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1月号

辞旧迎新，蓄势待发

一晃眼，2022 年就这样过去了。我们经历了非常多的挑战、变化与机遇。经历了许多未曾经历过的，这些经历有苦有甜，想必您和我们一样都有种种感悟。放开后一切都在慢慢恢复，2023 年的主题就是全面恢复、全面开放、全面接轨，要把失去的都拿回来。疫情后，全世界的恢复需要中国制造，电子制造业又是中国制造中重要的一环。在这里先给各位电子制造人拜一个早年，祝大家新年身体健康，业务再创佳绩！本期我们来看看国内外行业的一些热点。

首先，我们采访了望友科技海外高级业务总监 Howard Liu，共同探讨望友科技的发展历程，及其独有的发展思路。望友经过多年耕耘已成为全球领先优质的 PCBA 工艺设计仿真 & 制造一体化工业软件供应商。

《Shawn Dubravac 谈技术发展新动向》一文概述了 IPC 首席经济学家 Shawn Dubravac 将在 2023 年 1 月 23 日中午发表的题为《技术新动向：定义电子产品未来的微观发展趋势》的主题演讲。其中可持续性材料、自动驾驶汽车、数字化到“数据化”、个性化和定制化改变制造规模、医疗保健、机器人等领域值得关注。

接着我们采访了 ICAPE 集团的集团采购总监 Nathan Martin 及欧美地区供应链总监 Jean-Christophe Miralles。本次采访深入探讨了市场驱动因素、供应链挑战以及 ICAPE 如何保证生产车间的连贯性等诸多主题。

《InPack 公司专攻微型化及封装领域》一文中，介绍了由 PCB Technologies 投资成立的新公司 InPack。详述了公司的发展重点——开发高阶封装、微型化和其他高端技术领域，大幅加快产品上市时间。

华正新材召开了 2023 年经营战略研讨会上，董事长刘涛认为，今年的外部大环境比较艰难，但华正的成绩是值得肯定。《助力中国 IC 载板产业，华正成功开发多款 CBF 积层绝缘膜》中我们采访了华正市场部副总监林广文先生，探讨华正独特的优势以及在 IC 载板领域最新的进展情况。

罗杰斯的技术专家 John Coonrod 在《实现最佳热稳定性需考虑的因素》中提到，随着技术的不断发展，对散热的预期要求越来越高，设计师需要了解散热的哪些因素会影响电路性能。

读者们对上期 UHDI 专题反响强烈，意犹未尽，本期我们又带来一篇与 IPC 首席技术专家 Matt Kelly 的采访——《UHDI 技术线宽线距跨度》。UHDI 是什么？它与 PCB 有何不同？为什么它对半导体如此重要？Matt 不仅详细介绍了 UHDI 对行业的挑战，还介绍了投资 UHDI 技术的回报。

Suss MicroTec 的加成法专栏本期继续，之前的系列文章中，列举通过喷墨技术涂覆阻焊层的切片视图。然而，其切割位置的选择及

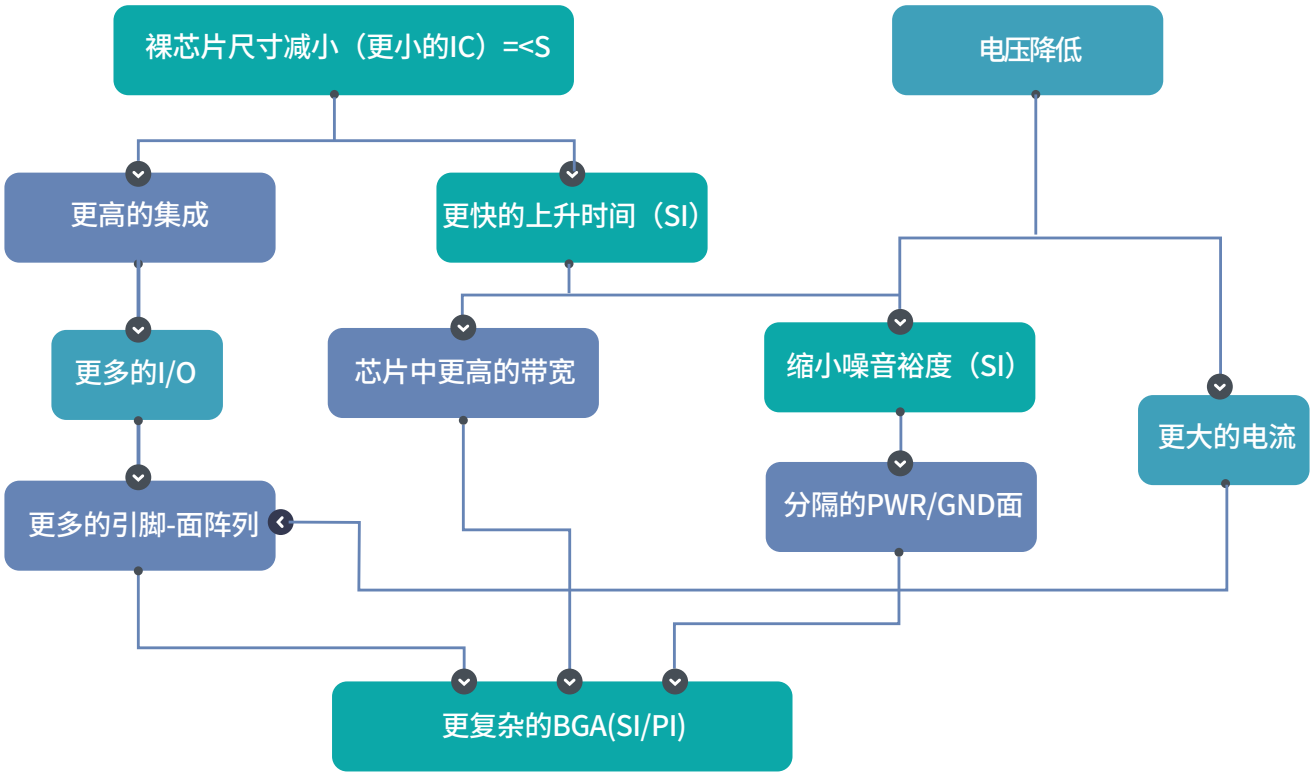
Maxwell与Moore

Moore定律将每个人都带入了Maxwell定律的SI领域

James Clerk Maxwell
1831-1879

Gordon E. Moore
1929-

从Moore定律看IC技术发展趋势



重点关注的部分，与通常的阻焊桥或铜边缘覆盖率略有不同。本期 Luca Gautero 将与我们讲解《加成法：PCB 切片视图》。

ASC 的专家 Anaya Vardya 本期带来技术文章《表面涂层——ENIG 和 ENIPIG》，PCB 设计师面临的最大挑战之一是不了解 PCB 制造过程中的成本驱动因素。本专栏系列文章从 PCB 制造商的角度讨论这些成本驱动因素以及影响产品可靠性的设计决策。

专栏作家、来自 Chemcut 的 Christopher Bonsell 先生本期讲解《氯化铜蚀刻剂基础知识》。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用。与碱性蚀刻剂相比，维护氯化铜相对容易，因为只需要监控少数参数。对于 PCB 蚀刻工艺，使用氯化铜是有吸引力的。

技术总监 Happy Holden 先生的技术讲座本月主题是《印制电子技术挠性电路入门》，该领域目前备受关注。有研究表明，从 2020 年到 2030 年，印制挠性有机电子产品的市场总值将从 412 亿美元增长到 740 亿美元。

PCB 组装专区中，我们受邀参加了 NEPCON ASIA 2022 线上展会，展会期间我们通过线上报道的形式采访了多位参展商与行业专家。PCB 组装专区中，首先带来的是采访综合报道。因为疫情，2022 年行业的展会纷纷取消或者延期，大家都憋着大招，期待着 2023 年再会。

“客观证据”的定义：“如要称之为科学，调查方法必须遵循特定的推理原则，收集可观察的、可验证的、可测量的证据。科学方法包括通过观察和试验收集数据，以及提出及测试假设。”Eric Camden 以此为开头，带来《改变世界的 3 页纸》一文。

