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4月号

市场盼回暖
抓住上升通道

市场盼回暖，抓住上升通道

2023 年 3 月底，我们迎来了第一个行业大展 CPCA SHOW 2023。这是后疫情时代我们行业举办的第一场大型展会，各方对此次聚会的期盼非常高。纵观国际形势，各方也都在角力，争抢未来市场复苏的上升通道。本期我们就来分析下目前的市场形势，以及未来的上升赛道有哪些。

首先《PCB、封装和载板正在融合》是由本刊责任编辑 Tulip 撰写的 CPCA SHOW 展会报道。文章概述了本次展会的亮点，以及现场采访的精华内容。作为今年国内电子电路行业第一场行业大展，本次展会人气爆棚，大家都渴望 2023 年行业能迎来业务回暖。

专栏作家 DB 咨询的 Dan Beaulieu 一直在寻找自动化如何能够对成熟 PCB 工厂产生重大影响的案例。近期他找到了位于威斯康州 Oshkosh 的 Multicircuits 公司。就在几年前，这家公司还被认为是一家在行业中“普通”的 PCB 制造商，通过自动化改造，现在突然在产能、技术、运营和盈利能力方面拥有了行业领导地位。

今年 IPC APEX 展会的第一天，Emily Calandrelli 带来题为“太空探索的可持续性、经济性和倡导”的开幕主旨演讲，现场座无虚席。Calandrelli 毕业于麻省理工学院工程专业，是获艾美奖提名的科学电视主持人、作家和科学传播者，在社交媒体上被称为“太空女孩”。我们的技术编辑 Pete Starkey 先生带来演讲概要《太空探索》。

专栏作家 Chemcut 的 Christopher Bonsell 本期带来《湿制程的化学控制》。蚀刻可能是湿制程阶段最复杂的工艺，因为有很多因素会影响蚀刻速率。如果不保持这些因素的稳定，蚀刻率就会变化，因而影响产品质量。本文讲解如何用一种自动化方法来维护蚀刻化学。

Summit Interconnect 公司战略市场副总裁 John Vaughan 接受了 Nolan Johnson 的采访，探讨了投资、人员配备、网络安全以及他对未来的预测。Summit 公司主要业务来自于军工类订单。

虽然通货膨胀以及供应链向亚洲的转移对大宗商品市场的冲击最大，但其他行业也能感受到这种压力。若想在这种“新常态”下繁荣发展，行业要做哪些准备呢？我们的编辑 Nolan 带来采访报道《Ventec：为物流行业新常态做好准备》为您一一解答。

氯化铜是一种蚀刻剂，以其特有的性能在 PCB 制造中得到了广泛应

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

用。虽然它不是行业中最常用的蚀刻剂，但易于维护，因此证明是有益的。本期还有 Christopher Bonsell 先生的第二篇文章，讲解《氯化铜蚀刻剂基础知识》。

本期关于 Ventec 的第二篇文章《Ventec 公司与众不同的材料管理方式》，来自 Pete Starkey 参加的一次行业研讨会。介绍了 Ventec 如何根据功能和目标应用对产品进行功能分类。当材料性能成为 PCB 性能规范的组成部分时，传统的材料分类方式可能无法满足要求。

《制造工程师必备的五大技能》来自于 TTM 的工程师 Paige Fiet，她是欧美年轻电子行业工程师的优秀代表。作为入行不久的新人，她对于制造业工程师必备的技能提出了自己的意见。另外由行业泰斗 Happy Holden 先生撰写的《25 个工程师必备技能》也将于近期出版，欢迎关注。

IPC 名人堂得主 Michael Carano 先生本期带来《支撑 IC 载板与高阶封装技术的工艺——第 2 部分》。上个月的专栏文章介绍了 PCB 制造商在生产高阶封装用 IC 载板时遇到的初步挑战。本月专栏文章会继续讨论制造商需要掌控的两个工艺：成像 / 显影与蚀刻。

我们欢迎新专栏作家 Henry Crandall，他是犹他大学博士，也是最新的 IPC 学生董事成员。Henry 计划撰写的主题有健康工程设计、研究生院和可穿戴健康监测装置。本期他带来《为获得博士学位需要了解的一切》。

PCB 组装专区中，由 Linda Stepanich 带来的《从 PIN 到标准发布，艰难却有助企业取得成功的过程》一文。目前有 3000 多名电子行业专业人士参与了标准的开发。IPC 标准代表了全球供应链的集体智慧和最佳实践。本文将为您详细介绍 IPC 标准开发的规则是什么？

IPC 是全球性组织在全球各地设有办事处，利用这一资源，我们请到了各个区域的负责人来介绍目前他们专注的项目，以及各地区的行业动态。

本期我们还将介绍《Schweitzer 谈构建内部强大优势》，这是胜伟策 PCB 专属工厂系列采访的第二部分。电子制造企业是否有必要建立自己的专属 PCB 工厂呢?这样的企业结构会有什么优势?

PCB 设计专区中，由 SUNSTONE CIRCUITS 的 Matt Stevenson 为我们介绍《通过焊料管理减少散热片故障》散热片故障很难检测，尤其是在故障率低的情况下。但即使故障量很低，这类故障成本也会很快导致高达数千美元的损失。

《电子与物理：为什么通孔不会发热》一文由 ADAM 研究所的两位专家 Douglas Brooks, PhD 与 Johannes Adam, PhD 撰写。Douglas 是一名电气工程师，了解电子学。Johannes 是一位热力物理学家，了解热传递。两位专家阐述了很多通孔的散热特性。

我们的长期专栏作家 Joe Fjelstad 带来的《挠性电路——曾是人迹罕至的一条路》。当 Joe 刚刚了解挠性电路时，它还是一条鲜有人选择的路，但这条路确实彻底改变了他的职业生涯，目前占据了电子电路业的绝大多数领域。

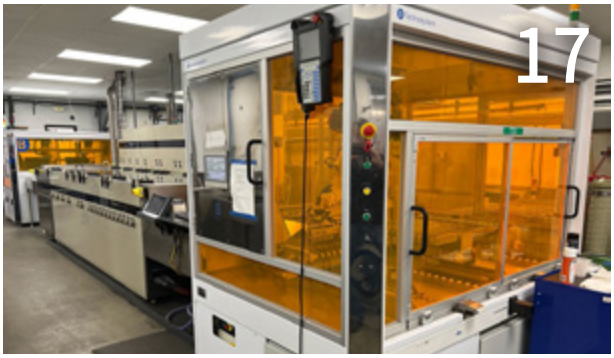
以上就是本期的全部内容，在刚刚结束的 2023 慕尼黑上海电子生产设备展上，我看到了久违的热闹场景，人流摩肩接踵，厂家参与热情高涨。祝愿我们的读者朋友都能在这疫情后复苏的上升通道开拓更大的市场。PCB007CN

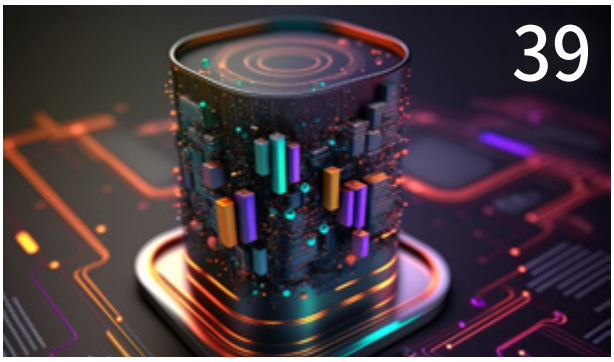
微信扫描二维码关注
即可免费获得面向中国电子电路市场的技术书籍与实时资讯

I-007e Books

I-Connect007 pcb007 中国 线上杂志 CHINA MAGAZINE

2023年四月号
本期专题内容





展会季，市场盼回暖

2023 年 3 月底，我们迎来了第一个行业大展 CPCA SHOW 2023。这是后疫情时代我们行业举办的第一场大型展会，各方对此次聚会的期盼非常高。纵观国际形势，各方也都在角力，争抢未来市场复苏的上升通道。

专题文章

9 PCB、封装和载板正在融合
——2023 CPCA SHOW 视频专访有感
by Tulip Gu

17 自动化是 PCB 制造的未来
by Dan Beaulieu

27 太空探索
by Pete Starkey

29 湿制程的化学控制
by Christopher Bonsell

33 Summit 对市场的观点
by Nolan Johnson

41 Ventec：为物流行业新常态做好准备
by Nolan Johnson

49 氯化铜蚀刻剂基础知识
by Christopher Bonsell

55 Ventec 公司与众不同的材料管理方式
by Pete Starkey

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

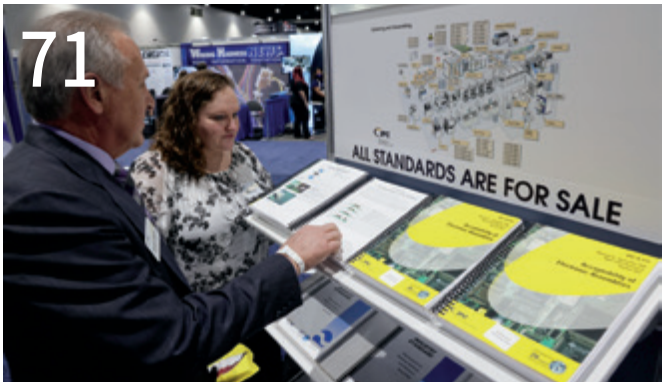
现在下载

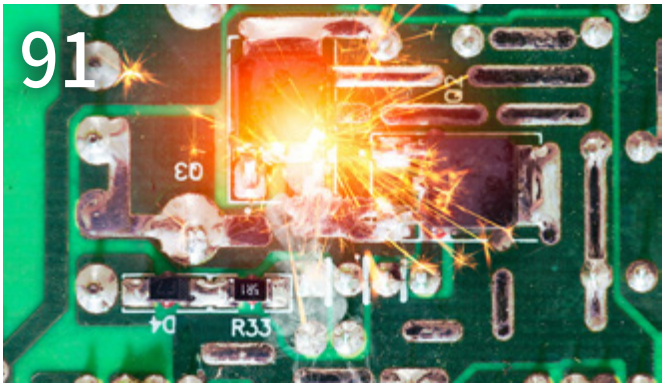
I·007e Books

I-Connect007 pcb007 中国 线上杂志 CHINA MAGAZINE

2023 年 4 月
总 第七十四期

扫码订阅公众号推送





专题文章

59 制造工程师必备的五大技能
by Paige Fiet

63 支撑 IC 载板与高阶封装技术的工艺——第 2 部分
by Michael Carano

67 为获得博士学位需要了解的一切
by Henry Crandall

PCB 组装专区

71 从 PIN 到标准发布：艰难却有助企业取得成功的过程
by Linda Stepanich

77 全球性组织 IPC 发布地区动态

83 Schweitzer 谈构建内部强大优势
by Nolan Johnson

PCB 设计专区

91 通过焊料管理减少散热片故障
by Matt Stevenson

95 电子与物理：为什么通孔不会发热
by Douglas Brooks, PhD
and Johannes Adam, PhD

99 挠性电路—人迹罕至的一条路
by Joe Fjelstad

其他栏目

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

易贸汽车产业大会 EAC 2023 同期举行 EAC易贸汽车产业展 Trade Show

易贸 ENMORE | 汽车 AUTOMOTIVE

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
郄建军

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

为升科科技
蔡青翰

罗杰斯科技
袁署光

德辰科技
朱新平

dSPACE
Andreas Gau

Zendar
Jimmy Wang

同济大学
王俊骅

Huber+Suhner
Francesco Merli

Gapwaves AB
Marcus Hasselbla

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

PCB、封装和载板正在融合

——2023 CPCA SHOW 视频专访有感

by **Tulip Gu**
I-CONNECT007CN

由中国电子电路行业协会主办的 2023 CPCA SHOW 上海展会在各方的支持下，在极短的时间内得以顺利启动，这也是自恢复展览以来国内电子电路行业的首场专业展。

由中华人民共和国工业和信息化部支持、中国电子电路行业协会 CPCA 主办的 2023 国际电子电路（上海）展览会在各方的共同努力下，3 月 22 日在国家会展中心隆重开幕。

此次国际电子电路（上海）展览会的举办，展示了全球电子电路产业的韧性与活力以及电子电路参展厂商的优势和实力，更可以在当前行业发展态势下，通过国际电子电路展览的平台，进一步加强相互交流和建立深入和广泛的合作！

本届展会以“创新 + 智造，链接未来”为主题，作为电子电路行业链接上下游、覆盖全产业链的年度盛会，汇集了来自 20 多个国家及地区的 729 家企业参展，展览面积达 55000 平方米。与 2021 年展会相比，展位面积有 6% 的增长。

展期三天现场异常火爆，专业观众有突破

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

性增长，来访人数超过 6 万余人。

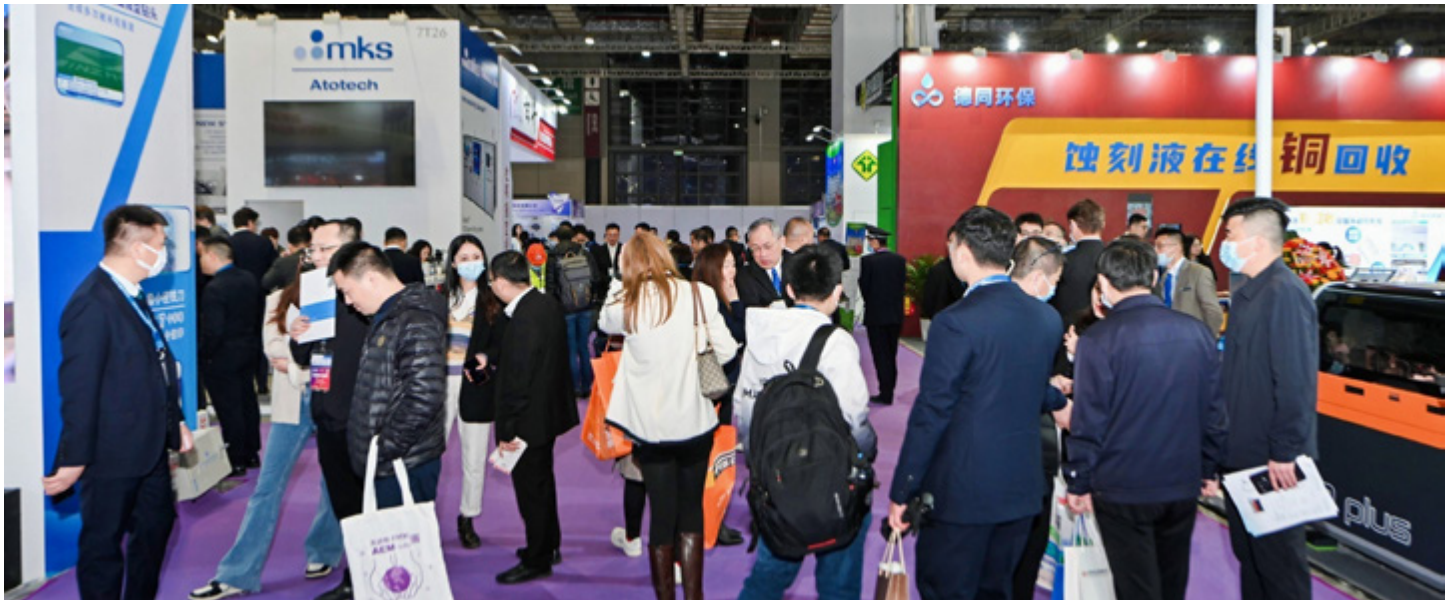
PCB007 中国在线杂志作为展会官方指定媒体，开设 Realtime with CPCA SHOW 视频采访栏目，此次主题为“中国 IC 载板领域现状与未来”，让我们通过镜头，听行业大咖分享真知灼见，激荡思想火花、凝聚智慧力量。

在封装和 IC 载板中，无法采用 PCB 原有的技术和方法，需要创新和定制来满足成本和性能要求。PCB、封装和载板，这些曾经完全分离的领域正在融合。行业头部领军企业正在与主要行业参与者合作，将这三个领域连接起来，以推进半导体技术发展路线图。

此次 Orbotech 采用 KLA 品牌，在国内首展于 CPCA SHOW，展台上始终人潮如织，大家都在关注 Orbotech Corus 8M，这是首款基于一体式革命性系统，支持 PCB 和 IC 基板的持续创新。全自动、高容量的双面成像解决方案，结合了 KLA 的 DSI 技术，有效地取代了完整的 DI 生产线。

麦德美公司 Peter 总经验丰富，多年来在电镀领域参与革新，潜心为中国 IC 载板发展贡献力量，对于行业间的合作有观点、有执行。他介绍，麦德美在 IC 载板电镀铜制程上有综合全套解决方案，Systek 系列针对硬板 IC 载板和软性 IC 载板制造的完整产品线，应用于半加成法流程构建高密度线路设计。其独特技术允许无空洞填盲孔，在难镀区域沉积均匀的铜厚度，以及高可靠性细线路所需的高剥离强度。

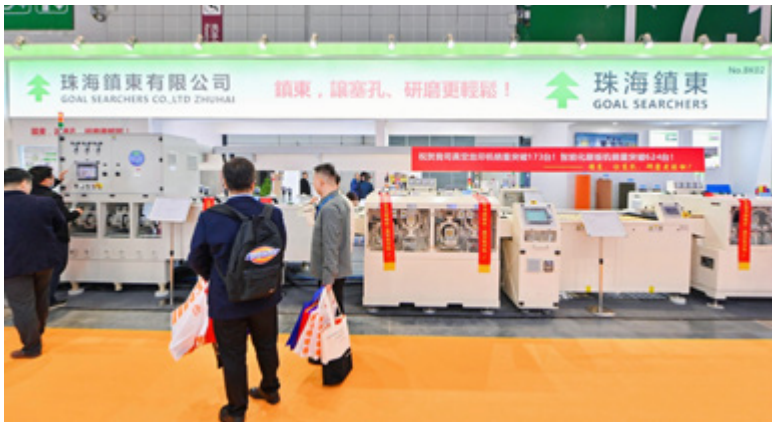
2013 年的 productronica 展会上，法国成像系统供应商 ALXIT 推出了 ADIX 系统，首创基于先进的大功率 LED 辐射源、两个多波长 UV-LED 和 DMD，适用于刚性和挠性基板，并且有自动处理功能选项。当年，行业在成像领域掀起重大技术突破。而这次 CPCA 展会上，ALTIX 重磅推出针对 mSAP/SAP 制程制作 20 微米以下线路的双台面制作细线路的影像转移方案。ALTIX 的卷对卷 LDI 已经具备 15 到 30 微米的线宽线距解析能力，应用于新能源汽车电池监控模组的超长 FPC。也有软板（卷对卷软性材料投收料）兼容硬板（片式半自动进板）机种。Kris 总对本地市场和技术需求有着深入了解，用开创性的技术方案，不仅帮助客户快速解决很多当前实际落地的问题，还用未来眼

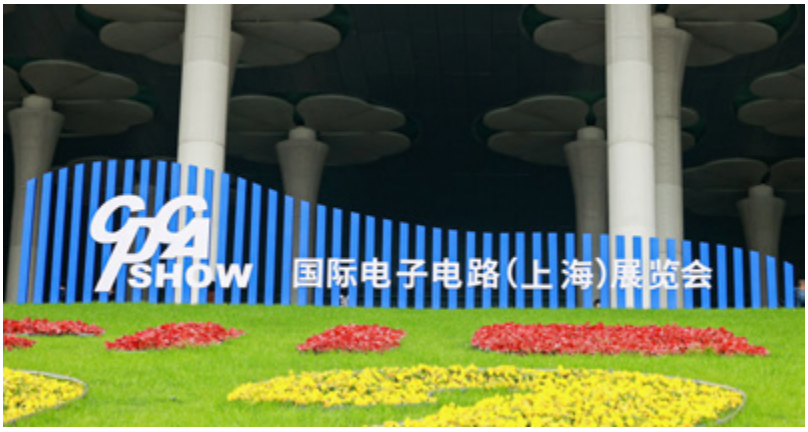


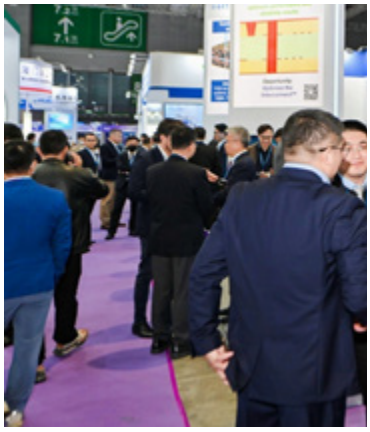
REALTIME with...

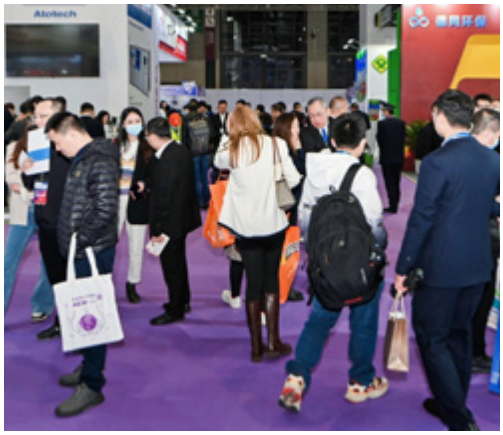
EXCLUSIVE EVENT COVERAGE 独家展会报道

2023国际电子电路(上海)展会









光引领需求，将法国研发中心的力量超级快速（2 — 3 天）无缝对接国内市场。

MKS 于 2022 年 8 月完成对 Atotech 收购，基于电路小型化的发展，MKS 利用激光系统、光学系统的优势，加上 Atotech 在电镀、化学方面优势，带来技术和工艺上的提升。MKS 于 2019 年完成 ESI 并购，其推出的 Geode CO2 钻孔系统扩展到 IC 载板领域，也应用到 ABF 市场。

康代收购 Ucamco，打通制程前端；推出最高端的 AOI 检测设备 Galaxy 4x，检测精度高达 4 微米线宽 / 线距。同时，提供智能制造的前端软件方案，包括：Integr8tor，一款独一无二的全自动 PCB 制前工作流程系统；UcamX，适应于所有类型的印刷电路板（硬板、软板、HDI 板和 IC 载板等）的超高性能 CAM 系统和业务报价系统。康代订单满满，中国和东南亚多点齐上；IPO 进展顺利，好消息不断。

环球专门成立了环球半导体封装设备有限公司，进军新领域代理的设备在性能与功能上提升，包括三菱第 6 代机、伯东的贴膜机、网屏 DI，新增 POSALUX 设备、Inspec 高精度 AOI/AVI、Notion 喷墨机等。

国内头部企业也都在积极行动，共同助力 IC 载板产业链与供应链自主可控。

作为化学药水领头羊，光华此次展会首发 IC 封装载板镀铜填孔方案，产品已与国内知名载板商联合测试。希望协同材料、设备、PCB 厂商与终端客户上下游打通供应链，共同助力 IC 载板产业链与供应链自主可控。同时，黄总也谈到在 PCB 产业链东南亚迁移背景下，光华科技的海外布局。

生益科技 SIF 胶膜系列，不仅有低损耗产品，还包含下一代感光胶膜、molding 胶膜、磁性胶膜。并且已用于国内著名多个先进封装公司制程中。在与生益科技陈总的采访中，几个数字很深刻：一是 IC 载板国产化不到 5%，载板材料所占比例更少。这是现状，需要我们这代追赶；二是生益科技已经在半导体领域耕耘 15 年以上。载板材料要求非常高，前期开发需要花费大量的研发投入和时间；三是生益投资 9 亿元人民币的封装基板材料工厂投产，这是拥有国内最先进硬件的载板基材工厂；四是唯一，在半导体领域，生益科技已经踏入先进封装市场，是全球唯一可以从 core 板（SI07NR 系列）到积层胶膜材料（SIF 胶膜）提供全面解决方案的公司。

镇东的展台上始终人气爆棚，赵总始终在市场第一线，镇东始终在真空塞孔研磨领域保持领先。此次重点展示了用于载板研磨的精密自动刷板机，用于陶瓷板研磨的专用刷板机，以及 43 寸宽幅刷板机等，展会现场吸引了大批新老客户前来探讨工艺难题。

除了化学药水和设备供应商以外，检测中心也在积极行动。麦可罗泰克检测中心提出，IC 载板相关的标准还不完整，其具有特色的检测项目，如阴影云纹、推拉力测试。实验室正在参与 IPC6921《有机封装基板的要求与验收》编制工作组，这是当前国际、国内缺乏的 IC 基板标准。同时，还牵手江西萍乡上栗建立全新检测中心，新增高频高速检测能力，今年江西实验室将争取获得 CMA、CNAS 资质申请。

当谈及 IC 载板细分领域未来市场前景及公司的具体规划，每位大咖都发表了各自独特而犀利的观点，也蕴藏着机遇与成功密码，更多内容分享，可二维码扫描观看。PCB007CN

2023 国际电子电路（上海）展会开幕

由国家工业和信息化部支持，中国电子电路行业协会、上海颖展展览服务有限公司主办的 2023 国际电子电路展览会（CPCA SHOW）在国家会展中心（上海）盛大举行，展会汇聚来自全球行业巨头及新创企业共计 700 余家。展会首日，现场人山人海，电子电路业内人士欢聚一堂，探讨技术，共商发展。

康代收购 Ucamco，打通制程前端，带来全新智能工厂数字化方案

康代展出令人振奋的全新智能工厂数字化方案，以及最高端的 AOI 检测设备 Galaxy 4x，检测精度高达 4μ 线宽 / 线距。同时，提供智能制造的前端软件方案，包括：Integr8tor，一款独一无二的全自动 PCB 制前工作流程系统；UcamX，适应于所有类型的印刷电路板（硬板、软板、HDI 板和 IC 载板等）的超高性能 CAM 系统和业务报价系统。(被访者：李静宜)

麦可罗泰克参与封装基板行业标准 IPC6921 制定

IC 载板相关的标准还不完整，其具有特色的检测项目，如阴影云纹、推拉力测试。实验室参与 IPC6921 编制工作组。同时，麦可罗泰克牵手江西萍乡上栗，新增高频高速检测能力，今年江西实验室将争取获得 CMA、CNAS 资质申请。（被访者：乐逸）

镇东深耕 IC 载板，保持真空塞孔研磨领先地位

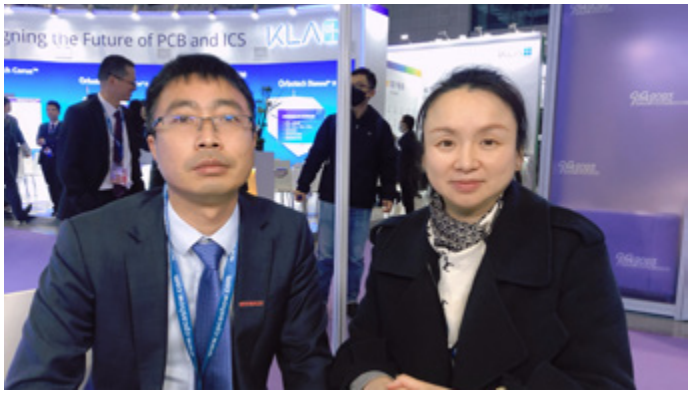
重点展示了用于载板研磨的精密自动刷板机，用于陶瓷板研磨的专用刷板机，以及 43 寸宽幅刷板机等，展会现场吸引了大批新老客户前来探讨工艺难题。（被访者：赵其平）

MKS 收购 Atotech、ESI 后，中国 PCB 行业首展

MKS 于 2022 年 8 月 完 成 对 Atotech 收购，基于电路小型化的发展，MKS 利用激光系统、光学系统的优势，加上 Atotech 在电镀、化学方面优势，带来技术和工艺上的提升。同时，ESI 推出 Geode CO_2 钻孔系统扩展到 IC 载板领域，也应用到 ABF 市场。（被访者：张全之）

生益科技半导体领域耕耘 15 年，封装载板基板材料工厂投产

载板材料要求非常高，长期以来一直由海外供应商占据大份额，且材料替代流程和难度大，前期开发需要花费大量的研发投入和时间。今年生益科技投资 9 亿多的封装基板材料工厂投产，这是拥有国内最先进硬件的载板基材工厂之一。（被访者：陈仁喜）

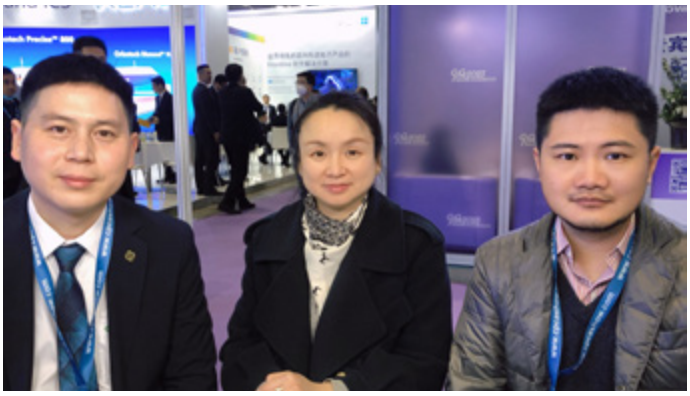


光华展出 IC 封装载板镀铜填孔解决方案

光华科技已经和国内知名的载板商进行联合测试，希望能进一步在应用上形成国产替换，达到能进入载板厂商的核心供应链，助力 IC 载板产业链与供应链自主可控。（被访者：黄君涛）

Orbotech 采用 KLA 品牌，首展中国 PCB 大展

推出用于高阶高密度互联和 IC 载板的全自动双面直接成像解决方案，推出优化钻孔生产软件，来满足最高钻孔产量，并提高良率。（被访者：李育强 and 杨军）



环球增加先进封测设备，进军半导体市场

代理的设备在性能与功能上提升，包括三菱第 6 代机、伯东的贴膜机、网屏 DI，新增 POSALUX 设备、Inspec 高精度 AOI/AVI、Notion 喷墨机等。专门成立了环球半导体封装设备有限公司，进军新领域。（被访者：苟大坤）

