

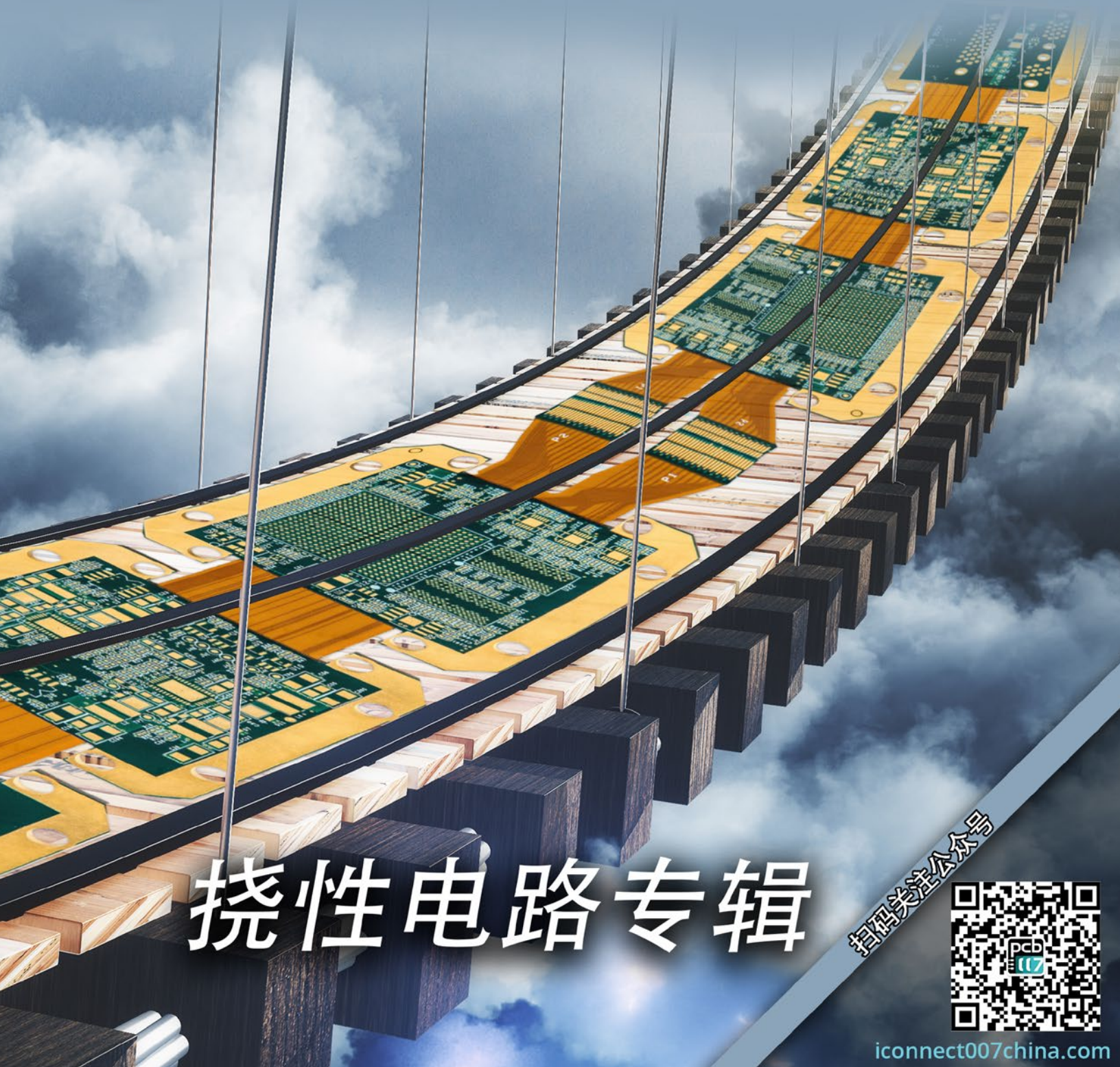
2019年2月号

I-Connect007
GOOD FOR THE INDUSTRY

pcb007 中国

线上杂志

CHINA MAGAZINE



挠性电路专辑

扫码关注公众号



刚柔并济 挠性电路大有可为

by Edy Yu

I-Connect007China

在第二次世界大战期间，德国科学家率先在坦克的炮塔和 V2 火箭中应用挠性电路材料，开始了挠性电路板的使用。20 世纪 50 年代，美国缴获了一枚 V2 火箭进行研究，使得挠性电路技术由欧洲传到了美国，挠性电路技术开始应用到航天领域中，从此也拉开了挠性电路板在航空航天和军事领域大规模应用的序幕。目前，从简单的消费类电子产品到重要的航空航天装置，挠性电路板都成为一项关键技术。

电子产品的轻薄化和多功能化的趋势必定要求上游的印制电路板技术不断向高密度化、高精度化、微小化、高速化发展。挠性印制电路板由于使用挠性基底，并具有可折叠的优点，相对于刚性印制电路板具有轻便、体积小的特

点，近年来越来越多地被用在了电子产品中。

从表 1 可看到，在全球前十大 FPC 企业排名表中，日韩占据主导。综合各种数据（特别是中国内资 PCB 百强企业数据），估算 2016 年中国内资 PCB 企业细分产品产值及全球占比如表 2 所示。可看到中国内资 FPC 占比相对较小，还有很大提升空间。

本期中，我们将探讨挠性电路领域的创新。接下来让我们看看本期的具体内容。

TTM 公司是世界三大 PCB 制造商之一。近期其挠性产品和刚挠结合产品需求量迎来了一个小高峰。为此在做本期专题时，我们的编辑特地采访了 TTM 公司移动业务单元技术方案部副总裁 Clay Zha 和企业营销部副总裁 Winnie Ng，探讨了制造 FPC 与制造传统 PCB 有哪些不同之处，以及解读客户对刚挠结合



2017 年全球前十大 FPC 企业排名表 单位：亿美元

排名	企业英文名	企业中文名	国家/地区	2017年FPC产值
1	Nippon Mektron	旗胜	日本	32.0
2	Avary	鹏鼎	中国台湾	29.0
3	Sumitomo Denko	住友电工	日本	11.3
4	Fujikura	藤仓	日本	11.0
5	Young Poong	永丰	韩国	10.8
6	Dongshan	东山精密	中国内资	10.5
7	Flexium	台郡	中国台湾	8.6
8	BH Flex	比艾奇	韩国	6.0
9	SI Flex	世一	韩国	5.0
10	Murata	村田	日本	4.5

表 1：2017 年全球前十大 FPC 企业排名表 来源：杨宏强根据 Hayao Nakahara 的原始数据进行整理，发表于 CPCA

HDI 电路板的需求正在不断增长的情况。

而随着挠性印制电路板技术和工艺的不断完善，刚挠结合（Rigid-Flex）、高密度任意互连（HDI）挠性电路板等高端印制电路板技术也在高速进步发展。Bob Burns 带来专题文章，逐步介绍典型的刚挠结合板生产步骤，并探索这些工艺如何制成高可靠性的封装。

Tara Dunn 的专栏中特别提醒，虽然挠性材料非常稳定并且可以承受很多次挠折周期，但几乎所有人都遇到过挠性产品安装后出现铜开裂现象，导致其不能完成原始设计要求的情

况。强烈建议设计师要尽早和制造商沟通交流产品的挠性需求，因为他们可以为你的具体应用提供宝贵意见。

I-Connect007 的 Barry Matties 和 Nolan Johnson 采访了 ESI 的 Shane Noel 以及行业资深人士 Mike Jennings，共同探讨了 ESI 新上市的 CapStone 激光系统。阅读本文来帮助您正在从事的挠性电路生产能力大幅提升。

同时挠性 PCB 技术因为采用柔性基底，与近年来兴起的印制电子（Printed Electronics）技术具有一定的兼容性和互补性，如何将打印技术用于加成法制作印制电路是挠性 PCB 领域的一个新课题。这对挠性 PCB 的材料和工艺的兼容性以及印制电子的墨水、基底材料等提出了严峻的要求。Holst Centre 是一家位于荷兰的独立研发中心，致力于开发自主无线传感器技术和挠性电子技术。项目经理 Corné Rentrop 表示，印制电子产品可能是推动物联网发展的关键因素，因为它们可在卷对卷生产的

	刚性单双面板	刚性多层板	FPC	HDI	IC载板	其他	合计
产值	190.6	456.8	99.6	51.1	12.5	6.6	817.45
自身占比	23.3%	55.9%	12.2%	6.3%	1.5%	0.8%	100%
全球占比	33.8%	30.7%	15.8%	7.7%	3.0%	6.7%	21.1%

表 2：2016 年中国内资 PCB 企业细分产品产值及全球占比表（单位：亿元）
来源：杨宏强根据 CPCA 发布的第十六届（2016）中国电子电路行业排行榜整理分析，发表于 CPCA

的挠性材料上实现印制和分立元器件组装的完美组合。而未来电子产品的变化趋势将是平面到三维，可拉伸

电子技术、可热成型电子技术、模制电子技术和 3D 打印正朝我们走来。

FPC 的发展与材料、技术工艺的发展密切相关。为具体的应用选择适当的材料时，会有很多选项。了解这些选项及其优缺点是非常有意义的。Tramonto Circuits 公司的 John Talbot 以专栏文章形式讨论挠性电路制造中最容易被误解的材料之一——将电路层压合在一起时所采用的粘合剂系统用丙烯酸与环氧树脂粘合剂之比较。

Jahn Stopperan 分析了留在美国的 FPC 制造业的现状其原因，他表示定制化是其中最关键的因素。看看我们中国的读者是否认同其观点，对于我国的 FPC 制造业良性发展有无可借鉴之处。

特殊材料的研发将是影响下一代挠性电路发展的先决条件。由于基材的挠性，设计人员只能选用有限的几种材料创建电路。为了满足传统挠性电路技术的新要求，DKN Research 的 Dominique K. Numakura 详细介绍了业界已经开发出的特殊材料，以及其中生成的独特性能。

刚挠结合板的结构设计也一直是该领域的发展热点。一般来说，对同一功能的刚挠结合板有多种可能的设计方案，实际设计时需要从产品的可靠性、所占空间、重量、组装的难易程度等多方面综合考虑，并结合制造商的生产能力，综合考虑材料因素，进行设计优化，选取成本最低的方案。所以本期**组装专区**与**设计专区**里也是好文不少。

我们特别采访了 Cadwell 公司的工程支持专家 Jarrod Schulte，邀请他探讨了医疗设备中挠性电路的设计与组装详情，以及刚性电路和挠性电路的异同之处。他也强调要在设计阶段初期就与制造商尽早沟通。

Joe Fjelstad 是 Verdant Electronics 的创办者，是电子互连与封装技术领域的国际权威和创新者，他在美国拥有和正在申请的专利有 150 多项。他是《挠性电路技术》《现代电子芯片规模封装》等书的作者及编辑。在《挠性电路如何帮助电路保持纤薄》一文中，叙述 FPC 表面直接贴合安装分立元器件，再压合覆盖膜及开窗，相当于埋置元件 FPC，有助于减少组装件的总厚度。

在出版了相关技术手册后，近期我们也会收到好多读者询问，“为什么现在开始研究低温无铅焊接？当我们从锡铅过渡到无铅时，为什么不直接采用 LTS 呢？”《印制电路组装商指南》之低温无铅焊接一书可以给予答案，其作者是 Alpha 组装解决方案公司的 Traian Cucu 博士，他主编的关于该主题的 I-Connect007 电子书受到业界的一致好评。他近期接受了我们的专访，探讨了低温无铅焊接的应用和优势。

设计专区中，Little Electrolube 公司的 Alistair 介绍了如何确保灌封成功的重要方法。

而 Tara Dunn 则带你开启学习之旅，从设计第一个挠性电路开始。

对了，开年新展，有着高速行业“奥斯卡”之称的 DesignCon 又来了，这次是高速先生队长亲自出动，来到这个行业盛会的现场。看看身兼“技术”和“摄影师”双重身份的队长能给我们带来什么样的精彩报导。

当您阅读本期杂志时，一定刚从新年家人团聚的喜悦与美好祝福中汲取再次出发的能量，为热火朝天的中国电子电路行业开足马力！期待 2019 年，随着 5G 的启动能为行业注入新动能，拉动新增长！下一期杂志即将启动，我们将把目光投入供应链。**PCB**

这些行业领军企业 都有什么相似之处？



……部分名单，排名不分先后

他们都从PCB007中国线上杂志的广告中收益
我们是中国电子电路行业的优质广告合作伙伴

欢迎加入领袖企业的行列！



点击获取报价

I-Connect007
GOOD FOR THE INDUSTRY



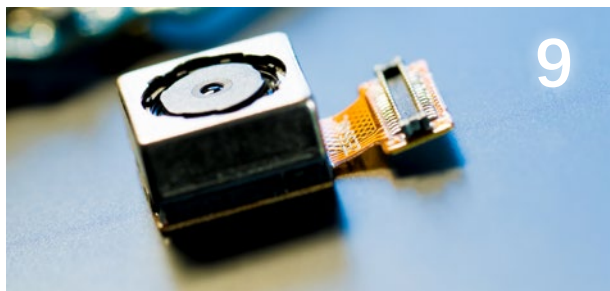
pcb007china.com


刚柔并济 挠性 电路大有可为

电子产品的轻薄化和多功能化的趋势必定要求上游的印制电路板技术不断向高密度化、高精度化、微小化、高速化发展。挠性印制电路板由于使用挠性基底，并具有可折叠的优点，相对于刚性印制电路板具有轻便、体积小的特点，近年来越来越多地被用在了电子产品中。

专题文章

- 9 TTM公司解读挠性和刚挠结合PCB所面临的挑战
by Barry Matties
- 17 刚挠结合板的生产
by Bob Burns
- 27 避免挠性板无法弯折
by Tara Dunn
- 33 提高挠性电路制造商的生产力
by I-Connect007 Editorial Team
- 39 未来电子产品的外形：弧形、可弯曲、可拉伸、三维立体
by Corné Rentrop
- 43 挠性电路用丙烯酸与环氧树脂粘合剂之比较
by John Talbot





我们的电镀化学配方可提高 您的生产力

我们的



与清洗阳极说再见!

其他的



每2-3个月就要清洗一次阳极。

你要能钻, 我就能镀!



Cerambus
Technology Group
cerambus.com

更多详情请联系:

黄萍 Justine Huang, CPA CGA

EMAIL: justine.huang@cerambus.com

赛伦巴斯科技(深圳)有限公司

Cerambus Technology (SZ) Ltd.

TEL: (0755) 8322 3430 FAX: (0755) 8322 2430



扫码订阅公众号推送

更多内容



专题文章

- 47 远远大于刚性PCB要求的挠性电路
by Jahn Stopperan
- 51 特殊材料：下一代挠性电路的先决条件
by Dominique K. Numakura

PCB组装专区

- 55 Cadwell公司的挠性电路解决方案
by Andy Shaughnessy
- 69 挠性电路如何帮助电路保持纤薄
by Joe Fjelstad
- 73 《印制电路组装商指南》作者
Traian Cucu博士谈低温无铅焊接
by Happy Holden

PCB 设计专区

- 77 确保灌封成功的重要方法
by Alistair Little
- 81 学习之旅——从设计第一个
挠性电路开始
by Tara Dunn
- 85 高速先生看DesignCon 2019
by 吴均

行业短篇新闻

- 15 EPTE 快报：溅射或化学镀？
- 26 Martyn Gaudion谈信号完整性建模和叠层工具
- 46 Alun Morgan出任Ventec技术推广大使
- 50 2019年IPC手工焊接&返工返修竞赛已启动报名
- 67 美国PCB客户对关税的看法？
- 72 多少次热循环就是过多？
谈PCB返修上限
- 84 Real Time with...IPC EXPO
实时在线报道

其他栏目

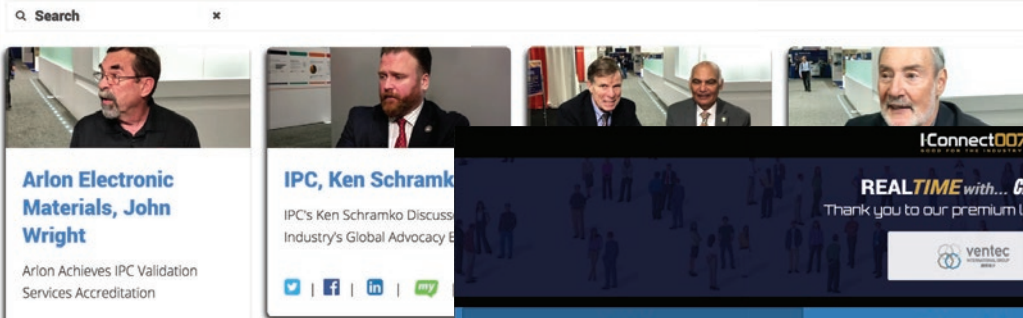
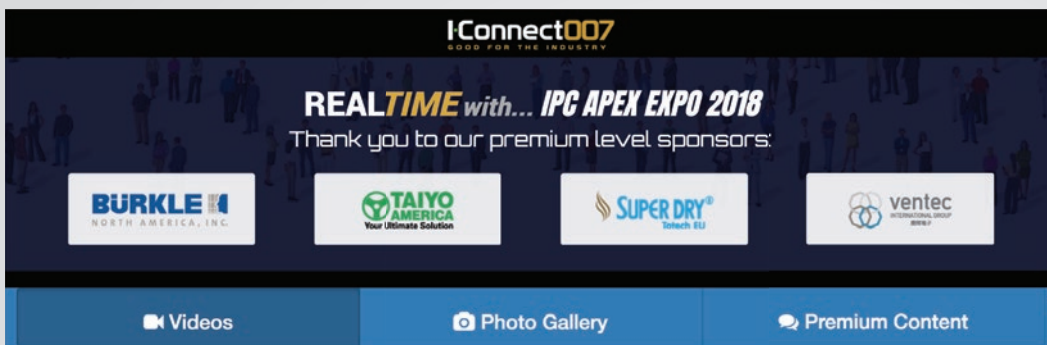
- 16 PCB007中文网站Top Ten
- 91 行业活动日历
- 92 广告索引、下期预告
工作人员名单

REALTIMEwith...

EXCLUSIVE EVENT COVERAGE 独家展会报道

全球唯一的行业盛会实时在线报道

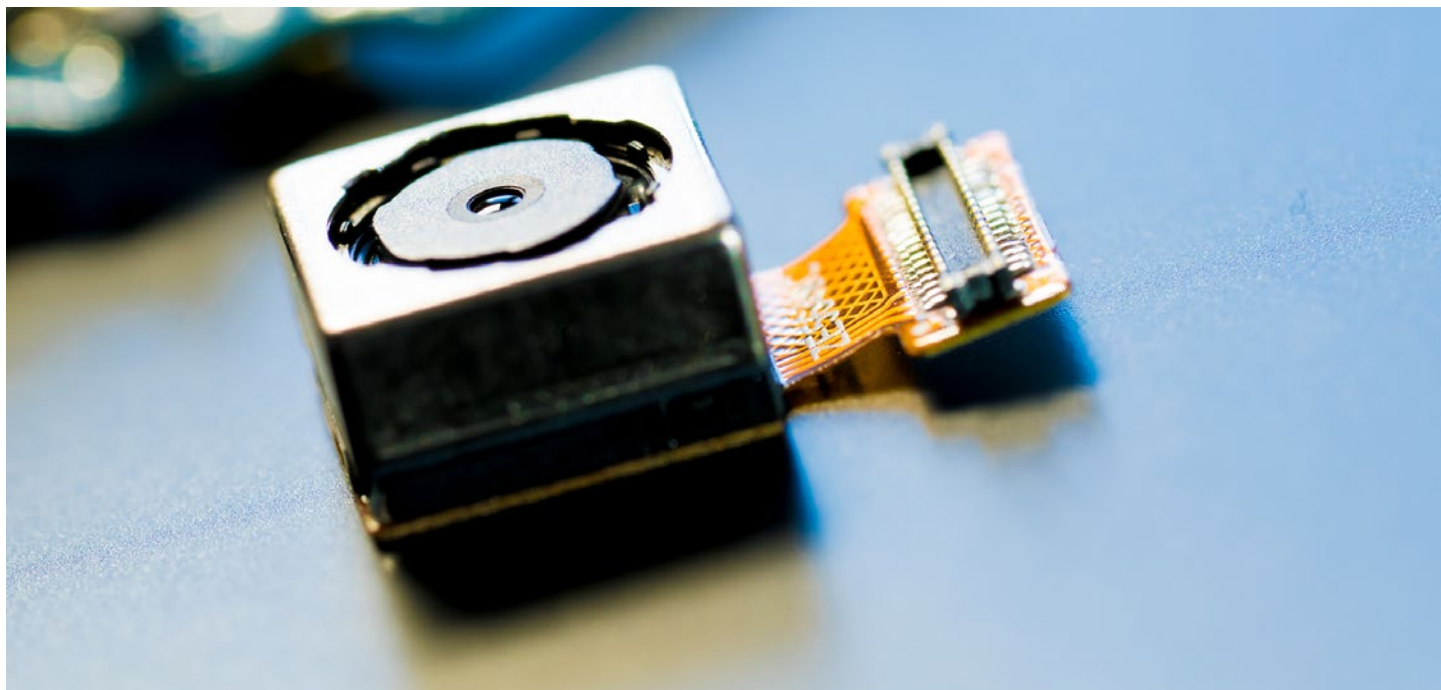
访问我们的网站，获取I-Connect007为您带来的
行业盛会报道视频与照片！



I-Connect007
GOOD FOR THE INDUSTRY

RealTimewith.com





TTM 公司解读挠性和刚挠结合 PCB 所面临的挑战

by Barry Matties

I-Connect007

最近，世界上规模最大的裸板制造商之一——TTM Technologies (TTM) 公司的挠性产品和刚挠结合产品需求量迎来了一个小高峰。在本次采访中，TTM 公司移动业务单元技术方案部副总裁 Clay Zha 和企业营销部副总裁 Winnie Ng 探讨了制造 FPC 与制造传统 PCB 有哪些不同之处，以及解读客户对刚挠结合 HDI 电路板的需求正在不断增长的情况。

Barry Matties: Clay, 能为我们简要介绍一下 TTM 公司吗?

Clay Zha: TTM 公司是世界三大 PCB 制造商

之一。如果只考虑裸板 PCB 制造领域，我们可能是世界第一。现在我们在全球有 29 家生产工厂。我们不仅可以供应刚性 PCB，还可以生产 FPC、挠性组件、刚挠结合产品以及 EMS 解决方案。在并购了 Anaren 公司之后，我们还可以生产射频 (RF) 模块和元器件。

Winnie Ng: 我们在 2018 年完成了对 Anaren 公司的并购整合。他们是一家生产 RF 和微波元器件的制造商。借此我们拓宽了产品范围，现在我们的定位不仅仅只是 PCB 生产商，我们还可以为未来生产 RF 和微波元器件及组件。

Matties: 我们来谈谈你们公司的挠性产品和

75 Years **SCHMOLLutions** 引领德国技术创新75年

XY MULTI-XY
Technology

高性能5或6轴钻机适用于普通板和背板。

High performance 5 or 6 stations machine for standard and back panels.

每个工作站独立X, Y和 Z 轴线性马达驱动。

Individual linear motors for each station in X, Y and Z-direction.

每个工作站配置独立CCD镜头以对板材做相关补偿。

CCD camera at each station for panel related compensation.

最新的 RGB 环形光源技术提升照明能力。

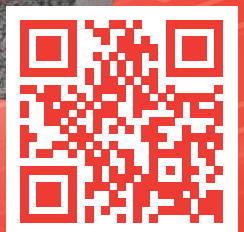
Latest RGB ring light technology for significantly increased illumination.

高性能钻孔主轴，适用于钻微孔和大孔。

High performance drilling spindles, for small and big hole drilling.

可选配高精度背钻功能。

Optional high-accuracy back drilling function.



刚挠结合产品的生产能力。既然你们把重点放在了移动业务上，挠性产品和刚挠结合产品在你们的生产业务中占有多大比例？

Zha: 大概占到了移动业务的 20%。

Matties: 挠性产品确实是发展比较迅速的领域之一。这一点在你们所有的业务上都有所显现吗？

Zha: 尤其是在 2017 年，我们看到市场需求急剧增加，因为很多客户都要求采用更薄、更密的器件实现更灵活、更可靠的连接。这就是背后的驱动因素，一方面是由于信号完整性考量，另一方面是因为组装要更紧凑。最后你就可以在一个空间非常有限的几何结构中进行 3D 装配，得到一个装满了许多元器件的小型装置，同时又可以保证信号传输的可靠性。

Matties: 你们处于一个非常有趣的位置，因为你们的客户就是那些要把挠性电路板集成到自己产品上的公司。

Zha: 对于 PCB 制造，我们主要处理他们的 PCB 接口。我们很少和他们系统层级的设计师打交道，但我们会探讨为何他们有这样的需求或他们在寻求什么样的目标，这样我们也可以对此有基本的了解。

Matties: 我们常听别人说，系统设计与制造商和组装厂在设计线路板之前就展开合作是

至关重要的，这样他们才能得到更好的产品。真的是这样吗？

Zha: 确实如此，我同意这个观点。如果 PCB 制造商能够在挠性组件和刚挠性设计的早期阶段就与客户展开合作，绝对会有助于降低产品成本、提高产品的质量和可靠性。



Clay Zha

挠性材料和刚性产品所使用的材料存在很大差异。在生产挠性产品或刚挠结合产品的过程中，也会涉及到很多手动加工流程。例如，你要怎样设计一个内部的腔？你要怎样移除腔的盖？你要使用哪种连接方式？所有这些考量因素都与 FPC 的成本、质量和生产挑战有关。尽早展开合作可以让双方进一步了解制造工艺和对最终成品的要求，在设计产品之前就考虑到电路板和最

终组装的可制造性。它不像刚性 PCB 那样简单直接，如果不提前沟通、不谨慎考虑，在设计中任何一个不必要的小特征都可能会给制造商带来巨大的挑战，甚至最终会影响到产品的良率和成本。这和我们在其他工厂生产的传统刚性 PCB 截然不同。

Matties: 业务的增长和发展主要来自哪里？是因为客户是第一次使用挠性产品吗？

Zha: 根据我们的经验来看，大多数客户实际上都不是第一次使用挠性产品，我们发现其中有越来越多的项目团队开始采用挠性技术和刚挠性技术。即使是在一个公司内，也会有一些人对挠性产品非常熟悉，但也会有一

些其他团队才刚开始使用这类产品，所以对整个工艺流程和材料属性等问题感到困惑。就我们目前的情况来看，大概有一半的客户对挠性和刚挠结合产品是十分了解的，剩下的一半则没有什么经验。

在那些了解挠性板、挠性组件和刚挠性工艺的人当中，他们对 FPC 的了解程度也远不及对刚性 PCB。通常情况下，我们在刚挠性 / 挠性领域的应用工程师会尽早参与到产品设计当中为他们提供咨询意见和相关培训。

Matties: 你们在培训客户时，发现他们哪方面的知识是最匮乏的？我知道你也谈到了生产工艺知识，但他们真正需要了解的是什么？

Zha: 首先是挠性产品和刚挠结合产品所使用的基材，大多数材料都是以聚酰亚胺为基础，这种材料和普通的 FR-4 材料有很大差异。材料的变化影响到了设计使用的堆叠结构、机械工艺和化学工艺、信号完整性、产品整体的可靠性，甚至是产品的存储条件和组装条件。但最难的一部分还是生产工艺。尤其是刚挠结合产品的生产工艺，大多数工艺流程都是根据不同的设计特点和需求而定制的。其中涉及到了很多工程知识和专有技术，通常情况下需要生产工艺专家参与进来才能在尽量不降低原始设计要求的前提下得出最佳方案。即使是像我们这样的 PCB 公司，也需要在生产考量因素方面接受培训，更不要说是客户了。好在我们的生产端和客户端都有一支强大的工程团队，他们

总是可以同步进行工作，在完成生产要求和满足客户需求上可以实现无缝对接。

Matties: 随着这一领域不断发展，材料问题不断增多，我认为这个领域应该有很多培训需求。在挠性产品供应方面，你们付出了很多努力，产品种类从单面 HDI 到刚挠结合 HDI 全面覆盖。你有没有发现使用 HDI 已经逐渐成为一种趋势？

Zha: 对于 HDI 而言，迅速发展的不仅仅是刚挠性板，还包括刚性板。一部分原因是这类产品受元器件驱动，因为大多数元器件现在都要通过微通孔布线。你不可能通过 PTH 孔布线，因为通孔和偏离焊盘的设计都太大了，不适用于这种间距。另一个原因是我们发现客户开始对信号完整

性有要求，尤其是用于 5G 技术的产品。有了 HDI，你可以使用微通孔结构在不同板层上通过高密度布线形成非常好的端接，这样就不会因残桩产生太多的损耗。你也不会希望信号通过中间层的电源面和接地面，那样会产生很多噪音干扰信号。所以客户对刚挠结合 HDI 和刚性 HDI 都有大量需求。

Matties: 你刚刚提到你们也提供挠性产品和刚挠结合产品的组装服务。我们听说一旦电路板没有经过正确配置或布局有误，挠性产品的组装就会变得非常有挑战。在组装工艺方面买家应该了解哪些信息？

Zha: 是的，所以我们都是在公司内部完成挠



Winnie Ng

性产品的组装工作，这也是挠性产品的常规要求之一。主要是因为材料本身的挠性导致很难操作处理。通常情况下，刚性产品组装厂不能或者是不愿意处理这种材料，因为这种材料不适合大批量、高速度的加工环境。所以只有专门从事挠性产品组装的组装厂才有能力处理这类材料。

Matties: 在挠性产品组装方面，你想给你们的客户提供哪些建议？

Zha: 我们所见到的是，挠性产品的组装是在工厂内部完成的，像是一种内部服务。一般挠性区域不会放置太多元器件；最可能的情况是这一区域只有一些连着主要元件的连接线，大部分功能性元器件还是位于刚性区域内。

Matties: Clay，你刚才提到 TTM 公司有 29 处工厂。你们有没有专门制造挠性产品的工厂？还是说这类工厂包含在其他生产工厂内？

Zha: 我们确实有一家生产挠性产品的独立工厂，但这家工厂与我们的一家刚性产品制造厂位于同一栋厂房内。我们的 TTM 广州 (FPC) 在 TTM 广州 (GME) 工厂内，GME 是我们公司规模最大的刚性 HDI 生产工厂，位于中国广州。

Matties: 你们公司提供大批量挠性产品生产服务，对吗？

Zha: 是的，但要看大批量的具体定义。在整

个挠性产品与挠性组装行业内，我们不属于规模很大的供应商之一，那些供应商不仅公司规模大，而且只专注于挠性产品和挠性组装服务。但如果你指的是刚挠结合产品与挠性组装，我们确实会大批量生产——数量高达 100 万件。