《探索点胶工艺的深度》一文中，KOH YOUNG 的 Axel Lindloff、Heriberto Cuevas 和 Brent A. Fischthal 几位专家讨论了如何在像外太空这样的恶劣环境中保证点胶工艺的可靠性与稳定性。

将表面贴装元件直接集成到挠性电路的蚀刻铜焊盘图形上，与刚性电路板的组装工艺没有什么不同，但实际操作中却有很多关键点要掌握。Vern Solberg 为您带来《挠性电路和在线 SMT 组装工艺》。

PCB 设计专区中，我们有幸请到了行业泰斗 Eric Bogatin 先生接受采访。Eric Bogatin 博士简述了物理学和电气理论之间的关系，以及物理学定律对于设计师和设计工程师的重要性。正如他所指出的，数学很重要，但设计师不应该让物理学原理“隐藏在数学背后”。

数字化技术已经出现在生活中的方方面面，究竟什么是数字自动化？PCB 设计过程中如何采用数字化技术？Stephen V. Chavez 为我们带来《利用数字自动化加速 PCB 设计》。

《预测工程：Happy Holden 谈真正的 DFM》一文中，回顾几年前与 Happy Holden 的采访。在此次采访中，Happy 谈了 50 多年来 DFM 的发展历程，同时介绍了电子行业的发展史。

以上就是本期的全部内容，时光飞逝，PCB007 中国线上杂志又陪读者度过了一个年头。未来不管您在哪里，我们又去向何处，感谢您的一路陪伴。加油！PCB007CN

I-Connect007
GOOD FOR THE INDUSTRY

50 1968-2018

pluritec®

MACHINES FOR PRINTED CIRCUIT BOARDS

INSPECTA S1 TWIN

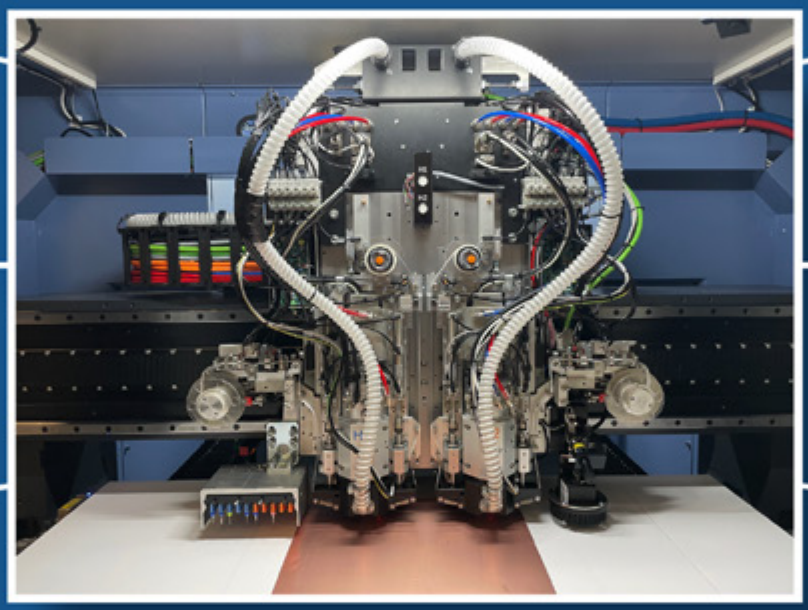
X 射线优化器和蚀刻后钻孔

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

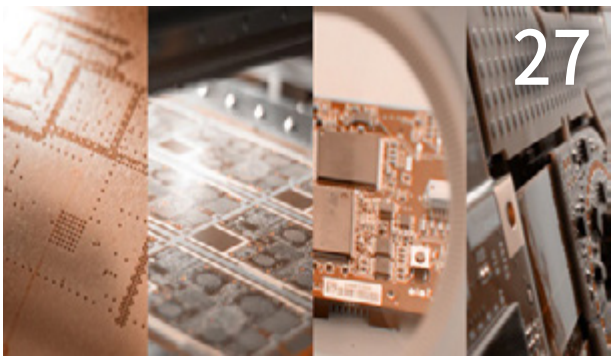
- 开放式设计，易于与现有自动化系统集成
- 整个电路板区域内的多个内层目标数据采集
- MES集成和电路板可追溯性
- 强大的统计和数据处理功能

学到更多 pluritec.com

I-Connect007 pcb007 中国 线上杂志 CHINA MAGAZINE

2023年一月号

本期专题内容



辞旧迎新，蓄势待发

一晃眼，2022 年就这样过去了。我们经历了非常多的挑战、变化与机遇，经历了许多未曾经历过的。疫情后，全世界的恢复需要中国制造，电子制造业又是中国制造中重要的一环。

专题文章

2 封面故事

9 聆听客户需求，望友不断推陈出新
by Edy Yu and Tulip Gu

13 Shawn Dubravac 谈技术发展新动向
by Shawn DuBravac

17 ICAPE 谈如何在充满不确定性时期保持市场领先地位
by Nolan Johnson

27 PCB Technologies 成立 InPack 公司，专攻微型化及封装领域
by Andy Shaughnessy

33 助力中国 IC 载板产业，华正成功开发多款 CBF 积层绝缘膜
by the I-Connect007 Editorial Team

39 实现最佳热稳定性需考虑的因素
by John Coonrod

43 UHDI 技术线宽线距跨度
by the I-Connect007 Editorial Team

ATOTECH

提高产品标准的高质量工艺

以最少成本得到最高生产良率

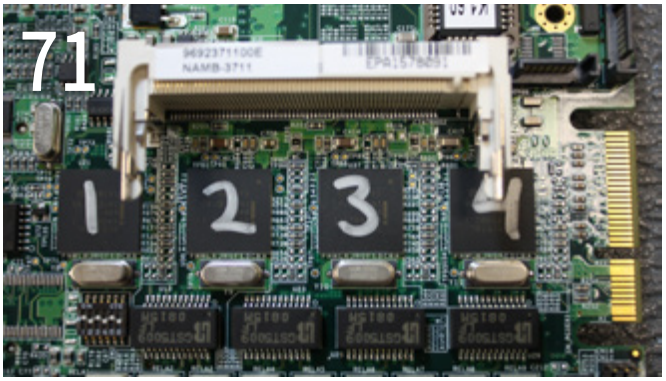
EcoFlash® S300 – MKS 安美特一直在提高产品性能的标准。 作为差分蚀刻产品，EcoFlash® S300满足 IC 载板 的 < 8/8 线宽/线距细线要求，同时容易使用、没有出现侧蚀、成本效益高且具可持续性。工艺稳定可靠，能提高生产良率及非常适合超细线 IC 载板生产。 此外，由于工作液易于再生，因此有效降低生产和废水处理成本。 EcoFlash® S300是一种简单的一步骤低温工艺，不但稳定且具有可控的微蚀速度，同时可减少环境足迹。

想要了解更多有關 EcoFlash® S300 的資訊，請掃描右側的QR code。

Atotech.KOWL-COMM@atotech.com

www.atotech.com

I-Connect007 pcb007 中国
线上杂志 CHINA MAGAZINE
2023 年 1 月
总 第七十一期
扫码订阅公众号推送



专题文章

47 加成法：PCB 切片视图
by Luca Gautero

51 表面涂层——ENIG 和 ENIPIG
by Anaya Vardya

55 氯化铜蚀刻剂基础知识
by Christopher Bonsell

59 印制电子技术挠性电路入门
by Happy Holden

PCB 组装专区

65 NEPCON ASIA 2022RTW 专题报道

71 改变世界的 3 页纸（某种程度上）
by Eric Camden

77 探索点胶工艺的深度
by Axel Lindloff, Heriberto Cuevas and Brent A. Fischthal

81 挠性电路和在线 SMT 组装工艺
by Vern Solberg

PCB 设计专区

85 Bogatin 谈 PCB 物理学的设计
by the I-Connect007 Editorial Team

93 利用数字自动化加速 PCB 设计
by Stephen V. Chavez

99 预测工程：Happy Holden 谈真正的 DFM
by the I-Connect007 Editorial Team

其他栏目

101 行业活动日历

102 广告索引、下期预告
工作人员名单

行业要闻

12 IPC 全新会员社区杂志即将上线，聚焦业界热点

75 2023 IPC 标准开发调研

98 连载！构建持续改进的平台 16：计算“X”

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

聆听客户需求，望友不断推陈出新

——专访望友科技海外高级业务总监 Howard Liu

by **Edy Yu** and **Tulip Gu**
I-CONNECT007

近日，主编 Edy 和编辑 Tulip 采访了望友海外高级业务总监 Howard Liu，共同探讨望友科技的发展历程，及其独有的发展思路。

问：作为全球领先优质的 PCBA 工艺设计仿真 & 制造一体化工业软件供应商，望友的成长发展经历如何?望友为何专注于这个领域?