MacDermid Alpha 展出 IC 载板封装电镀铜技术

Systek 系列针对硬板 IC 载板和软性 IC 载板制造的完整产品线，应用于半加成法流程构建高密度线路设计。其独特技术允许无空洞填盲孔，在难镀区域沉积均匀的铜厚度，以及高可靠性细线路所需的高剥离强度。（被访者：Peter）

欧托科双台面 LDI、卷对卷 LDI 再创行业先锋

欧托科法国总部设立全球测试中心，3-4 天能将国内的测试样品进行试验，帮助客户快速解决高端影像转移难题。正在开发缩短线路板曝光制程的设备，并与下游厂商和制造商进行可靠性认证中。（被访者：董哲明）

New smart factory solution from CIMS

CIMS has brought a new intelligent factory digitalization solution and exhibited their most advanced AOI system Galaxy 4x with a detection accuracy of up to 4μ line width/line spacing.（Interviewee：Vladi Kaplan）

自动化是 PCB 制造的未来

by **Dan Beaulieu**
D.B. MANAGEMENT GROUP

我一直认为自动化将会引发 PCB 行业的巨大变革，尤其是在劳动力稀缺的美国。过去一年，我一直在寻找自动化如何能够对成熟 PCB 工厂产生重大影响的案例。很幸运找到了位于威斯康州 Oshkosh 的 Multicircuits 公司。就在几年前，这家公司还被认为是一家在行业中“普通”的 PCB 制造商；现在突然在产能、技术、运营和盈利能力方面拥有了行业领导地位。这家公司是如何做到的?你猜对了——自动化是重塑 Multicircuits 的最重要因素之一。

这不仅是他们如何获得成功的故事，也是供应商（代表）和客户之间通力合作的写实。Multicircuits 的运营总监 Mike Thiel 和 TFE 的负责人以及西班牙 Technosystem 的代表 / 代理 Jeff Brandman 在成功实现 Multicircu-lations 自动化的过程中发挥了关键作用。

Dan Beaulieu：*谢谢你们抽出时间接受采访。坦率地说，我很高兴有机会与 2 位探讨这个主题，我认为你们两家公司的合作以及在过去几年取得的成就可以为其他公司提供灵感来源，向他们展示未来的发展方向。Mike，可以做自*

CIMS
Creativity in Motion

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

CVR	Capricorn AVI	Phoenix AOI	Galaxy AOI	Unicorn AVI	VVR
AOI检修系统	可检测细至 4微米线宽/线距	可检测细至 4微米线宽/线距	可检测细至 4微米线宽/线距	可检测细至 4微米线宽/线距	智能AOI检修系统

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

我介绍吗?你有哪些工作经历？

Mike Thiel：我的专业是计算机科学和运营。1991 年我从 UW Oshkosh 大学毕业后就加入 Multicircuits 公司，负责开发 ERP 软件。我需要学习业务，所以职业生涯的最初阶段是在生产车间运行所有领域的产品，最终监控许多工艺领域。我还担任过主要工艺工程师，其中几年做质量方面的工作。2009 年我晋升为运营总监。Multicircuits 于 1990 年在威斯康星州的 Oshkosh 成立，其中的许多资产是从 Marquette Electronics 公司购买的。经过多年的发展，从初创期的微不足道，只能生产单双面板发展到可生产高度复杂的产品。目前我们是一家多品种、具有高度可依赖性的 PCB 制造商，拥有高效的制造工艺和专业的员工队伍，使我们能够在过去 7 年中以 99.6% 的准时交付率（On Time Delivery，简称 OTD）交付快捷及批量生产订单。我们的市场包括航空航天、医疗、军事、电信和工业。

Beaulieu：*Jeff，可以介绍你的工作经历吗?此外是否可以介绍 Technosystem 公司及 Benmayor Group 集团的发展史?*

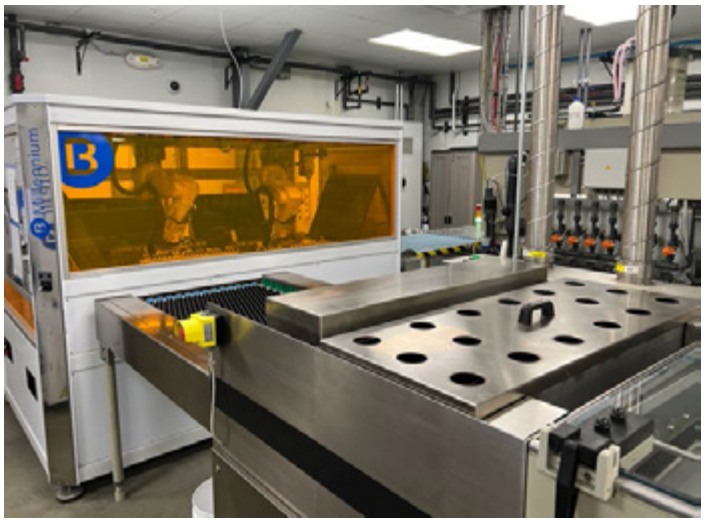
Jeff Brandman：我于 1997 年开始进入加拿大的 PCB 行业，为 TFE 公司工作，该公司为 PCB 行业供应消耗品和制造设备。该公司的老板 Tom Friedl 是一位 70 多岁的 PCB 行业资深人士，他正在寻找一位年轻人来接管他的公司。2001 年我收购了这家公司，并持续寻找新技术来帮助客户实现增长。2011 年，在德国慕尼黑的 productronica 展会上，我与 Benmayor 集团签订了合同，开始代理他们的 PCB 热层压板 Aismalibar；后来，我还代理了 Technosystem 公司的自动化业务。Benmayor Group 集团总裁 Eduardo 一直热衷于 PCB 自动化；他认为这是欧洲和北美 PCB 制造业的未来，他的热情激励我专注于 Technosystem 的自动化产品。

Mike Thiel

Beaulieu：*Mike，可以谈谈实现 Multicircuits 自动化的理念吗?是如何开始的?目标是什么？*

Thiel：我利用工程设计经验，一直在寻找通过减少浪费、提高一致性、生产力和人体工程学来改进工艺的方法。我在 2008 年或 2009 年的 IPC 展会上第一次看到了自动化。在展会上，Technosystem 展出的可向 LDI 设备进料

内外层显影智能系统



干膜带卸载和外层装载

的机器人吸引了我的目光。又过了几年，直到 2012 年，我们采购了第一台 Technosystem 机器人和一台 Orbotech Paragon LDI 设备，用于主要成像。虽然当时已有自动成像系统，但我相信我们是美国第一家使用 6 轴机器人实现 LDI 自动化的公司。

最初公司的自动化目标是改进操作。由于芯材越来越薄，需要有效搬运方法，以避免产生缺陷。我们还希望将人工重新分配到其他需要关注的工艺领域。这是一项巨大的投资，但我们知道需要优先考虑长期利益而不是短期投资回报率。我们只是需要更好的工艺。

安装的结果虽然并不意外，但却是极罕见的。我们能够将产量提高 80%~100%，同时将搬运处报废品和曝光缺陷减少 70%。当然 LDI 显著地改进了曝光工艺，但自动化的增加是实现目标的关键因素。

***Beaulieu：**那是你联系 Jeff 公司的时候吗？*

Thiel：合作是怎么开始的挺有趣。最初我直接联系了 Technosystem，因为当时 TFE 在中西部的代表 Jeff 和 Rich（Richard）Hegg 都没有代理 Technosystem 的产品。当我没有得到公司的回应时，我联系了 Orbotech，因为他们在 IPC 展会上将其 LDI 与自动化系统配接。幸运的是，他们帮我联系上了 Technosystem 的 Eduardo，开始了合作过程。

***Beaulieu：**Jeff，我很惊讶你当时没有代理 Technosystem 产品。给我们讲讲那个故事吧。你是在接到 Mike 的电话后才开始代理 Technosystem 产品吗？*

Brandman：真是很有趣的故事。在 Eduardo Benmayor 第二次为 Aismalibar 访问北美期间，我才开始了解 Technosystem 自动化。Eduardo 和我进行了一次公路旅行，我们开着我的本田 Element(Eduardo 称之为“拖拉机”)，用了 10 天时间去了蒙特利尔、多伦多、底特律和芝加哥。在欧洲，这是非常长的车程，但在北美，却是非常近的。在这次旅途中，

Jeff Brandman

Eduardo 与 Multicircuits 为了其 LDI 的第一个自动化机会来回奔波。

Eduardo 问我们是否可以去拜访 Multicircuits，但我们的日程安排得很紧，而 Multicircuits 在芝加哥以北，单程需要 3 个小时的车程。在这次旅行中，Eduardo 向我解释说，他相信北美和欧洲 PCB 行业可持续发展的未来在于自动化。一旦安装了 Multicircuits 生产线自动化设备，复杂的自动化可以超越我们几十年来见过的任何简单装板机，我变得像 Eduardo 一样充满热情。直到今天，Eduardo 还问我“拖拉机”还在吗，以及下次长途旅行的时间。

Beaulieu：*Mike，你是什么时候决定要实现 Multicircuits 自动化?*

Thiel：我见过几个行业采用自动化技术，总是认为我们能够实现类似的目标，但直到 2008 年 IPC 展会，我才看到行业内其他公司开始采用自动化技术。一开始，由于成本和我们只是一家小型 PCB 公司的事实，我怀疑是否能够实现自动化系统，但我知道必须从某个地方开始。我们的计划是从能让资金得到最大回报的工艺开始，这就是主要成像工艺。

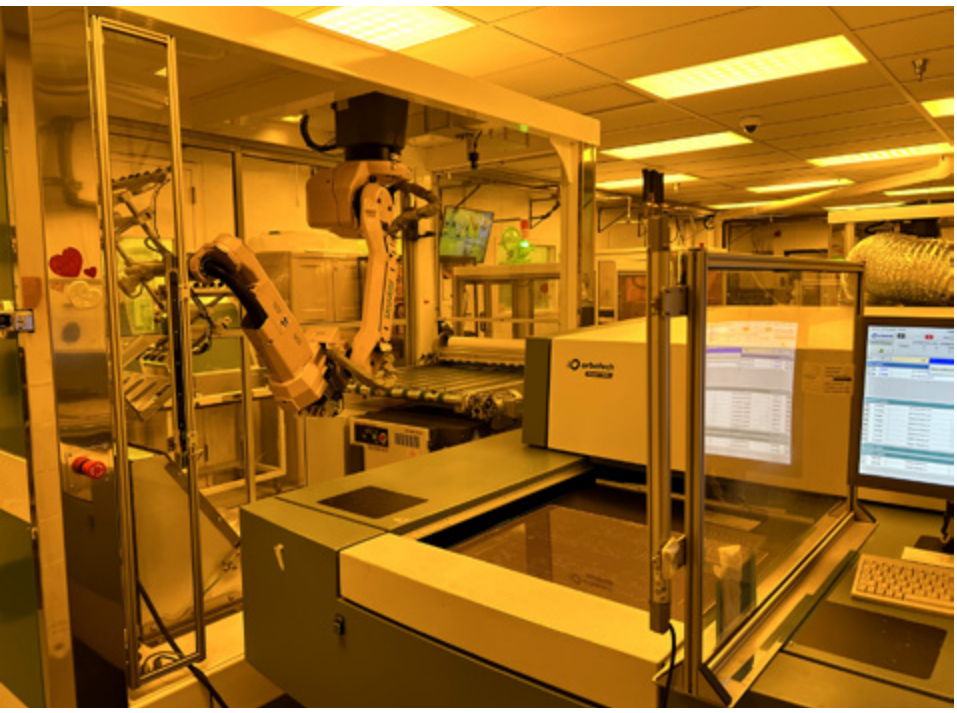
Beaulieu：*你们如何帮助客户确定“最物有所值”的工艺?你们为客户做工艺评估吗？*

Brandman：当我们与客户讨论自动化时，我们要求关注两个领域：第一，哪个领域因搬运而产生的废品最多；第二，哪个领域是最大的人力瓶颈。提出这些问题有助于我们确定工作的重点应放在哪里。自动化是一个很大的概念，许多人在计划如何改造现有工厂以实现自动化时会不知所措。我们相信，当我们专注于这两点时，工作重点就会变得清晰。

Beaulieu：*Mike，特别是在 10 年前，决定实现工厂自动化，是思维的勇敢跨跃。是什么促使你迈出这一步?*

Thiel：我们想要完整的系统。我们不只是想要更换旧设备来提高能力，同时仍以一贯的已有方式运行这些设备。我想改进整个工艺，包括作业的搬运和设置。有趣的是，我们无法通过最初的 LDI 自动化实现所有目标。努力使设备制造商调整和创建自动化协议来实现公司的完整愿景是不可能的。

Beaulieu：*“自动化”一词似乎不言自明，但*



使用 Orbotech Paragon 9800
进行内层及外层成像

其中包含的内容比大多数人意识到的要多得多。你能解释一下自动化吗?它的确切含义是什么？

Thiel：这是一个很好的问题。当我想到自动化时，我想到的不仅仅是搬运设备。标准搬运设备已经存在很长一段时间了，它非常有效地实现了其目的，即消除了传送带生产线的手动上料和抓板。然而标准装板机 / 卸板机解决方案存在局限性，例如灵活性有限（即面板尺寸和厚度）。我所寻找的是完整的解决方案，它不仅可以作为有效的装板机 / 卸板机，还可以通过仅使用面板边缘运输面板来决定工艺流程、消除设置并改进搬运。

Beaulieu：*Jeff，你如何定义自动化？*

Brandman：我将自动化定义为在没有人类直接干预的情况下使用技术来执行任务，包括搬运、软件、通信等。正如 Mike 所说，自动化是复杂的概念，远远超出了基本的装板机和卸板机。

Beaulieu：*Mike，自动化是一次性部署所有领域的项目，还是一次只针对一个领域？*

Thiel：这是一次只进行单项工艺的项目。我们没有足够的车间空间、资金或工程设计资源来同时处理多个项目。

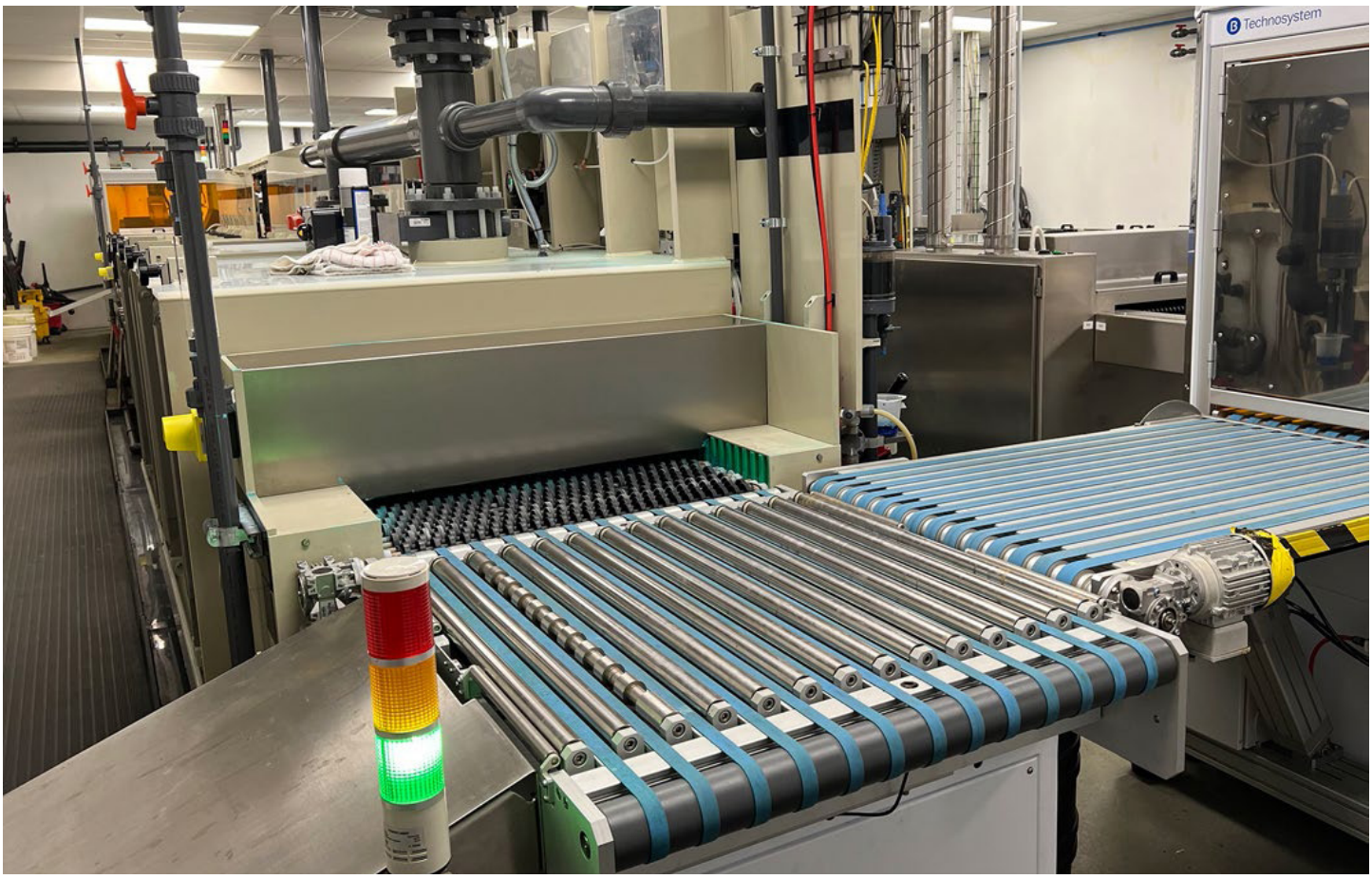
Beaulieu：*如何实现如此多工艺的自动化？*

Thiel：是靠 Multicircuits、设备制造商和自动化专家 Technosystem 之间的密切合作而实现的。自动化不是一种万能的方法。每个公司都有需要管控的不同的状况。每个公司都需要与自动化供应商合作，以帮助确定其优先级和需求，以及对其生产环境最有效的方案。

Beaulieu：*实现公司目前已完成的自动化用了多长时间?*

Thiel：实现自动化不是一蹴而就的事。过去 10 年，我们一直处于实现自动化的历程中。我们还没有实现完全自动化，正在继续考虑实现所有工艺的自动化潜力。

Beaulieu：*为什么选择 Technosystem 开始*



Technosystems 自动化智能蚀刻设备

实现自动化？

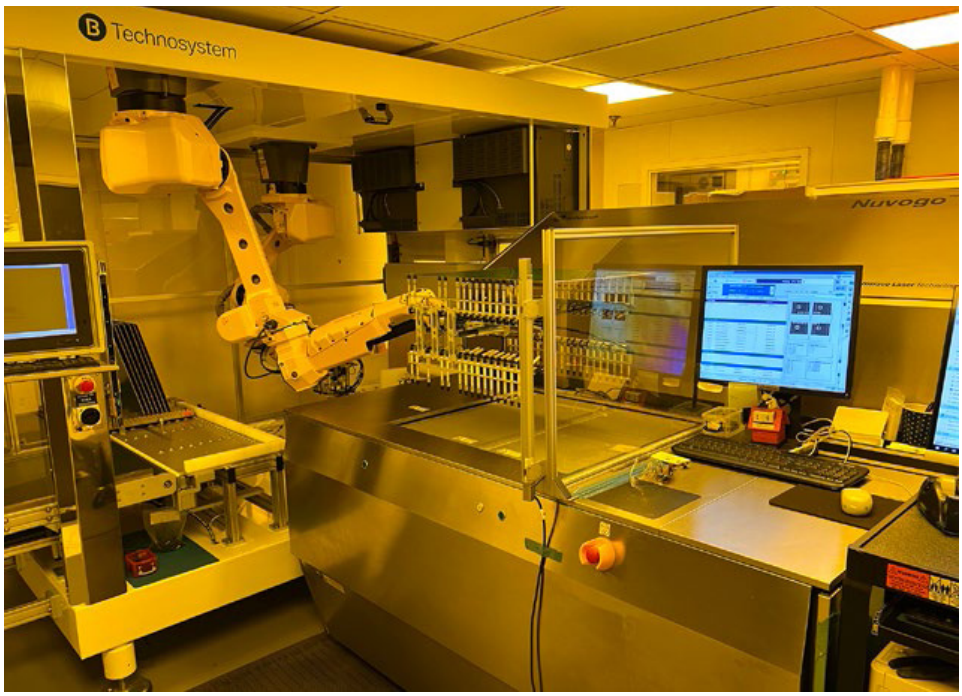
Thiel：正如你之前听到的 Jeff 故事，我们最初开始关注 Technosystem，是因为他们多年来一直在为几个行业提供自动化服务。他们曾经并将继续拥有技术专业知识和经验，以帮助指导公司的自动化项目。当我们在 2012 年刚开始启动自动化项目时，Technosystem 在美国还没有任何机器人系统，我们是他们的第一家合作伙伴。因此在最初的几年里，我们直接与该公司打交道。然而随着 Jeff 越来越多地参与到 Technosystem 的自动化业务，他把 Eduardo 带到了我们的工厂。这次参观对我们双方都有好处，因为 Technosystem 有机会更好地了解我们的工厂和我们面临的挑战。从那以后，我们一直与 Jeff（TFE）、Rich 和 Technosystem 合作。

***Beaulieu：**你们是如何开始这个过程的?最初关注的是哪些操作？*

Thiel：我们把重点放在产生废品最多的领域，即内层和外层成像操作。

***Beaulieu：**可以介绍安装前后的操作情况吗?*

Thiel：在自动化之前的工艺是两个在线的 Bacher 系统，中间有一个翻板装置。这些是



使用 Nuvogo 600 LDI Orbotech 系统进行阻焊成像

单面曝光设备，具有将底图对准面板的视觉系统。该系统主要由装板机 / 卸板机实现自动化。这是一个非常好的系统，但它有局限性。因为我们仍然在设备上使用聚酯薄膜图像，所以玻璃、底片和面板之间存在接触问题。为了防止面板在穿过设备时损坏底片，我们在薄膜上涂了一层 0.25 mil[6.35μm] 的保护膜，通常会导致翘曲面板变形或由于内层重铜或低压区域而导致图像转移的面板出现接触不良问题。此外，装板机、卸板机和印刷设备无法一致处理非常薄或非常厚的面板。由于灵活性有限，我们遇到了面板堵塞或损坏等问题。

当我们研究自动化时，我们希望尽可能解决现有设备的局限性。通过将自动化技术与 LDI 结合使用，能够消除或最大限度地减少薄芯材和厚芯材的搬运问题，并消除接触缺陷。我们还能够通过自动化显著提高生产力，因为可以消除底片设置时间，并在机器人中加载多个作业，并允许设备在无人值守的情况下运行更长的时间。

***Beaulieu：**我听说你们实现 SES 生产线自动化的故事很有趣。能给读者讲讲吗？*

Thiel：Dan，我认为这个故事之所以如此有趣，是因为我们采用了不同于通常结构的方式构建传统 DES/SES 工艺。由于车间空间有限，氨的蚀刻速度更快，我们一直在同一条生产线上完成内层和外层的蚀刻。我们希望通过构建全自动 DES/SES 生产线来继续这种模式。由于自动化目标是消除操作员的设置工作，因此必须灵活配置生产线，以便在与外层相同的生产线上以不同的路径运行内层。我们通过创建能够处理 4 种不同工艺路径的循环设备模式来实现这一目标。要蚀刻产品，操作员只需在计算机上选择作业并打印条形码。使用生产前的作业信息以及从之前工艺收集的数据（如使用的干膜类型），计算机即可选择适当的配方来操作蚀刻设备、锡剥离设备、干膜剥离设备和 3 个单独的机器人以及多个分流器，以适当地输送产品。操作员只需将条形码施加于作业，加载面板，然后按下开始键即可。

***Beaulieu：**真的很有趣。车间现在实现全自动化了吗？*

Thiel：虽然不是完全自动化，但多年来我们已经实现了其他几个关键工艺的自动化。这些领域包括钻孔、浮石磨刷、阻焊膜成像、蚀刻 / 剥离 / 锡剥离、内层化学清洁和层压、外层层压、镀电铜、铜通孔填充、图例喷墨打印、电气测试和刻 PCB 分板线。

***Beaulieu：**实现这些关键工艺的自动化用了多长时间?*

Thiel：过去 10 年，自动化项目一直在规划和执行。

***Beaulieu：**结果如何?实现了更少的员工?更快、更高效的操作 / 工艺?*

Thiel：结果非常显著。过去 10 年，我们的收入翻了一番，而员工人数却减少了约 15%，主要原因是人员的自然流失。自 2012 年以来，我们一直保持着高良率，同时增加了产品的复杂性，平均 OTD 达到了 99.4%。

***Beaulieu：**我认为这是非常成功的计划，不是吗?*

Thiel：当然是。我相信如果没有自动化，将无法实现这一切目标。这样做的好处有很多，包括提高产品和工艺的一致性，更容易排除故障，更少的返工，降低了材料成本，此外还可以提高人工和其他效率。

***Beaulieu：**你们还有什么想补充的内容吗？*

Thiel：我坚信有目的的自动化。虽然完全实现每个工艺自动化很好，但像我们这样的大多数公司根本没有可用的资源实现这一目标。我们需要专注能够从自动化中获得最大利益的领域，和 / 或可能不需要那么多的技术专长或资金资源的领域来实现自动化。此外我们不能忽视其他不一定涉及设备的自动化领域，例如业务流程自动化，我们会将这些领域留待以后考虑。

***Beaulieu：**Jeff，还有什么想要补充的内容吗？*

Brandman：我相信 PCB 行业自动化是未来的发展方向。如果北美和欧洲想要能够与亚洲竞争，需要利用智能工厂的概念，在各个层面实现自动化。重点并不一定是减少人力；其理念是通过技术实现显著增长，最终创造更多就业机会。

***Beaulieu：**贵公司的成功非常有吸引力，我相信，不仅是对我来说，对其它公司来说也是如此。感谢你接受采访，向我们展示了自动化作为 PCB 行业未来发展方向的具体实施方法。*

Thiel：这是我的荣幸，Dan。谢谢你。

Brandman：是的，谢谢你分享精彩的故事，Dan。PCB007CN

Dan Beaulieu 任 D.B. Management Group 集团总裁，兼 I-Connect007 专栏作家。如需阅读往期专栏，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

太空探索

by **Pete Starkey**
I-CONNECT007

在 IPC APEX EXPO 2023 展会的第一天，圣地亚哥会展中心的 6A 大厅座无虚席，热情的观众渴望听到 Emily Calandrelli 题为“太空探索的可持续性、经济性和倡导”的开幕主旨演讲。

IPC 总裁兼 CEO John W.Mitchell 在介绍 Calandrelli 的主旨演讲时提出：“为什么太空探索和基于太空的技术值得付出努力和投资?”他说：“很简单，太空探索推动了各种技术的发展，这些技术可以回馈经济，改善我们在地球上的生活。”

几乎每位听众都认出了 Calandrelli，这位毕业于麻省理工学院工程专业、获艾美奖提名的科学电视主持人、作家和科学传播者，在社交媒体上被称为“太空女孩”。

Calandrelli 称，在其所做的所有工作中，她的目标都是一样的：让科学和太空受更多人的喜爱。在主旨演讲中，她探讨了太空行业的过去、现在和未来，为什么人类目前正处于太空复兴之中，以及为什么现在比以往任何时候都更令人兴奋。

为什么是现在?发生了什么变化?成本是主要因素，可重复使用的火箭大大降低了发射成本。现在可以有效地购买卫星现货，而且它们越来越小、越来越轻，发射成本更低。私人融资的注入也降低了进入该行业的门槛，因此全球各地越来越多的公司能够在太空中做新的、不同的事情。太空旅游——“太空亿万富翁”——就是这样一种时尚潮流。

在提到可重复使用的火箭后，Calandrelli 对一次性的火箭表示担忧，原因是其在不受控制的重返大气层中下落不明。空间碎片正成为严重的问题，未来将需要“轨道清洁设备”。

Calandrelli 质疑优先事项，例如是将资源用于小行星偏转还是返回月球。她对 Artemis 1 号任务感到兴奋，这是有史以来最强大的火箭发射，尽管该项目受到了多次延误的困扰。Artemis 计划中的第一次重大太空飞行没有机组人员，但未来还会有任务，Calandrelli 期待看到第一位登上月球的女性。

Calandrelli 随后谈到了俄乌冲突对航天领域的影响，该领域的工作通常依赖国际合作伙伴共享其能力和资源。两个国家的纷争有可能在整个行业引发多米诺骨牌效应。俄罗斯已

经停止发射，并因此导致联合项目的重大中断。例如，欧洲航天局的一个项目现在可能会推迟 6 年。俄罗斯可能对一颗商业卫星造成损害，这也引发了严重的责任问题。

回顾过去，Calandrelli 认为詹姆斯·韦伯太空望远镜（James Webb Space Telescope，简称 JWST 令人兴奋。JWST 是太空中最大的光学望远镜，耗资 100 亿美元，它具有的分辨率和灵敏度能够比哈勃太空望远镜探测到更古老、更远的物体。为了解释 JWST 是如何让我们看到宇宙大爆炸的，Calandrelli 使用了一个基于太阳距离地球 8 光年的类比。考虑到宇宙中成千上万的星系，这就提出了一个问题："我们是孤独的吗?"