Matties: 我们刚才谈到了材料与合作这两个话题。对于如何降低成本、提高产量、缩短生产周期，你还有什么其他建议吗？

Zha: 首先，我建议在建产品叠层结构之前先咨询 PCB 制造商，与他们一同合作，对不同的设计特征做出取舍，因为从长期来看这种做法可以节省成本。

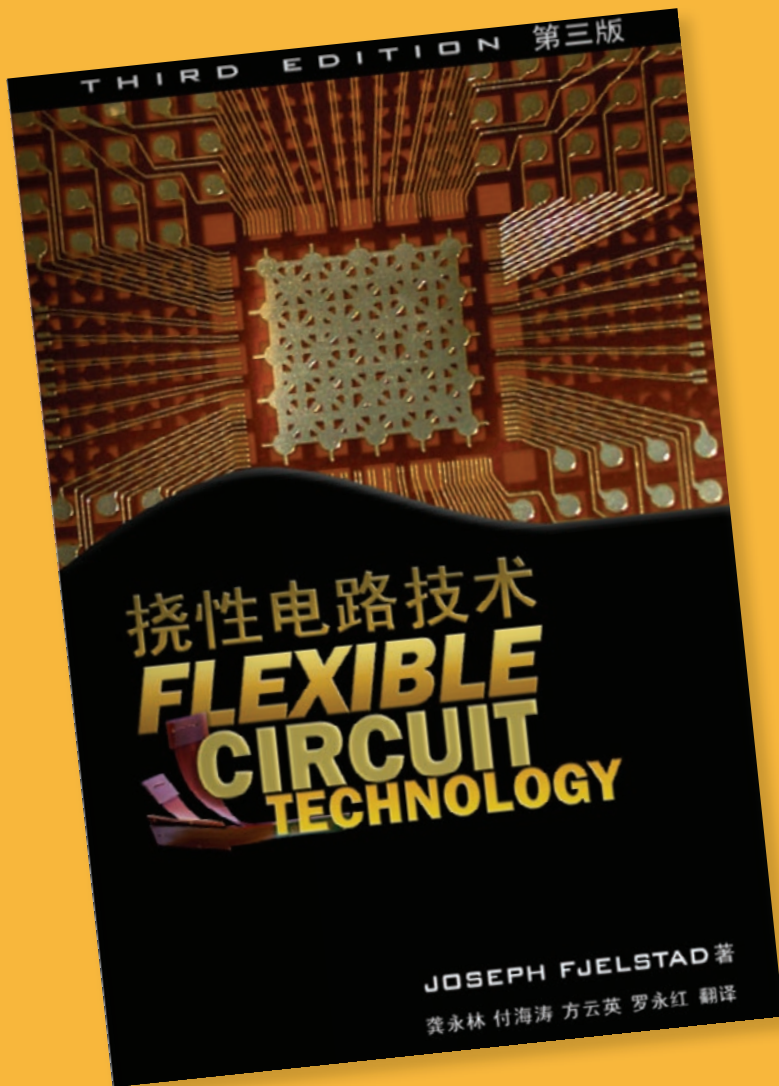
其次，为了节省“安装型挠性产品”的成本，可以使用不同于动态挠性产品的处理方法。如果安装型挠性产品的弯折半径相对较大且弯折次数较少，可以考虑使用半挠性技术，也就是可以使用 FR-4 材料而不只是使用聚酰亚胺材料。采用这项技术，仍然可以实现 3D 安装，当然产品的可弯折程度会打一些折扣。

我们能够采用以上所有这三种不同的技术（动态挠性产品、使用 PI 材料生产的安装型挠性产品、使用 FR-4 材料生产的半挠性产品），所以从成本或工艺的可制造性这两方面考虑，与传统刚挠性工艺生产的产品相比，半挠性产品的成本更低，且更容易制造。

Matties: 所以真正了解你的应用可以降低产品成本——但如果没有谨慎使用，也有可能

Zha: 没错。你用哪一层制造挠性电路或者是

挠性电路技术手册：免费下载



示例页面



目录

- 第一章 挠性电路技术综述
- 第二章 挠性电路驱动力、优点和应用
- 第三章 挠性电路材料
- 第四章 挠性电路技术的实施
- 第五章 挠性电路实际设计指南
- 第六章 挠性电路制造工艺
- 第七章 挠性电路装配
- 第八章 挠性电路检查与试验
- 第九章 挠性电路文件要求
- 第十章 挠性电路规范

点击下载

你的空腔开了多大，这些都会影响到成本。在生产刚挠结合产品的过程中要考虑很多工程方面的因素。即使是细微的差别都可能引起严重问题，问题出现后他们不得不使用更加复杂的工艺流程来降低风险，这样就会导致成本增加。所以尽早展开合作是刚挠结合产品设计的关键所在。

Matties: 关于挠性产品和刚挠结合产品，你还有什么想要补充的吗？

Zha: 挠性材料自身的尺寸稳定性无法与刚性材料相比，所以设计师不应该希望刚挠性电路和挠性电路可以具备与刚性电路一样的设计特征。这是我们见到设计师最常犯的错误之一。人们只是将 PCB 中的一部分变成了挠性材料，所以不理解为什么突然就要面临设

计准则改变的问题，这是因为聚酰亚胺材料的尺寸稳定性比 FR-4 材料差。我认为我们需要提醒设计师这一点。我想要传达的主要信息是刚挠结合产品在设计与制作过程中需要双方尽早展开合作，而且要商讨出折衷的办法或优化方案，从而提升产品质量并降低产品成本。

Matties: Clay，我们非常佩服你拥有丰富的专业知识，也感谢你这些年来为这个行业付出的辛苦努力。谢谢你抽出时间接受我们的采访。

Zha: 也谢谢你，Barry。

Ng: 谢谢。PCB

EPTE 快报：溅射或化学镀？

20 多年前，材料制造商相互竞争，开发出了用于下一代挠性电路的无粘合剂覆铜层压板。大约有十几家公司在新技术方面处于领先地位。这些技术分为两类：铸造和层压工艺，以及聚酰亚胺薄膜的金属化。

铸造和层压工艺使用涂在铜箔上的聚酰亚胺树脂，经烘烤形成可靠的基层。接着，在聚酰亚胺层的另一侧层压第二张铜箔。该工艺在基膜与铜之间提供了可靠的粘合强度，但制造工艺复杂，成本相对较高。

聚酰亚胺膜的金属化需要在电镀之前产生种子层。产生薄种子层的两种选择是在真空中溅射或在湿槽中化学镀。溅射可产生



Dominique Numakura

可靠的粘合强度，但该过程缓慢且昂贵。化学镀是一种简单的工艺，提供了低成本的解决方案，但粘合强度不稳定是一个问题。

没有完美的制造工艺；每种工艺都有优点和缺点。当时，我是铸造无粘合剂层压板制造商的项目负责人。制造设施不足，没有足够的能力满足客户的要求。我需要改变我们的业务战略。首先，我重组了研发工程人员，专注于为需要高端应用的小批量客户提供工程服务。同时，我要求我们的工艺工程师提高质量和良率。该战略取得了成功。我们获得了批量应用的战略客户，并提高了利润率。我们的产品成为了行业标准。阅读全文，请[点击这里](#)。

1、[高端 PCB 加工技术与系列工具获 2019 年度国家科学技术进步奖提名](#)

1月2日，广东省科学技术厅公示2019年度国家科学技术奖提名项目（人选）。高端印制电路板高效高可靠性微细加工技术与系列工具荣耀登榜，获科学技术进步二等奖提名。本项目制订国家标准7项、军用标准1项、行业标准7项；获发明专利52件，软著1件，发表论文91篇。

2、[江苏开始换发排污许可证，电路板位列其中](#)

近日，江苏省生态环境厅发布了《关于开展2019年排污许可证申领工作的通告》，规定2019年15个行业大类22个细分行业的排污单位需要申领排污许可证。PCB位列其中。

3、[国际电工委员会（IEC）第82届大会在韩国釜山召开](#)

2018年10月22日至26日，国际电工委员会（IEC）第82届大会、IEC电子装联标准化技术委员会（IEC/TC91）的工作组会议在韩国釜山召开。由中国电子技术标准化研究院、中国电子电路行业协会、生益科技股份有限公司、中国电子科技集团第三十六研究所等四位专家组成了中国代表团出席了本届会议。

4、[工信部新规提高 PCB 行业门槛，几位大佬有话要说](#)

近日，工信部出台了《印制电路板行业规范条件》（以下简称《规范条件》）和《印制电路板行业规范公告管理暂行办法》（以下简称《暂行办法》），两文件将于今年2月1日起开始施行。

5、[Real Time with...IPC EXPO 实时在线报道](#)

IPC APEX EXPO 2019 于1月29日在美国圣地亚哥盛大开幕，I-Connect007 对行业盛会 IPC EXPO 进行实时在线报道，展会云集有来自世界各地的近500余家为印刷电路板设计和制造以及电子组装、制造和测试提供器材、材料、服务和软件的公司。

6、[IPC 报告显示 2018 年 12 月份北美 PCB 销量增长 8.7%](#)

IPC 近日发布《2018年12月份北美地区 PCB 行业调研统计报告》。报告显示12月份销售量大幅反弹回升，为全年保持强劲增长功不可没。12月份订单出货比高位于荣枯线之上，达到1.05。订单出货比已连续两年在荣枯线之上，预示着 PCB 销售量在2019年上半年将有良好的表现。

7、[IPC 互连工厂计划委员会投票通过 CFX 标准](#)

IPC 宣布经 2-17 互连工厂计划委员会投票表决，全体一致通过 IPC-2591《互连工厂（CFX）》标准。至此，电子行业可以用此标准快速、便捷地在制造运营中实施工业 4.0。IPC 计划在接下来几周发布此标准，包括开源软件。

8、[2019 国际消费电子展彰显人工智能和 5G 将改变未来](#)

[2019 国际消费电子展（CES® 2019）](#)圆满落幕，为期四天的展会向世界彰显了科技将为世界创造美好的未来。在超过290万平方英尺的展馆内，大约4,500家参展商向超过180,000名与会者展示了最新的科技创新成果。无论是全球名企或是初创公司，参展商们都为世界奉献了一场精彩绝伦的科技盛宴。

9、[如何在美国成功销售 PCB 电路板](#)

虽然已经加征了关税，但美国客户仍然愿意购买中国的 PCB 电路板，下面是一些在美国销售 PCB 电路板的方法，且已经验证是成功的。建立美国销售团队之 7 个经验证的步骤。

10、[南亚新材首次披露招股书，拟募资 6.9 亿](#)

1月25日，南亚新材料科技股份有限公司（下称“南亚新材”）披露首次公开发行股票招股说明书。其本次由光大证券承保，拟在A股上交所公开发行不超过5860万股，募资6.9亿元用于发展年产1500万平米高频高速高性能覆铜板项目。

刚挠结合板的生产

by Bob Burns

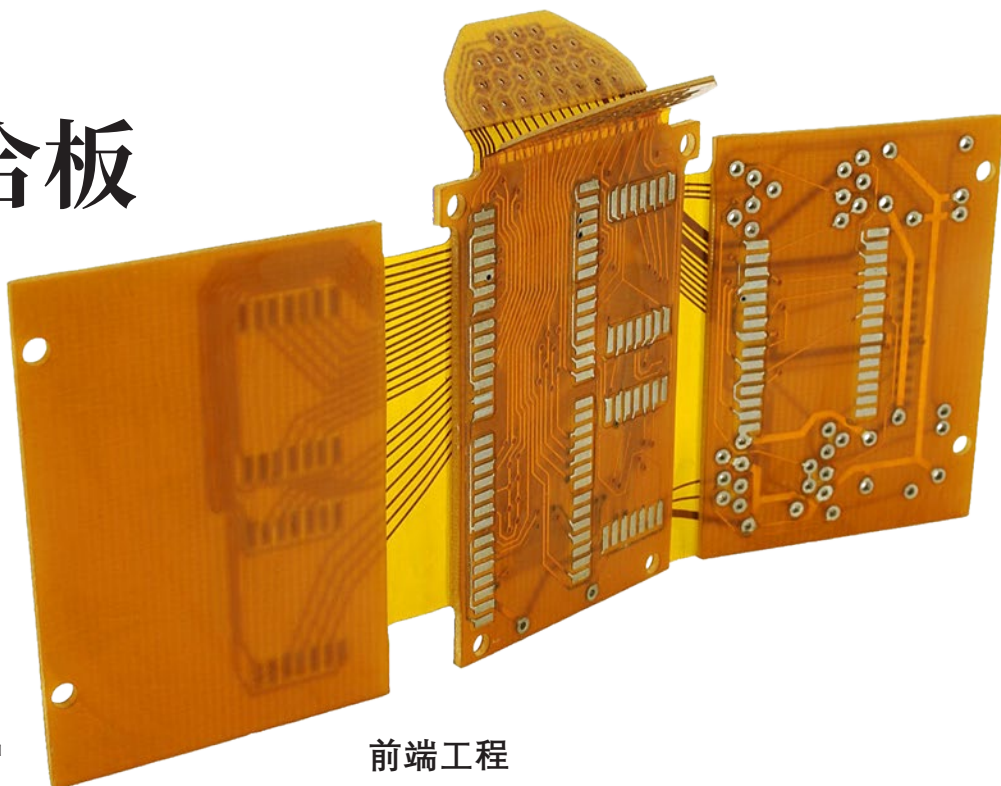
Printed Circuits LLC

本文将探讨刚挠结合板生产与传统刚性板和挠性电路板生产的异同之处。在之前的专栏文章中我曾经分享过刚挠结合板其成本要高于传统电路板的原因，也讨论过刚挠结合板如何为具体应用提供更优的封装方案，以及设计师在设计刚挠结合板时应该考虑的基本因素。

刚挠结合板制造商使用的设备和工艺与刚性板和挠性电路板相同，不同之处是一般需要对这些设备和工艺进行调整，以满足这类复合结构的特殊属性要求。通常情况下，工艺与技术是提高生产良率方面要更加保守。

薄的挠性层压板覆有软的压延铜箔、覆盖层、带有粘结树脂的粘结片、玻纤布增强层压板，以及不流动的半固化片，需要更长、更保守的生产周期。所使用的材料具有不同的尺寸稳定属性，而且随湿度、温度和加工方式的变化其移动方式也不同。需要十分小心谨慎才能让这些材料按照一致的方向移动，以致得到一个稳定的终端产品。

我们将逐步介绍典型的刚挠结合板生产步骤，探索这些工艺如何制成高可靠性的封装。



前端工程

设计完成后，就该投入生产阶段了。很多工程工作要在前端展开，这样才能满足客户所有的要求。因为刚挠结合板要在三维立体环境中折叠使用，所以电路板要满足更多的尺寸要求和其他要求才能称得上是成功的设计。一般的刚挠产品设计师会在前端工程和质量保证上花2天到7天的时间来解决客户设计要求的细节。

在生产刚挠结合板时，最关键的步骤之一就是要在设计阶段刚开始时就让供应商参与进来，这一点再怎么强调都不为过。这一步可以确保最终能达到客户所希望的性能。成功的刚挠产品设计通常是设计师和制造商通力合作的成果，有时还会涉及到组装公司。

前端工程工作完成后，就要送到工厂车间开始加工生产。一个简单的刚挠设计有五个或五个以上的流程单，有时候甚至多达30个。每个流程单都针对一个子部件，完成子部件的生产后，将其放入最终的组装电路板。

一个简单的刚挠结合板通常有5个流程单：

灵活可靠的供应链解决方案
高品质覆铜箔基板
半固化片复合材料



ventec
INTERNATIONAL GROUP
騰輝電子



腾辉国际集团是一家全球领先的高品质覆铜箔基板和半固化片制造销售商。拥有完整的独立研发能力。遍布全球的分销网络使我们可以满足世界任何角落的需求。

**无论您需求如何，
腾辉总能提供！**

腾辉电子（苏州）有限公司
江苏省苏州市新区泰山路308号
邮编：215129
电话：+86 512 68091810
电邮：sales@ventec.com.cn
www.ventecclaminates.com

1. 覆盖层和 / 或粘结片材料
2. 挠性覆铜箔层压板层
3. 经玻璃增强处理的刚性板层
4. 经玻璃增强处理的不流动或低流动半固化片材料
5. 成品组件的流程单

通过图 1 可了解整个生产过程，以及每个工艺的顺序步骤。

覆盖层和 / 或粘结片

覆盖层用于保护电路板挠性区域的电路。它的功能相当于阻焊层，但却可以承受数十万次的挠曲周期而不会出现失效和退化。覆盖层由聚酰亚胺薄介质(厚度一般为 0.001" 或 0.002")、聚酯纤维或其他带有薄粘结层的膜组成。黏合剂的厚度通常为 0.001" 或

0.002"，也有可能更厚，取决于所封装铜电路的厚度。黏合剂通常为丙烯酸、环氧树脂、聚酰亚胺或混合树脂。粘结片与覆盖膜相似，但两面都有黏合剂，用于将电路板挠性层和挠性区域黏合在一起。

理想情况下，覆盖膜和粘结片仅应延伸至刚挠结合板刚性区域的 0.050"~0.100" 处，采用一种叫做反向切割覆盖膜 (Cut-back Coverlayer) 的方式。这样做的原因是覆盖层和粘结片上使用的黏合剂与刚挠结构中使用其他材料相比具有较高的 Z 轴热膨胀系数 (CTE)。这种较高的 Z 轴 CTE 会在组装和其他温度剧增过程中给导通孔施加过大的应力。一般情况下，黏合剂、玻璃增强层压板和半固化片是不能钻孔、去钻污、凹蚀或电镀的。当然也有例外情况，但刚挠结合板

刚挠结合板工艺流程简图

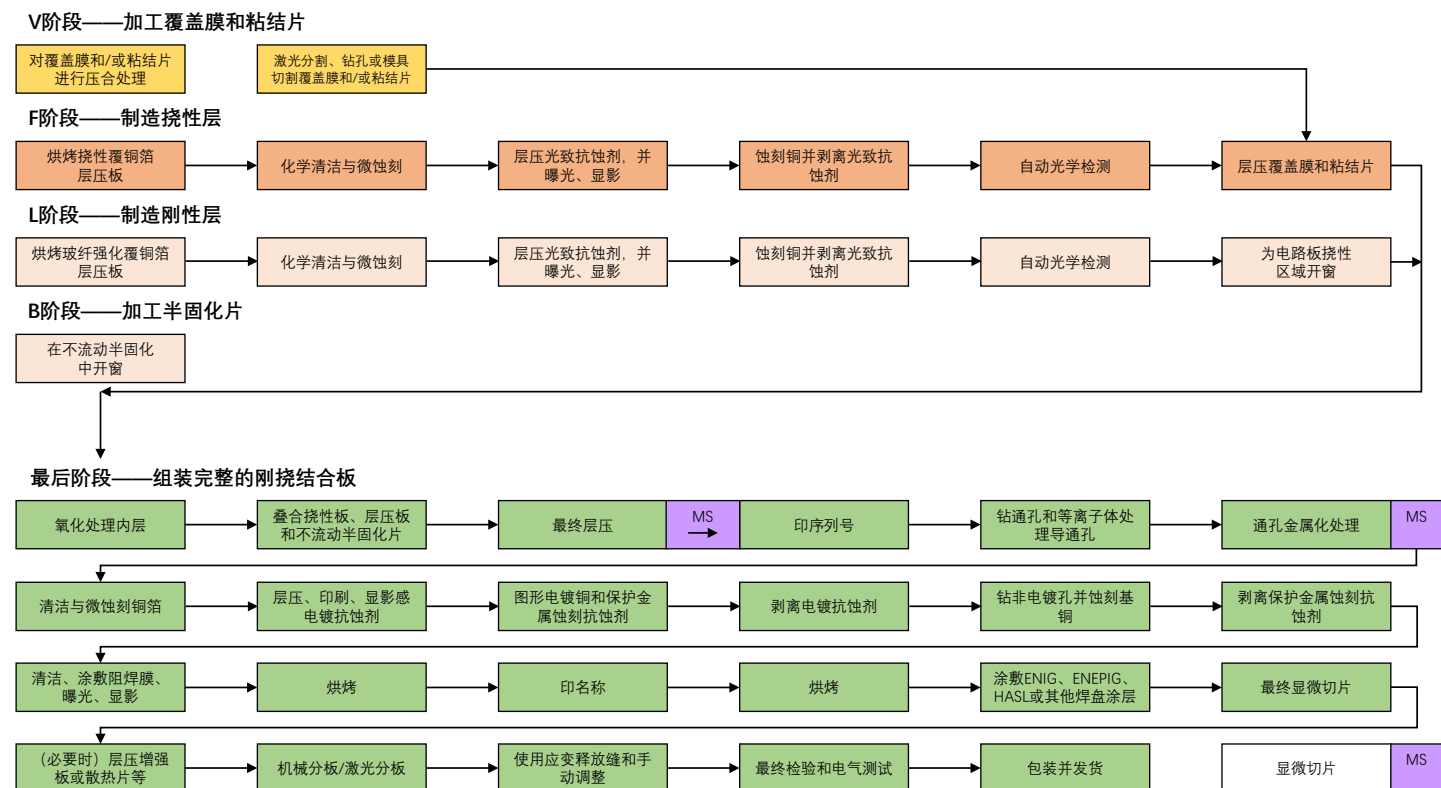


图 1：刚挠结合板工艺流程简图

制造商会尽量使用反向切割覆盖膜的方式，尤其是在可靠性要求高、“不允许失效”的应用（IPC2223C，5.2.2.2）中。

覆盖膜和粘结片要切割成一定尺寸，这样才能保证它们只会出现在电路板的挠性区域内。通常使用钢尺模具、激光或 CNC 钻孔和 / 或铣削机进行切割，根据工件的尺寸和 / 或所要求的尺寸精度来决定切割工具。一旦完成覆盖层和粘结片的加工，就会装配好并保存到挠性层生产完成后再使用。

不流动或低流动性半固化片

不流动或低流动性半固化片用于黏合最后的封装，与覆盖层和 / 或粘结片的生产同步进行。这种材料与标准半固化片基本相同，只存在几处差异。不流动和低流动性半固化片的流动非常弱，所以树脂不会流到设计的挠性区域上。标准的流动性半固化片不可用于刚挠设计当中。刚挠结合板生产所使用的半固化片比较薄，通常只限于采用两种玻纤布型号，即 1080 和 106。它们对操作损伤非常敏感，因为一旦出现凹痕或折痕，就会使电路板的一部分失去足够的树脂，无法封装电路。

完成不流动半固化片的压片和组装工作，我们就可以将压片生产成与电路板设计相匹配的形态。不论刚挠性设计中的挠性区域位于哪个部分，我们都会在不流动半固化片的相应位置切割出一个开口。体积非常小或带有很多挠性支路的设计上会切割出很多孔，看起来就像花边桌垫，很难进行对准。然后将不流动半固化片放置好，直到完成挠性层的生产。

挠性层压板层

电路板中挠性层的电路由挠性覆铜层制成，其生产方法与标准玻纤布增强覆铜层压板的生产方法相似。只有两处不同：挠性层的厚度通常相当薄（0.001" 至 0.003"）而且包覆了压延铜箔；其表面不可以使用传统设备进行清洗。

压延铜箔非常软，在处理过程中容易出现凹痕，所以在手工处理过程中或设备自动处理过程中一定要额外小心。凹痕可能会影响到电路成像的还原度，或者让一个对准目标移动到了校准位置以外，从而导致其余封装上的挠性层对准都不准确。一定要在整个封装上都使用对准目标，才能让不同的材料相互对准。任何移位的目标都可能会毁掉封装的其余部分。

挠性层压板太薄，不能在涂敷光致抗蚀剂之前使用传统的刷洗设备进行清洁，所以挠性和刚挠性产品制造商通常采用化学清洁工艺生产线来处理铜表面。一旦完成挠性层的生产，材料会通过 AOI 定位进行层压，这一步类似于刚性板层，最后再应用覆盖层和 / 或粘结片进行层压。

组装覆盖层和 / 或粘结片

一片片的覆盖层和粘结片将放置在电路板的挠性区域上，并固定位置。这个放置过程是手工完成的，整个步骤非常繁琐；根据不同的设计，完成这一步可能要花上几小时、几天甚至更长的时间。覆盖层和 / 或粘结片的叠合过程通常在洁净室中完成，以减少外来物进入覆盖层下，否则会导致产品报废（图 2）。



图 2：用于加工覆盖层和粘结片的无尘室

层压覆盖层和粘结片

生产完挠性层，覆盖层和粘结片后，将挠性板放置在带有分离膜和钢衬垫的叠层中。然后在一定温度、一定压力及真空环境下对材料进行压合，让覆盖层和粘结片附着在挠性层上。这样就使高可靠性封装设计具备了反向切割覆盖层特点（IPC 2223，5.2.2.2）。

这种材料的层压周期通常要比刚性板和 / 或挠性电路的层压周期更加保守，升温速度要尽可能地减少空间移动。层压环节负责叠合流程的操作员通常使用能够轻易贴合的材料，有助于让覆盖层和粘合片在电路中紧密贴合并完成封装。

玻纤布增强层压板层加工

刚性板层与挠性层平行，使用的工艺与

刚性电路板基本一致。关键区别在于，我们还会采用化学清洗的方式来确保前后工艺的一致性。采用化学清洗生产线来加工挠性层和用磨刷清洁玻纤布增强板层会导致出现更多不同板层无法对准的问题。另一个关键区别在于电路成像与蚀刻之后，板层上的窗口会被切去，与电路板上的挠性区域相对应。与不流动半固化片类似，体积较小或带有很多挠性支路的设计会出现大量的材料移除现象，因为损失了大量支撑材料所以很难对准。

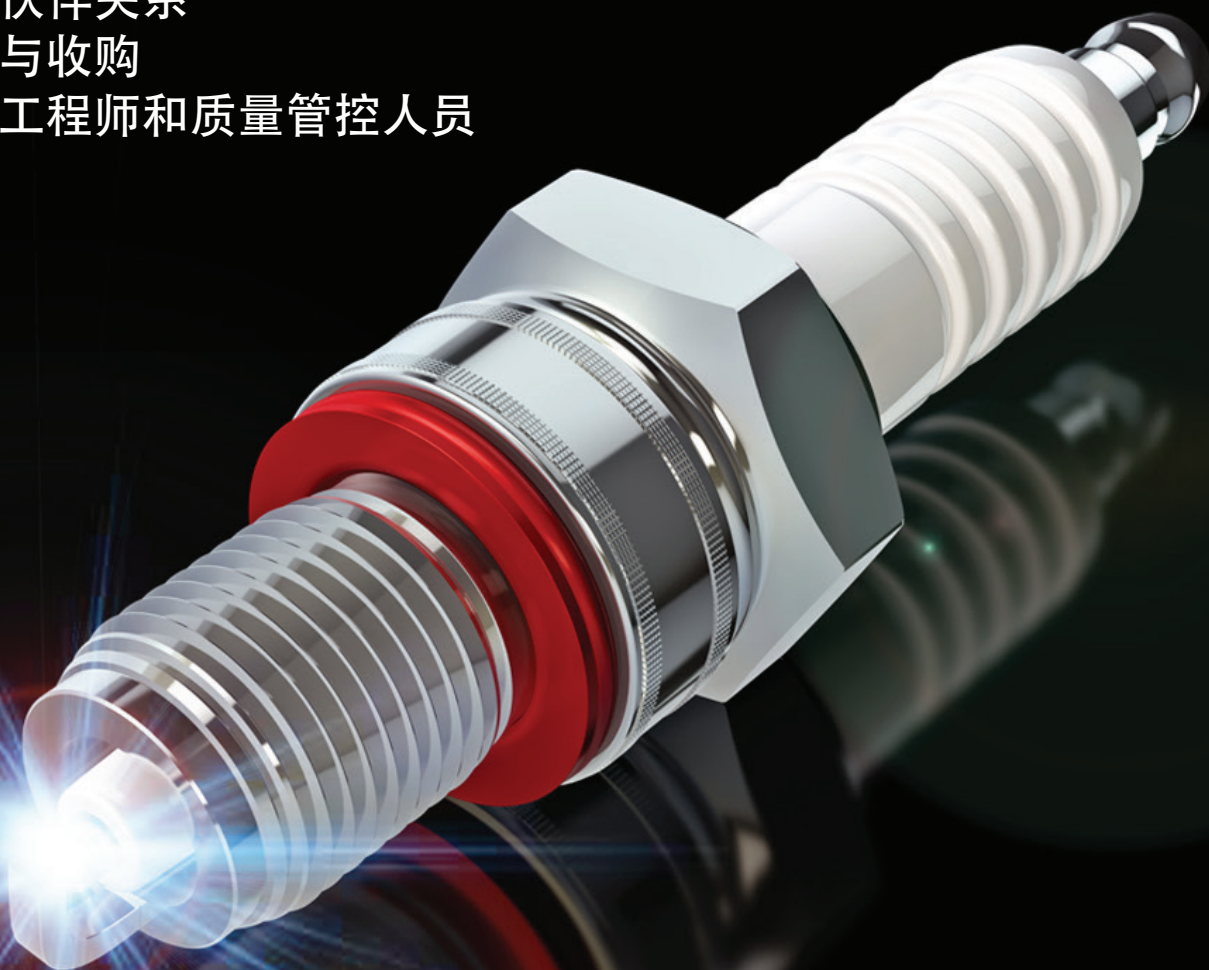
最终层压

所有组成部分——挠性层、玻纤布增强层以及半固化片——都已经配备好，准备进行最终层压。这一步使用简单的刚挠性工艺顺序，但其他更复杂的设计会在以后的专栏

准备好把产品销往海外了么？ 准备好提升您在北美市场的业绩了么？

D.B. Management为您提供所需的一切服务：

- 营销
- 销售人员/直接广告代理
- 客户增长
- 美国伙伴关系
- 兼并与收购
- 寻找工程师和质量管控人员



20年来致力于帮助海外公司在美国拓展销售



点击了解如何拓展您的业务

☎ 207-649-0879 ✉ danbbeaulieu@aol.com

文章中介绍。

这些板层再次叠层，按照板层堆叠的顺序铺好，使用不流动半固化片。在这个阶段，我们层压的电路板厚度是 0.040"、0.062"、0.093" 等等，层数是 8 层、10 层或 20 层。为了让树脂具有一定的流动性从而将电路封装在整个层压册中，敷形材料在此处发挥着更加必不可少的作用。一般情况下，每个开口处会使用额外的敷形材料，所以每个压合开口只能层压一块在制板。刚性板制造商通常每个开口可以层压 8 块到 12 块在制板；所以压合负载容量大幅降低。层压工艺周期同样也是非常保守的，为的是让不流动半固化片能够充分流动以封装电路，但同时又不会流到电路板的挠性区域上。

关于层压工艺和不流动半固化片，你需要了解三点。首先，半固化片本身是不流动的，所以在封装较厚的铜电路和在制板时非常有挑战。0.5 盎司、1 盎司和 2 盎司的铜层不会有什么问题；但可能需要更多半固化片才能将 2 盎司的铜电路完全封装。3 盎司及以上的铜层厚度是很难进行完全封装的，而且会在电气测试过程中出现低电阻短路（因为里面带有潮湿的空气）。

第二，如果设计中出现了低压区域与高压区域相邻的情况，低压区域就很难得到足够的压力完成受压变形。例如，一个设计中的电路板有 8 个铜层（其中很多都是接地层），然后紧挨着含有全部 4 个信号层的区域。电路板上 4 层信号层的区域是很难得到足够压力的。另一个例子则是多层数电路板上非功能性焊盘的堆叠。这些焊盘形成了一个压力非常强的区域，然后紧挨着低压区域，就会形成气泡。

第三，因为我们使用的层压材料可以贴合电路板表面，所以刚挠结合板的表面复杂程度会要远比一般刚性板复杂。层压过后的刚性板通常具有非常光滑的表面，因为电路板外层正好对着层压隔板。一般情况下，刚挠结合板的表面偏差在 $\pm 0.005"$ 范围内，这会影响到后续的加工，尤其对于焊盘中通孔的应用，需要填充通孔时。

外层钻孔

层压完成之后，电路板要送去钻孔，将形成镀通孔。钻孔操作与传统 PCB 的钻孔操作相同，只是采用了更加保守的参数。

刚挠结构的内层有传统 HTE 铜箔、玻纤布增强层压板、聚酰亚胺基材制成的挠性层压板，挠性板上有压延铜箔。每种材料都有其最佳的进料速度、钻孔速度、钻孔次数和最适合于机器的叠层高度，而且它们之间也是存在差异的。

压延铜箔非常软。如果我们挑战了任何参数的上限，钻孔过程就可能演变成撕裂铜箔的过程，导致钉头（一种钻孔缺陷）出现。同样地，沿着挠性 - 刚性接口处的撕扯或凿孔会导致一种“褶皱”电镀状况出现，也就是电镀得比较脆弱的局部区域，这一区域会在温度剧增过程中或遇到其他压力刺激时出现故障。

微导通孔的激光钻孔

之前我们提到了电路板表面形貌的偏差范围会达到 $\pm 0.005"$ 。如果你想穿过电路板外层，用激光钻孔的方式成功接触到盲孔焊盘，也会出现类似的偏差。沿着激光光束纵向垂直于在制板的位置上，在制板各个位置

的激光钻孔都会存在差异。激光类似于摄像头，它们都具备一个理想的焦距。如果光束靠得太近，通孔会接收太多能量导致孔径迅速扩大。如果焦距太远，导通孔不完整或者导通孔焊盘表面会残留一些树脂，则会导致开路。所以需要小心操作，找到恰当的激光配置，用适当的激光能量精确钻出所有导通孔。

