

印制电路板设计,生产与组装 • PCB DESIGN, FABRICATION & ASSEMBLY

I-Connect007
GOOD FOR THE INDUSTRY

pcb007 中国

线上杂志

CHINA MAGAZINE

I-Connect007china.com

2023年3月号



后疫情时代
发展需要大智慧



后疫情时代, 发展需要大智慧

全球正在步入后疫情时代, 虽然还会有一些困扰, 但目前看已不会再造成太大影响。各行各业都在抓紧复苏, 要夺回失去的时间。本期我们请到了来自制造商、设备生产商、供应商的专家们, 共同探讨未来行业发展所需要的大智慧。

首先我们采访了胜伟策的主管团队, 作为一家生产及组装 PCB 的新建专属工厂, Schweitzer Engineering Laboratories (SEL) 具有独特的定位。SEL 的定位让人们想起了过去的垂直集成电子巨头, 如惠普、泰克、IBM、Zenith 等。

Chemcut 的 Christopher Bonsell 为我们带来《启动湿制程需考虑的因素》一文, 如果您是管理 PCB 工厂的新手, 首先要了解湿制程是制造 PCB 的关键, 包括清洁、显影、蚀刻和剥离, 是 PCB 制造流程中需要全面规划的众多工序之一。

《模拟 PCB 可能性》一文中, 我们的编辑采访了 Polar 公司 Martyn Gaudion 先生, 探讨了后疫情时代全球 PCB 制造业市场的新需求。Polar 通过开发敏捷的软件产品, 致力满足这些新兴需求。

去年德国慕尼黑 electronica 展会期间, 我们的技术编辑 Pete

Starkey 参观了 Rogers 公司的展位, 有幸聆听了新业务发展部经理 Vitali Judin 博士介绍如何利用新型高频材料来应对增材制造领域快速变化的需求。

安美特的技术团队本期带来《ENIG 中的金层厚度对焊接至关重要》, 化学镀镍 / 浸金 (Electroless nickel/immersion gold, 简称 ENIG) 是市场广泛接受的表面涂层, 可为铝线键合提供良好的可焊性和性能。金层的主要功能是防止镍层氧化。

我们的长期专栏作家 Michael Carano 先生紧接上期的高阶封装主题, 谈论了芯片固然





pluritec®

MACHINES FOR PRINTED CIRCUIT BOARDS

INSPECTA S1 TWIN

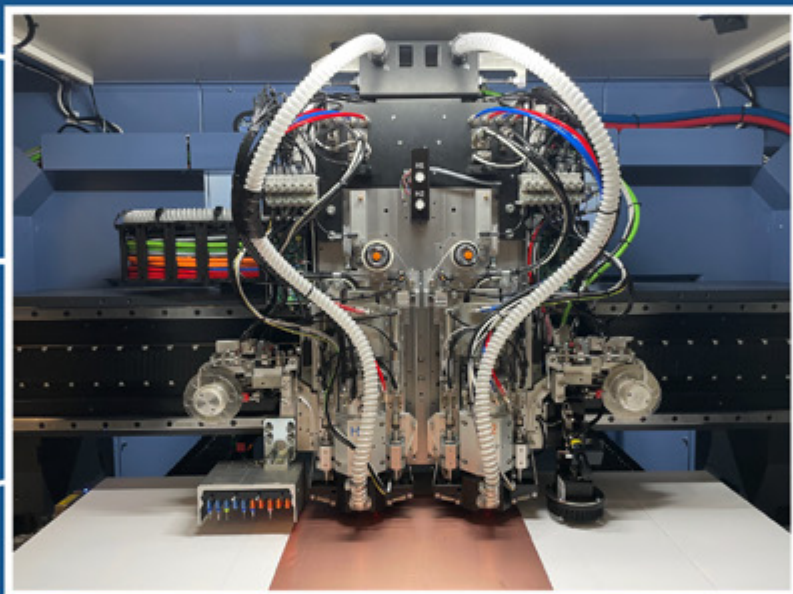
X 射线优化器和蚀刻后钻孔

用于高质量钻孔及薄材料（25μm）的特殊双钻头X射线系统

X射线探测器

高精度高速
空气轴承主轴

带有扩散真空
锁的工作台，可处理
非常薄的材料



入口材料管
以控制孔质量

双头可处理
双直径钻孔

多模式索
引的全台面钻孔
能力

载板行业的又一次飞跃

- 开放式设计，易于与现有自动化系统集成
- 整个电路板区域内的多个内层目标数据采集
- MES集成和电路板可追溯性
- 强大的统计和数据处理功能



学到更多 pluritec.com



重要，但是搭载这些芯片的高阶电路板也是非常关键的。《支持 IC 载板、高阶封装》文中他介绍了为了支持高阶封装，PCB 领域的制造商必须了解和掌握的关键方面。

Happy Holden 先生本期谈技术专栏中，他将介绍电动汽车。《能像制造个人电脑一样制造电动汽车吗？》一文中，Happy 围绕富士康的电动汽车项目，从多个方面分析电动汽车的发展前景。作为为数不多曾在富士康担任高管的西方人，Happy 用他独特的视角从工程的角度分析了这一行业。

过去电气测试处理含有无源电感器特征的产品，但人们并不了解这种部件，只知道它们会持续超出阈值。Gardien 公司的 Todd Kolmodin 先生本期将为大家来讲讲《感性连接的功能》。

电子电路绿色环保生产已经提出了很多年，作为化学品供应商易力高已经提前布局相关领域。Saskia Hogan 在《环保涂层将成为主流》一文中，指出目前环保型材料在性能与可靠性方面都已经有了显著提高。

PCB 组装专区中，首先是专栏作家 Bob Wettermann 先生带来《2023 年 BGA 返工面临的主要挑战》一文，我们知道 Bob 一直致力撰写应用方面的技术类文章。让我们一起来看看他谈到的这些 BGA 返工挑战。

近期，Jennie S. Hwang 应美国国家工程院邀请参与了《今天的工程师——创建更美好的世界》访谈，我们本期节选了采访中的片段。文中黄博士回顾了她的成长经历，让我们看看这位工程女强人的心路历程。

GEN3 Systems 公司是一家总部位于英国的家族企业，是一家活跃于电子行业的多元化

工程公司，自 1994 年起成为 IPC 会员。本期我们采访了公司总裁 Graham Naisbit，他还参与并主持了不少行业标准的建立。

《物料清单中备选项的重要性》中，我们采访了 EMS 公司 Saline Electronics 的总裁 Jason Sciberras，探讨了 PCB 设计师在物料清单 (BOM) 中提供元器件备选项的重要性。

PCB 设计专区中，专栏作家 Barry Olney 与行业大拿 Rick Hartley 一起介绍了位移电流——影响电磁能传播的关键因素。电磁波不需要传播介质，这就意味着电磁波不仅可以在液体、固体和空气中传播，而且也可以在真空中传播。那具体影响的因素有哪些呢？

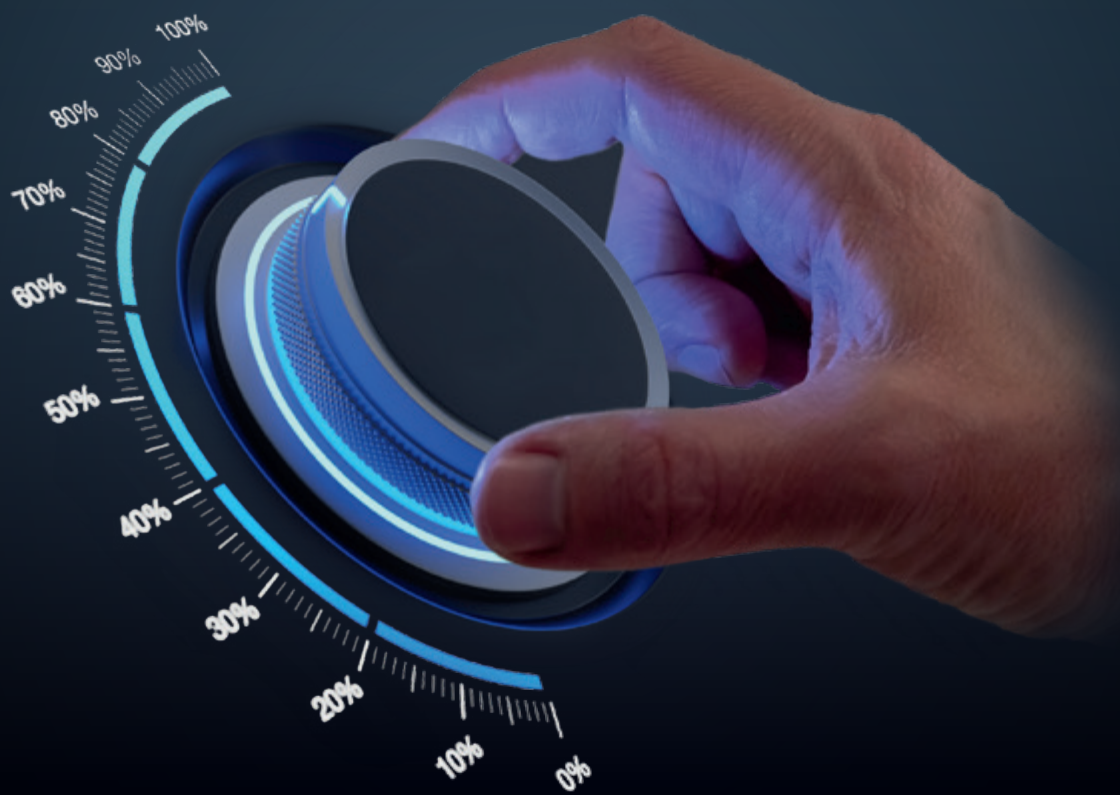
电子组件通常由分立电阻器、电容器、电感器等以及大量集成电路芯片组成，每个芯片具有特定的功能或各种不同的功能。在这样的组件中，还有几个不同的连接器和 / 或插座，允许组件与其他组件连接。Joe Fjelstad 撰文讲述他的相关理念。

为了了解 PCB 样品制造商对设计数据格式的反馈意见及建议，我们采访了 Sunstone 公司市场营销副总裁 Matt Stevenson。他认为《采用可提供更好结果的设计数据格式》将大大优化设计师与制造商之间的合作。

以上就是本期杂志的全部内容，很高兴，今年第一个行业大展 CPCA SHOW 2023 将于本月 22 日在上海国家会展中心开幕。各位读者展会见！PCB007CN

I-Connect007
GOOD FOR THE INDUSTRY

使用我们用于化学镀铜工序的低钯含量活化剂来控制您的工艺成本



Neoganth® E Activator – 降低成本而效能保持不变

线路板市场上对控制生产成本的压力不断增加, 对具有高成本效益又高性能的工艺需求持续增加。MKS 的安美特开发了 Neoganth® E Activator, 一种经济型的低钯含量活化剂 方案, 可用于水平印制线路板生产, 包括那些需要汽车认证的线路板生产。Neoganth® E Activator 的独特配方在 低至80 ppm 的钯含量下运行, 不但显着减少钯 沉淀, 更大大地延长镀液寿命, 同时保持在各种绝缘材料上有良好覆盖率。另外完全兼容现行 MKS 安美特水平化学镀铜工艺和设备, 是一个简单又方便的解决方案, 更可让您控制工艺成本。

要了解有关 Neoganth® E Activator 的更多信息, 请扫描右侧的二维码。



后疫情时代，行业发展

全球正在步入后疫情时代，虽然还会有一些困扰，但目前看已不会再造成太大影响。各行各业都在抓紧复苏，要夺回失去的时间。

专题文章

9 Schweitzer——专属合作伙伴
by Nolan Johnson

15 启动需湿制程考虑的因素
by Christopher Bonsell

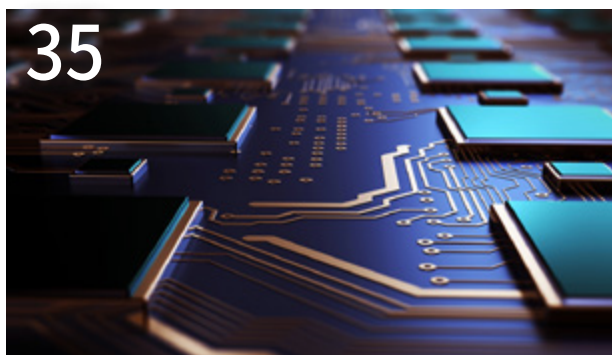
19 Polar Instruments 公司
谈模拟 PCB 可能性
by Nolan Johnson

27 Rogers 公司推出新材料
by Pete Starkey

31 ENIG 中的金层厚度对焊接至关重要
by Britta Schafsteller, Mario Rosin, Gustavo Ramos, and Joe McGurran

35 支持 IC 载板、高阶封装——第 1 部分
by Michael Carano

39 能像制造个人电脑一样制造电动汽车吗？
by Happy Holden



第五届汽车毫米波雷达 前瞻技术展示交流会

2023年6月6-7日 · 苏州国际博览中心

同期举办：

第五届激光雷达前瞻技术展示交流会

第四届汽车视觉摄像头前瞻技术展示交流会

第三届座舱监控系统前瞻技术展示交流会

第四届抬头显示HUD前瞻技术展示交流会

智能与激光大灯前瞻技术展示交流会

历届汽车毫米波雷达大会 部分重磅嘉宾回顾



Yole Intelligence
Cédric Malaquin



安波福
张磊



Mobileye
Yaniv Avital



理工雷科
盛蒙



安霸半导体技术
郝建军



几何伙伴智能驾驶
周明宇



楚航科技
张吉



ARBE Robotics
ROMAN LEVI



采埃孚ZF
Frank Gruson



承泰科技
陈承文



艾杰旭复合材料
李俊



为升科技
蔡青翰



罗杰斯科技
袁曙光



德辰科技
朱新平



dSPACE
Andreas Gau



Zendar
Jimmy Wang



同济大学
王俊博



Huber+Suhner
Francesco Merli



Gapwaves AB
Marcus Hasselblad



Uhnder
董博



Spartan Radar
Blake Gasc



大陆泰密克汽车系统
潘亮



德州仪器半导体技术
蒋宏



莫之比智能科技
陈浩文



获取门票



添加客服

限时扫码免费领取毫米波雷达展区门票！

添加客服获取大会详细资料

TEL:18512119620

Email: icv@enmore.com



扫码订阅公众号推送

专题文章

39 感性连接的功能
by Todd Kolmodin

53 环保涂层将成为主流
by Saskia Hogan

PCB 组装专区

57 2023 年 BGA 返工面临的主要挑战
by Bob Wettermann

61 通过工程学创建更美好的世界
by Dr. Jennie S. Hwang

69 英国 GEN3 Systems 公司

73 物料清单中备选项的重要性
by the I-Connect007 Editorial Team

PCB 设计专区

77 位移电流：
影响电磁能传播的关键因素
by Barry Olney

83 终将得以应用的理念
by Joe Fjelstad

87 Sunstone Circuits：
采用可提供更好结果的设计数据格式
by Andy Shaughnessy



其他栏目

66 PCB007 十大热门文章

89 行业活动日历

90 广告索引、下期预告
工作人员名单

行业要闻

25 连载!构建持续改进的平台 20：
用方形解决问题

微信扫描二维码关注 即可免费获得面向中国电子电路 市场的技术书籍与实时资讯

印制电路组装商

适用于恶劣
环境的三防漆



印制电路组装商指南

工艺验证



Graham K. Naisbitt
Gen3

1007 Books

印制电路组装商指南

数字时代
先进制造



Oren Manor
Mentor, A Siemens Business

1007 Books

印制电路组装商指南

低温焊接



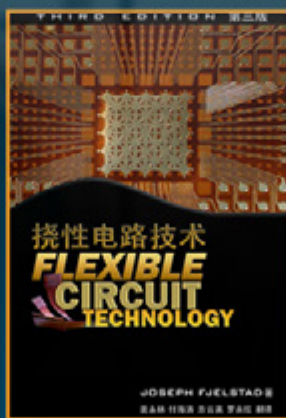
Morgana Ribes, et al
Alpha Assembly Solutions

1007 Books



印制电路板
绿色生产之旅
——零废水与
化学品回收

Peter Molloy
Happy Holden



挠性电路技术
FLEXIBLE
CIRCUIT
TECHNOLOGY

JOSEPH FJELSTAD
EAGLE HIRSHBERG



HDI手册
Happy Holden





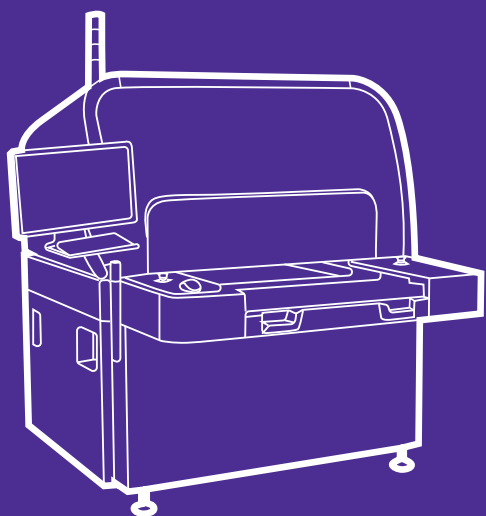
by Nolan Johnson
I-CONNECT007

作为一家生产及组装 PCB 的新建专属工厂, Schweitzer Engineering Laboratories (SEL) 具有独特的定位。SEL 的定位让人们想起了过去的垂直集成电子巨头, 如惠普、泰克、IBM、Zenith 等。现在, 随着 PCB 生产重新迁回美国本土, SEL 长期以来致力成为一家专属工厂, 巩固了其市场地位。

为了更深入了解 SEL, 如何在指定、选择和准备安装整个工厂低成本设备的同时不断开发, Nolan Johnson 采访了工程设计总监 John Hendrickson、安全副总裁 Frank Harrill 以及垂直工程设计高级主管 Jessi Hall。

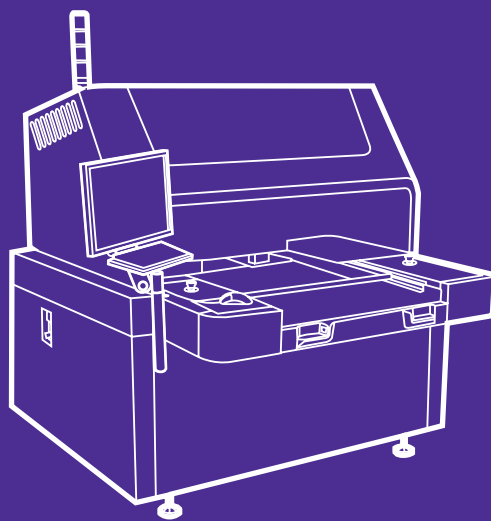
Nolan Johnson : 你们刚刚参加了贸易展会, 采购了新设备, 接下来会进入什么阶段? SEL 可能是目前北美最活跃的设备采购商之一, 可以介绍贵公司确定重要设备的流程吗? 你们如何从决定想要达成的目标转变为确定为实现这个目标, 制定需要采购的具体设备? 其中包括哪些特点? 如何制定集成计划?

John Hendrickson : 在这个项目中, 我学到的最重要一点是, 一切都归根于拥有适当的合作伙伴。选择适当的合作伙伴, 事情就会很顺利。谈到规范部分, 我们已经与合作伙伴共同指定了设备解决方案。公司有很多新工程师, 我们的合作伙伴帮助团队了解这些过程的重要性和细节。密切的合作不仅对目前的需求很重



**Orbotech
Ultra Dimension™ 900**

一次扫描即可完成线路和激光孔检测



**Orbotech
Ultra PerFix™ 500P**

适用于微细线路成形

产品介绍

专为先进的 IC 载板而设计的 AOI 和 AOS 解决方案

适用于微细线路检测及成形

克服 IC 载板生产中良率、产能及品质的挑战

配备 KLA 经市场验证的专有创新技术

要，而且对未来的需求也很重要；我们希望超越当今的技术，增材技术就是一个例子。目前如何安排？如何选择具有正确功能的设备，使我们能够灵活地在未来进入该领域，而无需再次购买基础设备？目前我们可能没有所需的所有设备，但如果现在就能够奠定基础，就可以避免将来从头开始进行重大投资。



John Hendrickson

Johnson：SEL 尽最大努力从北美，特别是美国采购产品。这一承诺包括设备吗？

Hendrickson：如果可以的话，北美绝对是我们的首选；如果没有，我们才会考察其它地区。

Johnson：你说过与供应商保持良好的工作关系至关重要。这比生产能力更重要吗？贵公司会选择合作关系而不是直接选择生产能力吗？其中如何平衡？

Jessi Hall：两方面都必须考虑。比如说，SEL 与某个供应商有合作关系，但他们可能还没有我们需要的技术。此时，希望他们有机会与 SEL 合作开发所需的技术——这就是我们今天在组装工厂中的运作方式，也是我们与 PCB 工厂的接洽方式。

Johnson：选择取决于贵公司对特定合作伙伴技术能力的满意度，以及他们未来的技术能力。对于设备，SEL 是擅长将设备集成到双方生产线上的专家。在设备方面，我相信 SEL 已经经历了引进大量设备并进行设置的过程，其间你们有什么收获，以及为确保设备适当设置并投入使用的最佳实践是什么？

Hall：SEL 位于有点偏远的地方，所以除了有适当的合作伙伴外，我们还希望确保员工能够随时为从启动到淘汰期间的设备和设施提



操作员正在运行水平式化学镀铜生产线



SEL 公司去钻污生产线

供支持。公司维护和工程设计团队深入参与设备选择和安装的各个方面。我们的第一步是确保有适当的员工，他们渴望学习和教学，并接受成功所需的培训。这是 John 团队真正发挥作用之处。

Hendrickson：我完全同意。今天，美国的许多工厂没有资源或强大的维护团队，所以这是 SEL 的另一个优势。我们的团队已经证明他们有能力做正确的事情。在这个过程中有很多困难，但我们的团队非常有韧性和灵活性。维护团队的主要工作是关注设备；要想在这个项目中取得成功，在有需要时，他们必须出任水管工、电工等任何工种，他们必须挺身而出，完成任务。

我们想要的集成水平构成了最大的挑战，这就是我们为与设备交互而投入的资源 and 安全性真正发挥作用的地方。集成是巨大的挑战，因为在如何与设备通信方面，并不是只有一项



Jessi Hall

标准。每个供应商都有自己的方式，在某些情况下，我们必须直接与设备本身的 PLC 进行交互，以实现过程自动化。

Johnson：Frank，如你所知，我们所做的大部分工作都在向数字模式过渡。数字孪生等正在以数字方式传递数据，因此安全性比以往任何时候都更重要。

Frank Harrill：这个项目的优势之一在于是新项目。我们可以从头开始具体实例说明需要的每个控件，我们已经完成了这项工作。为了实现了这一目标，John 和 Jessi 都付出了很多。我们正在应用的技术之一是软件定义网络，这是 SEL 专门针对操作技术环境而开发和改进的技术。我们能够使用该技术来确保所有流程都是可见的，并且只允许在我们的网络中进行具有适当权限的预期通信。

第二个优势是，可以追溯到供应商合作伙



在湿制程实验室工作的技术人员

伴关系，在如何与使用的设备通信方面，我们有非常严格的安全标准。例如，如果没有严格的控制和观察，我们不允许设备制造商连接到公司的网络进行维护。解释这些要求及其理由是我们与每家供应商建立关系的核心；需要互相了解公司期望，更重要的是，公司为什么有这样的期望。在当今充满威胁的环境中，这种合作意识尤为重要。并且，需要了解我们服务的客户的期望和我们的责任，以确保我们所交付的产品与客户期望的产品完全一致，我们期望所有这些都从制造层开始，贯穿整个数字网络。确保进入公司控制领域的人员从一开始就了解我们的标准和期望。这对于我们而言，才能获得真正的成功。

Johnson：你们对正在寻找设备的其他工厂有什么建议？大多数工厂可能是棕地工厂而不是新建工厂，且在这个过程的所有领域中，你



Frank Harrill

想让他们了解的关键经验是什么？

Hall：选择适当的合作伙伴，并确保他们与公司沟通顺畅。

Hendrickson：我同意这一点。我想补充一点，在当今可用元器件短缺和存在物流问题的大环境下，规划对于确保项目成功至关重要。每个公司都面临着各种元器件的供应问题，这是挑战，所以

在目前的环境中，需要为此做出计划并预测会出现的延迟。

Harrill：这与我们一直阐述的信息是相辅相成的：紧密的供应商伙伴关系的培养需要持续数年，需要不断沟通来建立和维持信任，尤其是在需要沟通坏消息时。需要经常和尽早了解供应商可能面临的任何挑战；我们既是某家公司的供应商，也是其他公司的客户，成为另一端的好合作伙伴意味着确保双向沟通总是透明。这是我们几十年来一直在实践的事情，会持续得到回报。

Johnson：你们提供的信息非常有帮助。

Hall：Nolan，非常感谢你提供此次受采访的机会。

Harrill：Nolan，谢谢你。

Hendrickson：谢谢你。PCB007CN



水平式化学镀铜生产线

Fusion, building a smart future 融合创新，智造未来



展会联系 Contact

邢贞婕 女士/Ms. Sinsia Xing

Tel.: 021-2020 5553

Email: sinsia.xing@mm-sh.com



战略合作伙伴



productronica China

慕尼黑上海电子生产设备展

2023年4月13-15日 | 上海新国际博览中心

productronicachina.com.cn

启动需湿制程考虑的因素

by Christopher Bonsell
CHEMCUT

以下是一些需考虑的因素和基本要素，可帮助贵公司启动新工厂的湿制程。

贵公司是否在考虑开始自己的 PCB 制造流程?在最近的 IPC APEX EXPO 展会之后，也许贵公司已经建立了联系来帮助启动 PCB 制造流程，但是否有可靠的项目计划?如果您是管理 PCB 工厂的新手，首先要了解湿制程是制造 PCB 的关键，包括清洁、显影、蚀刻和剥离，是 PCB 制造流程中需要全面规划的众多工序之一。当刚刚涉足这个行业时，跟踪这一切可能会让你感到不知所措。如果您属于这一类，最好从基础知识开始，逐步提高认识。

生产规模

在开始计划 PCB 工厂运行之前，首先需要制定目标。例如，了解计划生产的 PCB 类型，以及想要生产的数量和生产速度非常重要。了解这些信息至关重要，因为其将全面影响公司制造流程。根据产品，可能需要使用不同的光致抗湿剂和湿制程化学药水（即不同的清洗、显影、蚀刻和剥离溶液）。

此外，需要了解生产规模，以便确保采购适合生产水平的设备。例如，如果计划每天运



如何选择高性能材料

这本书告诉你如何以尽可能低的成本，
选择适合你的材料以实现预期的性能要求

印制电路设计师指南

高性能材料



Michael Gay
Isola

1.007e
Books



现在下载

1.007e
Books

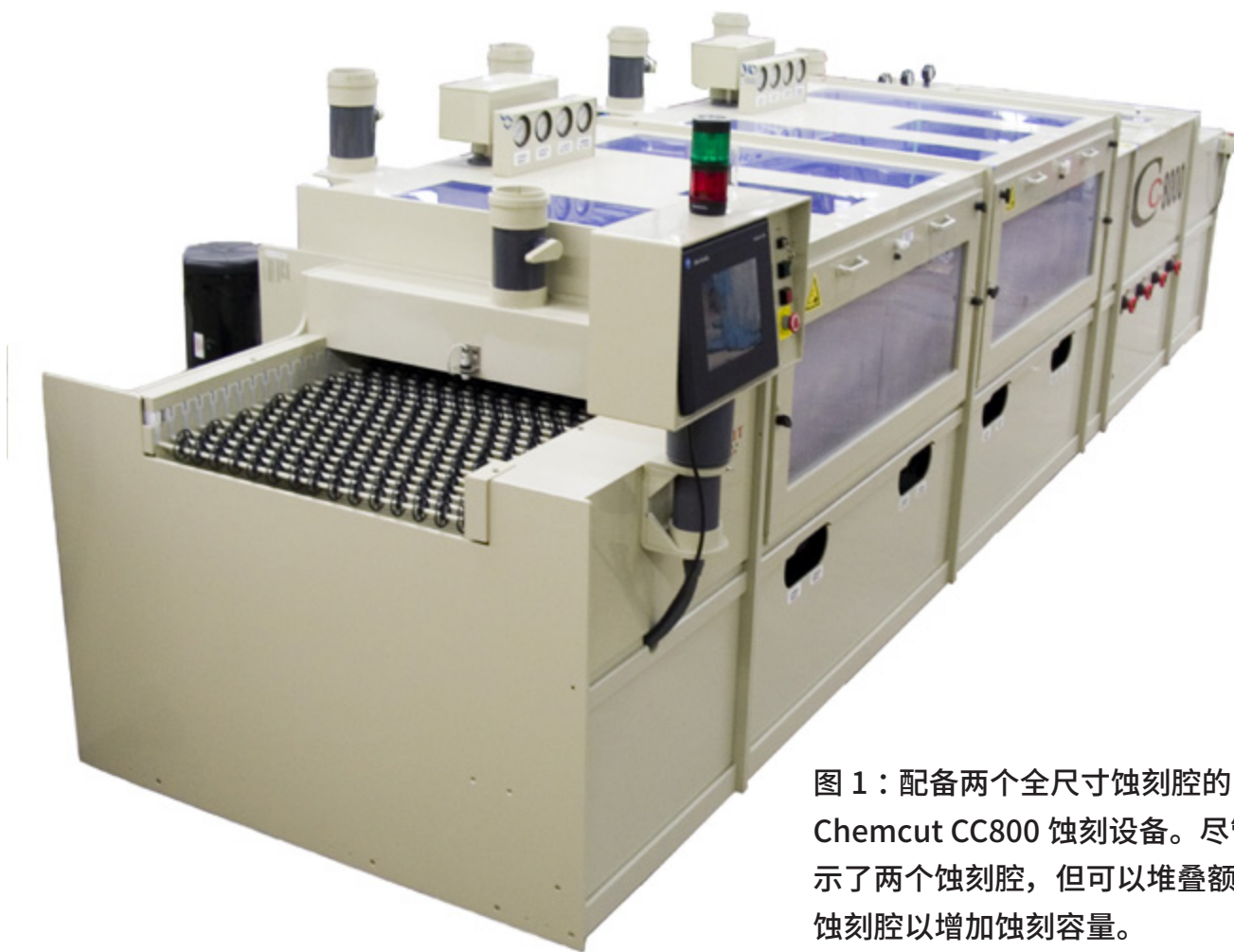


图 1：配备两个全尺寸蚀刻腔的 Chemcut CC800 蚀刻设备。尽管图显示了两个蚀刻腔，但可以堆叠额外的蚀刻腔以增加蚀刻容量。

行面板产量大的工厂，那么可以考虑使用多蚀刻腔设备（图 1）。这是因为蚀刻腔越长，在保持相同处理时间的同时，传送带的速度越快。通过更大蚀刻腔达到的更高传送速度意味着蚀刻腔内可以同时容纳更多的面板。切记，更大的设备也意味着将需要更大的占地面积。