答：望友科技于 2005 年 1 月成立，位于上海市浦东新区康桥先进制造技术创业园，始终专注于电子行业 NPI（新产品导入）智能化工业软件，加速电子设计到制造的过程。我们主张通过运用数字化的电子工艺设计仿真软件帮助企业从设计源头解决品质缺陷，助力电子行业整体制造能力提升。望友一直秉承 “Value for You” 的价值理念，并以 “让设计 & 制造好产品成为常态” 为愿景，致力成为企业落实数字化智能制造的优质伙伴。

SMT 行业生产高度自动化，但是产前工艺准备是非常依赖工程技术人员。如果没有高效的软件来协助日常繁杂重复的工作，会是一件十分痛苦的事。针对行业痛点，我们几位志同道合的伙伴走到了一起，立足于 SMT 行业，为工程技术人员提供卓越的效率工具。我们的

上海望友信息科技有限公司
海外高级业务总监 Howard Liu

目标是开发智能、自动、防呆的工具，以简化客户日常复杂的工作任务，让他们可以高效、轻松工作。

从成立之初到现在，望友科技已发展成为一支 90 多人的专业团队，通过十多年的持续工匠研发，攻克了一系列技术难题，目前拥有 20 多个 NPI 系列软件产品，包含 DFM Expert、SMT Expert、Test Expert、Stencil De-

signer、Document、View Expert、SPI 等， 已拥有国内外 40 多项发明专利，望友软件被全球 20 多个国家及地区的 500 多家企业应用，应用行业领域涵盖通讯网络、计算机技术、消费电子、汽车及部件、轨道交通、能源、安防、医疗、工业互联设备、教育等；用户类型包括跨国企业、外资企业、合资企业、民营企业及各类科研院所等。

问：望友历经 18 年发展，广度上发展可以看到客户遍布全球 20 多个国家，深度上发展涉及诸多行业（通讯网络、汽车电子、医疗、能源、安防、合约代工等），成功不言而喻，那么望友发展的关键思路与独家做法是如何的?

IPC 总裁 & CEO John W. Mitchell 博士亲自为望友科技颁发 IPC 全球创新奖

答：18 年来，望友团队一直致力研究新产品设计到制造过程中的各种难题，开发出各种智能软件工具，从而协助客户减少错误、降低风险、降低成本，提升效率和质量。我们的产品得到了很多 OEM 客户、EMS 客户的认可，其中，OEM 客户都是各行业的领头企业，EMS 客户大多是全球 TOP 排名靠前的企业。此外，我们的客户中也有专注打样的中小企业。

与每一家追求卓越的企业一样，我们一直贯彻执行两大发展思路——聆听用户需求、不断持续创新。一方面，我们经常与客户互动，聆听对方在使用软件中的真实感受及期望改进的方向；另一方面，我们分析行业发展所面临的各种挑战，不断探索新技术、研究新方法，打磨出更多卓越产品。比如，每年 DFM 产品都会增加大约 50 条新算法规则，每隔两三年会更新软件架构，以此提升运行速度，满足产品越来越先进的工艺评审需求。

问：望友智能 NPI 软件解决方案包括 DFM 可制造性分析、SMT 智能贴片编程、TEST Expert 测试覆盖分析与快速编程、钢网数字化设计等软件，能否为我们介绍一下这几款主要产品的特点及优势?其中，DFM 可制造性分析软件荣获 2019 年 IPC 全球科技创新奖，获奖的原因及客户的实际使用效果如何?

答：至今为止，望友已研发出 20 多款软件产品，以应对新产品导入各环节面临的挑战，每款软件都有其独特优势。

首先，我们 DFM 可制造性分析软件是一款 3D 解决方案，正因为将 DFM 解决方案从 2D 升级到 3D，实现了设计工艺仿真分析，填补了行业空白，DFM 软件荣获 IPC 全球创新奖。IPC 总裁 &CEO John W. Mitchell 博士在美国加州圣地亚哥亲自为我们颁奖，它的含金量很高，当年全球只有 5 家企业获此殊荣，望友是

其中唯一一家软件公司。创新 3D DFM 方案带来的价值远超客户原有的期望。比如：某些可制造性风险项，在 2D 界面很难理解和观察，而通过仿真 PCBA 的 3D 视图，风险很容易被观察和识别出来（如元器件引脚后脚焊锡爬坡高度是否足够、插件引脚方向是否符合实际情况等）。应用望友 DFM 可制造性分析软件，企业可以通过虚拟 PCBA 仿真效果及 3D 分析报告，向其客户展示高水平工艺能力。

其次，望友 SMT 智能贴片编程软件运用专利技术，实现了与 SMT 核心设备贴片机资料库交互，进行数据挖掘与智能匹配，这种完全不同于以往的方式，创新性地解决了贴片编程的两大难题——一是元件封装的创建及准备，二是贴装角度的确认。这种将传统手动编程转变为智能自动化方式，大幅缩短编程时间，提升程式“一次做对”的准确性，最大程度降低生产风险。

再次，Test Expert 测试策略分析软件，优化测试选针，可进行全面测试策略分析及高效夹具再利用分析，快速制作检测程序，减少程序编制 / 调试时间。在使用灵活性上，我们做了前所未有的提升，测试工程师利用软件可以轻松应对各种场景；目前，我们的方案是行业内最简便、最高效的测试分析软件之一。

最后，望友 Stencil Designer 钢网数字化软件，将 SMT 核心工艺即钢网工艺进行数字化，帮助 SMT 工厂将历史经验转化为数字化的 know-how 知识库，在整个团队间传承经验。该 软件支持自动化钢网制作需求准备，保障钢网品质，提升焊接质量，自动审查钢网设计，追溯新产品开口使用情况，给 SMT 核心工艺带来前所未有的管理变革。

问：多年来，望友不断推陈出新，近两年发布了 CAM365 和 DFX 设计执行系统等新产品，目前是否还有其它新产品规划?

答：针对电子制造业的发展需求，我们每隔一两年就会推出不同的产品方案。比如，我们敏锐感知到 AOI 从 2D 向 3D 发展成为趋势，设备编程面临新的挑战，经过潜心研发，推出新的智能编程软件。再比如，针对喷印设备，在喷印位置及移动路径上存在编程困难，望友研发团队攻克一系列技术难题，最终推出了智能编程软件。

CAM365 和 DFX 设计执行系统是近两年望友推出的新产品。基于 SMT 行业原使用的 CAM 软件主要面向 PCB 裸板制造，而非面向 SMT 工厂，经过现场调研大量工程师的使用习惯，我们推出了面向 SMT 工厂的 CAM 软件——CAM365。该软件有很多创新功能，包括智能审查 SMT 工艺难点、自动比较版本差异、提供钢网开口模板、优化传统操作方式等。

我们另一款新产品 DFX 设计执行系统，基于 web 的智能化硬件设计及工艺设计审查系统，适用于大型研发团队，支持单点 / 多点部署，无需安装，直接上传任务，系统自动分析，并可随时下载分析报告。同时支持高效研发管理和矩阵规则管理，实现便捷访问、精准分析、高效管理。

此外，我们还有几款产品在规划研发中。比如针对首件检查的 FAI Meta、针对高级拼板设计的 Panel Meta、用于夹具设计的 Fixture Meta 等。除了这些工具类的软件外，针对大型企业集团用户，我们计划推出 PCA 数字化工艺平台方案，将望友所有产品融入此平台，