对焊盘内导通孔制作填充导通孔

设计师常常使用在刚性板上制造填充通孔的方法来制作通孔，这种方案可以提升设计密度，尤其对于 BGA 这样具有高密度区域的结构而言非常有帮助。

刚挠性结构的表面形貌非常典型，再加上挠性区域形成的空腔，所以人们很难制作填充通孔，而且良率也比较低。我们会生产这种产品，但我们也会尽力让电路板的焊盘内导通孔不需要填充通孔。为了解释其中的原因，我们会介绍刚挠性电路板上如何完成导通孔填充和平面化处理。

在将铜电镀到填充通孔里后，填充材料是基于环氧树脂的材料，在压力作用下使填充材料进入孔中。填充材料在压力驱动下进入在制板的低层区域，包括挠性空腔。之后材料会变硬并且需要移除。刚性板的表面非常光滑，通常使用去焊接毛刺设备或砂轮磨光机将多

余的填充材料从表面磨去。

在生产刚挠结合板时，如果我们在磨除材料过程中用力过猛，外层上突起的铜层也会被磨穿。如果这层铜被磨掉了，那么整个板就报废了。为了完成这个精细的工艺流程，大部分的生产、检验和返工工作都是手动完成。需要填充通孔的电路板和同等的刚挠性电路板相比，良率要低 30%，而且需要额外花很多时间才能达到相同的良率。

刚挠结合板制造商需要考虑的另一个因素是：对于可靠性要求较高的应用，对填充通孔电路板有电镀铜包覆要求（IPC 6013,3.6.2.12.1）。包覆要求明确指出在填充材料被平面化处理之后材料表面

要留有多少铜。为了满足这一要求，制造商常常要在填充通孔的焊盘上电镀额外的铜。这一部分铜电镀可以提升导通孔的可靠性。同时，BGA 分板时，外层布线/间距的密度较高，所以这种材料的成像和电镀过程就变得更加困难了。

外层成像和电镀铜

我之前提到过刚挠结合板外层铜表面通常会出现一些需要处理的形貌。同样，板上有些区域是刚性的，有些区域是挠性的。电路板上单独的刚挠电的刚性区域一般要比挠性区域厚很

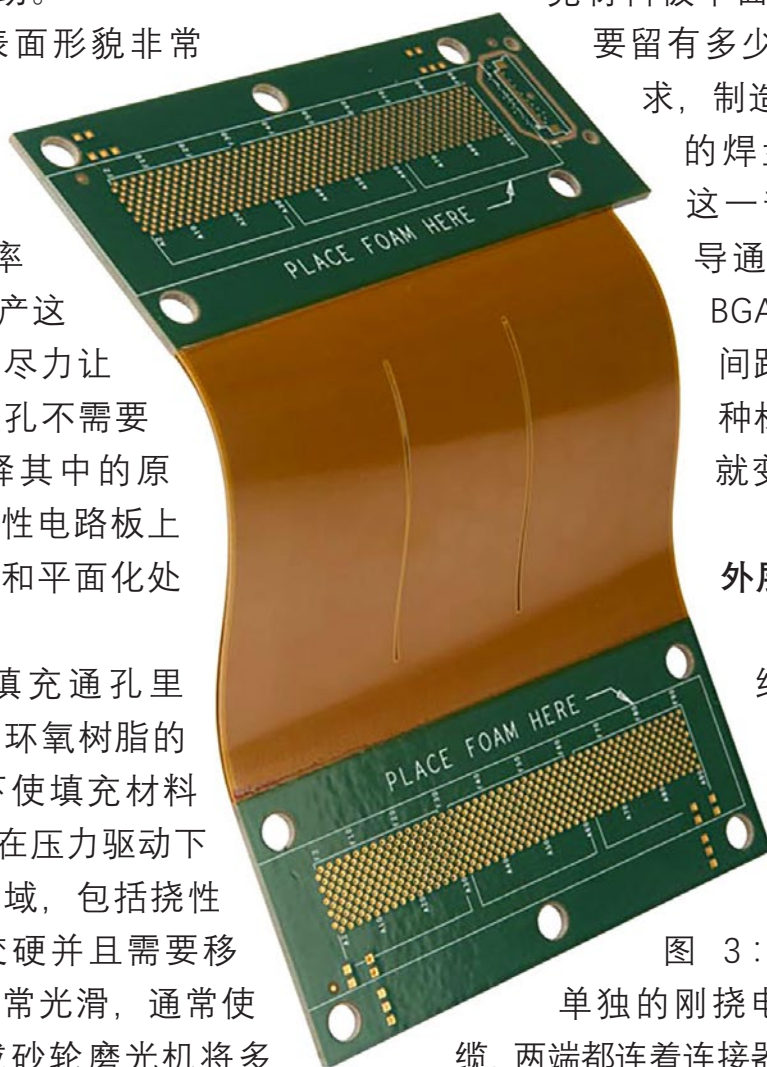


图 3：单独的刚挠电的刚性区域一般要比挠性区域厚很

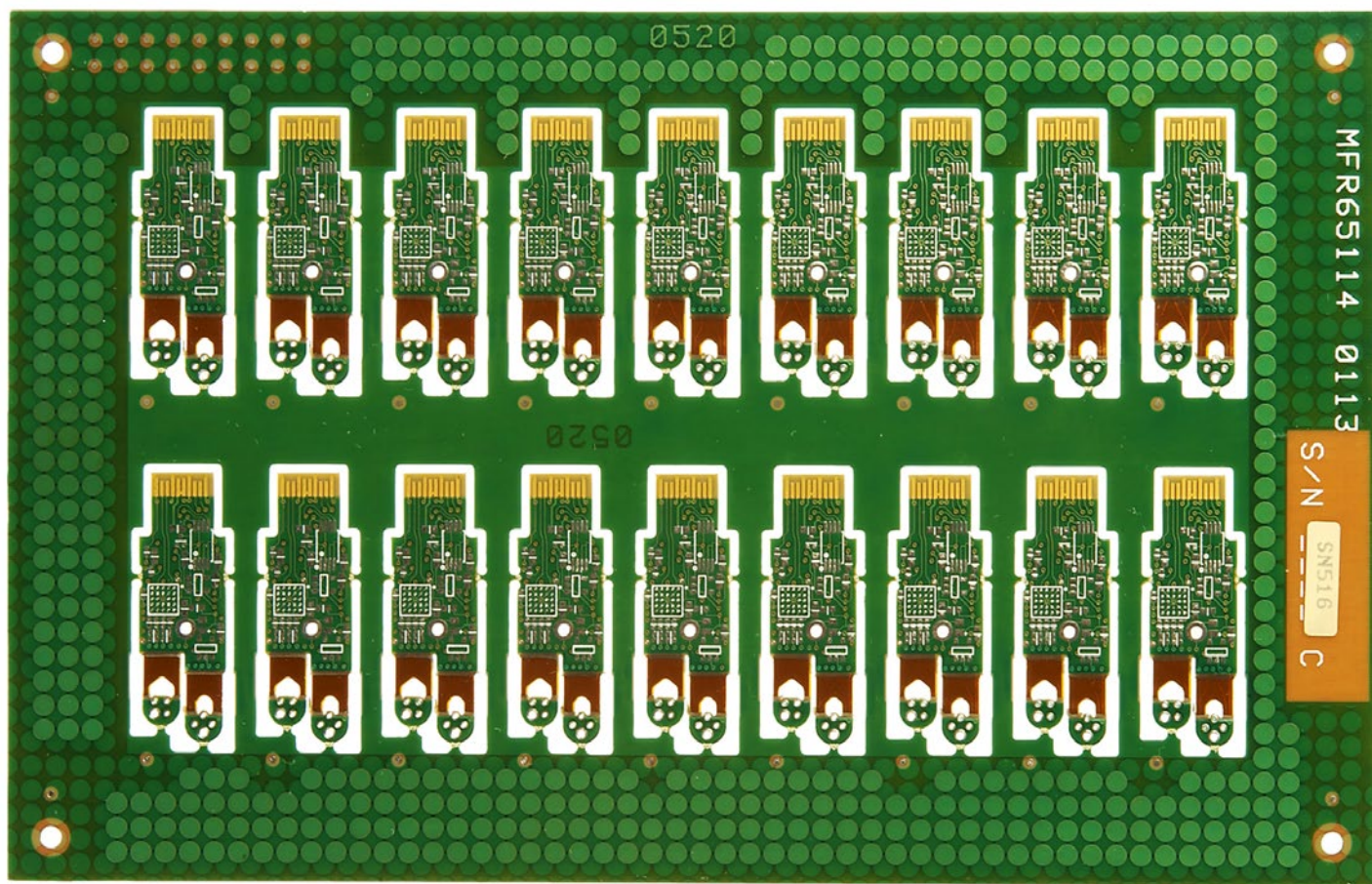


图 4：便于组装的阵列形式的刚挠结合板

多，所以会在表面形成凹陷或空腔。

这两种情况下，几乎全世界的刚挠结合板制造商都会使用真空层压的方式涂上光致抗蚀剂，并用直接成像的方式在外层成像。真空层压可以让光致抗蚀剂紧密贴合电路板表面，这一步对于成像良率和后续的电镀操作至关重要。直接成像之所以关键，是因为如果想要使用普通的底板和印刷机，底板会在真空层压过程中因为挠性空腔而变形，而且特征位置也会出现大幅偏移。对于体积小的电路板而言更是如此，因为整个在制板上有很多挠性空腔，所以几乎不可能把底板调整到可以和真空层压变形后的底板相匹配的程度。

刚挠结合板的分板和划线

有几种不同的方式可以提供单独的刚挠结合板和便于组装的阵列形式。单独的刚挠结合板一般（但不是所有情况下）会是两端连着连接器的电缆（图 3）。一个阵列中通常会有几个零件需要更多组件来稳定支撑刚挠部分，与装配过程中的刚性板一样（图 4）。

电路板的刚性区域通常用普通铣销机和/或铣刀进行分板，与刚性板、挠性电路类似，具体工具要取决于材料厚度和复合成分。

使用激光、普通铣销机、钢模和专用 CNC 设备可以加工电路板的挠性区域。在使用激光和钢模的时候一定要额外小心，确保切割位置与电路板刚性区域的切割边缘完全匹配。与刚性板相比，挠性板和刚挠结合板

的空间移动程度更大，所以一般情况下参数档案需要进行调整才能和复合产品的材料移动程度相匹配，设备包括刚性板区域所使用的普通铣销机、挠性区域所使用的激光或机械分板工具。

与刚性板和大多数挠性电路板相比，刚挠结合板需要切割的刚性区域和挠性区域要多很多。挠性区域与刚性区域的切割工作通常要花上几小时甚至几天的时间才能完成。尤其是带有大量部件的阵列（图 4）形式的刚挠结合板。刚挠结合板生产过程中可以使用划线的方式，但效果不是很理想。挠性板的划线和刚性板的划线一样，但挠性层压板注意埋入材料叠合的位置。挠性材料可以弯折但不会断裂，所以很难让部件移出阵列。

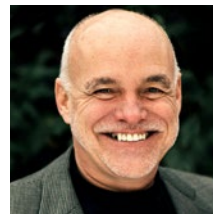
应力释放或放置串珠

可靠性强的刚挠结合板通常会使用应力释放或者沿着刚性 - 挠性接口处形成串珠（IPC 2223, 5.2.9）。操作员手动将某种柔软树脂的串珠沿着挠性区域到刚性板的过渡点放置。串珠可以减少过渡点所承受的应力——尤其是对于过渡点的电路而言。这种方法可以在动态弯折应用中使用，因为动态弯折应用中的电路板理应在数十万次的挠曲周期后都不会出现故障；也可以在可靠性要

求较高的应用中使用，因为人们会想尽一切办法来改善它的可靠性和使用周期，以确保应用的封装不会出现任何故障。还有一种很不错的应用是使用“袋子式”的生产方法，我会在下一篇专栏文章中详细介绍这种方式。几乎所有使用袋子结构生产出的电路板都需要使用应力释放串珠。

操作员使用机械注射器手动放置应力释放串珠。使用的黏合剂不同于单组份和双组份体系，但大部分是对热敏感的。一旦加热烘烤，黏合剂就会流到电路板的挠性区域。大部分黏合剂之后会风干，需要长达八个小时的时间才能完全固化。带有 6 个挠性支路的刚挠结合板设计需要 24 个串珠，这种情况就需要较长的时间来完成操作，然后再进行风干，导致订单的交付时间延长。

本文介绍了刚挠结合板与简单刚挠性结构中的刚性板和挠性电路在生产加工时的不同之处。下一篇专栏文章将会介绍不同的结构、构建方式以及如何在成本和生产时间上做出取舍。**PCB**



Bob Burns, Printed Circuits LLC 公司全国销售和营销经理。阅以往期专栏或联系 Burns, 请[点击此处](#)。

Martyn Gaudion谈信号完整性建模和叠层工具

信号完整性建模的准确性在不断提高，叠层工具也开始被大家广泛采用，如今的叠层工具还包括了材料供应商的数据表信息。最近在德国慕尼黑举行的 electronica 展会期间，



Pete Starkey

Polar Instruments 的总经理 Martyn Gaudion 解释了 Polar 是如何成为 PCB 设计和制造之间的桥梁的，以及为什么培训客户是如此重要。

阅读全文，请[点击这里](#)。

BEST PRACTICES

Designing Flex Circuits

避免挠性板无法弯折

by **Tara Dunn**, Omni PCB

Co-written with **Anaya Vardya**, American
Standard Circuits

PCB 从刚性转到挠性，最显著的优势之一就是挠性板可以实现三维封装，将产品弯折成所希望的结构形状，为最终的封装节省宝贵的空间。虽然挠性材料非常稳定并且可以承受很多次挠折周期，但几乎所有人都遇到过挠性产品安装后出现铜开裂现象，导致其不能完成原始设计要求的情况。

我还记得我刚涉足挠性板时就遇到过这类情况。我们生产了一个非常简单的双面挠性产品，两端使用了 FR-4 增强板。在安装完成后，客户反馈产品弯折以后出现了铜开裂现象。这种情况下（即使是今天这种情况也非常普遍），制造商通常只能用 2D 视图来检查设计。在调查清楚这款挠性产品的使用方式后，我们向他们推荐了几种可以提升电路性能的方法。我们对材料进行了调整，在关键弯折区域内重新布线，将所有布线都集中在一层上，之后再额外使用聚酰亚胺增强板将弯折位置精确地引导到装置内所需位置。不在挠性更大的压延（RA）铜上电镀电解沉积（ED）铜，而是采用图形电镀的方式，只对焊盘和镀通孔电镀电解（ED）

铜。结果如何呢？大获成功！再也没有出现过开裂。

这样的情况并不罕见。制造商可以想出各种办法来帮助延长挠性产品的使用寿命，使挠性材料在安装和使用过程中避免受到损坏，但他们却常常在不清楚挠性产品在最终应用中如何使用的情况下就开始生产电路。我想与大家分享一些改善产品挠性的常见方法，也鼓励每个人在确定最终设计之前与制造商沟通讨论生产图纸上的挠性弯折区域，充分利用制造商的经验知识，提高新设计产品的性能。

电解（ED）铜箔

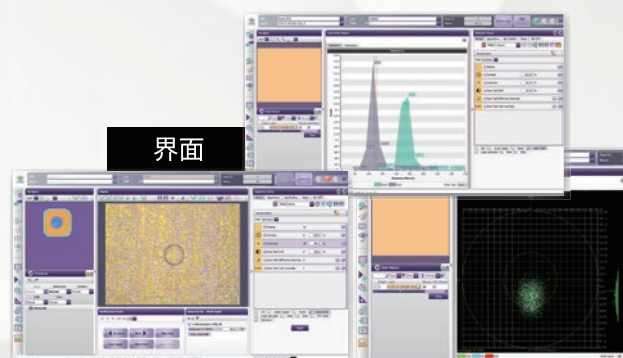
在硫酸铜溶液中将铜电解沉积到缓慢滚动的光面滚筒上，就形成了电解（ED）铜。施加电场后，铜会沉积到缓慢滚动的滚筒表面；滚动速度越慢，铜层就越厚。与滚筒相对的一侧表面更加平滑（图 1）。

压延（RA）铜箔

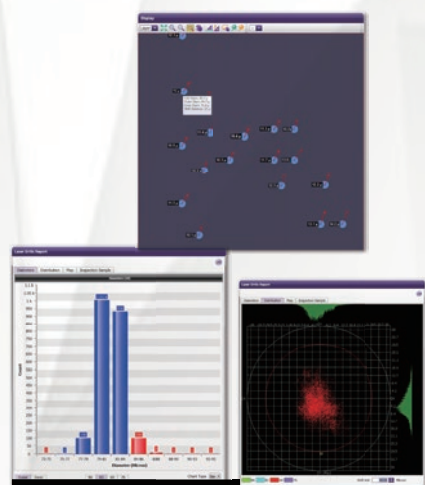
固体铜锭连续通过轧机后，施加高温让铜退火，即可得到压延（RA）铜箔（图 2）。压延（RA）铜箔的延展性要高于电解（ED）铜箔，所以它是弯曲类应用的最佳选择。

Phoenix LV series

终极镭射孔检测方案系列



界面



统计图表显示

检测范围可低至12μm镭射孔孔径

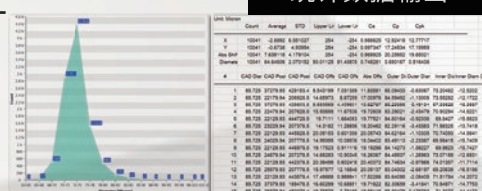
可检测出所有类型的镭射孔缺陷

可满足批量检测镭射孔的高产能需求

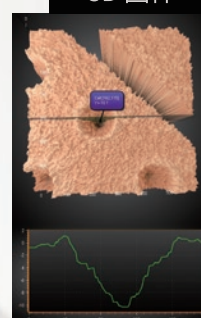
可检测电镀前、电镀后及开窗等镭射孔

- 镭射孔位偏移、镭射孔过大与镭射孔过小的统计数据
- 可搭载VWS功能选项—虚拟缺陷验证系统
- 可搭配2D与3D量测功能选项

统计数据输出



3D 图样



Industry 4.0

康代中国 | WWW.CIMS.COM

如需了解更多资讯, 请直接联络当地康代销售代表。

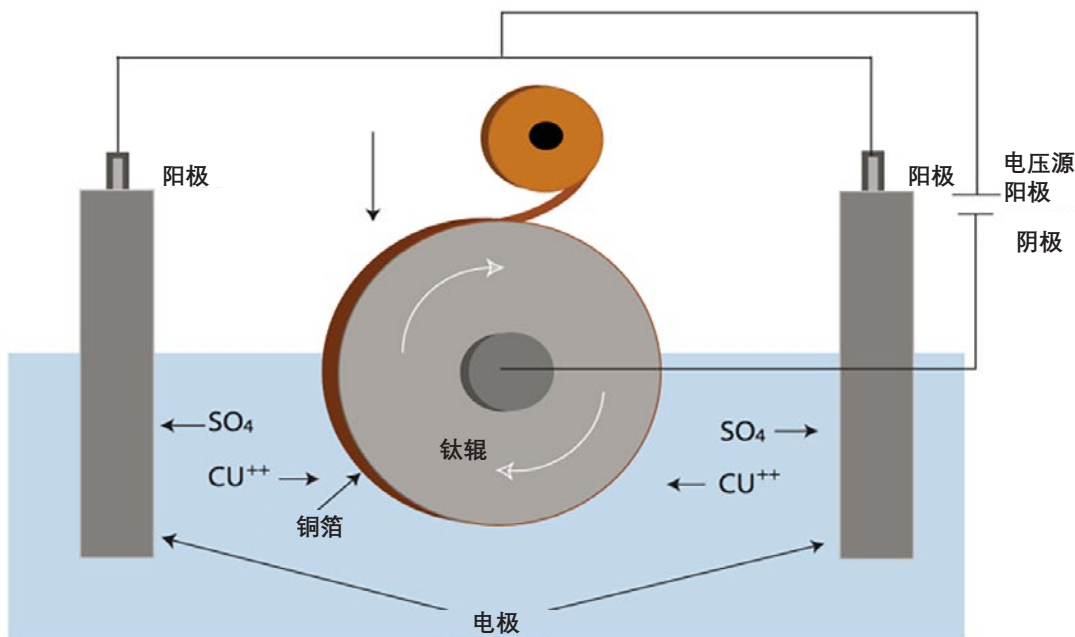


图 1：电解（ED）铜箔的加工工艺

晶粒方向非常重要

压延 (RA) 铜箔主要用于需要弯曲的应用。在动态弯折应用中，为了最大程度地延长挠性材料的使用寿命，电路方向和朝向都非常关键。晶粒方向可以设置为垂直于弯曲轴，因为横穿晶粒方向的弯折本身就会对延展的晶粒结构产生不利影响。

弯折区域的布线

除了导体要垂直于弯折轴以外，确保导体

不会横穿弯折区域也是十分重要的（图 3）。

图形电镀

在处理需要大量弯折的多层挠性板时，一定要明确产品是需要图形电镀或仅需要电镀导通孔。一般情况下，在镀通孔中电镀铜时，制造商会对整个在制板进行电镀。这种电镀工艺会采用电解（ED）铜，也就是其挠性要逊色于 RA 铜箔。对于弯曲半径较小或需要动态弯曲的应用而言，这种工艺会影响到电路的挠性。

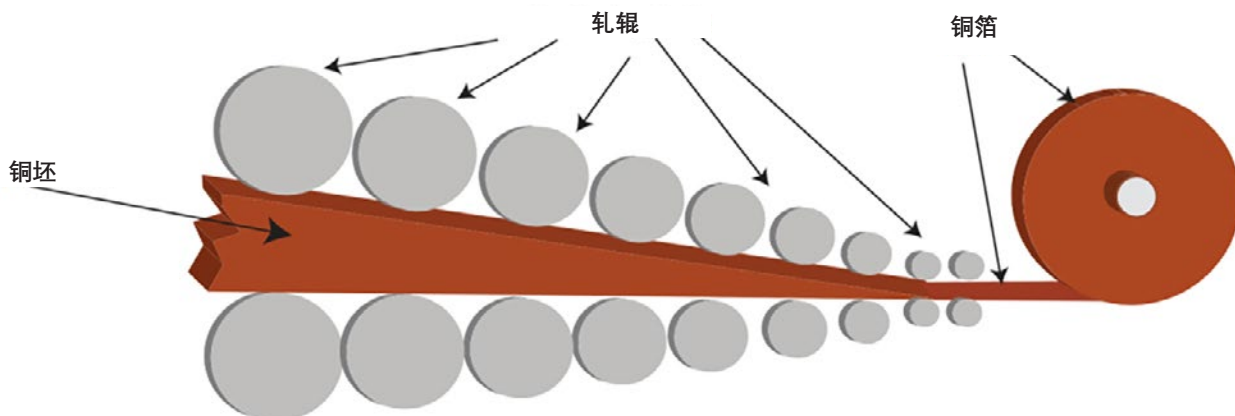


图 2：压延（RA）铜箔的加工工艺

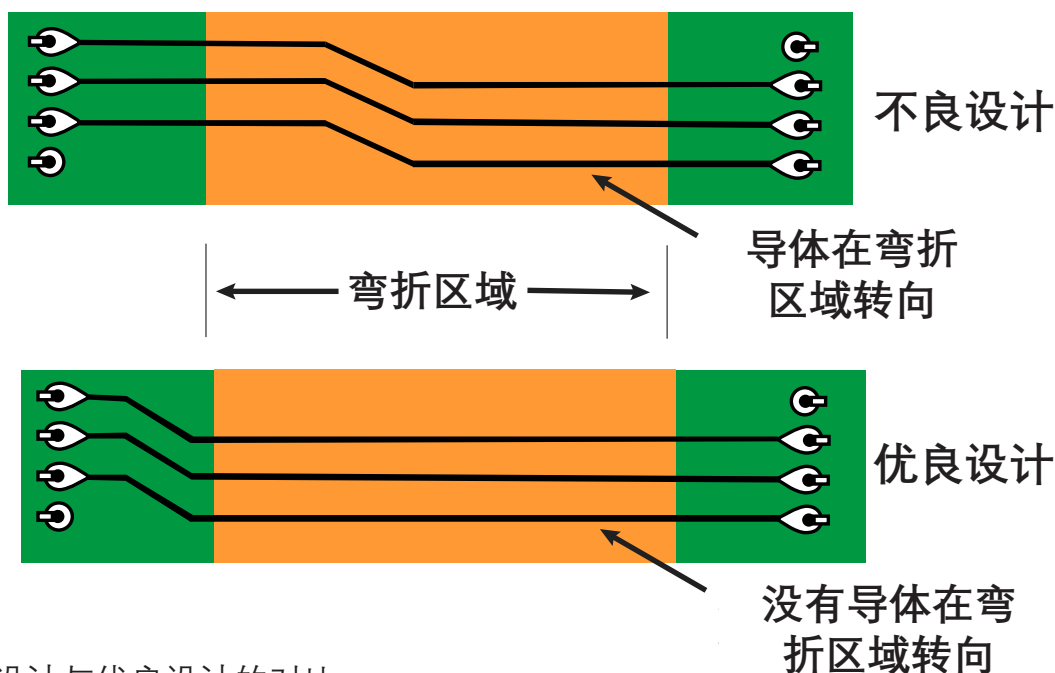


图 3: 不良设计与优良设计的对比

指定采用图形电镀后, 制造商只需要对铜焊盘和通孔进行电镀, 而无需电镀整个在制板。一旦挠性电路的生产工艺从电镀电路层和通孔改为只电镀导通孔, 很多开裂失效就可以迎刃而解了。

平衡结构

中心线两侧的结构应该保持平衡, 包括铜、介质和粘合剂的厚度。结构不平衡会导致在一个方向上有应力, 从而会缩短挠性材料的使用寿命。

最小弯曲半径

虽然挠性电路非常柔韧灵活, 但它的柔韧程度也是有限的。如果弯曲半径过小, 则可能会出现分层和导体断裂现象 (图 4)。

有一个非常复杂的公式可以确定弯曲半径是否在材料承受范围之内, 可以将这个公式当作一个经验法则:

- **单面与双面挠性应用:** 最小弯曲半径应该

是挠性电路总厚度的 6 倍; 例如, 如果挠性电路的总厚度为 0.012", 其最小弯曲半径应该是 0.072"。

- **带有粘结内层的多层挠性材料和刚挠性材料:** 最小弯曲半径应该是挠性电路总厚度

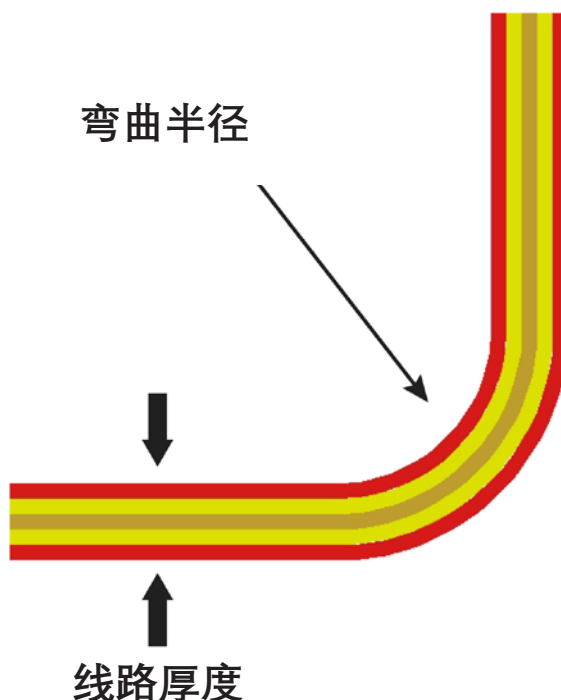


图 4: 弯曲半径图解

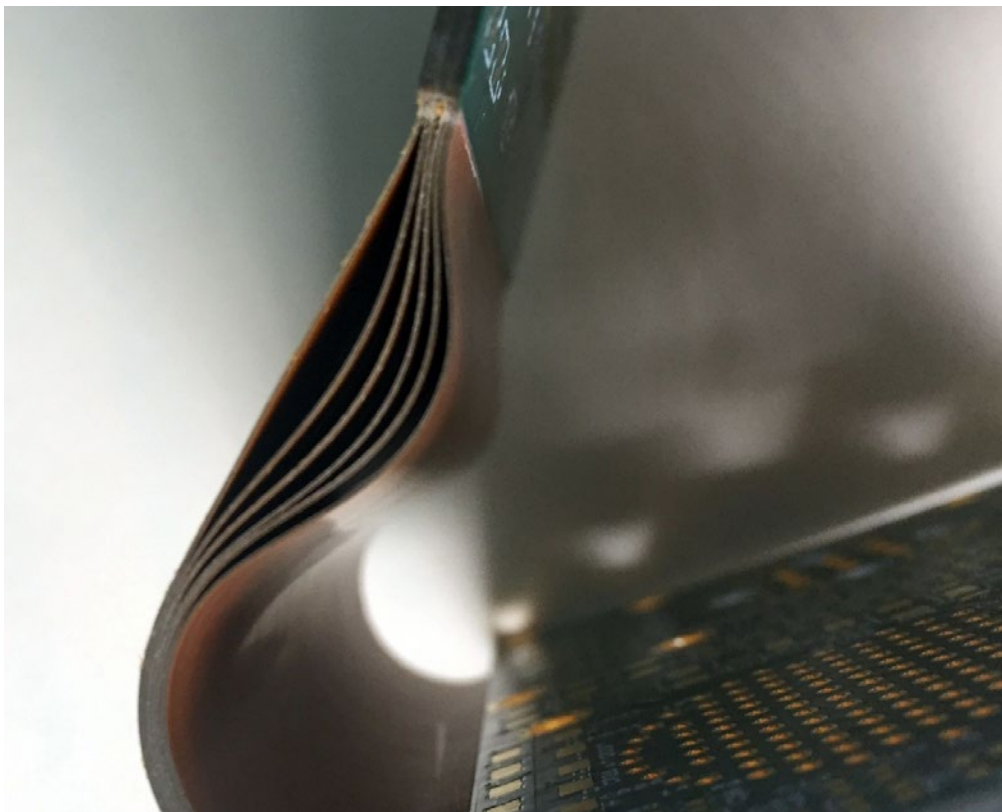


图 5：成品 PCB 挠性带分离

的 12 倍；例如，如果挠性电路的总厚度为 0.030”，其最小弯曲半径应该是 0.360”。

位于刚挠性电路板上的多层挠性层：

为了改善弯折，内层不应该与弯折区域粘合在一起，这种结构通常叫做“活叶”结构。图 5 所示为一个 14 层的刚挠结合板，为了改善弯曲半径，并没有与内层粘合在一起。

十字交叉线铜屏蔽

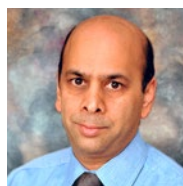
采用十字交叉线图形而不是实心铜屏蔽层可以大幅提升挠性电路的灵活性。根据设计需求，这一步可以通过移除或多或少的材料来定制具体图形。十字交叉线图形也可以仅用于关键弯折区域，不需要弯折的区域仍然可以使用实心铜屏蔽层。

总结

如前所述，本文不可能详尽地列出所有可以提升设计挠性的方案，但在开始设计产品或与制造商沟通讨论时，该列表是一个很好的工具。大多数人都遇到过“挠性产品无法弯折”的情况。这个简短的列表可以帮助人们减少这种情况发生。强烈建议你尽早和制造商沟通交流产品的挠性需求，因为他们可以为你的具体应用提供宝贵意见。PCB



Tara Dunn，Omni PCB 总裁。该公司是一家制造商代表企业，专注于印制电路板行业。阅读往期专栏或联系 Dunn，请[点击此处](#)。



Anaya Vardya，American Standard Circuits 公司总裁兼 CEO。阅读往期专栏或联系 Vardya，请[点击此处](#)。

访问 [I-007eBooks](#) 下载 American Standard Circuits 出版的电子书——[印制电路设计师指南——RF / 微波 PCB 基础](#)及[挠性和刚挠性电路基础](#)。

引领智造新时代

国际电子电路(上海)展览会

INTERNATIONAL ELECTRONICS CIRCUIT EXHIBITION (SHANGHAI)

March 19-21, 2019

国家会展中心 (上海)

National Exhibition and
Convention Center (Shanghai)

CPCA 2019
SHOW

同期举办: 上海国际水处理和洁净技术及设备展览会
Extra Exhibition: International Water Treatment & Cleanrooms Exhibition



主办单位 Organizers



承办单位 Event Manager



上海颖展展览服务有限公司
Shanghai Ying Zhan Exhibition
Service Co., Ltd.