公用设施

规划 PCB 工厂时，不仅需要考虑所需要的设备，还需要考虑所需的基本公用设施以及这些设施的连接。主要公用设施 / 基本必需品是电、水和气。通常，公用设施运营费用占工厂成本的 15%~20%。尽管这些公用设施对于任何制造工厂都是必要的，但某些情况下可能

需要考虑其他因素。例如，当涉及到电气需求时，不仅需要确保获得运行设备所需的电力，还需要考虑电气柜的位置。如果使用碱性蚀刻设备，需要一些设施来帮助调节通过设备的气流，以确保最佳蚀刻效果。

可用工作区

在规划工厂设施时，设备的占地面积要求应该是主要的考虑因素。在决定采购设备时，必须在可用占地面积和如何满足生产需求之间找到平衡。在设计工厂布局时，切记，需要预留额外的空间，以确保人们可以轻松地运行和维护设备。糟糕的制造车间设计会给操作和维护带来不便，影响设备的使用寿命和效率。在

规划工艺时，了解空间至关重要，需要合理布局，并留出足够的空间让其高效运行。

工艺位置

规划湿制程工艺时，可能需要考虑其相对于其他设备的位置。这是因为腐蚀是由蚀刻设备造成的。尽管设备安全地含有蚀刻化学药水，但该工艺往往会产生腐蚀性环境；区域内任何缺乏某种抗腐蚀措施的金属都会随时间的推移而受到腐蚀。蚀刻设备通常存放在工厂中，以避免这一现象。测试 PCB 的昂贵设备，不能将其与蚀刻设备放置在同一厂区内。

废物管理

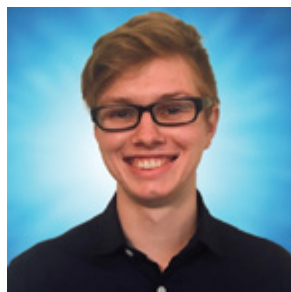
生产 PCB 会产生许多不同形式的废物。对于湿制程，受污染的漂洗水和过量的蚀刻剂较为常见。当通过某一湿制程工艺时，在面板进入下游工艺之前进行漂洗是正常的。这些漂洗水被湿制程工艺所用的化学药水污染，需要在排放前进行处理。这是可以在工厂内部进行的工作，但如何进行，可能取决于公司所在地区的废水处理法规。可能需要从水中沉淀重金属，以使其符合排放许可限制。在这种情况下，

沉淀的金属污泥是另一种需要处理的废弃物。通常情况下，这些污泥从水中过滤出来，再烘干、装桶，然后送往废弃物处理工厂。

过量的蚀刻剂是需要计划处理废弃物。当蚀刻 PCB 并进行化学调整时，将在蚀刻设备中积累蚀刻剂。在蚀刻槽液位过高之前，需要将多余的蚀刻剂泵出。由于过量的蚀刻剂通常不符合重复使用的质量要求，并且由于其是浓缩的，通常的做法是将多余的蚀刻剂泵入桶中，然后运至废弃物处理工厂。

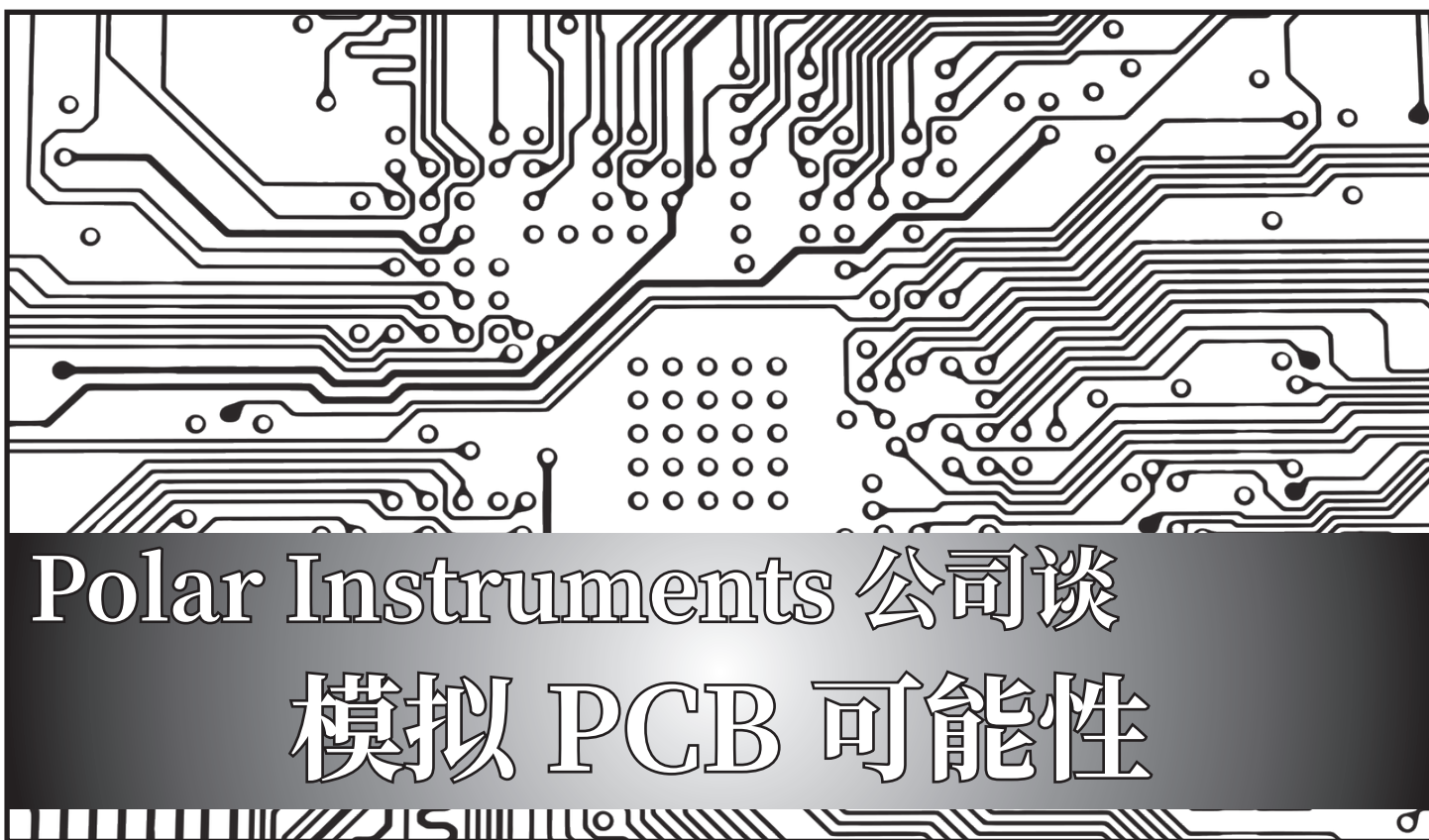
结论

如果贵公司正在寻找规划 PCB 制造流程的适当地点，希望本文提供的信息能有所帮助。了解这些事项并提前做好准备，可以使规划湿制程等相关工作更容易。PCB007CN



Christopher Bonsell 是 Chemcut 公司的化学工艺工程师。如需阅读往期专栏，可[单击此处](#)。





Polar Instruments 公司谈 模拟 PCB 可能性

by Nolan Johnson
I-Connect007

Nolan Johnson 采访了 Polar 公司 Martyn Gaudion，探讨了后疫情时代全球 PCB 制造业市场的新需求，以及在这些需求的推动下，为了成功克服目前供应链出现的种种制约，生成精准的 PCB 规范要求文件是必要的。Polar 通过开发敏捷的软件产品，致力满足这些新兴需求，使 OEM 和制造商能够模拟材料的相互作用和终端产品的规范要求，其中包括诸如全面的“结构视图”之类的按需功能，使用户能够看到给定 PCB 的所有传输线。虽然要在一个快速变化的行业中保持与时俱进非常有挑战，但 Polar 对创新的承诺，使其软件产品始终领先于行业发展水平。

Nolan Johnson : Martyn，我感觉电子产品制造过程的每个步骤都受到了供应链问题的影响。从 Polar 的角度来看，你对此有何看法？

Martyn Gaudion : 随着供应链变得越来越复杂，加之很多工程师新人进入这个行业，整个供应链上各个环节之间的沟通变得前所未有的困难。批量生产主要还是在亚洲，但部分业务也开始从亚洲迁出，这是 Polar 观察到的变化。在新的环境下，创建精准的文件包很关键，尤其是为客户想要生产的 PCB 创建基材文件包很必要。如果客户想要指定使用特定供应商的高速材料，就需要与制造流程中每个步骤的相关人员交流沟通，从 OEM 到 PCB 技术专家，从样品工厂到最终的量产工厂，都需要沟通。

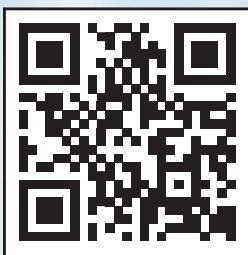
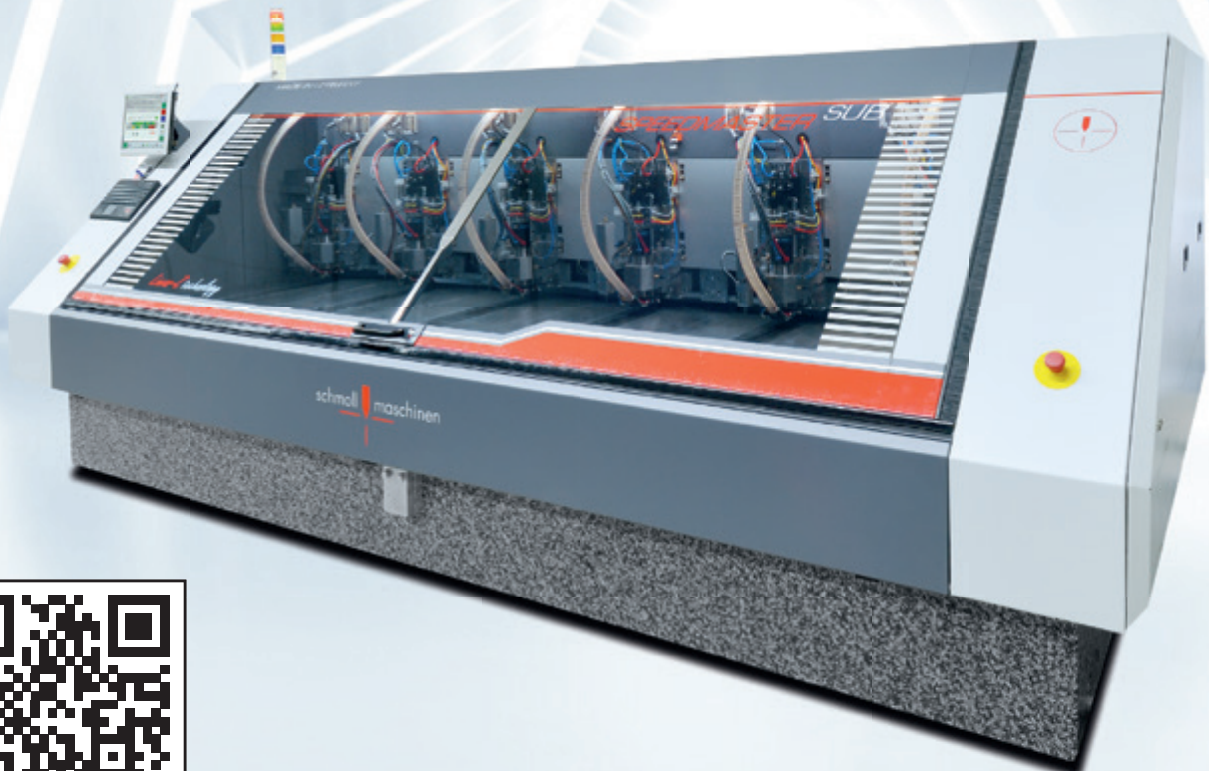
Johnson : 文件变得比以往任何时候都更加



*SPEEDMASTER*SUB

Substrate Drilling 载板钻孔

- 内建温度稳定功能的高精度载板钻孔机
Highest precision for substrate drilling with temperature stabilization system
- 可选择20/25/30万转载板钻孔主轴
200/250/300 krpm substrate drilling spindles available
- X、Y和Z轴使用高速线性马达驱动
High-speed linear motors in X, Y and Z-direction
- 长时间生产精度稳定
Highest accuracy throughout the entire process



重要。生产一块线路板时，物料清单中所有涉及到的不同组成部分都关乎产品的性能。

Gaudion：的确如此。针对不同的 OEM 合作方，有些公司会给制造商留下一些自由决策空间，以帮助他们降低成本。但有些公司会指定使用 A 供应商的半固化片，或 B 供应商的芯材，或是某种类型的阻焊剂。这样就指定了一定范围的材料，也使我们的软件同时受到了制造商和 OEM 的欢迎，因为制造商可以用我们的软件获取到准确的信息，而 OEM 能根据规范要求灵活自由地选择材料。像我们这样的材料供应商也能用得上，因为当他们把最新的材料信息上传到我们的软件中后，我们会把信息存储于在线数据库中，供客户使用。如今，“我们要如何获取材料信息？”是被多次提到的问题，对于这个难题，我们已经有了答案。我们的平台可以列出所有不同品牌的基材并直接将其导入到工具中。

Johnson：使用 Polar 软件之后，OEM 可以创建更好的规范要求。

Gaudion：OEM 是我们最大的客户群体。我们首先以 PCB 制造业作为主攻领域。他们的客户 OEM，也看到 PCB 规范要求文件，便询问这些文件的出处。就这样，这些文件把软件产品推广到了规模更大的 OEM 群体。

Johnson：这样一来，OEM 就能查看哪些材料符合他们的规范要求，能够对制程有更强的掌控力。

Gaudion：没错，我们的系统能够确保没有人

“我们要如何获取材料信息？”是被多次提到的问题，对于这个难题，我们已经有了答案。我们的平台可以列出所有不同品牌的基材并直接将其导入到工具中。

在下游制造流程中替换材料。那些不只是做商业代理业务的增值代理商也喜欢这款软件；他们也希望自己能够信心十足地跟客户说：“如果你们想采用这种 PCB，你们应该找这家供应商。”他们负责叠层，所以需要文档工具作为供应链的增值部分，为那些产量低或使用代理模式的客户提供服务。

Johnson：现在你们可以让 OEM 和 CAM 团队一起规划制造。似乎这种方式不仅能使客户获取更多材料信息，同时也可以优化产品性能。

Gaudion：确实如此，我们经常对客户说，如果你们用了这款软件，可以用最经济实惠的材料生产出性能最好的产品。用户可以为任何产品规定最佳选材方案，有些客户确实需要按照这种方案去生产，而其他客户则会选择在金属箔表面的粗糙度上节省成本，然后把省下的成本用于更好的基材。他们也可以选用表面更光滑的金属箔搭配质量稍差的基材。可以使用我

工业4.0： 这一步要深思熟虑

I-Connect007为您带来
西门子Mentor新书
数字时代先进制造



点击或扫码下载



们的工具进行权衡，再通过实验确认。可以调整粗糙度、介电常数或损耗角正切值来查看哪种组合最适合自己的产品。这一直是此款工具能提供的实用性较高的功能，有叠层结构的建模可以找出最适合客户的选材方案。

Johnson：你们真正模拟了制造流程会得到的成品。

Gaudion：没错。我们甚至可模拟树脂的压合，以确保不会出现树脂缺料的情况，且一切都可适当层压。在压合时，我们可计算厚度减少量来精准测算分隔及迹场。除了把这些数据直接输入工具之外，我们的工具还允许用户明确规定：“我们要用 3 张这类半固化片，然后将其放入两张 50% 的铜箔中进行压合。”这样一来，用户就可根据铜百分比和半固化片中树脂百分比而得到成品厚度。它是一个非常实用的系统。当然，如果使用软件，可随心所欲地模拟任何操作。在工具中设置需要花费一点时间，但模拟过程不会浪费任何材料，因此在生产实际的 PCB 时，能够更加贴近预期目标。

Johnson：拿到实际产品之后，就可以对比模拟的规范要求与实际成品的差距。

Gaudion：没错。可以用扫描电子显微镜查看产品剖面。软件中配有虚拟图像模式，图层中有标尺，可以测量压合厚度，方便用户测量压合厚度尺寸并与通过扫描电子显微镜观察到的结果进行比对。可以在 Speedstack 工具中对比较测量结果与实际生产的 PCB 数据。



Martyn Gaudion

Johnson：与之前的试错法相比，能否通过提前模拟规范要求的方式量化良率的增加？

Gaudion：我们知道客户很喜欢这个平台，他们的需求也越来越多。用户使用我们的工具预测出的数值和实际成品具有良好的相关性，即使有差异，也是因为他们实际生产出的产品和他们预想

的产品有差异。若有这种情况发生，最好能分析出问题到底出在了哪里。这时就会出现警示，表示“我们认为此工艺流程中使用的这种材料会制造出这样的产品，可为什么最后得到的成品跟我们预想的不一样？”

Johnson：你们的产品非常可靠，因为它们可以帮客户甄别出实际生产过程与模拟结果之间的差异，告知客户工艺流程中出现了未被文档记录的改动。有了这样强大的系统，你们能够把它推广到全球也不足为奇了。现在该软件系统在各个市场的表现如何？

Gaudion：欧洲市场非常强劲，美国市场也在不断发展壮大。有些客户正在美国重建产能。虽然我们并未看到亚洲制造业出现衰退，但美国确实是在不断发展，所以美国现在成了我们的主攻市场，这是我们业务上的调整。Polar 在美国的业务当中，设计是非常重要的部分，这方面的业务在蓬勃发展。虽然人们总是在谈论前景不乐观，但现在万事万物中都包含电子产品，电子行业的业务整体上在不断发展。

Johnson：你觉得美国的 OEM 市场是否在发展壮大？

Gaudion：是的，这个领域确实在蓬勃发展。美国制造业的规模确实在扩大，但对于我们，OEM 是增长最强劲的区域。

Johnson：你们在与 OEM 沟通时会采用什么策略？

Gaudion：OEM 很喜欢线上采购方式，所以我们也采用了 Zoom、Webex 和 Teams 等在线工具和他们沟通；这种销售方式的效率非常高。我们的工具有非常好的线上销售数据。我们也提供线上服务与支持，因为我们可以远程指导用户并帮他们解决问题。

虽然很多用户都喜欢在线上使用我们的产品，但我们也保持一定的灵活度，特别是在国防、航空航天和政府机构的客户非常注重安全性，所以他们必须要在现场使用我们的线下产品。我们的线上数据库也有客户现场版本，不能通过互联网调用。我们的工具有线上、线下两种版本。对于线下版本，我们会将数据库安全地直接传输给客户，他们能用自己的安全系统接收这些数据。约 5 年前，我们认为这些工具需要全部转换为云服务版本，但现在我们既需要提供线上版本，也需要有能力在客户现场提供线下版本，以确保安全。

我们还发现慕尼黑 electronica 这样的展会在美国也变得越来越受欢迎。常年以来，我们从 DesignCon 获益很多，而随着 PCB West 和其他贸易展会又回归美国，我们又有了很多和老客户见面、结识新客户的绝佳机会。面对面的交谈至关重要，除了工具本身，这也是我

们打入新市场的重要方式。当客户与别人分享由我们的工具生成的报告时，制造链上的某些人会询问这份报告的出处，这时他们能看到报告上赫然印着 Polar 的标志。

Johnson：口口相传的推广方式无疑有利于你们的业务扩展。

Gaudion：我们在市场推广时有 80% 都是靠口口相传。

Johnson：这些在供应链上下传阅的纸质报告上印着 Polar 的公司标志，确实也是起到了很好的宣传效果。我们来聊一聊其他叠层结构的特点，那些在芯片封装中的叠层结构。高阶封装、小芯片和载板等领域在快速发展。你们是否调查了这个市场？

Gaudion：目前手中的工作已经让我们忙不过来了，不过我们确实接到了其他材料类型的要求。我们增加了额外的挠性材料，也接到了 IMS 材料的请求。我们一直对添加更多材料类型保持着开放性，所以我们经常会去了解客户群体想要什么样的材料，如果他们有迫切的需求，我们就会把更多材料加到数据库。就像你说的，这是另一种叠层结构，如果我们需要的，就要放手去做。但就像很多其他软件公司一样，我们会收到很多反馈，所以无法过滤掉所有无用的建议。我们一直在用自己的工单系统鉴别和筛选优质的客户和有想法的客户，据此来缩小需求范围，从而甄别出最常用的方案。

Johnson：这样一来，你们就可以把资源投

入在需要的地方？

Gaudion：没错。近期我们发现 PCB 上的传输线变多了，比之前使用的传输线数量增加了很多，所以我们给软件添加了更多视角，使用户在某个位置可以看到所有结构的完整“结构图”。PCB 上可能有 5 条 50 欧姆的传输线、几条 93 欧姆和 100 欧姆的传输线等，以前必须要移动图像才能逐一查看线路，但现在可以一次性看到所有线路结构。在布局中一次性看到各种不同的高速线。人们曾经会忘记使用了哪种类型的高速线，当他们需要使用不同的传输线时，可能会接入阻抗相同的线路。现在，他们可以为每条特定系列指定每条线，设置网分类，将数据直接从我们的叠层工具导入到他们的 CAD 系统中。

Johnson：真有趣。我还没听到任何改变设

计趋势变化的相关反馈。你是否观察到了设计风格出现突然转变？

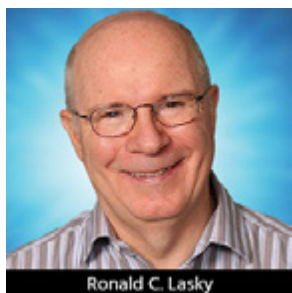
Gaudion：我们发现人们使用的通孔和通孔填充物类型更加广泛，所以现在可以加工出用树脂或铜填充的封盖通孔或堆叠通孔。我不清楚为什么会出现这种趋势，但我们接到的此类部件需求越来越多。每次在更新软件时，我们都要记录下额外的微导通孔、背钻类型。我们这样做已经有一段时间了，但随着深度精密控制钻孔技术的出现，我们会在叠层中指定切割层，因为越来越多的公司对精密背钻感兴趣。这种技术可以使人们以高速使用传统通孔，这是一个正在发展的领域。

Johnson：Martyn，谢谢你接受采访。

Gaudion：不客气。PCB007CN

连载！构建持续改进的平台20：用方形解决问题

编者按：本文为 Indium 公司 Ron Lasky 撰写的有关虚构人物 Maggie Benson 故事连载，旨在介绍 SMT 组装的持续改进和再教育。本文为该系列的第二十个部分。



Maggie 和 John 决定收购 Castellanos Electronics 公司。Andy Connors、Sue March 和 Chuck Tower 再次来到了这家公司。

Maggie 和 John 邀请 Andy、Sue 和 Chuck 参加线上会议，共同讨论近期收购

Castellanos Electronics 的具体事宜。会议快要结束时，Maggie 开始询问起 Andy 和 Sue 的暑期计划。

“现在才是六月初，你们在常春藤大学修的非全日制课程要到九月初才开始，对吗？”Maggie 问道，“你们俩可不可以到岗上班，帮助我们顺利地完成收购过渡？”

Andy 很为难地看了一眼 Sue。他本来打算说他和 Sue 需要商量一下，但这时 Sue 抓了一下他的手。“可以，没问题。”Sue 很高兴地说。

更多详细的内容，请[点击这里](#)。

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

Rogers 公司推出新材料

by Pete Starkey

I-Connect007

在德国慕尼黑 electronica 展会期间，我参观了 Rogers 公司的展位，有幸聆听了新业务发展部经理 Vitali Judin 博士介绍备受推崇的 Rogers 公司如何利用新型高频材料来应对增材制造领域快速变化的需求。Rogers 公司认为数字光处理（digital light processing，简称 DLP）3D 打印技术所能达到的制造速度和分辨率是使增材制造具有合理的可扩展性所必须的，他们与 Fortify 公司共同合作，实现了 RF 行业所需的加工一致性。这项经过调整的新技术有很多潜在的应用，Rogers 公司希望能研发出一系列适用于增材制造技术及其他技术领域的材料。

Pete Starkey：很高兴能在本届 electronica 展会上同 Vitali Judin 博士探讨 Rogers 的一些新产品。Vitali，很高兴见到你，也谢谢你的热情款待。

Vitali Judin 博士：上午好，Pete。谢谢你。我也很高兴能向你介绍新产品和研发成果。

Starkey：可以先介绍一下这些新产品的“新颖”之处吗？

Judin：我想先简要介绍一下 Rogers 的背景。

Rogers 公司是一家成熟的高频层压板和半固化片制造商。这次，我们开始真正涉足其他领域的材料。

Starkey：Rogers 在业内久负盛名。

Judin：没错，尤其是在高频领域。去年年底，我们开始涉足增材制造领域。我们发现 3D 打印工艺在中批量生产和大批量生产方面有着巨大的潜力，于是我们想研发高频应用的专用材料来弥补这一需求缺口。这意味着什么？实现 3D 部件的 3D 打印方法有很多；其中最为人熟知的一种方法就是熔融沉积成型（fused deposition modeling，简称 FDM），即通过融化单根热塑性塑料细丝，逐个像素地去创建部件。这个过程自然很费时间，所以我们想采用特定的技术去并行运行这些过程，从而更快速地生产出部件。这种技术就是 DLP。





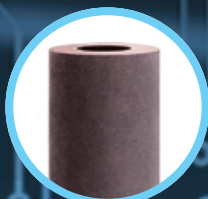
珠海镇东有限公司
GOAL SEARCHERS CO.,LTD ZHUHAI

镇东，让塞孔、研磨更轻松！

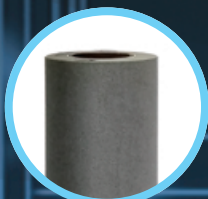
2022年刷辊类共销售83249支, 油墨共销售2734KG



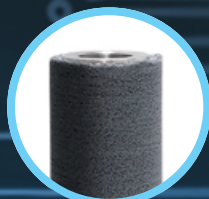
GSH陶瓷刷辊



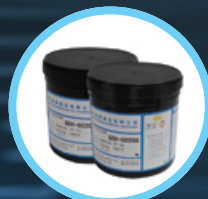
GSH缠绕式不织布刷辊



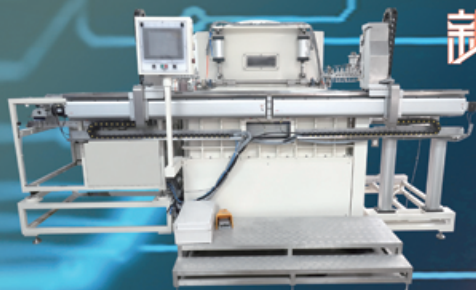
GSH放射式不织布刷辊



GSH高密度尼龙针刷辊



GSH匹配型塞孔油墨



全自动联线式高效
真空丝印机

新品上市



销售实绩：**171台**
CCD真空丝印机



销售实绩：**153台**
双面对磨砂带机



销售实绩：**614台**
智能化刷板机

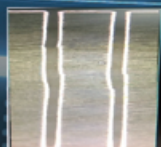
以上数据截止到2023年1月

解决各类真空塞孔&研磨问题

2022年共计加工**1592321片**



盲孔



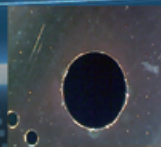
高纵深比通孔



单面背钻孔



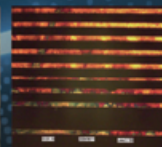
双面背钻孔



孔口去披锋



铜帽去除



防焊前处理



TEL : +86-756-8633473

E-mail : info@goalsearchers.com

HTTP : //www.goalsearchers.com

地址：广东省珠海市香洲区前山明珠南路2007号2栋

DLP 即 “digital light processing (数字光处理)”，用液体聚合物代替纤维，一次性同时构建整个平面。进行分解的话，就是用特定 UV 光来聚合结构。然后按 Z 字型移动在造的板材，用下一束光线来加工，这样就可以同时加工含有 20、100 或 1000 个部件的整块制造平面，使加工速度大幅加快。使用细丝通过 FDM 制造一个部件的时间，用 DLP 可以在单个生产运行中加工出 100 个甚至 1000 个部件，具体取决于透镜的尺寸。

Starkey：虽然这项技术已经问世多年，但你们采用新的化学物质对这项技术做出了调整，以满足这个领域的新需求。

Judin：没错。尽管这项技术并不新颖，但我们迈入了新的材料领域。在丝状材料领域，虽然有很多种适合高频应用的材料可以选择，但这些材料都不适合大批量生产。而且在 DLP 领域，没有合适的具有 RF 属性的材料。Rogers 一直以生产稳定可靠的高频材料而闻名，所以我们研发出了一种名为 Radix™ 的树脂材料，这是一种可以打印的介质，介电常数为 2.8 且损耗因数极低，确切地说，可以满足 DLP 技术的需求。

