的研发。

Multifab多材料复合3D打印, 将电路和传感器直接嵌入打印对象



Nano Dimension
设备: DragonFly 2020

其他



主要应用

PCB快速原型

材料挤出技术

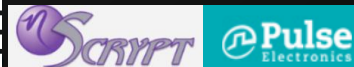


Voxel8多材料3D打印机

应用:

PCB 快速原型、天线、结构性电子产品、超声波传感器., 可在打印中嵌入其他部件.....

其他



主要应用

PCB快速原型、天线

.....

Aerosol Jet 技术

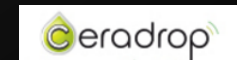


Aerosol Jet 5X Systems

应用:

共形天线、传感器、半导体封装.....

其他



Neotech AMT

.....

33 3D打印结构性功能电子自动化生产的探索



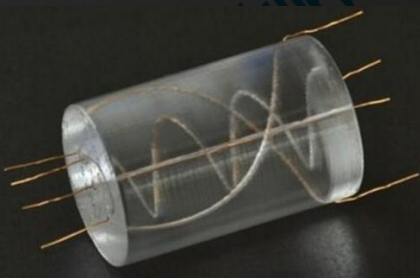
荷兰应用科学研究组织TNO研发的Hyproline混合制造系统，具有快速、便宜、柔性等特点，是一种多材料复合3D打印系统。TNO还开发了一系列打印头，能够飞快地喷射不同材料的“油墨”，包括可UV固化的导电性油墨，替代传统的丝网印、光刻技术来制造结构性电子，尤其适合在非平面的物体表面和结构复杂、空间狭小的物体中进行电子、电路打印。TNO成立的3D打印中心，专注于制造智能、个性化和多功能的产品，包括3D打印结构性功能电子（包括感应器、连接器和集成的LED等）。

谢菲尔德大学与波音合作的先进制造研究中心（AMRC）研发了一项名为“THREAD”的复合3D打印工艺，可用于制造集成了电子（或光学）元件的功能性电子产品或零部件。

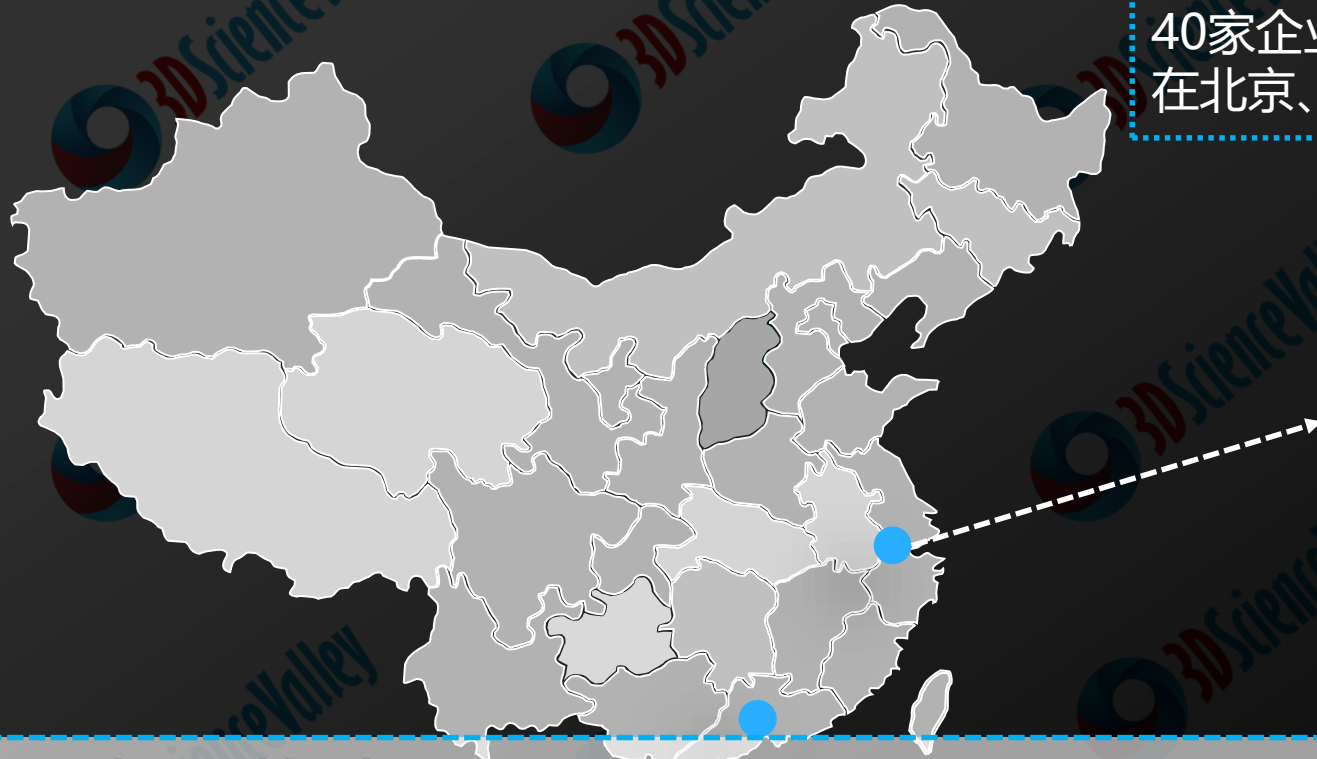
THREAD 3D打印工艺能够在3D打印过程中嵌入电子元器件，直接制造出嵌入式的电子产品，例如带嵌入式电子元器件的无人机。