在讨论 Artemis 计划时，Calandrelli 重点讨论了女性在太空领域的问题。尽管女性占美国劳动力的 57%，但在 STEM 工作中只占 29%，在高级职位中所占比例更小。在 600 多名太空领域的从业人中，女性仅占 12%，这一问题因男性工程师，尤其是火箭科学家未能理解女性的基本需求而变得更糟。此外，43% 的女性在生完第一个孩子后离开了全职 STEM 工作，业内的"普通人"被视为"普通男性"。

如何让更多女性进入 STEM ?提供切合实际的育儿假成本是多少?不提供的成本是多少?失去这些具备熟练技能女性的真正代价是什么?多年来，为了吸引女性进入 STEM 领域，已经花费了数十亿美元，但收效甚微。

Calandrelli 分享了一位航空航天公司女性的例子，她受到 Calandreli 的一条推特帖子的启发，趁机问其公司首席执行官，为什么他们公司的育儿假政策只有 3 周这么短。他回答说，他不知道 3 周的政策没有竞争力，不久后，公司大幅增加了政策规定的休假时间。整个行业的公司都纷纷效仿，这一切都是因为一位女性大胆置疑。

一个人的声音有影响力吗? Calandrelli 有很多粉丝，所以她自己有很大的影响力，正如她描述的那样，她有 200 万名粉丝。她说，一个人的声音未必强大，但呼吁变革的声音是不容被忽视的。PCB007CN

湿制程的化学控制

by Christopher Bonsell
CHEMCUT

正如我在前几篇专栏文章中提到的，蚀刻可能是湿制程阶段最复杂的工艺，因为有很多因素会影响蚀刻速率。如果不保持这些因素的稳定，蚀刻率就会变化，因而影响产品质量。如果希望利用一种自动化方法来维护蚀刻化学，以下是你需要理解的基本概念。

控制结构

大多数（如果不是全部的话）工艺控制系统都依赖简单的反馈环。通过这个循环，我们得到了清晰的工艺控制方法。在图 1 中你可以看到我们最初经历了监控阶段。在这个阶段，要查看是否所有期望的参数都符合规范。如果符合，那么该工艺可以正常继续。如果某些条件不符合规范，则将启动流程进行必要的更改。一旦确定了这个变化，就进入“调整”过程。调整后再次对参数进行监测，以确保其符合要求。这一过程将不断重复，直到获得预期的结果。这只是反馈环的基本版本，意味着在特定的工艺中，它会变得更加复杂。工艺可能会有所不同，但从概念上讲，工艺应该保持相似。

实施控制

既然我们有了工艺控制的基本结构，如何将其应用于蚀刻工艺?在蚀刻化学控制中，会涉及多个反馈环。这是因为蚀刻剂的每个参数都有独有的控制方法。每种可用的蚀刻剂都有一组参数。在开始使用工艺控制方法之前，需

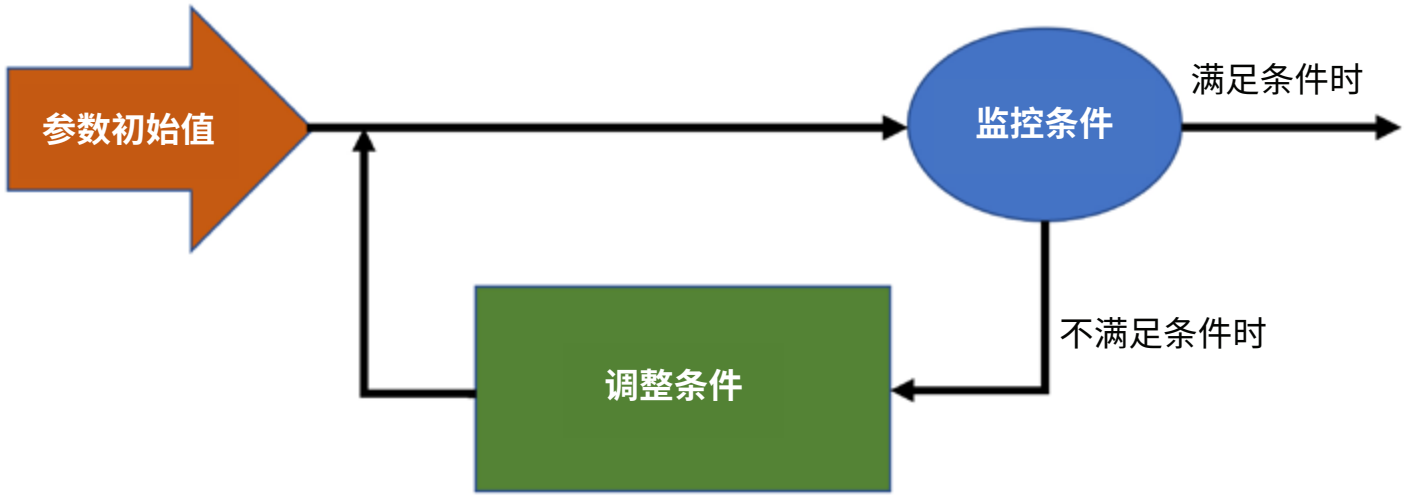
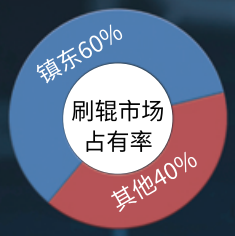


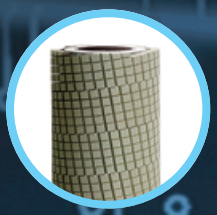
图 1：简单的工艺控制反馈环

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

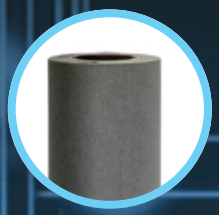
镇东，让塞孔、研磨更轻松！

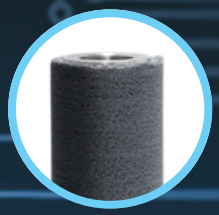
2022年刷辊类共销售83249支，油墨共销售2734KG




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

新品上市

全自动联线式高效
真空丝印机

销售实绩：171台
CCD真空丝印机

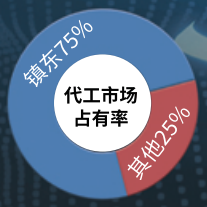
销售实绩：153台
双面对磨砂带机

销售实绩：614台
智能化刷板机

以上数据截止到2023年1月

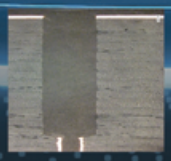
解决各类真空塞孔&研磨问题

2022年共计加工1592321片

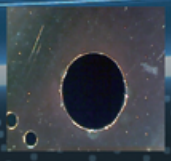


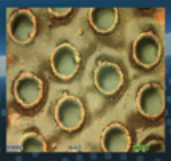
盲孔

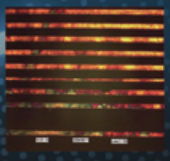
高纵深比通孔


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

要首先评估影响蚀刻质量的所有参数。表 1 中显示了在蚀刻剂中最常见的参数，以及其监测和控制方法。需要注意的是，温度和喷涂压力是影响蚀刻质量的主要因素，但这些参数在所有蚀刻设备中都是自动控制的；因此本文不会涉及。

从表中可以注意到大多数蚀刻参数都有一个特定的测量工具，使监测阶段变得简单。由于监测的每个因素都描述了蚀刻剂中的一种化学物质，大多数情况下只需要通过添加缺乏的化学物质进行调整。这使得它变得简单，因为有了合适的监测系统，可以将其连接到一个泵上，当它超出范围时就会触发。这将提供简单的系统来恢复蚀刻剂的化学成分。但也有一些例外，因为在某些情况下，监测和调整之间的联系不是那么直接。对于氯化物和游离 HCl 含量等因素，很难简单地监测它们；因此这些因素的调整必须以不同的方式进行。如果在进行滴定后发现其中一个因素超出范围，则可能必须手动将氯化物或 HCl 添加到设备中。

除此之外，如果工艺技术人员不定期进行滴定，那么可能会在不知情的情况下超出规格范围。为了避免这种情况，还有另一种选择，可以在运行特定数量的面板后简单地添加一定量的试剂，而不是在滴定后手动排队添加化学试剂。这需要对工艺进行一些微调，因此需要进行一些测试和试错。一旦确定了，该工艺中的各种因素就会变得更容易控制。尽管进行了微调，但仍需要继续监控含量，以考虑蚀刻过程中可能发生的任何变化。

再生或不再生

下一个主要因素是 ORP。如前所述，ORP 是对准备蚀刻的蚀刻剂和用过的蚀刻剂的测量。由于用过的蚀刻剂稀释了蚀刻液，蚀刻效率会降低。因此保持稳定的 ORP 因子对于一致的蚀刻工艺很重要。要做到这一点，必须考虑是否能够再生蚀刻剂。PCB 蚀刻工艺主要由氯化铜或碱性氯化铜组成；可以选择重新生成蚀刻剂，因此可以更轻松地保持 ORP 的一致

蚀刻剂化学参数	监测方法	调整方法	相关蚀刻剂
比重	比重计	加水减少	氯化铜、碱性、氯化铁
氧化还原电位（ORP）	ORP 探针	进行再生反应或“进料和放气”以增加	氯化铜、氯化铁
游离盐酸含量	滴定	添加浓盐酸以增加	氯化铜、氯化铁
氯化物含量	滴定	添加溶解的氯化氨以增加	碱性
pH 值	pH 探针	增加通风以减少；添加氨以增加	碱性

表 1：常用蚀刻剂化学参数及其监测调整方法。相关蚀刻剂只显示氯化铜、碱性氯化铜（碱性）和氯化铁。未提及的其他蚀刻剂可能具有类似或相同的影响参数。

性。如果正在使用一种不常见的 PCB 蚀刻剂，如氯化铁，则将无法有效地再生蚀刻剂。这是因为蚀刻化学中有一条不成文的规则。即使用与试图蚀刻的金属更“相似”的蚀刻剂是理想的情况。这意味着，如果可能的话，蚀刻的金属在蚀刻剂中应该有相同的金属。这是因为溶解在蚀刻剂中的不同组分的数量越大，就越难有效地监测蚀刻剂并进行再生。

例如，如果用氯化铜蚀刻，铜可以直接用来制造更多的氯化铜。然而如果你改为用氯化铁蚀刻，蚀刻剂中的铁含量会变得不那么集中，因为在溶液中添加铜，会阻碍再生并产生更复杂的问题。如果使用的蚀刻剂不是铜基的，可能不得不接受所谓的“进料和出料”过程来控制 ORP。这只是一种简单的方法，在蚀刻了大量面板后，随着新蚀刻剂的注入，一些用过的蚀刻剂将被泵出设备。经过微调后，此流程可以能够维持稳定的状态，以保持工艺的一致性。

结论

通过对蚀刻剂化学控制的简要介绍，应该对如何在蚀刻工艺中实施控制有了基本的了解。使用常规监测方法、基于面板数量的控制以及“进料和出料”等工具，应该能够制定出几乎适用于任何蚀刻工艺的化学控制方法。PCB007CN

Christopher Bonsell 是 Chemcut 公司的化学工艺工程师。如需联系 Bonsell，可点击此处。

IPC设计大赛获奖者专访

在今年 IPC APEX EXPO 展会期间的 IPC 设计大赛中，印度 Tesolve Semiconductor 公司的设计工程师 Sathishkumar Vijayakumar 在刚挠结合设计对决赛中击败了其他 4 名入围者，获得了冠军荣誉。

与去年不同的是，没有人完全完成设计，因此评委会根据竞赛选手完成的工作及他们做出的设计决策等标准，以及选手是否遵守电气和 DFM 规则，对其进行评分。第一轮比赛于 2022 年秋季开始，最初有 49 名参赛者，因此可以肯定地说，这 5 名决赛选手代表了这一领域的顶尖人才。

我邀请 Sathish 介绍了个人情况和比赛详情，以及作为 PCB 设计师，赢得这场比赛对他的意义。

Q：Sathish，祝贺您赢得 2023 年 IPC 设计大赛！可以介绍您的个人简历，以及您是如何进入 PCB 设计领域的吗？

更多详细的内容，请点击这里。

Summit 对市场的观点

by **Nolan Johnson**
I-CONNECT007

Summit Interconnect 公司战略市场副总裁 John Vaughan 接受了 Nolan Johnson 的采访，探讨了投资、人员配备、网络安全以及他对未来的预测。由于 Summit 的军事业务，公司发展良好，他为美国的小型工厂提出了合理的建议，介绍了 Summit 在 PCB 制造领域与众不同的实际生产能力。

Nolan Johnson：*John，我想和你讨论几个主题：贵公司如何处理投资和设备?网络安全适用于哪些业务?如何处理人员配置和培训?你如何看待市场，以及贵公司的地区关注点是什么?*

John Vaughan：虽然我们支持的军事项目被广泛认可，这是我们的核心市场，但通过收购，我们的业务更加多样化。公司业务主要涉及测试和测量、工业控制、电动汽车和医疗等领域。我们在所有这些市场都发现了增长前景，但也注意到，到 2023 年商业领域的挑战会更大。

我们继续对 8 个 Summit 工厂进行大量投资，以支持公司发展和其他长期国防项目的启动。

NDAA 比去年的国防预算增加了约 10%，我们预计会有 6% 的增长。这对 Summit 和这一市场的其他公司来说都是好事。所有投入都存在通胀压力，包括工资上涨、资本成本、原材料、公用事业和运输。总体而言，北美 PCB 行业处于有利地位。

schmoll asia pacific

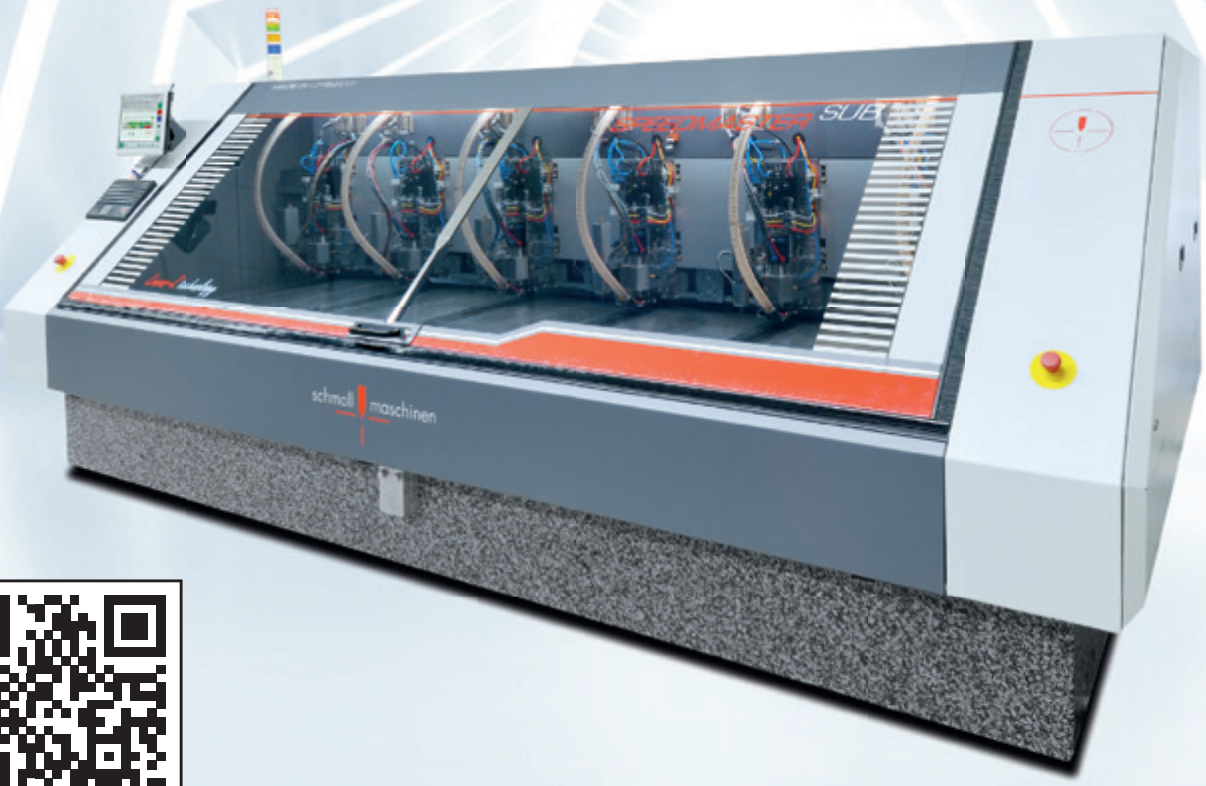
金富宝亚太有限公司

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

Made by Schmoll
德国原厂生产
in Germany



schmoll-asia.com

位于加利福尼亚州 Orange 的 Summit Interconnect 工厂

我们密切关注 IPC 的订单出货比。EMS 数据已经在 1.50 以上徘徊了一年。现在的是 1.44，这意味着你每出货 1 美元，就能拿到 1.44 美元的订单；预定量大的业务直面元件供应链的挑战，目前已经能够预订业务，因此需求肯定是存在的。当我们的 EMS 客户没有部件时，他们很难获得收入，因此肯定会影响订单出货比。

我们还观察到 EMS 服务商的订单阶段。对话是这样的："John，如果我在 38 周内都采购不到芯片，为什么还要采购 4 到 6 周后交付的电路板?"因此他们会对这些订单进行时间分段。我们可以看到这种趋势，尤其是 EMS 客户。在 PCB 方面，整个行业目前的订单出货比接近持平。订单出货比为 0.94，因此整个行业在产品积压方面面临着挑战。我认为，随着 EMS 服务商元器件流动趋于稳定，电路板的预订也会随之增加，因此我认为随着元件可获取性的增加，PCB 的订单将会增加。

过去 40 年，我在 EMS 和 PCB 方面有同样多的经历，而我对 EMS 供应链管理的首要规则始终是：当与 OEM 合作有新业务时，首先要采购制造的部件；接着立即购买金属部件和 PCB。这期间会有各种各样的技术问题。很大程度上是一个手工操作的过程，即容易出错。考虑到复杂性，因此存在重建产品的机会。质量要求非常严格，且技术具有挑战性。要在前端解决这一问题，而不是尝试精确地将 PCB 交付时间安排到计划的最后一个元器件接收日期。

EMS 公司的订单分阶段也制造了不必要的人为交付压力。如果某个部件的报价为 30 周，一些 EMS 公司会根据其元器件的可获取性逐步调整 PCB 订单。如果错过了计划日期，

就会产生连锁反应，因为 SMT 生产线无法加工产品，EMS 也无法确认收入。一开始是为了控制应付账款和现金流，但如果他们没有获得收入，最终可能会产生相反的效果。

Summit 如何为 CMMC 做好准备

Johnson：谈谈贵公司为 CMMC（政府的网络安全认证）所做的准备吧。

Vaughan：Summit 成立于 2016 年，现在我们是北美最大的私有 PCB 制造商；我们有一个重要的国防项目组合。实施 CMMC 既耗时又耗费资源，因此有自上而下的承诺很重要，公司首席执行官 Shane Whiteside 当然也做到了这一点。需要专业知识的同时，需要在这条路上投入资金。成为 CMMC 合规性的早期采用者和市场领导者是 Summit 章程的一部分。整个国防部仍在制定规则和最终采纳过程，但当他们按下最终版本的“开始”按钮时，我们会做好审核准备。

> “现在是时候让尽可能高的安全意识取代美国许多企业长期以来一直采用的最低价格意识了。”

Johnson：对于贵公司的产品组合和客户基础，CMMC 一定是关键。

Vaughan：这是正确的做法。现在是时候让尽可能高的安全意识取代美国许多企业长期以来一直采用的最低价格意识了。

例如《CHIPS 法案》和 PCBAA 的资金拨款为 520 亿美元，宣传“芯片不会飘浮”。这是集成技术堆栈，需要基板、PCB 和芯片，缺少任何一个，都无法运行。为了实现真正的目标，即电子行业的重新稳定和增长，需要拓宽这些市场。我们所服务的市场需要包括火车站台、飞机、电网、供水系统、宽带、医疗和服务器等。这些产品影响着国家的日常安全，在我看来，必须在美国制造。

过去 20 年，PCB 业务很大程度上依赖国防部门，据估计，产值约为 13 亿美元。如果你看看排名前五的 PCB 制造商，把他们有关国防相关的销售加起来，至少国防部支出 80% 的的供应基地集中在这 5 家 PCB 公司。这意味着只有 3 亿美元左右的资金被分配给了大部分低于 5000 万美元的公司；在大多数情况下，低于 2000 万美元的公司，大多数都有支持国防工业的一两个项目。他们可能盈利，也可能不盈利，但他们肯定面临着在技术方面保持资本支出的挑战。现在再让他们承担 CMMC 合规性的责任，就很难看出这对他们来说是多么成功的业务主张。应该拓宽被视为值得信赖的市场，例如通信和电气基础设施、医疗设备、运输等，无疑将为更多的 PCB 工厂提供增长、投资和繁荣的机会。

Johnson：我知道你对高阶封装非常了解。今天制造的 PCB，特别是在你们的领域，比

过去复杂得多。在美国是否具备以应有的方式构建这个行业的专业知识？

Vaughan：现在肯定不行。我认为，如果没有某种类型的政府 / 行业合作和承诺，这是不可行的。我认为，要把思想领袖和优秀的员工聚集在一起来解决问题，而这一切需要资金和合作。

数据安全

***Johnson：**你刚刚指出，现在是具备最高安全意识的时候了，而且整个制造链的数据流正朝着更加数字化的方向发展。这两种趋势吻合了？*

Vaughan：是的。这是操作技术，对于机器的输入，这些数据是他们发挥魔法所必需的。要么是数字化的、安全的，要么不是；没有中间地带。否则它就是整个链条中最薄弱的一环。

***Johnson：**对于资本设备制造商在 CMMC 方面的有效性和作用，你有何看法？*

Vaughan：宣布这一消息已经 3 年了，CMMC 仍没有正式实施。其源头是“我们必须保护受控的非机密信息（Controlled Unclassified Information，简称 CUI）；这些是在这个框架中如何操作的规则。”我认为，他们学习得越多，就越需要调整和扩大参与者，以实现这一目标。这不仅仅是保护 Gerber 数据和与生产 PCB 相关的图纸，比这些更深远。如何实现这个目标?不要让“完美”成为“足够好”的阻碍；必须从某个地方开始。据报道，有多个案例表明，数据已被转移出。如果从数据保护开始，那么必须在构建模块中解决这个问题；不可能在第一天就解决所有问题。

也就是说，似乎有很多惰性，但 Summit 致力完成这项任务。我们已经为 CMMC 二级认证做好了准备；所需要的是由国防部指定的审核机构。我们所能做的就是管理基础设施。如果供应链上有足够多的公司采取这种心态，那么我们可以更快地实现目标。

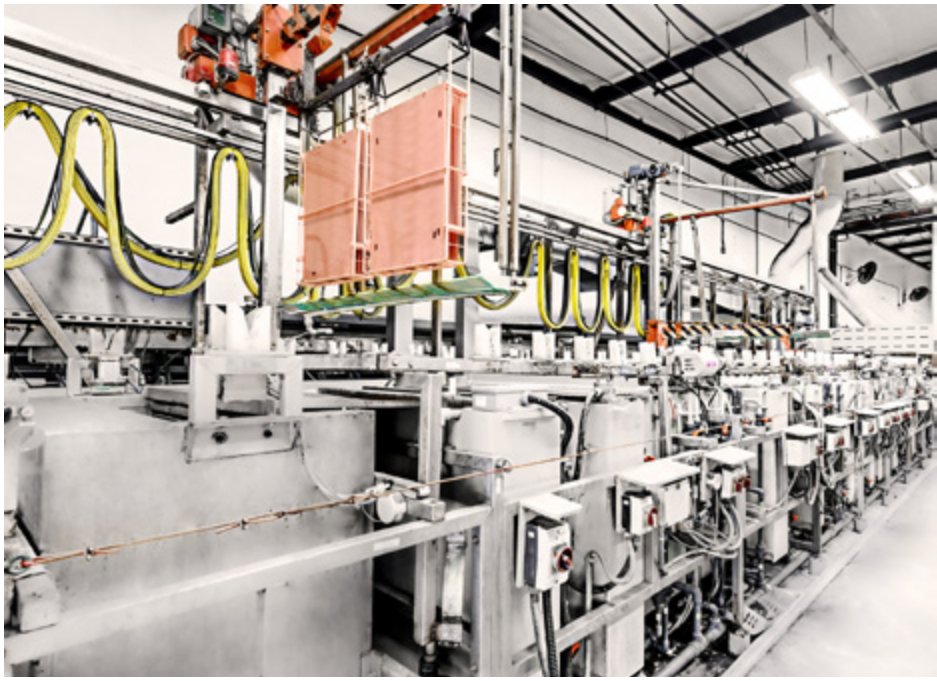
现在的另一个挑战是资本支出。我做了 40 多年的电路板发生了巨大的变化，过去 5 年的变化更为显著，特别是在层数和连续层压周期方面，需要完成通孔结构和混合材料构建。在客户眼中，它可能是一

具有高阶 HDI 功能的大型外层直接成像系统

块 24 层的板，但我们看到的是制造它可能需要 3 到 4 次连续层压。在最终层压前，PCB 在工厂移动时，就是多块不同的板，因此需要更多的压合周期能力，钻头尺寸更小，由价值数百万美元的激光钻孔设备执行，钻孔数巨大，而且还需要激光驱动的精细走线分辨率。PCB 工厂已不再是传统的工厂，保持领先优势的成本相当高。

对于军事市场来说，交付成果意义重大。谈到面板周边复杂的附连板，结合了射频测量特征、受控阻抗、钻孔对准、图像对准和镀层厚度。这还只是附连板，还有与之相伴的剖面切片，以及支持采购订单所需的所有工程资源。人力方面非常重要，因此我们花费大量时间建设世界一流的实验室，以支持剖面切片和可交付的活动。我不确定 OEM 客户是否真正意识到 PCB 制造商所付出的努力，并且所有这些活动都会产生成本。这一切都存在挑战，必须把它看作是在这个领域下的赌注。

对于拥有若干个军事项目的小型制造商来说，无论其结构如何，随着交付增加，实现利润的定价变得更具挑战性。



化学镀铜电镀生产线

PCB 的摩尔定律：人员和自动化

Johnson：这方面的支持基础设施是巨大的，因为它考虑的是将要制造的设计；我们是否到了需要改变方式来简化它的时候了？

Vaughan：有人会认为我们已经到了物理学的极限，不能做更多了。在整个职业生涯中我都听说过这样的观点，但创新者和 PCB 行业一直在不断努力，开发创新的解决方案。

Johnson：这就是 PCB 行业的摩尔定律？

Vaughan：是的。每次令人兴奋的新芯片技术问世时，我都会有点惊讶，因为我知道这意味着更多的引脚、更多的层、更多的通孔、更多的互连、更小的线宽线距，以实现在芯片中嵌入更多的功能。

Johnson：在北美和欧洲，找到合格的员工是一件困难的事吗?我听说过这样的故事：我们行业的人力资源部门在超市闲逛，询问零售业员工是否愿意每小时多赚 5 美元。

Vaughan：我们也听说过类似的故事。我们正在摆脱思维定式，因为固有的思维方式使我们的进展不够快，无法解决问题。我们在

这方面已经投入很长一段时间精力——无论是 Summit 的个体还是集体——我们在行业中都有悠久的影响力和良好的声誉，因此填补经理级别的职位对我们来说并不像某些职位那样具有挑战性。填补操作员职位——这是任何制造组织的重中之重——一直是挑战，因为那里存在真正的工资通胀，而且人员的流动性很强。

教育机构

***Johnson：**John，你现在对高等教育有什么看法？其专业课程从来都不完美，但它们足够吗？*

Vaughan：有一些专业是专门针对 PCB 行业的；我想起了密歇根的那个专业。当我是一家经营 PCB 生产和 EMS 服务的企业所有者时，我是与行业相关的学校和社区大学的大力倡导者。PCB 行业不适合胆小的人；员工必须有积极的个性和积极进取的态度。如果有智慧，积极主动，愿意学习、倾听和努力工作，就会大有作为。受过工业艺术培训或对计算机感兴趣的高中毕业生，或社区学院或两年制学校的毕业生，都是我们行业的理想人选。学历越高，对令人兴奋的 PCB 制造业的兴趣似乎就越淡。

关于电子制造行业有很多的报道，客户、国家、国家安全和经济每天都受到行业的影响，我们所做工作的关键性得到了更广泛的认可。看到 USPAE、PCBAA、IPC 和其他机构的

化学镀铜显影系统

努力令人鼓舞，他们正在让立法者了解电子制造行业对国防的重要性。我通过 IPC 参与这项工作已有 15 年，但我从未见过我现在看到的兴趣、活动和思想领导力的结合。现在比以往任何时候都更受鼓舞，因为国会山的政府官员正在明白这一点。我希望有意义的变革即将到来。

Johnson：*John，你认为未来 5 年 PCB 制造业的发展前景如何？*

Vaughan：我持谨慎乐观态度。少数几家制造商拿到了国防部在 PCB 领域支出的 80%。其他一些参与进来的制造商可能是也可能不是资金不足，或者能够采取下一步行动，并继续生存下去。政府有一些似乎即将出台的潜在激励措施，而且我们现在有了合适的人选，可以为行业带来新的能源和资源。

PCB 行业的公众意识比以往任何时候都更高。25 年前我遇到一些议员，他们对 PCB 行业或 PCB 行业对国家发展的影响一无所知，但最近人们对 PCB 行业及其重要性的认识有所提高。

目前有很多机会支持我们的工作人员。在某种程度上，我们认识到国家安全不仅仅取决于国防部的平台和系统，我们的所有基础设施都存在风险等级，我们承认在国内建设战略基础设施可能需要更多的成本，但安全水平肯定会高得多。

前进的方向

Johnson：*你认为 90% 的产值为 5000 万美元以下的企业其市场发展前景如何？对那些国防部订单仅占部分的企业来说，这个市场会巩固吗？*

Vaughan：是的，在我看来很有可能。然而如果我们认真考虑扩大可信赖的市场并创造更多的机会，小型制造商不仅有生存的机会，而且有发展的机会。我认为，更强大的国防工业基础是支持国家安全的必要条件。目前美国的 PCB 产值仅占全球市场的 4%，而此前这一比例高达 26%。当我 1979 年进入这个行业时，有 2300 家制造商；现在只有不到 150 家；这是大规模的缩减。向所有幸存者致敬，这是一条漫长而艰难的道路。但我认为，如果市场扩大，机会会更多，那么成功的企业可继续发展。