Starkey：是的，我了解你们非常擅长为不同应用选择适当的材料。这种结构适合什么样的应用？

Judin：如果想用 DLP 技术加工损耗非常低的



Vitali Judin 博士

材料，那就一定要使用一些特定的制造方法。Fortify 是一家擅长处理高黏性、高填充陶瓷成分，以及高填充微粒子聚合物与树脂的公司，通过与他们合作，我们可以加工出特定的网状结构——格栅式结构。为了实现这一目标，通过精密控制引入材料中的空气比例，允许一些空气进入网状结构。

通过复制有一定比例空气的单元体，构建出低介电常数的隔离片。这些小的单元体具有人们熟知的拓扑结构，比如简单的立方单元体。还可以复制出螺旋体，如果改变螺旋体的内壁厚度，还可以形成理想的三维部件介电常数梯度。人们比较熟悉的例子就是龙伯透镜。龙伯透镜是一种球状物，从内向外由若干层介电常数不一样的材料组成。这种结构可以轻松形成高频透镜，而 DLP 技术让构建过程也容易了许多。采用传统方法构建这种结构非常难。

Starkey：我能想到会有多难。我们面前这些样品的蜂窝结构似乎就是经过了精确的工程设计的，很好地控制了整个结构的几何图形。

Judin：没错。桌子上的这些部件就是低介电常数隔离片和其他类型的隔离片。也可以构建一些能够承载机械部件的机械结构，例如介电常数在 1.15—1.2 之间的天线贴片。这就是使用这种结构创建的——我们现在看到的就是螺旋结构。

Starkey：我们了解了这些材料的属性，以及用来创建这些结构的技术。接下来呢？创建出

这些结构以后，要怎么加工呢？

Judin：在高频领域，可靠性、参数的一致性以及电量值是极其重要的因素。我们可以通过控制多孔的程度以及材料内的空气部分来创建螺旋结构，这一点对于部件最终有效的介电值至关重要。这就是我们要和 Fortify 合作的原因——他们有非常可靠的 3D 打印机，配备了专有的材料混合系统和极佳的软件。在他们的协助下，我们可以转化并控制介电常数值，从而将模拟的介电常数直接转化为空气与材料各占一定比重的结构。

Starkey：是的，材料本身并不是简单的聚合物，而是有填充剂的材料。

Judin：没错。

Starkey：一个很重要的技巧就是要保持填充剂分布的均匀性。

Judin：的确是这样。在打印部件时需要控制多个参数，如果没有很好地混合这些复合型聚合物材料，就可能出现物质沉淀等不良结果，导致打印出的部件前半部分和后半部分含有的颗粒成分不一致。需要很好地控制打印过程。有了 Fortify 的技术，再结合多年来我们在不同应用领域内累积的丰富经验，就可以很好地控制打印工艺。除了这些网状结构和低 Dk 结构以外，还可以加工出圆锥柱体等实心的树脂部件，甚至将金属化处理的结构放置在物体表面构建平面天线、保形天线或其他保形结构，



Pete Starkey

所以这项技术还可以应用于很多其他领域。

Starkey：你们现在已经将这一理念向市场公开了吗？还是说仍然处于研发阶段？

Judin：眼前的这款材料是 Radix 2.8 Dk 可打印介质，已经可以在市场上购买到，可以扩大应用于航空航天和国防领域。虽然已经

取得了很大进步，但我们和客户还需要互相引导。我们将为高频领域设计师的工具箱提供新型工具。在我们解释了初始步骤之后，客户立刻运行了仿真。

Starkey：没错。这是一种双向工程设计挑战。

Judin：的确如此。我们收到了一些问题反馈，之后需要再进行一些额外的测试。目前，我们处于整个学习曲线的后期阶段。我们做了很多有意思的评估，现在已经对自己的材料有了更深入的了解。Rogers 公司的目标是研发出一系列具有不同介电常数的增材制造材料，目前我们在朝着这个目标不断努力。

Starkey：Vitali，这次采访让我受益匪浅，谢谢你为我详细介绍这些新产品，也谢谢你深入浅出地为我介绍研发这些新产品用到的方法和技术。

Judin：不客气，Pete。也谢谢你。

Starkey：谢谢。PCB007CN

ENIG 中的金层厚度

对焊接至关重要

by Britta Schafsteller, Mario Rosin, Gustavo Ramos, and Joe McGurran, Atotech

表面涂层的主要功能是保护铜焊盘不变色或不氧化，同时保持组件的表面活性。化学镀镍 / 浸金 (Electroless nickel/immersion gold, 简称 ENIG) 是市场广泛接受的表面涂层，可为铝线键合提供良好的可焊性和性能。金层的主要功能是防止镍层氧化。

通常，沉积厚度遵循 IPC-4552 中规定的推荐值，即可接受的最小金厚度为 $x_{mean} - 3\sigma \geq 0.04\mu m$ [1]。作为对 PCB 行业日益增长的降低成本需求的潜在方案，降低金层目标厚度可能是帮助降低涂层贵金属成本的一种选择。

用于 ENIG 涂层的镀金电解液可分为 2 种不同类型：全浸型镀金电解液和混合反应型镀金电解液。对于浸没式金电解液，沉积完全由溶解镍的浸没反应驱动，从而为镀金提供电子。为了减少对镍的浸入式腐蚀，近年来开发了具有更多自催化特性的电解液。由于反应机理通常基于浸没反应和自催化反应的组合，这些电解液

可以被描述为混合反应金型。根据添加剂或还原剂的类型，浸没 / 自催化反应的比率不同。与浸没型镀液相比，更多的自催化特性提供了随时间线性增加厚度和较低厚度分布的优点。

特别是，金的厚度分布可以随电解液的类型而变化，并且对于具有高浸没的金电解液，其可以主要取决于电镀温度。温度只降低



Dr. Britta Schafsteller

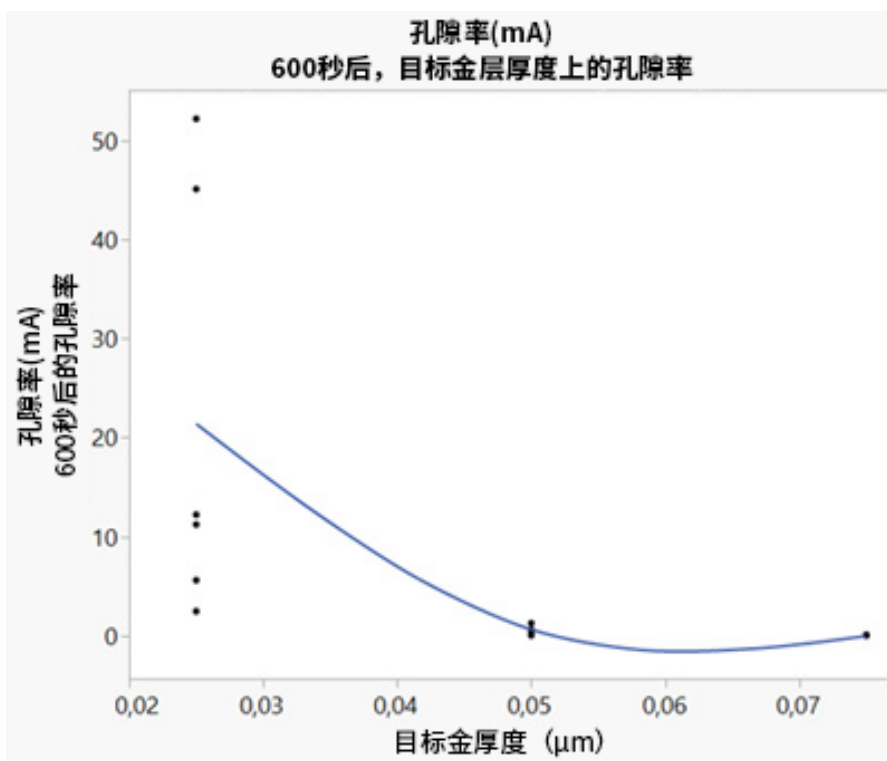


图 1：具有不同金层厚度的 ENIG 孔隙率测量

Capricorn Cx系列



新一代康代AVI终检解决方案

- 1 全新高产量双台面AVI
- 2 配备高端彩色相机
- 3 新增检测防焊(SM) 区域缺陷的功能
- 4 配备最新一代检测引擎Spark 3.0™
- 5 完美兼容“智能工厂”以及工业4.0技术



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

15°C 即可导致沉积物厚度减少 20% 或更多。由此，镀槽中的不良温度分布可能容易导致面板上的金厚度分布不均匀。同时，低金厚度具有形成多孔层的高风险。

ENIG 涂层暴露在腐蚀性电解液时，电化学测量表明，在金层厚度较低的情况下，测得的电流在较宽的范围内变化，而从 0.05 μm 或更高的范围内，金层似乎足够致密，可确保对酸性电解液的腐蚀性侵蚀提供良好的保护。图 1 说明了在低金层目标厚度下金层孔隙率较高的风险。

为了模拟老化后多孔金层对 ENIG 性能的影响，对热处理样品进行了 XPS 表面分析。将具有 40 μm 、70 μm 和 90 μm 不同金层厚度的样品，在 150°C 下回火 30min 和 120min，然后与基准样品进行对比。XPS 结果表明，随着固化时间的增加，可以检测到较高的镍和氧含量。这种效应主要取决于金层厚度；由于金层厚度较低，即使没有固化，也可以在 ENIG 表面检测到镍氧化物。随着额外的热暴露，镍氧化物值会显著增加。在 40 和 70 μm 之间差异最明显。在 90 μm 时，镍的迁移被抑制，因此即使在 120min 的固化时间后，表面上的镍氧化物也可以保持在低水平。

这些结果表明，随着金层厚度的降低，金层更加多孔，因而对于镍迁移变得可渗透。

由于较低的金厚度和较高的金层孔隙率导致 ENIG 表面上形成氧化镍的风险增加，这也

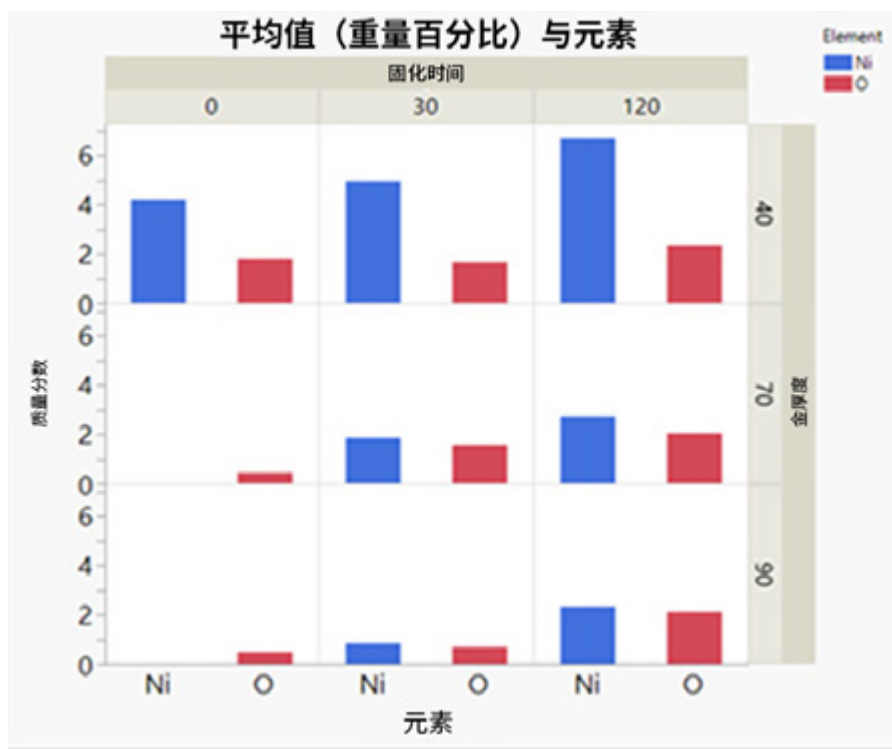


图 2：热固化后对 ENIG 上镍和氧元素的 EDX 测量

可能影响表面涂层的焊料润湿。焊料润湿测试，如焊料铺展测试，证实了这一观察结果。在这项测试中，在 ENIG 焊盘上印刷焊料沉积并回流。在焊接过程之前，通过湿气老化和 2 次回流老化对面板进行预老化，以模拟组装过程中的条件。

即使金厚度为 40 μm 的 ENIG 层能够满足润湿角低于 25° 的焊料铺展测试的验收标准，但可以明显观察到金厚度越高，润湿性越好。镍向 ENIG 表面的迁移与较低的金厚度和较高的孔隙率有关，抑制了 Cu/Sn 金属间化合物的形成，从而存在焊接缺陷风险。这反映在低金厚度值下端的润湿性能降低。

由于 ENIG 层存在焊接缺陷的风险，金层厚度需要保持在规定范围内。为了防止面板上出现明显的厚度变化，镀金步骤需要得到很好的控制，并且需要维持槽中的温度分布均匀。

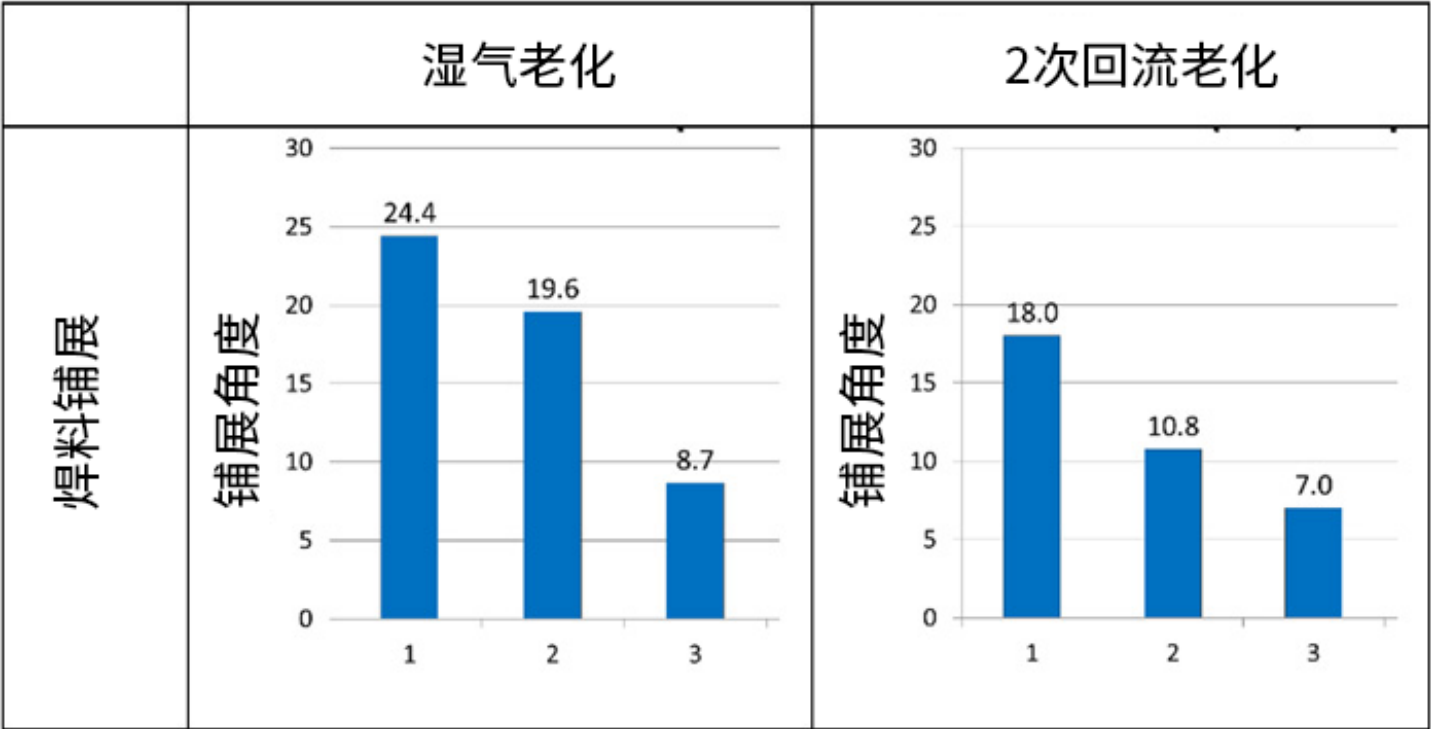


图 3：金层厚度为 40nm（样品 1）、70nm（样品 2）和 90nm（样品 3）时的焊料铺展

作为通过低金厚度防止焊接缺陷的额外措施，还可以考虑使用具有高自催化特性的混合反应金电解液，如“Aurotech G-Bond”系列产品。它们表现出的自催化特性有助于改善厚度分布，从而降低意外低厚度镀层的风险。

PCB007CN

参考内容

- 1. “IPC4552B: Specification for Electroless Nickel/Immersion gold (ENIG) plating for printed boards,” by IPC, April 2021.

Britta Schafsteller 任 Atotech Deutschland GmbH&Co KG 公司选择性涂层全球产品经理。

Mario Rosin 任 AtotechDeutschland GmbH & Co KG 全球应用经理。

Gustavo Ramos 任 Atoteech Deutschland GMG & Co KG 公司选择性涂层全球产品总监。

Joe McGurran 任 Atotech USA, LLC 公司产品经理。

支持 IC 载板、高阶封装

——第 1 部分

by Michael Carano
RBP CHEMICAL TECHNOLOGY

引言

过去 18 个月，关于半导体制造以及美国国内芯片制造方面落后的充分担忧，已经有了大量的书面报道和讨论。针对这一问题，美国政府颁布了《CHIPS 和科学法案》。这项法案提供的资金旨在推动美国国内芯片制造的更快发展。虽然，这一切的初衷都很好，但一旦这些先进的芯片被制造出来，它们将何去何从？正如人们所说，“光有芯片也没用”。

这些芯片需要高阶 PWB 来支持这些封装。PWB 和 IC 载板是这些芯片、微处理器、电容器、存储器、逻辑等安装和互连的物理平台。如果没有高可靠性、高密度的平台，芯片将无处可去。这正是必须采用关键技术、工艺和材料来支持芯片生产和高阶封装的原因。

本月专栏的主题是为了支持高阶封装，PWB 领域的制造商必须了解和掌握的关键方面。分别是：

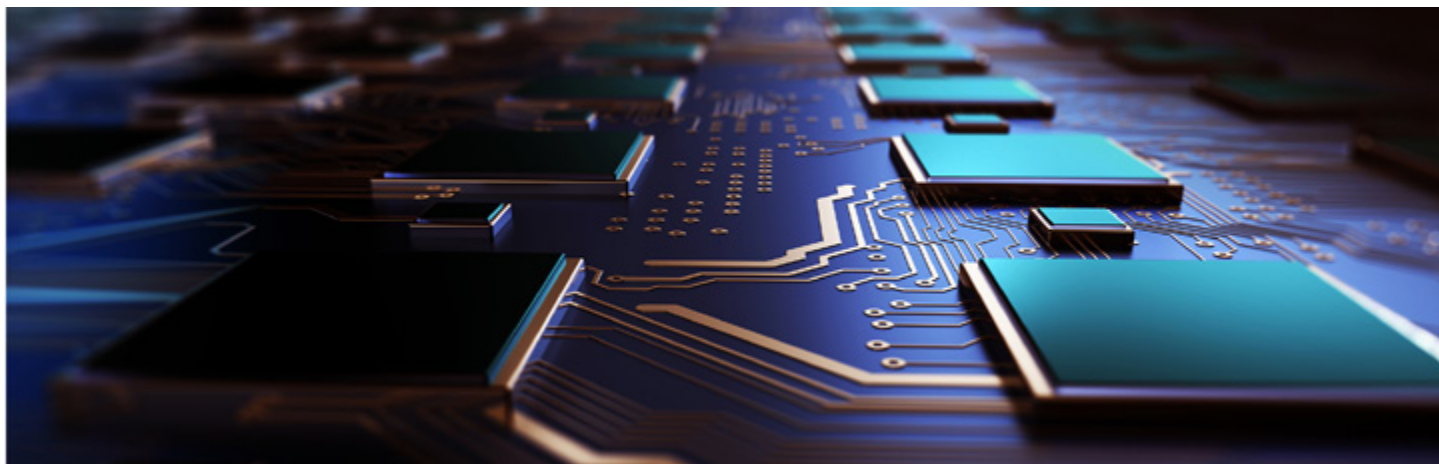
- 定位和材料选择
- 小孔钻孔 / 导通孔形成
- 去钻污和金属化
- 高阶光刻和细线蚀刻
- 盲孔电镀 / 盲孔及埋孔填充
- 信号完整性
- 质量控制和鉴定

本文第 1 部分将重点介绍以下方面：

- 定位和材料选择
- 小孔钻孔 / 导通孔形成
- 去钻污和金属化

定位和材料选择

HDI 板的特点是特征更小和对准更严苛。为此，特征补偿和缩放比普通电路板更重要。



创新性+精确性+可靠性



厂内客服实验室

可为每位Chemcut客户提供如下协助：

- 研发新工艺流程
- 产生初始原型
- 小型试生产
- 可行性研究
- 产生放大数据
- 操作员培训和教育



联系人Chris



要了解有关我们实验室的更多信息，请通过电子邮件
sales@chemcut.net与Christopher Bonsell联系。

www.chemcut.net

 **CHEMCUT**
BOUNDLESS INNOVATION | UNBEATABLE PRECISION

挑战	解决方案	支持技术
上升时间衰减，ISI， 眼图塌陷	最小化消耗因子 最小化寄生效应	1. 低损耗层压板 2. 集成被动元器件 3. 芯片规模封装
	最小化 PDS 阻抗	4. 薄层压板
高速设计越来越难	更有效的设计工具	5a. 3D 全波解算器 5b. 4 口 VNA

表 1：高速 HDI 板面临三大挑战 [1]

HDI 板也用于高频应用，因此，满足这些需求为工程设计 / 定位部门带来了新的挑战。表 1 显示了工程设计高频板的三大挑战。

材料选择同样重要，特别是因为无铅组装温度及其对层压板分层和可靠性的影响。重要的新功能包括：

- 1. 使用“共面波导”和共面带状线模型的高频板的阻抗计算和堆叠。
- 2. 新型酚醛环氧树脂和无卤 FR-4 的特性和放大 / 特征补偿。
- 3. 能够添加局部基准以对准激光钻孔 CCD 相机。
- 4. 根据直径、深度和材料类型存储激光钻孔参数的系统。
- a. 导通孔堵塞的特征，以确定埋孔的放置是否会产生问题 [1]。

从材料的角度来看，低 Dk 和低损耗层压材料是首选的层压材料。需要满足信号完整性和阻抗匹配要求。最小化高频信号损耗对于支持高阶封装的 IC 载板技术至关重要。这使人们能够更好地理解导通孔形成和去钻污 / 金属化。

小孔 / 微导通孔形成

虽然 HDI 通常与激光钻孔相关，但也可以通过机械钻孔和化学蚀刻形成小盲孔。重要的是确保每个板都能接收到正确的微导通孔钻孔参数。理想情况下，形成的导通孔形状时在通孔顶部有更宽的开口，向下逐渐变细（图 1）。

导通孔的形状对于实现均匀镀铜至关重要。电镀操作的流体动力学要求不断补充关键电镀添加剂，以确保更换新鲜电解液以减少浓度极化。随着浓度极化，扩散层会缺少铜离子和其他添加剂。

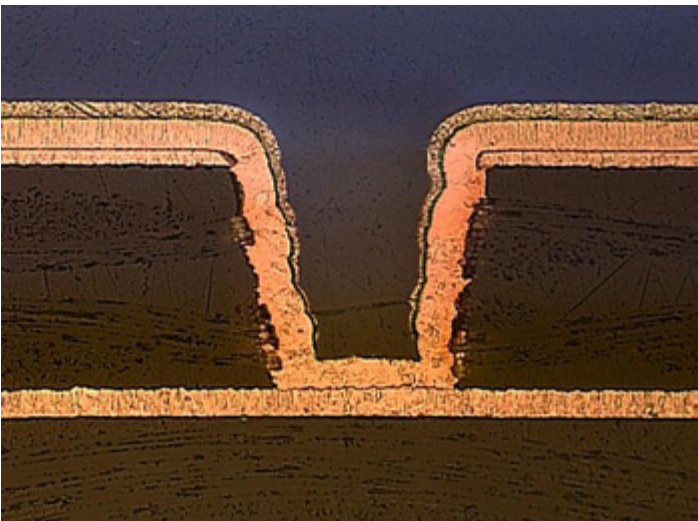


图 1：有镀铜的理想微导通孔外形

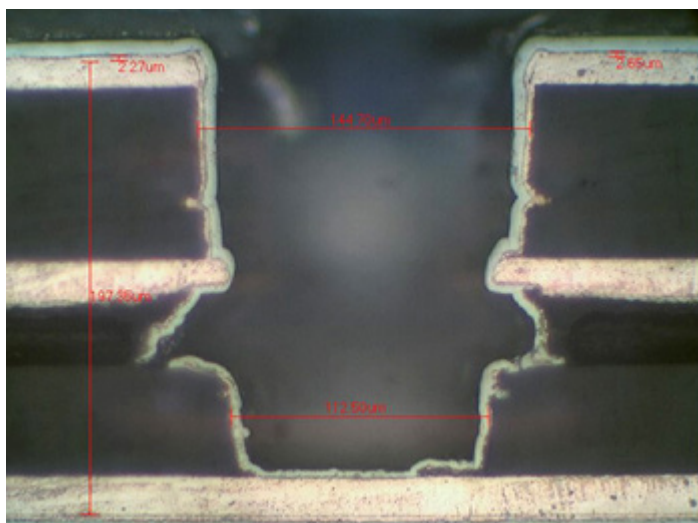


图 2：不甚理想的导通孔外形



图 3：碱性高锰酸盐去钻污（低 Tg 材料）后的蜂窝结构

不甚理想导通孔形成如图 2 所示。注意，盲孔的直径在顶部略窄。此外，整体导通孔的质量受到影响，是过度去除粘合剂材料。在这种情况下，电解液到盲孔的层流被破坏，进一步影响均匀电镀。

需要考虑的其他重要因素和条件包括：

1. 确保外层的层压厚度一致，否则将严重影响激光钻孔。
2. 注意能级，以免在盲孔底部产生分层或环氧树脂残留物。
3. 仔细选择要激光钻孔的电介质（可激光

钻孔的半固化片）。

4. 检查激光钻孔设备的景深，以验证可以激光钻孔的最厚板材。

5. 制造商必须投资最新的对准和导通孔形成设备。

- 可能存在孔和导通孔的定位精度问题
- 可用于预测材料移动的系统

去钻污和金属化

从纯材料的角度来看，这些高性能树脂更难去钻污和金属化。因为模量更高，材料更脆。这些材料也更耐化学工艺，包括碱性高锰酸盐化学工艺。人们不能依赖常见的具有较低 Tg 材料树脂的高表面积和蜂巢状结构。

然而，为了确保清除钻屑和其他碎屑，碱性高锰酸盐工艺还必须激活树脂和玻纤，以确保后续镀铜的附着力。松散的碎屑和光滑的树脂表面将无法提供足够的附着力，因而无法承受热偏移和机械冲击。

本文第 2 部分将深入探讨金属化。
PCB007CN

参考内容

1. Getting Started in HDI Fabrication, by Happy Holden and Michael Carano, internal publication, Feb 2021.



Michael Carano 任 Averatek 公司质量副总裁。如需阅读往期专栏，可[单击此处](#)。

能像制造个人电脑一样 制造电动汽车吗？

by Happy Holden

I-CONNECT007

引言

你可能没有听说过 Foxtron，但如果你关注电动汽车（electric vehicles，简称 EV），很快就会有了解。这是富士康与日产中国



图 1：富士康和裕隆通过 MIH 财团组建的合资企业 Foxtron 在 2021 年推出了 3 款原型车，2022 年推出了两款^[1-2]

台湾汽车制造商裕隆集团（Yulon Group，简称 YLM）合作建立的电动汽车初创公司。2021 年，该公司在中国台湾地区推出了 3 款电动汽车：E 型轿车（裕隆销售）、C 型运动多功能车（sports utility vehicle，简称 SUV）和 T 型客运巴士。2022 年，Foxtron 推出了新型全地形多功能皮卡 V 型和低成本 B 型轿车（图 1）。

尽管该公司准备在中国台湾生产这些车辆，但仍计划在全球范围内展开生产。其更大的计划是转型为一家高度灵活的公司，专注于幕后工作，成为全球第一大电动汽车制造商，即使没有人知道他们驾驶的汽车是谁制造的。

整体情况

这是由富士康联盟 Mobility in Harmony(MIH) 组织的。MIH 财团运营着 Open EV Alliance，基于富士康在制造个人电脑和智能手机等消费产品时开创的原则而创建的新集团。MIH 希望促进创新和合作，以降低联盟伙伴的进入门槛。随着富士康的营收超过 2160 亿美元，很多人相信，可以在电动汽车领域复制其成功案例。

我的观点

我从独特的角度来讨论这个主题，因为我

Geode™

加快创新

您有应对新兴市场挑战的工具吗？

看到HDI和IC封装钻孔的新愿景

Geode的设计宗旨是在提供所需的吞吐量、精度的同时减少拥有成本。

凭借40多年激光与材料相互作用专业知识的创新新功能，Geode是我们成为PCB世界领导者的最新例证。



 mks

ESI®

www.ESI.com



在富士康的一个业务部门担任了数年的首席技术官，是富士康为数不多的非华裔员工之一。1983 年，郭台铭刚开始从事电子元器件业务时，我也是少数几位在中国台湾地区与他见面的西方人之一。当时我正在管理惠普台湾地区应用中心。郭台铭最终成为富士康董事长兼首席执行官。