展览联络 Contact Us

Tel : +86-21-5490 0077
Fax : +86-21-5490 4537
E-mail : cpcashow@ying-zhan.com
QQ : 800 055 702
www.cpcashow.com





提高挠性电路制造商的生产力

by I-Connect007 Editorial Team

近日，I-Connect007 的 Barry Matties 和 Nolan Johnson 采访了 ESI 的 Shane Noel 以及行业资深人士 Mike Jennings，共同探讨了 ESI 新上市的 CapStone 激光系统。该产品的主要特色是可使挠性电路生产商的产量翻番。挠性电路市场不断发展，对于那些想要投资转入这一领域的制造商，Mike 还分享了一些有关建议。

Barry Matties: Shane，可以先向我们介绍一下 ESI 公司吗？

Shane Noel: ESI 是俄勒冈州成立时间最久的

技术型公司之一，成立于 20 世纪 40 年代。最初，ESI 主营军用和电子产品领域的测试测量业务。从上个世纪 90 年代末起，ESI 开始转向挠性电路市场，研发出了面向挠性电路市场的激光钻孔产品。现在挠性电路业务已成为 ESI 的核心业务，但我们仍提供测试测量服务，我们也正逐步研发其他激光加工产品，例如 HDI。

Matties: 你的职责是产品营销经理吗？

Noel: 是的。我担任挠性电路业务的产品营销经理。之前我负责管理挠性电路业务应

应用于 amSAP
有高深镀能力的
水平化学沉铜工艺

80%

的微盲孔深镀能力

<15%

在Uniplate LB line 生产, 以 4σ /avg 计算镀层厚度变化

272 nm

348 nm



微盲孔大小：
孔口 110
孔深 100

EHT = 10.00 kV
WD = 6.5 mm
Signal A = AsB

10 μ m

Printoganth® T1 是一个有优越微盲孔深镀能力的全新水平化学沉铜液。在减少板面的化学沉铜厚度时，同时提高工艺安全性。

结合 0.11 μ m/ min 的沉积速率，使 Printoganth® T1 成为 amSAP 技术的理想解决方案。

Printoganth® T1 配合 安美特 Uniplate® 系统使用时，能提供最佳的性能。

无氰化物



用工程方面的工作，自然而然地我开始负责产品营销与管理。现在，我在首席产品经理 Patrick Riechel 手下工作。

Matties: 我们最近收到了你们的通讯稿，宣布你们的 CapStone 新产品已经问世。不妨为我们简要介绍一下这项技术的概况吧。

Noel: CapStone 以我们的挠性电路加工能力为基础并加以扩展。大约 6 年前，我们发布了 5335 系统，现在 5335 系统已经成为了挠性电路激光加工技术的黄金法则。CapStone 利用了其中的一些技术并加以扩展，具备了更高的产量和生产优势，可使我们主要的客户群实现（其中包括世界十大挠性电路制造商）大批量生产。

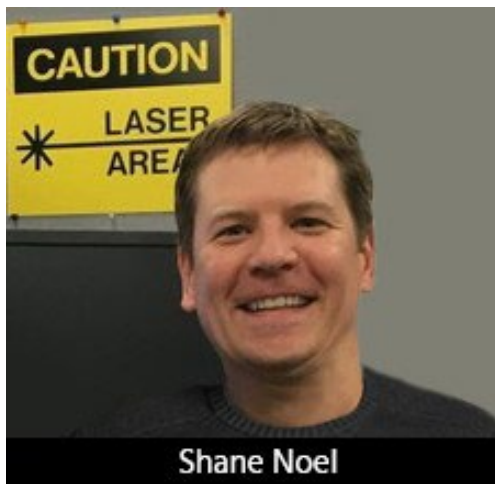
我们的目标是较之前产品可以将产量提高一倍，从而给客户提供更好的拥有成本，同时提高良率和可靠性。我们还和一家世界顶尖激光器制造商合作开发上市了一种独一无二的激光发生器，这种机器可以利用我们在光束定位领域的专业技术能力，实现针对工作面的产量，这是很多以前的技术无法实现的。

Matties: 在你们的通讯稿中谈到了该系统将速度提高了一倍。这是一项很了不起的成就，同时产品的价格也十分有竞争力，占用空间更小，产量却增加了。

Noel: 是的。如果把产量增加一倍，那车间

里大型机器的数量就要减少一些。在建造工厂的过程中，他们发现接到大订单时，需要安装大量的激光系统，这些机器填满了工厂，所以他们不得不再建造另一家工厂。这个问题一直困扰着很多客户。

Matties: 这确实是一个瓶颈。



Noel: 的确如此，因为你必须维护每个车间内的所有设备、所有系统，以及每个系统中的所有部件。就像你刚才所说，我们之前的旧系统已经是行业第一了，而新系统的产量是旧系统的 2 倍。我们之所以能做到这一点靠的可不是把激光头的数量增

加一倍，这都得益于我们的光束传输技术。

Matties: 我们之前谈到了数字工厂，也就是工厂的数据部分。你们的设备是如何整合这方面的策略的？

Noel: 这是一个好问题。和行业中很多其他公司一样，我们正在研究如何提高系统的自动化程度，并添加更多诊断工具来更好地监控系统的正常运行情况。我们有一些可以整合到软件中的想法，例如让数据以更简易的方式导入工具中。目前使用的方式是用离线 CAD/CAM 系统接收客户的数据，然后将其转换成我们的工具可以使用的格式。我们目前在和台湾的一家公司合作，力求能够实现将客户的数据直接导入到我们的工具中，这样一来就不需要转换步骤了。

此外，我们还在研究如何实现与工具的远程实时通讯，这样就可以即时了解系统的使用状况，更好地预测何时应该对系统实施维修保养。

Matties: 这是一个很棒的目标。你在这个行业中有多年的工作经验，期间有很多 ESI 设备上市。这个领域设备的更新情况如何？有没有可能一些客户并不想购买这个新产品，但却想配备其中的一些优势功能？

Noel: 你提出的这个问题非常好。我们上一代系统中有些工具需要较频繁的保养干预，在新的系统中，我们根据客户反馈研发出了一些功能，包括比先前的系统能够更好地保护光路。新工具在设计的时候就改善了光路保护功能，我们将这一功能植入了旧工具中。客户可以只购买这一功能。你可以翻新旧系统，也可以购买添加了新光路的旧款工具。所有的软件功能、自动化功能都可以植入旧款工具当中。而且在我们的发展路线图中，我们正在计划提升准确性并将提升后的功能添加到旧款工具中。

Matties: Mike，你从事行业这一领域的工作已经很多年了吧。

Mike Jennings: 今年是我在 PCB 领域工作的第 43 年。

Matties: 哇，恭喜你啊！你见证了这个行业

发生的巨变。在你看来，这个领域中最重要
的变化有哪些？

Jennings: 挠性电路领域一直都在变化。几年前，挠性领域主要应用于军事、航空、小批量生产、电缆更换、加热器等基础水平的技术领域。现在，挠性电路已经成了我们常用设备的基础要素。手机或平板电脑，里面有好几层用不同材料制成的挠性电路。

我们现在面临的最大变化就是材料本身的变化。5G 移动电话即将面世，随着手机数据速度的不断增加，很多 15 年前就已经存在的材料（例如 LCP），多年来一直无人问津，现在终于找到了他们的用武之地。特征大小、整体材料改变、更高端更先进的材料以及这背后的成本动因，都是发生巨大变化的因素。新问世的材料可能具备所有理想的电气特性，但除非它的成本范围是 OEM 愿意接受的，否则毫无前景可言。

就像是一个三条腿的凳子，这三条腿分别是制造商、设备供应商和材料生产商。这三条腿必须要保持一样的长度，否则你不可能安稳地坐上去。

Matties: 你说到了一个很关键的问题。越来越多的领域开始应用挠性电路。对于那些想要转向挠性电路领域并考虑购买这类设备的制造商而言，你有什么建议？

Jennings: 首先要做的就是去了解该领域的



Mike Jennings

基本原理。你必须首先要了解裸板 PCB 制造的基础知识。如果你是裸板生产商并且正在考虑进入挠性电路领域，你一定要在现有领域保持一定的竞争力。你必须具备良好的工艺控制能力、工艺监督能力，因为你将会在生产过程中遇见一系列完全不同的问题，而且材料的尺寸稳定性比你之前遇到的材料要差很多，出现的层压难题也可能是你从未遇到过的。所以要先弄清楚该领域的基础知识。

很多情况下，我们发现问题之所以会增加是因为人们一开始就没有掌握基础知识：员工没有接受过培训、员工没有接受过综合培训、操作步骤或操作员不断更换、设备频繁变化、没有掌握设备的基本原理、不具备高质量压缩空气、真空程度不够。关于真空移除碎屑和真空压缩空气，在不具备充分基础知识的前提下，你涉及到的挠性电路工艺流程越多，遇到的危险就会越多。

Matties: Shane，你原本负责设备应用工作。面对新的职责，你都有哪些经验可以借鉴？

Noel: 在产品管理方面，你会发现自己对所有事情都略知一二，却无法做到精通任何一个领域。所以客户来问问题的时候，他们不得不面向整个团队提出自己的问题。我能够在某种程度上缩短整个流程。在挠性电路制造和激光工艺方面，我虽说不上是无所不知，但比大多数人知道的多。客户可能会抱怨说：“我发现了一个空洞，或者是误钻出一个孔，我认为是你们的系统出了问题。”我会检查整个工艺流程和他们钻孔的方式，尽快找出导致终端故障的原因，简化这个问题。

帮助客户解决他们提出的问题，或者帮

助那些反映客户投诉的销售员去解决问题并迅速做出回应、帮客户恢复正常运行，做到这一点就可以有很大优势。了解工具的技术性能，这样当我们遇到潜在客户不是将工具应用于挠性电路，或是需要我们的其他工具、或者要完成一个研究项目时，我们可以让应用团队专注于挠性电路方面的工作，为更多特殊应用找到有针对性的团队，帮助他们解决问题，从而提高我们应用团队在研发挠性电路工作时的效率。

此外，能够了解客户或用户与工具的常用交互方式。我们的工具有很多非常高级的功能，公司的普通操作员见不到，甚至想不到要去使用这种功能。如果普通操作员认为 GUI 是一个问题或者存在很多缺点，你也不必花精力去做出改善。把精力花在真正重要的



事情上才是最重要的。

Nolan Johnson: Shane, 我也想就此向你请教一个问题。你能否为我们详细介绍 CapStone 是如何通过光束定位器、光路和激光器将产量提高一倍的?

Noel: 我先从之前的产品 5335 讲起。这款产品使用的激光器是 21 世纪早中期研发出来的, 所以是第二代或第三代 UV 激光技术。这款产品非常可靠, 运行良好, 只是重复率很低。现在很多激光器制造商都在生产重复率较高的激光器和可靠性更强的激光器。有了这种新产品, 我们想到市场中看一看新型激光器能为我们提供什么。

与我们合作的都是大型激光器制造商。我们先从他们的标准产品入手, 一起对产品做出调整让其适配我们的工具。虽然标准产品的重复率范围较广而且可以针对一个重复频率做出优化, 但我们选择了单个重复率并在此重复率下优化了激光器和系统性能, 从而得到了该重复率下针对挠性电路加工的最佳激光特性, 同时还延长了激光器的使用寿命, 因为激光器不会随位置的不同而出现波动。

促使我们这样做的原因也是由于我们要使用光束转向技术——也就是你们所熟悉的 AOD——我们在 5335 中使用了这种技术, 目前可在 RF 频率下运行, 基本上属于一种可以控制光束的非机械方式。如果不会受到机械移动的影响, 就可以用光速或者脉冲速度控制光束。

而且, 激光器的特征还包括它的传送到

工件表面的脉冲形状和脉冲能量, 我们可以利用这些特征来处理一些较薄的材料组合和新研发出的材料组合。这是需要研究新激光技术的另一个原因。

Jennings: 我们在 22 年前发布了我们的第一款激光钻头, 随着技术的发展变化, 现在我们已经研发出了第六代、第七代的激光钻头。这些年来, 唯一不变的就是光束定位、激光能量和重复率这三个领域的不断进步。如果光束定位器比激光器的速度快, 新一代激光器就会被研发出来超过光束定位技术。所以这两个领域在过去的 20 年中不断革新进步、不断发展。

Matties: 你们的通讯稿中提到该系统可节省高达 30% 的开支。这一数字是如何计算得出的? 节省的开支来自于哪个方面?

Noel: 这是一个好问题。节省的部分来自该系统为客户提供的经济价值。你可以想像, 性能更好的系统可以为市场提供更高的价值。所以尽管 Capstone 系统比基础的 5335 系统标价高一些, 但你要考虑到新系统的产量提高了一倍, 而且使用 Capstone 产品可以让每块在制板的激光钻孔成本降低 30%。

Matties: 恭喜你们。谢谢你们今天抽出宝贵时间接受采访。

Noel: 也谢谢你们。

Jennings: 非常感谢。PCB

未来电子产品的外形：弧形、可弯曲、可拉伸、三维立体

by Corné Rentrop
Holst Centre

如今电子产品可无缝集成到弧形、可弯曲，甚至可拉伸的表面中，主要是由于多种市场的需求，如汽车（仪表盘、照明、传感器），智能建筑（照明外墙、空气质量、太阳能光伏板），医疗（健康贴片、X射线、分析）和智能服装（位置跟踪，运动）。对于需要轻便、占用空间小、舒适、易于集成等特性的产品，可以大大提升用户体验。此外，此类型产品应该采用经济合理，耗材更少的工艺，并且技术应该与物联网（IoT）发展路线图保持一致。

印制电子产品概念

印制电子产品可在聚合物薄膜上生成印制电路，为应用提供智能表面，利用传统的图形印制技术（如丝网印制和喷墨印制）在片式或卷式铜箔上形成电路。

印制电子产品的一个明显优势是生产效率很高。例如，Holst Centre 的卷对卷丝网印制设备，最高运行速度可达每分钟 60 米，可直接在卷上形成无缝电路（图 1 和图 2）。金属油墨的光子烧结允许在约 130℃ 的受控温度下



图 1：在膜上卷对卷印制电路，最高速度可达每分钟 60 米

保持高运行速度，以防止箔熔化。与卷对卷印制相结合，贴装设备可以将电子元件放置在卷上。导电粘合剂通常用作互连。

可以通过交替印制导电层和介电层来形成交叉走线和导通孔，这些层可以保持类似 PCB 结构，只是现在是在卷上生成电路。所有聚合物箔材料都是适合于作为印制电子产品的基材。用于印制电子器件的已知基材有聚酯，例如聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）、环烷酸聚乙烯酯（PEN）、橡胶类材料（热塑性聚氨酯或 TPU），还有纸。这些材料的成本较低，是印制电子产品的第二大优势。

印制电子产品的第三大优势是能够改变

一站式线路板 全方案服务

钻孔机设备 第五代双台面CO2激光打孔机

日本 MITSUBISHI ELECTRIC
三菱电机自动化(中国)有限公司



超高性能的激光钻孔, 专业制作HDI、Anylayer、SLP工艺的必然

贴膜设备 自动贴膜机(硬板及软板)

日本 Hakuto



- 适用于mSAP板的贴膜; 热压辊容易更换, 容易保养;
- 贴膜压力良好均匀; 运作时, 热压辊温度的下降度减慢;
- 提高贴膜均匀的附着力。

曝光设备 直接成像系统Ledia 6

日本 SCREEN
网屏



全球首创UV-LED光源

工业4.0智能化方案 MES系统

中国 睿奇 ROCKET
DATA TECHNOLOGY



- 通过网络架构, 把机器及接口设备连接一起;
- 实时监控数据可透过广告牌, 手机/平板APP进行查看
- 资料经过收集后可给企业分析, 使产能及品质得以优化;



SCREEN

Hakuto

MEIKI

睿奇 ROCKET
DATA TECHNOLOGY

Colenta

VIGOR 活全

posalux

pluritec

ENT MADC

EIE

BiOptra

SCHMID

东莞科耀

香港总部

香港新界粉岭安乐村安全街24号环球集团中心

电话: (852) 2415 6686

传真: (852) 2415 3130

www.worldwidegroup.com.hk

sales@worldwidegroup.com.hk

东莞办事处

电话: (86) 769 8862 6000

传真: (86) 769 8862 5400

上海联络处

电话: (86) 21 5191 4803



环球集团

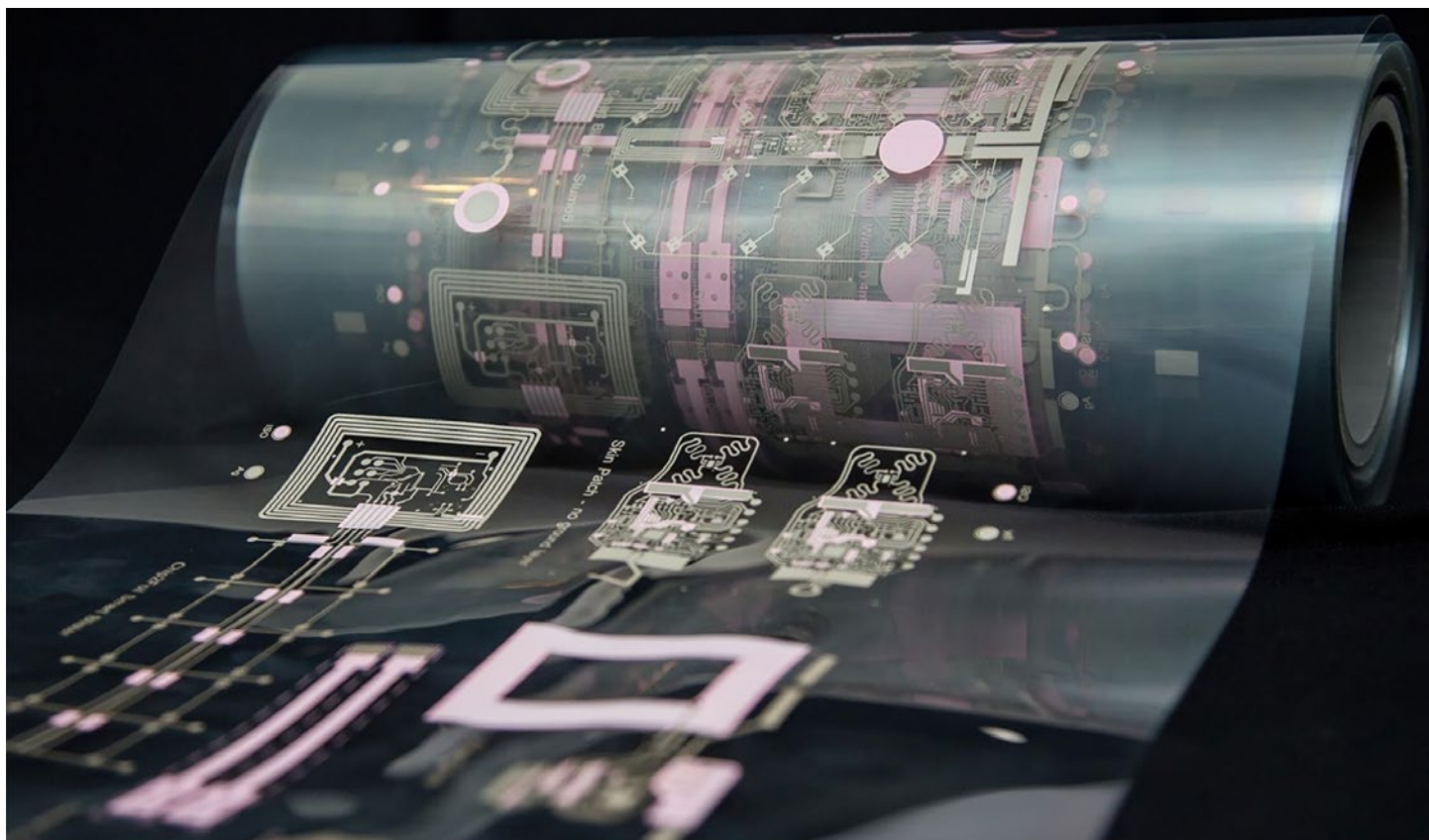


图 2：膜上卷对卷印制电路

PCB 的外形。通过弯曲、轧制、切割和层压，箔易于成形为所需形状。通过这种方式，电子产品可以很容易地集成到诸如衣服、建筑和可穿戴应用中。

印制可以做到无缝，其 PCB 的尺寸只受到卷的长度和宽度限制。在 Holst 中心印制 LED 箔，长度可达 300 米，宽度可达 30 厘米。LED 箔的间距为 5 厘米，可用作室内应用的壁纸光源。

印制电子产品技术

作为一个成熟的行业，PCB 生产遵循高度标准化的程序和设计规则，形成了稳定可靠的混合制造工艺。用 PET 挠性薄膜代替聚酰亚胺和 FR-4 等基材会给这个行业带来冲击。目前，印制电子产品中的银线可以在行业验证的

工艺条件下实现金属银导电性的 10%~20%，并且线宽 / 线距为 150/150 微米。据报道，导电率为金属银的 20%~40%、油墨可拉伸、线宽 / 线距为 20/20 微米的印制电子产品正在研发中。

越来越多的电子功能可以通过印制实现。包括电阻、温度和压力传感器以及触觉功能。其他功能，如微控制器、电池和电容也可以使用传统的贴装设备集成在挠性电路中。通常可以通过点涂或印制沉积各向同性或各向异性导电粘合剂实现互连。不久的将来将实现在箔状基材上组装箔状元器件。这些元器件有 OLED、TFT 芯片和基于箔的电池等。

从 2D 到 3D 的印制电子产品

最近，已经出现了可拉伸的油墨，可以

生产出可拉伸的电子产品。这些油墨可以承受 10% 至 50% 的变形，将这些油墨印制在可成形基材上可令 PCB 变形却不会损坏结构。

可依据周围的环境要求而制造出薄而舒适的电子产品，并集成到衣服和贴片中。比如在服装里集成传感器、太阳能电池和显示器。含电子元件的服装既要穿着舒适，同时又要经受洗涤测试，如需要克服橡胶的滞后现象，以及其互连性能需完全可承受拉伸等，这类服装已经通过验证，完成了可拉伸电子产品的技术挑战。

对于有极端要求的产品外形，这些材料也可用于制造可热成型或模制电子产品。这些电子产品完成平面制造，再形成所需的形状。电路和图形图案印制在像聚碳酸酯这样的基材上。同样，采用传统的贴装设备组装电气元器件，然后再将整个组件成型为所需的形状，之后可以将其压铸成最终产品。因此，可以以更具成本效益的方式生产仪表盘或消费品等物品（图 3）。

最后，整个结构可以 3D 打印。复合材料



图 3：用于汽车应用的热成型中控台，包括电容式触摸、OLED 集成和 NFC 读出

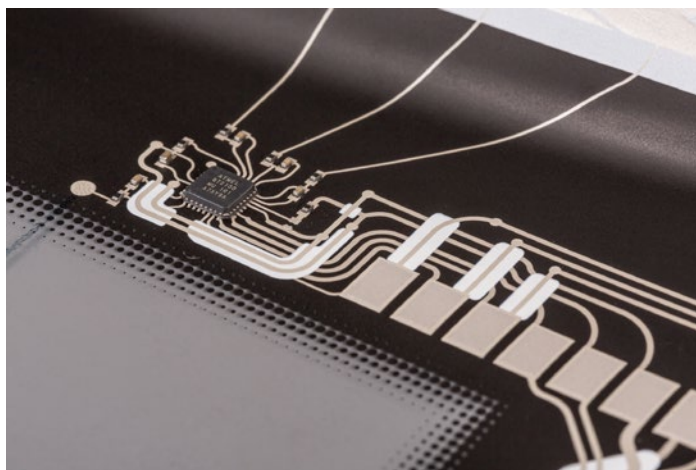


图 4：在热成型为 3D 产品之前印制在平板上的电路

允许组合导电和结构材料，并且能够设计三维电子产品。

印制电子产品概述

业界要求将智能功能集成到许多产品上，同时，需要更具成本效益以及大批量生产以满足市场需求，尤其是在物联网应用中。印制电子产品可能是推动物联网发展的关键因素，因为它们可在卷对卷生产的挠性材料上实现印制和分立元器件组装的完美组合。

未来电子产品的变化趋势将从平面到三维。可拉伸电子技术、可热成型电子技术、模制电子技术和 3D 打印已经被用于创建 3D 电子产品。**PCB**



Corné Rentrop 是 Holst Centre 的项目经理，Holst Centre 是一家位于荷兰的独立研发中心，致力于开发自主无线传感器技术和挠性电子技术。

从 2005 年成立之初，霍尔斯特中心就开始涉足挠性电子产品领域。

挠性电路用丙烯酸与环氧树脂粘合剂之比较

by John Talbot

Tramonto Circuits

曾经只适用于特殊产品的挠性电路，现在已应用于很多便携式家用电子产品。世界各地的产品开发商已将挠性电路设计于最新的产品中，以及现有产品的升级版中。在一些应用中，挠性电路已取代了主宰了几十年电子产品的印制电路板。

很多时候，选择挠性电路取代传统刚性电路板是为了使产品更小更轻。第一次采用挠性电路的PCB设计师常常会说：“我们对挠性电路设计或材料一无所知，能帮助我们明确一下叠层吗？”通常，第一次的设计与叠层会被作为其日后设计的标准。因为对于传统的PCB，我们一直是这样做的。

但是挠性电路是不同的产品。为具体的应用选择适当的材料时，会有很多选项。了解这些选项及其优缺点是非常有意义的。

本专栏文章将讨论挠性电路制造中最容易被误解的材料之一——将电路层压合在一起时所采用的粘合剂系统。由于挠性电路生产要经过几个层压工艺，了解粘合剂系统选项及最适合于具体电子产品的选项非常重要。

确定应用是动态的还是静态的

挠性电路的两种最常见应用是动态和静态。静态应用中挠性电路是固定的，即使安装是它必须是可弯折的，但在产品整个寿命期间它一直保持静态。而在动态应用中挠



为您隆重介绍



MacDermid Alpha
ELECTRONICS SOLUTIONS



现骄傲得宣布

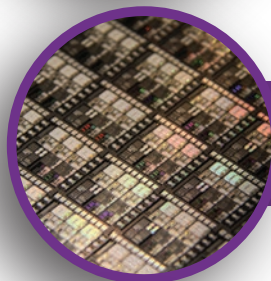
我们能为整个产业链提供支持



电子电路互连解决方案

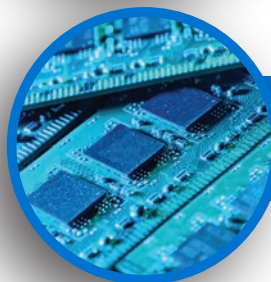


MacDermid Enthone



半导体解决方案

compugraphics



电子组装解决方案

alpha

- 共同设计的配方 -
- 专业协作 -
- 全面服务 -

www.macdermidalpha.com

性电路在产品整个寿命期间一直处于运转中。可以想想翻盖手机、打印机或 MRI 机。静态的挠性电路可以看作是传统 PCB 的衍生物，只是挠性电路更轻、更有韧性。但在动态应用中，挠性电路不仅必须是可弯折的，还必须是稳定的。我们必须充分利用材料的所有固有优势。在这两种应用情况下，粘合剂都起着重要的作用。让我们总结一下影响粘合剂选择的另一个因素。

确定应用环境

产品在其主要寿命周期内的运行环境也会影响粘合剂的选择。环境是过热还是过冷？电路是浸在水中还是化学品中？电路是否需要阻燃？在选择挠性电路用粘合剂时，会根据不同的问题答案选择不同的粘合剂。例如，如果电路将浸于水中，就会选择吸收性最低的粘合剂。如果挠性电路将用于被化学物质或生物液体覆盖的环境中，就会采用最耐化学品的粘合剂。如果挠性电路将要承受的温度比室温高，所采用的粘合剂就需要能够在这种温度下正常运行，不会使层压降解。电路需要符合 UL94 V.0 吗？也就是说在汽车及航空应用中，电路必须是阻燃的吗？在为挠性电路选择粘合剂系统是必须考虑所有这此问题。

设计问题

令人惊奇的是，在选择粘合剂时，电路的设计也很重要。如果电路是单面（一层铜）或双面（两层铜），在所有其他要求都相同的条件下，任何一种粘合剂都能起到同样的作用。但是，如果设计是多层电路，那么粘合剂的特性会产生明显的影响。如果选择了

错误的粘合剂，直径小于 8mil 的小电镀通孔也可能会影响电路的性能。

如你所见，在决定挠性电路的粘合剂基础系统时，需要考虑很多因素。现在来简述这两种粘合剂系统的特性，以及与上述讨论内容的相关性。

丙烯酸的优缺点

对于动态应用丙烯酸是最佳选择，因为固化后，可保持延展性。这是其最有价值的特性。也就是说，除非它必须是阻燃的。为了使丙烯酸粘合剂符合 UL94 V.0，必须在其中添加溴系阻燃剂，但溴系阻燃剂会降低挠性电路动态弯折的可靠性，也会降低热稳定性。丙烯酸在高温条件下的性能不佳。材料会在 180°C~200°C 之间开始软化，导致绝缘层及铜箔布线分层。丙烯酸在引线键合设计中的性能也不太良好。粘合剂越软，越容易超声引线键合能量，导致组装出现问题。最后，丙烯酸的热膨胀系数较高，会造成 Z 轴移动，对多层电路不是好的选择，因为 Z 轴膨胀会损伤电镀通孔。

环氧树脂粘合剂的优缺点

对于动态应用，环氧树脂粘合剂也不是上佳的选择，因其固化后较硬。但是，对于很多其他应用却是比较好的选择。例如，在高温下有最佳的粘结强度，有较低的膨胀系数，所以对于在高温下运行的多层电路是上佳的选择。对于引线键合，它也是不错的选择，因其固化后较硬，不会像丙烯酸一样吸收超声能。环氧树脂基粘合剂耐化学品腐蚀，具有良好的吸湿率，对于医疗应用及各种湿度传感器，是不错的选择。

在同一设计中使用丙烯酸和环氧树脂

在多层刚挠性混合电路中，可以在同一电路中同时使用这两类粘合剂。如电路的挠性部分可使用丙烯酸粘合剂，以实现挠性；刚性部分可使用环氧树脂粘合剂，以提高稳定性。

丙烯酸和环氧树脂粘合剂的可靠性

显然，两种类型的粘合剂都有其理想的用途。只要仔细考虑它们的具体应用条件，两者皆可靠并且都具备良好的性能。两种粘合剂都经常用于制造挠性电路。一些设计师坚持使用丙烯酸粘合剂，是因为与他们合作的第一家供应商在制造他们设计的产品时使

用了此类粘合剂。

但是，在决定应用于挠性电路的粘合剂之前，仔细考虑具体应用情况和技术规范是明智的。有时，任何一种粘合剂都能同样有效地工作，而有时，粘合剂选择决定意味着或制造出的电路性能稳定，或制造出的电路性能不佳，却找不出明显的原因。所以设计挠性电路时要考虑到这一点。**PCB**



John Talbot 是 Tramonto Circuits 总裁及所有者。

Alun Morgan出任Ventec技术推广大使

近日，Barry Matties 采访了 Ventec International Group 公司新任技术推广大使 Alun Morgan。Alun Morgan 探讨了他对这一职位的感受及看法。在涉及与热量管理有关的技术主题时，以及当设计师和材料供应商之间出现分歧时，Alun 将充分利用自己丰富的知识和经验与供应链进行更深入更广泛的沟通。

Barry Matties: 首先你能为我们介绍一下技术推广大使的职责吗？

Alun Morgan: 我的职责主要就是对外推广 Ventec 公司。如你所知，我经常出差。我会四处为 Ventec 做宣讲，所以在我看来，我的职责是推广我们的公司及其技术。我很适合这份工作，因为 Ventec 公司在很多不同的技