方便大型企业集团用户办公方式更灵活，团队管理更轻松。

问：所有行业都在谈智能制造、数字化变革，您是如何看待我们电子制造行业的发展趋势、面临的挑战，以及如何变革创新？

答：电子制造企业的管理者也在不断探索智能制造，尝试变革与创新。企业以往的重心聚焦于工业自动化，如引入智能机器人来替代产线工人。随着对智能制造更加深入探索，部分管理者意识到智能制造中“软件才是关键、数字化才是核心”。多年来，我们走访了全球很多 SMT 工厂，看到各企业都在做不同的尝试，期望实现变革与创新。结合自身优势，我们给企业管理者的建议是借助卓越软件效率工具，将制造工艺数字化，让工程团队轻松高效工作。

现在整个电子制造行业的趋势是器件小型化、新品迭代加快，在此背景下，如何保证 PCBA 的品质和稳定性是 SMT 制造企业面临的重大挑战。同时，如何应对因人员流动导致的经验无法得到有效传承是 SMT 制造企业面临的另一难题。

试想一下：将 SMT 工艺 know-how 数字化、人员经验数字化，工程师利用数字化工具软件，高效完成工艺准备，这种变革创新将会帮助 SMT 制造企业最大程度简化管理，提升整个工程团队的工作效率。

正是基于当前数字化变革、智能制造背景，望友科技持续探索创新，不断推出超越客户期望与行业需求的解决方案；随着全球智能制造全面升级，望友科技将秉承工匠精神，不改初心，继续专注 NPI 工业软件领域，不断前行！**PCB007CN**

IPC全新会员社区杂志即将上线，聚焦业界热点

IPC 社区杂志（IPC Community Magazine）是一份精彩的重点关注会员成功的全新电子季刊出版物。在这本杂志中，读者将看到有关协会倡导、标准开发委员会及标准动态、再教育和劳动力培训解决方案、未来工厂发展、新兴工程师、地区动态和会员介绍报道。它还将包含及时、相关、独家、有市场影响力的文章，帮助业界在这个不断发展的电子行业中提升业务能力。

IPC 会员代表了全球电子制造业的各个领域，包括设计、印制电路板制造、电子组装、测试和高阶封装。他们是具有购买力的决策者，是业内顶级专家（OEM、EMS 公司、PCB 制造商、IC 载板和线束制造商以及供应商）。

更多详细的内容，请点击这里。

Shawn Dubravac 谈技术发展新动向

by **Shawn DuBravac**
IPC INTERNATIONAL

编者注：*IPC 首席经济学家 Shawn Dubravac 将在 2023 年 1 月 23 日中午发表题为《技术新动向：定义电子产品未来的微观发展趋势》的主题演讲。如注册时未包含午宴，则需提前 / 单独报名参加。*

从农业、医疗保健到交通运输，技术在每个行业都发挥着越来越大的作用。每年，新概念、样品和产品介绍都在重新定义人类的认知，扩展我们对未来可能性的想象。不可否认，随着时间的推移，人类如何经历下一个十年，如何生活、工作和娱乐都将与技术发展紧密相联。这些创新对电子制造业的未来也有重要影响。

以下是一些值得关注的领域。

可持续性材料的创新

随着全球积极应对气候变化等环境问题，消费者和制造商越来越倾向寻求减少环境影响的途径，导致了人们对可持续性材料、可再生能源和可回收元件创新的关注。CarbonX 就是一个例子，这是一种由纳米碳纤维组成的新型碳材料，可以帮助轮胎制造商满足日益增长的可持续性需求。

Shawn DuBravac

技术将在这一转变中发挥关键作用，即将发生巨大变化的行业是汽车行业。许多汽车制造商都开始生产电动汽车，其中一些制造商计划在未来几年将其全部产能转向电动汽车。捷豹计划到 2025 年实现全电动化，阿尔法罗密欧计划到 2027 年实现全电动化，梅赛德斯、雷克萨斯、劳斯莱斯、沃尔沃、奥迪和凯迪拉克都承诺到 2030 年实现全电动化。

未来几年，我们将看到新的电动汽车车

schmoll asia pacific

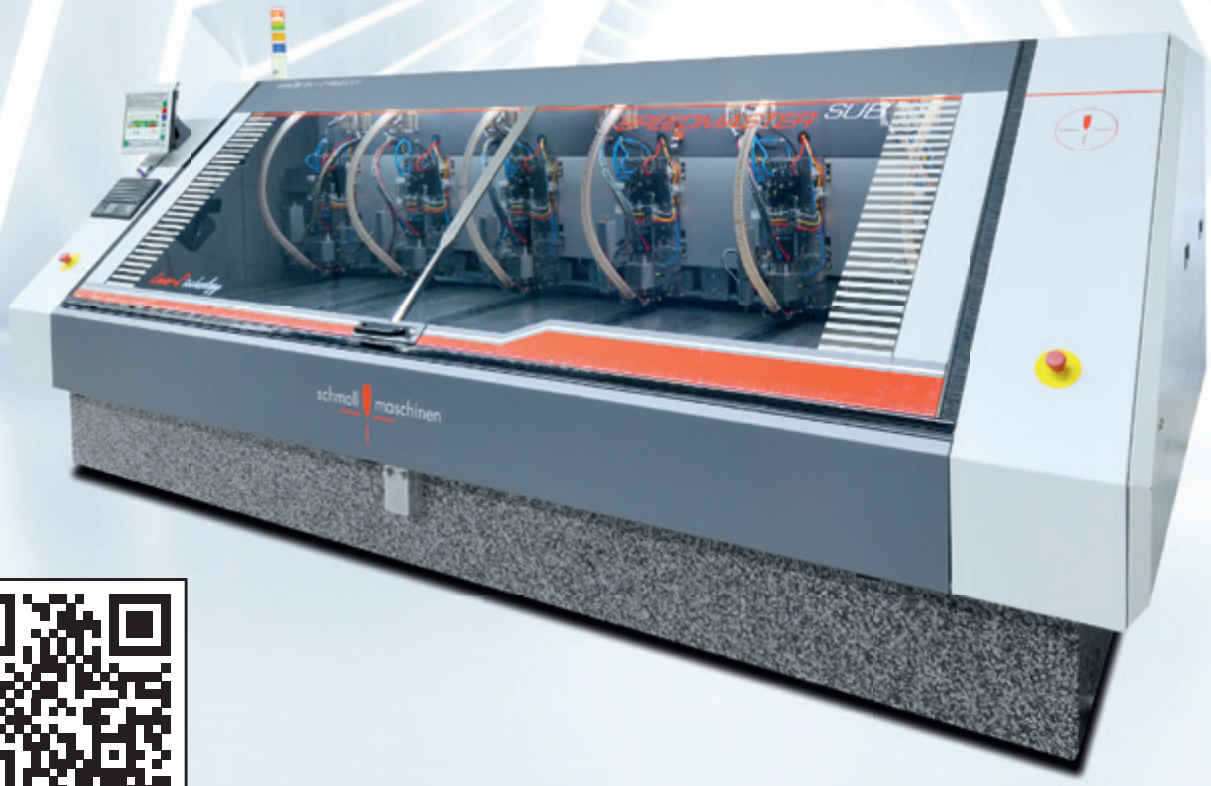
金富宝亚太有限公司

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

型，但这种转变远远不止于正在驾驶的车辆。整个充电基础设施正在发生巨大变化，对各地的城市景观和车库都将产生影响。电动汽车基础设施公司正在努力差异化其产品，开发新市场，引入新的商业模式。我们看到了改进后的用户界面、更快的充电能力、更强的连通性、更易于使用和安装，并在智能电网应用上直接与电网合作的能力（如车联网技术），使电动汽车能够在非高峰时段充电，高峰时段反向电网卖电。

自动驾驶汽车的普及

自动化在每个行业都越来越普遍。自动驾驶汽车呈现出多种形式。去年通用汽车推出了 InnerSpace 自动驾驶概念车，这是一款双人豪华全电动自动驾驶汽车。现代重工公司展示了一艘配备深度传感器、摄像头和人工智能的自动驾驶船，随后宣布将在大型商船上使用该技术。作为 Indy Autonomous 挑战赛的一部分，自动一级方程式赛车创造了新纪录。