直到 2008 年，我才听到很多关于鸿海公司的消息，即富士康的前身。当时我接到了惠普台湾地区公司老板的电话，他刚刚成为鸿海公司的执行副总裁，在中国需要一些帮助。从那时起，我了解了很多关于富士康和郭台铭的事情。

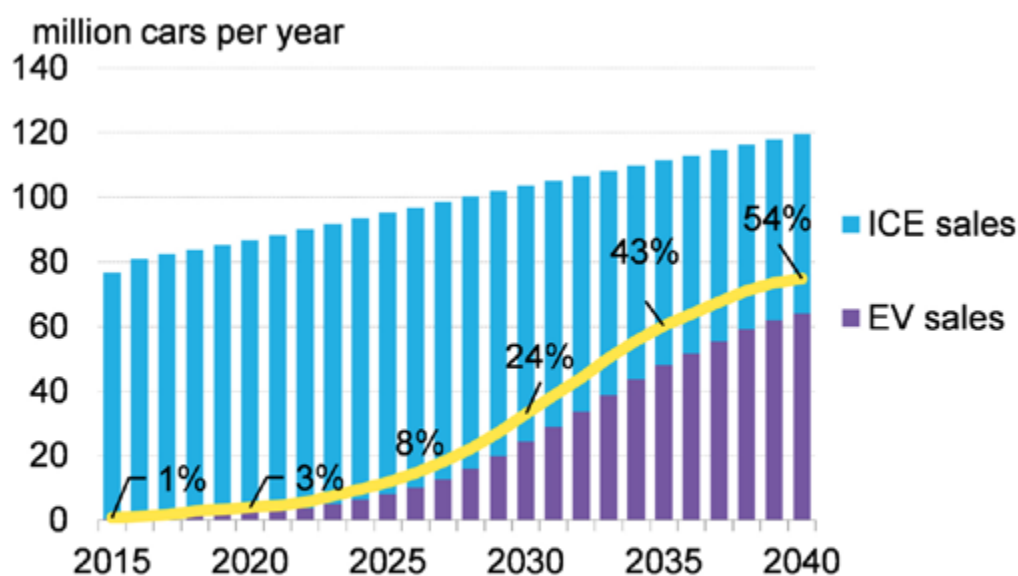
富士康是如何起步的？

20 世纪 70 年代，富士康以生产电视机塑料制品起家。20 世纪 80 年代，当 IBM 个人电脑开始发展时，富士康开始专注为个人电脑制造连接器和线缆；事实证明，这是明智的举措。

随着业务量的增长，毛利率也达到了 36% 以上。

随着制造产品的多样化，富士康变得更加灵活，更善于将其定位为所涉及领域的领导企业。因此，当富士康于 2020 年进入电动汽车市场时，其全球销售额迅速跃升至 2400 亿美元。

与传统的汽车制造商不同，富士康认为，简单的电动汽车可以像个人电脑一样，作为模块化的元素来制造；为了探索这种可能性，该公司成立了 MIH 联盟，目前在 64 个国家拥有超过 2376 名成员。通过 MIH 联盟，富士康将为初创企业电动汽车公司提供参考电动汽车设计和制造新电动汽车所需的所有组件（电池、电机、电子设备、显示器、线缆线束、软件、IC 芯片和车身），并提供额外的全组装服务。真正的“带轮子的 PC”，对富士康来说利润是很高的。



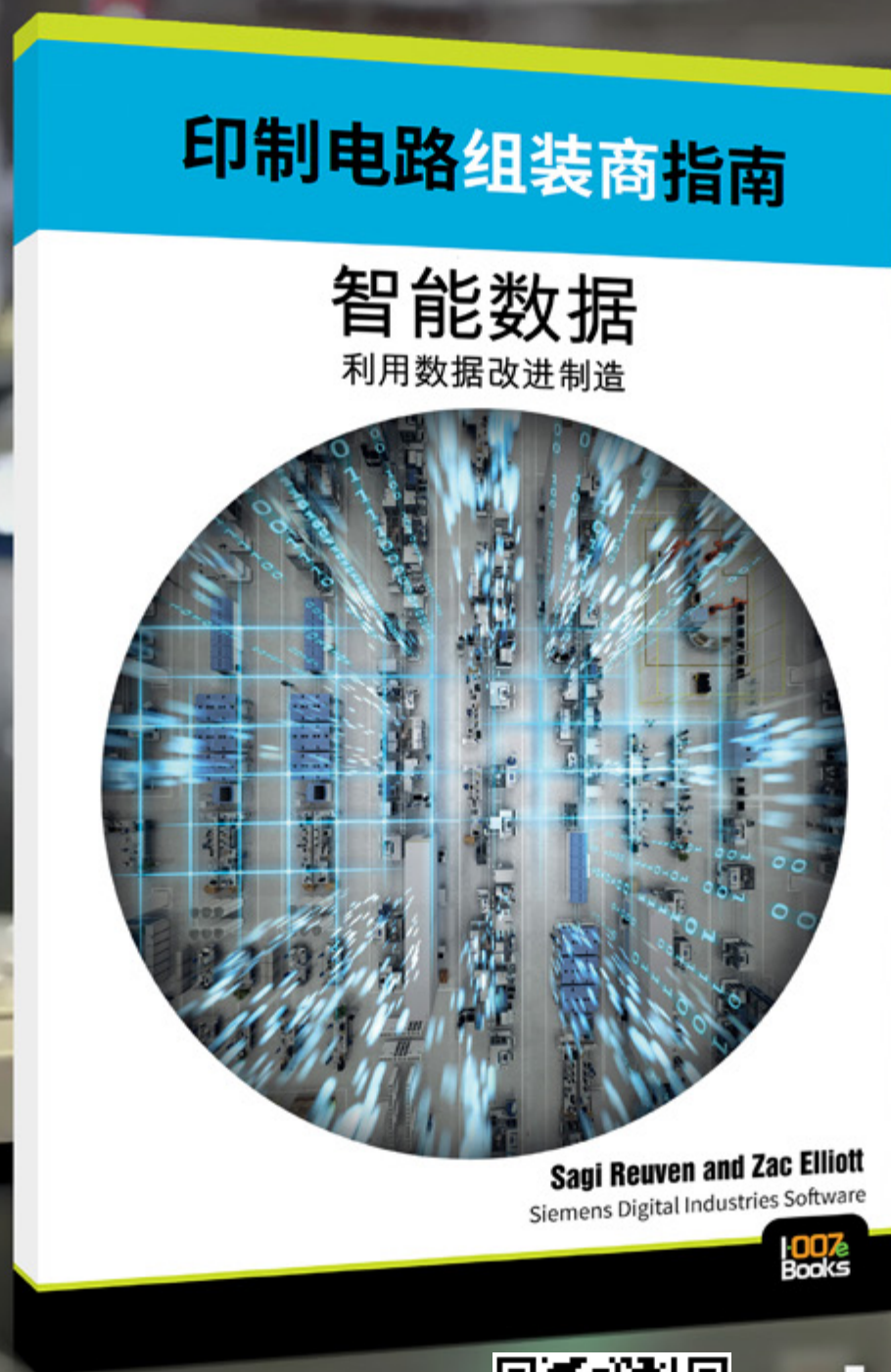
Source: Bloomberg New Energy Finance

07/06/2017 Press Release

图 2：2015 年至 2040 年，两种来源的全球电动汽车预计销量^[5]

让您的数据发挥作用！

数据分析可以帮助您做出更好的决策、
降低成本并消除浪费。



⬇ 现在就下载



I.007e
Books

作为 ODM 的富士康

在我看来，富士康舍得花钱投资。它是“垂直导向”的，将为电子产品开发或制造尽可能多的零部件，包括视频显示器、电源、塑模成型设备和铸造金属零件、PCB、挠性板、连接器、射频 / 网络、耳机、相机等。富士康拥有世界上最大的两家 PCB/ 挠性板制造商：臻鼎科技（价值超过 50 亿美元）和 FIH Mobile Limited 公司（100% 控股，且销售额超过 40 亿美元）^[3-4]。预计这两家公司将主导富士康电动汽车的电子元件生产，到 2030 年电动汽车销量预计将超过 4000 万辆。目前已经有很多电子设备（图 2）。

富士康设计了许多其他 OEM 在中国销售的智能手机。现在还制造了大量的机器人，其中许多用于其产品的组装。毫无疑问，其技术实力将扩大到包括用于底盘组装、喷漆和焊接的大型机器人。富士康收购了惠普的喷墨模块

业务，甚至组装了自己的喷墨打印机。由于汽车需求，富士康收购了一家半导体制造商，并与 NVIDIA 合作开发 CPU 芯片，该公司正在马来西亚建设新的晶圆厂。

2001 年，英特尔选择富士康生产其英特尔品牌的主板和 CPU 模块。接下来是智能手机革命，它从一开始就通过生产 iPhone 与苹果公司一起赶上了这一浪潮。通过保持指数级增长，富士康走进了每个人的家庭。

如果富士康想最终走出默默无闻的境况，有两个选择：收购消费品牌或进入全新的行业。它同时选择了两种方案。真正的问题是：消费电子产品的垂直化能否扩展到电动汽车业务？

制造个人电脑一样制造电动汽车吗？

个人电脑市场的爆发是因为只要购买英特



图 3：MIH 财团提供的技术服务^[6]

尔的 CPU，英特尔就会免费提供其基本的个人电脑设计；AMD 也紧随其后。现在只需几个工程师就能组装一台正常工作的个人电脑。当时微软也以非常低的价格提供 Windows 软件。将这种情况与电动汽车的现状进行比较，你会发现，电动汽车不仅仅是一个电机和一块电池构成，还有许多不同的电子系统在发挥作用，包括电池和充电系统、电机控制、照明、转向、制动、空调、雨刷、防撞和安全系统、娱乐、内部系统、车身框架系统，以及不久后的自主 5G 通信。

汽车上路时需要考虑的其他因素：

- 政府、州和地方交通法规
- 保险公司，在公共道路上运营的固有风险

- 安全标准和责任
- 长期保修
- 每款车型可获得长达 15 年或更长时间的维护和支持
- 地域组装的需要
- 富士康在国外对中国台湾地区管理的依赖

为了取得成功，电动汽车公司将需要差异化的车型来吸引客户，即使是单一电动汽车公司也需要定期改变和更新车型。

台湾 OEM/ODM（台积电、鸿海、PCB 制造商）花了 30 年的时间建立了启动这项计划所需的基础设施，而这些都是无人关注的情况下完成的。三大汽车基础设施（美国、

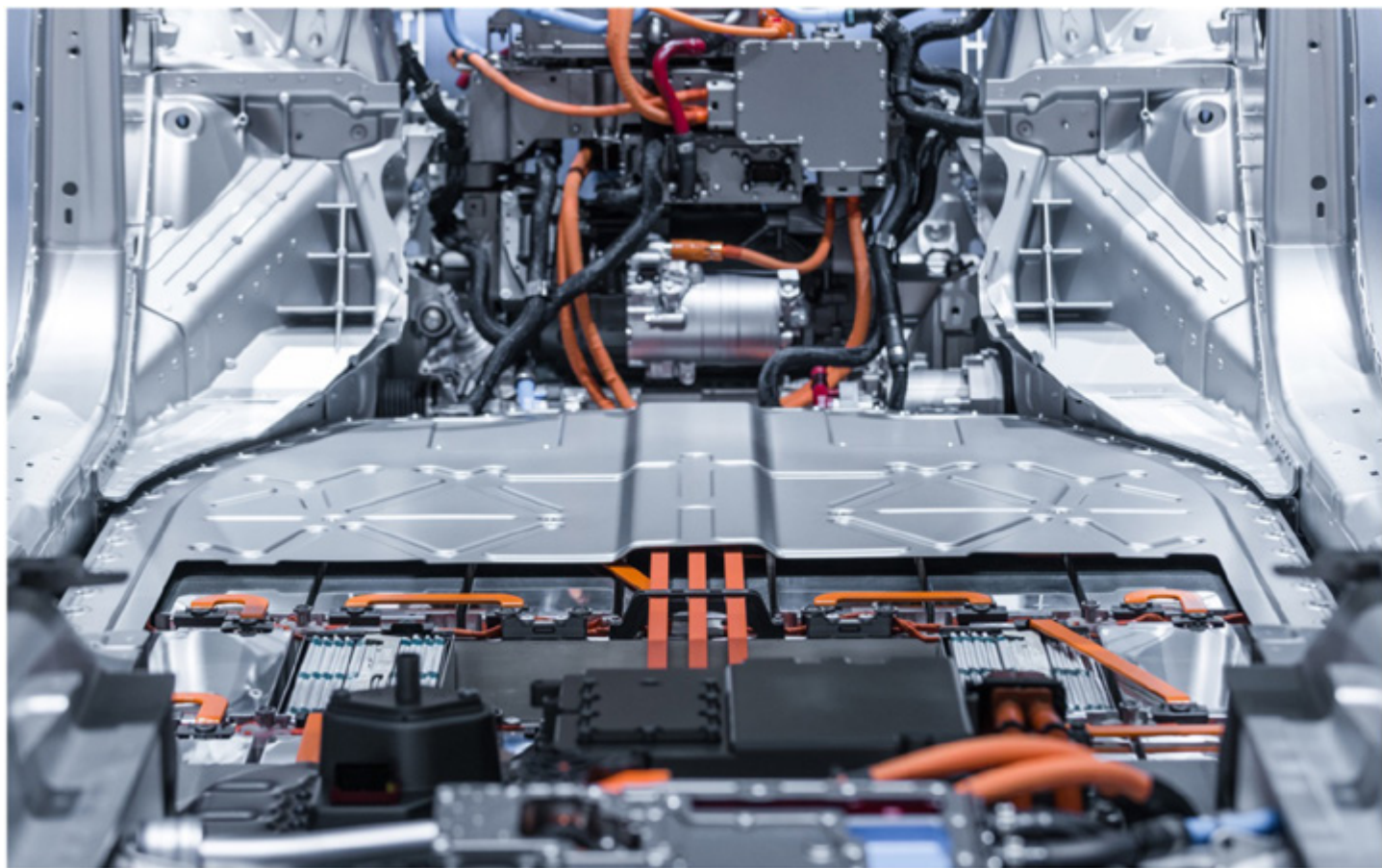


图 4：Ultium 动力传动系统和电池 [7]



图 5：位于 Michigan 州 Farmington Hills 的 Lordstown Motors 工厂在测试试生产的 Lordstown Endurance 电动皮卡车 [8]



图 6：2022 年第 3 季度开始批量生产 Lordstown Endurance 电动皮卡车, 2022 年第 4 季度交付 [8]

德国和日本）已经构建了 120 年，拥有大量零部件供应商，以及教育电动汽车创造者所需的大学。相比之下，中国大陆和台湾地区才刚刚起步，但富士康已经在使中国大陆和台湾地区成为电动汽车舞台上的主要参与者

方面取得了长足的进步。

富士康计划在 2025 年前将 50 万 ~75 万辆电动汽车交付给亚洲客户；总产值为 340 亿美元，每辆车为 4.5 万美元。该公司计划采用电子产品和机器人的模块化方法来组装框架，



图 7：通用公司的 5 个大双轮电源模块和 5 个小单轮电源装置 [7]

并将所有模块放入这些电动汽车中。

MIH EV Design LLC 是 富 士 康 与 Lordstown (Ohio) Motor Corp. (LMC) 公司的合资企业，将使用 MIH 开放电动汽车平台，通过图 3 所示的服务，共同设计和开发面向全球商用车市场的电动汽车项目。根据 LMC 的公告，富士康投资了 2.3 亿美元，其中 1 亿美元用于启动，并向 LMC 提供了 4500 万美元的贷款，“以支持其初始资本承诺”。富士康拥有新公司 55% 的股份，LMC 拥有 45% 的股份 [9]。

富士康最近收购了一家大型 LMC 工厂，将帮助 Fisker 公司于 2024 年生产 PEAR 型电动汽车。预计每年将生产 25 万台 PEAR。通过合作，LMC 计划在今年早些时候开始生产全电动皮卡“Endurance”。富士康中国工厂目前还没有像美国、日本、德国那样培养汽车工程师，因此这里无疑将成为汽车工程师的培训工厂。

激烈的竞争

富士康刚刚宣布，将斥资 2.09 亿美元在中国台湾地区高雄河发工业园区建设电池研发

和试量产中心，目标是在 2024 年第一季度批量生产磷酸铁锂电池。

目前拥有多个新工厂和电池工厂的特斯拉在竞争中遥遥领先。对比特斯拉的网站与 MIH 的网站，特斯拉已经开始承接订单。目前的内燃机 (Internal Combustion Engine，简称 ICE) 制造商也已开始开发电动汽车；18 家公司已向市场推出了电动汽车。除了令人印象深刻的电动汽车架构外，通用汽车已有 4 款车型上路，该公司将其称为 ULTIUM 计划。通用汽车的产品包括 5 个双轮驱动动力系统、5 个额外的单轮驱动动力模块，以及数十种电池配置 (图 4 和图 6)。他们还有与 LG 能源系统公司合作的保障，在北美建立了 3 个新的通用汽车电池厂。

电动汽车行业目前发展状况

目前有 57 家电动汽车初创公司，大多数在亚洲，其中 20 家在中国；中国的几家公司多年来一直在生产 ICE 车辆。我相信很多创业公司会涌向富士康，以获得其电动汽车参考设计，并开始掌握制造正常运行的电动汽车所需

的各种技术。另一方面，拥有自己制造业务的老牌 ICE 可能会因为担心不得不与新来者分享他们的专有知识而远离富士康（图 5）。但产品设计安全和 IP 问题将是 MIH 面临的主要挑战，因为几乎每年都必须推出新产品，以保持公众对其产品的关注。

总结

只有时间才能证明富士康能否实现其计划。富士康在个人电脑和智能手机业务上的成功得益于这些电子产品的小型化，以及北美和欧盟外包电子产品制造的巨大努力。目前汽车和交通是这些地区的国家重点，因此复制消费电子产品的增长可能是一条艰难的道路。

在过去的 30 年，时代发生了变化；创新随处可见。许多公司已经在尝试用有机粘合剂取代点焊，而较新的塑料比铝的强度高，但质量更轻。用于大型卡车的燃料电池技术可能会为汽车而小型化。该行业还将重点放在小型、超高效的氢动力发电机上，以此来生产电动汽车所需的电力，而无需考虑锂电池的重量和成本。随着该行业的不断发展，我相信在未来几年里，会看到一系列新的理念。富士康能否成功主导这一进程，还有待观察。PCB007CN

参考内容

1. “About Foxtron,” FoxtronEV.com, 2023.
2. “Smart Open Electric Vehicle Platform,” HonHai.com, 2023.
3. “Zhen Ding Technology Holding Limited,” Yahoo! Finance profile, 2023.
4. “FIH Mobile Limited,” LinkedIn.com

profile page, 2023.

5. “Electric Vehicle Outlook 2022,” by BloombergNEF, bnef.turtl.co, 2022.

6. “Our Technical Service” section on main page, FoxtronEV.com, 2023.

7. GMC CES Press Package, 2021.

8. “Lordstown Motors and Foxconn Close Asset Purchase Agreement and Enter into JV Agreement for MIH Based EV Development,” LordstownMotors.com, May 11, 2022.

9. “Foxconn working with Fisker & Lordstown Motors to produce 2 EVs at Ohio factory,” by Lurah Lowery, RDN, RepairerDrivenNews.com, May 17, 2022.

10. “Embattled EV startup Lordstown touts ‘real employees at a real plant’ as it seeks capital infusion,” by Michael Wayland, CNBC, CNBC.com, Jun. 23, 2021.

11. “Top 10 Electric Car Startups,” EnergyStartups.org, Jan. 5, 2023.



Happy Holden 自 1970 年以来一直专研于印制电路技术，先后效力于惠普、NanYa Westwood、Merix、Foxconn 和 Gentex 等公司。目前，Happy 担任《I-Connect007》杂志的技术编辑，并著有 [《印制电路制造中的自动化和高阶制程》](#) 和 [《25 项电子工程师必备技能》](#)。如需联系 Holden 或阅读往期专栏，可[点击此处](#)。

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

感性连接的功能

by Todd Kolmodin
GARDIEN SERVICES USA

过去电气测试处理含有无源电感器特征的产品，但人们并不了解这种部件，只知道它们会持续超出阈值。这种情况主要是因为较长的走线具有 10 欧姆或 20 欧姆以上的电阻阈值。一般情况下，这些走线是延时走线或加热器走线。对于这些电阻较大的走线，通常会忽略不计其容差，其他功能正常即可。

但长走线或螺旋走线的电阻往往会更高一些。图 1 所示为一般的加热器情况。从图中

可以看出，每个网具有一条长走线。设计的特性是非常具体，必须要包含完整的走线。问题在于是否会有某一条长走线与自身短路。在标准的连通性测试中，自身短路是无法检测出来的，因为电阻值的变化不足以被检测到。但出现短路后，电路本身将达不到预期的设计目标。

检测出这类故障的方案有两种。开尔文 4 线检测可以捕捉到电阻的小变化，但在含铜量如此高的电路中，测试的精度会受到影响，电阻需要发生明显变化才会被检测为故障。另一种方案是测试网络电感，目前可以使用飞针进

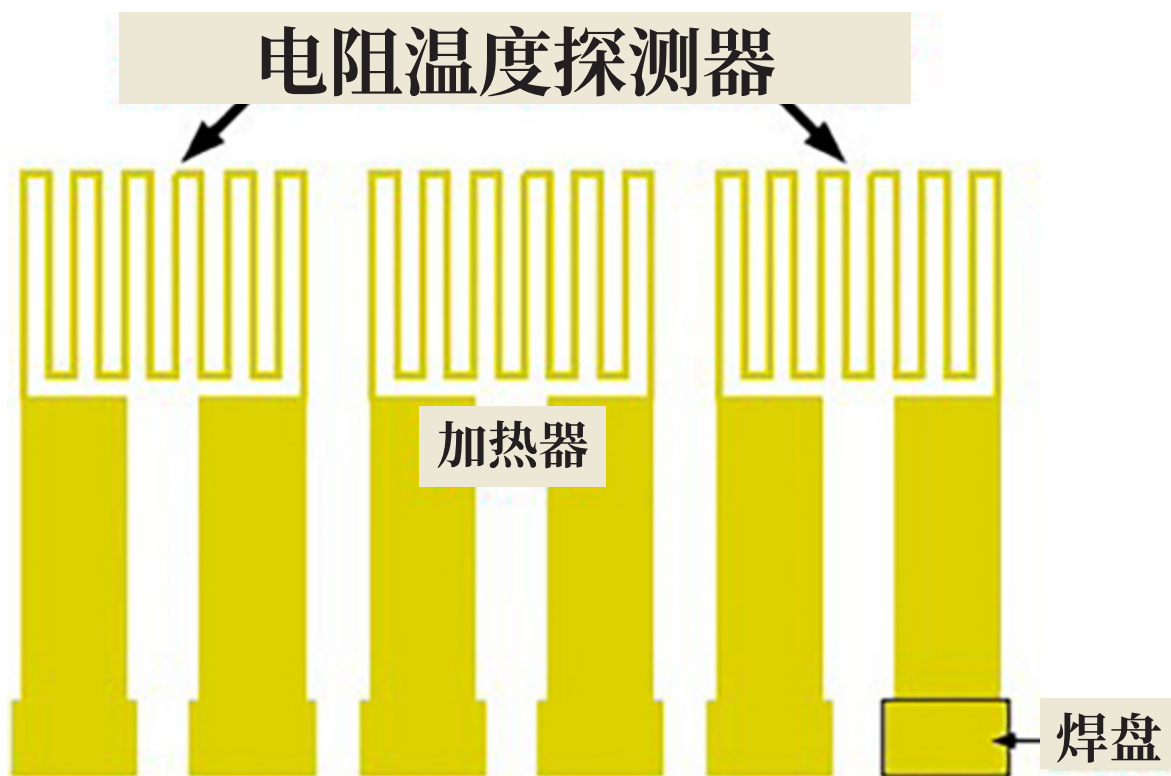
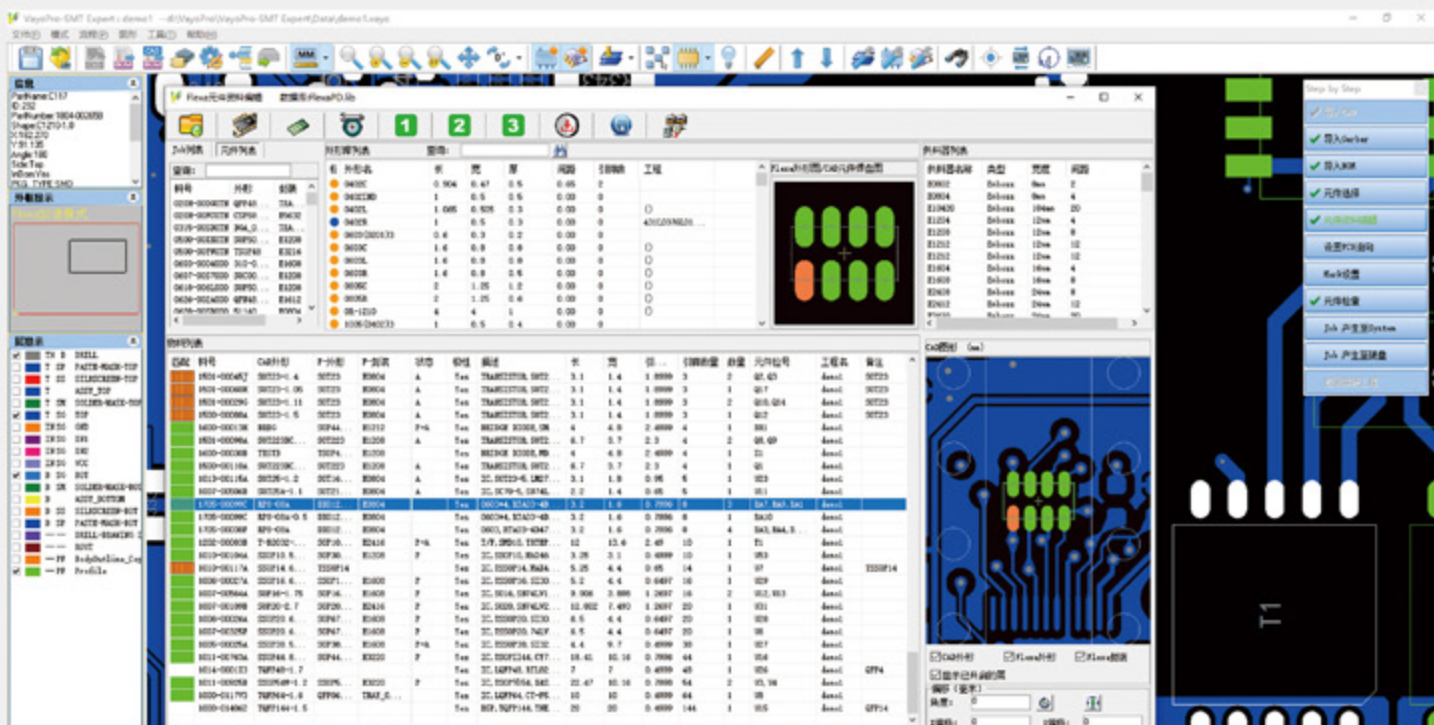


图 1：加热器走线



用智能技术改变编程方式 将数小时或数天的SMT程序制作时间缩短至数十分钟

5大专利技术极大提升编程效率

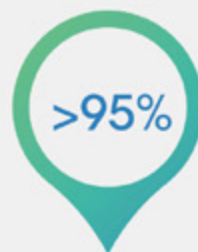
双向数据交换 | 智能校正角度/极性 | 智能拼板
智能匹配元器件库 | 智能创建元器件库

不同平台程序互转缩短转线时间

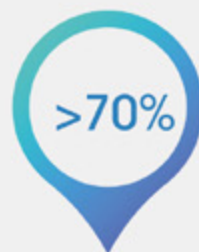
SMT Expert 支持不同SMT产线或设备间的快速程序转换，从而帮助大幅缩短产品转线时间。

智能生成装配图纸及上料表

快速产生文档，客户化可定制化格式及页面风格，包含信息全面，支持打印或输出PDF/HTML/Excel等格式。



降低错误几率



缩短编程周期

提升程序准确性，降低商业风险

缩短SMT编程时间，提升工作效率

简化设备编程过程，降低人员要求

增加NPI应对能力，加速打样/试产

软件咨询/试用

021-61182128

license@vayoinfo.com



行这种测试。可以在机器中输入预设值，等测试到此类器件时，机器会将测试值与预估值进行比对。测试过程中会记录所有数值并提供测试后分析报告。

在上文案例中讨论了非常基础的加热器走线和计时走线情况。但是电感器可以在电路设计过程中发挥非常积极的作用。下面，将讨论一些更为复杂的情况。

电感器或线圈通常会起到变压器或有时是电磁电机的作用。这些器件可以使用初级线圈和次级线圈来调节电压，或者形成可以在电机组件中旋转电枢轴的电磁场。但在 PCB 设计中，它们可以做一些很引人注目的功能。通过导线在内芯上缠绕的“匝数”形成初级及次级线圈。初级线圈匝数与次级线圈匝数的比值决定了线圈的性能。PCB 本身是用不到变压器功能的，但线圈可以很好地发挥其他功能。

尽管线圈可以用来放大电压，但主要用途还是操控信号。这一点在 RF 设计中尤为重要。在高速数字电路或 RF 电路中，杂散的 RF 或寄生元器件对产品性能会产生致命的破坏。这时，电感器就可以发挥重要作用。在 RF 领域内，要处理电压驻波比 (VSWR)、电抗和衰减的问题。还记得我刚才提到线圈是由内芯以及初级线圈和次级线圈组成的器件吗？