术领域都很活跃，而我过去亲自参与过其中很多的技术。Ventec 不停地研发、发布新产品。我要做的就是将我们的公司和产品介绍给世界各地的听众。

Matties: 我知道你的职责中还涉及到教育培训工作。你不仅仅要推广产品，还要让别人了解工艺流程。从用户的角度去考虑，你认为他们需要了解哪些新信息？

Morgan: 在我整个职业生涯中，教育培训工作一直是我的工作重点之一，而且今后仍将是我的重点之一。我们把事情的可能性——也就是说我们能做什么——明确地解释给设计师听，是非常重要的。

阅读全文，请[点击这里](#)。

远远大于刚性 PCB 要求的挠性电路

by Jahn Stopperan

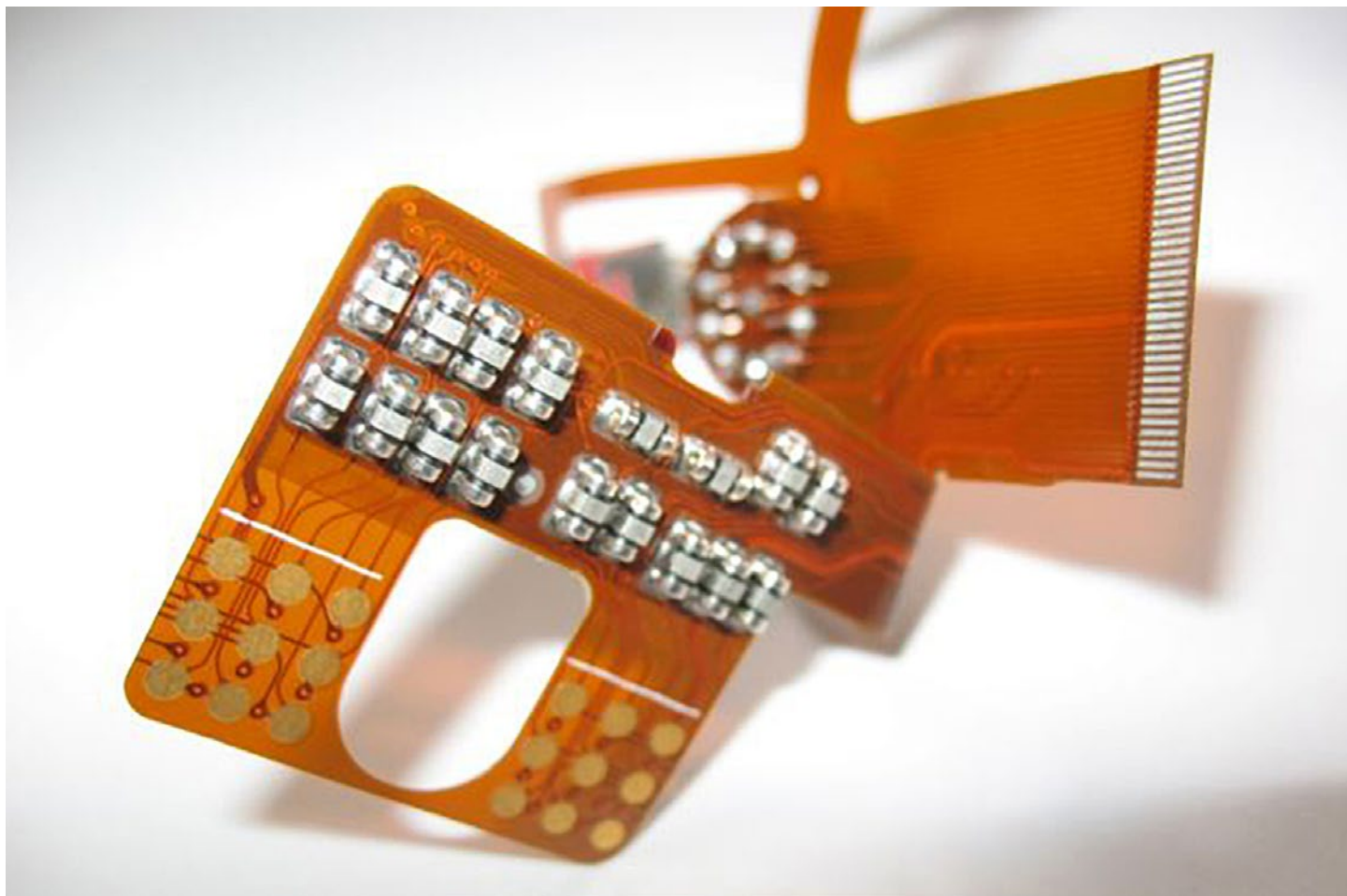
All Flex

近 20 年前，美国 PCB 行业经历了从国内采购到海外制造的大转移。然而从那时起，挠性电路采购却一直相对稳定，仍发生在美国境内。这是为什么？

主要原因是挠性电路的要求远远大于 PCB。是的，挠性电路就像 PCB 一样实现互连和有源基板的功能，控制逻辑和信号分配。但是，挠性电路除完成 PCB 功能外，还起到了重要的机械作用。即使在经济上可行，挠性电路也比刚性 PCB 能够实现更多的功能。

它可消除连接器、适合小空间、重量更轻、承受高温，可在恶劣的环境条件下工作、处理弯曲 / 移动、散热，承受不寻常的化学品或气体，并可通过消除连接点实现更高的可靠性。如果不能满足这些附加功能要求中的一个或多个，挠性电路则会更贵。

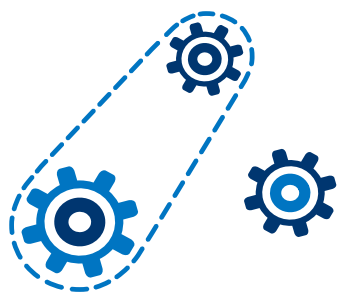
但这与挠性行业仍然植根于美国有关吗？答案是，为了使挠性电路完成这些其他机械任务，它们通常包含多种材料选项。有数百种不同的挠性电路结构都符合“挠性电路”的基本要求。每个挠性电路不仅可以定制形状和电气互连设计，还可以用满足附加特定



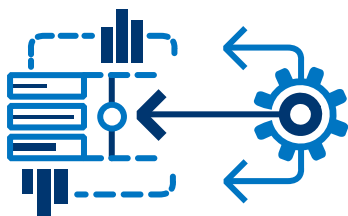
SMART ORBOTECH FACTORY

Your Partner for Industry 4.0

收集并分析来自所有奥宝产品的整合集中的数据，实现一个连接点和 *PCB* 制造商 *IT* 的连接。



自动化



连接性



可追溯性及
数据分析

如需了解详情，请与我们的业务代表联系
www.orbotech.com

挠性电路与刚性PCB的不同点：
• 铜箔厚度
• 铜箔类型
• 薄膜类型
• 薄膜厚度
• 覆盖层黏接剂和黏接方法（如无黏接剂）
• 涂覆黏接剂
• 机械支撑材料和硬化方法

表 1：除了这些不同点外，挠性电路与刚性 PCB 基本类似

应用要求的材料进行定制，其中许多材料都是前面提到的。

除了这些材料选项外，还有一系列与设计相关的特征，这些特征都被融入到了导电图形中。 这些材料特征旨在解决由于挠性电路可能经受的环境和机械力而可能出现的潜在在可靠性问题。

例如，挠性电路可能需要非常特定的材料以承受在应用中暴露于特有化学品中。 然而，该材料可能具有可影响电镀通孔完整性的热膨胀特性。另一个实例是需要动态弯曲的挠性电路设计，而且布局在挠性区域具有尖角或镀通孔，这些状况可能会导致产生可靠性问题。

但是，对于 OEM 而言，这种针对特定应用解决方案的材料选择和可靠设计的各种要求，只有具有丰富的材料科学专业知识、有经验的挠性电路制造商才能满足。

此外，与挠性制造商相比，OEM 的个体设计师和工程师不具备了解不断变化的材料解决方案和特有的挠性电路设计考虑因素所需的专业知识。OEM 设计人员可能每两

年参与一次电路设计，而且大多数情况下是为其公司的产品开发设计刚性 PCB。这种频率不足以使设计人员成为挠性电路专家，不足以应对解决出现的各种问题。通常只能依靠挠性电路制造商获得这种专业知识和指导，别无选择。

对于刚性 PCB，OEM 不必担心应用中可能出现的补充机械要素。在刚性 PCB 制造中，从一个制造商换到另一个制造商，生产结果几乎完全相同；

一旦 PCB 设计完成后，就可以找到最便宜的生产厂商。此外，无论是谁生产，刚性 PCB 本身在结构上都是相同的，因此选择替代供应商引入问题的风险很低。

但是对于挠性电路，一个挠性电路制造商与另一个挠性电路制造商之间即使存在微小或不可预测的差异，也可能会改变由材料选择和设计因素产生的特有属性。 例如，某一挠性电路制造商可以标准化一种类型的黏接聚合物，其与另一种黏接聚合物性能“等同”。然而，不知为什么，两种黏接聚合物在 OEM 的特定应用中却有不同的表现，其中一个就会失效。 这是 OEM 无法承担的从一个挠性供应商转换到另一个挠性供应商的风险。 最初的挠性电路已经证明可以通过 OEM 的测试协议来应对挑战，然而转换到另一个供应商却可能会带来灾难性的后果，甚至电气特性也会受到影响。

第三个因素是市场上新产品开发的速度。在过去的几十年里，几乎所有设备和新产品的生命周期和产品寿命都急剧缩短。 OEM 希望其供应商的交付窗口与他们自己的开发工作的速度保持一致，OEM 的产品开发速度比

以往任何时候都要快。海外挠性电路供应商有一定的障碍，例如响应性、时区差异、通信障碍和交付等。一旦挠性电路工程和定制工作得到解决，并且即使在样品阶段也能成功通过测试，对于选择海外供应商而获得的潜在成本节约与由于改变供应商可能引入的重大问题而产生的经济影响，OEM 难以做出合理化的比较。

正如所讨论的那样，挠性电路行业之所以根植于美国，并不是因为某个单一因素，而是多种因素造就的：解决关键机械功能的挠性电路；OEM 需要利用挠性电路供应商的专业知识解决机械功能问题；改变供应商时，可能出现由机械问题导致的潜在风险及

对 OEM 产品开发周期速度产生的影响。对于 OEM 而言，了解挠性电路的要求是采购过程中的关键要求。此外，特别是对于具有非传统功能和应用领域的挠性电路应用，OEM 还应该认识到与作为材料科学专家的挠性供应商合作是必经之路。**PCB**



Jahn Stopperan 是 All Flex Flexible Circuits 公司的业务开发经理。他的同事 Dave Becker 退休之后，Jahn Stopperan 将继续该专栏。

2019年IPC手工焊接&返工返修竞赛已启动报名

久负盛名的 IPC 手工焊接 & 返工返修竞赛已连续成功举办九届，凭借国际标准、公益性运作方式、公平

& 公正的比赛原则搭建的国际性平台，已帮助很多优秀的公司和选手走出国门，走向世界，为参赛公司的发展前景和选手的职业生涯开创了更广阔的发展空间。因此，IPC 手工焊接 & 返工返修竞赛亦愈发受到业界的欢迎，2019 年首场华东赛区的比赛现已启动报名。

2019 年 IPC 中国手工焊接 & 返工返修竞赛共设四个分赛区：华东赛区的比赛将于 3 月 20-22 日在慕尼黑电子展上举办；华北赛区的比赛将于 5 月 6-8 日在北京国际军民两用装备展览会上举行，中西部赛区的比赛将于 6 月 13-15 日在成都国际现代工业技术博览会上举行，华南赛区的比赛将于 10 月 10-11 日



在慕尼黑 LEAP Expo 上举办。以上四个分赛区的冠亚季军将受邀参加 10 月 11-12 日在慕尼黑 LEAP Expo 上举办的

中国区冠军赛。中国区冠军赛的前三名将受邀参加 2019 年德国慕尼黑电子展上举办的 IPC 手工焊接 & 返工返修世界冠军赛，与其他国家或地区的优胜者同台竞技，展示中国选手和企业的实力。

2019 年 IPC 手工焊接 & 返工返修分赛区竞赛要求选手在 40 分钟内用指定元器件恢复一块 PCBA 的原设计功能，综合考评参赛选手的焊接技能和返工返修技能；裁判为拥有 IPC-A-610G 版、IPC J-STD-001G 版和 IPC-7711/21C《电子组件的返工、修改和维修》这三份标准 CIT 证书的资深标准应用专家。

阅读全文，请[点击这里](#)。

特殊材料：下一代挠性电路的先决条件

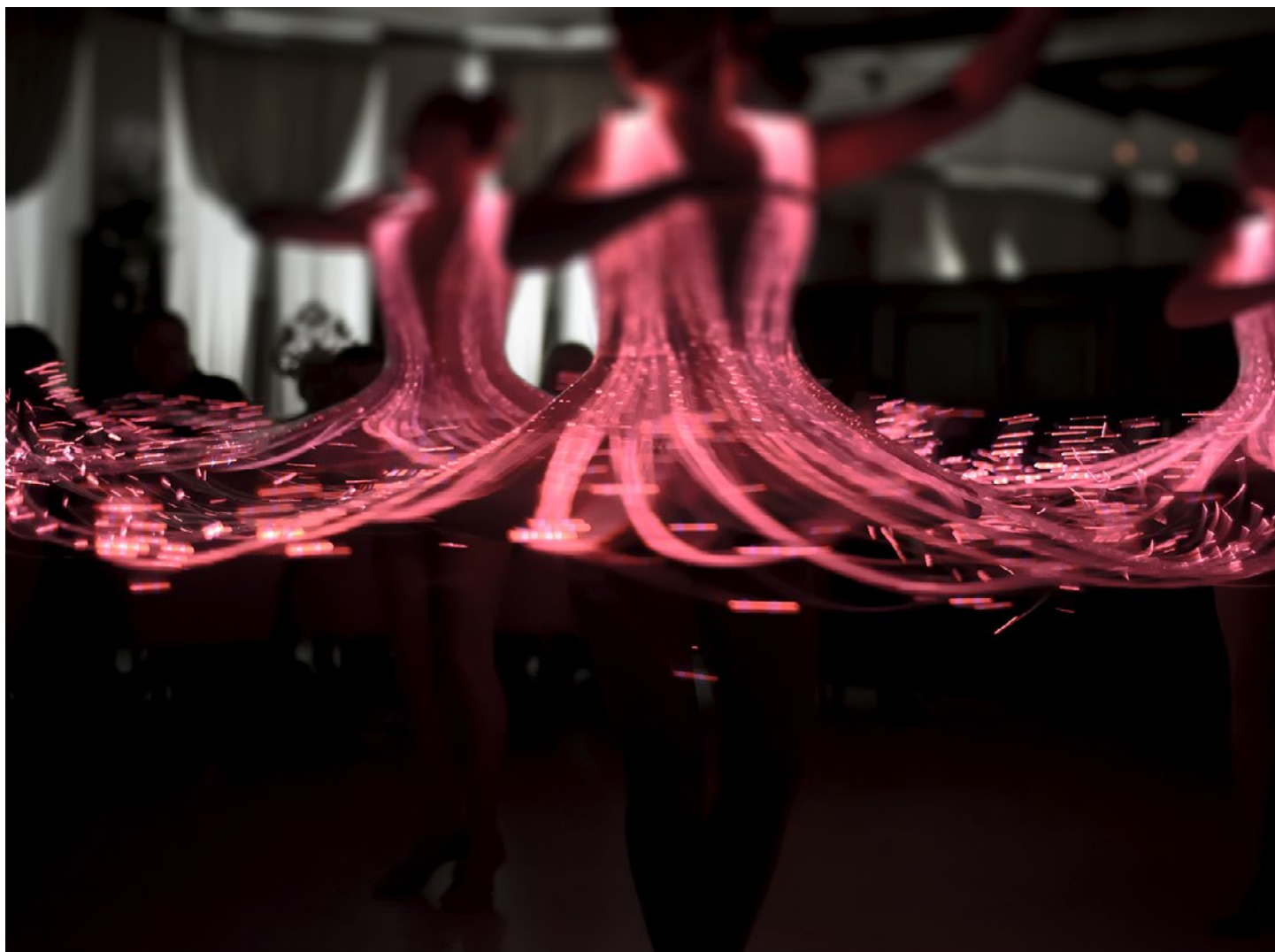
by Dominique K. Numakura

DKN Research

在亚马逊搜索“可穿戴技术”，会出现20000多条搜索结果。毫无疑问，可穿戴电子设备已经造就了一个新的电子产品市场，特别是那些专门用于医疗和保健的可穿戴产品。可穿戴设备需要3D挠性布线，因此挠性电路是这些设备的适当解决方案。与传统的挠性电路

相比，可穿戴电子产品要求电路构成具有不同的性能。以前，我们建议客户根据标准设计指南设计挠性电路，以优化性能和提高制造良率。可穿戴电子产品驱动我们去改变对这些新性能先决条件的思考模式。

由于基材的挠性，3D布线是典型挠性电路的主要特征之一。但是，却受到了传统挠性电路中可供选择材料的限制。设计人员只能选



推介 CapStone™ 优势



**双倍增大您的挠性印制电路板生产产能
同时减少30%的加工成本**

以新技术提供更高品质与更好的产出

Capstone机台糅合了ESI最新一代的激光控制能力与引领市场的强健的激光科技
在不损质量与精度一毫的前提下, 呈现卓越表现

让您的投资物超所值

提升加工能力, 减少成本支出

客户所需, 使命必达

快来告诉我们您的需求吧!



了解更多关于
CAPSTONE的详情



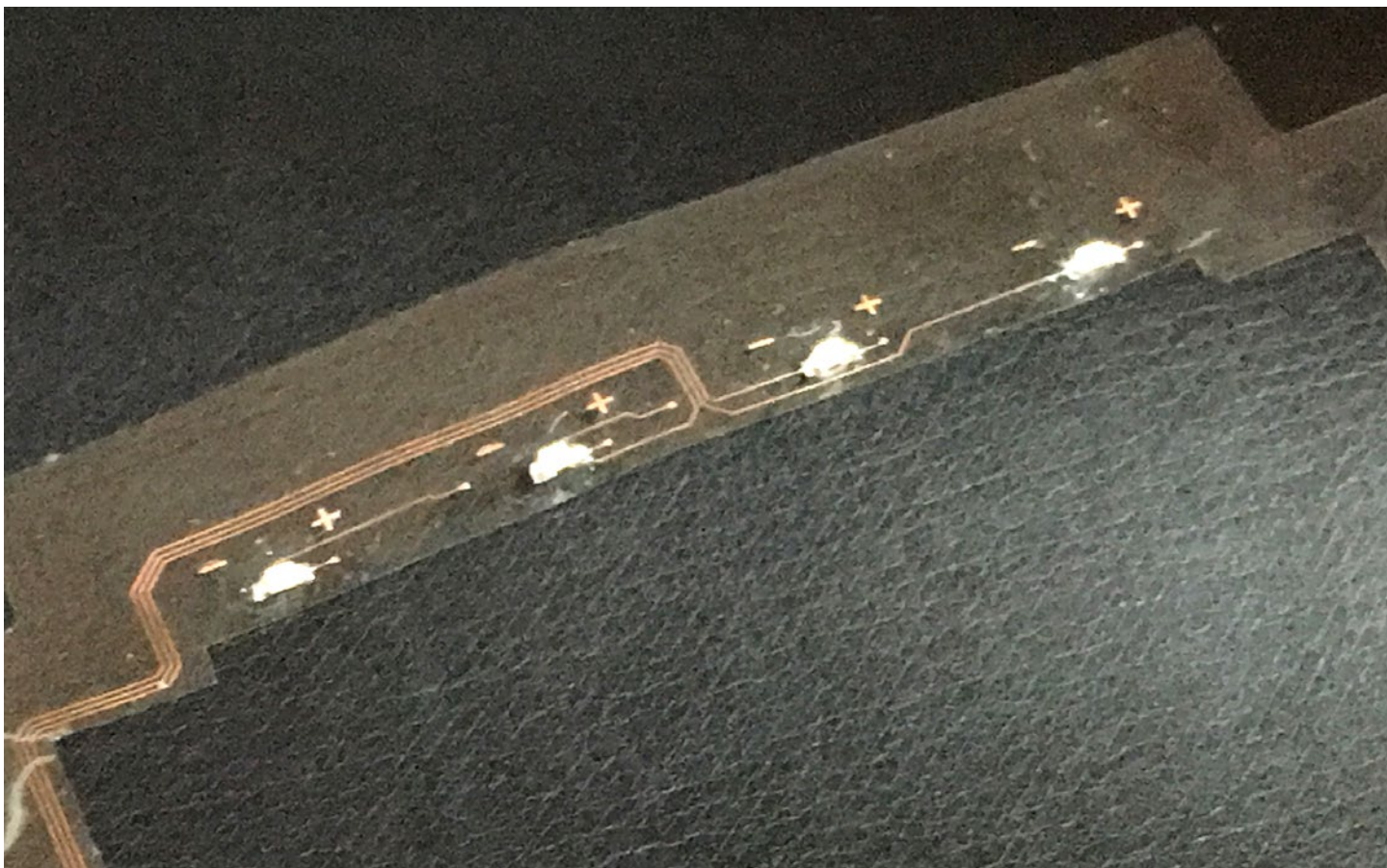


图 1：透明电路中的 LED 照明模块

用有限的几种材料创建电路。聚酰亚胺薄膜是高温工艺（如焊接和引线键合）的有限选择之一。它作为传统挠性电路的介电材料具有良好的平衡性；然而，使用聚酰亚胺薄膜作为可穿戴布料是不舒服的。舒适性是可穿戴技术中最重要的考虑因素，但是当薄膜直接附着在皮肤上时，塑料薄膜的低透湿性不能提供这种舒适性。薄膜的色彩也阻碍了其应用，其中的艺术价值要考虑消费者眼睛的感受。基材需要更高的尺寸稳定性以提高工艺良率，但是医疗保健设备在连接到身体时却又需要一定的弹性。因此，对基材的要求存在冲突。

为了满足传统挠性电路技术的新要求，业界已经开发出了特殊材料。这些材料不一定是新产品，而是经过改进生成了一些独特的性能。

下面是几种特殊材料的实例。

数家化学公司在过去几年开发出了透明聚酰亚胺薄膜。有些薄膜具有与传统聚酰亚胺薄膜相同的物理属性，但它们还能吸收少量光。通过化学镀或溅射可获得没有胶粘层的覆铜箔层压板。典型的挠性电路制造商可以使用标准光刻和化学蚀刻工艺生成透明电路。由于其透明性，新的挠性电路看起来类似于 PET 基电路，但它在焊接和引线键合时具有足够的耐热性（图 1）。这种材料可以作为光学模块的挠性基板，但需要更多的试验来实现透明导体。材料选择包括 ITO 薄膜、银纳米线和微金属网；但是，没有一种材料能够提供完美的解决方案，客户必须从有限的候选材料中选择一种。

修改现有材料的另一个例子包括采用橡胶

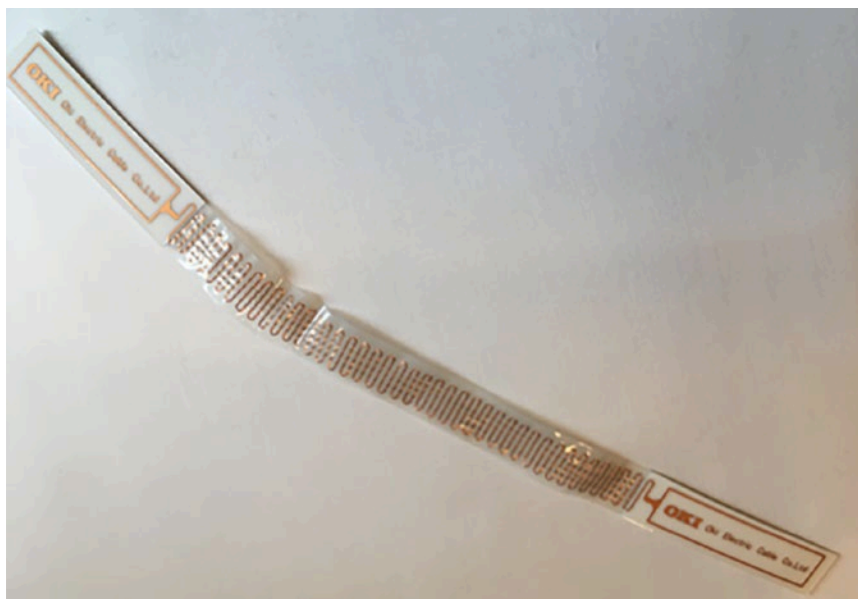


图 2：建在聚氨酯片上的蜿蜒导体

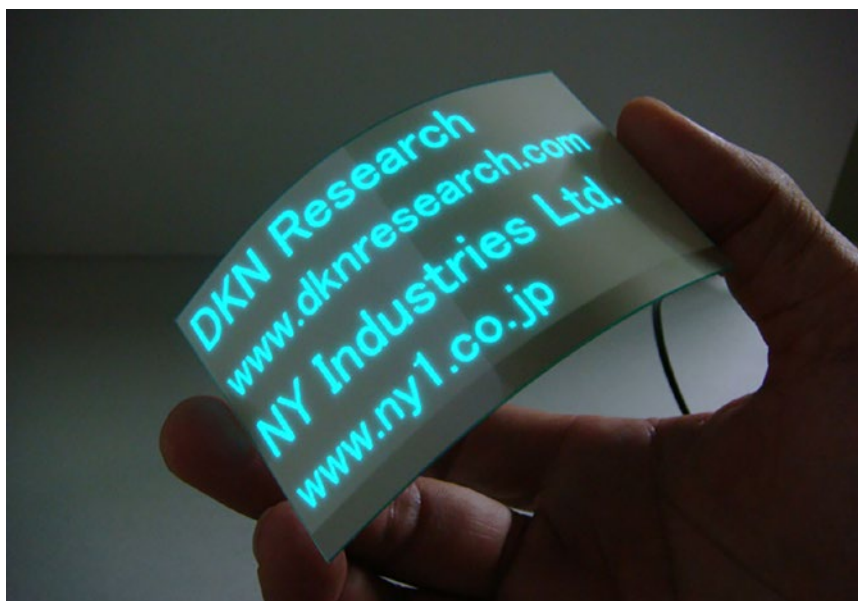


图 3：通过丝印制成的挠性 EL 显示器

基基板的弹性电路。通过光刻和化学蚀刻工艺或导电油墨丝网印刷在薄聚氨酯片上生成蜿蜒曲折的导线（图 2）。它们需要带有通过热层压或化学镀形成的橡胶片的覆铜层压板。铜箔提供高导电性，但在热层压过程中应使用弹性胶作为黏结层。化学镀不需要胶层即可获得可靠的黏结强度（这是一个优点），但在化学镀

之前需要特殊的表面处理，以确保与导体的可靠粘接强度。

只要应用不要求大电流，在弹性基板上丝网印刷银浆是最好的解决方案。由于厚膜导体的基体材料是软塑料（例如环氧树脂和聚氨酯），与金属铜箔导体相比，印制的导体具有更高的弯曲耐久性。新的弹性电路可以被认为是附着在皮肤上的医疗保健模块领域最有价值的替代品。可穿戴电子设备的材料需求包括柔软的棉质感、吸收水分的能力、淀粉膜生物分解等。

最后一种材料涉及有源电子电路，而不是无源电子电路。随着新特殊材料的引入，传统生产线已能够生产有源器件。图 3 给出了通过丝网印刷工艺生产的挠性 EL 显示器的实例。大多数设备在挠性电路的制造中非常普遍。电子发光（EL）材料和透明导体是这种结构中使用的特殊材料。梦寐以求的有源器件越活跃，对新特殊材料的需求就越大。这些材料包括光伏电池、原电池和二次电池、可弯曲的显示器，传感器、致动器等。每一种新特殊材料都使我们更加贴近挠性电子产品。我们相信挠性电子产品和

可印制电子产品协同工作将可为可穿戴电子产品带来新的价值。**PCB**



Dominique K. Numakura 是 DKN Research LLC 公司的总经理。如需阅读往期专栏或联系 Numakura，可[点击此处](#)。

Cadwell 公司的 挠性电路 解决方案



by Andy Shaughnessy

I-Connect007

目前，业内一些公司开始越来越多地采用挠性电路，原因各异。医疗设备公司 Cadwell Industries 也在通过增加挠性电路的使用来提高产品的可靠性。近日，我采访了 Cadwell 公司的工程支持专家 Jarrod Schulte，邀请他探讨了医疗设备中挠性电路的设计详情，以及刚性电路和挠性电路在设计方法上的异同之处。他强调要在设计阶段初期就与制造商尽早沟通。

Andy Shaughnessy: Jarrod，可以先介绍一下你在 Cadwell Industries 的职责以及有关挠性电路的工作内容吗？

Jarrod Schulte: 我刚进入 Cadwell 公司时是一名售后维护技术员，差不多做了 4 年。之后工程部要招聘一名 PCB 设计师，我当时完

全没有这方面的工作经验，但是我非常了解公司的产品，这是我的优势。

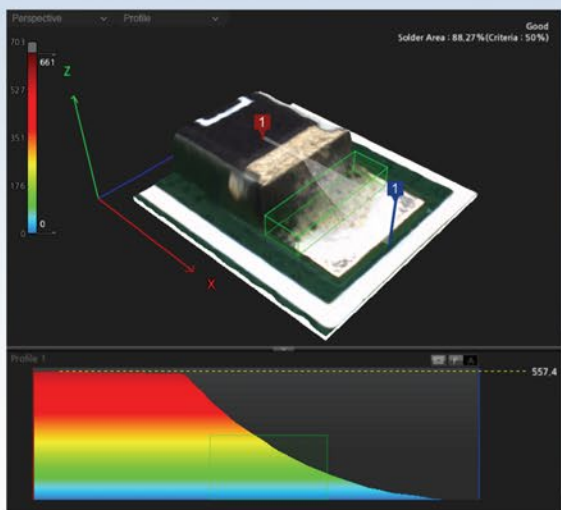
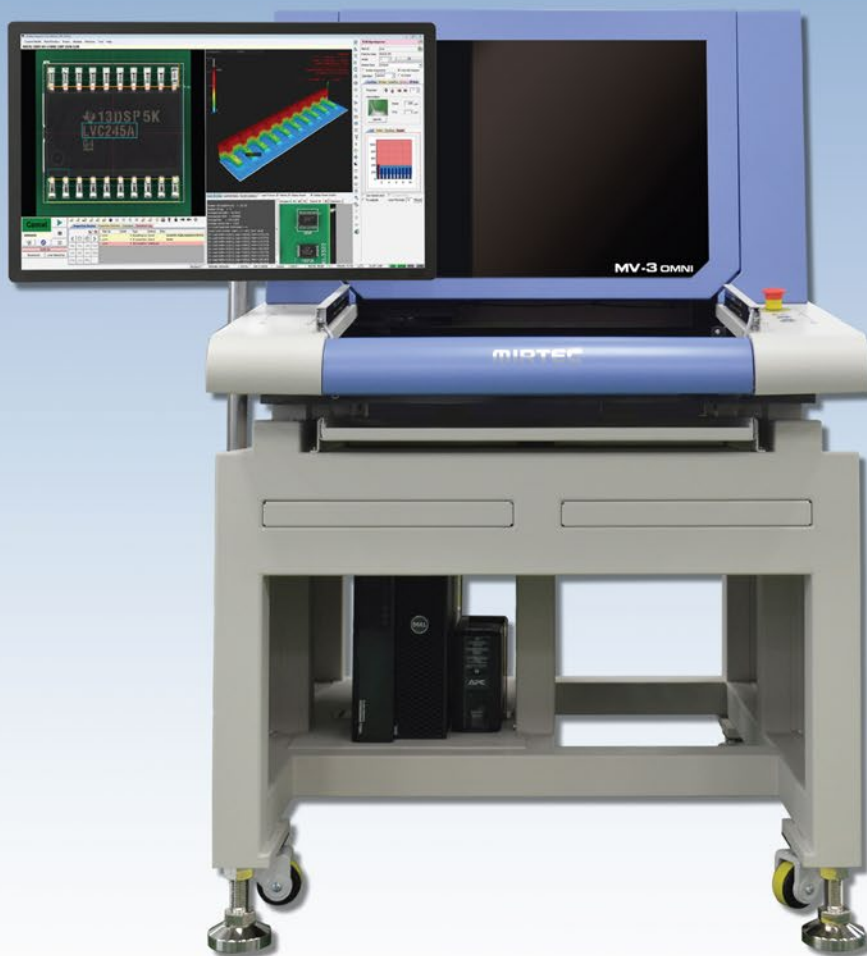
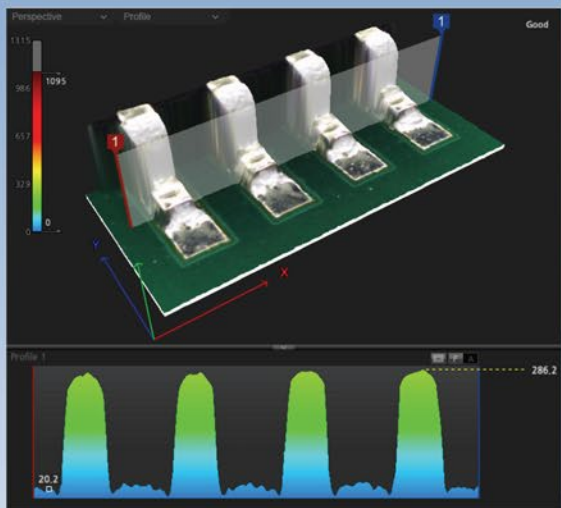
所以我进入了 PCB 设计部，开始向公司的高级 PCB 设计师 Shawn Windom 拜师学艺。他是一名非常棒的老师，还鼓励我去参加 IPC 组织的 CID 培训。从正式入职工程部的那一刻起，我就开始钻研任何我能接触到的东西。我在家里制作了一个 3D 打印机，我非常享受这个过程，现在我已经是公司 3D 打印方面的专家了。我还会从事挠性电路板和很多刚性电路板的设计工作，同时也做一些注塑成型工艺的相关工作。总的来说，只要有事情需要去完成，我都会去尝试。

Shaughnessy: 你是公司的全能选手。

Schulte: 我确实扮演着这样的角色。

Shaughnessy: Cadwell 公司最初为什么要采

有可能是世界上技术 最先进的桌面3D AOI **MV-3 OMNI**



- ▶ OMNI-VISION[®] 3D检测技术
- ▶ 1500万像素CoaxPress相机技术
- ▶ 10um远心复合透镜
- ▶ 1000万像素SIDE-VIEWER[®]相机技术
- ▶ 8阶彩色光源系统
- ▶ 完全胜任3D共面性和焊料圆角检测



欢迎访问我们在
NEPCON CHINA(4.24-26)的展位

www.mirtec.com

用挠性电路？

Schulte: 我们也是最近才开始真正涉足这个领域的。在我还没进入工程部之前，大概在 21 世纪初期，我们公司开始使用挠性电路板。但当时他们的运气不太好，所以直到最近，我们都一直在连接器板和正在构建的放大器或刺激器板之间的采用刚性 90 度互连结构。

最近我们一直在设计高级加固结构，我和 Shawn 把挠性电路作为可能的解决方案。因为挠性电路的特性，可以保证连接是非常稳健的，但同时又是动态的；去掉挠性电路部分后，两个刚性电路板是相互独立的，可自由移动。今年，我们完成了 3 个挠性电路设计。所有这些设计都是作为两个垂直线路板之间的接口，而且我们在新项目中也采用了一些这样的设计。

Shaughnessy: 所以说它和刚挠性设计类似，但又不完全一样。

Schulte: 没错，我们会分别设计挠性部分和刚性部分。大多数产品设计一直采用刚性板，但如果考虑产品的耐用性，我们就会设计挠性互连线缆，如果这样，线缆每一端都有一个卡扣连接器。这种方式的成本比刚挠结合设计的成本低很多，而且使设计具有模块化特性；如果电路的挠性部分出了问题，你只需要替换挠性部分就可以了，不需要替换整个刚挠结合板。

Shaughnessy: 你基本上是把挠性电路当作线缆使用。



图 1: Jarrod (右) 和他的兄弟 Brandon Schulte 参加完 10 英里的“最强泥人”挑战赛后在休息。他们兄弟二人都曾经是爱达荷大学的橄榄球运动员。

Schulte: 是的。我们只是将患者输入或输出连接器的电路板采用线缆连入放大器或记录仪等设备。刚挠结合板不仅设计复杂，而且生产成本很高，所以我们尽量不使用。盲孔和埋孔这类结构会使制造复杂性增加，所以我们会尽量避免设计中出现这类结构。我们尽量使设计保持简单，除非产品的尺寸或其他属性成为主导因素，我们才会考虑采用复杂结构。我们就在这座大楼里完成所有产品的维护工作，所以我们设计的产品尽量是只需要维修或更换出现问题的电路板，而不是在出现故障时直接换掉一大块机电组件。你只需要替换某个特定的线路板，这样就能够帮客户节省很多维修成本。

Shaughnessy: 你们的哪些设备使用了挠性电路?