THREAD 3D打印工艺是一个全自动化的工艺，能够以不影响3D打印组件原始构建时间的速率嵌入电子或光学器件，没有必要暂停、去除、重新装夹或后期处理。

未来THREAD 3D打印工艺将可以集成在包括聚合物3D打印设备在内的多种3D打印机中。



中国大陆PCB制造产业集群



中国大陆有两大PCB制造产业集群：珠三角和长三角，中国电子电路行业协会中有110家会员企业位于广东省，40家企业位于江苏省，其余企业分布在北京、上海、浙江、福建等省。

珠三角PCB制造商

双鸿电子（惠州）有限公司
宏俐（汕头）电子科技有限公司
广州美维电子有限公司
深圳市艾迪蒙电子有限公司
东莞市康庄电路有限公司
深圳市万泰伟业科技有限公司
运丰电子科技（深圳）有限公司

珠海智锐科技有限公司

开平依利安达电子有限公司
依利安达（广州）电子有限公司
奥士康精密电路（惠州）有限公司
广州三祥多层电路有限公司
中山市兴达电路板有限公司
智恩电子（大亚湾）有限公司
奈电软性科技电子（珠海）有限公司

长三角PCB制造商

江苏弘信华印电路科技有限公司
苏州福莱盈电子有限公司
悦虎电路（苏州）有限公司
诚亿电子（嘉兴）有限公司
扬宣电子（苏州）有限公司
竞陆电子（昆山）有限公司
同扬光电（江苏）有限公司
健鼎（无锡）电子有限公司
定颖电子（昆山）有限公司
沪士电子股份有限公司
江苏传艺科技股份有限公司
欣兴电子股份有限公司
江苏扬泰电子有限公司
昆山亿富达电子有限公司
兴化市红光电子线路板厂
江门市奔力达电路有限公司
希门凯电子（无锡）有限公司

.....

35 天线制造商

目前市场上的天线制造商多采用LDS（激光直接成型）技术制造智能手机天线、笔记本电脑天线等电子器件。LDS工艺的主要流程是：

LDS专用
金属氧化物材料制备



开模注塑



激光镭雕



化学镀金属



喷涂等二次加工



深圳信维生产的LDS天线

LDS 天线制造商

Molex、同拓光电、深圳天铭科技、深圳市迪比通通讯设备、东莞市仕研电子通讯、上海儒韦电子科技、深圳市微航磁电技术、深圳市信维通信、深圳市维力谷无线技术股份有限公司、斯瑞集团、硕贝德科技.....

Aerosol Jet 3D打印技术也可用于电子设备共形天线的生产，其主要工艺包括：外壳制造，天线打印，固化。通过Aerosol Jet 5轴3D打印设备可以直接将电路打印在外壳中，外壳基底材料包括纸、金属、陶瓷、玻璃等多种材料。

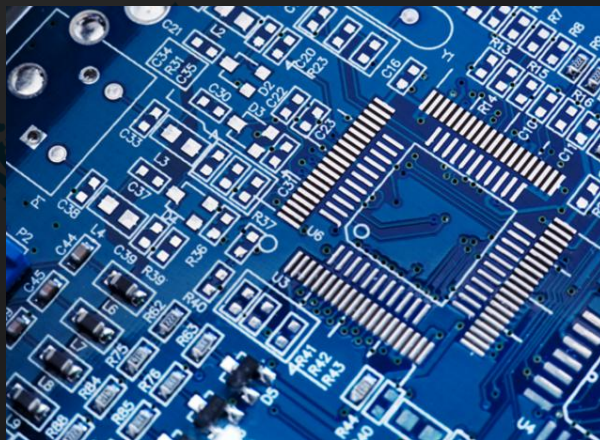
思考： Aerosol Jet 3D打印技术是否会成为共形天线制造的主流技术，甚至是替代LDS技术？

PCB 设计软件

PADS
Cadence spb
ORCAD
Altium.Designer
PROTEL软件
MENTOR EE
Autodesk EAGLE
CADSTAR
Project Wire
.....

电路仿真软件

Analog
spice
.....



封装制作软件

PCM-LP
.....

阻抗计算软件

Polar
CITS25
.....

CAM 软件

Genesis2000
CAM350
Delcam FeatureCAM
.....

敬请关注3D科学谷微信公众号，或参考3D科学谷出版物（京东、当当有售）



《3D打印与工业制造》
京东售书链接



3D科学谷官方网站



3D科学谷微信公众号



3D科学谷三千人QQ群



3D科学谷系列白皮书



免责声明

- 本书中包含的数据、部分内容来源于网络或其他公开资料，版权归原作者所有。任何以盈利为目的使用，所产生的后果由使用者自己承担。
- 本书中所有引用的数据都已标明出处，如任何个人或单位认为内容存在侵权之处，请及时与我们联系，3D科学谷将及时给予处理。
- 3D科学谷力求内容的严谨性，但限于时间和人力因素，书中难免有不足之处，如存在失误、失实，敬请您不吝赐教、指正。我们热忱欢迎各界专业人士免费加入3D科学谷交流平台。
- 本书内容仅作交流学习之用，不构成任何投资建议，请读者仅供参考。