只要使用 PCB 就能创

建出有源线圈。在生产 PCB 的过程中，根据设计的不同，可以利用层之间的介质（也就是芯材）来形成电感器。我们可以在层之间缠绕一条走线，比如在第 1 层和第 3 层之间来来回回缠绕，绕到所需“匝数”为止。用同样的方式形成次级线圈。这样，在芯材周围就形成了初级线圈和次级线圈，一个感应器就这样横空出世了！你也许会说，Todd，这样没问题，但我们要用它做什么？

我们可以加强信号或阻抗，使其与电路匹配。但我们不会止步于此。如果给电路增加了阻抗或容抗，就会产生电抗。在与不同电阻器或电容器耦合时，线圈的表现也会有所不同。这时就会出现感抗和容抗。对于 RF 和微波应

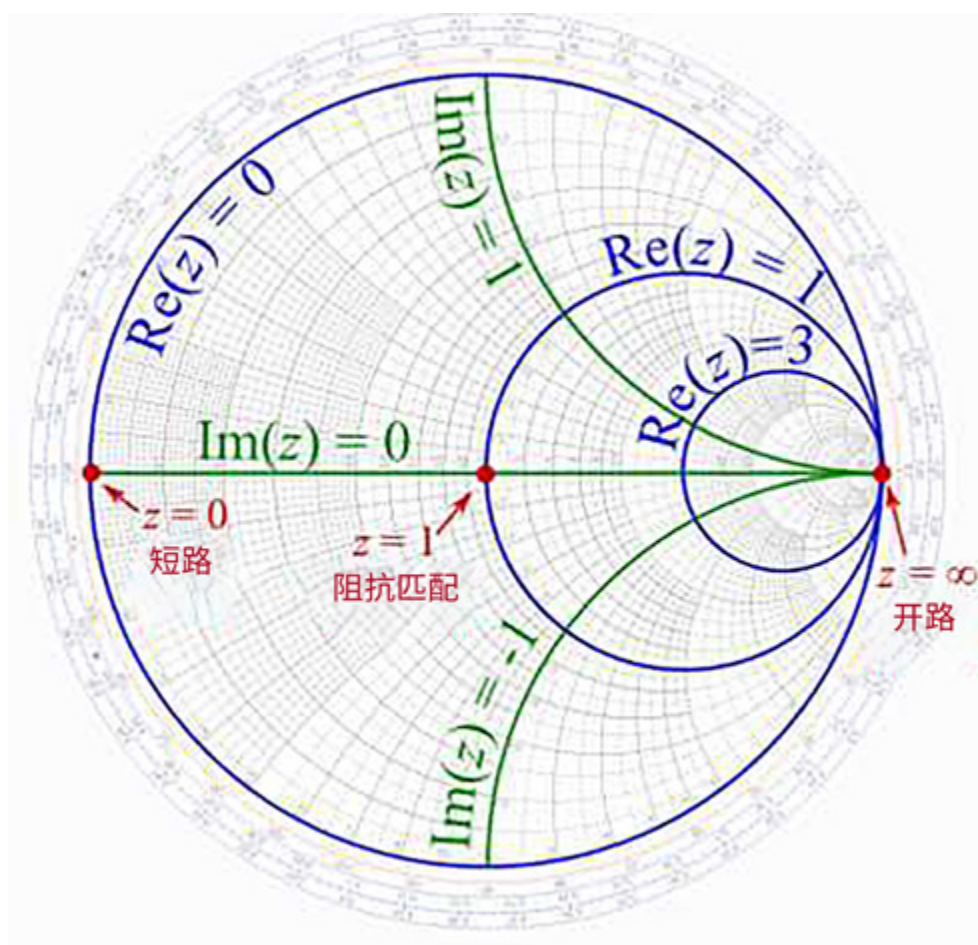


图 2：史密斯圆图

用而言，这种现象十分重要。线圈的电路反应从中发挥了重要的作用，电路产生的是感性反应还是容性反应均取决于匹配。在 RF 应用中，如果感性反应与容性反应相等，电路就会出现谐振，功率会被全部传输到端口的馈电点或天线（如适用）。

图 2 给出了电路反应的史密斯圆图。当电路中的电感或电容高于另一方时，反应性会发生变化并会影响性能。如果电路偏感性，电路中的电流会导致电压的相位超前于谐振状态的电流相位。相反，如果电路偏容性，电压会滞后于谐振状态的电流相位。

明白了吗？这些与 PCB 有什么关系？PCB 上有线圈。如果容抗与初级线圈并联，就会产生一些神奇的效应。通过给电感器添加容抗，能产生滤波器。具体来讲，就是可以过滤信号，阻止一些特定范围的频率通过，或者只允许特定范围内的频率可以通过。这种叫做“带通”滤波器或“带阻”滤波器。也就是说，使用带有电容器 / 电阻器的感应线圈（电感器）时，所做的就是“调谐电路”。这样可以让预先确

定的信号得到最佳处理，同时还可以阻止或消除寄生信号。

这又意味着什么呢？PCB 内无源或有源电感器的感抗对于最终的性能至关重要。所以对线圈的初级及次级线圈进行标准电气测试并不能令人满意。测试过程中也许并不能检测到初级或次级线圈中的短路，但这种短路现象会影响到调谐电路的性能。所以测量线圈的电感是否适当至关重要。虽然电感器电路可能通过标准的开路 and 短路测试，但并不意味着电路是稳定的。

无论埋入的是线圈还是电感时，都需要测试感抗是否满足指定的规格。PCB007CN



Todd Kolmodin 任 Gardien Services USA 公司质量副总裁，他是电气测试和可靠性领域专家。如需阅读往期专栏，可[点击此处](#)。



环保涂层将成为主流

by Saskia Hogan
ELECTROLUBE

与传统溶剂基涂层相比，毫无疑问生物基涂层对环境的影响更小，更能满足制造商和终端用户的环保和可持续性要求。目前在许多新型生物基三防漆的开发过程中观察到的最大好处是性能和可靠性显著提高。

例如，与许多石化衍生材料相比，我们开发的生物基材料具有更好的抗凝结性、热稳定性、柔韧性和附着力。这种生物涂层在环境认证方面表现出色，是一种双赢的解决方案。选择生物涂层也有助于制造商的工艺在未来经得住考验。例如目前提出的所有新气候变化目标，包括一些要求制造商在短短几年内做出重大改变的环保措施，已经选择生物基替代品的企业将在竞争中占据显著优势。

让我们来看看为什么基于有机可再生成分的三防漆可以帮助制造商在不影响性能的情况下保持领先。需要先考虑以下两个问题及答案。

你认为未来的涂层是“更环保”，还是仍需要更传统的溶剂基涂层？

溶剂基三防漆因其易于使用、成本效益高且有多种选择，而在电子市场上被广泛采用。虽然溶剂基三防漆非常受欢迎，且会存在相当长的时间，但目前面对有限的资源，我们需采取更谨慎的态度，希望获得更环保和可持续的三防漆产品。

特别是新一代电子产品消费者，以及产品设计师、电子设计工程师、化学工程师、营销人员，对可持续性和环境友好型解决方案越来越感兴趣，他们愿意创建真正与众不同的

产品。目前整个供应链的态度都已转变，更愿意采用环保的方法，实现更环保的未来，而为了满足该需求也造成了很多压力。

除了这种环保意识，工业界也出现了对保护材料的需求，需要材料能使电子

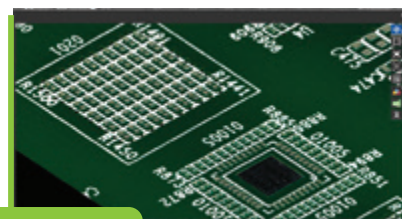


历经挑战，处变不惊

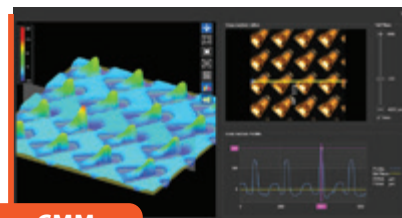
终极多工艺检测系统，
具有极高的速度，准确性和易用性。



AOI



SPI



CMM

SQ3000™ 多功能一体机解决方案

搭载强大工具，涵盖AOI、SPI和CMM的检验与测量。

快速、高精度、可复验和可重复测量，适用于各种产品（如PCB，半导体和消费电子产品）制造中的计量应用。

SQ3000™ 采用革命性的多反射抑制（MRS）技术，通过识别和抑制由反光组件引起的反射，提供无与伦比的精确度。有效抑制多次反射对于精确测量至关重要，使MRS成为各种应用（包括质量要求非常高的应用）的理想技术解决方案。

CYBEROPTICS®

www.cyberoptics.com

Copyright © 2019. CyberOptics Corporation, Inc. All rights reserved.

产品承受更恶劣的环境。政策变得越来越严格，制造商面临满足不断变化需求的压力。我们的研究表明，天然材料，包括来自食物垃圾的材料，可以提供与传统材料相似或更好的性能和保护。有了这些有前景的特性，深入研究可再生能源用于涂层产品开发似乎是合乎逻辑的。大自然为我们提供了更好的解决方案，既可持续又高效，所以“更环保”的三防漆似乎更有发展前景。

在 UV 固化三防漆中二次化学固化的好处是什么？

当研究传统的 UV 固化三防漆时，发现材料存在 UV 初级固化和二次湿气固化。这意味着，只要紫外线照射到涂层，则会在几秒钟内固化材料。然而紫外线照射不到的区域则无法固化。在高元件或低元件下部及中间，我们仍然希望三防漆固化以确保能均匀保护。对于这些区域需要二次固化。

许多常见的 UV 固化涂层使用大气中的湿气进行二次固化，会释放可强烈气味的副产物。对于 PCB 放置在气密外壳中的应用，可用的湿气是有限的，可能会导致固化不充分和对电子产品的保护有限，暴露已涂覆的 PCB。根据 UV 涂层的不同，二次固化可能需要几天、几周，有时甚至几个月。

然而，作为二次固化，化学固化将与涂布三防漆一起发生。这是因为该过程不依赖于单一成分材料，而是使用“A”和“B”两部分组成的材料，当混合完成时即会发生二次固化反应。在 UV 初级固化发生后，材料将进入二次固化阶段，而不需要任何环境输入。

根据涂层的类型、厚度和温度，二次固化也会发生得更快；通常可以在 16—24 小时内

完成。在大多数情况下，涂覆后的 PCB 可直接组装到机箱中。由于不需要湿气，可以关闭外壳，而无需担心某些区域不能固化。

这对客户来说是巨大的优势，因为它减少甚至消除了生产和组装之间对过度缓冲存储的需求。这意味着生产成本的巨大节约。随着制造成本的飙升，尽可能节省成本已成为许多公司的首要任务。

抛开节约成本的好处不谈，真正的进步意味着要探究如何确保产品是环保的；这些创新的新涂层所实现的性能改进只是它们令人惊喜的一小部分。虽然此类材料的开发重点侧重于满足汽车和航空航天应用的苛刻要求，但其高性能水平将成为任意应用的最佳选择。当抗热冲击循环和抗冷凝发挥作用时，这些产品就实现真正的价值（尽管热冲击循环和冷凝并非唯一引起失效的原因）。

当面临如何变革工艺以实现“更环保”未来时，考虑生物涂层如何使公司 and 环境都受益——这些材料可能正是解决之道。PCB007CN



Saskia Hogan 任 Electrolube 公司三防漆全球产品经理。如需阅读往期 Electrolube 专栏，可[点击此处](#)。还可免费下载

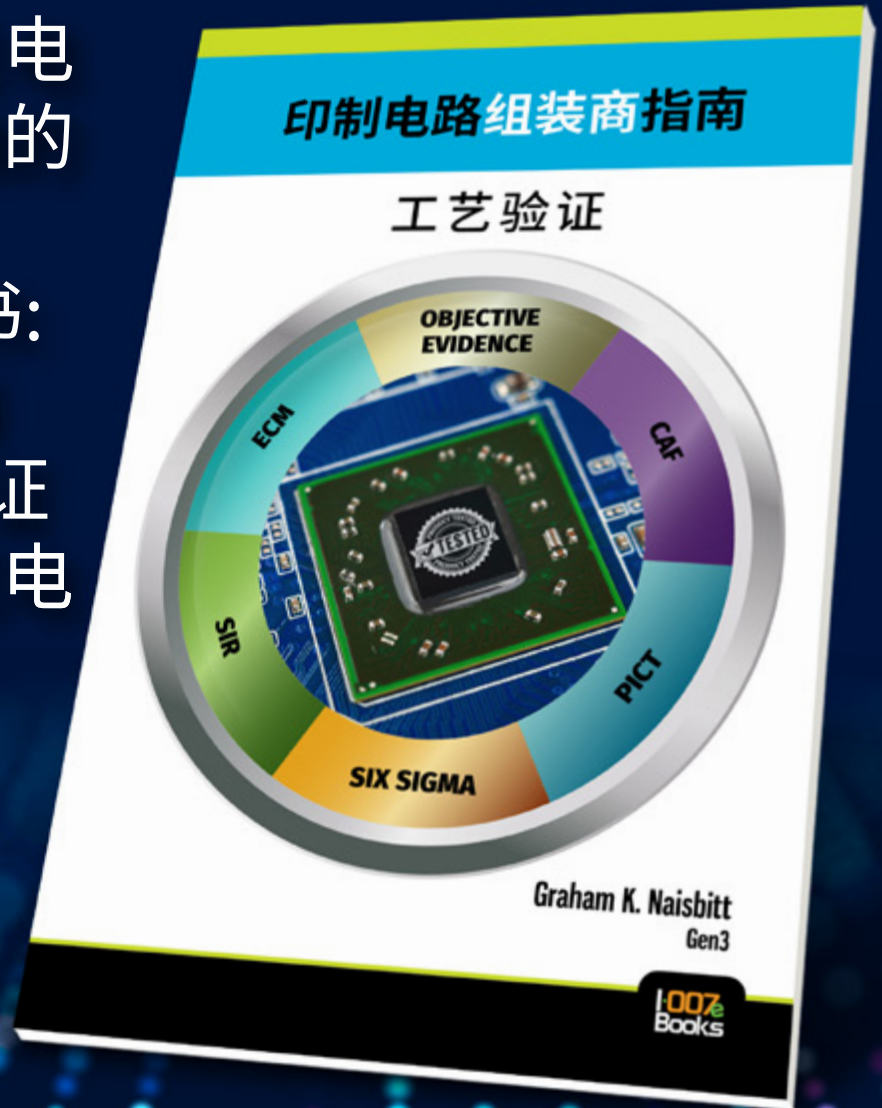
Electrolube 编写的电子书[《印制电路板组装商指南——适用于恶劣环境的三防漆》](#)，观看微型系列网络研讨会[“《三防漆》”](#)。

I-Connect007
GOOD FOR THE INDUSTRY

了解高可靠性电路板测试的玄机

今天的高可靠性电子产品需要精确的测试方法。

通过I-007电子书：印刷电路组装商指南——工艺验证来学习如何实现电化学可靠性。



点击或扫码下载

iconnect007china.com/index.php/library

2023 年 BGA 返工面临的主要挑战

by Bob Wettermann
BEST INC.

七年以前，我撰写文章列举了成功完成 BGA 返工需要克服的主要挑战。随着 BGA 技术的不断发展，现在是时候更新这份挑战清单了。欢迎随我一起探究目前 BGA 返工挑战（无特定顺序）。

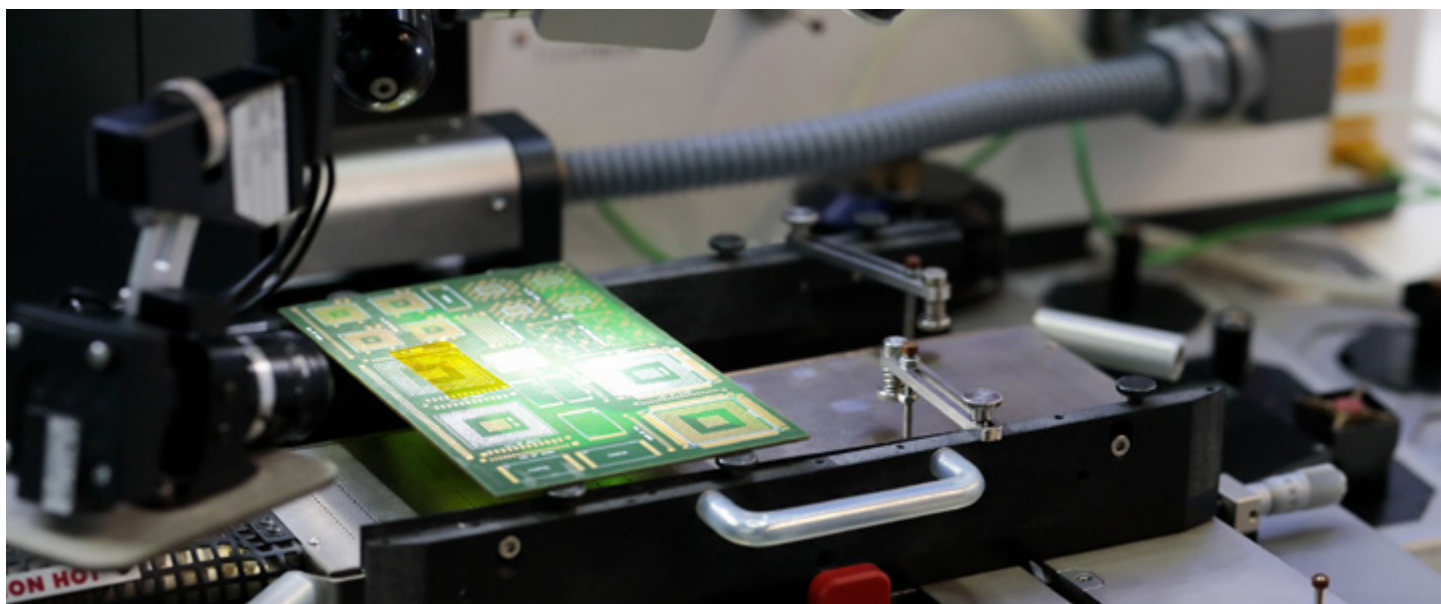
挑战 1：超大 BGA

随着器件变得更加复杂，对计算能力的要求逐渐增加，BGA 封装的最大物理尺寸不断增加。目前，对于一些正在开发的器件，预计尺寸将达到 125 mm x 125 mm。这些大封装尺寸对返工工艺技术人员提出了挑战。

如今，这种大型封装的贴装系统仍受限在于贴装放置过程中用于对准元器件的分割视觉棱镜系统。为了成功处理此类大型封装，BGA 返工设备视觉系统需要升级。

需要升级可确保放置封装的板均匀加热的底部加热器，以处理这些大型元器件的封装尺寸。尺寸过小的底部加热源可能会导致从元器件顶部到下方区域的温度梯度不一致，从而使元器件的不同区域在不同时间达到回流。会导致元器件焊料球被拉伸或拉长；不当温度曲线导致的“冷剥离”也会损伤电路板上的 BGA 焊盘。

使整个元器件表面区域保持一致的温度是返工这类大型封装的另一个挑战。热风返工喷嘴中的气流湍流会使喷嘴喷出的回流温度难以



高性能 高性价比 制程控制解决方案

全新的
APOGEE 90
半自动X射线
检测机

VJ Electronix 是
PCB智能 X 射线检测机
计数机和返修系统的
全球领导者



CONFIDENCE DELIVERED

保持一致，限制了其均匀回流并移除这些大封装的能力。同样，许多商用 IR 返工系统没有能够覆盖这类封装整个尺寸的光斑尺寸，因而无法均匀地加热元器件。

定制工装板可支撑这类更大的封装，固定在原位的模板通过焊膏印刷可打开工艺窗口，以及对正确的加热温度曲线的全面了解，都有助于使较旧的设备适应这类更大封装，尽管只是在一定程度上。

挑战 2：相邻器件损伤

在返工过程中，返工区域内及周围的元器件可能会受损伤，因为通常同时使用的 IR 和热风热源可能会热损伤相邻部件。附近的元器件，如铝、钽和陶瓷电容器、晶体、振荡器、塑料体部件等，需要适当隔热。LED 和摄像头也可能在回流温度下损坏。

如果加热区域和温度循环控制不当，这些相邻元器件不仅会因受热而损伤，还会达到回流焊温度，导致其焊料回流。在 BGA 返工期间，这种情况可能会导致质量较大的元器件从 PCB 的底部脱落。此外，当焊料回流时，焊料填充中形成的金属间化合物会生长，导致元器件与 PCB 形成较弱的机械连接。

使用适当的热屏蔽材料，可以避免这些问题^[1]。现在可以使用更新的材料来保护元器件免受损坏和达到回流温度。如吸水性冷凝胶及陶瓷无纺布这样的热屏蔽材料是最有效的热屏蔽材料。

挑战 3：底部填充 BGA 返工

底部填充已进入各行各业，包括汽车、军事和航空航天应用。底部填充可提高易受到机械作用和由于分布力导致冲击的元器件的可靠

性。通过使用底部填充物，由于元器件和 PCB 之间的热膨胀系数不匹配引起的热应力也会减小。然而，底部填充的涌现增加了对底部填充元器件返工解决方案的需求。由于在未来五年中，填充的使用量每年预计增长 5% 以上，因此为底部填充元器件返工问题找到适当的解决方案仍然是一项挑战^[2]。

在返工过程中，PCB 同一面或相对面相邻的 BGA 返工位置可能会损伤。由于底部填充物在达到焊料的液相线温度之前软化，返工位置附近的底部填充物会将焊料从其期望位置“推出”，导致焊接异常，例如短路或其他焊接缺陷。

另一个主要的返工挑战是在元器件移除过程中从底部填充物中分离 BGA。在回流期间，底部填充物的黏性将 BGA 紧紧地固定在 PCB 上。移除 BGA 需要返工技术人员使用刀“切割”底部填充物，或使用专门设计的喷嘴将 BGA 从板上拔下。这两种操作都可能导致损坏 PCB 焊盘或阻焊层。一旦 BGA 被移除，需要从 PCB 上手动清理底部填充材料以及残余焊料。这一人工密集型工艺对于确保在更换

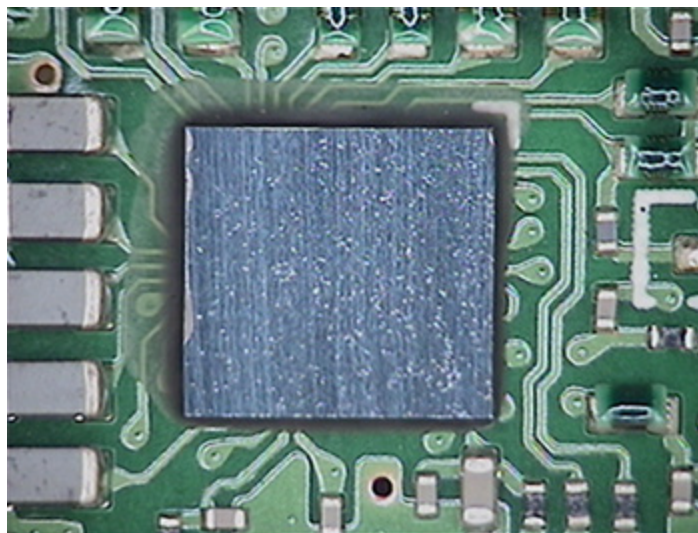


图 1：底部填充 BGA

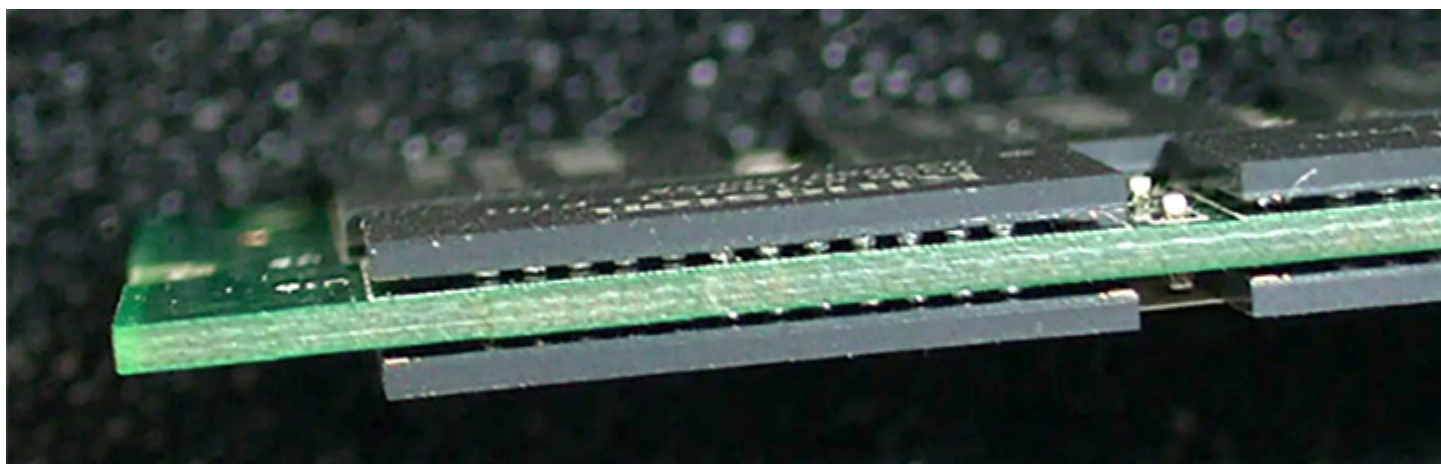


图 2：镜像 BGA 实例

BGA 之前充分清洁现场是必要的。

较新的方法，如使用高度控制的铣削工艺进行冷去除或对部件进行激光烧蚀，可以克服这类返工挑战。这些先进的方法虽然速度更快且可重复，但需要返工成本，且需要具备更高级的编程和处理技能。

挑战 4：镜像 BGA

当 BGA“背靠背”放置在双面 PCB 的两面时，这种结构称为“镜像”（图 2）。随着电路板密度的增加，这种结构会持续成为 BGA 返工的挑战。在 BGA 返工过程中，有必要从要移除和更换的 BGA 的另一面预热 PCB。这需要在返工位置下方加热 BGA，使对面 BGA 至少暴露在 125°C 温度下。此外，这会导致相对面的 BGA 暴露于更长时间的持续热循环，增加了损坏或翘曲 BGA 的可能性。还可能導致相对面元器件回流，造成焊接异常和焊点脆化。另一个危险是尺寸更大、质量更大的 BGA 元器件可能会从相对面位置上“脱落”，因为表面张力可能不再能够克服重力而拉下元器件。

总结

BGA 返工挑战将会继续演变。大 BGA 封装、靠近相邻器件的 BGA、底部填充 BGA 和镜像 BGA 是目前 BGA 返工的主要挑战。
PCB007CN

参考内容

1. “Shielding Effectiveness of Polyimide Tape during Rework,” by Adam Gaynor and Bob Wettermann, Circuits Assembly Magazine, Oct. 1, 2014.
2. “Electronic Board Level Underfill Material Market,” by Future Market Insights Global Consulting, 2022.



Bob Wettermann 是芝加哥 BEST Inc. 公司负责人，该公司是一家合同返工和维修工厂。如需获取更多信息，可联系 info@solder.net。如需阅读往期专栏，可[单击此处](#)。

通过工程学创建更美好的世界

by Dr. Jennie S. Hwang
H-Technologies Group

工程师的作用是什么?在我看来,工程师在连接科学与社会中起着关键的作用。本着这种精神,美国国家工程院(美国国家科学院、美国国家工程院和美国国家医学院三大机构之一)最近发起了主题为“今天的工程师——创建更美好的世界”的视频访谈系列专栏。我应邀成为该系列专栏的受访者之一。本文节选自此次采访。

Q: 是什么激励你成为一名工程师?

A: 如果没有家人的鼓励和支持,我不会有今

天的成就;在家里,因为重点是学习、超越和追寻榜样。教育是最重要的。在我的成长过程中,我很幸运地与祖父度过了美好的时光,祖父向我传授了才智和智慧。我永远感激并珍惜我所得到的。

简而言之,我不是一个喜欢某一门学科的孩子。在我的学生时代,追求科学和工程的女孩被认为“聪明”。我想变得聪明,所以我追求科学。同时,我也对“世界的另一面”感兴趣,即时尚、跳舞和唱歌。

我的4个学位中有3个是理科:化学、液晶科学和物理化学。令人兴奋的部分是进入工程领域。我被凯斯西储大学聘为材料科学与工程专业的第一位女性博士候选人。当我向哥伦比亚大学的化学博士教授汇报我向工程专业过



KYZEN

持续改善 不虚其名

创新，源自于
科技与关注的高效整合

KYZEN
Where Science and Care Converge.