Schulte: 我们现在生产神经诊断设备, 这些设备可用于肌电图检查 (EMG) 和神经传导速度 (NCV) 研究。我们最初设计的脑电图 (EEG) 放大器有 32 个通道, 现在研究的新产品将会有 512 条通道。我们已经开展了一些新睡眠研究项目, 很快就会推出多功能睡眠记录仪 (PSG) 产品。

我们还制造术中神经监测设备 (IONM), 它可从运动和感觉两方面监测神经通道, 可以在手术过程中指导外科医生。它可降低病人在术后出现神经损伤的风险。IONM 领域非常有趣, 我所描述的只是这个设备所有功能的冰山一角。例如, 当我还在维修部任职的时候, 我的职责包括通过电话提供技术支持、以及现场维修和测试设备。所以偶尔会接到手术室工作人员的电话说他们的设备出了问题。你必须在他们正在进行的手术过程中尽快让设备恢复正常。这可不是玩笑, 但这是一件好事。我感觉自己就像是外科手术团队中的一员, 在手术室里参与手术。

Shaughnessy: 针对这些设备, 可靠性是你们的重中之重, 对吗?

Schulte: 没错, 可靠性具有非常高的优先权, 尤其是与手术室相关的产品。我们希望生产出的产品不会在使用过程中出现问题, 能够让客户信赖。

Shaughnessy: 你们需要使用 HDI 或任何其

他尖端技术吗?

Schulte: 随着产品轻薄短小, 我们开始涉足高密度和 BGA 设计。但就目前来看, 我们还是会尽量避免采用这些技术。常规密度对我们而言更容易制造和组装, 在生产过程中会较少出现问题。采用常规密度可以让研发过程中的故障排查设计更容易, 而且如果能使用大一些的零件, 可靠性也会增强, 所以我们还是倾向于采用常规密度。但我们正在推出的一些产品的确在提升我们的设计能力。我们在不断往产品中添加元件, 增加层数, 尽可能提高产品密度。

Shaughnessy: 你们设计出的挠性板或刚性板都是在哪里生产组装?

Schulte: 我们的产量非常低, 所以会固定一两家工厂负责生产。我们和生产商的关系非常密切。这也是为什么我们能保证产品具有较高可靠性的方法之一——与那些我们可以信赖的厂商合作。所以我相信就算我们犯了错, 他们也可以帮我们发现错误。

Shaughnessy: 制造商经常会说: “我们希望设计师在设计过程中尽早和我们沟通。”

Schulte: 在 Cadwell 公司, 是设计师和工程师负责订购组件和线路板, 所以我们可以和生产、组装 PCB 的厂商直接沟通。我们公司以工程部为主, 而不是上级下达命令说“我们要节省这些电路板的生产成本。”成本不是我们首要考虑的因素。

Shaughnessy: 我知道有很多制造商考虑进入挠性材料生产领域，因为这个领域的利润非常高。

Schulte: 我也只是从去年才开始从事挠性电路设计，所以没有办法直接给出客观的看法。对我而言，挠性设计非常简单，至少对我最近的设计而言是这样的。尤其是和多层刚性板设计对比而言。挠性设计顶多就是由一些连接器、铜、粘合剂、聚酰亚胺带构成。我最近完成的设计中就只使用了连接器这种元器件。但我们确实利用这种结构减少了外壳空间，而且产品的可靠性也得到了提升。

Shaughnessy: 对于从事挠性电路设计工作的人而言，你认为他们面临的最大挑战是什么？

Schulte: 对我而言，最大的挑战是一开始要花大量时间专门研究挠性设计。一开始，我先是联系挠性电路制造商，询问他们有没有设计指南。几乎每个人都发给了我一份设计指南并且对我说：“如果你按照这些规格要求完成设计，那可真的是帮了我们一个大忙。”而且他们会告诉我一些小技巧，教我如何让产品变得更可靠、更灵活。

一旦我找到一家我感兴趣的工厂并且对方会积极给我答复，我的问题就可以得到更具体的解答，所以我的设计也会变得更精炼。但最大的难题在于要快速掌握设计挠性电路板所需的术语。并不是说这些术语与设计一块简

单刚性板所需的术语完全不同。只是说在设计挠性电路板的过程中要谨记这些不同的规则。

Shaughnessy: 你认为 EDA 工具在完成挠性电路设计方面的性能如何？EDA 技术是否已经赶上了挠性电路的发展？

Schulte: Cadstar 的性能并不理想。它更适合应用于刚性设计，它在刚性设计方面的表现非常好。但我们的工具包中真的没有一样工具很适合做挠性板设计。我们最近改用 Altium，我很期待能够进一步了解这个软件工具里有关挠性电路工具的性能。

我们使用 SOLIDWORKS 进行所有的机械设计，会把 Altium 直接插入 SOLIDWORKS 使用。你可以在 Altium 环境中设计挠性电路，然后转交给机械工程师，他们可以把这个设计直接安装到组件当中，在订购产品之前确保这些设计都是互相适配的。

至于挑战，确实有些问题是非常难解决的。确定挠性电路板的长度也许看起来非常简单，但是如果在 2D 环境下设计产品然后转移到 3D 环境下操作，有时候很难确定哪

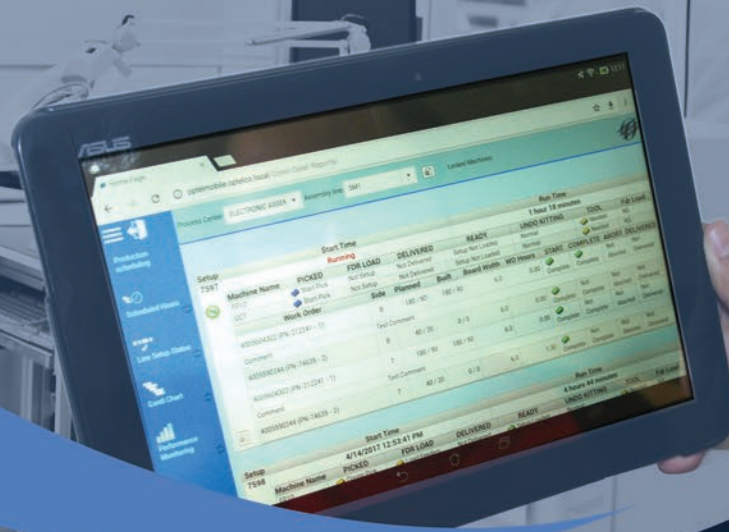
些地方需要弯折或者是在插入连接器以后会施加哪种压力。这是电路板唯一需要进行调整的地方——增加或缩短长度。除此之外，工厂还会耐心回答所有问题，确保我提供给他们的设计足够可靠并且能够投入生产。



图 2：业余时间，Jarrod 是一名木工

Shaughnessy: 你们每次都要做一个样板吗？

工业4.0近在眼前 实时移动端生产控制， 尽在Optimal电子！



创新软件解决方案的全球供应商

致力于改善电子组装领域的生产力，实时控制和可追溯性
先进且独特的动态生产计划，提供即时的生产改进，
更可实时移动端生产控制Optimal提供真正的精益制造环境
投资回报率超高！

100%是必须的！

保证100%组件可追溯

符合第4级IPC-1782可追溯性标准。

“Optimal电子通过不断推出创新的功能和提供卓越的技术支持，不断刷新其在我们脑中的印象。”

- National Instruments



OPTIMAL ELECTRONICS

Optimal Electronics, 13915 N. Burnet Road, Suite 312, Austin, TX 78728
Phone: (512) 372-3415, www.optelco.com, info@optelco.com

Schulte: 不是每一次都做。实际上，我能想到的一个例子就是所有的板子，甚至是刚性板，都是第一次投入生产，所以我们手上没有任何实体可以用来看它的具体结构。全都是概念模型，我们最多也就是在模型上画一些曲线然后说：“看起来差不多就是在这个位置。”

我们没有实体可以放一个模型进去看看是不是匹配。但是一旦我们拿到了实体，我们就能够知道长度要设计成多长。我们画出一个模型然后剪下来，和我们手中的实体进行对比，再根据需做出相应调整。

Shaughnessy: 你对 IPC 的挠性电路标准有什么看法？

Schulte: 我浏览了这些标准，看看有哪些内容与我现在从事的工作是有关的。这些标准的主要用途是确保我能找到所有我需要的 UL 等级。与刚性材料相比，弯折材料的可燃性标准有所不同。对于这类信息，我相信 IPC-2223 会有帮助。

我从工厂拿到的很多设计指南都与 IPC 标准内容类似，只不过是重新整理成了快速易懂的版本。只要有时间我还是喜欢去查标准。一旦我需要弄清楚一个问题时，我首先想到的就是找到相应的 IPC 标准，查看是否有认可的标准操作方法。

Shaughnessy: 是的。人们会批评标准流程，而且认为标准制定出来的时候就已经是过时的信息了，但至少你能通过标准知道有哪些方法是可信的。

Schulte: 我同意你的说法。你可以尝试去做标准上说你不应该做的事情。与我们合作过的工厂和组装公司都曾经在接到我们的设计以后告诉我们：“我不知道能不能生产出这个产品。”我们会共同合作，直到这个设计能够投入生产并且具备可靠性。

Shaughnessy: 医疗设备行业的公司一定要遵守 FDA 法规，对吗？

Schulte: 是的，FDA 和 ISO 60601 指南。这是对我们的设计影响最大的标准。不论何时，只要我们设计出新的产品，就要经过严格的测试和认证，确保产品符合所有 FDA 和 ISO 的标准。我们还希望能够获得 CE 标志。这是另一套我们一定要遵从的标准，似乎每个国家都制定了独立的监管体系需要我们去遵守，这方面需要我们花很多精力。在此，向我们的监管部门致敬。

Shaughnessy: 是的。你们公司有多少 PCB 设计师和 EE？

Schulte: 包括我在内一共有两名 PCB 设计师。很长一段时间内，Shawn 都是 Cadwell 公司唯一的一名设计师，但随着我们不断推出新产品，他有些忙不过来了，所以把我招纳进了设计部门，让我接受培训，所以现在我们两个人共同分担设计工作。

EE 也是一个非常精简的团队。我们有 7 位具有不同专长的设计工程师，其中 4 名专业电路设计工程师，2 名做固件的工程师，还有 1 名工程师既可做电路设计，也可做固件。哪个项目需要投入最多的精力或者是需

只有亲眼所见，才会了解



今天就
联系我们
预约参观

Lab One

准备好迎接下一代电子检测系统了吗？

想要了解新的YXLON X射线和CT检查系统能为您做什么？
欢迎光临我们位于硅谷的全新实验室——**Lab One**，一探究竟。

将X射线和CT，射频电源和电子束的技术与专业知识一网打尽，Lab One在这里帮助您找到解决方案并抓住机遇。今天就联系我们吧。

要优先完成哪个任务，我们的团队就会全力以赴，共同完成那个项目。很多工程师会一直跟踪一个项目。我会协调各个项目，保证一切正常运转，为工程师的要求提供支持。

Shaughnessy: 你们的工作环境听上去真不错。公司的总部设立在华盛顿吗？

Schulte: 是的，我们的总部在华盛顿 Kennewick，我们的设计、制造、维护和所有支持工作都是在总部大楼里完成。

Shaughnessy: 你所说的制造是指组装吗？

Schulte: 没错，是指组装。我们会订购所有的复杂钻头、PCB 组件和注塑零件等。然后厂家把这些物品寄到我们这里。我们有负责生产的全职员工来完成整体的组装工作，而且所有设备都是我们自己生产的。我们对电路板和设备进行测试，然后就在自己的工厂里完成生产。

Shaughnessy: 所以说你们外包出去的就只有制造？

Schulte: 没错，制造是公司唯一不做的一部分，我们会尽量与当地厂商合作。镇上一家注塑工厂就一直与我们有着良好的合作关系。我们设计的大多数 PCB 都由俄勒冈州 Forest Grove 的 Westak 公司生产。他们是非常优秀的合作厂商，他们的工程部员工能为我们提

供很好的反馈，而且这家工厂距离我们只需 3 小时车程，如果有任何问题出现，我们直接开车过去就可以。当你和合作伙伴没有语言障碍并且距离很近的时候，合作起来就方便多了。



Jarrod Schulte

Shaughnessy: 对于那些刚进入挠性电路领域的人，你有什么建议吗？或者是要避免遇到哪些问题？

Schulte: 我的建议是，要提前做好功课。如果你很熟悉刚性板设计，你就会发现挠性设计只不过是之前的设计多加了一些弯折结构。我的首要建议就是要和负责生产的工作人员

沟通。我在参观工厂的时候，包括组装工厂和制造车间，他们对我们谈论的内容都能够产生共鸣，而且会说“如果每个人都能像你们这样和我们沟通就好了。”

Shaughnessy: 大多数设计师都从来没有去过电路板工厂或者有 25 年没有去过电路板工厂，因为他们在工作中都身兼多职。

Schulte: 这真是难以置信。我进入这个行业只有 5 年，但是我对刚性板或挠性电路生产所涉及的工作量之多感到非常震惊。我还没参观过挠性板制造工厂，但我已经有这样的打算了。在刚开始从事设计工作的时候，我和 Shawn 参观过刚性板工厂和组装厂。我问 Shawn：“我们不能在一天内参观完电路板生产厂和组装厂这两个地方吗？”他笑着跟我讲：



减少空洞 是建立伙伴关系 的重要因素

如何减少空洞是一个很复杂的问题，因为许多因素都能够导致空洞的产生。为了解决这个常见问题，Alpha致力于了解所有影响空洞的元素：

工艺专家

线路板设计
回流曲线
表面处理
机械参数

创新产品

焊膏
预成型焊片
高可靠性合金
网板设计

让我们立刻开始

如果您承诺了让您的SMT工艺处于领先地位，我们能帮助您找到可行减少空洞的解决方案。

alphaassembly.cn



“你马上就不会这么想了。”

确实，当我离开 PCB 工厂的时候已经是目光呆滞了，有太多信息需要消化。这个流程太复杂了，但很吸引人，而且我认为设计师应该去参观这些生产他们所设计产品的工厂。只有了解这些工艺流程，你才能更自信地认为设计出的产品不需要返工，不需要做出任何修改。

Shaughnessy: 是的。你是不是曾经说过你们还会直接打印电子产品？

Schulte: 不一定是电子产品，还有 FDM 类型的塑料印制产品。我非常热衷于这些技术，还制造了几套产品。我在工作中也开始钻研这个领域，我们聘用了一名负责 3D 打印技术的机械工程师，我们两个人有一台新的打印机，我开始大量使用 3D 打印零件来完成测试夹具的设计。在此之前，我不得不在 2D 的 ACAD 中绘制夹具载板，然后把文件发送出去以便完成 FR4 裸板的布线。一旦收到这些板，我就经常需要完成一些手动组装工作。但凡出了一点问题，我就要重复整个流程。而现在我可以用 Solidworks 设计产品，打印出来以后再验证它的形状、匹配度和功能。之后就可以在同一天生产出需要的数量。

Shaughnessy: 3D 打印的发展真的太惊人了。现在只需要采用这种技术就可以先生产出一块电路板了，再也不需要按以前的方式生产样板了。

Schulte: 如果按照我的想法去做，我们会购入更多的 3D 打印机，打印各种各样的东西。

Shaughnessy: 热衷于这件事真的很不错。

Schulte: 最开始我就是因为车载音响和电脑才对电子产品感兴趣的。

Shaughnessy: 你有没有注意到一批年轻人正在涌入这个行业？很多上了年纪的工作人员都到了退休年龄，也有一些人正在进入这个行业，但是人数不多。

Schulte: 我们工程部的员工当中有一半都会在 5~10 年以内退休。过去的几年中，我们一直在给工程部扩招员工，所以 40 岁以下的年轻人也进入了我们公司。我们很幸运能有很多经验丰富的工程师，他们其中有一些人已经在公司工作了 30~35 年，是非常值得信赖的员工。当你感到疑惑的时候，你都能从他们那里得到答案，或者他们也会告诉你谁可以解答你的问题。

让这几代员工在一起工作是一件好事。新人可以带来新的技能，而资深员工能让你脚踏实地、按照正确的方向去发展，而且他们会给那些虚心求教的人提供很有价值的建议。

Shaughnessy: 你还有其他内容想要分享吗？

Schulte: 很开心能有这次机会与你交谈。我很享受这份工作，而且也热衷于电路板设计工作。我没有想到我会一直从事这类工作，也感到很幸运能够坚持下来。这份职业非常伟大，我希望人们有更正式的途径去了解并学习这种技能，而不是工作以后才接触到它。现在没有任何一个有关设计类的专业认证，

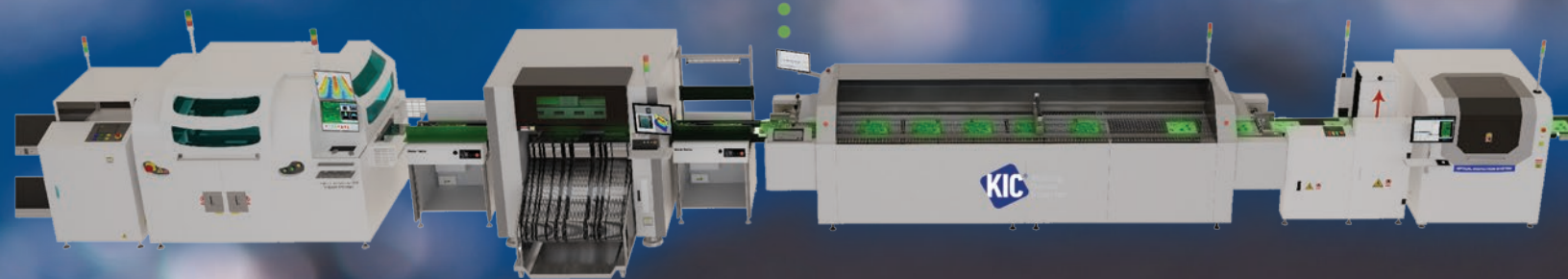
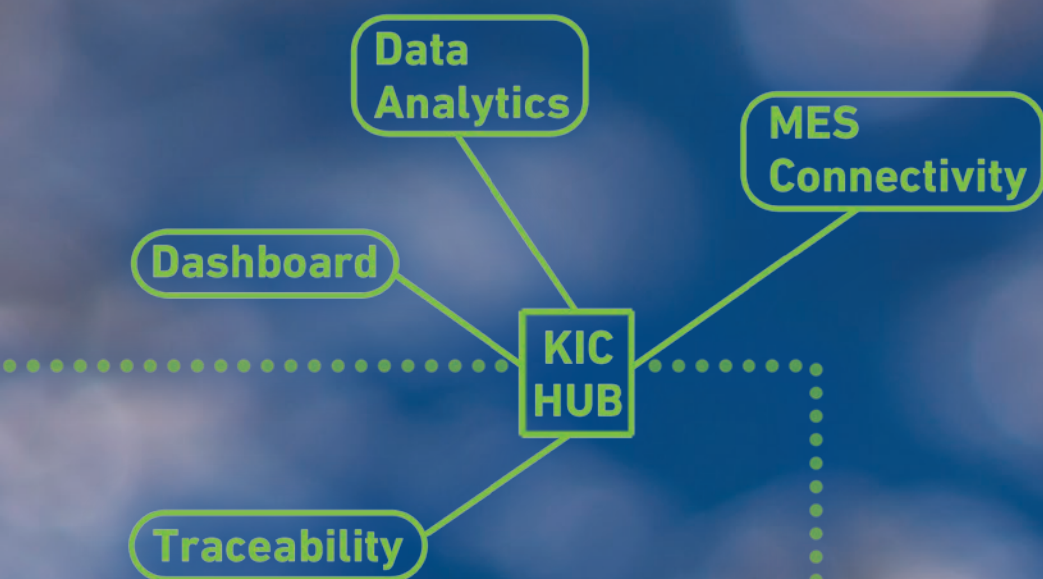
您的PCB温度曲线是什么情况了？

...此时此刻呢？

KIC RPI i4.0

自动化

曲线测量 - 可追溯 - 仪表板 - 数据共享



- 稳定的质量
- 降低生产成本
- 提高生产力
- 回流焊工艺的连通



只有 IPC 的 CID 和 CID+ 证书，行业内很少有这样的培训了。我没听说过有哪所技术学校开设 PCB 设计类课程或是提供相关证书。你必须要去实际进行大量操作才可以获得这项技能。

Shaughnessy: PCB West、APEX 和 DesignCon 开办了相关课程，但是大学并没有开设 PCB 设计类课程。

Schulte: 是的，这一点令我很惊讶。你去看一看招聘启事就能发现，很多时候公司会要求工程师去从事 PCB 的布局工作，我觉得他们要求的太多了。了解具体设计和一般电路设计以及精通这些知识是一回事，但是设计 PCB 又是另外一回事。这真的是两个完全不

同的领域。

Shaughnessy: PCB 设计并不像按一个按钮那样简单，虽然一些工程经理会这样认为。

Schulte: 我们经常开玩笑说，你只需要上传一张原理图然后选择“确认”，再按回车键就能得到一块 PCB。这是启动自动布线软件的捷径，但这种方法只会得出劣质的产品，所以你还是要花时间设置自动布线软件设计制约，和你布线所需要花的时间一样多。

Shaughnessy: Jarrod，谢谢你抽出宝贵时间接受采访。

Schulte: 也谢谢你给我这次机会。PCB

美国PCB客户对关税的看法？

现在，美国对进入美国的中国商品加征 10% 的关税，并有可能在 2019 年开始再加征 15% 的关税，美国的电路板用户正在观望他们是否仍有能力从中国公司购买 PCB 电路板。与我合作的一些公司已经开始向其他亚洲供应商询价，有趣的是，中国的 PCB 价格是如此具有竞争力，即使加征 25% 的关税后，他们仍然比其他亚洲公司的 PCB 便宜。此外，美国人更喜欢使用中国公司的产品，因为中国公司的 PCB 质量高，交货准时，看起来对在美国销售 PCB 的中国公司来说，总体情况仍然有利。

但最重要的是，尽可能使在美国销售 PCB



Dan Beaulieu

更容易。当供应商能够消除购买 PCB 的美国客户的所有担忧时，他们还是乐于购买的。这意味着交货要尽可能灵活。当有问题时易于处理，最重要的是把他们作为客户放在第一位。美国人总是认为客户永远是对的。美国有一句老话：“第一条规则，顾客永远是对的……第二条规则，参见第一条规则。”永远记住，要卖东西给美国人，你必须像美国人一样思考。祝你们的 PCB 在美国销售顺利。

有关如何在美国进行成功销售的更多信息，请联系 Dan Beaulieu (danbbeaulieu@aol.com) 或致电 207-649-0879 与他联系。

阅读全文，请[点击这里](#)。

HDI手册 免费下载



我们广受欢迎的HDI中文版手册是您电子藏书库中不可或缺的一本。

HDI手册由行业专家撰写，他们是HDI的奠基人与开拓者，其中就有HDI教父 Happy Holden。

现在注册，免费下载该书 @
www.hdihandbook.cn

挠性电路如何帮助电路保持纤薄

by Joe Fjelstad

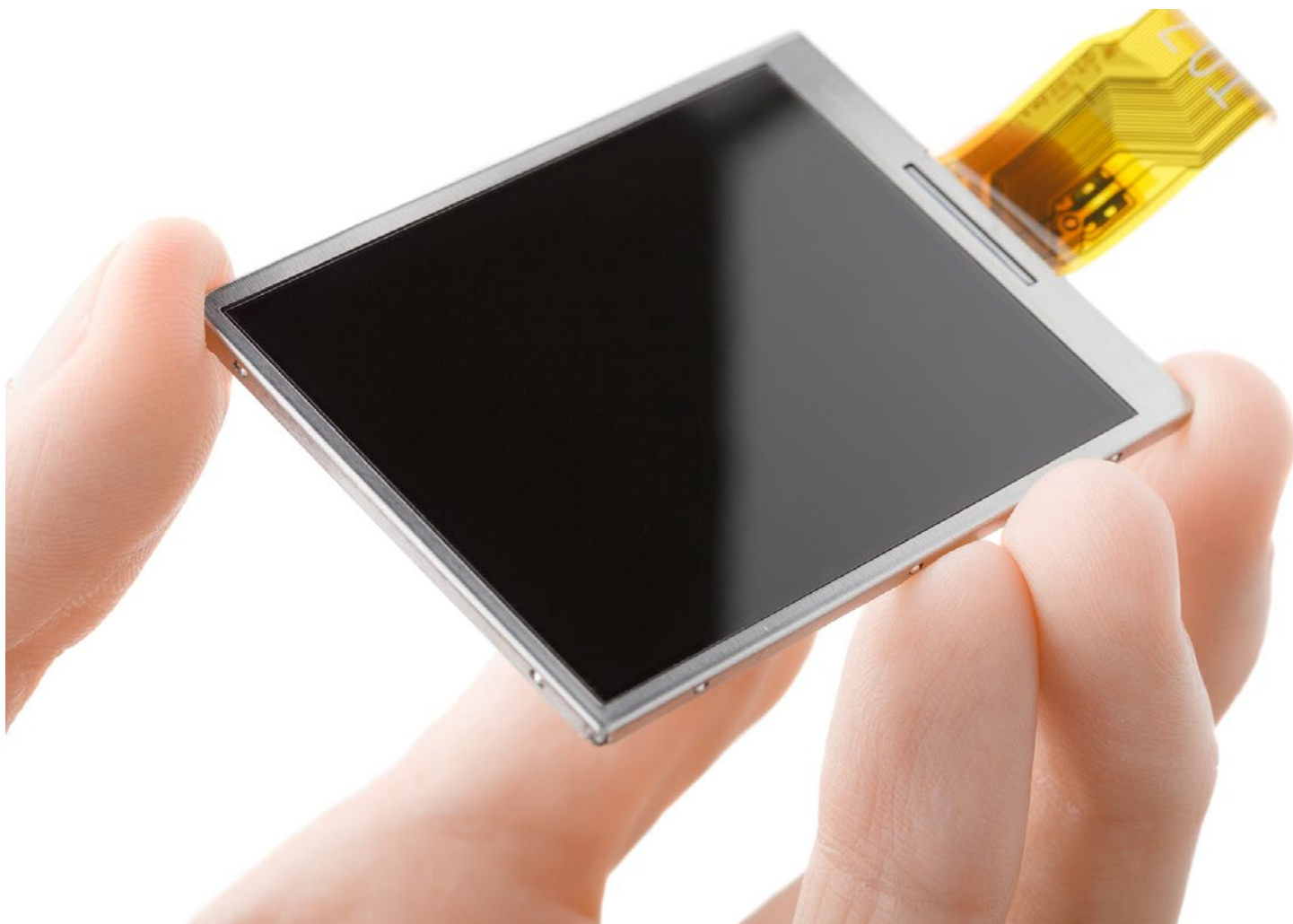
Verdant Electronics

产品越来越薄的发展趋势已经悄无声息地持续了多年,而且还有可能继续发展下去。挠性电路使“保持薄型”一词有了全新的含义。

为了让挠性电路能够持续使产品变得更薄,他们将需要来自电子互连产业中其他元素的一些帮助,以继续推动产品变得越来越薄、越来越小。在该进程中,半导体工业是主要的技术合作方。今天,半导体晶圆的厚

度已薄至 25 μm , 有时甚至可以更薄。有趣的是, 由于富有创新精神的半导体工程师的努力, 曾被认为特征尺寸已难以再减小的限制被他们突破了。

由于相对面的结构差异, 薄晶圆往往会翘曲, 甚至可能像报纸一样卷起, 这一直是令人担忧的问题。IC 封装(包括晶圆级封装)有助于保持厚度减小增益, 同时最小化总厚