目前机器人被应用在各种场景，像 Ottonomy 这样的送货机器人正在实现最后一英里送货的自动化。匹兹堡国际机场最近宣布了全自动送货机器人的试点项目，为乘客提供非接触式的饮料和食品外卖系统。星舰机器人公司的自动驾驶汽车正在大学校园里为学生送外卖。最近 Neubie 与三星合作，利用机器人在高尔夫球场实现自动送货。饮料车可能和以前完全不同。

自动化的一些最有趣应用是关于自动化决策的，尤其是当个人不能做这些决策时。以韩国 ANSSil 的睡床为例，它收集并使用睡眠数据来调整床垫的温度、硬度，从而实现个性化并最终优化使用者的睡眠状况。在用户睡觉时，这些数据被收集，并代替用户做出决策。

从数字化到“数据化”

智能技术的兴起正在重塑产品的设计和创建方式，我们看到许多新产品类别的引入。智能设备可以感知其环境，并与其他系统交互以执行任务。企业正在从他们生产的产品和提供的服务中收集大量的数据，使他们能够创建全新的产品。疫情加速了各地的数字化转型，各行各业都在努力实现从数字化到数据化的飞跃。

向“数据化”的转变将带来无数新技术。考虑一下 SimpleLabs 中的 COGNI。这个小设备是酒桶监测系统，可以连续监测温度、湿度、苯酚 / 愈创木酚、乙酸、SO^2、pH 值、酒精和灌装量。世界各地的酿酒师都可以通过该设备访问实时数据。另一个例子是 mySkin F.A.I.N，这是一款由人工智能驱动的皮肤分析仪，通过智能手机提供医疗级别的诊断结果，并根据对皮肤的扫描推荐特定的护肤产品。

个性化和定制化改变制造规模

大多数人已经意识到 3D 打印技术可以根据需要创建小批量的定制产品。3D 打印是实时定制化和个性化趋势的一小部分。苹果和戴尔等电子产品公司允许客户为自己的电脑定制各种选择，从机箱的颜色到内部的处理器。在服装行业，Nike、Vans 等制鞋公司都允许客户设计定制鞋。规模较小的制造商正在按订单生产。随着这些趋势的加速发展，我们可能会需要更加分散和适应性更强的制造产能，从而更快速地迭代新产品。

此外公司也在推出新产品，使生产能力更接近消费者终端市场，有时甚至掌握在消

费者自己手中。例如 Tonework 的 Authentic Color Master 是用于生产定制化妆品的智能制造系统。该系统结合了面部识别技术和色彩科学，可以提供颜色建议，然后生产出量身定制的个性化化妆品。

医疗保健在生活中不断发展

技术正在帮助创建互联医疗的世界。高度个性化的医疗开始出现。可穿戴医疗设备正在开发中，可以实时收集和分析生物特征数据，从而实现更复杂的健康监测。例如，viQtor 是一款可以戴在上臂的尖端医疗设备。通过 24 小时监控，允许医生和护理人员远程检查，并在必要时进行干预。

在很多案例中，技术正在为治疗患者提供新的方法。SOVN 是一款智能夜间警卫装置，每当你咬牙或磨牙时，它会帮助你放松下颌。与传统的护齿器不同，SOVN 是一款智能可穿戴设备，可以从耳朵处监测下巴的运动，并以舒缓的振动阻止磨牙 / 咬牙。

按需医疗保健的兴起将导致新产品类别的爆炸式增长，并需要更复杂的制造能力。对于电子产品制造商来说，这可能意味着创造与这些技术集成的新产品。

机器人将可承担更多的任务

几乎每个行业都出现了自主系统和机器人。今年早些时候，John Deere 推出了全球首台全自动拖拉机。总部位于荷兰的 AGXEED 也在努力实现农业自动化，推出了一系列自主机器人，用于果园的喷洒、耕作和覆盖等工作，在这些领域，高精度和高性能是关键。最后一个例子来自总部位于日本的 Agrist，该公司开发了一个用于收割灯笼椒的 agtech 机器人。

可穿戴医疗设备正在开发中，可以实时收集和分析生物特征数据，从而实现更复杂的健康监测。

该机器人使用视觉引导和 SCARA 操作器来挑选辣椒。

机器人出现在面向消费者的各类应用中，处理最后一公里的物流和配送。Starnus Technology 正在开发一种高度灵活的自主移动机器人，以使第三方物流公司能够应对快速变化的业务。三星 C-Lab 子公司 EVAR 最近推出了全球首款自动电动汽车充电机器人 Parky。该移动机器人可以穿越停车场，为需要充电的电动汽车提供服务。一些机器人正在引入新的基础设施应用。法国机器人公司 ACWA Robotics 推出了一款水管测绘机器人。当水流动时，机器人在管道中移动，可绘制出需要维修的确切位置图。这些信息有助于自来水公司优先考虑并执行基础设施的维修操作。

结论

未来几年对电子制造商来说是充满希望的。创新无处不在，这将给许多企业带来机遇。在创新和新机遇的推动下，电子行业将在未来几年经历一段显著的增长时期。新产品和新服务被广泛引入各行各业，新的商业模式正在诞生。电子产品制造商需要专注敏捷制造并不断适应变化的环境。从医疗保健到机器人应用以及其他领域，技术将不断发展。PCB007CN

ICAPE 谈如何在充满不确定性时期保持市场领先地位

by **Nolan Johnson**
I-CONNECT007

近期，我们采访了 ICAPE 集团的集团采购总监 Nathan Martin 及欧美地区供应链总监 Jean-Christophe Miralles。本次采访深入探讨了市场驱动因素、供应链挑战以及 ICAPE 如何保证生产车间的连贯性等诸多主题。

ICAPE 集团的工程设计专长是辅助客户做好供应链控制，从而提高客户的良率和产品质量。ICAPE 集团的关键战略举措是企业可持续性发展。通过本次采访我们了解到这家企业在可持续性发展方面采取了综合、全面的方法，具有启发性。

Nolan Johnson：*企业身处目前的市场环境，似乎必然会遇到一些不寻常的变化。ICAPE 集团对此有什么看法?*

Nathan Martin：我们有很多内容想分享。我

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1.56ug/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

GEN3
PRECISION AS STANDARD

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

们紧跟普遍发展趋势，阅读 Prismark 等行业报告，并且每天都召开线上和线下会议，以审视市场概况。ICAPE 集团始终秉持自己的信念，凭借所拥有的实践经验，观点与在新闻上看到的可能略有不同。

Nathan Martin

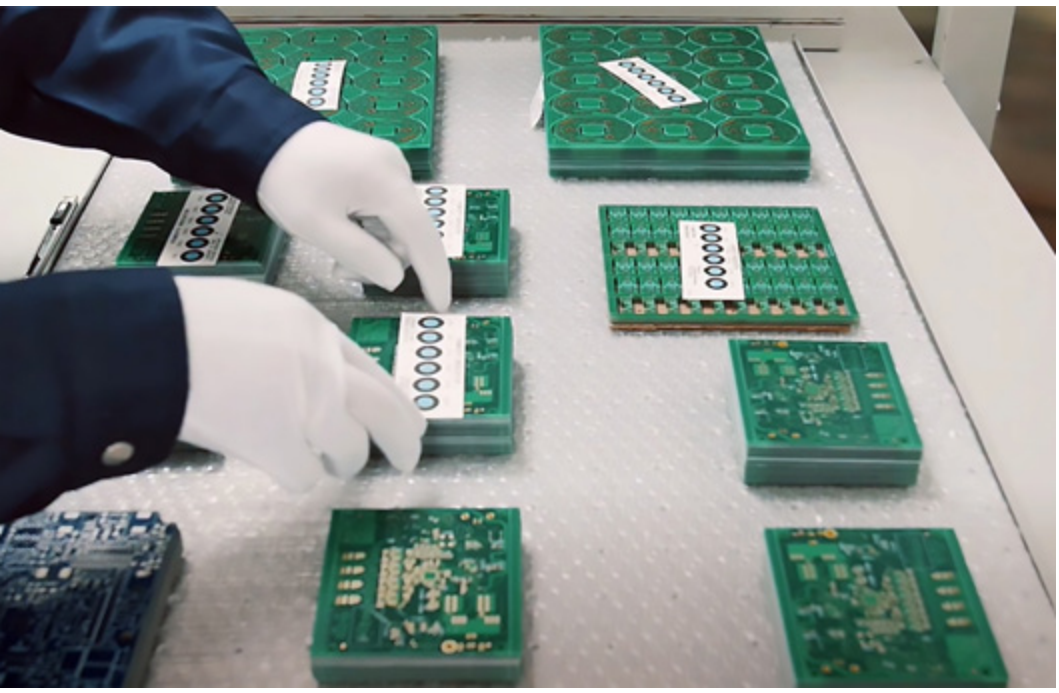
Johnson：我们首先聊一聊进料，也就是层压板和化学药水等材料。贵公司的材料供应链情况如何?其市场可采购性如何?是否有新产品?