MICRONOX® MX2120 功率模块半水基清洗剂

欲了解更多信息，浏览 **KYZENCLEANS.COM**

KYZEN一词意味着创新和持续改善，我们全天候致力于研究，创建和改进行业最先进的清洗解决方案和工艺。

KYZEN.COM

享誉全球的环保清洗技术

渡的计划时，他说：“Jennie，我认识很多女学生，直到她们离开时都没有完成博士学位学习。在那里拿到博士学位后，你可以做得很好。”

凯斯西储大学工程学院当时的做法是，获得工程学或物理学硕士学位是成为博士候选人的先决条件。然而，我来到凯斯工程学院的条件是，毫不拖延地直接攻读博士学位。作为一名化学和工程专业的学生，我的经验是化学课程与工程课程截然不同；因此，我很紧张。解决这个困难只有一个办法，那就是努力学习。幸运的是，我的所有工程研究生课程都获得了高分。

得益于我的化学专业知识，我发现工程学非常有趣，尤其是在工程学如何创建事物方面。回顾过去，我很感激我 40 多年职业生涯中的每一次努力，从技术企业到制造运营再到商业，我的工程专业知识都是非常有益的。

Q：你的专业背景如何加强了你的工程经验？

A：我的工程培训促进了我参与许多领域，包括技术、制造和商业。

对我来说，生活是 3 个阶段过程。第一阶段是学校教育，当我们为未来做准备时，将基础教育打造成一个坚实的成长平台。

第二个阶段是智力成长和“调味”，在这个阶段，我们发展自己的职业生涯，在自己的领域打造自己，并学习如何为这个领域作出有意义的贡献。

第三个也是最后一个阶段，我认为这是我生命的黄金时期，这是一段宝贵的时间，我们可以利用所学到的知识为我们的领域和世界作出最大贡献，同时继续学习和体验一切。我现在正处于这个阶段。

在完成学校教育后，我是想进入学术界还是工业界是巨大而困难的决定。决定进入工业界后，我的第一份工作就是在 Lockheed Martin Corporation (当时是 Martin Marietta Corporation)，在那里我很快就走上了晋升高管的快车道。我在 Lockheed 经过了一段紧张的学习历程；我就像一块海绵。我开始真正体会到扎实教育的价值。我意识到，一个人第一份工作的工作环境是未来职业发展的关键组成部分。

在充满智力挑战的环境中工作总是快乐且有益的体验。

我经常想起我祖父教导我的思维方式，即

我经常想起我祖父教导我的思维方式，即“追寻榜样的力量”。

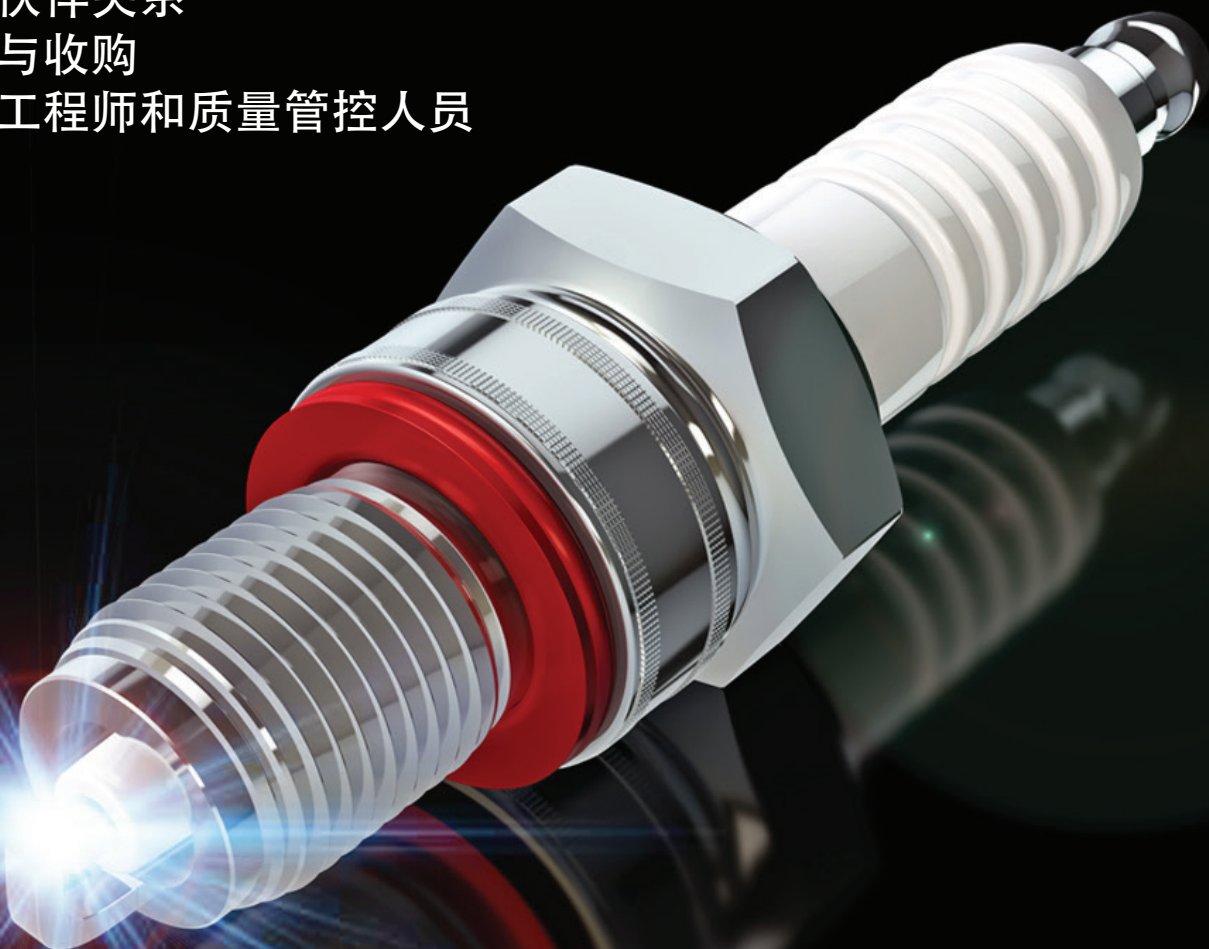
“追寻榜样的力量”。这种思维方式引导我不断地寻找智慧。为此，也许值得分享我最近学到的一些东西。我特意亲自出席 Berkshire Hathaway 公司股东年会，聆听传奇人物 Warren Buffett 的传奇故事，并观察在场所有有抱负的人的状态。在问答环节中，与会者不断提出相同的主题，尽管他们以不同的方式表述了这个问题。本质上，他们想要的是关于投资什么的建议，更重要的是，在这个前所未有的不确定时期，在我们的日常生活中，高通胀和商品和服务价格急剧上涨，更不用说广泛的地缘政治问题，如何在生活中取得成功。Buffett 分享了这一智慧：

即使在通货膨胀加剧的情况下，也要对自己进行投资以获得回报。别人无法从你身上夺

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

走你所拥有的能力，它们实际上无法膨胀，无法离开你。到目前为止，最好的投资是开发自己的任何能力，而这根本不需要缴税。你能做的最好的事情就是特别擅长于某件事。你想要成为所在领域的佼佼者——最好的工程师，最好的医生，最好的舞者。

我认为这是对我们所有人真正有影响力的建议。

其中一些智慧与女工程师有关。正如我们所知，在过去 40 年中，女性在包括工程在内的所有职业中都取得了长足的进步。然而，仍需要取得更多的进展，特别是在微电子 / 电子行业等工业领域。女性工程专业人员仍然需要鼓励和支持。例如，在我最近的职业发展讲座中，我注意到与会者仍然以男性专业人员为主。我在 20 世纪 90 年代也做过同样的观察，而在 2022 年的今天，仍然是同样的状况。

Q：作为一名工程师对你意味着什么？

A：我认为工程培训在某种程度上是特有的，对所有职业都有用：作为工程从业者、领导公司的 CEO、投资新业务的风险投资家或在政府任职的人，都可从工程培训中获益。

作为一名工程师，最终目标是通过展示结果来激发灵感。在宏大的计划中，成为一名工程师意味着为改善社会和人类生活而创造；工程师需要具备支持、执行和领导的能力。领导能力伴随在任何环境或任何情况下激励和获得最佳结果的能力。

领导力对结果会产生巨大影响，从作战室到董事会，再到工程专业。领导力有不同的定义和变化。我将“领导力”定义为影响结果的能力，而不一定是指挥和控制能力。与一些观



点相反，我认为领导力是可以学习和培养的。无论如何，想要学习成为更好的领导者总是值得的，尤其是对工程专业人士来说。

作为一名工程师，分享知识和见解是一种充实的体验。在我的日常工作之外，我投入学习写作和教学；对我来说，担任两份全球行业杂志的编辑专栏作家是一项有意义的工作。这些出版物向大多数受过工程培训的专业人士读者传播最新息。我的这份周末工作已经超过 35 年了。在演讲方面，多年来，我为数以万计的工程师、研究人员和高管提供了专业发展课程、讲座、研讨会和网络研讨会，他们对劳动力中的持续专业教育非常感兴趣。这段经历使我能够与工程从业者 and 高管接触，有助于我将工程教育与员工联系起来。

教学和写作一样，帮助我发展和澄清自己的思想；为此，这也是一项自我实现的任务。

[1. 标准动态：2023 年 2 月 IPC 标准动态更新](#)

IPC-8971 旨在帮助选择对电子织物上的印刷电子产品进行电气测试所需的测试设备、测试参数、测试数据和夹具。电子织物上的印刷电子产品是在涂覆或处理过的电子织物基材上生产的电子产品。

[2. 罗杰斯技术文章 | 测量电路材料中的 Dk 温度变化](#)

电路材料的温度特性参数可以让我们深入了解工作环境的温度变化如何影响毫米波和高速数字（HSD）电路性能。

[3. CPCA 2023 | 新阶段新征程, MKS- 安美特致力于助力电子行业客户优化互联](#)

安美特于 2022 年 8 月正式加入 MKS 万机仪器大家庭。2023 年 3 月 22-24 日，安美特将首次作为 MKS 万机仪器旗下材料解决方案部的子品牌，参加于上海国家会展中心举行的 CPCA 国际电子电路展。

[4. 成功案例 | Cadence 助力 Inventec Appliances Corporation 设计新一代智能可穿戴设备](#)

Inventec Appliances Corporation (IAC) 是 Inventec Group 子公司之一，致力于推动工业 4.0 智能产品设计和制造的持续创新，产品在全球广泛应用，包括可穿戴设备、智能家居。

[5. 迅达科技广州成功被认证为省级工程技术研究中心](#)

迅达很自豪地告诉大家，迅达科技广州（广州添利电子科技有限公司）成功被广东省科学技术厅认证为省级工程技术研究中心，并将获得广东省政府提供的科研专项补助，以建设“广东省高频高速印制电路板（添利）工程技术研究中心”。

[6. 联茂决议泰国建新厂](#)

3 月 7 日，铜箔基板厂联茂 (6213.TW) 公告公司董事会决议泰国厂投资计划，为因应供应链转移趋势及配合客户需求，已着手规划建置泰国产能，将于泰国增设新厂，预计第一期投资金额为 3.5 亿元人民币。

[7. 【独家分享】台湾 PCB 产业预期：2023 年 Q1 与年度整体展望](#)

在智能手机部分，第一季随着 iPhone 供应逐步恢复正常，上一季影响的销售可望在本季释放，加上三星的旗舰新机发售将有助于市场回温。

[8. 中国印制电路板行业龙头兴森科技再次牵手盘古信息，跃进数字化转型新征程](#)

2 月 20 日，广州兴森快捷电路科技有限公司（以下简称“兴森科技”）与广东盘古信息科技股份有限公司（以下简称“盘古信息”）再度达成合作，正式启动“SMT（准）事业部 IMS 智能制造系统”项目。

[9. 关于电子组件生产工艺问题排查及解决方案的调研](#)

各位关注 IPC 标准的业界同仁们，大家好！电子组件生产中，生产工艺问题直接关系到产品的质量和可靠性。迅速有效地寻找到工艺问题产生的原因以及快速的处理将有利于质量和效率的提升。

[10. 生益科技可降解可回收 FR4 材料亮相英特尔绿色电脑新品发布会](#)

2023 年 2 月 23 日，生益科技受邀以生态合作伙伴身份参加英特尔绿色商用电脑新品发布会，并携公司最新研发成果——可降解可回收 FR4 材料 Recyclad 系列亮相绿色商用电脑主板。

我很乐意帮助年轻的女工程师；乐于助人并且能够作出贡献是一种很好的感觉。

在我的一次演讲中，克利夫兰女工程师协会（Society of Women Engineers，简称 SWE）主席在活动结束后写信给我：

亲爱的黄博士，我谨代表 SWE 向您表示，我非常感谢您在 SWE 上的精彩演讲。由于这次成功的活动，SWE 计划扩大我们的导师计划。你的成功之旅激励了我。我计划去读研究生，你在职业成就与有回报的个人和家庭生活之间取得平衡的故事鼓励我追求所有的梦想。

收到初露头角的年轻女工程师的信，我感到非常欣慰。

另一个对我形成影响的经历是我对美国国防部 ManTech 项目的咨询能力。20 世纪 80 年代末，国防部的 ManTech 计划设定了一个目标，即在全国范围内降低成本并提高电子武器的可靠性。陆军装备司令部正在寻求建议，不仅是学术科学专业知识，还包括制造技术。1989 年我的第一本书出版后，我在书中把微电子 / 电子技术与制造业联系起来，我应邀担任顾问，帮助实现这一目标。

回顾过去，这是一项有效而令人满意的任务。当然，以这种身份工作意味着我的工程背景能够发挥作用，这也是工程对国防和安全的实质性作用的另一个体现。

从我在俄亥俄大学（Ohio University）的毕业演讲中提炼出的关于这个话题的几点总结或许值得分享：

- 保持广泛的视角，以形成一种特别适用于工程师的世界观。
- 始终掌握新知识和技能，并快速学习。
- 直面挑战，勇于创新。
- 准备在任何任务中提供超出预期的内容。

- 记住，为明天所做的最好准备就是做好今天的工作。
- 当机会敲门时，你能够打开大门。如果门不存在，就建造一扇门。
- 成功是一段漫长而稳定的旅程，每天都有很多小胜利。
- 没有什么可以取代努力工作。PCB007CN



作者简介：黄博士是一位国际商务女强人、国际演讲人、商务与技术顾问，她一直致力于 SMT 技术及无铅电子的发展，是该行业的领军人。她曾荣获

多项殊荣，入选《技术女性》的国际名人堂，入选美国国家工程院，被授予 R & D-Stars-To-Watch 和 YWCA 成就奖获奖者。她曾在洛克希德马丁公司、Sherwin Williams Co., SCM Corp 和 IEM Corp. 担任高级管理职位，目前是 H-Technologies Group 的首席执行官，负责提供业务、技术和制造解决方案。她同时担任国防部陆军研究实验室董事会评估主席、商务部出口委员会成员、国家材料与制造委员会成员、财富 500 强纽约证交所以及民间和大学委员会成员。黄女士还拥有多个国际领导职位。她发表了 500 多篇文章，并出版了多本书籍，并担任贸易、商业、教育和社会问题的演讲者。她获得了 4 个专业课程的学位，还完成了哈佛商学院执行课程和哥伦比亚大学企业管理课程。欲了解更多信息，请访问 www.JennieHwang.com。如需阅读往期专栏，可[点击此处](#)。

点播:免费的 11讲网络研讨会

电子产品的可靠性预测

专家:Graham Naisbitt, Chris Hunt

该网络研讨会系列解释了新的具有突破性的测试标准,有助于电路板达到预期可靠性。

SPONSORED BY



开始观看

英国 GEN3 Systems 公司

GEN3 Systems 公司是一家总部位于英国的家族企业，是一家活跃于电子行业的多元化工程公司，自 1994 年起成为 IPC 会员。我们采访了 GEN3 公司总裁 Graham Naisbit，探讨了 GEN3 的成立、取得的成功、面临的挑战，以及该公司成为 IPC 会员后获得的优势。

Q：Graham，可以简要介绍贵公司吗？

A：GEN3 是家族企业，已经运营了 50 多年，传承到第三代。它是由我的父亲 Arthur Naisbit (第一代) 创立的，那时公司的业务涉及重型工程领域。公司一直在家族基础上运营，并在成为 IPC 会员后持续增长。我们为 GEN3 是英国公司且 75% 以上的产品出口到全球各地而感到自豪。

我是家族第二代继承人，最初在大型跨国公司工作了 25 年，包括法国的 Fives Group 集团和德英两国的 Babcock International 公司。我所学的专业在小型家族企业中得到了很好的应用。

第三代接班人 Andrew Naisbit 于 2010 年全职加入公司，并于 2020 年担任管理职务。疫情封控原

因，企业需要进行结构性改革：Andrew 被提升为 CEO，而我则担任总裁（主席）。

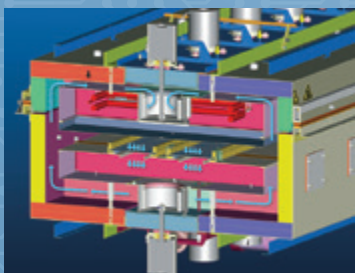
Q：贵公司的哪些亮点使你最引以为豪？

A：1987 年，当开始寻找 CFC (氯氟烃、氟利



专为基板平整度而推出的新型回流焊炉技术

Pyramax 
WITH **TrueFlat**
TECHNOLOGY



闭环对流加热实现出色的热均匀性

TrueFlat建立在业界领先的Pyramax平台上，是独特的可抑制基材翘曲的回流焊炉。专为0.15至0.30mm的基板厚度而设计，TrueFlat技术消弭了芯片倾斜。

由于Pyramax的闭环对流加热，可重复确保一致的平整度与出色的热均匀性。

**END
DIE
TILT**

- 闭环对流加热实现出色的热均匀性
- 维护成本低-无真空泵
- 搭载Wincon回流焊炉界面，简单操作
- 可选2倍吸力，提供更强大的基板平整度解决方案



www.btu.com

昂等) 替代物的研究, 并引入免洗助焊剂时, 确定可接受“清洁度”水平的唯一方法是测量绝缘电阻的变化。AutoSIR (Automated precision Surface Insulation Resistance, 自动精密表面绝缘电阻测试设备) 诞生了。1995 年, AutoSIR 的制造权被授予 Concoat 公司, 即现在的 GEN3 公司, 我们开始使用 SIR 为行业引入新标准。

2002 年, 我们通过 ISO 引入了一项新的国际标准, 这是 IEC 和 IPC 所遵循的所有标准的先驱。英国共有 6 人获得了 Lord Kelvin IEC 1906 奖, 我作为 GEN3 的总裁, 是第 1 位获得该奖的英国人。因为我在开发 SIR 作为电子行业测试方法方面所做的工作, 于 2006 年获得了该奖, 并得到了 IPC 传奇人物 Dieter Bergman 的赞助。

Q: 这些年来, 电子行业发生了什么变化? 贵公司采取了哪些措施来跟上行业发展的步伐?

A: GEN3 公司于 1979 年进入电子行业, 见证了一些引人注目的变化。我们记得 1980 年有人说, 表面贴装技术将完全取代“通孔”技术。公平地说, 40 年后, 该预言尚未实现。

然而, 由于我们的业务主要涉及 HumiSeal 三防漆, 这些材料有助于处理细间距、SMT 和锡晶须, 并可减缓电化学迁移 (ECM) 的影响, 因此其市场不断增长。

为了企业能够长久生存, 我们坚信必须直接参与研究

及标准开发。因此, 我们从 1987 年到 2005 年与瑞典的 IVF 公司合作, 从 1989 年到现在与英国国家物理实验室 (UK National Physical Laboratory) 合作。最近公司正在与 IPC 高密度封装用户组 (High Density Packaging Users Group, 简称 HDPUG) 合作, 在其中我们领导了新的 <2V 的低压 SIR 测试研究项目。我们还在与德国的欧洲电力电子中心 (ECPE) 合作, 处理 SIR 中 300—1000V 的高压。我们还大量参与 CAF 测试, 用 Auto-CAF 设备在 4000V 下测试 4000 小时。

我们还与 Microtek 中国实验室合作开展了项目, 该实验室由我们的好朋友、IPC 董事会主席 Bob Neves 负责。

Q: 可以分享贵公司所克服的障碍或挑战吗?

A: 2008—2009 年的金融危机给了公司沉重的打击, 我们花了 3 年多的时间才恢复过来。2013 年, 由于元器件普遍过时, 我们面临着设备的整体重新设计。当然, 和其他企业一样, 我们



还必须应对新冠疫情。我们非常感谢公司的优秀员工，其中一些人已经陪伴了我们 20 多年。

Q：鉴于贵公司积极参与 IPC 活动以及所做出的贡献，能简述贵公司成为会员后有哪些故事吗？

A：2002 年，GEN3 公司从汉高公司收购了 Multicore Soldering Process Instrumentation Division 分公司，第一次参加了可焊性测试委员会 5-23 会议，但我们对可焊性测试并不了解。有人问我相关的问题，我的回答是，“你不妨用斯瓦希里语和我说话。”然而，我们自愿参与了无铅合金的新研究，并因此获得了奖项。对这个领域的新企业来说，结果还不错。

Q：IPC 会员对贵公司意味着什么？它提供了什么价值？

A：重点是构建了会员联系网。因为公司的业务重点是三防漆和清洗，所以公司最初名为 Concoat，于 1988 年加入 IPC。1985 年，美国及英国的军用标准都被取消，IPC 增加了军用标准的开发，很明显，我们需要参与军用标准的开发。IPC 的会员网向我们介绍了大量与我们合作的公司很难找到的行业专业人士，当我们共同开发 IPC 新标准时，打开了机遇的大门。

Q：贵公司为什么要成为 IPC 会员？

A：过去全球最大的电子产品市场是美国，现在可以说仍然是美国，而我们是英国企业。IPC 是 Gen3 进入电子产品市场的大门。

Q：能否介绍贵公司的员工在标准委员会所做的工作？

A：我们的员工因在可焊性、SIR、CAF、离子污染测试和三防漆标准开发委员会所做的工作获得了 20 多项奖项，其中一些是委员会领导奖。我们主要负责引入 SIR 测试，该测试得益于英国国家物理实验室进行的重大研究，我们与该实验室几乎是共生关系。

Q：贵公司可以利用哪些 IPC 会员优势？

A：自成为 IPC 会员以来，我们一直参加每一届 IPC APEX EXPO 展会。此外，我们参加了大多数 IPC 标准开发会议，并担任了许多委员会的主席职责。对 IPC 标准开发的付出帮助我们实现了持续的产品开发，达到甚至超越了最好的 IPC 标准要求。PCB007CN





物料清单中备选项的重要性

by the I-Connect007 Editorial Team

本次采访中, Emerald 的 EMS 公司 Saline Electronics 总裁 Jason Sciberras 探讨了 PCB 设计师在物料清单 (Bill of Materials, 简称 BOM) 中提供元器件备选项的重要性。正如 Jason 所述, 像 Saline 这样的军用 / 航空制造商在未经重新认证的情况下无法对设计进行过多更改, 因此, 从一开始就在物料清单中包含经批准的 BOM 元器件备选项是很好的方法。您是否会在 BOM 中提供元器件备选项?

Andy Shaughnessy : 由于存在必要性, 设计师们似乎越来越擅长在设计时就考虑到备用方

案。将近有 25% 的设计师, 由于供应链问题而不得不重新设计。有时他们努力找到 2~3 种可用元器件来作为备选方案, 而对应的是会占用更多的板面积。贵公司遇到过这种情况吗?

Jason Sciberras : Saline Electronics 生产很多军事和航天产品, 备选元器件必须通过重新认证, 所以这类改变是不可能的。这个行业即将发生的变化是, 设计师变得更加智慧。

我们开始看到, 一些设计师在为电路板上的备选元器件进行设计, 因此, 如果需要使用备选元器件, 我们都会认为已全面了解具体情



... 这是老刘 (刘易斯)

老刘在使用Gen3设备 验证他的制造过程时, 灵光乍现!

随着数字 $1.56\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 不再能代表组件是清洁、良好或可接受时,
贵司在对制造过程进行鉴定时需要新的“客观佐证”。

凭借Gen3 40 多年的经验, 将我们的设备引入您的过程控制中,
将为您提供满足新要求所需的工具。

联系Gen3以获得您的答案, 像老刘一样兴奋起来!

#THEPEOPLEWHOPROTECT



sales@gen3systems.com
+44 (0)12 5252 1500
www.gen3systems.com



Jason Sciberras

况，最终因备选元器件而导致的设计更改会变得越来越顺利。当我们进入下一个版本产品的生产时，我们会比今天准备得更充分。

过去 20 年，我们已看到了影响微引线框架芯片载体（Micro Lead-frame Chip Carriers，简称 MLCC）的类似周期，目前我们也遇到了 IC 问题。这一事件持续时间更长，影响的产品也比以往更多。这一事件最令人烦忧的一点是全球都在经历。我们与客户有着良好的关系，双方正合作解决这些问题。作为一个团队，我们成功地可以某种方式不间断地完成生产。

Nolan Johnson：即使在供应链运行顺利的情况下，为备选元器件或多种选择进行设计似

乎也是一种很好的设计实践。

Sciberras：我希望这种实践会一直持续下去。有客户问：“最有可能影响生产线正常运行的 5 个或 6 个关键元器件是什么？我可以在布局时就设计什么样的解决方案，这样，如果再次遇到不可避免的问题，我们可以了解该怎么应对？”

Shaughnessy：他们在组装说明中会有这种要求吗？如果需要，他们在哪里表示接受备选方案？

Sciberras：有若干种不同的应对方法。只要物料清单有明确说明，我们就不会来回更换元器件。对于我们合作的客户类型，可追溯性至关重要。

Shaughnessy：设计师认为，对于部件应该始终保证有 2 或 3 个采购源。许多公司表示，现在每个元器件都必须有备选元器件。

Sciberras：我们今天看到了比过去更多的物料清单选项。有一些客户是真正的可追溯性专家，他们说：“必须采用这个部件。”他们已经学会了重新设计，以便能够通过多次合格供应商（Approved Vendor List，简称 AVL）的认证。而在过去，他们并不如此考虑。

Saline 有自己的元器件工程师，因此能够快速确定备选元器件，并告诉客户确切的区别。客户的工程师和我们的工程师一样忙。如果我们能提供直接、缩小范围的信息，那么获得客户批准并继续保持生产顺利进行的成功率会更高。

Johnson：在这种情况下，设计团队的最佳实践是什么？他们是否应该尽可能指定自己的备选方案？你刚才提到贵公司可以为他们确定备选元器件。贵公司希望看到一份 A 计划、一份理想的材料清单，然后你们选择备选 B 计划并提交给客户，还是希望客户确定备选方案？

Sciberras：两种情况都有。当我们讨论一些可能被编程的 IC 时，他们有非常特定于其系统的软件，他们如何编写软件可能需要在其中有一些选项，以便与多个制造商合作。许多公司都在外包软件设计，他们可能没有后续改变设计所需要的信息。

这需要提前考虑对于最关键元器件有多少备选项。一开始就制定好的计划是理想的；产品制造有很多阶段，首先从设计开始。然后与供应商合作；如何进行这种沟通？由于有多个阶段，因此不会存在可解决整个问题的某个阶段。

Johnson：这肯定需要设计团队。对于更多的被动元器件，他们二次采购这些产品有多重要？

Sciberras：这取决于他们接受备选项的能力和备选项的重要程度。如果对电容器和电阻器很开放，客户可以提供想要的规格，可以将制造商规定为“任何制造商均可”，这样就给了我们很大的空间和可操作性来做出决定。可在必要时刻，向他们提供其所需要的备选元器件。

有一些非常关键的元器件，从根本上就没有其他公司能做出完全相同类型的元器件。可能应该考虑使用其他备选项，但备选元器件可

有一些非常关键的元器件，从根本上就没有其他公司能做出完全相同类型的元器件，可能应该考虑使用其他备选项。

能有不同的布局：“我还能如何设计这个蓝牙模块？”

Johnson：这使得材料清单规范变得尤为重要。例如，电容值和公差，需要按照确切规范与客户逐一沟通。

Sciberras：相比过去，设计师更早地参与到了这个过程中。由于与客户有长期的合作关系，我们总是很早就参与到设计阶段。客户深受供应问题的困扰，愿意尽快与合同制造商接洽。这很重要，因为我们有可用的工具，可以确认整个物料清单，并提出哪个部件不推荐用于设计。有时，设计师只是没有注意到这类相同的细节。

Johnson：Jason，谢谢你接受采访。

Sciberras：谢谢。PCB007CN

PCB007
MAGAZINE

位移电流：

影响电磁能传播的关键因素

by Barry Olney

with Special Advisor Rick Hartley

可以用不同的方法控制电磁能的传播，具体方法取决于能量传播介质。但是，电磁波不需要传播介质，这就意味着电磁波不仅可以在液体、固体和空气中传播，而且也可以在真空中传播。此外电磁波不需要电流流动就能传输能量。

可以通过以下方式引导电磁能：

- **直流电**：导体可引导电磁能流动。
- **交流电**：导体、共面波导和基片集成波导可在高频下控制电磁能。
- **无线电频率和微波频率**：波导和天线可引导电磁能。
- **光频**：光纤通道、透镜 / 镜面和引力透镜可控制能量传播路径。

我之前写过一篇名为《忘掉学过的电路理论》的专栏文章，本文将深入探究不同频率下电磁能的传播方式^[1]。

波导

波导是用于连接微波发射器及收发器到其天线的传输线形式。由优质铜和黄铜制成的金属管，其横截面形状可以是矩形、圆形或椭圆形。在连接相对较近的两个位置时，最常用的是矩形截面波导。图 1 是 QWED 软件中沿矩形波导的电场和磁场分布图。横向电磁波会沿着既垂直于电场也垂直于磁场的方向传播。

用于传输电磁能的电场和磁场，在波导的金属表面上等于零。因此，电场和磁场被限制在波导的内部空间，将损耗降到了最低。如果没有波导的物理限制，电磁波会沿着各个方向均匀扩散，波强度会按照反平方定律降低。波