点料早已不再是难事，
现在我们将它变得更快捷！

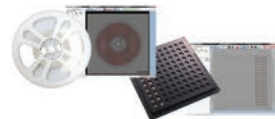
VJ Electronix Summit 1800i



XQuik II自动点料机搭载 *AccuCount* Technology

VJE的XQuik Auto结合独特的影像技术，提供最高的对比度与解析度，以及强大的自动计数算法和材料运送，为您带来高速精准的元器件计数。

- 与主流MES系统，
存储解决方案高度兼容
- 自动标签打印
- 高精度处理01005与更小的008004元器件
- 无需编程或者建立资料库，轻松应对市面上95%的元器件
- 不仅仅是省人工，还有超高投资回报率



老款的优点都保留，
新款**Summit 1800**还有以下亮点

- 针对大板（最大22x33英寸）的高速度与高精度
- 可以处理80mm的元器件
- DIMM连接器与CPU插槽应用的首选
- 增强的Micro Passive性能
- 与现有的Summit 1800完全兼容

Bohemia, NY Suzhou, China Hartzviller, France Budapest, Hungary Bengaluru, India

VJ Electronix
19 Alpha Rd.
Chelmsford, MA 01824-4124
www.vjelectronix.com
Email: electronixsales@vjt.com
Tel: +1 631 589 8800

 **VJ ELECTRONIX**
Process Control Solutions
CONFIDENCE DELIVERED

度的增加，此外，由于 3D 组件成为应对密度挑战的更突出的解决方案，晶圆堆叠重新定义了高密度芯片实现方案的可能性。

在使产品更小更薄的进程中，另一个要素是无源器件技术。埋入式无源器件技术长期以来一直是制造薄型组件采用的方法之一，尽管这并不是它的设计初衷。埋入式无源器件最初是为节约电路所占用 PCB 表面面积而采取的方法。事实证明，它们在诸如通常装有无数分立器件的模拟电路应用中尤其具有吸引力。最尖端器件变得如此之小以至于其几乎与“飞斑 fly specks”一样无法区分，使得问题更加严重。因此无论是对于贴装工艺还是焊接工艺，它们的组装都成为了挑战。

然而，分立器件有一个极具吸引力的特性，使其突破了大多数嵌入式替代品的极限。更具体地说，就是分立器件具有更好的公差，不易随时间漂移。因此，人们已经做了相当多的努力，把分立无源器件埋入电路板。迄今为止，所有已知的努力都集中在使用具有传统水平朝向的标准器件上，因此增加了对更精确的贴装精度和更昂贵的贴装设备的需求，需要设备做出进一步的改进。

一种具有吸引力的替代方案是创建无源和有源分立器件，这些器件很薄并且可以通过设计实现垂直方向的连接。已经设想并且实现了埋入式电阻的垂直朝向，然而，美国专利 No.7049929 中描述的结构变化可以说是更实用的。不管怎样，有趣的替代

概念涉及垂直朝向分立元器件的创建。这些预想的替代器件具有分立器件的所有优点，同时节省了表面空间，并具有更大的灵活性，可用于高密度电路组件的设计。

随着材料科学的不断发展，尤其是

薄型分立元器件组装

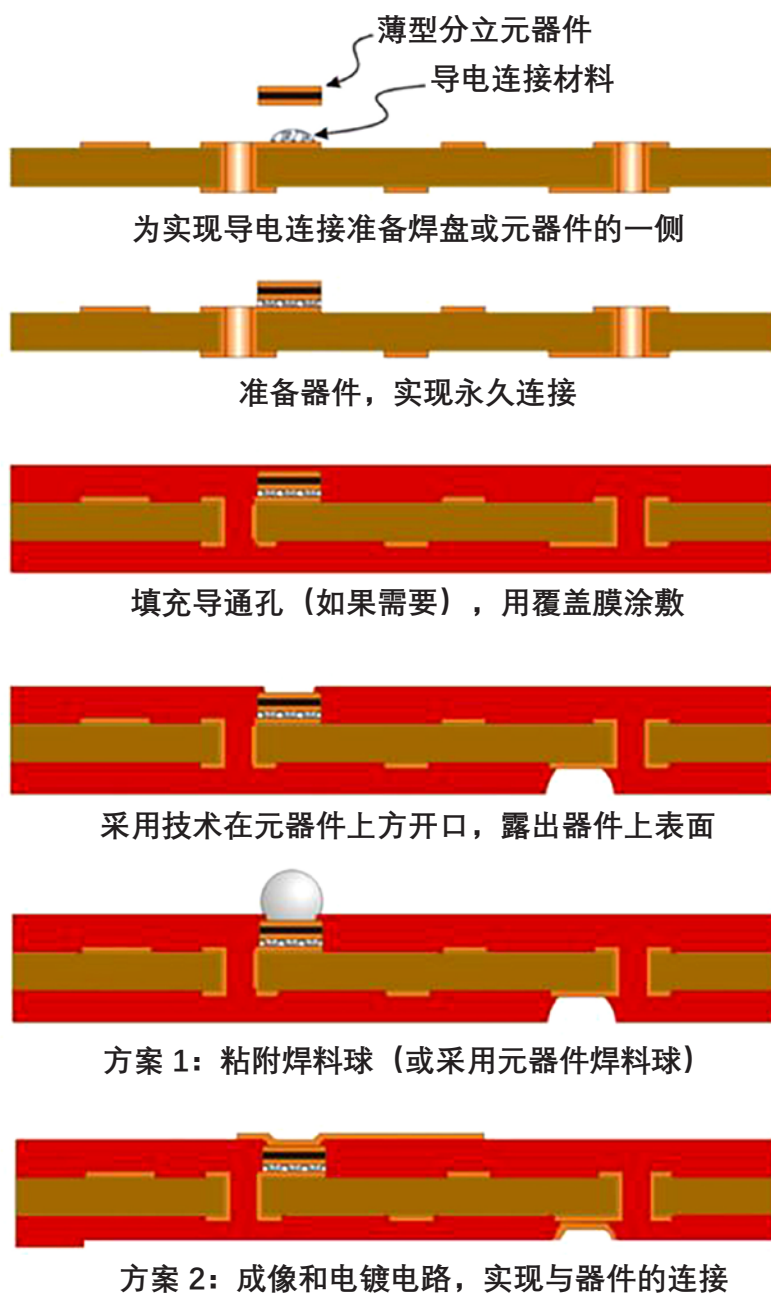


图 1：小体积挠性结构及其组装实例

纳米技术的不断发展，创建具有各种电阻值及电容值的器件以满足广泛的设计需求，已成为可能。例如，介电常数材料如 $\text{MgNbO}_3 + \text{PbTiO}_3$ ，介电常数已达到了 22600。因此小而薄的器件能够提供大量的电容，还可以缓解对上世纪 70 年代开始实施的大尺寸分布式电容技术的依赖。电阻，特别是那些具有低电阻值及低精度要求，及最少公差问题的电阻也是这类设计的很好候选对象。不过，随着时间的发展，毋庸置疑，更高精度和更高公差要求的器件也应该会越来越多。

对于适合于埋入电路的垂直朝向分立器件，需要对电路制造过程做出一些适当的调整，而且目前需要有能够完成该任务的特殊设备。此外，应该减少对旋转和精度的关注。

图 1 为预期结构及组装工艺的实例。

总之，未来对于更薄电子产品的需求仍将不断发展，并且将会继续突破限制。所描述的解决方案以及减少使用焊料的工艺（可能是影响组件整体高度的重要因素），可能会在帮助电子产品在未来几年保持薄型方面发挥重要作用。**PCB**



Joe Fjelstad 是 Verdant Electronics 的创办者，是电子互连与封装技术领域的国际权威和创新者，他在美国拥有和正在申请的专利有

150 多项。他是《挠性电路技术》、《现代电子芯片规模封装》等书的作者及编辑。

多少次热循环就是过多？谈 PCB 返修上限

工艺工程师对 PCB 返工工艺提出的典型问题之一是：“多少次热循环就是过多？”以另一种方式问，就是，“在仍可合理地保证 PCB 在其运行环境下的可靠性没有受到影响的基础上，如何规定一块 PCB 可返工次数的极限值？”

回答将取决于多种因素，但它在很大程度上受电路板在其终端运行环境下功能的影响。例如，与当地快餐店（1 级产品）赠送的玩具相比，在飞行中保护乘客（3 级产品）的飞机控制模块对最大条件有不同的设定要求。对



于本文的主题，要考虑返工周期消耗了 PCB 有效的热机械寿命的一部分。

计算允许的最大返工次数时，需要考虑几个因素。一些最相关的因素包括 PCB 的设计、材料（包括印刷电路板设计中涉及的元器件）以及 PCB 经

历的热循环或加热和冷却循环次数。《IPC-7711/21 返工和维修指南》文件也支持多种因素，并没有一个特定的数字，该文件规定如下：“本文件不限制印制电路组件的最大返工、修改或维修次数。”

阅读全文，请[点击这里](#)。

《印制电路 组装商指南》 作者 Traian Cucu 博士谈 低温无铅焊接

by Happy Holden

I-Connect007

近期，我采访了 Alpha 组装解决方案公司的 Traian Cucu 博士，我们探讨了低温无铅焊接的应用和优势，以及他们出版的关于该主题的 I-Connect007 电子书。

Happy Holden: 我是 Happy Holden，现在在 SMTAI 研讨会。我正在采访 Alpha 组装解决方案公司的 Traian Cucu 博士。他是 Alpha 公司研发领域全球应用与技术专家组 (GATE) 的组长。他也是 Alpha 团队非常成功的低温焊接 (LTS) 书籍的作者之一，该书可免费下载。很高兴见到你，Cucu 博士。

Traian Cucu: 很高兴认识你，谢谢你给我机会来谈谈我们的书和 LTS。正如您所说，我们最近出版了一本关于低温焊接 (LTS) 的书，并且受到了业内人士的广泛欢迎。由于显而易见的原因，每个人都对它很感兴趣，因为目前

印制电路组装商指南™

低温焊接



Morgana Ribas, et al.
Alpha Assembly Solutions

I-007
Books

的主题就是 LTS。转向低温工艺后可实现许多关键优势，所以组装行业的每个人都在研究 LTS 和无铅焊接，这些内容在书中也进行了概述。工艺中的热能较低，元器件上的机械和热应力就较小，这自然会对设备本身的长期性能和寿命产生积极影响。同样，组件的使用期对所有制造商的成本也会产生影响。

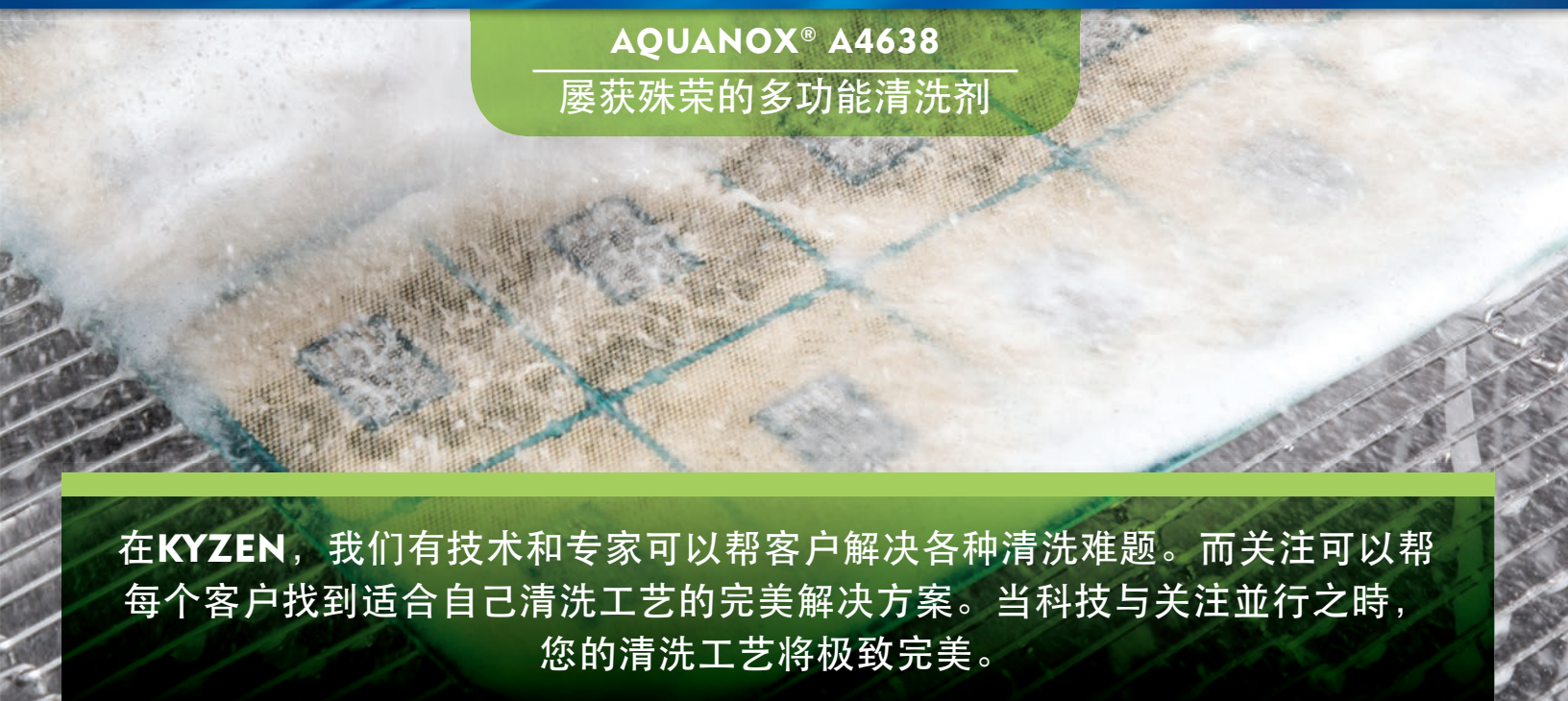
许多人问：“你们为什么现在研究低温无铅焊接？当我们从锡铅过渡到无铅时，为什么不直接采用 LTS 呢？”这些都是很好的问题。这些问题现在仍然存在，但已不再是大问题了。低温合金的主要成分之一是铋，铋与锡和铅形成低熔融相，实际上在约 98°C 熔化，这在向无铅过渡时造成了许多问题。正因为如此，当



科技引领创新 关注指引科技

AQUANOX® A4638

屡获殊荣的多功能清洗剂



在KYZEN，我们有技术和专家可以帮客户解决各种清洗难题。而关注可以帮每个客户找到适合自己清洗工艺的完美解决方案。当科技与关注並行之時，您的清洗工艺将极致完美。

应用于低间隙，細间距复晶封装
点击进入KYZENCares.com以获取免费的清洗解决方案



KYZEN.COM

享誉全球的环保清洗技术

从锡铅转变到无铅时，含铋的每种合金在当时都不能成为很好的候选项。

你们许多人可能还记得，在过渡时期关于无铅合金与铅合金的兼容性进行了许多讨论，做了大量的工作。基本上，元器件上都有铅镀层，而焊膏采用的是无铅合金，这时锡 - 银 - 铜 (SnAgCu, 或 SAC) 系列脱颖而出。对其中的成分略作调整形成了 SAC 系列合金，如 SAC 305、SAC 405、SAC 387 等。

目前已基本实现了 100% 的无铅化，这意味着该行业几乎没有含铅的产品了。实际上人们对含铋合金又开始感兴趣了，在这个时间点，我们实际上可以采用含铋合金了。在过去的几年里，关于第一代低温合金，我们已经看到开展了很多工作。我们也看到了很多行业在采用低温合金，其优势与好处，已经得到了证明。现在，我们正在研究第二代、第三代低温合金，行业正在寻求进一步改进它们性能的方法。对于第二代低温合金，我们已经接近与低温合金和 SAC 合金匹配的焊点的性能。第三代除了低温组装工艺现有的优势外，还将获得包括机械性和热性等方面的改善。

Holden: 确实能达到传统锡铅焊料所具备的性能吗？或者说，已超过了锡铅焊料的性能？

Cucu: 我们可以在某些领域超过锡铅合金，甚至 SAC 合金系列也可超过锡铅合金。锡铅合金——对于铅所带来的所有坏处——实际上铅与锡的合金化非常好，所以在某种情况下，我认为它总是接近或优于，我们将不得不研究其他方面的工作。然而，由于向无铅的转变带来了不同类型的合金，在许多情况下，我们看到锡铅时代的要求已不再存在。新要求是今天

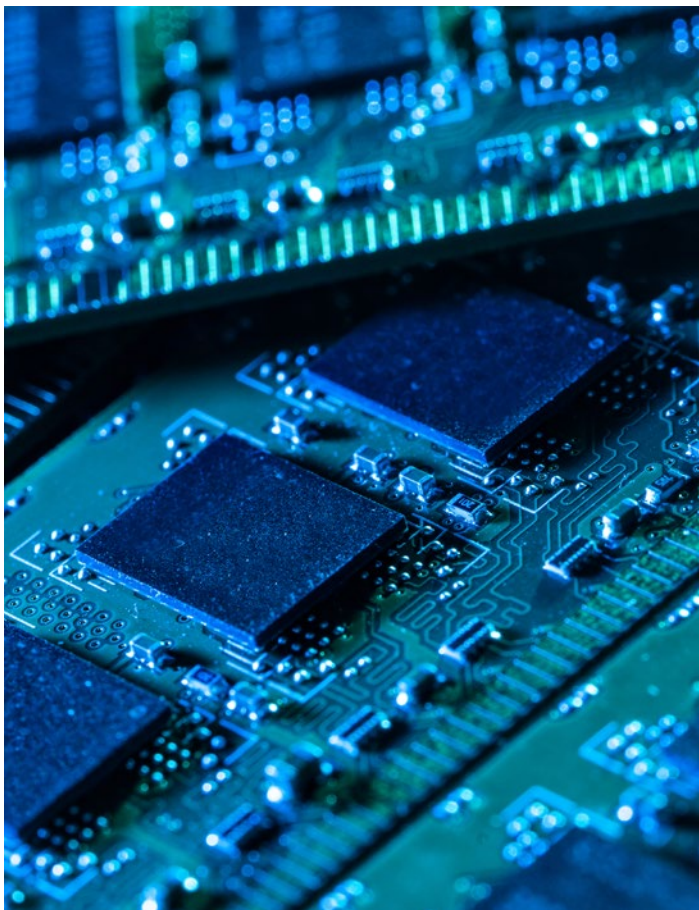
发挥作用的新兴技术的一部分。例如，如果您考虑汽车行业从内燃发动机转向电动发动机，您就会摆脱一些限制，但新的限制也会出现。

即使在某些应用中，也更难说锡铅比无铅更好。我们今天生活在不同的时代，正在研究锡铅时代不存在不同问题。电子组装行业前景还是光明的，许多创新材料正在发挥作用。目前很多人对组装领域不断涌现的新材料非常感兴趣，并加大自身研发希望能弯道超车。

Holden: 我经常旅行，我当然对飞机上的焊接接头在其环境中的可靠感兴趣，也对汽车所采用的越来越好的电子产品感兴趣。过去，它可能不像今天那样重要，所以很高兴看到科学家和工程师正在着手解决无铅的问题。锡铅焊接应该存在了很长时间了吧？

Cucu: 是的，可以追溯到文明早期，这就是为什么没有人可以实际申请专利的原因。正如我所说，铅在焊料中是一件好事。但它对人类或环境不利，与其他材料形成合金时效果却很好。

除了创新组装材料和技术之外，我们肯定正在考虑所有这些挑战，以确保我们为这些新应用做好了准备，例如电动汽车和汽车行业的驱动装置，使一切电动化，并且出于一系列原因不再采用内燃机。我们也在关注主板和通讯领域。越来越多的部件和更小的元件填满了电路板，并在电路板上采用更高的速度和更高的频率，这将带来更多的挑战。此外，我们需要了解和考虑始终存在的特定大功率元器件的热释放和表面绝缘电阻 (SIR) 电迁移问题。这些都是需要考虑的因素，材料供应商不断追求改进并努力为我们的材料提出新的解决方案。



Holden: 过去五年我驾驶的是混合动力车。平均每加仑汽油可行驶大约 47 英里，但是我的儿子们告诉我是车中橙色电缆的作用，他们能达到 800 伏。

Cucu: 我也驾驶混合动力车，他们很棒。想象一下，其中的所有电子设备只是为了让人们觉得我们——终端用户——正在驾驶常规内燃发动机。你没有感到任何差别。我的车每加仑大约可行驶 45 英里。

Holden: 我很惊讶，因为我已经做了 7 次免费软件升级，每次升级，我都会获得更高的性能和更好的里程数。五年后你可以谈论的产品不会太多，而且旧款产品要比全新的产品性能更好。

Cucu: 是的，这就是当今系统的美妙之处，你可以在一个系统中使用软件和硬件。我们需要确保车运行完美无缺，因为升级后，正如您所说，您可以将其移至下一代。更好的车型出来后，你不需要在短时间内改变它。我们需要确保我们能够胜任这项任务。由于所有这些要求，低温焊接将在未来扮演越来越重要的角色，基本上，正如我在开始时所说的那样，正是由于所有这些要求及电路板内的热能更少，从而提高了组件的可靠性。

Holden: 我建议每个人都应该下载 Alpha 低温焊接微电子书。本书约 50 页，是一本简短精悍的读物。除非你专门研究低温焊接，本书中您能发现很多关于无铅焊接的专门技术信息。我今天要感谢 Cucu 博士愿与行业分享他的时间和专业知识。对于初涉低温焊接的用户，您有什么建议吗？

Cucu: 正如你所说，向读者推荐这本书，是因为它是了解低温焊接的一个很好的渠道。你能从中了解到很多关于低温焊接的基础知识以及为什么要采用这种技术的原因。如有任何相关问题，欢迎随时与我们联系。我们非常乐意与您讨论并提供帮助。

Holden: 非常感谢。

Cucu: 谢谢 Holden 先生。很荣幸。PCB

[点击此处](#)，即可下载 Alpha Assembly Solutions 公司出版的微电子书——《印制电路组装商指南——低温焊接》中文版。

确保灌封成功的重要方法

by Alistair Little

Electrolube

上一篇专栏文章介绍了树脂及其应用在技术上面面临的挑战，主要讨论了客户对导热性、介电常数和树脂化学组成选择等方面的疑问。介绍了有关树脂的主要考虑因素后——希望对于这些上佳材料你有了更深入思考——现在应该再回到之前探讨的话题上，继续讨论树脂灌封的细节问题，并且我将介绍如何确保灌封成功的重要方法。

为了有效地灌封电路元件的布局，应该是可以让材料围绕着元器件平滑流动而不会产生过多的紊流。可能的话，较好的做法是按照一定的规则将元件间隔开。不规则的间距——尤其是 PCB 上离散区域内出现元件积聚的情况——会导致浇注时树脂形成漩涡，从而产生空洞和空气滞留现象，这会损坏树脂的热性能。

所需树脂量较大时，尤其是在灌封部分位置较

深的情况下，最后用逐层浇铸的方式达到理想厚度，而不是试图一次性浇铸完成。这种方式有助于控制放热的潜能（谨记：两种树脂在大量混合时会变得非常热）并减少空洞的形成。

空洞的形成（气泡）是树脂应用中尤为棘手的一个问题，生产者必须不惜一切代价避免空洞形成，因为这种现象会导致固化后的树脂灌封热性能降低，还有可能让高湿成分区域滞留在 PCB 表面，从而导致腐蚀问题的出现。防止形成空洞的最佳方式就是真空灌封法，但鉴于器件的几何图形、产量和成本等因素，这种方法并不适用于所有情况。如果无法采用真空灌封法，那么最佳操作方式就是在灌封过程的每一个阶段都谨慎处理材料从而最大程度地减少空气滞留现象。

例如，小心地将树脂和硬化剂倒入点涂设备储存器中，接下来将材料静置几小时让倒入过程中掺进来的气

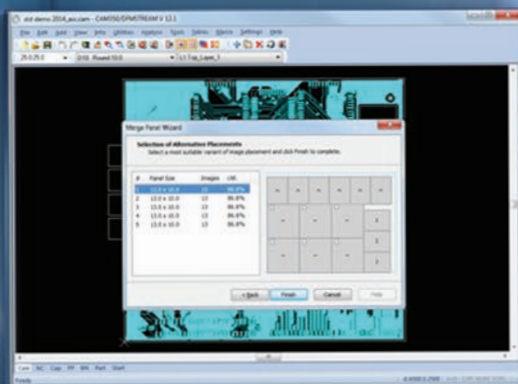


确保PCB制造成功的解决方案!



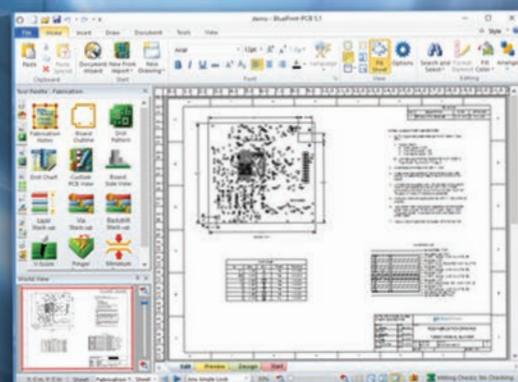
CAM350®

验证与优化PCB设计，
确保成功制造。



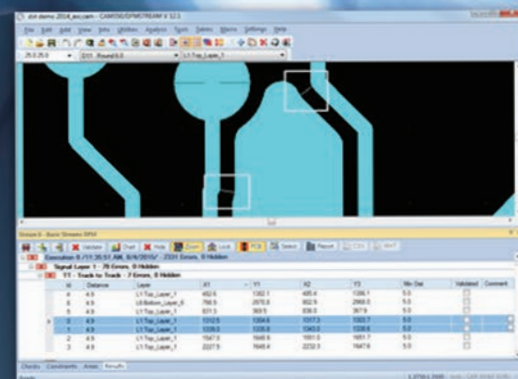
BluePrint-PCB®

创建全面的文档，
驱动PCB制造、组装和检查。



DFMStream™

在PCB设计周期内可随时
验证设计与制造规则。



DownStream Technologies致力于为您的PCB设计后处理需求提供全面的解决方案，以及工作流程改进。



请访问**DownStreamTech.com**



请点击这里申请**CAM350 12.2**中文视频电子教程

<http://www.kgs.com.hk/video.aspx>

体自然排到空气当中。如果储存器中配备了搅拌棒，那么搅拌速度应该设置成低档，避免在混合过程中混入空气。同时，在开始生产之前要确保点涂设备的生产线上已经完全排尽了空气。

在一天中定期检查树脂两种成分的注入量是一种非常好的操作习惯，这样就可以确保配料设备能够安全可靠地运行。如果注入量出现大幅波动，这表明泵可能出现了故障，比如空气从拼合管或出现泄露的联轴器中进入了系统，或者是开始生产之前没有将空气完全排出管道。

聚氨酯树脂容易受到水分影响，更容易与硬化剂发生反应产生二氧化碳气体，所以对固化会产生不利影响。同时，硅树脂对一些会抑制硅密封剂固化的化学品也非常敏感。在使用聚氨酯树脂和硅树脂的时候，必须要在加入材料之前确保管道和储存器干燥清洁。

为了保证系统中尽可能的干燥，应使用干燥剂塔或供应干燥空气或氮气。另外还很重要的一点是要确保材料容器在不使用时要始终保持密闭，同时还要定期监控安装到自动化设备上的干燥剂塔。干燥剂介质通常是分子筛或硅胶，也应该按需更新。此外，还应监控混合、配料和固化环境中的相对湿度，理想情况下这一数值应保持在 70% 以下；否则水分的进入会导致管道堵塞、储存器中的材料出现固化，固化材料结垢又会进一步造成泵卡堵。

在需要大量填充的树脂体系中，这些材料会逐渐出现沉淀现象；所以最好在生产过程中优先使用旧材料，这样才能保持良好的

库存周转。确保材料在倒入储存器之前是适当分散开的。一次只在储存器中倒入一日的材料用量。搅拌棒的速度保持在最低档，让材料持续搅动，这样可以保证树脂内的填充物适当地分散开。

加热树脂有助于降低树脂的黏性，从而使混合后的材料具有更强的流动性且更易于处理。注意——加热会降低混合树脂体系的可用寿命和凝胶时间，若使用聚氨酯则不建议加热硬化剂。

若生产批量较少，你更可能会使用树脂组合包，这种材料可以提供重量精准的硬化剂和树脂。在使用这种便捷的树脂组合包时，一定要在使用前确保两种成分已经适当混合。尤其要注意到包装内的边边角角没有遗留任何材料；否则配料的混合比例就会出现误差。

若要使用树脂组合包来灌封很多体积较小的部件，最好使用尺寸较小的组合包，这样更容易控制树脂的点涂。若一次性使用量较大的组合包，则很难控制树脂量。

总而言之，对这些注意事项有更全面的了解可以帮助你提升产品的可靠性和服务寿命，从而与客户建立愉快的合作关系。**PCB**



Alistair Little 是 Electrolube 公司全球业务 / 技术部总监。阅读 Electrolube 公司的往期专栏，请[点击此处](#)。

[点击此处](#)，可下载 Electrolube 公司发布的微电子书《印制电路组装厂指南——严苛环境下的敷形涂层》。



***THE* best way to find a PCB fabricator, anywhere.**

最好的寻找世界各地PCB制造商的方法.



Quick Search



Advanced Search



现在就试试吧!