有一些经营良好、盈利的小企业，其所有者正处于人生的关键时刻，他们正在考虑下一步的发展，包括如何退出以及退出后的结果。对于高绩效企业来说，被收购无疑是他们正在考虑的事宜。

CMMC 可能是一个决策点。Summit 公司致力 CMMC 准备，3 年来一直在技术、许可和 IT 人力资源方面进行投资。具体实施并不容易，但通过我们创建的平台，可以扩大新的收购规模，并将这些收购纳入 NIST 800-171 和 CMMC 基础设施。利用我们已经在所有基础设施上进行的投资来扩大这些工厂，为国防部创建更可行的实体，当然更简单。在 CMMC 的初期，国防部了解到很多他们认为的合规成本。行业方面的预测让国防部停了下来。CMMC 认证即将开始。

Johnson：*John，谢谢你分享这些宝贵的信息。*

Vaughan：太棒了。非常感谢你，Nolan。

PCB007CN

Ventec：为物流行业新常态做好准备

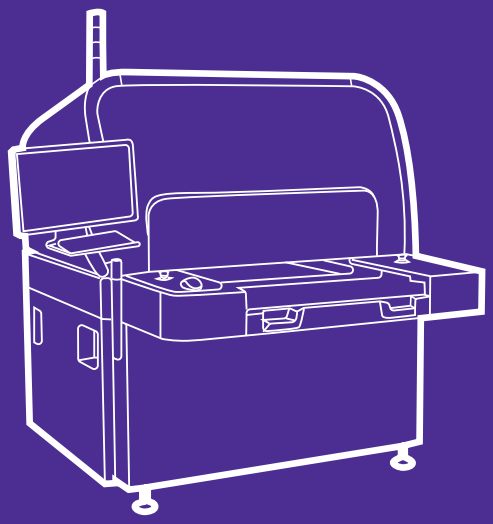
by **Nolan Johnson**
I-CONNECT007

虽然通货膨胀以及供应链向亚洲的转移对大宗商品市场的冲击最大，但其他行业也能感受到这种压力。若想在这种“新常态”下繁荣发展，企业需要多样化的业务方法和对下一个重大市场转向的敏锐认识——正是这些优势巩固了 Ventec 在业内的地位。Ventec 公司技术大使 Alun Morgan 和首席运营官 Mark Goodwin 深入探讨了后疫情时期的物流行业现状及发展趋势。

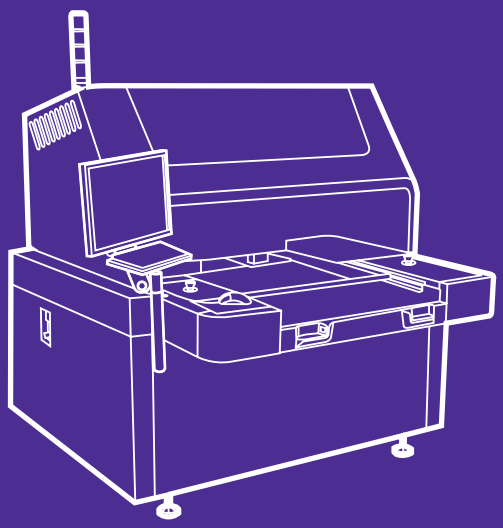
Nolan Johnson：*Mark，你会密切监管 Ventec 物流动态，你观察到了哪些状况？*

Mark Goodwin：很多人说物流行情已经回到了疫情前的常规水平。我对这种说法既认可又不认可。现货市场上有些商品的价格跟疫情前基本一致，但这是因为期货合约市场上按照合同定价购买商品的买家在补贴市场价格。至于合同，我不清楚他们为合同集装箱花了多少

KLA



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

了解更多，请联系 Molly Gu | molly.gu@kla-tencor.com | www.kla.com

钱，虽然我们是一家大型出口公司，但我们不是购买合同集装箱运输联盟的成员。

我们租用一个集装箱要花 15000、16000 甚至 18000 美元，但他们只需要付 12000 美元。他们到现在还是付 12000 美元，但你只需付 1000 美金的价格就能租用一个 20 英尺的常规集装箱，将货物从上海运到南安普顿，可这个价格是不切实际的。之所以用这个价格就能租到集装箱，是因为现在货船的空船率达到了 25%，他们只是以边际成本出售剩余运力。为了填补这些空间，他们什么货品都愿意承接，即便如此，他们还是无法填满这些货船。因为在中国执行疫情防控政策期间，货运需求量非常少，而且这种状态在全球范围内仍在持续。

Mark Goodwin

我想说的是，物流行业离回归常态还很远。我觉得没人知道“新常态”会在何时何地出现，因为这些人已经习惯了更高的价格。没人能受得了一个集装箱的价格一直处于 16000 或 18000 美元的水平，但价格也不会回落到现货市场当下的水平。我估计最后的价格会介于这两者之间。已经出现了空航的情况了，接下来就是取消服务。他们要调整运力，将价格保持在一个可持续的水平。我们现在看到的费用是无法长久持续下去的。

Alun Morgan：你对特殊集装箱有什么看法？比如冷链集装箱。

Goodwin：20 英尺通用集装箱的价格已经回落到比疫情前价格还要低的水平，但这种情况不会持久，也不现实。Shipping Press 刊物报道“现在的情况太糟糕了，已经倒置，不可持续。”冷链集装箱的价格还没有回落到疫情前的水平，所以如果你想要运输半固化片或其他需要控制运输温度的产品，那么货运价格仍然比疫情前价格高出 50% 甚至 100%。至于欧美地区从亚洲购买的货物，我们也经常需要运输混合的层压板半固化片才能保证供应链正常工作。这部分钱还是要我们出。我们不能用通用集装箱运输半固化片，只能用冷链集装箱来运输，所以这部分费用也是由我们来出。

疫情出现后，Ventec 竭尽所能确保客户不会断供。我们很少会出现产品断供的情况。但这样做的劣势在于我们不得不向客户收取物流成本差价，但即便如此也总比“没有面粉做面包”强。如果层压板断供，客户就无法制造电路板。也许客户对我们的价格不是很满意，但我们能保证交货，这一点他们一定很满意。

所以说我们一直能保障产品供应。当然，现在市场放缓的速度比我们减少供应量的速度要快，所以库存水平很高。随着亚洲市场的发展，层压板的价格已经见底，现在又开始上涨。稍后我们继续讨论这个问题。现在的情况是，西方国家的库存很高，正在降低过程中，亚洲的价格已经见底。

我们不会在市场价格最低的时候开始增加库存，而是在定价回升的时候增加库存。现在，你会认为我们应该以更便宜的价格出售货物。我们可以践行任何自己的决定，想做什么就做什么，但必须有某个人来承担真正的成本。是

的，有些人可能会说这很低效，但这是任何企业的内在结构性成本，无论是 Ventec 还是任何其他层压板供应商，供应链的起点都在亚洲。

我会从亚洲进一些成品。有一些北美和欧洲的制造商也从亚洲进口半固化片，因为他们没有处理设备。如果工厂没有处理设备，就必须从其他地方购买半固化片和铜箔，但这些都来自于制造过程中不同环节的不同库存位置。我们都会遇到这种牛鞭效应，在不同成本价位和物流价位下都增加了库存。

Alun Morgan

Morgan：20~25 年前，是全球上一次经历商业大衰退的时期，与那时相比，现在有什么不同?当然，那时的供应链都来自于本地，所以我们有玻纤、铜箔，有来自欧洲本地的树脂，所以我们没有必要进口这些材料。在过去的 20 年里，供应链已经扩展到其他地方；现在，欧美生产商的供应链都在亚洲。

顺便说一句，没有迹象表明这种情况会改变，所以这也会产生一定影响。实际上，最关键、最重要的因素就是集装箱的价格。你在集装箱里放什么材料，以及这些材料的价值，才是会产生真正影响的因素。

一个物流从业者告诉我们，“他们把这称为烤肉效应”。如果你要售卖少量中国生产的烤肉，运货使用的集装箱可能是 1000 美元，但这些货品并不能填满集装箱。如果能装满集装箱，就能赚钱。但商品价值达不到 10000 美元，就不能运送这些便宜的烤肉，因为这些货物赚不了钱。你不能收高价来抵消你需要支付的运输费用，这就是问题所在。当你处于现在这种经济衰退的阶段时，商品业务受到的打击是最严重的。低端产品市场受到的冲击最大。

Goodwin：从层压板的角度来考虑，20 英尺的通用集装箱能装下 4000~4400 张刚性层压板，具体取决于铜的质量。在达到容积上限之前，就已经达到了上限。比方说集装箱装下了 4000 张层压板。每平方英尺的运输价格涨了 35~40 美分，以我的工作经验来看，这比刚性层压板的利润率还高。

Morgan：如果需要用冷链集装箱或 20 英尺集装箱装运混合程度高、利润高（或价值高）的产品，比如聚酰亚胺、低损耗材料，那就不会受到太大影响。

企业不会受到行业内统一的影响，而是非常具体的影响。想想欧洲的业务情况。我们仍然需要依赖其他国家进口低端材料，特别是欧洲的汽车领域。

汽车的材料含量相对较高，受到的影响也最大。我们面临的另一个问题是，由于物流成本升高，人们开始储存更多的材料。正如 Mark 所说，需要投入资金提高库存水平，但随后不得不借更多的钱来经营业务。通货膨胀率现在很高，以前的利率是 2%，现在是 5%~12%，所以现金也变得不值钱了，与此同时市场也出现了疲软的现象。从事大宗商品业务的人感受最深，因为他们不得不应对高库存成本、高借贷成本和现在市场萎缩的情况。

Goodwin：如果有专营业务，公司不可能有能力在整个疫情大流行期间提供四层、六层和八层的刚性材料。公司之所以能这样做是因为有 IMS 业务。

Johnson：IMS 是一个利润很高的业务。

Morgan：我们是产品品种很多的供应商。客户有很多特殊要求，而 Ventec 的产品范围很广，可满足用户的特殊要求。

Goodwin：在疫情期间，IMS 业务补贴了我们的 FR-4 业务，而不是受到了 FR-4 业务的补贴。

Morgan：有时候，在做生意的过程中，有一个专营业务是很好的，专注一件事并把它做好。但有时候开展多样的业务会更好。Ventec 从来都不是某类产品的头部生产商。我曾用过“小众市场”这个词来形容我们的业务，但其实用这个词并不合适，因为有一些“小众市场”相当大，而我们在其中的许多市场都有一席之地。度。即使在疫情最严峻的时刻，我们也有一些产品未受到影响。

欧洲正在经历战争。当然，战争会让国防开支增加。我们是聚酰亚胺材料的主要供应商之一，所以现在的形势对我们有利。Mark，在过去的一年里，我估计你已经看到了这种变化。市场变大了一点，但我们没有感到压力，因为我们正在研究一种不同的产品。产品一旦商品化，就有问题了。幸运的是，Ventec 的商品业务不占多数。

Goodwin：我们有一些商品业务，但商品业务不属于我们的战略业务。我们利用商品业务平衡工厂的发展，所以我们在出售商品时，将自己定位为亚洲的快捷订单供应商。关于亚洲的快捷订单，比如我们要加工 10000~20000 张库存面板，亚洲团队可以在几天内就完成这些订单。同样，这是一个非常以服务为导向的“商品+”定价模式业务，如果想购买刚性 FR-4 材料，你总是会找到价格比 Ventec 更便宜的公司。Ventec 会把这类产品作为打包服务的一部分提供给客户；我们将为客户提供服务，提供可靠的供应链和质量，但我们永远不会成为最便宜的供应商，因为我们的规模还不够大。

> “Ventec的优势在于产品范围的广度。即使在疫情最严峻的时刻，我们也有一些产品未受到影响。”

Morgan：这也不是我们擅长的领域。

原材料

Goodwin：看看最近市场上发生的事情。重铜现在在亚洲供不应求。为什么呢?很简单——中国的铜箔制造商已经将生产重心转向电池领域，因为亚洲的电动汽车业务正在疯狂发展。

我刚刚询问了 Circuitfoil 公司的 Fabi-

enne 关于电池金属箔的情况，因为我对这方面的信息了解甚少。结果发现，这种材料生产起来非常容易。不需要对背面进行处理，也不需要所有额外的工艺流程。她说："相对来说，电镀实际上是整个技术操作中最容易的部分，基本上只是做电镀操作就行。"

这个业务非常不错，体量大、可持续，无处不在。人们不想再生产 2 盎司、3 盎司或 4 盎司的铜箔，而是生产电池通常使用的 5 微米、9 微米和 12 微米厚的铜箔。

或者说与重金属箔不同，任何金属箔都能发挥很大的作用，粗铜能发挥很大的作用。我最近采访 Ventec 中国区的 CEO Jason Chung 时，他说，"事情变得越来越疯狂了，LME 的铜交易价格涨了 10%。" 其实不止 10%。昨天，LME 的交易价格已经涨到了每吨 10500 美元。几个月前，交易价格还是 7500 美元。两年前，铜的交易价格甚至还没突破 7000 美元。铜价只有一种发展趋势——不断上涨。上海金属价格指数就更引人关注了——铜价比 LME 的铜价每吨还要高 1000 美元。为什么呢?目前在中国没有废铜箔可用，因为随着经济的放缓，基础设施建造项目已经停止。对开采新铜矿的需求越来越多，对二次回收铜的需求却越来越少。

Morgan：在英国和欧洲，大量的铜来自于被拆掉的旧交换机。使用二手旧铜时，人们会把绝缘层烧掉。并非所有的生产商都这样做，但对于这样做的生产商而言，这是他们的主要供应方式，即一些是回收铜或电缆用铜。当然，如果不用二手铜，就得买新铜。

Goodwin：没错。

Morgan：你得开采和提炼铜，这是另一回事。这和我们的玻纤生产商的故事一样。他们为电子行业生产玻纤，但他们也生产装饰用的织物和墙面装饰。在欧洲，他们已经停止了玻纤生产业务。没有企业再为 PCB 行业生产玻纤，这是因为 PCB 行业有更高的技术要求和质量要求，对缺陷零容忍。而且我们支付的价格很低，所以他们都退出了这项"艰难"业务。与给他们带来更大利润的"简单"业务相比，我们给他们提供的利润更少。这不是和铜箔一样吗?

> "俄乌冲突已经造成了镍和盐酸的紧缺问题。"

Goodwin：Jason 和我第一次开始关注这个问题是因为超级工厂的出现，以及人们对千亿兆功率和电池的需求在不断增加。2017 年 11 月左右，我在 LinkedIn 上发了第一篇帖子，讨论铜箔紧缺的情况，大家都说我疯了。但价格趋势很明显在上涨，我认为可能在 2024 年，铜价会再次超过每吨 10000 美元的水平。

Morgan：距离出现这种情况只需要一次罢工，也许是工具故障或矿工罢工，或者像乌克兰那样的情况。比如俄乌冲突已经造成了镍和盐酸的紧缺问题。

Goodwin：你是否知道，Warren Buffet 最近

对中国台湾地区半导体行业进行巨额投资。

Morgan：真的吗? Warren Buffett 肯定清楚自己在做什么，这是很积极的信号。

Goodwin：他认为我们的市场正处于低迷期，所以接下来你会看到投机者纷纷涌入来分一杯羹，这将直接推动价格上涨。

***Johnson：**你知道吗?我认可他的这个决策。我们早些时候研究过这个领域，发表过一两篇关于铜矿的文章，其中讨论了这个领域内所有不同需求会组合到一起的情况。不仅仅是电池，还包括线缆线束，因为如果你想建造电动汽车基础设施，就需要大量的铜。*

Morgan：是的，还需要母线。

Goodwin：还需要采矿。随着时间的推移，铜矿石会减少，所以提炼成本会增加。精炼铜需要消耗能源，而能源的价格又不会下降。大约两年前，高盛公司发表了一篇很不错的文章，其中写道“铜是新的石油”，他们说的没错。高盛始终认为铜将处于中长期牛市。

Morgan：铜不是最好的导体，但整体来说却是最实用、最便宜的。银的导电性更好，但银很贵，所以不能大量使用银。综合来看，铜很完美。它易于电镀，可在电镀层保护下不被腐蚀，而且也可以承载大电流。电动汽车就需要这样的特性，而且我们说的可是大电流，就像我们在谈论电源转换器一样。现在大功率电子产品是门大生意。

Goodwin：大功率电子产品都是采用 2 盎司、3 盎司的铜箔，有时贴在另一侧的散热片是铜制的。

***Johnson：**要用到大量的铜。*

Goodwin：大量的铜就意味着要投入大量的资金。

Morgan：我们也来聊一聊铝。是的，人们确实用铜做散热片，铜的用量会继续增加。铝在这方面也有很大的作用，首先铝的质量更轻。在生产汽车时还得注意质量，所以如果你能用铝来散热，车体就会比用铜要轻得多。我想我们在这方面也有发展的空间，Mark，这也符合我们今天探讨的主题。

Goodwin：我们在这个市场做的一件事就是发挥协同作用。

Morgan：没错。封装上的散热片一般会用铝板，上面添加了我们专有的 ER1 表面涂层，以提高热辐射率。

***Johnson：**谢谢两位。相信我们很快会再见面。*PCB007CN

PCB007 MAGAZINE

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

Ventec 公司与众不同的材料管理方式

by **Pete Starkey**
I-CONNECT007

在最近的一次行业研讨会上，技术编辑 Pete Starkey 采访了来自 Ventec 公司的 Mark Goodwin 和 Didier Mauve。在本次采访中，Mark 和 Didier 介绍了 Ventec 如何根据功能和目标应用对产品进行功能分类。两人还分享了对市场的观点，认为目前的市场发展有助于推动材料开发工作。当材料性能成为 PCB 性能规范的组成部分时，传统的材料分类方式可能无法满足要求。

Pete Starkey：*今天，我们将探讨论材料的技术问题和市场上出现的一些新材料。Mark，可以先简要介绍 Ventec 公司吗？*

Mark Goodwin： 没问题。Ventec 一直以 FR-4、聚酰亚胺和热量管理类材料供应商而闻名，我们在高速数字领域也研发了一些产品，

Mark Goodwin

tec-speed 现在已经达到了 7。我们正在拓宽材料供应的范围，开始将业务转向供应一些技术含量更高的材料。

Ventec 在这方面具有得天独厚的条件，因为我们在构建工厂时配备了许多处理设备，这意味着我们可以生产各种各样的产品。我们还拥有各种压合机，从用于生产 FR-4 的具有 20 开口的大型双制式压合机，到具有 6 或 8 开口的小型压合机，使我们能够快速交付小批量生产订单。

实现这一目标的关键是供应链和材料可获取性，介绍这些产品必然离不开其中所涉及的许多技术，所以我邀请了全球 OEM 和技术主管 Didier Mauve 参加本次采访。我从事供应链相关工作，并不是很懂技术，而我们能发挥出的优势就是将技术和供应链结合起来。我们既拥有 Ventec 强大的制造能力，有技术及质量总监 Bill Wang 领导的产品研发团队，也有从 OEM 那里了解到的行业信息。Didier 的团队来自全球各地，他们把全世界的技术和供应链都结合了起来，最后形成了有待进一步研发的各种产品系列，为我们开辟了新的方向。我们将继续这方面的工作，但也会在材料和技术方面尝试一条从未走过的道路。

我们相信这个领域需要更多供应商的加入。当开始考虑供应链安全性和全球各种不稳定因素等问题时，就是需要加强风险缓解策略之时。过去的两三年，我们对这些事情以及供应链韧性发挥的重要作用都有了进一步了解。使用负担不起的技术，或者不能在需要的地点和时间以适当的质量和价格使用物流，都是很不好的体验。

所以这项工作的关键是要让我们的材料组合与市场及应用息息相关，因为我们不希望客户在海量的材料组合中寻找想要的产品，产生额外的工作负担。我们正在努力简化这个流程。

***Starkey：**我们曾经讨论过这个话题，大家都知道这件事值得去做，但之前却没人做，不过你们现在已经引领了这种潮流。*

Goodwin：从我在 IPC APEX EXPO 展会上观察到的情况来看，我们可能真的掀起了一种浪潮。很多人似乎已经意识到了这个想法很不错。

***Starkey：**Didier，你可以具体介绍你们服务的产品、产品系列或市场分支吗？*

Didier Mauve：好的，正如 Mark 所说，我们正在缓慢而坚定地进行着产品转型和产品扩展，从而更好地服务于军事航空领域的客户。过去这个市场的体量非常有限，但现在正在持续快速增长。目前产品的需求和批量正在增加。西方和亚洲客户的需求量都在增长，其中推动需求量增多的因素之一是汽车雷达，即 77GHz 频率的产品。这种产品在全球范围内是一种具有“稀缺性”的特殊产品，所以客户要求加快交付时间的原因之一就是替代行业这一领域长期存在的供应商，不再向他们采购。

实际上，我们在过去 5 年内设计了完整的 RF 产品阵容，其中在两年疫情期间，整个研发过程变得非常缓慢。我们为模拟 RF 电子产品设计了可应用于更高频率下的一整套产品系列。现在可以给客户提供超过 25 种不同的产品，从非玻纤增强 PTFE 层压板到纯介质，从 RCF 与非玻纤增强材料的载体到碳氢化合物层压板。我们提供碳氢化合物与金属基材料相结合的散热材料。我们在热管理领域的专业知识对此类产品的研发帮助很大。正如 Mark 刚才提到的，工厂里有各种各样的处理设备，所以足够灵活，具有有效的供应链。

Goodwin：对于其中的一些材料，我们现在正按规格而不是按订单数持有库存。其他材料的库存更多的是取决于项目，但随着我们对项目有了更多的认知与经验，就更加认可之前的观点——我们的职责是管理供应链。我们把产品储存在欧洲和美国的仓库中，虽然不能用这种方式供应所有产品，但当库存为零时，由于我们的生产设施具备的灵活性，所以能直接生产并快速交付。

我们当然不会出现交货期需要好几个月的情况，但现在有一些供应商就遇到了这种问题。我们非常重视从下订单到交货的时间点。在我看来，交货时间应控制在 14~15 天，其中包括空运材料和通关的时间。当然，有一些环节可能会出错，这是我们无法控制的，但生产工厂的生产周期越短，对无法控制事情的容忍度就越高。我们正在努力将最长交货时间控制在两周以内。

> “我们当然不会出现交货期需要好几个月的情况，但现在有一些供应商就遇到了这种问题。”

***Starkey：**你们具备灵活的生产产能，那么你们可以预测到某些技术的订单量吗?会不会根据预测把产能集中到某种技术上?*

Goodwin：我们一直这样做，因为我们总是既快又灵活，从不会被淘汰。

***Starkey：**如果我现在要订购一种特殊材料，但其不在生产队列中，材料会直接发送给客户吗?*

Goodwin：没错。即总是存在生产队列，只

Mark Goodwin

是这个队列并不是很长。我们未来也可以预生产很多产品。不是所有产品都能预先生产，但一定可以预生产一部分产品。对于我们的 tec-speed 3 和 tec-speed 6 产品来说，更多属于高速数字领域而不是 RF 领域。我们已经中小批量地预先生产出产品，存在欧洲仓库。在接下来的一两个月，我们在美国也会提供这种服务。我们会预存更多的材料，可让客户用这些材料开始生产，并在几周后用直接用制造厂生产的产品补货，或补充已经售出的产品，或直接向制造商提供更大的批量。

***Starkey：**哪些市场的增速最快?*

Goodwin：分区域来看，美国这边的市场有很多大事发生，特别是低轨道卫星网络领域。在欧洲和亚洲也有这样的情况。

***Starkey：**这个市场领域需要哪些产品系列和技术?*

Mauve：有需求的肯定是军事领域，原因也是不言自明；除此之外，就是商业雷达和天线等。这些都是我们的主要目标市场，也是我们的产品能满足客户需求的领域。

Goodwin：你们也生产无人机，还有高分辨率相机使用的 PCB 材料。

Mauve：没错。

Goodwin：所以既要有高速处理数据的能力，还要能够把这些信息传输回来。这些是材料的主要应用领域。

***Starkey：**无人机是一种很小的组件，但涉及到的技术和材料要求可能很广。*

Goodwin：的确如此。

Mauve：高分辨率相机就是个很好的例子，需要同时处理和传输大量的信息。所以说在这样的领域里，技术的发展是惊人的。

Goodwin：我买了一部新的 iPhone 14，当信号减弱的时候，手机上方会出现卫星小图标，因为手机正在与这些低轨道卫星连接，寻找信号。虽然这种场景只适用于紧急呼叫，但也的的确确是开始投入应用了。

Mauve：这就是我们对市场的看法。作为层压板制造商，我们希望能用最好的质量和最合适的价格提供可靠、易购买到的材料。这是一

切的重点。

Starkey：性能是既定的，价格是可以商量的，但可获取性才是真正有价值的因素。

Goodwin：这已经成了主要的推动因素。我们希望能够提供这样的服务，Ventec 素来以擅长供应链管理、做事与众不同且富有创意而闻名。

Mauve：在我们看来，艰难时期还没有过去，而且我们确信前路会更加艰险，未来还有很多挑战在等着我们。比如铜、原材料和能源这一整套问题。我们必须了解这一点，因为在不久的将来，可能会出现一些意料之外的糟糕情况。

Goodwin：惊喜对商业而言从来就不是好消息。

Starkey：从我们的角度来看，供应链管理的重点一直是保持从制造商到用户的材料供应。但另一条供应链也需要控制——原材料到制造的供应。

Goodwin：没错。Didier 谈到了铜，重铜现在是引人注目的话题。先拿价格来说，LME 原铜交易价格上涨了不止 10%~12%，即将达到过去 18 个月的价格最高位。我们将再次看到铜价超过每吨 10000 美元。

原铜是第一重要的材料。全球能源危机也正在发酵，而电沉积箔的核心所在就是消耗能源和铜。这就产生了两个问题：我们有巨大的需求，尽管目前市场看似平静，但人们对铜箔仍有大量潜在的根本性需求，铜箔不仅用于电子产品，而且还用于电池。现在，电池使用的铜箔是薄铜箔。Didier，一般的电池铜箔厚度是多少？

Mauve：10 微米以下。

Goodwin：没错，9 微米、10 微米、5 微米、6 微米厚的铜箔。但 PCB 用的铜箔是 18 微米。我们使用的铜箔厚度已经是电池铜箔厚度的两倍。

> “现在很多应用都需要重铜，因为电流大、产生的热量也大，热量管理的需求也就提高了。”

Mauve：电池的处理也会更容易。

Goodwin：没错，电池铜箔的处理更简单，PCB 铜箔处理也简单。接下来就是处理重铜。现在很多应用都需要重铜，因为电流大、产生的热量也大，热量管理的需求也就提高了。而且还要找到可以生产 1 盎司以上铜的制造商。1 盎司已经算重铜了。

但诸如热量管理类的应用需要用到 4 盎司、5 盎司甚至 6 盎司的铜。所以说需要有充足的铜和能源，还要具备让别人为你制造 6 盎司（而不是 18 微米、半盎司或更薄）铜箔的溢价。

归根结底，这要靠合作关系。这一点对我们在慕尼黑的业务很有用，因为我们真的在慕尼黑 electronica 展上购买了铜。虽然购买的

不多，但我们是从很熟悉的合作方那里购买了 15 吨 6 盎司的铜箔。因为我们很好地管理了自己的供应链，他们也愿意帮助我们。

Starkey：维护合作关系投入的时间和精力都得到了回报。

Goodwin：我想说的是，现在重点已经不是资金，还有很多其他因素。

Starkey：你再次强调了合作关系的重要性，还有管理能力和情报信息的重要性。

Goodwin：市场情报也很重要，要了解市场动态。我负责的这部分业务实际上是分销业务，但我们与制造业务联系非常紧密，因为我们都属于同一家公司。我们获取的市场情报和供应链动态信息比一些第三方分销竞争对手要好得多。我做过的一些预测和说过的一些话都被证明是正确的。这是因为有些人在订购下一集装箱层压板时发现了正在发生的情况，然后告知于我。我之所以能发现这些趋势，是因为生产层压板的人就是我的老板，我们每天都在沟通，这也加强了我们管理供应链的能力，这一点对客户也很有价值。

Mauve：如果需要用品种多、小批量的技术，如 RF/ 模拟，Mark 提到的尤其正确。军事航空领域的特点就是多品种、小批量的电子产品。这是我们长期以来一直供应的细分市场之一，我们的聚酰亚胺 VT-901 材料、非流动性 / 低流动性半固化片都取得了成功。

Goodwin：我们将一种新的聚酰亚胺推向市场，之后又是如何占领市场的?因为我们推出的产品极佳，并且价格合理，同时我们也拥有一个稳定的供应链，所以才能占领市场。

*Starkey：感谢两位提供让读者受益匪浅的信息。*PCB007CN

IPC可持续性发展倡仪

电子制造商通过平衡可靠性、性能、成本、创新和可持续性发展来更好地制造电子产品。可持续性发展至关重要，即提高资源效率和降低影响，有意地生命周期管理（如可回收性设计），了解持续改进的理念、方法和度量标准。

如何实现可持续性发展

一些电子制造商通过鉴别和报告与其业务运营最相关的可持续性发展主题来实现这一目标。我们看到，行业内外的领先组织，无论是独立的还是有时是集体的，都在为其运营和价值链建立或扩大与可持续性发展相关的要求。