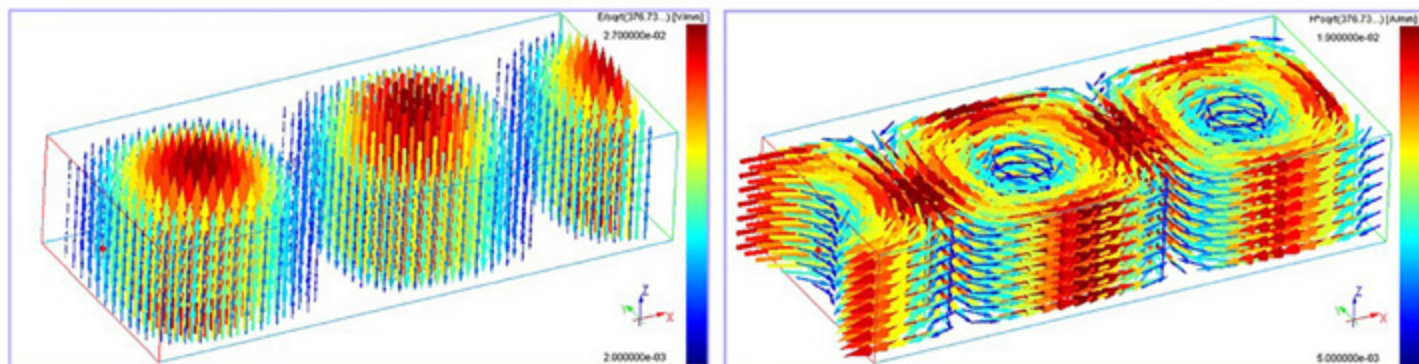


图 1：沿着矩形波导的电场（左）和磁场（右）分布（来源：QWED）



PCB和封装基板实时协同团队设计模式

Allegro PCB Symphony Team Design实时协同设计功能提供了一种低成本的设计环境,使多名设计人员可以同时加入同一设计文件、在同一设计界面中进行PCB和封装基板设计。参与其中的工程师越多,团队完成设计的速度就越快。跨部门的工程师(SI/EE/MCAD)也可以通过Allegro Physical Viewer登入设计文件进行实时评审,并在设计文件中提出优化意见,设计人员可根据提示作出修改。实时并行设计可最大限度地缩短设计的周期。

一探究竟



扫码关注
了解更多资讯

导的作用就像高频位移电流的导管。传输脉冲或高频波时，所有传输线的作用都是电磁能的导管。

无线功率

大多数人使用的智能设备都配有 Qi 无线充电器——谁能离得开这些设备呢？使用这类充电器的一大优势就是不需要一直插着线缆给手机充电。没有导线，没有电流，但有 15W 的功率。

如图 2 所示，Qi 无线充电技术是在发射端（充电台）和接收端（移动设备）之间使用谐振式电感耦合。图 3 展示了 iPhone 12 中的 Qi 接收线圈。当兼容设备放在充电台上时，这两个线圈起到了变压器的作用。

变压器

变压器通过电磁感应（或互感）工作。当两个电气隔离的线圈靠近时，就会产生电磁感应，其中一个线圈的磁场会与另一个线圈的磁场耦合。若给初级线圈施加交流电，线圈就会产生波动的磁场，导致次级线圈产生电动势。

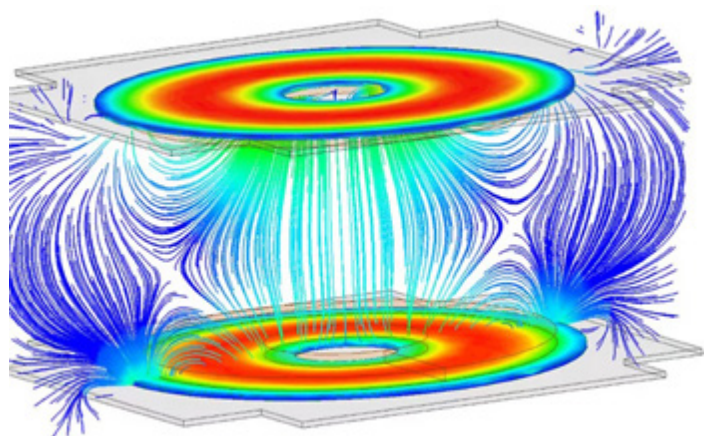


图 2：Qi 无线充电仿真
(由 Ansys Maxwell 完成仿真)

这种变化的电场使次级线圈产生位移电流。在变压器中添加铁芯，可以通过引导电磁场提高效率，从而让电磁场直接与次级线圈发生耦合，而不是发生辐射。就像波导和走线能引导电磁能一样，铁芯也可以。

变压器完全隔离了初级线圈和次级线圈。变压器将电能转化为磁能（初级线圈）后，再



图 3：iPhone 12 (来源：Apple)

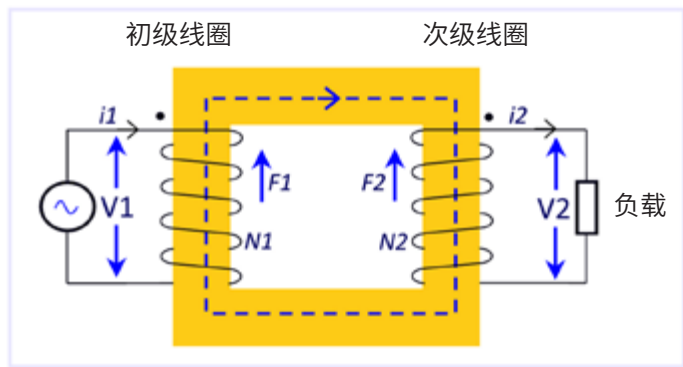


图 4：缠绕铁芯的初级线圈和次级线圈组成的基本款变压器

转化为电能（次级线圈）。变压器的铁芯捕获了 90% 以上的磁能，并将其传输到次级线圈。

高速串行链路的交流耦合

电容器通常与高速 SERDES 串行链路的两个差分信号串联，以消除集成电路或不同技术之间的共模电压差（图 5）。任何与信号路径串联的电容器往往会通过信号的高频交流部分，同时阻断低频直流部分。这类电容器对于不同的高速链路接口至关重要。而且，随着下一代设计的目标数据速率将达到 56Gbps 及以上，精确地表征信道转换以确保高成功率越来越重要。

但电容器阻止了电子的流动。电路中的电容器导致面板上出现了等量的反向电荷，起到了给电容器充电的作用，增强了面板之间的电场。在面板之间没有传输实际电荷。但面板之间就像有电流存在一样，出现了磁场。一种解释是，电介质中有位移电流流动，这种电流在面板之间的区域产生了磁场。

这一理论最初由 James Clerk Maxwell 在 1861 年发表的《论力的物理线（第三部分）》中提出，与电介质中带电粒子的位移有关。Maxwell 将位移电流加入到安培环形定律的电流计算项中。在他 1865 年发表的《电磁场的动力学理论》中，Maxwell 使用了这个修正版的安培环形定律来推导电磁波方程式。这一推导将电学、磁学和光学整合为一个统一的理论。如今，位移电流项被看作是完成 Maxwell 方程的关键补充内容，也是解释许多现象的必要条件，尤其是电磁波的存在。

光

Maxwell 将光描述为电场和磁场的传播波。更广泛地说，他预测了电磁辐射的存在——耦合后的电场和磁场以光速波的形式传播。

位移电流在空旷空间里的电磁辐射（如光

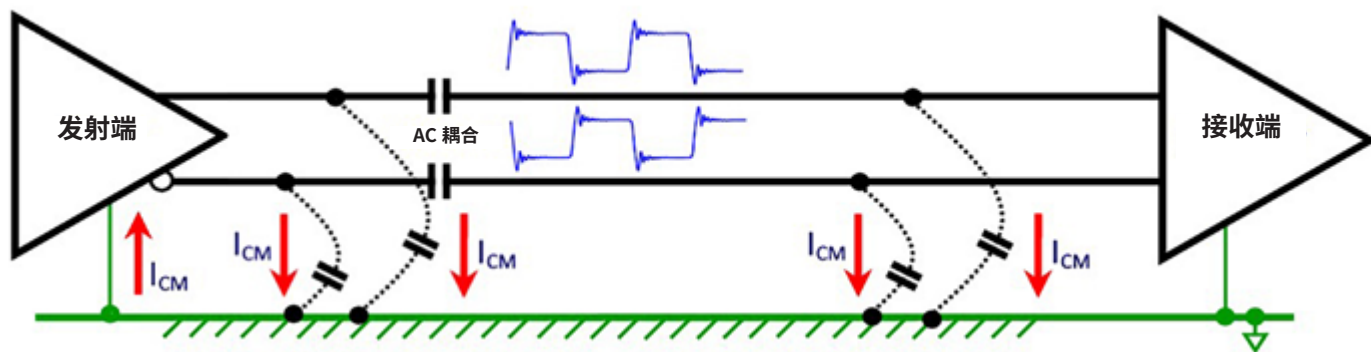


图 5：共模电流（ICM）即位移电流

和无线电波) 传播中起着重要作用。移动且变化的磁场与周期性变化的电场有关, 该电场可以根据位移电流来设想。因此, Maxwell 对位移电流的解读让我们能够了解电磁波是完全脱离导体中的电流而在空间传播的。

位移电流在空旷空间里的电磁辐射(如光和无线电波)传播中起着重要作用。移动且变化的磁场与周期性变化的电场有关, 该电场可以根据位移电流来设想。

Maxwell 方程中出现的位移电流密度项, 数量用 $\partial D / \partial t$ 表示, 即电位移场 D 的变化率。位移电流密度的单位与电流密度相同, 而且它和实际电流一样是磁场的来源, 但它不是移动电荷所产生的电流, 而是随时间变化的电场。这就意味着即使没有带电粒子在移动, 变化的电场也会产生磁场。在物理材料中(相对于真空而言), 束缚在原子中的电荷通过小幅移动也发挥了作用, 称为电介质极化。

位移电流解释了电磁能的传播方式, 但实际上只是一个虚拟的理念。科学家们用一种创造性的方法来解释他们不理解的东西——添加了一个常数。例如, 天体物理学家无法解释为什么宇宙在膨胀, 因为从逻辑上讲, 宇宙在重力的作用下应该是收缩的。于是他们创造了“暗能量”的概念来解释使宇宙膨胀的力。位移电流就是另一种“无法解释现象”的电流。

在物理学中, 很少有理论像位移电流这样引起了这么多的疑惑和误解。

电流分为两种:

- 传导电流是直流电下电荷的净流动。这就是我们传统上认为的电流。
- 位移电流是电位移场的变化率。它不是电流流动, 而是随时间变化的电场, 沿传输线模仿电流而产生磁场。

传输线

Dan Beeker 曾说过: “移动通过空间的场能是传输线中的电流。神奇之处在于位移电流沿着传输线波前电介质流动, 是场在发挥作用。电流是使场能通过空间的手段。电流发生于连接着电介质的导体之间的空间 [2]。”

Ralph Morrison 很精妙地总结道: “光可以用透镜引导; 雷达能可以用波导引导, 而电源频率下的能可以通过铜导体引导。”因此, 可使用不同的材料来引导不同频率下的能量流动。我们已经了解了如何控制场能的流动方向。

“物理定律可应用于宇宙中的万事万物。如果我们接受电磁场在空间内可以携带能量, 那么在所有频率下的所有介质内都必须是如此。这就是定律。如果这个定律适用于光, 那么也应该适用于在 60 赫兹功率下以直流电在高速传输线上传播能量 [3]。”

关键点

- 可以用不同的方法控制电磁能的传播, 具体方法取决于能量传播介质。
- 电磁能的传播并不需要电流流动来传输能量。
- 波导的作用就像高频位移电流的导管。

- 变压器将电能转化为磁能（初级线圈）后再转化为电能（次级线圈）。
- 电容器会阻断电子的流动。但是，位移电流在电介质中流动，这种电流在面板之间的区域产生了磁场。
- 如今，位移电流项被看作是完成 Maxwell 方程组的关键补充，也是解释许多现象的必要条件，尤其是电磁波的存在。
- 位移电流在电磁辐射的传播中起到至关重要的作用。
- 移动且变化的磁场与周期性变化的电场有关，该电场可以根据后者就是位移电流来设想。
- 电磁波是完全脱离导体中的电流而在空间传播的。
- 位移电流不是移动电荷所产生的电流，而是随时间变化的电场。
- 电流分为传导电流和位移电流两种。
- 在空间中移动的场能是传输线中的电流。神奇之处在于位移电流沿着传输线波前的电介质流动。
- 物理定律适用于宇宙中的万事万物。

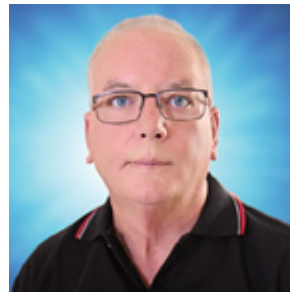
PCB007CN

参考内容

1. “Beyond Design: Forget What You Were Taught,” by Barry Olney, PCBDesign007 Magazine, Nov. 2022.
2. “Electromagnetic Fields for Normal Folks,” presentation by Dan Beeker at AltiumLive 2017, Oct. 3, 2017.
3. “Laws of Physics,” by Ralph Morrison, reprinted in Printed Circuit Design & Fab Circuits Assembly Magazine, April 2021.

资料来源

- “How Does a Transformer Work: 9 Answers You Should Know,” by Sneha Panda, LambdaGeeks.com, 2023.
- “Waveguide,” Wikipedia.org, Dec. 5, 2022.
- “Displacement current,” Wikipedia.org, Nov. 4, 2022.
- “Short-Slot Waveguide Hybrid,” Micowaves101.com, 2008.
- “Basics of waveguide theory,” by Christian Wolff, RadarTutorial.eu.



Barry Olney 任澳大利亚 In-Circuit Design Pty Ltd (iCD) 公司执行董事。该公司深耕 PCB 设计服务领域，专门研究电路板级仿真技术。其开发的 iCD

Design Integrity 软件整合了 iCD Stackup、PDN 和 CPW Planner。可在 www.icd.com.au 网站上下载此软件。阅读往期专栏或联系 Olney，可[点击此处](#)。



Rick Hartley 任 R Hartley Enterprises 公司首席工程师，拥有 50 多年的从业经验。他是多家 PCB 制造商和 PCB 设计公司的首席顾问之一。过去 30 年，Rick 还在全球各地教授过 EMI、信号完整性和其他电气相关的课程。

终将得以应用的理念

by Joe Fjelstad

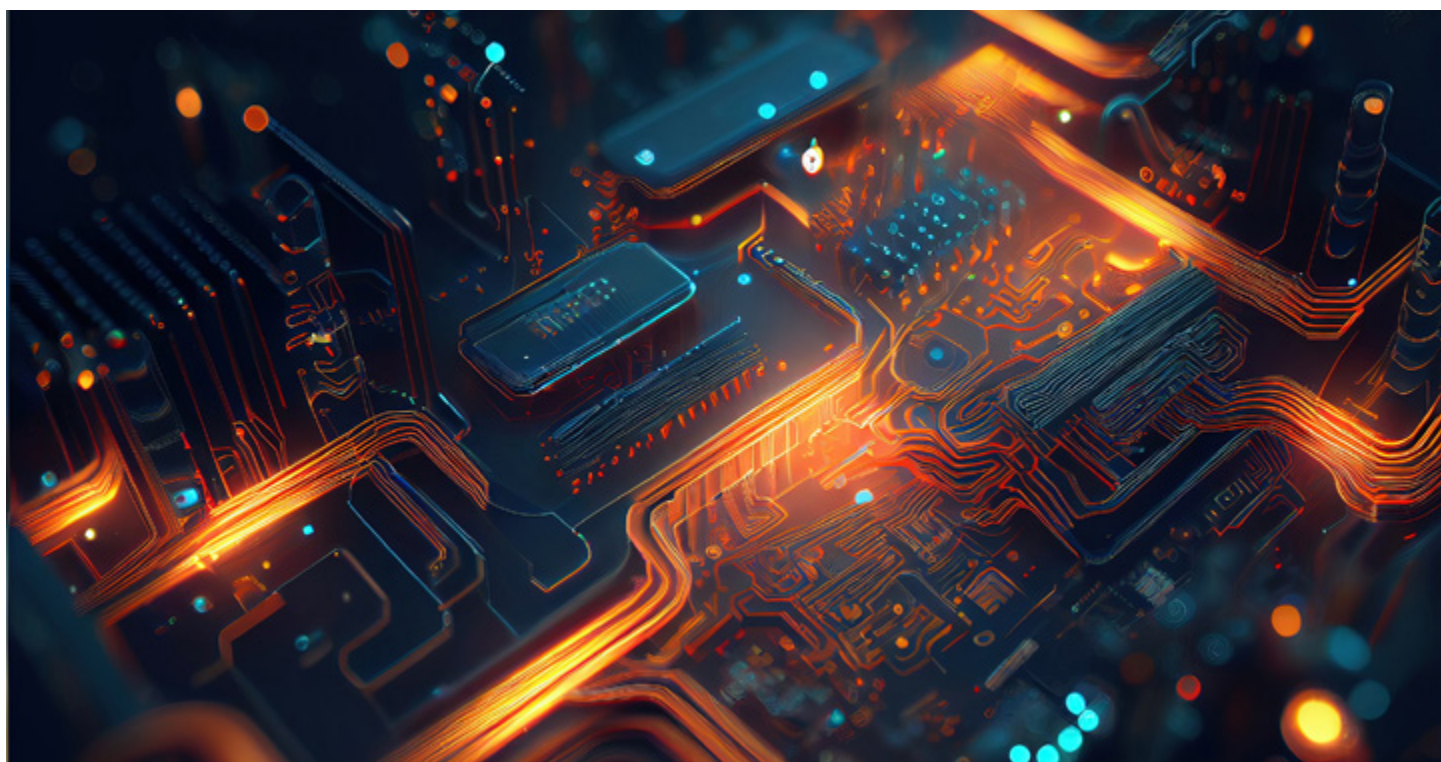
VERDANT ELECTRONICS

电子组件通常由分立电阻器、电容器、电感器等以及大量集成电路芯片组成，每个芯片具有特定的功能或各种不同的功能。在这样的组件中，还有几个不同的连接器和 / 或插座，允许组件与其他组件连接。电路设计师的工作就是实现各种有源和无源器件之间的互连。迄今为止，广泛的 IC 封装和电气互连技术已被用于此类组件，尤其是高端组件。

当行业试图扩展摩尔定律时，其中包括各种多芯片模块（MCM）结构以及系统级封装（system-in-package，简称 SiP）产品，这

两种产品都是目前几乎每家电子工程类杂志广泛讨论的一系列异质集成封装解决方案的先驱。这些封装组装器件仍然有需求，并且通常安装在互连基板上，最常见的是 PCB。仍在使用焊接工艺完成实际的互连，尽管（我和其他人）在努力消除焊接环节，转而采用更环保、成本更低的方法。

除此之外，随着半导体技术设计、封装和互连创新发展以及制造技术的不断进步，集成电路的特征尺寸在不断缩小。每一代集成电路的运行速度也都在提高。电子行业的很多公司



支持Flex 刚性Flex和嵌入式组件设计 现已上市！

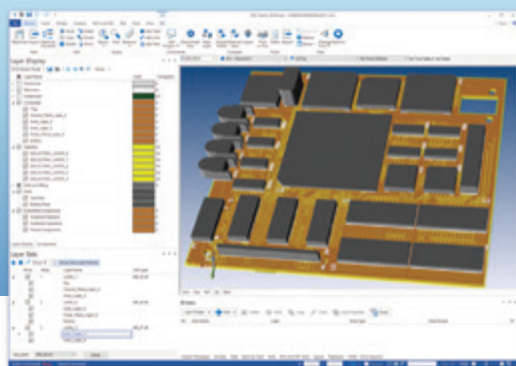
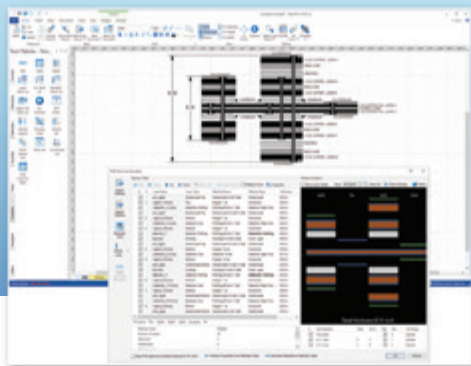
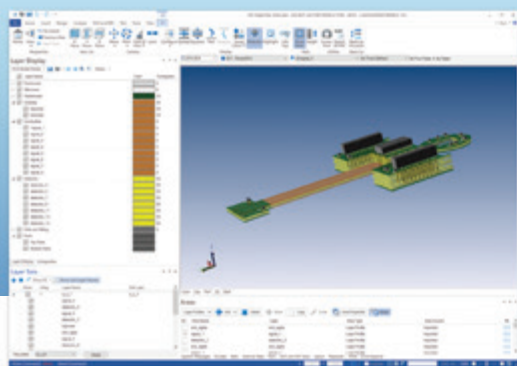


BluePrint-PCB®



CAM350®

- 导入并可视化挠性、刚挠性和嵌入式组件设计
- 管理刚挠设计的可变叠层
- 3D可视化可验证PCB构造和组件装配
- 轻松创建自定柔性或刚挠性产品的制造与装配文档



更多信息，请访问downstreamtech.com网站或致电 (508) 970-0670

IC 与板边缘连接器之间的高速 OTT 数据通道

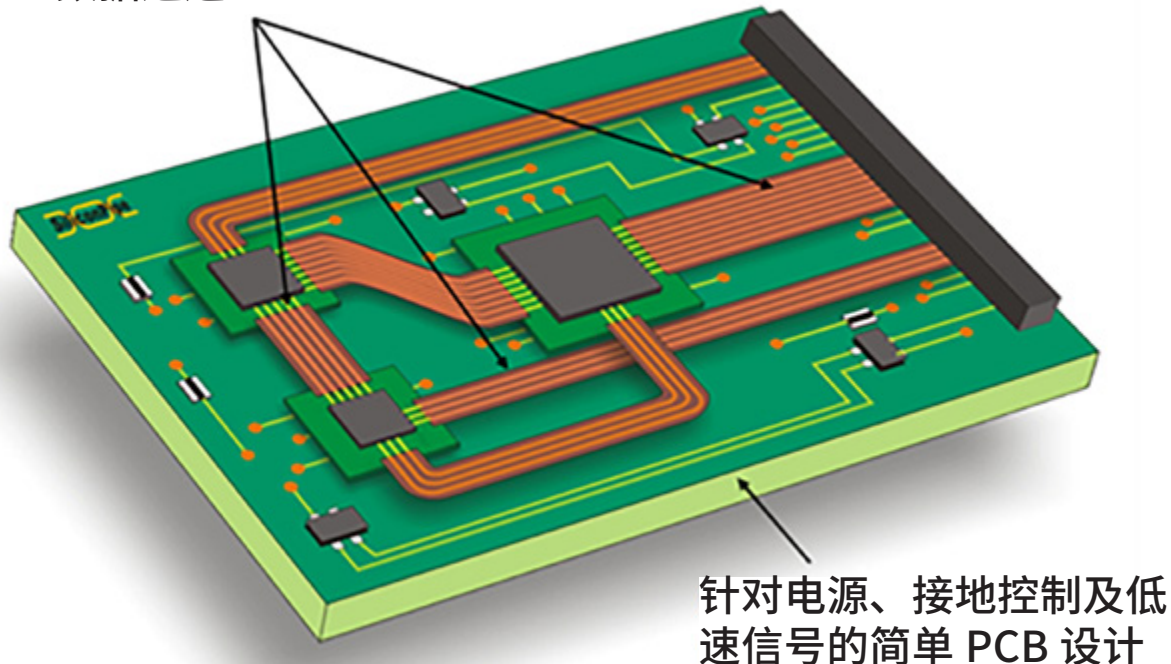


图 1：OTT 概念提出了一种“超前”3D 互连概念，即划分电路设计，以创建更简单的 PCB 和在 IC 之间更可控的高速互连。2005 年该方法通过两个连接器在大于 75 厘米的距离上实现了大于 20 Gbps 的数据速率，同时满足了规定的误码率要求。

希望并预测这种趋势将持续到可预见的未来，尽管大多数人承认半导体技术的材料和物理成分存在局限性。众所周知的一点是，为了获得最高的运行速度，无论是在 MCM、SiP 还是分立封装中，都希望单个集成电路上的电子元件之间以及互连芯片的端子之间具有短的互连路径。

设计的挑战在于经常存在相互冲突的需求。一个生产领域的优势可能会有损于另一个领域，甚至会影响设计本身的性能。案例之一是焊盘间距。随着端子间距不断缩小，从组装商的角度来看，仍然希望具有较大的焊盘间距，因为较大的焊盘间距可提高良率并降低板

级组装的总成本。不幸的是，大的焊盘通常意味着更大的封装和更大的端子电容负载，因此对于互连要素需要更大尺寸的 PCB 及更高的成本。

然而有一些方法可以在电路板层面上减少 I/O 要求；通过挠性电路与芯片封装上表面端子进行互连，高速信号可以从 PCB 提升到电路板上方的空间。我于 20 世纪初在初创公司 Silicon Pipe 时介绍过这种方法，称之为“OTT (off (or over) the top)”技术。

OTT 技术是为了解决 PCB 中的噪声和串扰问题而发明的。随着异构互连解决方案向三维电子互连迈进，OTT 解决方案是最早提出的

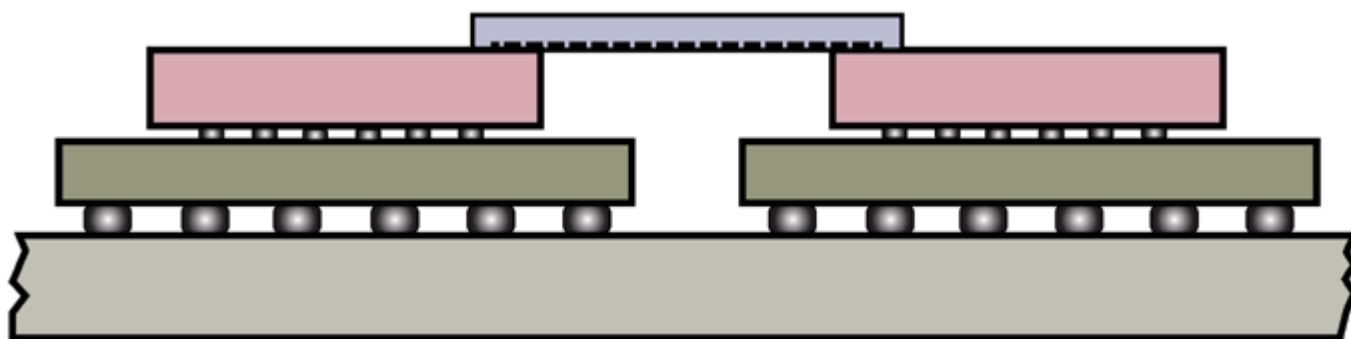


图 2：与早期 OTT 设计方法相比，目前一代设计方法可用于从背面互连具有 TSV 技术的 IC，可进一步提高性能，能够在封装内或封装之间互连两个或更多芯片。

三维互连解决方案之一。图 1 给出了这种全新方法的示意图。

OTT 的基本概念被应用为“桥”技术，采用了贯穿硅通孔（Through-Silicon Via，简称 TSV）技术，该技术不仅能够实现芯片之间的垂直（堆叠）互连，而且能够实现芯片之间的横向互连。如图 2 所示。优点很明显：这种布局确保了关键信号的最短路径布线和芯片之间的时钟信号。

总而言之，大约 20 年前由 Silicon Pipe 提出的 OTT 概念终于在今天的异构集成工具箱中得到了实际应用，为获得更高性能的同时满足物理科学和封装组装技术的要求，提供了一种替代方法。有些理念诞生得太早，需要在未来才能得以应用。

PCB007CN



Joe Fjelstad 是 Verdant Electronics 的创始人，任公司 CEO，也是电子互连和封装技术领域的国际权威人士和创新者，拥有 185 多项已发布或正在

申请的专利。如需阅读往期专栏或联系 Fjelstad，可[单击此处](#)。还可免费下载 Fjelstad 撰写的[《挠性电路技术（第 4 版）》](#)，观看他的深度系列研讨会[“挠性电路技术”](#)。



Sunstone Circuits :

采用可提供更好结果的设计数据格式

by Andy Shaughnessy

I-CONNECT007

为了了解 PCB 样品制造商对设计数据格式的反馈意见及建议,IConnect007 采访了 Sunstone 公司市场营销副总裁 Matt Stevenson。正如 Matt 所述, 公司使用 Gerber 或 ODB++ 格式, 他建议客户应该使用可提供最佳结果的设计数据格式。

Andy Shaughnessy : *Sunstone Circuits* 需要处理两种类型以上的设计数据格式。您对设计数据格式的总体看法是什么?

Matt Stevenson : 是的。Sunstone 是一家 PCB 制造商, 因此我们对数据格式的考虑主要从制造和 CAM 处理角度出发。我们的主要目标是接收准确且定义清晰的文件。公司的大多数 CAM 过程都是为了自动化 Gerber 文件而设置的。ODB++ 文件可以很容易地适应工艺流程。我们并未收到太多 IPC-2581 格式文件, 暂时无法评估其有效性和适应性。

Shaughnessy : 您认为 ODB++ 中哪些特性最重要?

Stevenson : 当加载到 CAM 软件时, ODB++



只有单个文件, 而不是压缩在 zip 文件中的多个文件, 且多个文件可能有数百种不同的命名约定。导入文件时, 所有层都是预定义的, 堆叠已经存在, 并且钻孔文件一致, 因此它使 CAM 更容易, 避免了猜测。

Shaughnessy : 使用 ODB++ 有什么好处?

Stevenson : 从 CAM 的角度来看, 完成加载文件后, ODB++ 数据格式和 Gerber 格式之间

实际上没有什么区别，但它确实可以更容易地识别、校准所有数据，为开始 CAM 加工过程做好准备。

Shaughnessy : 对于客户来说, ODB++ 有什么附加值?

Stevenson : 只要在设计端配置正确, ODB++ 就包含了所需的组装图, 有助于组装过程。

Shaughnessy : 您如何说服客户采用 ODB++ ?

Stevenson : 我认为不要试图说服客户改变令他们感到舒适的一切。我想指出的是, 使用 ODB++ 对组装厂有好处。如果他们对采用的数据格式感到满意, 我们的 CAM 软件能够支持, 设计不存在可制造问题, 则可以继续采用目前的数据格式; 如果使用的是我们不支持的格式, 那么我肯定会建议他们尝试 ODB++。

Shaughnessy : 与其他格式相比, 您认为 ODB++ 是否简化了公司流程?