ThePCBList.com

学习之旅

——从设计第一个挠性电路开始

by Tara Dunn

Omni PCB

有过这种经历吗？你正在设计第一个挠性电路——只有两层的简单电路。线宽和线间距都相对较大，孔的大小没有任何限制，这似乎是一个可以用来练手的完美设计。

完成初步研究后，进行布线，把设计文件发出去询价，然后下订单，非常自信地完成一系列操作。有一些与材料有关的工程问题，你做了一些记录，以便在未来应用，如关于覆盖层的更多具体要求，是否需要挠性阻焊膜或基膜覆盖层。

一切进展顺利，电路交付、组装及安装都按计划完成了。但接下来出现了一些问题，需要排除故障。从哪儿开始入手？完成

令人痛苦的检查过程后，你发现是有一个元器件太重太大，挠性电路没有补强部分无法支撑这样的元器件，在安装期间破坏了电路的布线。快速进行重新设计，增加了补强板，又重新下单生产，完成了该项目。以我这几年的经验来看，第一次设计挠性电路或刚挠性电路时，这是每个设计人员都会经历的过程。

有了这次学习后，我向一些客户和业界朋友请教，请他们分享关于他们第一次设计挠性电路的经历，包括“恍然大悟”时刻及对新挠性电路设计人员的建议。有一些问题是大家都共同经历过的。



功能强大的电路图绘制与 PCB 设计软件

PULSONIX

您是否正在寻找经济
高效的 PCB 设计软件？

别找了，其实
Pulsonix 就是答案。

- 易学易用
- 在集成 PCB /3D 设计环境中进行协同设计
- 可从您现有的 CAD 工具导入设计数据
- 使用约束管理器进行高速设计
- 免费使用 1300 万的组件库
- 机械 CAD 的步骤集成
- 从 Gerber 对您的设计逆向工程

访问

pulsonix.com

下载免费试用版。

立即联系我们，看看 Pulsonix 能
为您的工作提供怎样的帮助：

电子邮箱：sales@pulsonix.com

www.pulsonix.com

材料

在一些设计中，材料选择非常关键，特别是在动态挠性应用中，所有人的经历告诉我们，在第一次设计挠性电路时，可用的材料选项远比你想象的复杂。必须要做出几个决策：采用 RA 铜箔还是 ED 铜箔、采用带粘接剂材料还是无粘接剂材料、铜箔厚度、电介质厚度、覆盖层或挠性阻焊膜、增强板类型、聚酰亚胺还是 FR-4？权衡挠性电路的终端使用、可用材料、成本，从而做出决策，要求设计人员具备一定的技能和知识。

多层堆叠使电路变厚，弯曲电路时铜会裂开，这时就需要确定是否采用挠性电路。这种经历很常见，我也经历过。顺便说一下，大多数设计人员在叠层中采用非粘合层来解决这个问题。

另一个常见问题是材料交付时间似乎比预期时间要长，叠层问题比预期也要多。在库存、喜好、制造商之间的产能方面有很多变量。这方面的建议是：“在设计期间就与制造商密切合作，了解制造商的生产能力。”

导体布线

导体布线方法是需要学习的另一方面。几乎每个人都有过布线开裂的经历，解决之后，他们会对挠性电路设计及其性能更自信。挠性电路是机械与电气设计的混合产物，会引入很多变量。

我曾经有过这样的经历。要求采用双面电路的应用希望电路在安装和测试期间是可弯折的，但在产品寿命期间则不需要电路可弯折。第一次设计时采用了实芯铜做屏蔽，制造时采用了带粘接剂的材料。但在安装期间，电路在弯折区域开裂了。

修订设计时实施了几个新想法。布线垂直于弯折区域，材料换为不带粘接剂的，增加了交叉网屏蔽。这些措施都是提高挠性的好办法。但第2次设计生产后，在同样的位置还是出现了开裂。

第3次设计时，布线只出现在弯折区域的一侧，去除弯折区域所有的铜。另外，在发生弯折的区域增加了聚酰亚胺增强板，提供更直接的支撑。尽管在这次设计中几乎采用了所有的最佳方法，但还是出现了开裂。当他们意识到电路不仅是受到了来自已知区域的应力作用，而且当该单元工作时，它还受到了来自另一个轴施加的应力后，问题终于得到解决。第4次重新设计后，电路上的开裂消除了。对于所有参加该单元设计生产的人来说，这是一次痛苦的经历，但也是非常好的一课，通过这次学习，对于以后设计中的挠性有了更深入的了解。

我收到了很多关于导体布线的实用建议。其中的几个主要建议，包括避免导体尺寸和



方向发生突然变化，使导体均匀且垂直于弯折区域，增加所有内弯半径，使焊盘图形更大以增加应力释放，增加固定焊盘的连接点以减少组装过程中焊盘浮起的机会。

增加挠性

另一个讨论主题是通过增加挠性的各种选项获得设计经验。过去的设计实例提供了导体布线的很多技巧。对于需要考虑的另外选项，有经验的设计人员分享了他们的智慧，特别是动态弯折及应用相关，或要求的弯曲半径比推荐值更严苛时。他们分享的关键经验有：考虑去除弯折区域的材料；可以是电路中的切口，或去除覆盖层和粘接剂，形成更薄的组装件总厚度；要求图形电镀，只增加电镀通孔的铜，在制板的其他部分则不增加铜，就可去除设计中的ED铜箔；增加增强板去除包装中其他区域的应力点，从而使这些区域能更好地承受应力。

学习过程一定是很有趣的。每个人在最

初接触挠性电路时都可以学到新知识、收获经验。在找到问题的真相后，人们会自嘲，但我确信在当时只会感觉很有趣。挠性电路是PCB市场正在成长的领域，越来越多的应用要求采用挠性电路。

对于那些刚接触挠性电路的新人，或考虑在其今后的设计中采用挠性电路的人来说，几乎我接触过的每个人都会重复给予的建议是——尽早与你的制造商开始合作。我非常同意这个建议。这样不仅会避免材料可用性问题，制造商每天的工作都与挠性电路设计有关，他们非常愿意分享经验，帮助你制造可以正常运行的产品。所以你应该充分利用他们的专长！ **PCB**



Tara Dunn 是 Omni PCB 的董事长。Omni PCB 是专注于印制电路板行业的制造商代表公司。阅读往期专栏或联系 Dunn，可[点击此处](#)。

Real Time with...IPC EXPO实时在线报道

IPC APEX EXPO 2019 于 1 月 29 日在美国圣地亚哥盛大开幕，I-Connect007 对行业盛会 IPC EXPO 进行实时在线报道，展会云集有来自世界各地的近 500 余家为印刷电路板设计和制造以及电子组装、制造和测试提供器材、材料、服务和软件的公司。

美国国际线路板及电子组装技术展 IPC APEX EXPO 由国际电子工业联接协会（IPC）



及美国国际交流集团（AIE）联合主办，现已成功发展为北美地区电子行业负盛名的专业类展会。该展每年一届，同时，美国国际电子工业联接协会还是全面代表美国线路板及电子组装行业的国际性组织，其会员来自世界各地，该协会为其会员提供法规、最新技术和管理、国际事务和发展趋势方面的研究成果等服务。阅读全文，请[点击这里](#)。

高速先生看 DesignCon 2019

by 吴均
一博科技

Where the Chip meets the Board, 当芯片遇到 PCB 板! 这里是 DesignCon 活动现场!

高速行业“奥斯卡”DesignCon 又来了，这次是高速先生队长亲自出动，来到这个行业盛会的现场。看看身兼“技术”和“摄影师”双重身份的队长能给我们带来什么样的精彩报导。

说起 DesignCon，有的小伙伴觉得如雷贯耳，有的小伙伴却一脸茫然，我只听过 CES Show、德国慕尼黑电子展，DesignCon 又是什么，居然能被看作是高速行业的“奥斯

卡”？

说起这个理解上的鸿沟，就得从电子产品本身说起。说起电子行业的最新热点，小伙伴们一定是如数家珍的：大数据、云计算、AI 人工智能，VR 虚拟现实，3D 打印，5G……

传统看电子产品的角度就是图1，在DesignCon2019现场的朋友是不是觉得有点眼熟？是的，这就是一博科技的展台背景图。熟悉一博科技的小伙伴一定会说，你们又不做具体产品，蹭什么热点呀。我们既然敢蹭热点，那一定是有底气的。不管电子产品市场怎么风起云涌，城头变幻大王旗，我们看待产品的方式始终如一。

图 2 是我们用于 5G 论坛的一张 PPT，其

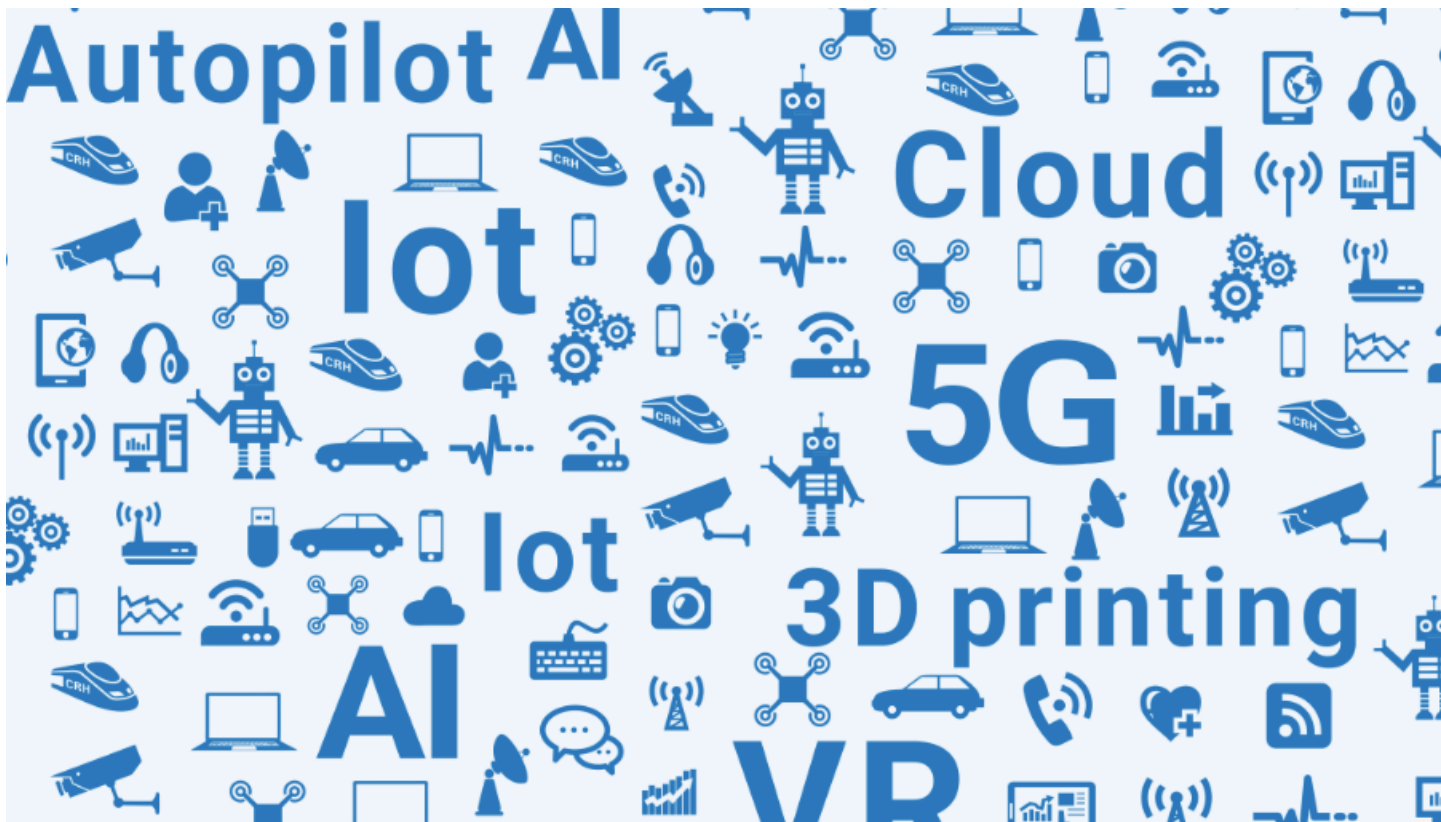


图 1: 电子行业最新热点

为什么全球顶尖的系统 设计师都在使用XPEDITION



Mentor® Xpedition® Flow/德国奥格斯堡的富士通技术解决方案团队, 荣获了2017年PCB技术领导 "最佳整体设计" 奖, 以表彰其设计的高速计算应用双插槽主板。该产品有着严格的生产和成本约束要求, 以及富士通对制造工艺"first-time-right"要求, Mentor Xpedition Flow帮助富士通奥格斯堡团队取得了项目成功。期间他们克服了许多挑战: 12层, 深度分析, 信号和电源完整性, 处理器散热, 热机械放置, 高阶布线, 最终创造了一个完美的设计。欲了解更多信息, 请访问: www.mentor.com/pcb/tla

Mentor®
A Siemens Business

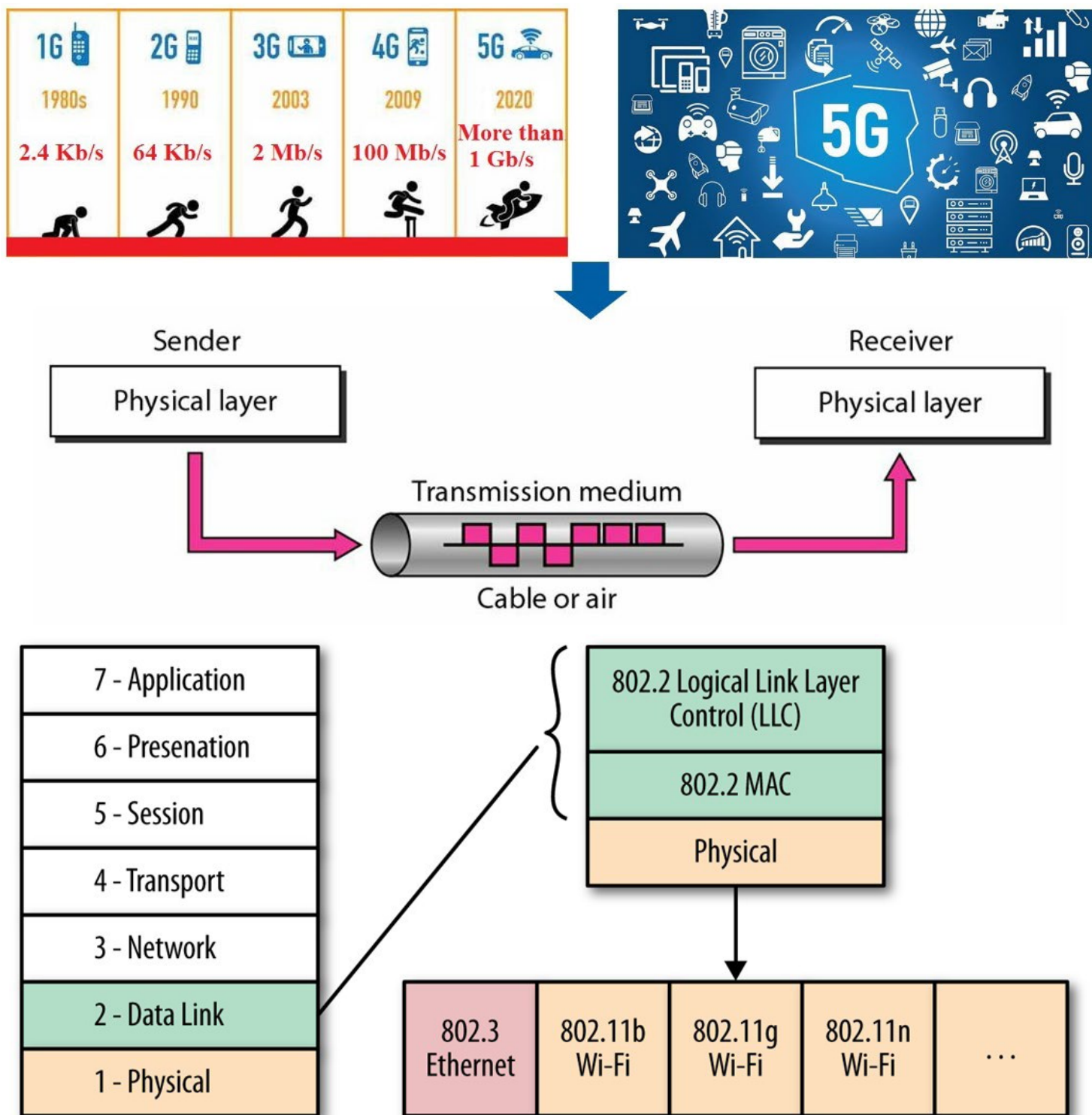


图 2：关键是底层的物理层进行数据传输

实这张 PPT，把上面的 5G 换成 AI 人工智能、VR 虚拟现实、3D 打印等，都可以成立。不管上层应用怎么改变，最终还是要从底层的物理层进行数据传输。惟一挑战就是这些新

的应用对底层传输速率的要求越来越快。

所以各种产品形态，到了我们眼里，最终就变成了 DDR4、PCIE Gen4.0、25/28Gbps、56G PAM4、112G PAM4……在



图 3: DesignCon 现场



图 4: Keysight 公司展台

这个领域，公认的技术圣殿就是 DesignCon 啦，每年都是 1 月底在硅谷的核心城市圣克拉拉（Santa Clara）举行。

今年展会的大热门，来到核心区域就知道啦，这里聚集着 Keysight、Amphenol、Molex、TE、Cadence、Ansys 等业界大佬，代表着测试、EDA 软件、连接器等领域的领军人物。一博科技做为高速互连领域的领导

者，也在核心区域占据一席之地。我们先来看看各家都展示了哪些最新最热的产品与技术。

高速互连离不开准确的测试测量，Keysight 展示了 110GHz 的网络分析仪，同时还有 110G 的示波器等产品。高速先生最感兴趣的还是网络分析仪，于是兴致勃勃地和 Keysight 的专家进行了深入的技术讨论（此



图 5: Cadence 公司展台

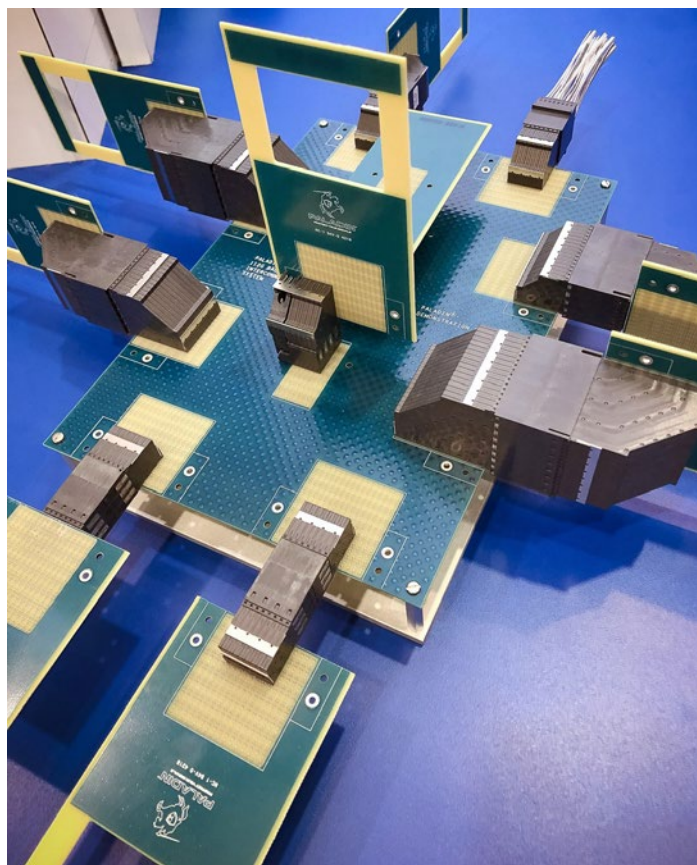


图 6: Paladin 展出的连接器阵列

处省略 1000 字)。

EDA 软件也是高速互连重要的工具手段，这次高速先生队长来到了 Cadence 的展台，

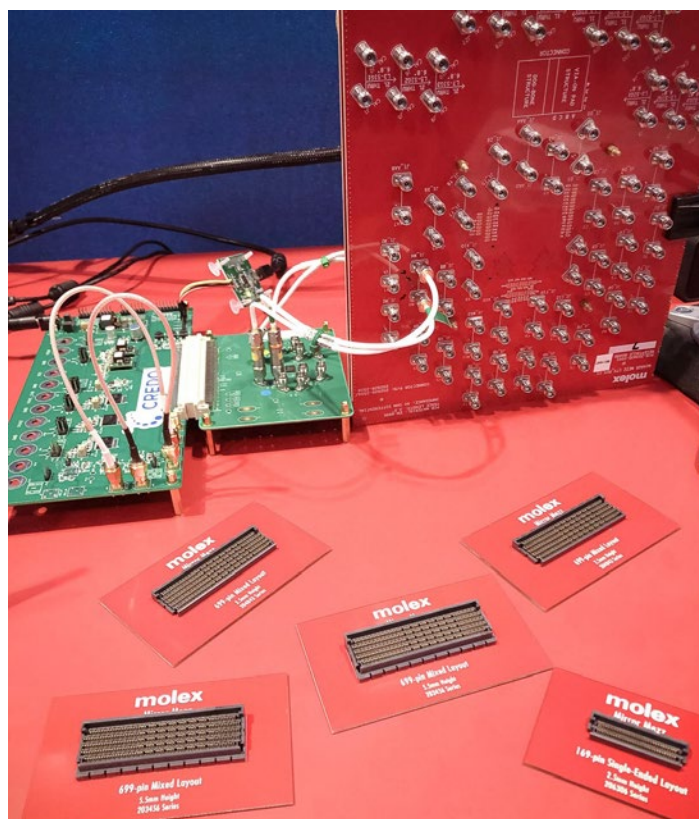


图 7: Molex 展台上出现的连接器



图 8: Impulse 系列

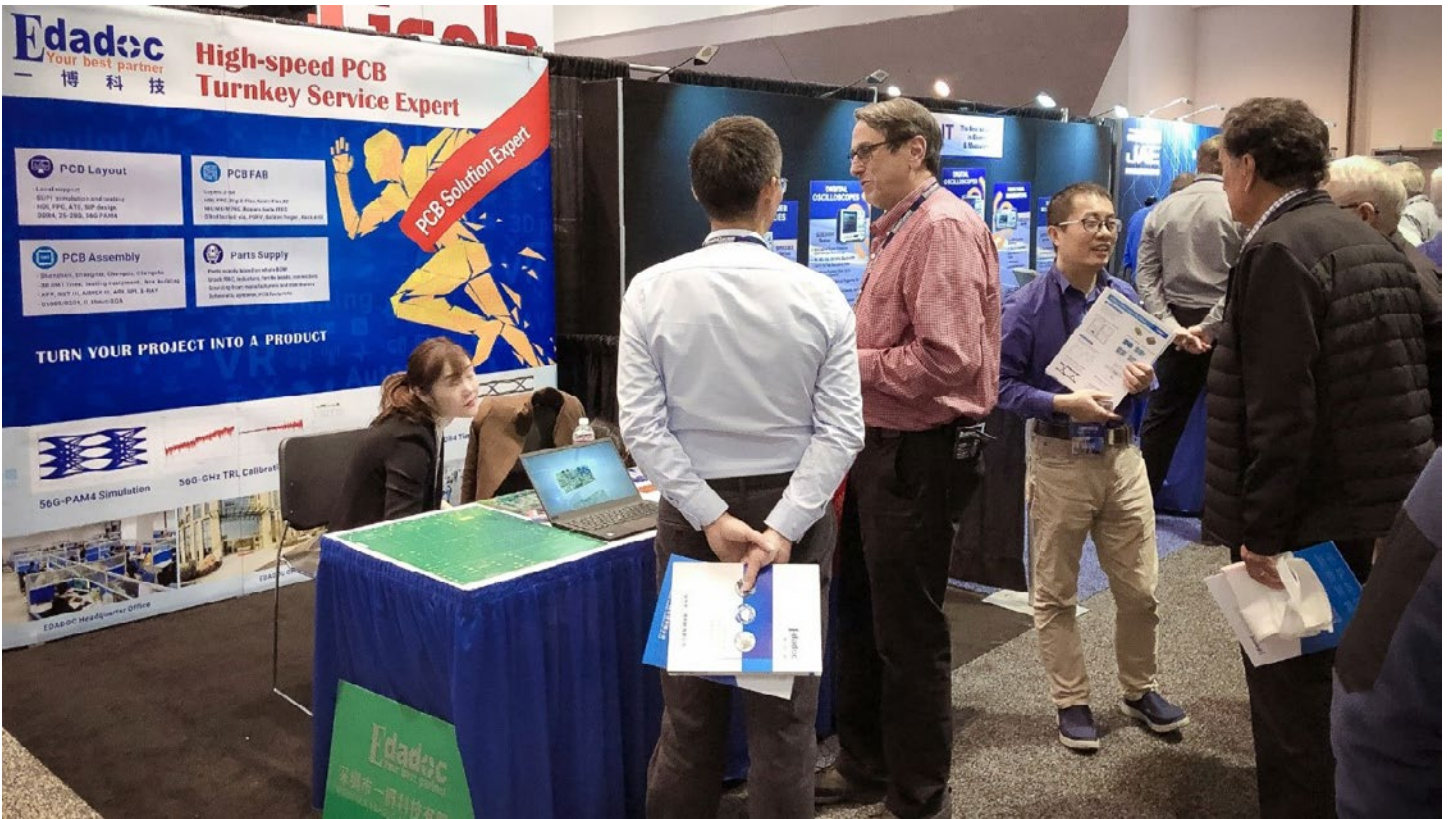


图 9：一博展台

了解了 Sigrity 产品线的研发 RoadMap，并深入了解了 Power SI FEM 在无源链路建模方面最新的 Feature。

当然，连接器也是高速先生队长重点研究的方向，这次的采访对象是 Amphenol 和 Molex，我们来看看著名的 Paladin，这个连接器阵列还是有点意思。

Molex 也有一些挺好玩的东西，比如这样的连接器，能做到很高的密度和很高的速率。

当然，Impulse 系列虽然推出比 Paladin 晚，但是性能上也绝不甘落后。

回到自己的主场，一博科技又给小伙伴们带来了什么呢？最新达到 56GHz 的 TRL 校准精度，在 AI 等领域大获成功的 DDR4 设计，以及一站式的硬件研发平台能力，都吸引了大家的关注。

当然，DesignCon 的重头戏还是技术论坛，高速先生队长这次全程参加了三天的论坛，有哪些最新最 In 的技术，就等着下一期我们再慢慢道来……PCB



吴均，现任职于深圳市一博科技有限公司，副总裁。19 年高速 PCB 设计与仿真经验；IPC 中国设计师理事会副主席；曾在北京、上海、深圳、美国等地主讲多场技术研讨；《Cadence 印刷电路板设计 -Allegro PCB Editor 设计指南》一书的第一作者。如有相关问题，欢迎联系作者：highspeed@pcbdoc.com

技术研讨；《Cadence 印刷电路板设计 -Allegro PCB Editor 设计指南》一书的第一作者。如有相关问题，欢迎联系作者：highspeed@pcbdoc.com



行业会展

[EIPC 2019 Winter Conference](#)

2019 年 2 月 14 日至 15 日

意大利米兰

[NEPCON China 2019](#)

2019 年 4 月 24 日至 26 日

中国上海

[一步步新技术研讨会 重庆](#)

2019 年 2 月 27 日

中国重庆

[华东电路板设备与材料供应链展览会](#)

2019 年 5 月 15 日至 17 日

中国苏州

[第二十八届中国国际电子电路展览会](#)

2019 年 3 月 19 日至 21 日

中国上海

[JPCA Show 2019](#)

2019 年 6 月 5 日至 7 日

日本东京

[慕尼黑上海电子生产设备展](#)

2019 年 3 月 20 日至 22 日

中国上海

[亚洲消费电子展](#)

2019 年 6 月 11 日至 13 日

中国上海

[KPCA Show 2019](#)

2019 年 4 月 24 日至 26 日

韩国 KINTEX

[NEPCON South China 2019](#)

2019 年 8 月 28 日至 30 日

中国深圳

其他活动日历



出版商: **BARRY MATTIES**
INFO@ICONNECT007.COM

广告销售: **BARB HOCKADAY**
BARB@ICONNECT007.COM

市场营销服务: **TOBEY MARSICOVETERE**
TOBEY@ICONNECT007.COM

编辑:

主编: **EDY YU**
+86 139-0166-9899;
EDY@ICONNECT007.COM

责任编辑: **TULIP GU**
TULIP@ICONNEC007.COM

译文编辑: **ANN HAO**
ANN@ICONNECT007.COM

杂志制作:

负责人: **EDY YU**
+86 139-0166-9899;
EDY@ICONNECT007.COM

杂志排版: **DAVEY DANG**

广告设计: **MIKE RADOONA, SHELLY STEIN, TOBEY MARSICOVETERE**

创新技术: **BRYSON MATTIES**

封面设计: **SHELLY STEIN, EDY YU**

PCB007
M A G A Z I N E

《PCB007中国线上杂志》由美国 BR Publishing, Inc. (1908, Rohnert Park, CA 94927 USA) 出版 © 2018 BR Publishing, Inc. 不对任何人因出版物中内容的错误/疏漏造成的损失或损害承担任何责任, 无论这些错误/疏漏是否因意外或疏忽, 以及任何其他原因而导致的。

2019年2月号总第二十四期《PCB007中国线上杂志》是由BR Publishing公司出版的电子月刊。

广告索引

广告合作.....	4
环球集团.....	40
中国印制电路行业协会.....	32
挠性电路手册.....	14
高密度互连HDI手册.....	68
Alpha Assembly.....	64
Atotech.....	34
Cerambus.....	6
CIMS.....	28
Comet Group.....	62
D.B. Management Group.....	22
Downstream Tech.....	78
ESI.....	52
KIC.....	66
KYZEN.....	74
MacDermid Alpha.....	44
Mentor, a Siemens Business.....	86
Mirtec.....	56
Optimal.....	60
Orbotech.....	48
Pulsonix.....	82
The PCB List.....	80
Real Time With.....	8
Schmoll.....	10
Ventec.....	18
VJE.....	70

更多精彩内容敬请期待

PCB007中国线上杂志:

三月: 供应链危机

每逢佳节, 您是否对供应链管理的重要性都有了新的认识

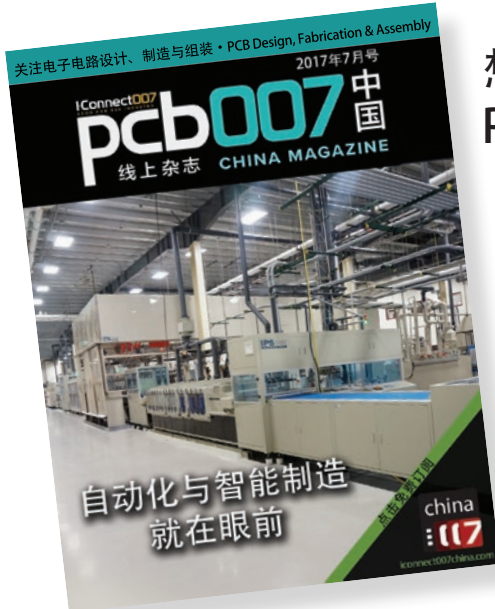
四月: 中国智能制造

本期将带来中国智能制造现状盘点



I-Connect007

GOOD FOR THE INDUSTRY



想要及时获取我们最新的
PCB007中国线上杂志么！

快来免费订阅吧！

有啥
新闻！



English I-Connect007: | PCB007 | | SMT007 | | PCBDesign007 | | EIN007 | | FLEX007 | | MilAero007 |

I-Connect007.com是服务于印刷电路板（PCB）、电子制造服务（EMS）和印刷电路板设计行业的实时在线杂志。服务于全球以及中国市场多年，提供了超过100000篇的新闻报道、专业文章，是电子制造领域的行业咨询领导人。



PCB007中国



EMS007中国



PCBDesign007中国



PCB007中国杂志



最新热点新闻:

为苹果 iPhone 9 作准备, LG Innotek 开始生产柔性 OLED 显示屏
据外媒 iPhone arena 报道, LG Innotek 对于 2018 年开始制造生产柔性 OLED 显示屏, 曾成为 iPhone 9 主要 PCB 制造商之一。据悉 LG Innotek 已准备好 iPhone 9 上使用的 OLED 显示屏, 这意味著...

推荐文章:

高速材料！听听 PCB 制造商们怎么说？

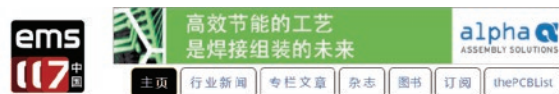
九月 30, 2017 | I-Connect007

近日, I-Connect007 出版商 Barry Mattice 和他的编辑团队就高速材料的问题与 PCB 制造商展开了讨论。出席此次讨论会的有 Summit Interconnect 公司的工程部经理 Gerry Partida; All Flex Flexible Circuits 公司的项目经理 Joe Manning; 以及 Accurate Circuit Engineering 公司的总经理 Anne...

欧洲视角：电子技术研究院第43届年度研讨会

九月 30, 2017 | Peter Barkley, I-Connect007

随着时代的推移, 改变是无法避免的。我们正在期待第四次工业革命的来临, 新技术的出现使得物理、数学和生物领域的界限变得越来越模糊。它们可能会从根本上改变我们的生活方式、工作方式以及相互联系的方式。可是最近的工业革命经济于何时何地呢? 回顾 300 年前, 在英格兰中部...



最新热点新闻:

2017 年亚洲消费电子展将展示最新的技术趋势
从最初诞生于消费电子展, 到如今的全球消费电子展, 2017 年 6 月 7 日, 中国上海——2017 年亚洲消费电子展 (CES Asia 2017) 于今日盛大开幕。此次展会将展示最新的技术趋势, 并将 22 个国家和地区的 45...

推荐文章:

智能制造要软硬结合

九月 30, 2017 | I-Connect007

I-Connect007 的编辑在最近的一个会议上采访了 ASM。采访中 ASM 的李总表示, 智能制造是智能制造的基石。中央智能系统提供实时数据监控和反馈。随着电子设备的微型化、精密化方向发展, 加之可移动设备的大规模应用, 电子制造领域的复杂性、微型化程度应用越来越广。如何在实际生产过程中实现良品率、批量稳定性和工作界面友好性的挑战, 而电子制造自动化技术就是解决这一行业困境的关键。ASM P...

在线式自动化组装系统未来趋势

九月 30, 2017 | I-Connect007

I-Connect007 的编辑在最近的一个会议上采访了宜智科技。在电子制造行业, 由于薪资上涨、劳工短缺、组装程序日益复杂, 以及消费者对持续交付高质量成品的高品质要求, 消费电子行业正面临着前所未有的挑战, 制...



iconnect007china.com