Martin：身为一名采购人员，不论遇到什么问题，我的工作重点都是关注供应和需求。每个行业都存在一种循环，到了某个时间点，就会遇到危机。比如在疫情出现之前，我们每天的日常工作都是监控内部的询价单（即我们从客户那里收到的询价单），这表明 PCB 或覆铜板制造商可以收到询价单。我们会监控这些数据。现在的情况和疫情发生之前一样。并没有出现覆铜板紧缺现象。所有材料均可采购到，价格也回到了之前的水平。

可以忽略不计诸如铜价上涨等因素，因为需求与供应同在，而且中国已构建了规模巨大的生产设施。如果阅读 Prismark 行业报告，就会发现下半年的情况不如上半年好。当需求略微降低时，生产商还是要把生产出的材料卖出去，对我们来说，此时采购材料就很容易了。

Johnson：这对供应端是个好消息。但客户对产品的需求有所下降吗?

Martin：行业报告显示整体数据是上涨的，但 ICAPE 集团的数据要比行业报告给出的预测高一些。与 2021 年上半年相比，ICAPE 集团 2022 年上半年的销售收入同比增长了 51%。但整个市场的情况并不是这样。我们之所以能实现这种幅度的增长，是因为特定的投资，并且我们公司 7 月时在巴黎上市。今年我们还并购了一些公司，但实话说，下半年的市场情况确实不如上半年好。



Jean-Christophe Miralles：这主要是因为疫情出现前后，人们囤积了一批货品。层压板价格有所上涨，可我们能够直接向制造商采购，他们是我们

合作工厂的供应商。这是我们洞悉到的比较引人关注的情况。虽然客户库存导致了订单数减少、需求下降，但需求终归会恢复的。我们的收入情况仍然不错，尽管订单数量有所减少。

Jean-Christophe Miralles

Martin：每家公司都应该非常关注订单出货比。我们公司的订单出货比非常高。为什么?因为去年公司几乎所有材料都遇到了紧缺。惊恐之余，人们开始疯狂囤货。可是一旦库存充足，就意味着订单量会减少。现在所有人都在抱怨订单变少了，但实际情况是“因为去年年底一下子就接了 12 个月的订单量”。这就是事实。凡事都有连环反应，就像你行驶在高速公路上，一个人踩了刹车，紧随其后的司机也会轻踩刹车，以此类推，会形成连锁反应。行业也出现了这种情况。

Johnson：我们行业不会出现骤增或骤降的情况。现在层压板的价格趋势是怎样的?

Martin：6 年前我刚到中国，那时我们收到了一家供应商发出的缺货通知，后来陆续收到了第二家、第三家、第四家供应商的缺货通知。于是我决定直接联系覆铜板制造商。我们和中国大陆及台湾地区几家大型层压板制造商的高管都取得了联系。

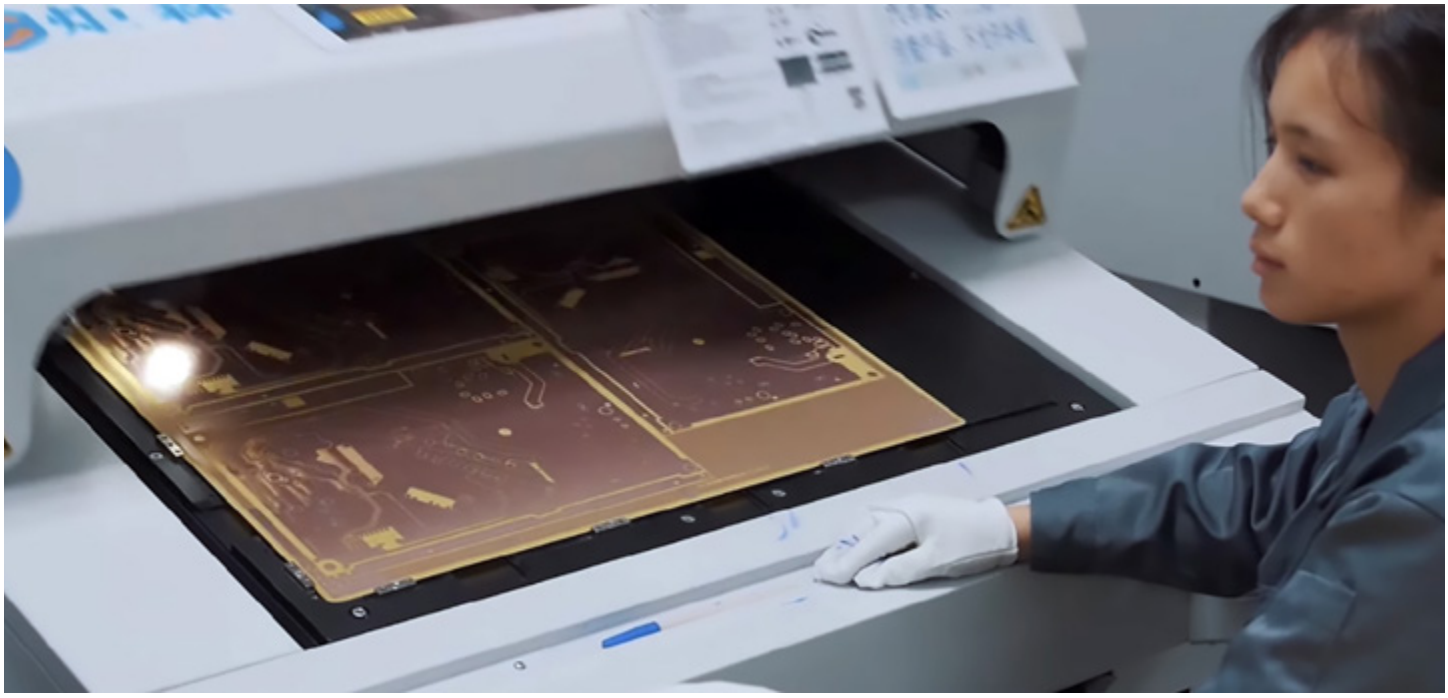
我们开始与合作工厂的供应商沟通交流，了解最新情况。从那时起，我们就一直监视价格的变化趋势。现在，价格已经回到了疫情发生前的水平。不能说价格会保持稳定，但目前确实已经回到了疫情前的水平。

Johnson：导致价格不稳定的因素是需求波动，而不是供应链的原因，是吗?

Martin：的确是这样。人们会说价格只是与铜相关。实际上，就拿 1.6 毫米厚的标准覆铜板来说，真正起到决定因素作用的是树脂，但产品价格会根据需求而变化。我们分别监测了一家上市公司和非上市公司的所有数据，查看他们的生产值、营业额和利润等。多年来，我们一直对所有 PCB 和层压板制造商做相关分析。

2 年前，覆铜板制造商的利润飙升，涨到之前的 10 倍。现在他们回到了更正常的盈利方式，所以现在是真正的供需相关模式。虽然每年都会上涨，但已趋于稳定。

Miralles：价格主要取决于需求是因为产能很稳定，但有些行业的产品需求正在下降。比如笔记本电脑和智能手机的需求就在下滑，所以



出现了供大于求的情况，也就导致了价格出现了小幅下跌。

Johnson：这种情况会对你们的合格供应商名单（approved vendor list，简称 AVL）有何影响?