然而，这导致要求价值链成员多次对众多全面、复杂和不一致的调查和合同要求作出回应。

更多详细的内容，请点击这里。

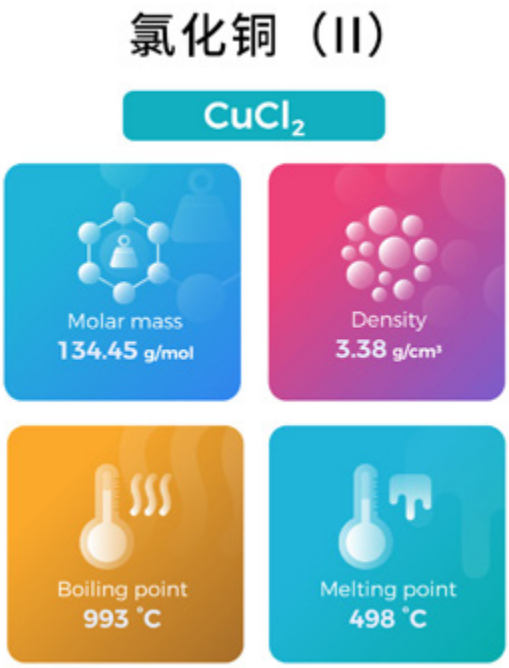
氯化铜蚀刻剂基础知识

by Christopher Bonsell
CHEMCUT

氯化铜（$CuCl_2$）是一种蚀刻剂，以其特有的性能在 PCB 制造中得到了广泛应用。虽然它不是行业中最常用的蚀刻剂，但易于维护，因此证明是有益的。与碱性蚀刻剂相比，维护 $CuCl_2$ 相对容易，因为只需要监控少数参数。如果对于 PCB 蚀刻工艺，使用 $CuCl_2$ 是有吸引力的，以下基本参数是了解如何维护的关键。

比重

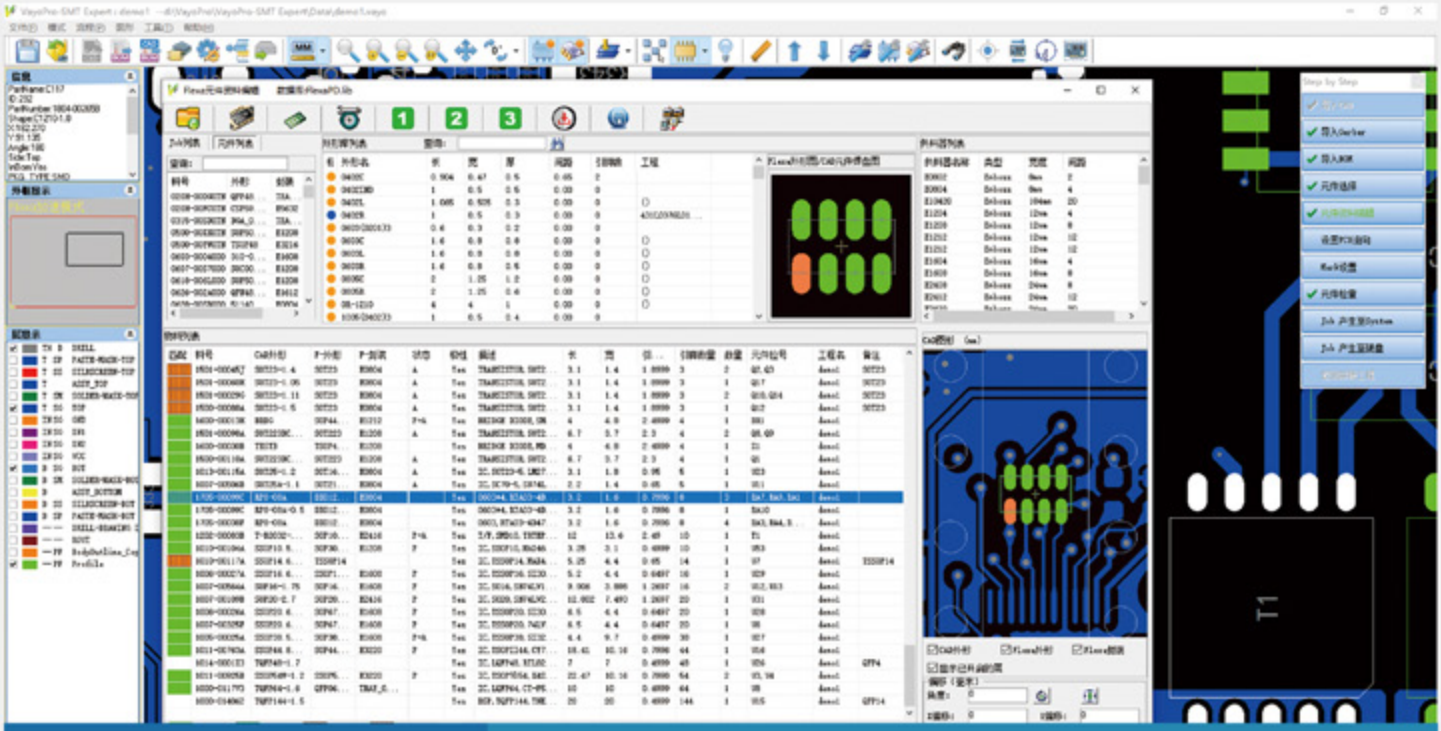
为保持一致的蚀刻质量，比重（Specific gravity，简称 SG）是必须观察和控制的主要因素。在过去的专栏文章提到，当蚀刻较多的面板时，蚀刻剂中的金属含量会增加。金属含量的增加使蚀刻液具有较高的 SG，而 SG 与蚀刻速率往往成反比关系；因此比重越高，蚀刻速度就越慢。铜的最大蚀刻速率介于 28 至 36° Bé（SG：1.2393 至 1.3303）之间[1]。值得庆幸的是，采购到的正常 $CuCl_2$ 蚀刻溶液介于 32 至 36° Bé 之间。尽管比重是关键因素之一，但与碱性蚀刻剂不同，超出这个范围没有严重风险。如果 SG 过高，可以简单地在蚀刻溶液中添加更多的水；如果 SG 太低，只需添加更多铜晶体或蚀刻更多面板即可。



vayo望友

让设计&制造好产品成为常态

SMT 智能贴片编程软件



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。

>95% 降低错误几率

>70% 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

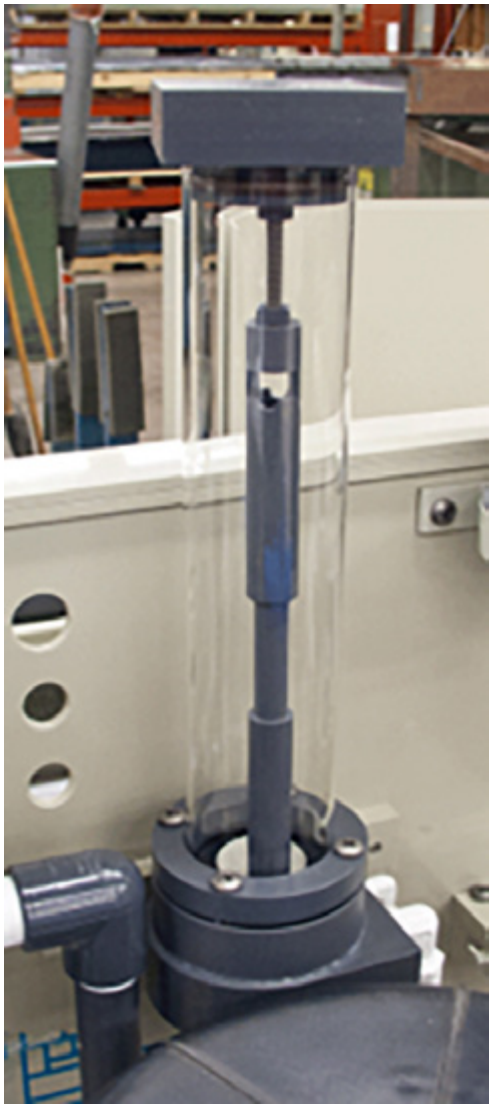


图 1：Chemcut 设备上的立管 (透明玻璃管)，该立管配有比重控制器（立管中间灰色装置）

温度

为了保证一致的蚀刻质量，温度也是需要控制的参数。温度越高，反应速度越快。蚀刻槽温度对蚀刻因子影响不大，仅能提高蚀刻速率；因此铜蚀刻设备通常在尽可能高的温度下运行。蚀刻的标准温度为 130 °F。控制温度也很简单，因为通过探针监测蚀刻设备的温度即可实现，探针将根据需要激活或停用设备的加热和冷却系统。

图 2：烧杯测试的基本 ORP 探针设置

氧化还原电位

氧化还原电位（Oxidation-reduction potential，简称 ORP）是监测 $CuCl_2$ 的主要因素。ORP 可以理解为蚀刻剂蚀刻金属的准备程度。通过测量 Cu^{2+} 离子（来自 $CuCl_2$）和 Cu^{+} 离子（来自 CuCl——蚀刻剂的消耗形式）的比率来实现这一目标。蚀刻时，Cu^{2+} 离子将减少，Cu^{+} 离子将增加，因此 ORP 值将下降。ORP 低表明需要添加试剂来进行再生，以便 Cu^{+} 离子将转化回 Cu^{2+}。有 3 种主要方法可以进行再生；如果想了解更多信息，可参阅 2022 年 11 月专栏文章《3 种氯化铜再生方法》。

ORP 是通过 ORP 探针测量的，它提供以毫伏为单位的值。如果想了解毫伏值的计算方法，方程式如图 3 所示。

$$E = E^0 + \frac{2.303\ RT}{n} \log \frac{Cu^{+2}}{Cu^{+1}}$$

图 3：$CuCl_2$ 蚀刻剂中 ORP 的能斯特方程。E^0 为电极的标准电势，R 为气体定律常数，T 为温度（开尔文），n 是每个分子转移的电子数。

如果你是一个不喜欢数学的人，不用担心；你最需要了解的是，$CuCl_2$ 的理想 ORP 范围为 540~560 mV。最好避免 ORP 超过 600mV，因为溶液中通常没有足够的 Cu^+ 离子吸收再生中所有氯。这可能导致氯气形成并释放到大气中，造成危险，因此最好避免高 ORP 值。如果 ORP 过低，则需要添加更多的再生成分，使再生反应能够补充 Cu^{2+} 离子。如果 ORP 太高，可以通过运行面板来解决。然而如果 ORP 过高，导致不可预测的高蚀刻速率，最好是找到一些方法，在蚀刻槽中引入铜，以降低 ORP。

降低 ORP 可能意味着在设备中运行一块废铜或将铜粉溶解到溶液中。如果在完成一个班次时注意到 ORP 很低，则可以在休息或过夜期间停用蚀刻剂。当它静止时，会与氧气发生反应并再次增加 ORP。

游离盐酸含量

在 $CuCl_2$ 中监测的另一个关键因素是游离盐酸 (HCl) 含量。为了使 $CuCl_2$ 有效蚀刻，需要有可检测的过量酸。这是因为 $CuCl_2$ 本身相对不溶于水，并且需要处于高酸性溶液中，以防止 $CuCl_2$ 固体从溶液中沉淀出来。盐酸还有助于去除铜面板上的氧化铜层。$CuCl_2$ 不能有效地去除氧化铜层，但当 HCl 存在时，这一层就会被去除，从而更容易接触到铜表面。在没有 HCl 的情况下，$CuCl_2$ 的蚀刻速率会减半。

通常，HCl 含量越高，蚀刻速率越快。尽管 HCl 较高的含量会增加蚀刻速率，但其缺点是会增加侧蚀。由于较高的 HCl 含量存在一些缺点，建议将游离酸保持在 1 至 2N HCl 的范围内。游离酸含量的主要考虑因素之一是很难密切关注这个参数。这是因为在试图测量它的过程中有很多技术细节。唯一成熟可靠的方法是常规滴定。

结论

了解了维护 $CuCl_2$ 的基本知识，以及满足 PCB 规格所需的喷涂压力和总蚀刻时间，运行蚀刻工艺就比较容易了。表 1 列出了铜蚀刻剂的推荐参数范围。PCB007CN

参数	推荐值
比重	28~36 °Bé
温度	130°F
ORP	540~600 mV
游离盐酸含量	1.0~2.0 N

表 1：$CuCl_2$ 参数及其推荐值汇总

参考内容

1. “Process Guidelines for Cupric Chloride Etching,” Chemcut.net

Christopher Bonsell 是 Chemcut 公司化学工艺工程师。如需阅读往期专栏，请点击此处。

制造工程师必备的五大技能

by **Paige Fiet**
TTM-LOGAN

我喜欢与那些希望加入电子行业的高中生和大学生交谈，他们的热情总是让我恢复活力。在我们的谈话中，我注意到其所提出问题的几个发展趋势；最常见的问题是“你认为一个新工程师应该具备什么能力?”下面我列出了制造工程师必备的五大技能，我认为新的制造工程专业毕业生在开始第一份工作之前都应该具备这些技能。

1. 沟通技能

拥有良好的沟通技能可能是任何行业中最重要的技能。了解如何将信息分解为管理团队最关键的部分，以及如何简化操作员的指导，很重要。对此我父亲最喜欢的一句话是，“经理们不想知道时钟是如何建造的，只想知道什么时候建造好。”在任何一天，我都可能被要求以 3 种不同的方式向我的总经理、工程团队和操作员解释同一问题。每个解释中的细节差别很大。

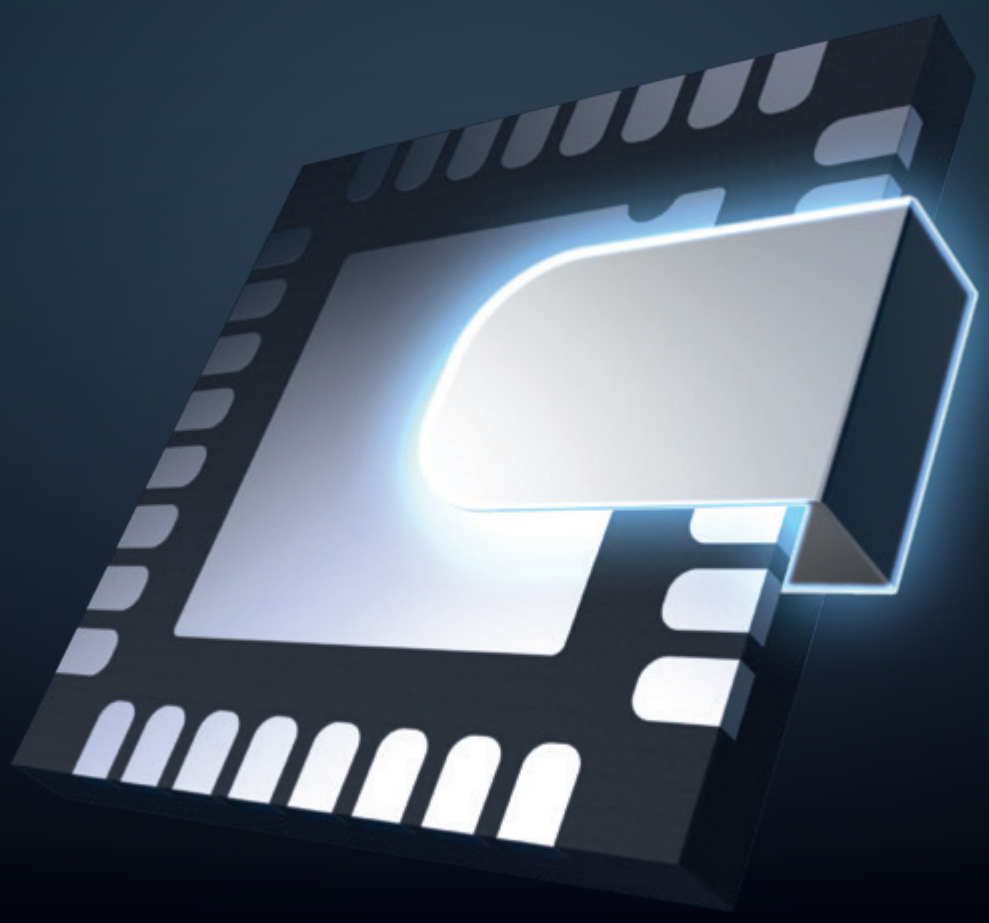
当需要帮助时，沟通也很重要。不可能有任何工程师，更不用说刚毕业的工程师，了解一切信息。知道何时联系谁，以及如何解释这种困境，将对部门的绩效产生显著影响。

2. 解决问题

正如沟通技能在许多行业都很有价值一

mks Atotech

可持续的环保型锡保护



可用于引线框及连接器的绿色环保高速锡镀锡和后处理工艺 - 哑锡，半光锡和光锡可供选择

安美特致力于在世界各地的工作环境内促进推动更多的可持续性。这就是我们研发先进环保型的镀锡工艺和锡后处理的原因。我们的锡后处理可以给锡镀层提供最佳的均匀一致的保护；同时不含BPA, NPE, PFAs,以及其他有害物质。 我们的产品不会在槽内产生浮油，适合用于在广泛的电流密度范围内，锡须风险很低。我们的锡后处理产品不仅能保护镀层，而且可以改善焊锡性能，防止高温变色，同时可以减轻腐蚀锡须，最大限度地减少因水渍残留而导致的不良。 安美特的可持续锡解决方案可以完美地应用于所有类型的引线框架和连接器，并适用于所有现代电镀设备。

如需了解更多关于我们绿色环保锡电镀工艺的信息，请扫描右侧的二维码。

marketing-gcel@atotech.com

www.atotech.com

样，拥有解决问题的技能工具箱也很有价值。然而，制造工程师尤其需要加快解决问题所需的速度。对于制造商来说，机器停机时间是最糟糕的事件之一。首先，工程师将负责解决问题的根源。这可能是最大的挑战之一，因为根本原因可能很复杂。接下来，他们需要迅速找到解决方案。

十有八九，没有时间解决大学里教的数学计算。

十有八九，没有时间解决大学里教的数学计算。相反，工程师应该对所需掌握的知识有估计。例如，如果我在做了新的镀液后，在显影剂上读取 pH 值，不会有我想要的“正确”值。相反，我知道应该在 10 到 11 之间。如果我的读数是 2，那么就有问题了。

3. 统计

统计学是我在大学里不喜欢的课程，我相信它也不是很多其他人的最爱，但它对于了解报废品形成的过程和原因至关重要。每周，我都会为操作员制作帕累托图，将主要缺陷可视化，这样我们就可以一起合作减少缺陷。在确定间歇性缺陷的来源时，统计数据也很有帮助。PCB 制造非常复杂，了解经过某些处理步骤的工作量百分比以及何时完成这些步骤通常很有效。

4. 内在动力

大学和行业之间最明显的区别之一在于所需的动机。在大学，会指定级别并给出截止日期。制造业并非总是如此。没有人手来验证工作是否及时完成。在合理的范围内，由工程师来决定他们在工作日要做的任务。工程师必须想解决问题并参与他们正在做的工作。我和同事开玩笑说，如果你全身心投入到部门，就不会对制造业感到无聊。

5. 失败后反弹

我不确定有谁喜欢失败。失败当然不舒服，但对成长来说是必要的。作为一名刚毕业的学生，学会不把失败视为个人问题，继续前进是最难掌握的技能之一。我最喜欢的一句话来自马克 · 吐温：“好的决定来自经验。经验来自做坏的决定。”我试着把失败看作是一种我不需要再拥有的经历。有时，几个月后，我甚至可以为自己犯下的一些错误开怀大笑。

当然，每个招聘经理都会寻找具有不同技能的人才，但我相信大多数人都会同意我列出的前 5 项必备技能，这是所有人在职业生涯中任何年龄或职位都可以学习的技能。如果你是一名想进入任何制造业的学生，我鼓励你尝试一下。抓住机会在你感兴趣的公司工作、实习和合作。在你的生活中找到那些在某一天处于你想要的职位的人；询问他们是如何做到这一点的，以及他们认为哪些技能很重要。希望你能在谈话结束时有所收获，并准备好从事自己选择的职业。PCB007CN

Paige Fiet 任 TTM Logan 公司工艺工程师，也是 IPC 新兴工程师项目的成员。如需阅读往期专栏，可单击此处。

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

支撑 IC 载板与高阶封装技术的工艺——第 2 部分

by Michael Carano
IPC CONSULTANT

简介

上个月的专栏文章介绍了 PCB 制造商在生产高阶封装使用 IC 载板时遇到的初步挑战。本月专栏文章会继续讨论制造商需要掌控的两个工艺：

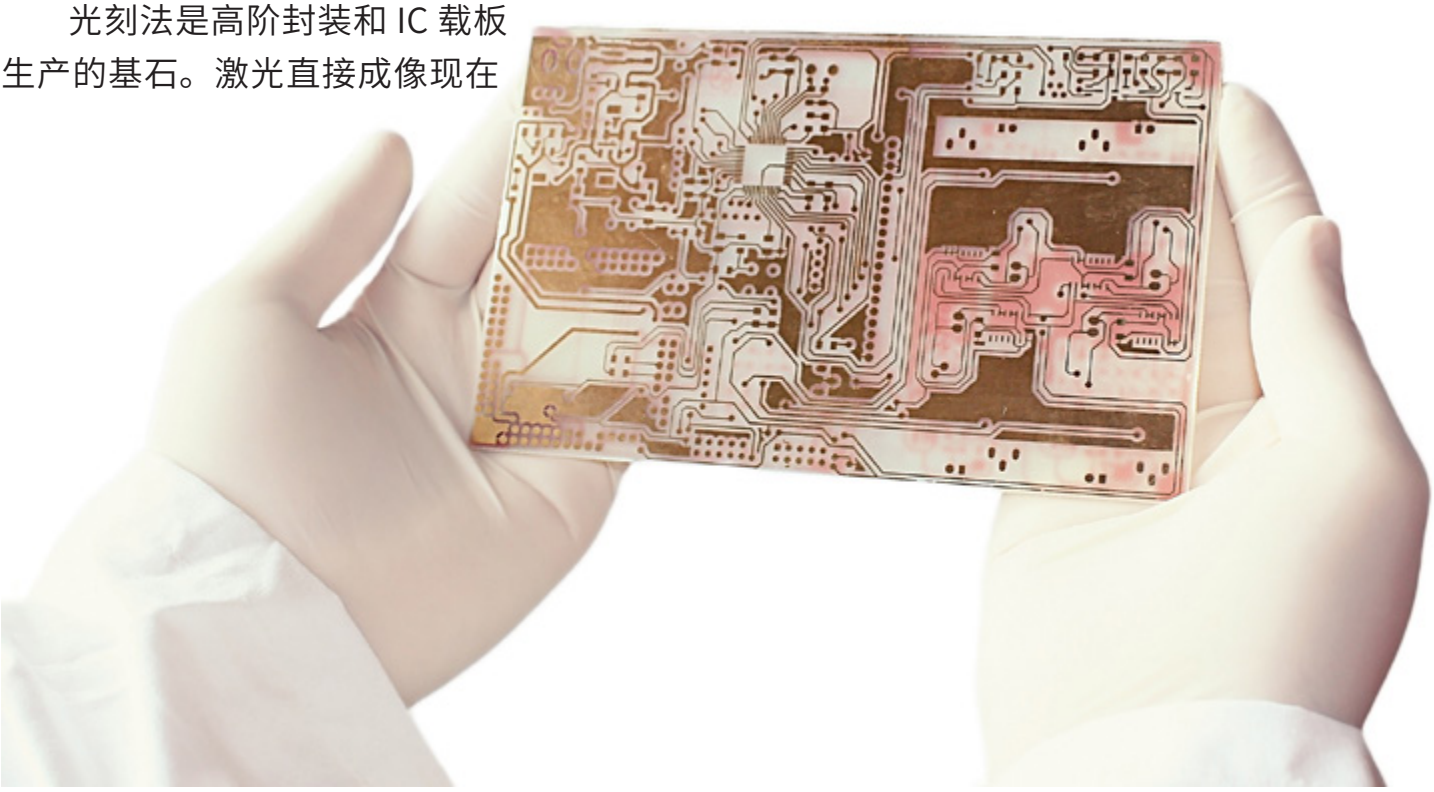
- 成像 / 显影
- 蚀刻

精细走线成像 / 显影

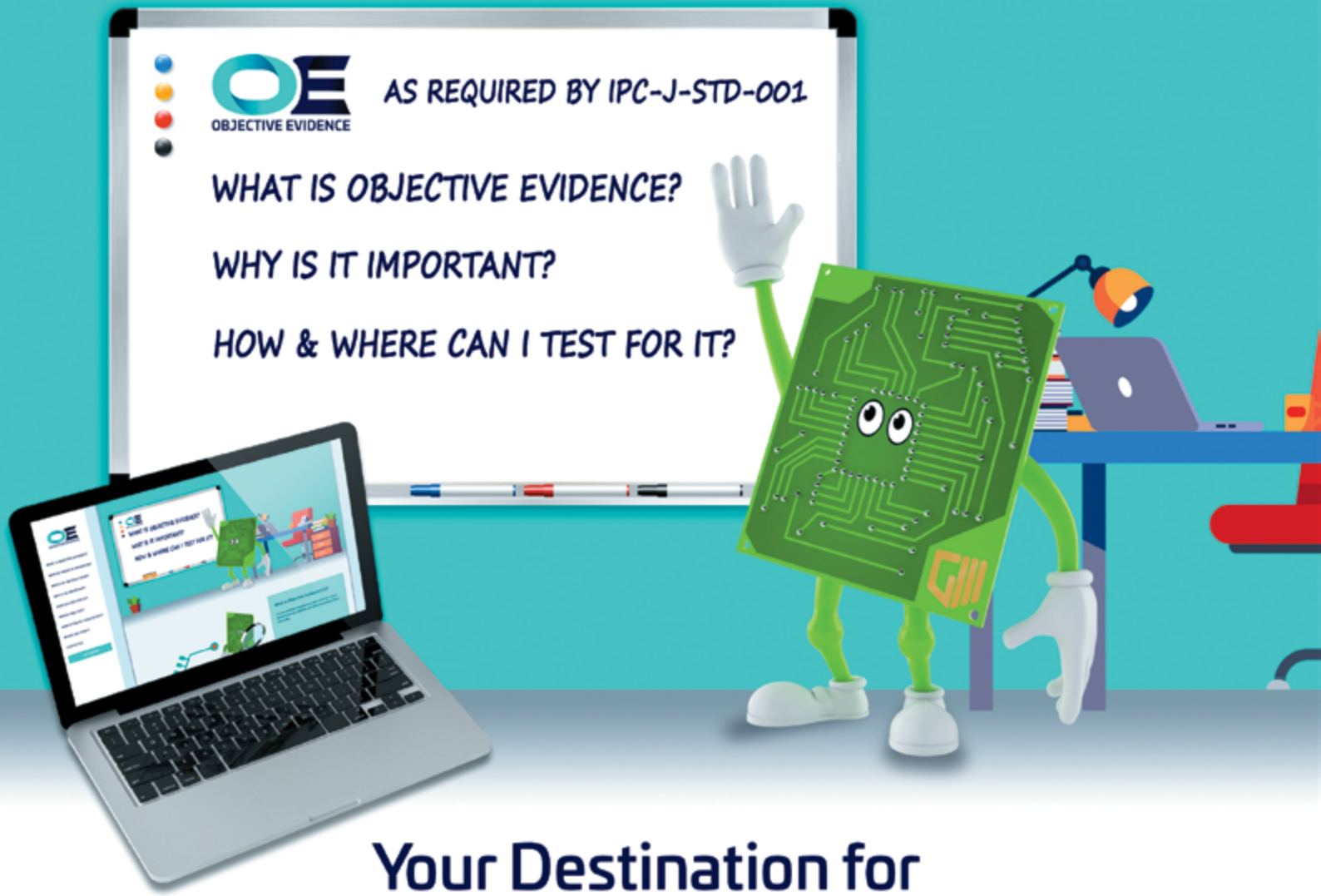
光刻法是高阶封装和 IC 载板生产的基石。激光直接成像现在是生产高密度与超高密度载板的必备技术。在不断突破超高密度技术极限的过程中，传统的接触式印制技术显现出了不足之处，于是促进了激光直接成像（laser direct imaging，简称 LDI）技术的发展与应用。

与接触式印制技术相比，LDI 系统有诸多优势。例如使用 LDI 技术生产的 PCB 具有更小的对准容差，直接通过 CAD 系统印制图形也不再需要使用底片。

而使用接触式印制技术时，底片或面板的尺寸变化会引起对准错误。尺寸之所以发生变化是因为掩模和面板材料（如 FR-4）尺寸会



The New Objective Evidence Website is Now LIVE



Your Destination for **Everything You Need** to Meet Objective Evidence

www.objectiveevidence.org

OBJECTIVE EVIDENCE

BY GEN3

随着温度及湿度（在一般的工厂环境下分别控制在 ±2° C 和 ±5%RH）的变化而变化。

下方列出了制造电路时的 5 个步骤：

- 表面制备
- 抗蚀剂层压
- 曝光
- 显影
- 蚀刻

先来看曝光工艺。在使用 LED/LDI 技术时，总是能听到“焦深”（depth of focus，简称 DOF）这个术语。设置正确的 DOF 是实现最佳分辨率的关键。反之，如果 DOF 设置不当，就会导致线宽或线距增加、断开或出现走线扭曲缺陷。所以说一定要确保 DOF 准确无误。

另一个必不可少的步骤是找到成像工艺中的应力点。可以使用精细走线螺旋或精细走线和细间距等测试图形找到应力点。其中包括标有刻度的精细走线和线距，例如 100、75、50 和 25 微米的精细走线和线距。这种评估还有助于深入了解其他会影响成像分辨率的工艺参数。例如较高的曝光能量会增强抗蚀剂的附着力。此外，铜箔类型（ED、RTF、RA）、表面制备方式和显影断裂点都会影响成像的分辨率。千万不要低估断裂点的威力。图 1 示意图中展示了早期形成的断裂点。

即便使用了理想的曝光能量和表面制备方式，抗蚀剂宽度减少的风险也是相当高的。图 2 显示了此类问题的实际扫描电子显微图。早期形成断裂点会导致显影过度和侧蚀问题，而这种情况会进一步导致内层走线宽度变窄。