Stevenson : 从 CAM 的角度来看, 一旦数据加载到程序中, 不同格式之间就没有区别了, 所以不会影响 CAM 的过程。Gerber 和 ODB++ 对于我们的生产同样有效。导入同一文件确实有助于 CAM, 而导入多个原始板文件、ZIP 文件和其他数据文件, 使得我们很难确定在 CAM 中应该使用数据包中的哪个文件。有时客户也会包含多个 ODB++ 文件, 这种情况下, 其优势也就不明显了。

Shaughnessy : 在您看来, 其他两种格式的缺点是什么?

Stevenson : 目前, 公司使用的 2 个 CAM 程序都不支持 IPC-2581, 所以这是 IPC-2581 的主要缺点。Gerber 的唯一缺点是, 在某些情况下, 如果文件和钻孔格式没有明确标识, CAM 端需要做更多的工作。这会导致我们花费更多的时间努力找出 PCB 具体有哪些层, 并获得适当的钻孔导入设置, 以便所有层都正确一致。

Shaughnessy : 您对最终的设计数据格式有什么想法或建议吗?

Stevenson : 如前所述, 在 CAM 中, 无论我们从客户那里收到何种类型的文件, 所经历的输出和过程基本相同。我们工作的一部分是标准化数百个不同设计包的输出。虽然 ODB++ 确实更有优势, 但我们将继续支持客户提供的任何文件类型, 只要客户满意即可。如果设计者没有正确的设置和设计输出, 与 Gerber 一样, ODB++ 对于 CAM 来说还是同样有问题。如果客户更熟悉其中某种格式, 可输出高质量的数据包来满足产品需求, 那就继续此数据类型就好。

从 PCB 与组装的合作关系来看, ODB++ 格式有许多优势, 这种更“智能”的数据可以无缝集成组装制造流程, 并且在设置和处理过程中减少人工干预。

Shaughnessy : Matt, 谢谢分享您的观点。

Stevenson : Andy, 谢谢。PCB007CN



行业会展

[CPCA 国际电子电路（上海）展览会](#)

2023 年 3 月 22 至 24 日

中国上海

[NEPCON Vietnam 2023 \(胡志明展\)](#)

2023 年 10 月 4 至 6 日

越南胡志明

[NEPCON China](#)

2023 年 4 月 19 至 21 日

中国上海

[NEPCON Asia](#)

2023 年 10 月 11 至 13 日

中国深圳

[HKPCA 国际电子电路（深圳）展览会](#)

2023 年 5 月 24 至 26 日

中国深圳

[慕尼黑华南电子展](#)

2023 年 10 月 30 至 11 月 1 日

中国深圳

[慕尼黑上海电子展](#)

2023 年 7 月 11 至 13 日

中国上海

[CPCA 国际电子电路（华南）展览会](#)

2023 年 11 月 14 至 16 日

中国深圳

[NEPCON Vietnam 2023 \(河内展\)](#)

2023 年 9 月 6 至 8 日

越南河内

[慕尼黑德国电子展及生产设备展](#)

2023 年 11 月 14 至 17 日

德国慕尼黑

其他活动日历



出版商：BARRY MATTIES
INFO@ICONNECT007.COM

广告销售：BARB HOCKADAY
BARB@ICONNECT007.COM

EDY YU
EDY@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@ICONNECT007.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：GUANHUI CHEN, EDY YU

广告设计：MIKE RADOGNA, SHELLY STEIN,
TOBEY MARSICOVETERE

创新技术：BRYSON MATTIES

封面设计：SHELLY STEIN, EDY YU

封面图片来源：ADOBE STOCK

PCB007
MAGAZINE

《PCB007 中国线上杂志》由 IPC Publishing Group, Inc. (3000 Lakeside Dr., Suite 105N, Bannockburn, IL 60015) 出版

未经 ©2022 IPC Publishing Group, Inc. 授权禁止转载。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 / 疏漏是否属于意外或疏忽，或其它任何原因。

2023 年 3 月号 总第七十三期《PCB007 中国线上杂志》是由 IPC Publishing Group, Inc. (I-Connect007) 出版的电子月刊。

广告索引

《数字时代先进制造》.....	22
《印制电路工艺验证》.....	56
《柔性电路技术》.....	26
《印制电路设计师指南 - 高性能材料》.....	16
《印制电路组装之智能数据》.....	42
《HDI 手册》.....	48
《电子产品的可靠性预测》研讨会	68
IC007 图书馆	8
杂志订阅	封底
望友科技	50
珠海镇东	28
易贸汽车产业大会	6
Atotech.....	4
BTU.....	70
Cadence.....	78
Chemcut.....	36
CIMS.....	32
CyberOptics.....	54
D.B. Management.....	64
Downstream Technologies.....	84
Gen3.....	74
IPC.....	14
KYZEN.....	62
MKS ESI.....	40
Orbotech/KLA.....	10
Pluritec.....	2
Schmoll Asia.....	20
VJ Electronix.....	58

更多精彩内容敬请期待

PCB007中国线上杂志：

三月：后疫情时代，行业发展

全球正在步入后疫情时代，虽然还会有一些困扰，但目前看已不会再造成太大影响。各行各业都在抓紧复苏，要夺回失去的时间。

感谢阅读 《PCB007中国线上杂志》



扫码订阅

IMS-MOM

专业打造PCB智能工厂

Pangus

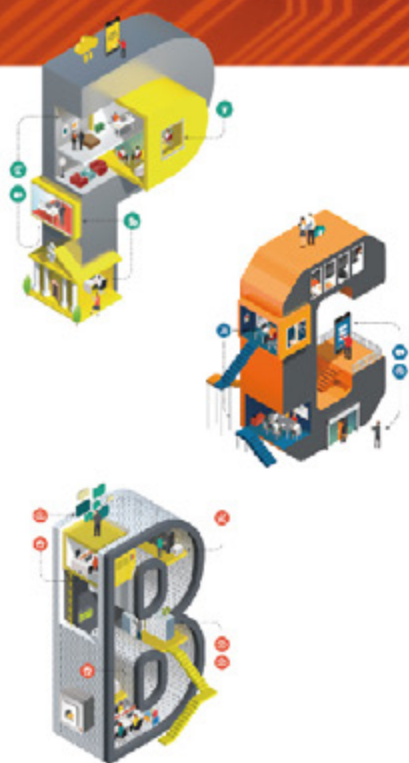
盘古信息

提升直通率 3%~10% ↗

提升稼动率 10%~30% ↗

WIP降低 15%~30% ↘

人员优化 10%~15% ↘



IOT平台
数据采集与设备监控



WMS
仓储管理系统



MES
制造执行系统



EAM
企业资产管理系统



QMS
质量管理系统



ALS
自动物流系统



FAST BI
看板与报表



DIGITAL TWIN
数字孪生



IPM
接口协议管理

还有更多....

广东盘古信息科技股份有限公司

服务热线: 400 880 2050 官网: www.pangus-ims.com
广东省东莞市南城区宏图路86号南信产业国际A栋6楼



扫码了解数字孪生



扫码关注官方公众号



THERMAL SYSTEMS

八大制程 工艺创造 无限可能



适用于多种应用行业的生产设备

无论是汽车电子、智能手机还是消费电子，许多行业和领域都见证了锐德的产品质量。我们的产品组合涵盖八种不同的工艺制程--对流、气相或接触式焊接、电子元件的点胶、涂覆、粘合或固化以及太阳能电池金属化工艺。我们可以满足您对电子产品的各种应用需求，并为您提供适合的解决方案。

八大制程工艺，创造无限可能！



www.rehm-group.com

Visit us at
NEPCON China

April 20 – 22, 2022
Booth # 1G40

热烈欢迎您莅临现场参观！



微信扫码关注
获取更多资讯

利润，应您所需！

Gardien有两种测试与检验解决方案，
可以提高您的收益。



应您所需

我们遍布全球的测试点，
按需提供服务。

[马上参观](#)



整合服务

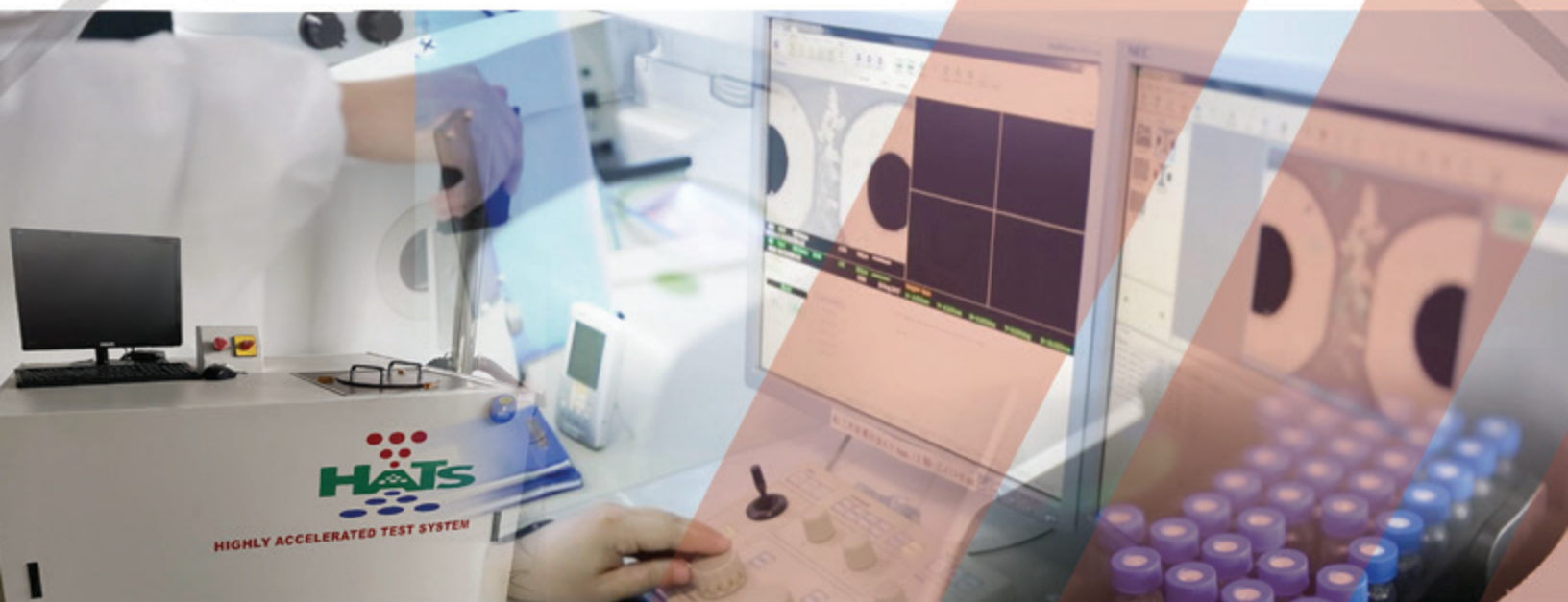
我们管理并提
您的质检部门。

[更多详情](#)



Microtek Laboratories China

麦可罗泰克(常州)产品服务有限公司



Independent Test Services for the Electronics Supply Chain

电子供应链独立测试服务商

- CAF, ECM, SIR
- HATS and HAST
- Thermal Shock/Cycling
热冲击/循环
- Partial Discharge 局放测试
- SEM/EDS, XRF, FTIR
- IC/C3- Anion, Cation and WOA
- TMA, DSC, TGA and Thermal Conductivity
- Qualification & Conformance Testing
质量鉴定& 符合性测试
- Reliability Assessment
可靠性评估
- Material Characterizations
材料特性
- Failure Analysis
失效分析



DiPaMAT

喷墨油墨

绿色制造，先行一步



这里

可以了解更多详细信息

AGFA 



免费
试用



通过有组织的工艺流程管理进行换线

数字双胞胎 缩短NPI时间

当前，为完整订单采购组件是一项挑战，甚至是不可能的。为了防止机器闲置并适应部分批次，制造商需要进行比以往更多的换线操作。数字双胞胎技术是管理频繁NPI的首选，其是满足多品种、小批量生产工程需求的关键。

www.siemens.com/ProcessPreparation

SIEMENS

2022

IPC中国区活动

> IPC CEMAC

IPC CEMAC作为IPC中国区会员专属的电子制造年会盛典,2022年将呈现一系列丰富、精彩的活动,包括:一年一度会员答谢晚宴、标准技术开发组志愿者表彰典礼、IPC会员专属宣讲区(线下线上同步直播)、IPC标准&教育展示区。

> IPCSkills电子装联大师赛

IPC技能竞赛至今已连续举办12年,旨在为业界从业者打造一个提升技能水平、展示自我风采的宝贵平台。2022年竞赛全新升级为电子装联大师赛,除了涵括手工焊接竞赛、线缆线束装配竞赛,还将推出新的竞赛项目,赛制也将适应行业需求进行优化升级,敬请期待。

> IPC技术会议

线上研讨会是IPC为满足业界不同细分行业客户对于标准、技术、应用案例等解读需求,组织的技术性专题研讨会。2022年计划推出24场专题性会议,请随时关注IPC官方平台。

> CIT区域聚会

CIT区域聚会是IPC全新推出的新活动,2022年将定期组织区域性CIT线下聚会,希望以面对面的方式,进一步为CIT提供相互认识、交流的平台,最大程度上实现行业信息共享,资源整合,创造共赢。

> 在线平台

IPC亚洲会员社区(community.ipc.org.cn)是IPC为会员单位打造的线上交流平台,主要以行业技术交流为主。目前,会员社区已成功邀请近70位行业拥有丰富经验的专家入驻会员社区。

> 公益项目

IPC亚洲实习生计划于2020年创办以来已连续两年获得成功,通过提供有意义且富有挑战性的实习项目,将顶尖学生与电子行业最具创新和影响力的公司联系起来。

关于IPC

IPC致力于提升全球3000多家会员企业的竞争优势并帮助他们取得商业上的成功。IPC的会员单位涉及电子行业的设计、印制板制造、电子组装与测试等各个领域。作为会员驱动型组织以及行业标准、培训、市场研究和公共政策倡导的领导者,IPC通过开展各种项目以满足全球产值达2万亿美元的电子行业的需求。



了解活动赞助机会,
请扫描二维码

Pulsonix PCB 设计软件

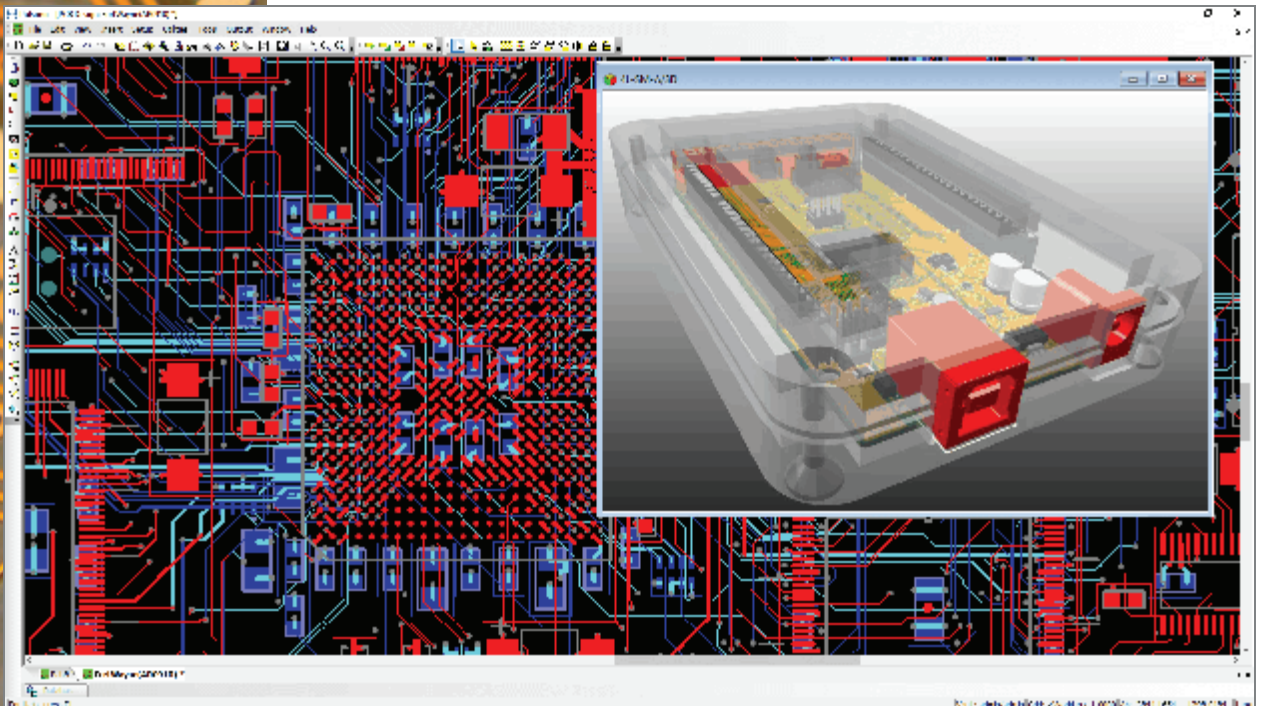
2023年3月号

PCB设计一次搞定

在最少的时间里最大化生产效率

界面前卫、易用，且整合各种高级功能大幅自动化您的布局流程，Pulsonix将成为您大幅缩短设计时间的关键。

这就是所谓的PCB设计一次搞定



高阶PCB设计特色

- 直观的布局和布线
- 动态覆铜
- 自动DRC全规则引擎
- 高速设计规则
- HUD长度匹配
- 刚柔、嵌入式组件和板上芯片
- 版本控制和PLM集成

亲身体验Pulsonix的强大易用，尽在 pulsonix.com/trial



“线上杂志” 订阅



PegaClad Series

用于6GHz以下天线 (Dk 3.00, 3.38, 3.45, 3.65)

PegaClad 1&2

用于毫米波

TUC 的PegaClad 300、PegaClad 338、PegaClad 345 和PegaClad 365 (Dk 分别为3.00, 3.38, 3.45 和3.65) 是为6GHz 以下的天线应用而开发的高阶材料，旨在最大限度地减少无源互调并满足设计师的需求。PegaClad 300、PegaClad 338、PegaClad 345 和PegaClad 365 可用于要求极高热可靠性的多层和双面电路板设计。

TUC 的PegaClad 1 和PegaClad 2 适用于高频，极低/超低损耗应用，包括毫米波PCB 设计。它们的电气性能相当于聚四氟乙烯(PTFE)的板材，可用于严苛环境中要求极高热可靠性的多层电路板。

TUC 的PegaClad Series、PegaClad 1 及PegaClad 2 还具备极佳的防潮性、改进的膨胀系数，优异的耐化学性和热稳定性，其加工性与先进的FR-4 工艺兼容。



tuc 台耀科技

Taiwan Union Technology Corporation (TUC)

www.tuc.com.tw

TUC 亚洲
Raymond Foo
电话：+866 3 5551103x129
E-mail：
raymond.foo@tuc.com.tw

TUC 美国
Dana Korf
电话：+1 408 6431144
E-mail：
dana.korf@tuc.com.tw

TUC 欧洲
Marko Holappa
电话：+358 407709618
E-mail：
marko.holappa@tuc.com.tw

您是否在考虑使用低温焊接呢？

印制电路组装商指南™

低温焊接



Morgana Ribas, et al.
Alpha Assembly Solutions

100%
Books

Yes!

在最近的调查中有75%
的人选择了Yes

调查来源: I-Connect007 Research

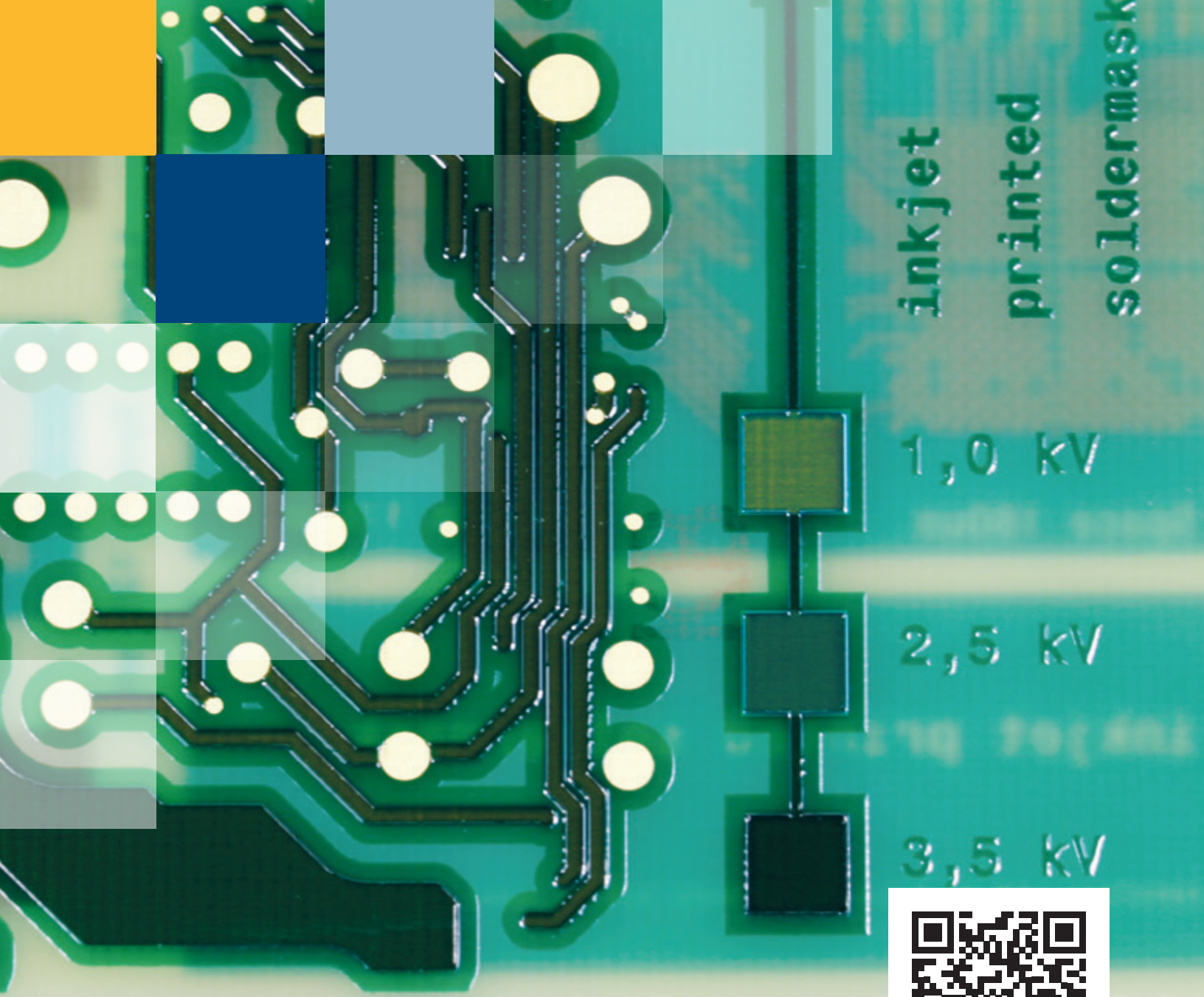
随着电子产品向轻、薄、短、小方向发展，常规SAC305系无铅焊接带来的PCB变形、温度冲击、焊接缺陷等影响越来越明显，因此，业界一直没有放弃降低焊接温度的努力，本书全面介绍了低温焊接的历程，并从配方和应用角度出发，介绍了第二代低温焊料的特性、可靠性等关键指标，为相关产品的应用提供了较为实用的指南。

——前中兴总工程师 刘哲

免费下载

扫码注册免费下载
更多内容欢迎关注
“PCB007中文线
上杂志” 公众号





用于PCB生产的阻焊油墨喷墨打印

只在需要的地方打印材料！

喷墨打印大大减少了设备投资、相关劳动力、占地面积、化学品使用以及相关的处置和处理成本。由于喷墨是数字及增材制造，因此具有高度的灵活性，从而最大限度地缩短了制造周期。

SUSS MicroTec 屡获殊荣的用于 PCB 的新型喷墨打印阻焊层解决方案可实现按需喷墨打印。避免昂贵的曝光工艺，并在今天跨越到打印阻焊层的数字化未来！

始终领先一步 - 来自 SUSS MicroTec 的解决方案。扫描二维码了解更多喷墨阻焊方面的知识！

SUSS MicroTec
info@suss.com
www.suss.com/pcb



SUSS MicroTec

搜索公众号“PCB007 中文线上杂志”订阅 102

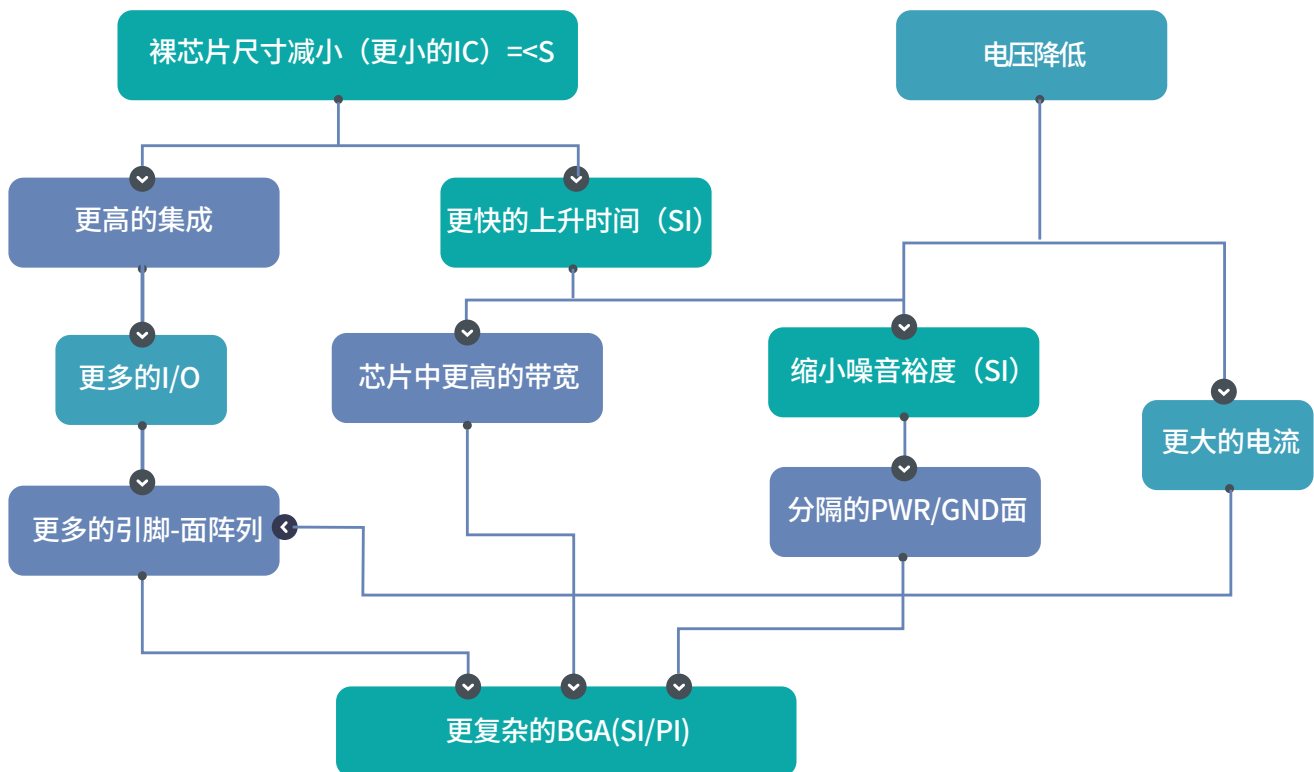
Maxwell与Moore

2023 年 3 月号

Moore定律将每个人都带入了Maxwell定律的SI领域



从Moore定律看IC技术发展趋势



我们提供

盲孔可靠性的完整解决方案



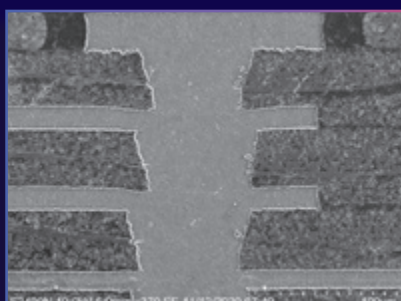
胶体钯



离子钯

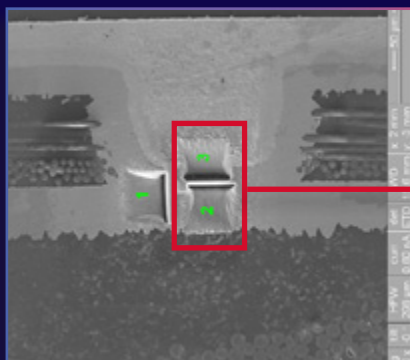
M-ACTIVATE 和 M-ACTIVATOR AP

精选钯活化剂技术, 适用于各种应用



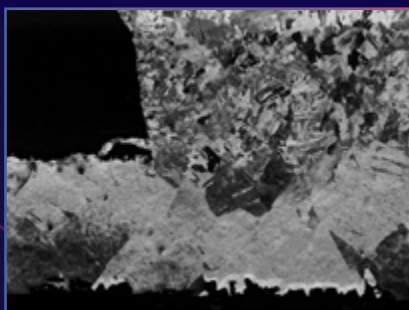
BLACKHOLE LE / ECLIPSE LE

提高良率的低咬蚀直接电镀制程, 改善 mSAP 流程中有限的可蚀刻铜总量状况



SHADOW + MACUSPEC VF-TH 300

优化的金属化制程搭配方案, 可在关键界面处实现完整的外延晶粒生长



VIA DEP 4550 ELECTROLESS COPPER

无应力化学铜, 达成目标铜垫高深镀力的楔形孔填充镀铜



MacDermid Alpha
ELECTRONICS SOLUTIONS