Martin：AVL 是最重要的文件依据。ICAPE 集团总裁曾把这份文件称为圣经。我们需要借助这份文件实现短期、中期和长期战略目标。所以也可以根据一家公司的 AVL 组成结构，来了解这家公司的战略。

Johnson：你们利用 AVL 来管控战略，那你们的长期战略是什么?你们如何维护和供应商的关系?你们的改进计划是什么?

Martin：我们不会披露 AVL，但集团所有的顶级合作工厂都在这份名单中。道理很简单：我们不会凭空选出合作伙伴。这些合作工厂入榜已经十多年，甚至有些已经入榜二十多年。我们的目标始终是与这些工厂建立恒久的合作关系。我们不希望今年合作，明年就终止。我们始终希望与合作伙伴建立长期的合作关系，而我们的方式就是与合作公司的创始人保持良好关系。

我们拜访其公司从上至下的每个人。我们需要对合作伙伴公司有全面整体的了解。在和公司老板沟通时，老板的介绍重点是对整个公司的构想。而当与公司副总裁或销售总监沟通时，他们的沟通重点则是销售情况。我们要了解公司的整体氛围，这与我们自己的战略也差不多。

Johnson：所以说你们可以根据客户对技术规范的具体需求，从不同供应商那里获取各种不同水平的层压板。毕竟需要把层压板纳入性能技术规范中。层压板已经成为了重要因素之一。

Martin：没错。AVL 是一份可以用来轻松匹配合作工厂与客户要求的文件。每个客户都是独一无二的，他们都有自己特定的需求。所有工厂也都是独一无二的，可是工厂的销售人员会跟你说，“我们可以生产所有产品。可以生产这个，可以生产那个。”但这是不可能的。我们的业务和核心价值观就是了解每家工厂的专长和核心业务。

我们会根据他们的专长和核心业务来匹配客户。每个客户都是不同的，他们有自己特定的需求。我们的客户能找到 25—30 家不同的工厂来生产他们的产品。我们是中间商，有现成的采购资源，合作伙伴也遍布全球，所以可以帮助客户节省出原本会用来在亚洲找工厂的时间。

Johnson：*你们的增值服务之一就是在与客户沟通技术问题时加入制造视角，告诉他们哪种材料最能匹配要求、哪家工厂最适合生产他们的产品，帮助他们实现最大良率，是这样吗?*

Martin：没错。两年前，我们成立了“现场应用工程（Field Application Engineering，简称 FAE）”部，其主要职责是协助 OEM 与设计师沟通。我们去了解他们的需求，了解项目或需求背后的推动因素，以及客户想要实现的目标。我本身不是技术人员，所以我会让真正懂技术的工程师来处理这些工作。

Miralles：Nate，你可以谈一谈我们和合作工厂制定的 KPI 吗?以及我们是如何给他们提供支持。我们制定了改进计划，这个计划需要我们和工厂之间相互合作。

Martin：没错。不论是合格供应商还是新合作的供应商，每年都必须对他们进行一次年度审核。我们每年会抽出几天的时间对供应商做全面的审核，涉及他们使用的机器到文件再到员工。现在，我们会根据 KPI 完成情况对他们进行月度审核，因为我们已经掌握了所有数据。我们了解询价请求及询价单量，也了解他们报价的用时。他们有自己的工程师，所以我们也会追踪技术问题是否得到了准确的解答。我们会监控准时交付率（on-time delivery，简称 OTD）。Jean-Christophe 就负责监控 OTD。当然，我们也会通过每百万次采样数缺陷率（defective pieces per million，简称 DPPM）和每批次退回率（lot reject rate，简称 LRR）来监控产品质量。我们会在每家工厂派驻一名现场员工来检查 PCB 是否出现技术问题，然后才会将产品发运给客户。为了确保产品几乎无缺陷，我们有严格的标准条件。

Johnson：根据制定的 KPI，你们与供应商沟通的内容就不会超出预期。这些 KPI 确保了你们能够采购到合格的材料，生产出合格的产品。ICAPE 集团怎么和客户去沟通那些需要他们自己解决的问题?比如需要调整设计来提高良率之类的问题。你们如何参与到这类调整过程中?

Martin：有时候，他们在处理简单的 4 层或 6 层双面 PCB 时，会觉得所提出的需求已经超出了控制。我会收到这类复杂的 PCB，或者是客户需要使用某种美国生产材料。当生产人员发现设计使用的是非标准材料时，就会联系 FAE 部门的工作人员，FAE 部门会在特定会议中参与讨论。我们不会把问题丢给销售团队，因为他们不懂这些技术问题。FAE 部门技术人员会直接与客户联系，询问客户的具体需求。这是第一步。客户会说，“我不知道，我用这种材料完全是因为我听说这种材料非常好”。至于具体原因，他们完全不了解。我们就这样来来回回沟通，直到客户确立了一些原则，他们会说：“我需要用这种材料，你们觉得哪家制造商适合生产这个产品?”下一步就和生产有关了，我们开始讨论哪家工厂最适合生产他们的产品。

AVL 文件列出了相关信息，所以我们了解每家工厂的生产能力。我们和技术人员沟通交流，直到 100% 确定工厂具备相关生产能力之后，才会给客户推荐某家工厂。我们不希望自己说某家工厂可以做，但他们却做不到。这是我们非常不想看到的事情。

Johnson：在与客户进行此类沟通时，FAE 会在什么阶段参与?

Martin：这要取决于客户。比如我们在讨论价格稳定性时，就需要 FAE 加入进来。尤其是去年，价格上涨或元器件紧缺导致很多产品需要重新设计，很多客户因为采购不到某种元器件，不得不重新设计产品。当这种情况发生的时候，我没有可以遵循的特定规则，但我知道这种情况每天都会发生。我每周都会和 FAE 员工开会讨论这一特定主题。例如，他们会告诉我们随着电动汽车产量增加，未来 5 年汽车行业会飞速发展，某个相关项目是个非常不错的契机。

Johnson：我们再来聊聊企业社会责任。

Martin：企业社会责任（corporate social responsibility，简称 CSR）起着非常重要的作用，它是客户非常关

注的常见主题。我们的合作方必须签署道德准则合约并且需要遵守环保要求。

我们一直坚定履行 CSR，公司 CSR 经理可直接向 CEO 汇报。我们去年开始执行 CSR 审核，第二个审计模式能反映出公司在全球范围内的影响力。我们公司有两套排名系统：质量排名和 CSR 排名。根据这两点，我们对所有 AVL 上的合作伙伴都进行了打分排名。

Johnson：*在追求公司运营可持续性发展的过程中，你们的 KPI 是否有所改进?有些人认为，即使 CSR 意味着运营成本的增加，也还是应该去履行 CSR。*

Martin：总是存在改善空间，这也关乎到企业的发展。像美国和法国这样的发达国家，才会有时间去考虑发展事宜。但对于有些国家而言，CSR 是未来才会考虑的问题，现在可能还不需要考虑，但这一天终会来临。

Miralles：你也知道，现在大多数制造业都集中在亚洲，尤其是中国。很多客户都位于欧美地区，所以在交通运输上还有改善的空间。采购是另一个难题，尤其是在亚洲采购。Nathan 最近在研究如何在靠近客户的区域内寻找新的采购渠道。

Johnson：*这些事情组合到一起的方式非常引人关注。构建更具弹性的供应链、分散制造地点，就可以缩短运输时间、减缓物流压力，创建更可持续的系统。*

Miralles：如你所述，包括运输、包装等步骤在内的采购过程对可持续性会产生重大影响。当然有解决方案可以减弱这种影响，可是这个方案需要成本。我们要和客户一同合作，确保他们愿意支付更多成本来实现可持续性发展。坦白讲，我们并不能说服客户这样做。我们给出建议，但他们一般还是会继续选择更常规的标准方案。虽然客户并没有按设想的那样迅速向前发展，但我们没有感到很意外。例如我们会采取本地化解决方案，虽然没有达到预期的高效，但这也是一种进步，我们找到了向前发展的路径。我们对所有供应商都提出了这方面的要求，包括 PCB、电子部件和运输领域的供应商。我们是不会与那些没有制定可持续性发展政策及履行 CSR 的公司合作。