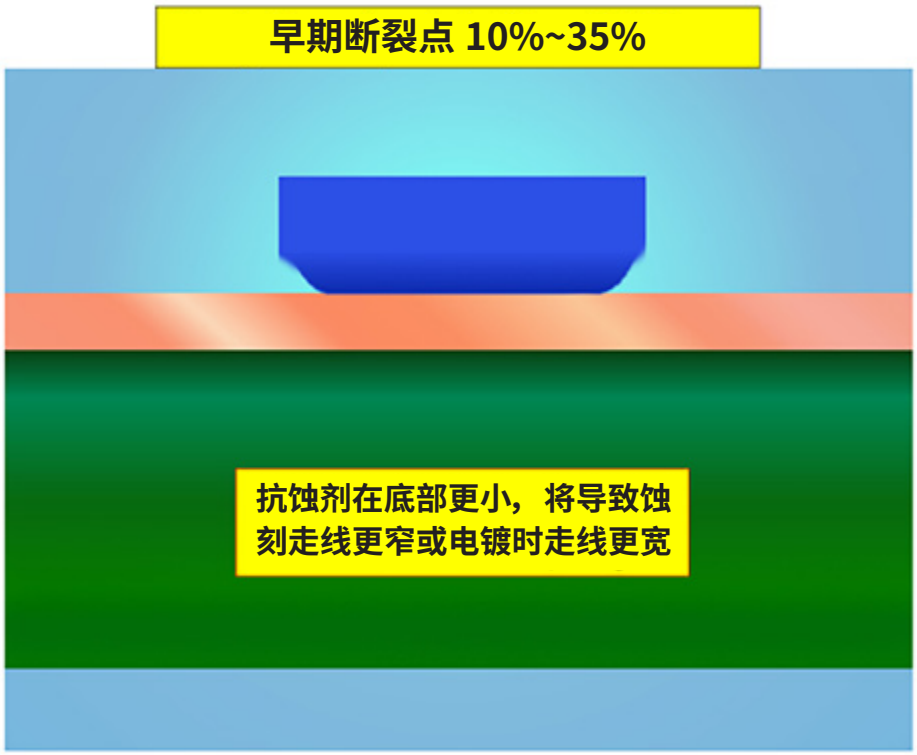


图 1：显影过程中早期形成的断裂点
（来源：Tim Blair, Tim Blair LLC）

蚀刻

可以说显影和蚀刻是相通的。万事万物皆有联系，这是排除故障时的基本规则。值得注意的是，无论是使用碱性蚀刻液还是酸性蚀刻液，蚀刻都是各向同性的。这就意味着 Z 轴的铜被蚀刻去除后，侧面的铜也会被横向去除。

一定要严格控制蚀刻的关键工艺参数。碱性氨水蚀刻技术可用于蚀刻内层和外层。但控制精细走线蚀刻工艺的关键参数是碱性蚀刻溶液的 pH 值。将溶液的 pH 值保持在 8.0~8.2 之间有助于降低横向蚀刻和侧蚀。当然，溶液的比重也很重要。将溶液比重保持在上限水平附近有助于减轻横向蚀刻。

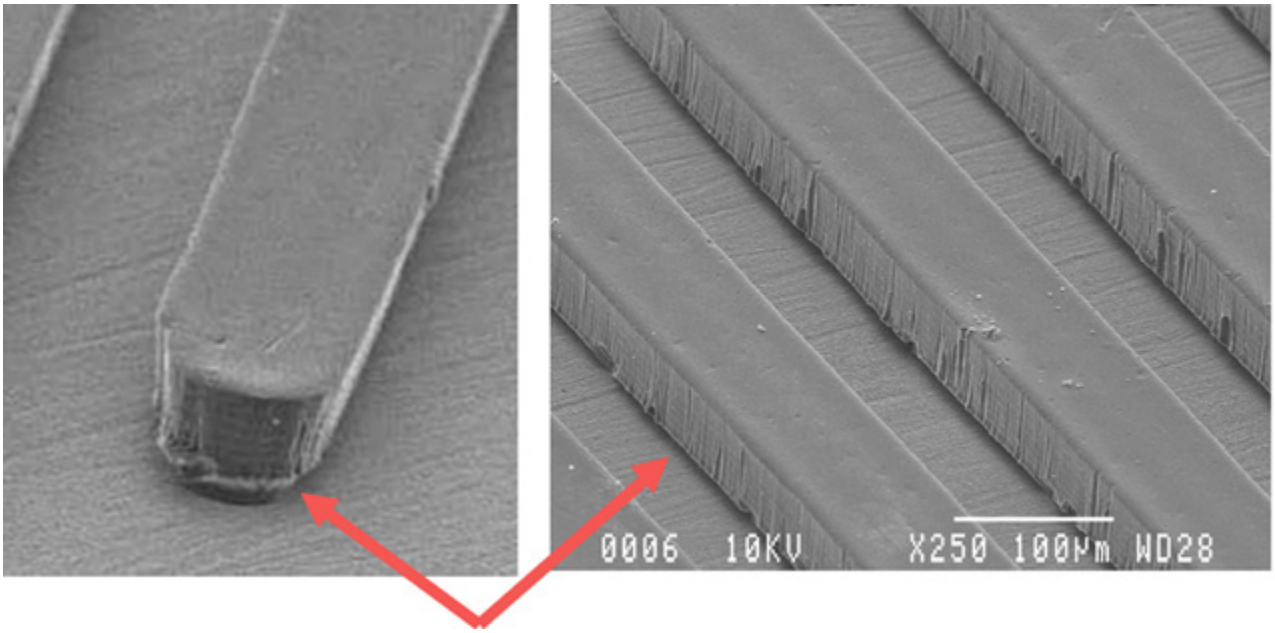


图 2：早期形成断裂点会导致显影过度（来源：Tim Blair, Tim Blair LLC）

另外，像氯化铜这样的酸性蚀刻剂只能用于内层。这种蚀刻剂与金属抗蚀剂不兼容。但与碱性蚀刻技术相比，酸性蚀刻具备更理想的蚀刻因数和侧蚀。有报告称，将酸性蚀刻剂控制在很低的游离酸常态下可以提高蚀刻系数[1]。

另外，还有其他研究对比了不同蚀刻蚀和不同光致抗蚀剂厚度下的蚀刻因数。T. Yamamot 等人[2] 的早期研究证明了蚀刻通道加宽、抗蚀剂变薄之后产生的有利影响。以上引用的研究也证实了：与碱性蚀刻剂相比，铜蚀刻剂在侧蚀方面具备的优势。

减成法蚀刻加工出的电路密度是有极限的。这是众所周知的常识。蚀刻剂去除目标位置铜的过程越长，就越有可能出现侧蚀和走线宽度变窄。改用半加成型工艺并减小铜箔厚度，或使用介质薄膜可大幅提高蚀刻因数。后续专栏文章将进一步讨论这些工艺。PCB007CN

资料来源

1. “Fine Lines in High Yields, (Part CXXV): Fine Lines—Beyond the Limits of Semi-additive Processing?” by Karl H. Dietz, CircuiTree Magazine, February 2006.

2. “Allowable Copper Thickness for Fine-Pitch Patterns Formed by a Subtractive Method,” by Takuya Yamamoto, Takashi Kataoka, and John Andresakis, CircuiTree Magazine, June 2000, Volume 13, No. 6, pg. 112 (see also Proceedings of the Technical Conference, S-07-3, IPC Printed Circuit Expo, San Diego, CA, April 4 6, 2000).

Michael Carano 在特殊化学品、医疗设备、印制电路板和半导体行业担任过高级主管，具有丰富的从业经验。如需阅读往期专栏，可点击此处。

为获得博士学位需要了解的一切

by **Henry Crandall**
UNIVERSITY OF UTAH
/IPC STUDENT BOARD MEMBER

编者按：*欢迎新专栏作家 Henry Crandall，他是犹他大学的博士生，也是最新的 IPC 学生董事成员。Henry 计划撰写的主题有健康工程设计、研究生院和可穿戴健康监测装置。*

当谈到高级学位时，博士学位往往是一个被误解和低估的选择。在一个 MBA 项目知名度很高，硕士学位似乎相对容易获得的世界里，博士学位经常被忽视。事实上，很多人甚至无法告诉 PhD 首字母代表什么（提示：PhD 代表 Doctor of Philosophy）。作为踏上这段旅程的人，我渴望分享一路上获得的见解。我将介绍博士学位的价值、获得博士学位的要求，以及成功完成博士项目的一些建议。

获得博士学位的价值是什么？

如果你有兴趣从事研究、开发或学术事业，那么获得技术博士学位可能是一个极佳的选择。以下是获得技术博士学位的一些有益价值：

专业知识：博士学位为在特定技术领域获得无可比拟的知识和专业知识提供了途径。您将接受最新研究方法、技术和方法的培训，使您能够提出原创理念并解决复杂的技术问题。

职业机会：拥有技术博士学位，你将有资格获得广泛的职业机会，包括行业研发职位、学术职位和政府职位。在许多情况下，这些类型的工作都需要博士学位。

认可：技术博士学位是一项重大成就，被广泛认为是智力和学术卓越的标志。这种认可在寻求就业、资金或晋升时会非常有价值。

个人成长：攻读博士学位可能是一段非常有收获的个人和智力之旅。它需要高度的自我激励、纪律和创造力，并能在知识和解决问题方面将你推向极限。

合作：作为一名博士生，你将有机会与你所在领域内外的其他研究人员合作。这可以带来新的理念、方法和宝贵的联系，这些都可能使你在整个职业生涯中受益。

影响：在获得博士学位的同时，你将获得对所在领域产生重大影响的技能和知识。通过进行原创研究、开发新技术和提高知识水平，你可以真正改变世界。

总的来说，技术博士可以为研究、开发或学术界的成功和充实的职业生涯奠定良好的基础。它将打开许多大门，促进个人和智力的成长，使你能够在所在领域产生有意义的影响。

博士课程的要求是什么？

首先，博士学位不仅仅是本科学习的延伸，这是一场全新的比赛，需要一定程度的独立性、奉献精神和时间管理，这可能会让人感到难以承受。但是，正如俗话所说，“没有什么值得拥有的事情是容易的”，博士学位也是如此。

本科生和博士学位之间的区别可以归结为一个关键因素：深度。把它想象成把脚趾浸入游泳池和跳进深水区的区别。本科学位提供了对一个领域的广泛介绍，类似于在阳光明媚的日子里悠闲地游泳。但如果你正在寻求真正的挑战，你会想参加博士项目，其专注于通过严格的研究和对你所在领域的原创贡献来探索未知的水域。通过博士课程，你不仅要背诵事实，还要引导对话。

本科生和博士学位之间的区别可以归结为一个关键因素：深度。

本科学位通常需要完成一定数量的课程学分，而博士项目通常更重视研究，包括进行原始实验、分析数据和在学术期刊上发表研究结果。典型的博士课程由 4 个里程碑阶段组成：

- 组建一个由 5 名教授组成的委员会来指导你的学习计划。
- 完成所研究领域的书面和口头技术考试。
- 以书面和口头的形式提交论文。
- 为书面论文公开答辩。

博士课程旨在为学生提供必要的先进知识和专业知识，为所研究领域贡献原创研究和想法。相比之下，本科学位课程旨在让学生对自己研究领域有基本的了解。

更乐观的是，博士项目是为数不多的不会让你陷入困境的教育途径之一。你可能会惊讶地发现，大学和研究赞助商愿意付钱让你继续学习和进行实验。学生通常可以支付所有学费，获得补贴保险，平均每年可获得约 30000 美元的津贴。这是我所知道的不仅可以避免债台高筑，而且可以实际获得工作报酬的唯一学位。

如果这个数额不能满足你的需求，那么总有机会通过获得众多研究奖学金中的一项来提高你的津贴和福利。简言之，博士项目可以提供财务稳定和难得的自我投资机会，而不会冒着巨额学生贷款债务的风险，同时使你有资格获得 6 位数的高薪。

成功获得博士学位的建议

选择合适的导师是博士生活的关键方面。在博士学位级别，文凭上机构名称的影响力远小于你的顾问和其网络中同事的名字。这个人将是你的导师、拉拉队队长和临时任务主管。确保他们符合你的研究兴趣，并在指导学生成功完成学业方面有良好的记录。记住，这种关系是双向的。积极主动地沟通你的目标和需求，但也愿意听取他们的指导和建议。

接下来，不要低估社交的重要性。参加研讨会，加入专业组织，参与合作研究项目。这些机会不仅会提升你的简历，而且会在你的博士课程跌宕起伏时提供支持。切记，这与你的人际网络和知识息息相关。

自我照顾是博士生活的另一个重要方面。是的，你的研究很重要，但你也同样重要。腾出时间保持爱好，锻炼身体，和爱你的人在一起。这些看起来可能违反直觉，但从长远来看，休息和充电实际上可以提高生产力。

最后，切记，博士之旅不是一条线性的道路，存在挫折、死胡同和自我怀疑的时刻。但是，如果你以坚定和成长的心态应对每一个挑战，你就会成为知识渊博、有韧性、全面发展的人。

博士之旅是一场马拉松，而不是短跑。拥抱学习过程中的起起伏伏，寻求支持自己的一群人，优先考虑自我照顾，最重要的是，永远不要放弃你的激情。PCB007CN

Henry Crandall 是 IPC 学生董事成员。他毕业于犹他大学，目前正在攻读电气工程博士学位，是 College Scientists Graduate Fellow 高级研究员。

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

db MANAGEMENT GROUP

点击了解如何拓展您的业务

207-649-0879 danbbeaulieu@aol.com

从 PIN 到标准发布
艰难却有助企业取得成功的过程

by **Linda Stepanich**

任何参加过 IPC 标准开发委员会会议的人都经历过这样的时刻：“我为什么要投身标准开发?”在认识到这一艰难但最终有回报工作的重要性之前，就已投身起草并帮助发布构成电子制造业知识体系的标准。

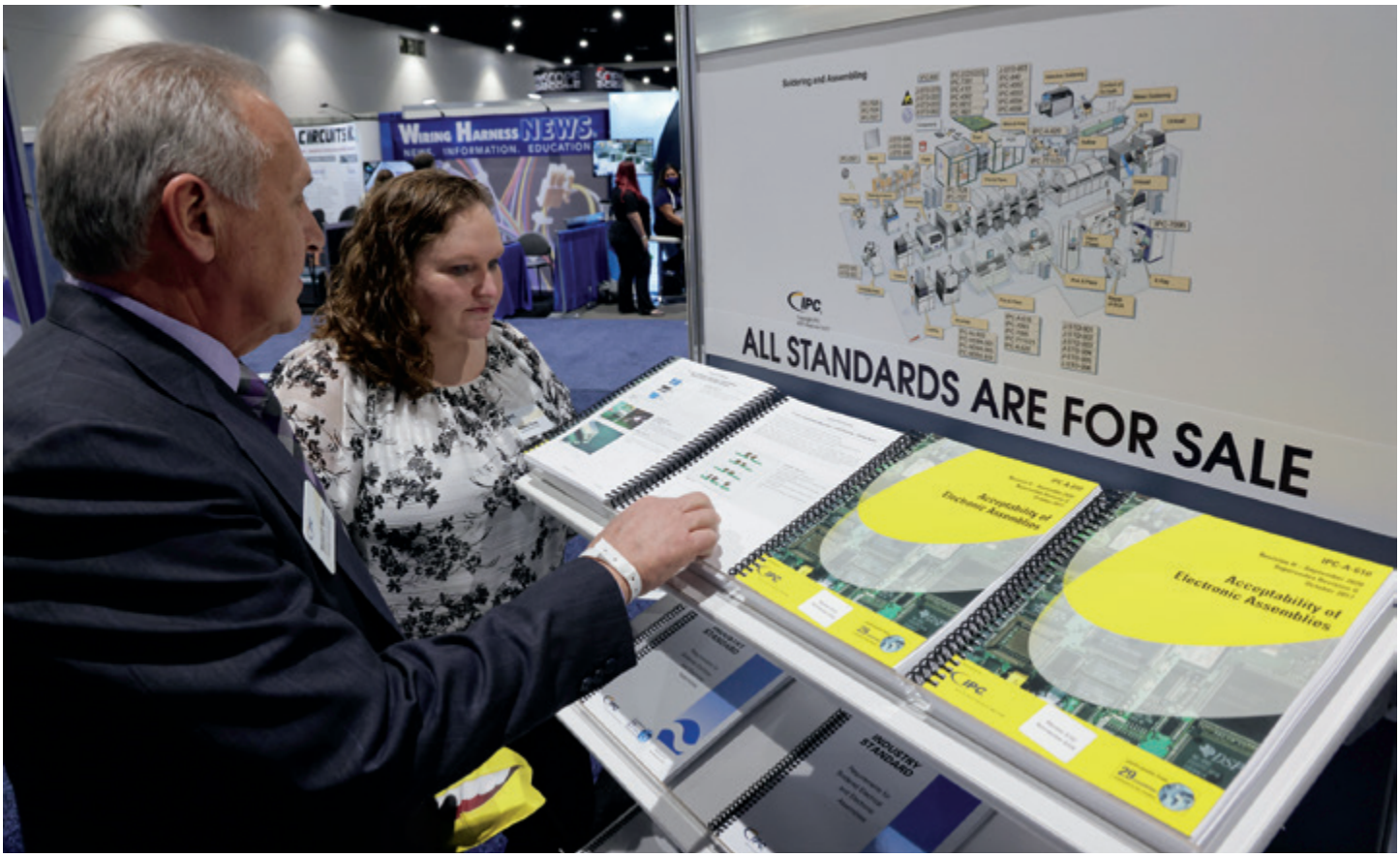
3000 多名电子行业专业人士参与了标准的开发。IPC 标准代表了全球供应链的集体智慧和最佳实践。

重要的是，所有 IPC 标准都是由志愿者开发的，确保IPC标准真正代表全球电子制造业，提供生产安全、可靠、高性能产品所需的信息，以确保可靠性和最佳实践。

IPC 标准开发的规则是什么?为了回答这些问题，本文将介绍从 PIN（Project Identification Notification）到标准发布的整个流程。

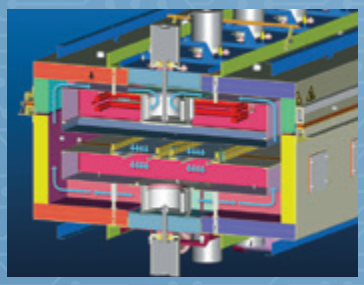
标准是如何创建的？

标准始于 PIN，由寻求开发具体标准（无论是指南还是规范）的任意行业成员团体提交。创建



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，是独特的可抑止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

BTU

www.btu.com

PIN 是为了响应对当前标准空白的需求，或者是对现有标准的重要修订。IPC 工作人员不编写 IPC 标准，但联络员——与委员会一起工作的经验丰富的 IPC 技术人员，在流程的每一步都会协助委员会成员。联络员了解该行业，具有创建标准委员会、确保标准能够出版的特有能力。

IPC 工作人员提交 PIN 后，将其发送给技术活动执行委员会（Technical Activities Executive Committee，TAEC）全球组，该小组对 PIN 进行初步审查，然后将其提交给 TAEC 标准开发监督委员会进行最终批准。TAEC 成员坚持标准化原则，表明标准应该：

- 显示与可制造性设计（Design for Manufacturability，简称 DFM）和面向环境设计（Design for the Environment，简称 DFE）的关系
- 缩短上市时间
- 包含简单（简化）语言
- 只包含规格信息
- 关注终端产品性能
- 包括关于使用和问题改进的反馈系统

但是标准不应该：

- 抑制创新
- 延长上市时间
- 禁止其他人参与
- 增加循环时间
- 告知如何制造产品
- 包含任何不能用数据保护的东西

一旦 PIN 被批准，文档就会成为标准草案，这一过程可能需要长达 3 年的时间，在发布的过程中需要进行详细而艰苦的工作。幽默感是必不可少的，就像具有朝着行业共识努力的意愿一样必不可少。

正如组装与标准技术高级总监 Teresa Rowe 所说，“当我们花了大量的时间争论‘should’或‘shall’的区别时，我确实听到过诸如‘这是折磨’之类的反馈意见，也看到委员会会议的新成员被这个过程搞得不知所措，不知道如何处理标准开发和编辑的繁琐工作。”

Teresa 在加入 IPC 之前，已经在行业中工作了多年，多次荣获 IPC 标准开发奖项，具有对所有参与者都有益的丰富经验。她强调了行业共识的必要性，指出“有时成员们带着先入为主的想法，期望从这个过程中得到他们想要的东西，标准开发是需要学习的过程”。

她说："如果整个委员会都同意我们所做的选择，我们总是会对新的说明和标准的变化持开放态度。如果我们遇到困难，某项标准停滞不前，我们愿意互换主席和委员会成员的角色，以达成共识。"

IPC A 团队是现有 IPC 工作小组中规模相对较小、专门的志愿者小组，他们代表各自小组承担大量工作。他们的创造力体现在团队的名字上。例如，最近两个 A 团队的角色互换了：IPC A -610 A 团队（"从这里看很不错"）与 IPC-J - STD -001 A 团队（"脚趾宿醉帮"）的领导者互换了角色，创建了"看起来像宿醉 A 团队"，这个团队正忙着就这些标准达成共识。

在标准草案之后，文件进入行业审查的最终草案 (Final Draft for Industry Review，简称 FDIR) 阶段，此时，意见可能来自原始小组的内部和外部，随着文件接近批准阶段，意见通常会变得更加"激烈"，编辑过程也会变得紧张。Teresa 说："在这里我们发现委员会成员注重细节并享受该过程，他们会寻找开发标准的最佳方法。"

在 FDIR 之后，文件进入提议标准投票（Proposed Standard for Ballot，简称 PSB）阶段，发起小组对其发布进行投票。当一份标准最终确定并通过投票程序（可能涉及否定投票决议阶段）后，通常会在 IPC SummerCom 或 IPC APEX-EXPO 展会举行庆祝活动。

标准开发过程虽然艰难且耗时，但也为行业成员提供了特有的机会，使他们能够聚集在一起，建立关系，参与联谊活动，提升其职业生涯。IPC 有幸拥有来自行业各领域和全球各地的委员会成员，确保 IPC 标准受益于广泛多样的知识库。

Robert Bosch GmbH（德国）公司 Udo Welzel 任 IPC 技术计划委员会联合主席，强调了电子制造标准需求的 3 个关键方面。"首先，标准的开发会加速创新，使其成为最先进的技术。其次，质量改进也随之而来，减少了供应链中的摩擦，因为如果我们朝着相同的标准努力，问题就会更少。最后，还能节约成本——共同的目标和要求可以避免供应链中的额外成本。"

SF Rak 公司的 Stanton F.Rak 博士是 IPC 技术计划委员会主席，20 年来一直积极参与标准开发，他说："标准可将一切联接在一起，供应商和 OEM 都参与开发，每个人都有机会提出意见，如果他们有共同的目标，将使整个行业更加高效。"

Teresa 表示，年轻一代对标准开发活动充满激情，这对行业来说是非常积极的。"我们发现新兴工程师具备如此多活力，可从其年轻、活力和看待事物的新方式中受益。希望通过开发标准，以有助于其职业生涯的方式使他们受益。"

IPC 标准开发活动向任何想要参与的人开放。IPC 技术转让主管 Chris Jorgensen 说："从专业角度讲，我们的工作组成员说他们能从参与 IPC 工作组获得最好的免费教育。通过参加这些工作组，你可以与其他对你感兴趣的主题有直接兴趣的人坐在一起。在标准开发过程中，你将与其他行业主题专家一起积极参与，就该技术领域的最新进展进行交流。"

“此外，当标准发布时，你将把你对为什么和如何进入标准开发的直接经验带到公司，包括需求推理。这将使你与那些没有参与的人区别开来，他们需要自己解释标准。”

如何参与 IPC 标准开发

由于 IPC 有成熟的标准工作组网络，以及一套一致的流程来指导所有工作组开展工作，因此参与 IPC 的标准活动既简单又直接。PCB 标准及技术主管 John Perry 指出：“参与是最容易的部分。IPC 并不是真的寻找人们加入委员会，成为旁观者或仅仅是一名观察员；我们希望人们贡献其时间、精力和专业知识来开发有价值的行业标准。这通常意味着大量艰苦的工作，参加面对面会议和线上会议，审查草案，提交意见，努力解决这些意见，并最终对文件进行投票。有时这可能会让一些成员感到沮丧，特别是当小组共识与他们在特定主题上的立场不一致时。”

他继续说，“不过，最终，委员会成员一次又一次地告诉我们，为开发他们及整个行业同行可以依赖的行业标准作出贡献，并确保其公司的利益在标准中得以体现，这比回报本身要多得多。”

有关如何参与 IPC 标准开发的更多信息，可访问 IPC 委员会主页：ipc.org/committee-page。有关 IPC 标准内容或其他技术咨询的问题，可联系 Answers@ipc.org。

PCB007CN

PCB行业大中华区首家！ UL Solutions授予生益科技长期老化测试CTDP实验室资质

2023 年 3 月 28 日，享誉全球的产品安全事业专家 UL Solutions，与广东生益科技股份有限公司（以下简称“生益科技”）举行了 UL LTTA CTDP 认可实验室授牌仪式。双方通过 UL LTTA CTDP 实验室项目，进一步加强战略合作关系，有助于行业安全测试技术的深入研究和持续进步。

生益科技集团董事长刘述峰，集团总裁陈仁喜，集团研发中心总裁曾耀德，UL Solutions 全球高级副总裁，测试、检验和认证事业集团消费类产品总经理 Ghislain Devouge，UL Solutions 副总裁，全球消费电子与医疗事业部总经理于秀坤等众多专家出席了本次仪式。

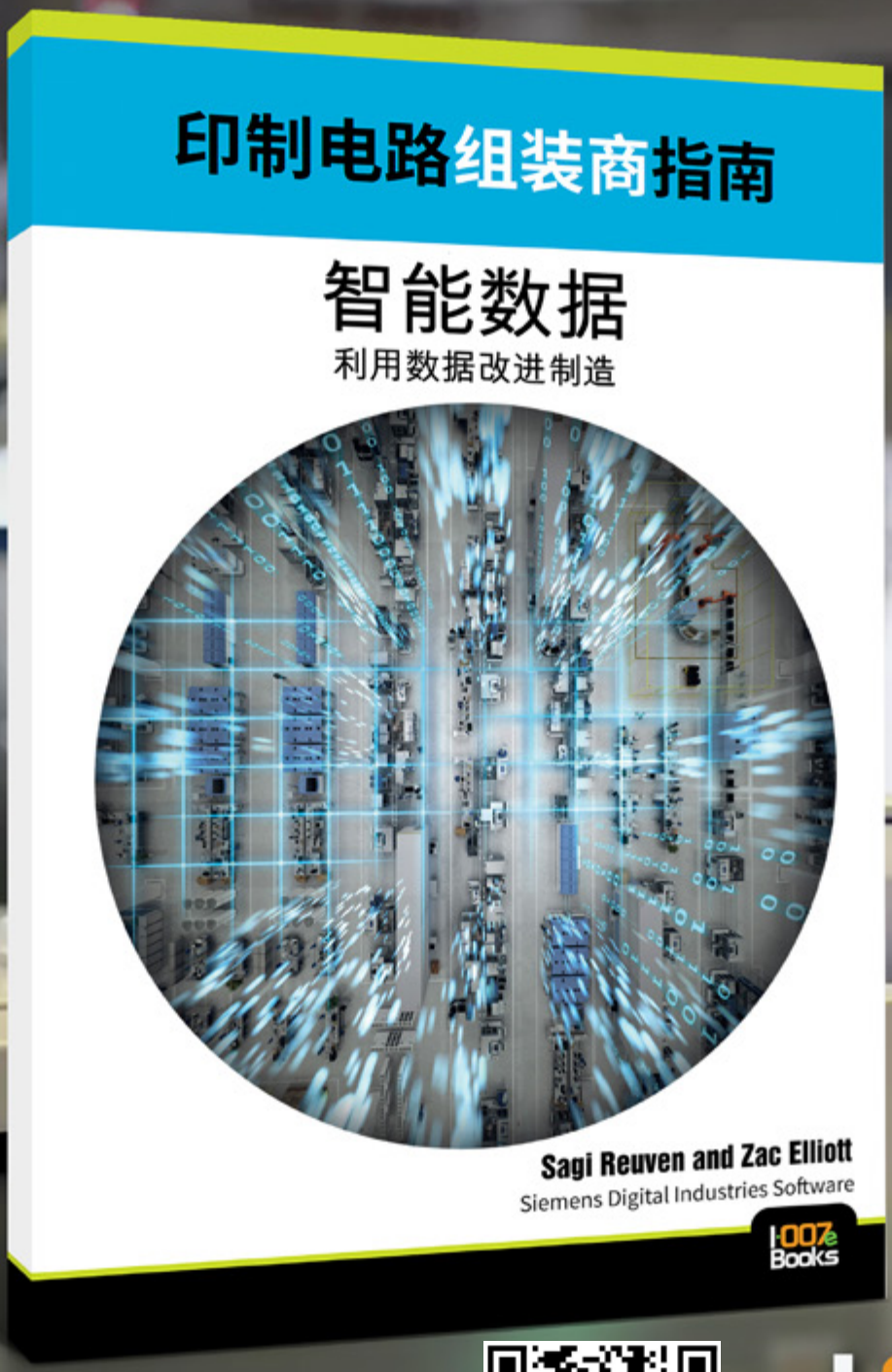
CTDP

CTDP（Client Testing Data Program 客户测试数据计划）是客户利用自己的测试设备和人员进行测试，并提交测试数据，经认可后依据这些测试数据颁发 UL 认证证书的计划。LTTA（Long Term Thermal Aging 长期热老化）CTDP 实验室是 UL 第三方测试数据接受计划中前期评估时间最长、技术要求最高、测试时间最长的一种，获准申请 UL CTDP 实验室资质，意味着实验室具备完备的产品安全测试能力。

更多详细的内容，请点击这里。

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

全球性组织 IPC 发布地区动态

北美地区

by **Brian Knier**

市场营销、会员成功及销售副总裁

Gnomeapalooza 组织 IPC-A 团队开展标准开发活动

2022 年 10 月在 IPC 总部举行的 Gnomeapalooza 欢迎 A 团队成员合作编辑及修订支持电子制造业的许多重要标准。IPC-A 团队由 IPC 工作组中的小型志愿者组组成，工作组承担了大量工作。该活动以 IPC 虚构的 TechNet Gnomes、Clumpy 和 Kloumpios 命名，他们为漫长而细致的标准开发过程带来了一点喜剧色彩。可以在 Instagram 上找到 Gnomes（@clumpyandkloumpios）。本着有趣的精神，A 团队的名字富有创意和趣味。以下是几个示例：

- **Bottoms-Up**：A 团队审查文件并确定需要更新或改进的章节。为每个章节或分章节分别指定一名成员。
- **Pillow Fighters**：审查团队成员提供的所有公开行动项目和内容。确定需要进一步改进或专家参与的领域。
- **Champagne**：起草关于空洞的新白皮书。
- **Inkpendables**：完成了针对刚性应用标准的印制电子产品新标准草案的第一次审核。
  - **Traceblazer**：完成了印制电子产品之电子纺织品可靠性新标准的第一次审核。
  - **Wire Nutz**：开始新版本（F 版）的开发。审查延迟提交的反馈意见，创建了几个新的 A 级团队来解决问题，并开始工作。这个小组在 IPC-A-620E 被批准出版的同一天开会，值得纪念。

CHIPS 法案的实施，需要高度关注高阶封装

最近颁布的《美国 CHIPS 和科学法案》（U.S.CHIPS and Science Act）仅在 2022 财年就授权至少 25 亿美元用于新设立的国家高阶封装制造计划。2022 年 10

寻求方案
解决各种清洗需求的挑战

为您解决独有的挑战

我们科学团队热忱且致力于创新与建立永续有效的清洗技术，
与我们协同合作，创建属于您的清洗技术
即为科技与关注结合的展现。

浏览 **KYZENANSWERS.COM** 或莅临我们
在慕尼黑上海的展台# W5-5602 以获取正确的清洗技术

KYZEN
Where Science and Care Converge.

KYZEN.COM

享誉全球的环保清洗技术

月，半导体、微电子、IC 载板、PCB、EMS 和 OSAT 头部企业的领导人与美国政府及欧盟委员会在华盛顿特区参加了首届 IPC 高阶封装研讨会。目标是建立 IC 载板和封装组装生态系统，讨论如何增加高阶封装生产能力和提高产能，以配合半导体芯片的扩大生产。

为期两天的活动吸引了来自北美、欧洲和亚洲 10 个国家的 153 名与会者，100 家公司和组织派出了高管、政府、行业和学术领袖，以及商用和国防电子领域的代表参加。

在墨西哥开展培训及建立联系工作

IPC 教育团队一直在墨西哥提供西班牙语专业培训课程、认证计划，以帮助当地公司达到行业标准。在 IPC 墨西哥总监 Lorena Villanueva 的帮助下，IPC 与主要公司启动了试点项目，以帮助他们实现更好的质量、更低的成本和更高生产力。IPC 还参加了 Guanajuato 州 Leon 的 AutoSummit 峰会，会见了墨西哥汽车工业最重要的产业集群地 Chihuahua 和 Guanajuato 的地方政府。

欧洲

by **Sanjay Huprikar**
欧洲及南亚高级运营总裁

2023 年加入欧洲电子共同体

2022 年，我们在欧洲开展了一系列会员支持活动。除了按照 IPC 标准认证创纪录数量的欧洲公司外，不断增加的员工积极参与了许多领域的活动，从国际贸易展会、区域技术会议到当地的“IPC 日”，为布鲁塞尔的欧盟决策者和 IPC 会员之间的重要讨论提供便利。我们经常合作的行业领导者反应是一致的：“我们热烈欢迎 IPC 加入我们的社区；对标准、教育、宣传和解决方案的需求从未如此迫切”2022 年 5 月，IPC 法律实体 IPC Electronics Europe GmbH 的成立对活动的推广起到了重要的推

动作用。

我们将在 2023 年迎来令人兴奋的又一年，将帮助构建电子社区并自豪地为电子业界服务。我们的主要目标之一是增加 OEM 志愿者的数量，为 IPC 标准开发活动作出贡献。在继续与航空航天、汽车、工业和医疗领域合作的过程中，大力推动建立共识、全球、公平和开放的进程将是关键重点。此外，我们将致力帮助行业开发新材料、电动汽车和工厂自动化等领域的新标准。我们的团队希望在新的一年里加强这些行业活动。

手工焊接比赛在欧洲继续受到欢迎。他们适当地强调了 IPC-A-610 等全球关键标准以及技能发展的重要性，而技能发展是欧洲劳动力发展重点的关键组成部分。2022 年，我们在爱沙尼亚举行了第一次区域比赛，加入了 IPC 过去几年在德国、法国、匈牙利、波兰和英国举办的常规比赛行列。2023 年，我们计划在意大利、土耳其和瑞士增加比赛。这些都是可能的，因为我们得到了当地 IPC 认证培训中心的大力支持和贡献。

IPC 的全球举措之一是向前沿高阶封装技术靠拢。在实际层面上，它将最终帮助我们的 PCB 会员扩展到 IC 载板领域，EMS 会员扩展到 OSAT 领域。这对欧洲通过推动更多的区域供应链来提高其供应链弹性都很重要。我们的政府关系和解决方案团队将在整个欧洲率先推动实现这一目标。首先建立由思想领袖、技术专家和政府官员组成的社区，他们最终需要共同努力，为实现这些转变的各种项目和创新确定资金。我们计划在年中召开一次研讨会，将这些小组召集在一起，以便他们能够相互学习和分享。

欲了解更多信息，可通过 PhilippeLeonard@ipc.org 联系欧洲运营高级总监 Philippe Leonard。

亚洲

by **Sydney Xiao**
IPC 亚洲总裁

庆祝会员增长及参与

2002 年，IPC 在中国上海设立了第一个海外办事处，这是电子制造业全球化的结果。经过 20 年的发展，IPC 亚洲已发展成为一支拥有来自大中华区、日本、韩国、泰国和越南的 40 多名员工的国际团队。办事处在中国上海、深圳以及台北均设立了办公地点。得益于电子行业的快速发展，IPC 在亚洲已拥有 850 家会员。

IPC 亚洲一直专注标准的本地化。其团队每年都会选择国际公认的标准，然后将其翻译为亚洲语言。它必须准确且有意义，这不是

IPC 亚洲实习生项目获奖者
肖煜婷及杨嘉惠

一个容易的过程。我们在中国建立了 10 多个标准工作组；日本最近成立了第一个区域工作组；韩国的第一个工作组将于今年启动。目前，亚洲有 600 多个工作组。除了对现有标准作出贡献外，还开展了一些新标准的开发活动。

我们还在中国、泰国和越南设有培训中心，并通过日本和韩国的合作伙伴提供培训认证服务。目前，亚洲每年约有 6000 名行业专业人员参加 IPC 培训和认证。

自 2016 年以来，许多公司在 IPC 的合格制造商名单上获得了一席之地。他们一致认为，这有助于他们改进制造流程，以获得客户认可。

CEMAC 是我们在中国的标志性年度活动，我们已举办了数十场分享最新信息的行业研讨会。由于疫情，2022 年的 CEMAC 活动不得不推迟，但我们期待着在 2023 年的回归，会员们可以在这里交流行业的最新发展趋势并继续相互之间的联谊。

除了技术和管理创新，我们的行业还需要源源不断的人才。2020 年，IPC 亚洲学者计划面世，旨在将顶尖学生与电子行业最具创新性和影响力的公司联系起来。学者计划为学生提供了有意义且具有挑战性的实习机会，以培养他们的能力。在 TTM Asia 公司团队的支持下，100 多名学生完成了实习项目。

最后，我们以庆祝会员成功为核心价值观，创建了亚洲会员在线社区，会员可以自由表达自己的观点并讨论问题。现在有 1000 多名注册成员。我们认为，数字化和汽车电子是亚洲会员最关注的问题。

如果您对 IPC 亚洲区的活动感兴趣，可通过 sydneyxiao@ipc.org 联系 IPC 亚洲区总裁 Sydney Xiao。

印度

by **Gaurab Majumdar**
IPC 印度执行总监

印度参加 IPC APEX EXPO 2023 展会

IPC APEX EXPO 首次为 16 家印度公司设立“印度馆”。该倡议由印度政府工商部发起，电子和计算机软件出口促进委员会（ESC India）实施。印度馆的主要目标是促进提升印度的电子制造能力，并为印度企业提供展示其优势的平台。该展馆包括电子领域如 EMS、线束、材料供应商、设计公司和 PCB 制造商的印度公司。

集成电子制造和互连（IEMI）

IPC 于 2022 年 8 月 2 日在新德里、8 月 4 日在班加罗尔举办了首届集成电子制造和互连（Integrated Electronics Manufacturing and Interconnections，简称 IEMI），以庆祝 IPC 为印度电子制造业服务十年。约 1000 名与会者参加了 200 多场企业对企业会议、专家演讲、小组讨论、技术会议、产品和服务展览、最终技能挑战赛。第二届 IEMI 活动定于 2023 年 8 月 1 日在 Chennai 举行，2023 年 8 月 3 日在 Pune 举行。

IPC 技能挑战计划的新维度

IPC India 首次为会员公司举办了线下手工焊接、线束和 PCB 设计技能挑战赛。2022 年 1 月至 4 月，100 多家公司的 1500 名员工

参加了第一轮比赛。每家公司的前 3 名选手参加了 2022 年 5 月至 7 月举行的半决赛。半决赛在印度的不同地点以及科伦坡（斯里兰卡）和迪拜（阿联酋）举行。会议期间举办了研讨会和会员联谊活动，以提高对 IPC 标准和技能发展的认识。最后一轮比赛在班加罗尔 IEMI 期间举行。

行业参与标准开发

IPC 印度最近成立了 IPC 标准开发部门，与来自印度的行业志愿者合作，帮助修订现有 IPC 标准并开发新的 IPC 标准。考虑到印度的 ESDM 增长，IPC 印度成立了电子制造设计区域委员会。第一次委员会会议于 10 月 18 日在班加罗尔举行，形成了以下工作领域和分领域：

主要领域	分领域
IoT	针对IoT基设计的PCB设计标准 ● 军用 ● HDI传感器
电动汽车	PCB组件热量管理
	降低汽车应用元器件额定功率指南
EMI EMC	界定PCB级最佳设计实践的标准

印度IPC验证服务

IPC India 帮助支持 IPC 的验证服务计划，帮助 EMS 供应商及其供应商优化整个供应链的产品质量、可靠性和一致性。在美国审计师的支持下，IPC India 对两家印度公司进行了标准差距分析，这两家公司都列入了 IPC 合格制造商名单（QML）。PCB007CN

IPC 印度区域设计委员会于 2022 年 10 月 18 日在 Karnataka 班加罗尔举行首次会议，启动了任务和区域工作组

Schweitzer 谈 构建内部强大优势

by **Nolan Johnson**
I-CONNECT007

Schweitzer Engineering Laboratories（SEL）正在建设生产和组装 PCB 的新专属工厂。在这个行业的早期，拥有专属工厂是一种常态，但在 20 世纪八九十年代这种模式就不再受欢迎了。

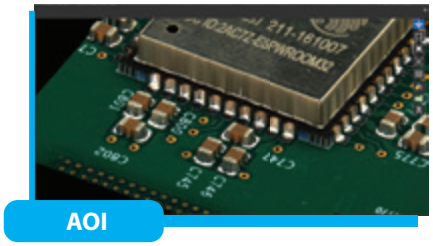
Nolan Johnson 采访了工程设计总监 John Hendrickson、安全副总裁 Frank Harrill、垂直工程设计高级主管 Jessi Hall，就专属 EMS 工厂的思维模式进行了坦诚、深入的讨论。本次采访内容分为两部分，第 1 部分已刊登于《PCB007 杂志》，本文为第 2 部分。

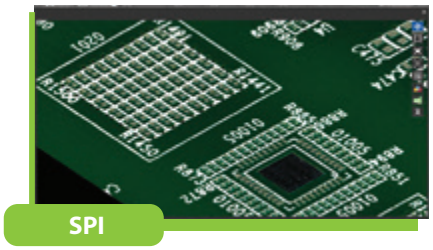
Nolan Johnson：*Schweitzer 目前正在建造专属工厂。现在北美并没有太多这样的专属工厂，所以我认为您对这种运营模式的看法是独特的且有洞察力。当贵公司全力服务唯一客户时，您如何看待当前市场？*

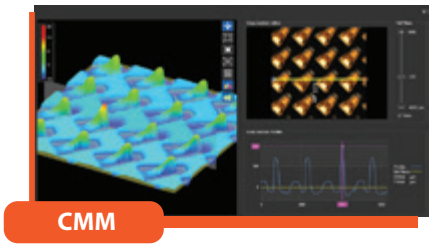
John Hendrickson：既令人兴奋又充满挑战。通常，美国的普通工厂都有很多客户，这些客户有他们的需求，且总是推动工厂寻找和研

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。







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.

究生产能力或新领域。对我们来说，因为只有一个客户，所以面临的挑战是如何主动解决问题。我们必须全面了解下一级下游供应商向设计工程师提供的内容以及其对公司产品开发的影响。

令人兴奋的是，我们与研发人员的合作更加紧密，很早就融入了项目团队，因此了解挑战以及为解决这些挑战而使用的元器件。

John Hendrickson

我们还需要进行大量的前瞻性研究，帮助推动制造领域的设计；我们正在推动一致性和简化设计。行业中有很多流行语，如 HDI、盲埋孔、顺序层压等，这正是进一步审视产品可靠性的时候。我们真的需要达到这些技术水平吗?如果这样做了，必须考虑这些技术对可靠性的影响，因为这些产品要运行 20 多年。

***Johnson：**目前行业的大多数 EMS 服务商必须在很多方面都相当出色。相比之下，贵公司却有一系列的约束。*

Hendrickson：我们确实有多种产品组合。我们可能会决定不投资某项技术，比如只适合小批量生产的技术就不存在投资的理由。如何平衡投资与控制专属是挑战的组成部分。

***Johnson：**所以，你们不一定总是在自己的工厂里完成所有生产工序?需要偶尔外包吗?*

Hendrickson：是的，当某种特定技术只满足少量的产品或极低总产量的产品时，会采用外包。

***Johnson：**还有其他考虑因素吗?*

Frank Harrill：网络安全一直是 SEL 的核心，这是我们自 1982 年以来一直强调的（那时“网络安全”甚至还没有成为术语）。垂直整合使 SEL 能够扩展当今已有的成熟网络安全保护伞，涵盖整个企业，直到第三方认证。这种方法使整个供应链都能受益。

***Johnson：**Frank, SEL 如何应对即将到来的 CMMC 要求?*

Harrill：CMMC 经历了多次迭代，公司现在已经完成了针对 CMMC2.0 版认证的准备；公司将先进行自我认证，并在未来进行第三方评估。我们已经在经历这些过程，例如，整个信息安全管理系统（Information Security Management System，简称 ISMS）已经通过 ISO 27000 的独立认证。整个公司安全开发生命周期也通过了 IC 62443 认证。CMMC 和 801-71 已直接映射到公司的 ISO 27001 ISMS 流程。

***Johnson：**CMMC 对整个制造链具有特有的渗漏效应。我认为这对 Schweitzer 很重要，因为贵公司的终端产品以及供应商最终也将受到 CMMC 的审查。*

Harrill：没错。在这种垂直集成方法中，这种影响不仅仅是向下流动，需要确保在制造的各个方面满足要求来控制。SEL 与每家供应商都

保持长期、密切的合作关系。

例如，我们每年在华盛顿的 Pullman，邀请数百名供应商参加为期多天的供应商会议，在会上，我们不仅会明确 SEL 的目标，而且会明确实现这些目标的原因和方式，这些目标与合作范围内 CMMC 已经达到的高标准相一致。在适当的情况下，CMMC 标准将成为这些目标的组成部分。

Frank Harrill

Johnson：贵公司计划获得哪项 CMMC 认证?

Harrill：这取决于具体情况。实施将有所不同，因为我们有不同的环境和不同的规范。在某些环境下，要求我们通过三级控制认证。

Johnson：John，我很好奇，专属工厂如何最好地利用唯一客户关系来优化公司流程?

Hendrickson：这可以追溯到真正的集成，并将我们的设计能力反馈回客户。在某些情况下，这看起来像是预测需求、简化设计。我们很早以前就开始了这一历程，了解如何最好地设计产品以满足目前的制造要求。我们在研究和开发的设计实践中融入了这一点，做得非常好，可以不断发展我们的能力。我们不仅考虑了当时的需求，还考虑了未来 5—10 年的需求，选择了能够满足这些需求的设备和流程。

Jessi Hall：我们处于特有的地位。不仅在同一屋檐下进行研发，而且还能调用 PCB 组装人员。从设计到组装再到终端产品，我们能够真正了解过去、迎接挑战。

Johnson：贵公司是否也在简化组装侧的流程?

Hall：是的，我们正在设计和制造电路板，以简化组装实践和工艺。

自动化

Johnson：自动化在建设工厂方面发挥了多大作用?在寻找操作设备的人才时，是考虑因素之一吗?

Hendrickson：我们不是为了自动化而专注自动化。我去过全球各地的 PCB 工厂，我看到了他们的帕累托缺陷表。搬运损坏通常为产生缺陷的第一项原因。

在 SEL，我们专注员工工作的质量和尊严。这些是推动自动化的初衷。是的，工厂是高度自动化的。大多数生产线都有装板机和卸板机，但我们故意让某些区域不自动化，比如钻孔设备或 AOI。最终检测区域仍然是手动的，因为我们希望确保不仅仅是为了自动化而自动化。我们希望学习这个过程，确保如果自动化，那么它是以正确的方式完成的。

Hall：重点始终是员工的安全。如果有更安全的技术，无论是针对人体工程学还是为避免潜在的危险，我们都希望实现自动化。当然，质量是其次。这就是我们在制造中一贯的操作模式，我们也将这种理念带入了这家工厂。

Johnson：如果技术发生重大变化，你们将

如何应对? John，如果你们需要发展加成法工艺怎么办?

Hendrickson：好问题。我们已经为我们的计划流程设计了入口点，因此可以在目前流程不受干扰的情况下做到这一点。我们的工艺流程良好且是线性的。如果我们过渡到类似于加成法工艺，产品流程将略有不同。我们已经提前考虑到了，在不同的地方引入技术，这是工厂设计的组成部分。此外，工厂还留有余地，计划随着时间的推移不断扩大这座工厂，并且不断审视目前的技术，在发展到不同阶段时，做出增加适当设备的决策。

Jessi Hall

组装

Johnson：贵公司现在有满足目前需要的设备，而且也有说明未来 5~10 年的时间里应该如何添加、更换或改进新设备的发展路线图。你们预测到了技术变革的方向。组装领域是否有类似的计划?

Hall：有非常类似的计划。

Johnson：你认为组装领域即将面临的技术挑战是什么?贵公司有何计划?高阶封装是否起到了作用?

Hall：这是我们在制造环境中持续关注的领域。

Harrill：这种垂直整合的另一个特点是反馈回路短，意味着持续的反馈和对风险以及机遇的持续扫描。与研发、商业情报部门、安全团队以及供应商质量和开发团队紧密结合，所有这些合作都有助于控制生产的方方面面。

Johnson：你们是通过专门团队工作组的方式来做实现这个目标吗?这种方法听起来很有条理、更正式化。

Harrill：是正式的，这些团队都是紧密合作的敬业团队，我们努力以与每个组织相同的方式进行全方位沟通，但我们在这样做时要特别小心，以免造成信息孤岛或意外。我们一直在努力实现正确的跨团队协作水平，这正是我们一直并将继续取得成功的方式。

Johnson：听起来你们投入了相当多的精力来确保公司是经得起未来考验的。

Harrill：我们必须这样做。这是其他行业不一定会看到的，但必须牢记这一点，因为我们的产品寿命长，需要具备弹性，在选择元器件和技术时需要非常谨慎。许多产品是用于客户难以进行更新和升级且成本高昂的地方。我们设计产品时，需要考虑使其能够在艰苦、难以到达的地方运行多年，必须考虑到产品设计和安全控制的各个方面。

专属工厂中的 CAM

Johnson：大多数 PCB 制造或组装场所都是工作场所，对吧?无论是针对少数产品的大批量生产进行了优化，还是针对小批量多品种进

行了优化并能够快速完成大量小型作业，他们都需要管理大量客户。你们不需要。他们的挑战是什么?同样，如果自己的内部供应链中的产品需求出现波动，如何在制造和组装过程中保持产品平稳、一致地运行?

Hendrickson：这是 SEL 在所有制造工厂中做得非常好的一件事，今天我们的员工达到了一定的水平。我们对全年的产品产量有期望，员工也做到了这一点。如果这种情况有所起伏，我们就有很多培训机会。我们特别注重交叉培训，包括组装和研发人员。我们的目标是与这些团队进行交叉培训，让他们在我们的工厂工作，反之亦然。在生产出现起伏时，我们可以进行培训。或者可以从培训过的资源中抽选人力，因为他们现在很了解工作。当我们需要帮助时，可以去找他们，我们也可以在他们遇到挑战时给予帮助。

我们的理念是做出反应或计划，而不是仅仅做出反应。我们将在生产过程中快速转向，但由于与研发部门的紧密关系，我们至少会在两到四周后，甚至更长时间内知道这些事情即将发生，因此我们可以制定计划。我们可以拥有其他 PCB 工厂所不具备的更长的可见性。他们收到了一份订单，预计他们会生产；我们可以计划和管理这些订单，这样我们就有了物料，我们就能执行。拥有一个客户还可以使我们通过 CAM 集成大量工程数据。我们的目标是在一小时内完成一个订单的工程设计，并将其送至生产车间。当试图为 100 个不同的客户提供服务，这些客户以 100 种不同的方式提供信息，并且所有客户对如何设计有不同的理解水平，这时就无法做到一小时内完成一个订单的工程设计。这些是一些紧密联系的关系，将帮助我们取得成功。

***Johnson：**如何使一项作业在一小时内通过 CAM ?听起来需要在设计团队和制造之间建立密切的工作关系。每个人都必须确切地了解设计规则。*

Hendrickson：是的，我们的 CAM 团队也参与了设计。他们能够在原始数据准备好发送给他们执行之前对其进行审查并给出反馈。我们能够提前制定许多制造设计规则。这是工程团队做得很好的事情；他们很擅长在工具中预先实现这一点，这样就无需经常纠正。

***Johnson：**我把设计团队*

想象成一个典型的跨职能团队，在那里有工程师、设计负责人和 CAM 部门，以及制造和组装生产代表。他们在进行设计时，会面对面讨论关键设计决策。人们可以举手说："如果我们继续采用这种特定的方法，将会引发制造问题。"流程是这样的吗？

Hendrickson：是的，在我们的 PCB 设计过程中，我们从启动会议开始。我们称之为"初始点发布"，为设计收集所有输入信息，包括原理图、机械要求。我们所有的人员——电气工程师、PCB 设计师、机械设计师、装配测试工程师、工艺工程师和制造工程师都参与会议，以便他们能够了解数据并提前获得反馈。然后，经过开发周期，再进行一次安置审查，每个人都聚在一起，看看进展如何，确保一切进展顺利。当一切都结束后，还有一个最终的要点发布，他们再进行最后的审查，以确保考虑了所有具体要求，并且每个人都有信心产品可顺利通过制造阶段。

***Johnson：**显然，SEL 认为拥有专属工厂是一项好业务，特别是考虑到当前的地缘政治形势和供应链问题。你认为现在欧洲和北美拥有专属工厂比过去更明智吗？*

Harrill：是的，绝对如此，原因就在于此。我们越能回迁制造，就越能将任何类型的关键制造业带加本内，至少带回北美，就意味着更大的弹性和安全性。我们将在整个体系中获益，包括美国和伙伴国家的关键基础设施。

Hendrickson：我在 SEL 的 20 多年来，公司在北美采购电路板。我们一直在本国发展，因为我们一直都秉持这种理念。我们的总裁兼首席技术官 Schweitzer 博士和 CEO Dave Whitehead 认为，电路板不是商品；它是产品的关键组成部分，对 SEL 的成功非常重要。

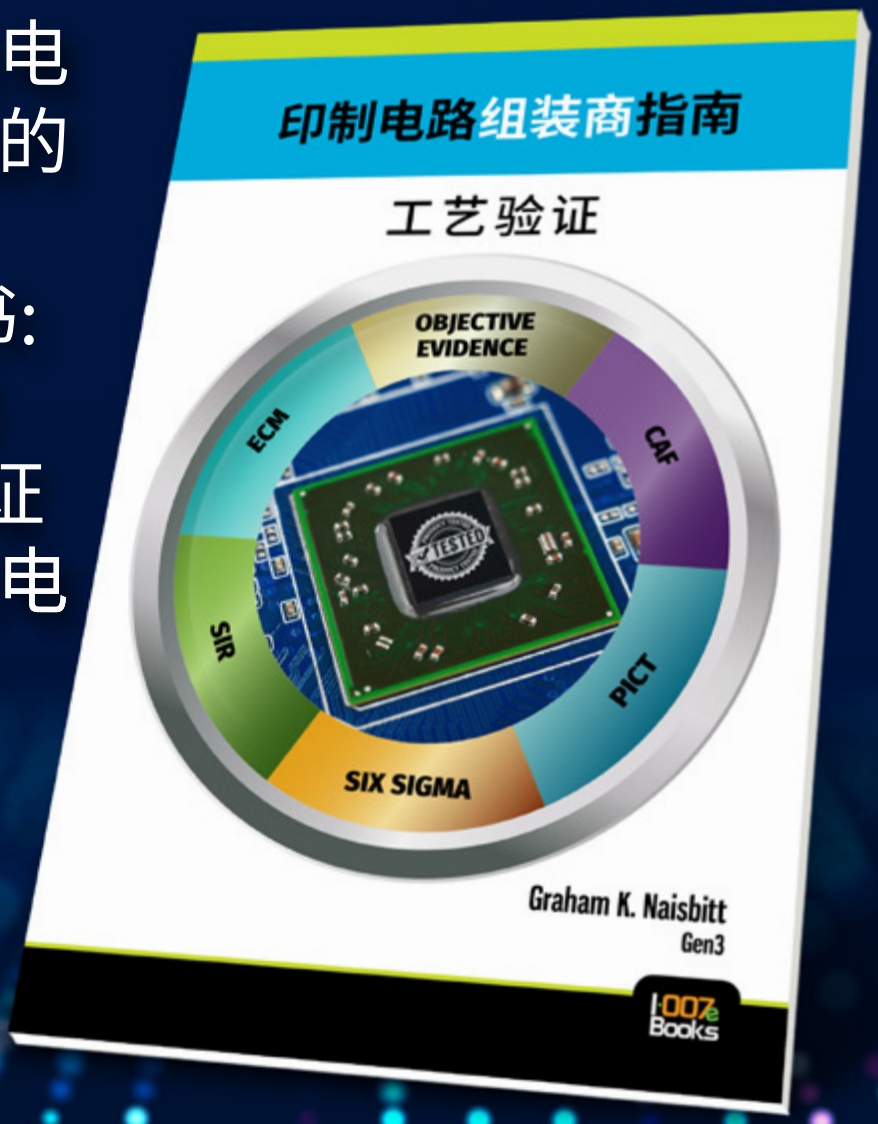
Harrill：这是一个很好的观点，John。除非不可行，否则我们优先从美国和北美采购产品。我认为，无论是现在还是将来，公司都有责任做出这样的选择。

***Johnson：**谢谢大家分享精彩的见解。*

PCB007CN

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

通过焊料管理减少散热片故障

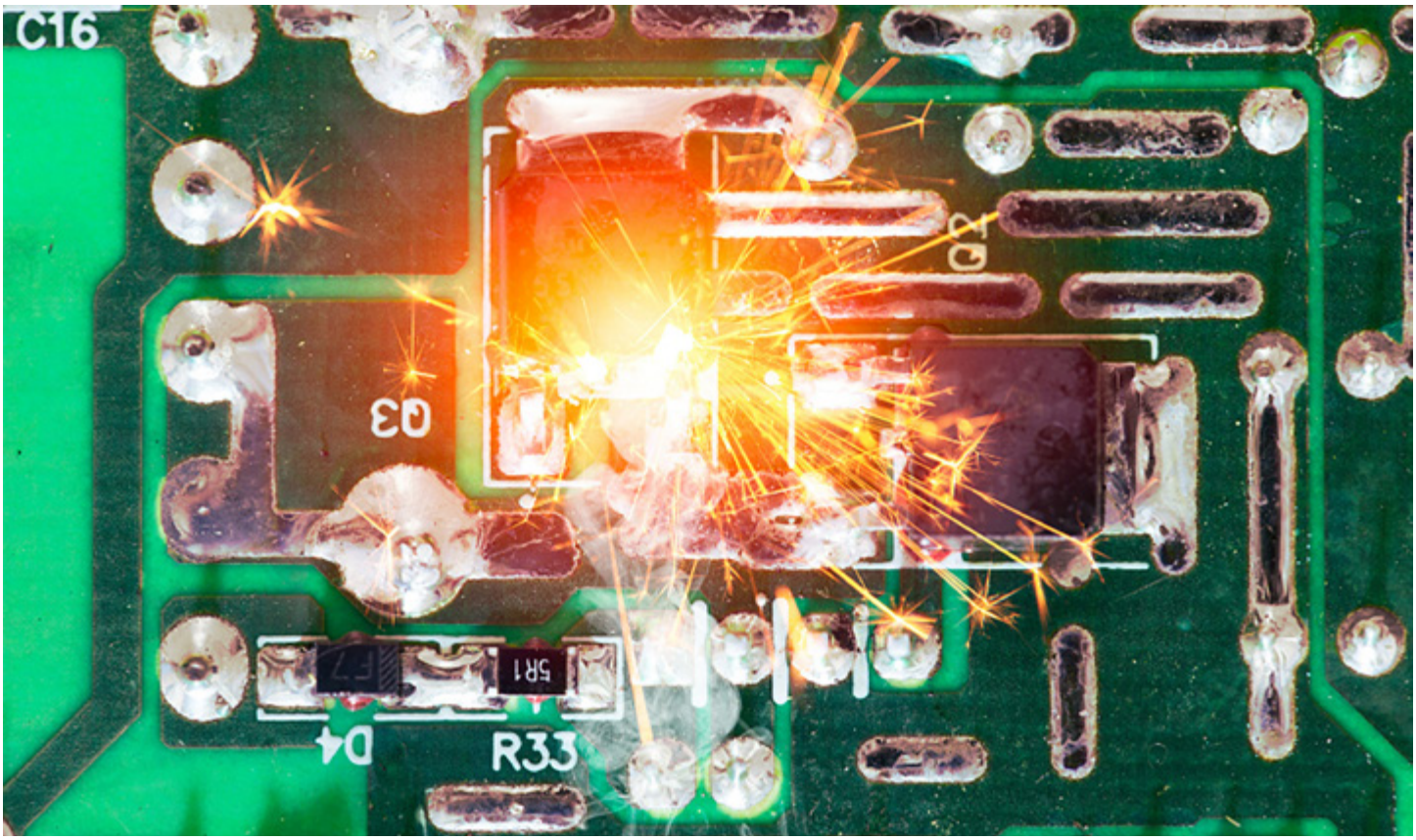
by Matt Stevenson
SUNSTONE CIRCUITS

散热片故障很难检测，尤其是在故障率低的情况下。但即使故障量很低，这类故障成本也会很快导致高达数千美元的损失。散热片故障的主要原因之一是散热焊盘的焊接不一致。考虑到可靠性问题的成本，找到改进途径至关重要。

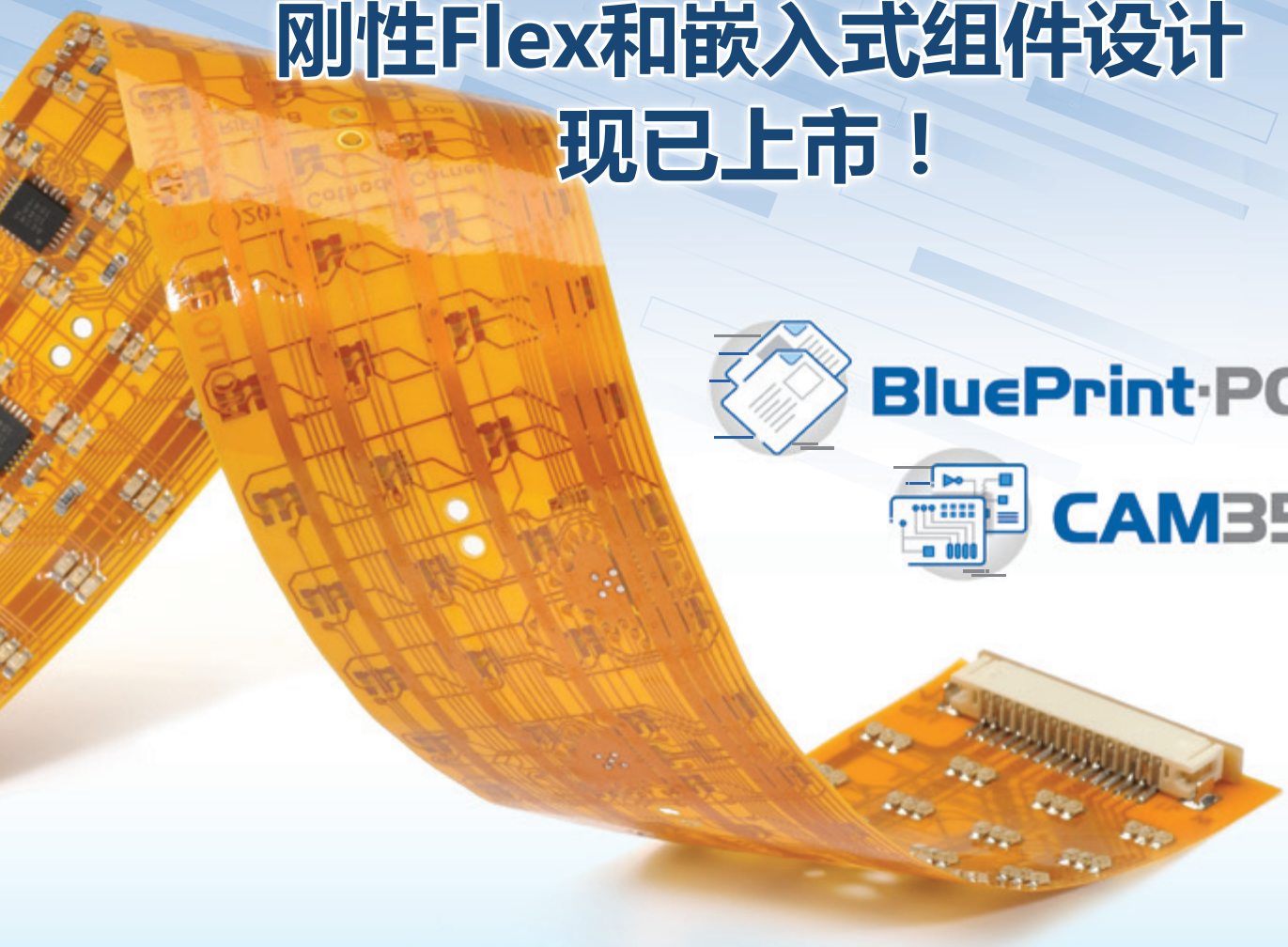
无法控制、无法预测的焊料

制造商推荐的标准散热片方法是在芯片下方的电路板两侧放置大的铜焊盘，然后将这些焊盘与通孔连接以传导热量，并使用焊膏完全覆盖焊盘以获得最佳热接触。但是，这种方法可能会导致其他问题。

焊料一旦熔化，可靠性就不可预测，每个电路板都面临散热片连接不良的风险。此问题行业普遍发生，以至于被接受，将其不良导致的报废作为不可避免的制造成本。导致可靠性问题的原因为通过通孔的焊料芯吸和大焊盘下



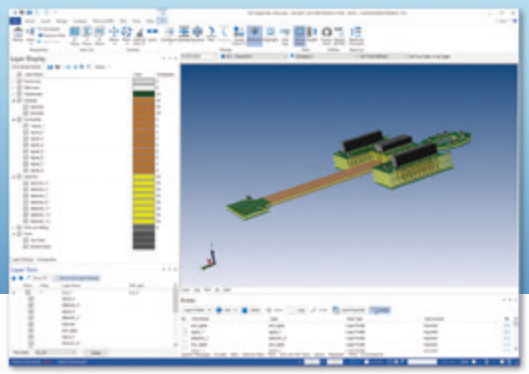
支持Flex
刚性Flex和嵌入式组件设计
现已上市！

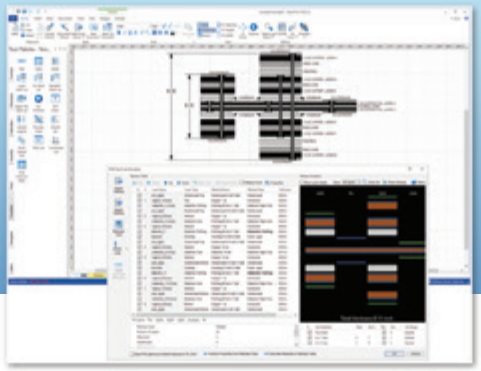


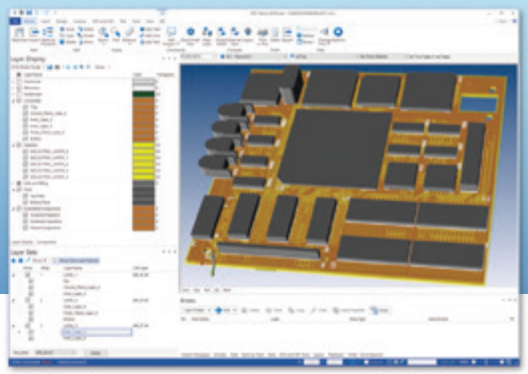
BluePrint·PCB

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







DownStream Technologies

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

©2021 DownStream Technologies, LLC. All rights reserved.

的焊料移动，故此有办法解决这一挑战。

焊料通过通孔

如果焊盘上覆盖着小孔，熔融焊料会通过小孔流到电路板背面。这将导致连接焊盘的焊料变少，焊料分布不均匀。芯吸会因板而异，导致一致性和可靠性出现问题。

常见通孔不是精密元器件，其上的镀铜量各不相同。有些可能比预期的宽，而有些则可能部分或完全封闭。相同 PCB 设计经过相同制造过程，但其产品可能具有明显不同的散热响应。

大焊盘下的焊料移动

需考虑回流焊过程中焊料移动的不可预测性。如果电路板翘曲或芯片下没有足够的焊料，毛细管作用会将焊料拉到芯片的一侧。尝试通过施加更多焊料来纠正这一问题，芯片可能会漂浮离开信号引脚。多余的焊料可能溢出焊盘，使焊料球与电路板其他区域短路或桥接。

穿过通孔焊料量的变化只会加剧问题，并阻碍通过调整使用的焊膏量来纠正问题。

找到解决方案

适当的解决方案需要解决两个不同的问题，但这两个问题都与焊料有关。首先，必须防止焊料通过通孔芯吸并最终到达 PCB 的错误层。其次，必须防止焊料移动超出其涂布区域。

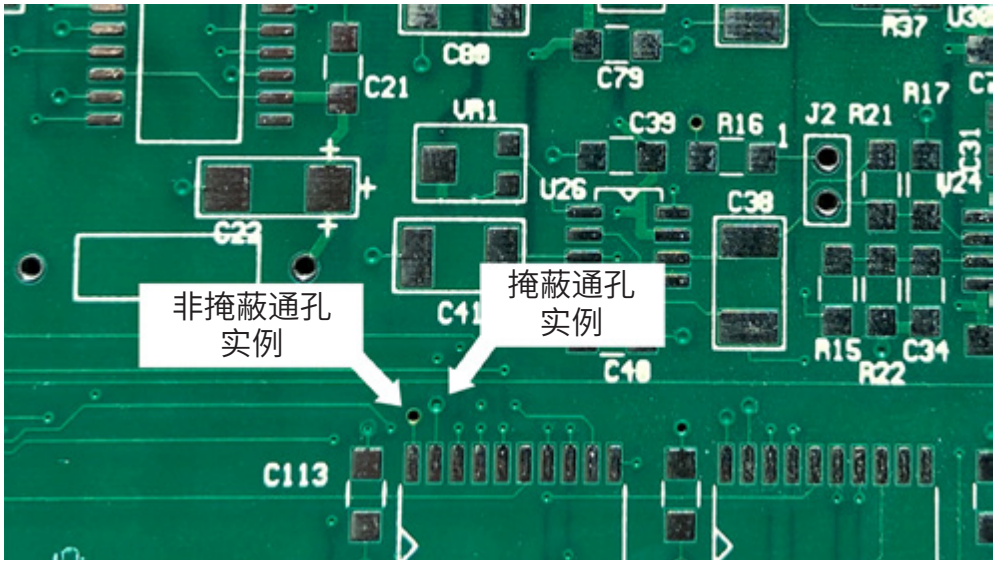
可以用两种不同的方法来解决这个问题：

1. 在焊盘上涂上阻焊油墨，并留出圆形“岛”开口，以便涂布焊膏。如果焊料在大面积内不起作用，则将该区域分成一组较小的区域。由于阻焊油墨将焊膏限制在其涂布区域内，可减少芯片连接电路板的焊料量，提高一致性。圆形焊膏开口比有锐角的开口可以更可靠地释放焊料，防止焊料球松动。

2. 用小的（小于 12mil）通孔围绕“岛”，用阻焊油墨掩蔽或覆盖这些通孔。从正在焊接的紧邻区域移除通孔并将其掩蔽，可以防止任何杂散的焊料向下芯吸到电路板的另一侧，同时仍可为下方的焊盘提供良好的热传递。将这些通孔尽可能靠近“岛”。由于制造公差，阻焊油墨掩蔽将可阻挡焊料芯吸至暴露的通孔上。

在实施此解决方案时，需记住几项关键规则：

- 确保芯片下的焊盘是实心铜平面，以分散热量。
- 为了最大程度地覆盖散热片，对焊料岛采用六边形填充图形。
- 阻焊油墨掩蔽应与抗蚀剂膜开口尺寸相同，确保足够的焊料以连接到芯片。



- 散热辐条会降低导热性，所以不要在任何通孔层上使用。
- 通孔应为阻焊油墨掩蔽，不得被堵塞或填充。阻焊油墨堵塞通孔中的环氧树脂可能不会完全固化，当遇到足够的热量，就会膨胀和喷发。

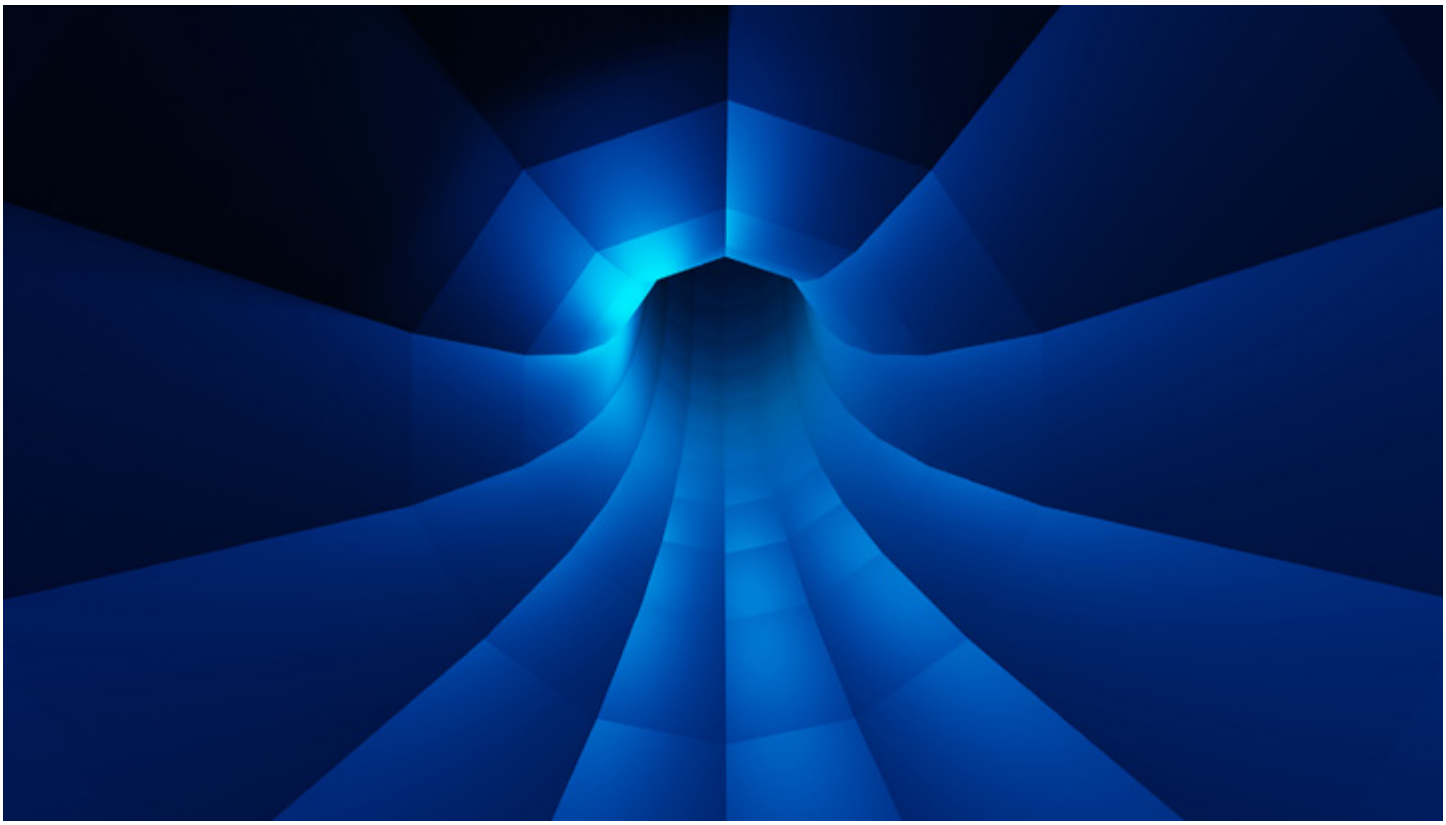
实施设计

实现该解决方案的最有效方法是将其作为封装定义的一部分，使其统一应用于所有类似的部件。但是，许多 CAD 封装不支持将通孔和铜平面直接添加到封装设计中。一种解决方法是创建方形 SMD 焊盘作为顶部和底部铜散热片，以及将小的电镀通孔焊盘作为通孔。然后，可以在元器件定义中将这些引脚设置为不连接引脚。可能还需要为这些引脚创建定制焊膏和阻焊油墨。

如果遇到可能由散热焊盘焊料引起的故障，可在下一个项目中尝试此解决方案。其好处不言而喻：更少的失效、更一致的产品和更开心的客户。PCB007CN

Matt Stevenson 任 Sunstone Circuits 公司销售和市场营销副总裁。如需阅读往期专栏或联系 Stevenson，可单击此处。可免费下载 Matt Stevenson 撰写的电子书《印制电路设计师指南——面向现实设计》。

I-Connect007
GOOD FOR THE INDUSTRY



电子与物理：为什么通孔不会发热

by **Douglas Brooks, PhD**
and **Johannes Adam, PhD**
ADAM RESEARCH

大多数人都知道，当电流通过走线（导体）时，走线将会变热。这种温度升高是由于走线电阻内耗散的 I^2R 功率损耗引起的。铜走线的电阻主要取决于其几何形状（横截面积），有很多研究项目正在研究通过（已知尺寸）走线的电流与走线最终温度之间的关系 [1]。

但实际情况要复杂得多。走线的物理属性有助于冷却走线。这些属性通常包括热量通过材料传导离开走线、热量通过空气对流离开走线以及热量通过辐射离开走线。当 I^2R 加热等于冷却时，即当电子和物理属性平衡时，达到稳定的温度 [2]。

我们投入了若干年的时间来合作研究这些属性的相互作用。Douglas 是一名电气工程师，了解电子学。Johannes 是一位热力物理学家，了解热传递。两位专家阐述了很多通孔的散热特性。

通孔不会变得很热

电流通过走线，遇到电阻，走线就会发热，

导致 I^2R 功率损耗。这种温度升高是由我们所称的“焦耳加热”引起的：

焦耳加热是电流通过电气导体产生热能的物理效应。然后通过导体材料温度的升高可证明这种热能，因此称之为“加热”。人们可以将焦耳加热视为“电能”和“热能”之间的转换，遵循能量守恒原理[3]。

通常，对于给定的走线，走线的电流增加将对应着走线温度的增加。当谈到通孔时，行业指南通常是使通孔的横截面积调整为等于其主走线的横截面积。那么，通孔的温度将与走线的温度相同。IPC 在 IPC-2152 中正式确定了该指南：

通孔的横截面积至少应与导体的横截面积相同，或大于进入其中的导体横截面积。如果通孔的横截面积小于导体的横截面积，则可以使用多个通孔来保持与导体相同的横截面积[4]。

研究发现，这一指南是完全错误的。参考文献[5]给出了将电流通过直径为 10 mil[0.254mm] 镀（1.0 盎司）通孔的实验结果。当施加 4.75 A 电流通过通孔时，记录到通孔温度为 64.5°C。当施加 8.6 A 的电流时，通孔温度仅为 44.5°C，低了 20°C。区别是什么?在第一种情况下，主走线的宽度为 27mil[0.6858mm]。在第二种情况下，主走线的宽度为 200 mil[5.08mm]。在第二种情况下，更宽的走线为通孔提供了相当大的散热片。热量从通孔传导得如此之快，以至于通孔温度根本无法比主走线高。当然，这意味着在高载流走线上需要更少的通孔。

在电气工程领域，我们知道导体的温度与电流有关。但对于特殊情况的通孔，热传递的物理属性决定了具体情况，通孔的温度与电流没有直接关系。

散热通孔不太有效

通常，如果在顶层有一个热量大的元器件，会在其下放置铜焊盘来帮助散热。一些人建议将铜（填充）通孔从焊盘通到电路板底层的“某个物体”上。这个“物体”可能是与顶部焊盘大小相同的铜焊盘，也可能是某种铜平面。这些通孔被称为“散热通孔”，互联网上有大量关于散热通孔的文章和建议。

但几乎所有的参考文献都说，需要多个散热通孔（10 个），因为每个散热通孔的效率都很低。事实证明，散热通孔无效的原因与物理有关。

事实证明，散热通孔无效的原因与物理有关。

散热通孔通常连接在两个表面之间。两个表面之间的热导率是平行重叠面积及其他因素的函数。当然，焊盘面积比散热通孔横截面积大得多。因此，底层焊盘的存在已经为通过板材料的热传导性提供了重要路径，从而降低了两个焊盘之间的温度。在施加第一个散热通孔之前，已经发生了大量的冷却（温度降低）。通过材料的热传导物理属性已经完成了我们所需要的许多工作。这就是散热通孔对进一步冷却作用不大的原因。PCB007CN

参考内容

1.See, for example, IPC 2152, “Standard for Determining Current Carrying Capacity

in Printed Board Design," 2009, IPC.com.

2.See Brooks and Adam, "PCB Design Guide to To Via And Trace Currents and Temperatures," Artech House, 2021, for a complete discussion of PCB trace heating and cooling.

3.We could say this is a transformation between electronics and physics. See simscale.com/docs/simwiki/heat-transfer-thermal-analysis/what-is-joule-heating.

4.IPC-2152, page 26. This was generally considered true by the industry and UltraCAD wrote some articles about 10 years ago saying the same thing.

5.See Reference 2, Chapter 8, for an extensive discussion of via temperatures.

6.See Brooks, Adam, and Castro, "Does a Heated Conductor Have Signal Integrity Implications?" PCD&F, March 2022.

7.We cover thermal vias in Reference 2, Section 8.7.

Douglas Brooks 博士是 UltraCAD Design 公司的创始人，长期以来担任信号完整性讲师。

Johannes Adam 博士是 ADAM Research 公司的创始人，是热力学物理学家。

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

GEN3™
Precision as Standard

开始观看

挠性电路—人迹罕至的一条路

by **Joe Fjelstad**
VERDANT ELECTRONICS

可能在一篇技术专栏文章里引用一首家喻户晓的诗看起来有点奇怪，但我却觉得这首诗非常适合用在这里。我长期从事挠性电路技术相关工作，它已经占据了我的精神生活和现实生活。如果不是当初我对这项边缘互连技术产生了兴趣，我永远都不会经历这一路走来所经历的一切。虽然在我刚刚了解挠性电路时，它还是一条鲜有人选择的路，但这条路确实彻底改变了我的职业生涯。

过去几十年，本专栏发表的内容，以及业内其他挠性电路拥护者表达的思考，都说明了挠性电路作为一种互连媒介具有不胜枚举的优势。身为挠性电路的忠实拥趸，我们都强调了挠性电路在构建三维互连时所发挥的独特作用，将设计师从无休无止的电子产品种类的设计工作中解放了出来。接着，我们又继续指出挠性电路的多功能特性，使用挠性电路可以将那些需要在移动过程中还保持连接的电子部件都互连在一起，例如喷墨打印头、磁盘驱动读写头和笔记本电脑合页等。我们还阐述了挠性电路作为媒介可以高效控制电子信号在点到点

cadence®

变革您的 PCB 设计

Allegro X AI

协作

与行业领先合作伙伴协同创新包含机械与供应链在内的完整解决方案

前所未有的生产力

统一的设计和版图规划解决方案让电子工程师如虎添翼

新一代布线

用自动布线重新构想异构集成以应对今天的挑战

AI 创新

AI 驱动的布局和布线让设计生产力大幅提升

分析与调查

融合设计智能和数据，助力 PCB 设计快速实现

扫码关注
了解更多资讯

一探究竟

之间的传输。这些领域已经蕴藏着海量机会，似乎已经没有必要去探索其他边缘化的应用领域，但这恰恰是我今天想带领读者有所了解的。

充满机遇之路

加热器电路

除了大众普遍了解的挠性电路领域之外，在设计方面还蕴藏着大量容易被忽视的机遇。挠性加热器电路就是其中一个例子。薄的挠性加热器会用于很多不可见应用当中。比较常见的一种应用是防雾防霜镜。从汽车到浴室，这种简单又非常实用的挠性电路应用随处可见，只需要加热到相对不太高的温度就能达到目标。而这些低功率电路使用成本相对较低的材料制成，如聚酯薄膜或厚聚合物薄膜油墨。而高温挠性电路加热器也是可以实现的。将电阻相对较高的金属箔或金属膜（例如镍 - 铬、英高镍合金或不锈钢）与聚酰亚胺等高温材料结合使用可以制造高温加热器，这些材料能够释放大功率和承受高热量。

智能卡

多年来，挠性电路技术发挥重要作用的另一个领域是智能卡的生产制造。智能卡并不是对挠性电路的一种新型应用，但确实是我们步入到互联网时代产生的一项新兴技术，因为每个被制造出来的物体几乎都要配备一个独特且可追踪的身份。智能卡成为了物连网（IoT）技术的支柱。这类装置上通常会用附连的芯片标记其身份，蚀刻到挠性电路材料铜箔中的金属线圈是此类设备的典型特征，用以接收发送无线数据。也正是因为此类电路的数量巨大且

未选择的路

by Robert Frost

黄色的树林里分出两条路
可惜我无法同时走过
独自旅行，我久久伫立于路口
我向着一条路极目望去
直到它消失在丛林深处
可我选择了另外一条路
它荒草丛生，寂静悠远
显得更美丽诱人
虽然这两条路上
都很少留下旅人的足迹
那天清晨，落叶飘满地
但两条路上都未见脚印
噢！另一条路，改日再见
我深知道路绵延无尽头
恐怕我难以重返
我想我会在多年以后
一边叹息，一边回忆
树林里分出两条路——
我选了人迹罕至的那条
从此有了不同的人生。

不断增长，通常采用卷对卷工艺（一种挠性电路自然适合的工艺）来制造这些日益普遍的电路。

可穿戴电子装置

随着近年来人们越来越关注健康监测，可穿戴电子装置领域得到了飞速发展，而其也是挠性电路可以发挥潜力的领域。一般情况下，这类装置包括带有减薄集成电路芯片的电子装置和贴合穿戴者解剖特征的无源装置。这类装置可以监测多项身体机能，包括心率、呼吸、电解质水平和血糖浓度等，然后这些数据可以传输到手机等其他设备上。受此启发，开发者将具有这种扩展功能的组件称之为“挠性混合电子学”（flexible hybrid electronics，简称 FHE）。人们将这类组件也应用到了另一个研究领域：使用弹性载板或人造橡胶载板的可伸缩电路。这项技术为人们进一步研究出更加实用、更加奇特的电子产品打开了创新之门。

这篇短小的专栏文章可能无法全面介绍挠性电路的用途，但对于那些不熟悉这项技术的读者而言，这篇文章可以作为一篇入门读物。事实就是挠性电路为解决问题提供了无限的可能。本专栏一直致力启发读者将挠性电路作为通往未来电子设计目的地的可供选择的“道路”。

回首当初我刚开始撰写这个专栏时，有一首诗在我的人生当中不断启发、指引着我，今天我分享在文章最后，希望那些没有读过的读者也能从中有所感悟。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”。

行业会展

HKPCA 国际电子电路（深圳）展览会
2023 年 5 月 24 至 26 日
中国深圳

慕尼黑上海电子展
2023 年 7 月 11 至 13 日
中国上海

NEPCON China
2023 年 7 月 19 至 21 日
中国上海

NEPCON Vietnam 2023（河内展）
2023 年 9 月 6 至 8 日
越南河内

NEPCON Vietnam 2023（胡志明展）
2023 年 10 月 4 至 6 日
越南胡志明

NEPCON Asia
2023 年 10 月 11 至 13 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

CPCA 国际电子电路（华南）展览会
2023 年 11 月 14 至 16 日
中国深圳

慕尼德国电子展及生产设备展
2023 年 11 月 14 至 17 日
德国慕尼黑

HKPCA 国际电子电路（深圳）展览会
2023 年 12 月
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

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 ©2023 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 4 月号总第七十四期《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》.....62
《印制电路工艺验证》.....90
《柔性电路技术》.....48
《印制电路设计师指南 - 高性能材料》.....6
《印制电路组装之智能数据》.....76
《HDI 手 册》.....26
《电子产品的可靠性预测》研讨会.....98
IC007 图书馆.....4
杂志订阅.....封底
望友科技.....56
珠海镇东.....30
汽车毫米波雷达大会.....8
BTU.....72
Cadence.....100
Chemcut.....2
CIMS.....18
CyberOptics.....84
D.B. Management.....70
Downstream Technologies.....92
Gen3.....64
KYZEN.....78
MKS' Atotech.....60
MKS' ESI.....10
Orbotech/KLA.....42
Schmoll Asia.....34

更多精彩内容敬请期待
PCB007中国线上杂志：

五月：技能提升，苦练内功

2022 年下半年行业面临了订单不足的困扰，随着疫情后的全面放开，大家都期盼能把失去的夺回来。除了走出去争取订单以外，企业还要抓紧时间提升工艺能力，优化管理，保持核心竞争力。

感谢阅读
《PCB007中国线上杂志》
扫码订阅