Martin：我们的合作工厂都遵循类似于 ISO 26000 的 CSR 标准，而且我们发现，他们的产品质量和他们遵守却不一定尊重的规则之间确实存在着某种联系。如果一家工厂不需要遵守国际规则，但他们认为这是未来的大势所趋，或者十分重视工人的工作环境，于是决定要按照国际规则完成生产，那么这和他们生产的产品质量之间就存在某种联系。

Johnson：*显然，长期解决方案就是在客户所在地找到本地制造商。可是考虑到在给工厂运送材料或给客户运送产品的过程中会遇到种种价格问题和需求难题，要如何处理这类问题？你们如何保证客户不会有所顾虑？*

Miralles：我们现在的运力变得更加充足，但主要还是因为需求减少了。这是两个因素造成的：首先，疫情导致出现产能问题，但我

们马上就要度过这个阶段了。随着需求的减少，我们的产能在不断增加。产品运输和全球市场之间有着很强的关联性，即当全球市场收缩的时候，运力就会变得更加充足，但价格也会随之降低。我们目前采用的战略并不复杂，但我们必须要足够灵活。这就意味着我们不会和转运公司签订长期协议，因为我们想更频繁地调整价格，以贴近市场价格。我们每 3 个月就会和转运公司重新商讨协议价格。其次，在我加入公司之前，公司就开始整合业务，也就是说会削减欧洲的订单或销往美国的订单，从而最大程度地发挥整合作用，降低每个客户的最终价格。最后，我们针对客户依据公司战略展开内部讨论；而在此之前，我们的物流策略是在客户附近构建仓库或工厂。

当然，我们也不想彻底改变。我们只有几处工厂可服务欧洲客户。我们需要采用就位的物流系统保持灵活，在一段时间内，用相同的物流系统持续 1—2 年。但我们也有可能经常更新服务模式以真正贴近客户期望。

***Johnson：**ICAPE 集团近期有什么规划?*

Miralles：去年，我们完成了一些战略性收购。我们可以给客户提供更多服务，而且也有可能在公司内部生产 PCB。

Martin：目前我们有两处工厂，一处位于美国，一处位于南非。

Miralles：这是一个非常重要的节点，因为我们的战略是贴近客户并能提供丰富的产品。

***Johnson：**的确是这样。今天我们就聊到这里。谢谢你们。*PCB007CN

赞助商链接

ICAPE Group, The power of precision (icape-group.com)

Ron, here’ s the link if you need it: https://www.icape-group.com/

PCB Technologies 成立 InPack 公司 专攻微型化及封装领域

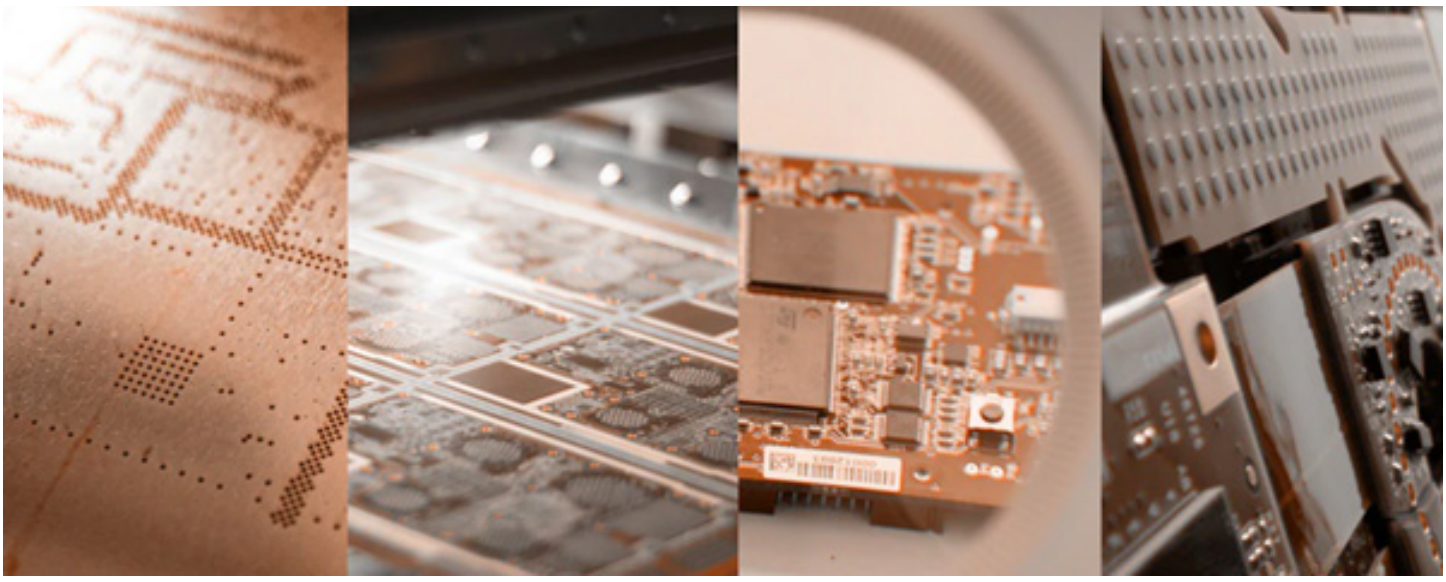
by **Andy Shaughnessy**
I-CONNECT007

我最近采访了 PCB Technologies 公司的 Jeff De Serrano、Yaniv Maydar 和 Alon Menache，他们介绍了 PCB Technologies 最近投资的 InPack 公司，详述了公司的发展重点——开发高阶封装、微型化和其他高端技术领域，大幅加快产品上市时间。除此之外，他们还提出了对全球市场的独到观点。

Andy Shaughnessy：*Jeff，很高兴又有机会采访你们。首先能否简要介绍 InPack 公司概况。*

Jeff De Serrano：刚刚成立的 InPack 是 PCB Technologies 的子公司，专攻系统级封装（SiP）、有机基板、微电子组装和高阶封装领域。公司投资了 1570 万美元用于购置设备和软件，其中包括新型层压设备、高级对准系统和软件、高端微电子组装设备以及高阶封装设备。我们会将母公司 40 年来在 PCB 领域积累的丰富经验应用到新公司，使其成为雄厚制造技术的中坚力量。目前已经为 InPack 组建了一支优秀的工程设计团队，Yaniv 是团队负责人。

Inpack 的目标是利用微型化和 / 或翻倍技术，从设计到生产的各个环节帮助客户。第



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

Yaniv Maydar

一种微型化技术是在相同的外形状尺寸下将输出量翻倍。例如，如果客户拿来 1 英寸 ×1 英寸的小芯片，需要在相同外形的前提下将功能翻倍，我们可以帮助其实现目标。我们的工程师团队具备生产 20 微米线宽、25 微米间距有机基板的能力。如果客户遇到了散热难题，我们也可以采用基板内散热技术。第二种微型化技术是将 1 英寸 ×1 英寸的芯片缩小为 0.5 英寸 ×0.5 英寸，且保证散热性能。

Yaniv Maydar：我们投资了数百万美元用于购置设备，主要是组装工艺和生产基板的设备。这项技术基本可以称为“类载板 PCB”或“类 PCB 载板”。也就意味着，使用减成法以及公司内部独有的创新性工艺，可达到 20 微米的 PPI 分辨率。界定载板不只有分辨率，还有散热能力。我们有能在载板内部嵌入导热金属块的工艺，可消散高热量。这项工艺主要针对传感器，但不限于此。

而且不会因为使用了导热金属块而影响 CTE。其 CTE 数值与载板上使用的层压板 CTE 非常相似。基本上，使用含有嵌入物的有机载板，其散热质量和硅中介板的散热质量不相上下。

Andy Shaughnessy：*听起来很有意思。*

Maydar：这是 Inpack 独家拥有的技术，重点是可以根据客户的需求来定制。在多品种、小批量的制程中，提供的方案要具备灵活性，此外，我们的工艺可以添加铜柱，具备实现任何互连能力，帮助客户解决载板与 PCB 之间 CTE 不匹配的问题。这种问题在业内称之为一级和二级可靠性问题。

我们可以解决有机载板通常会遇到的主要问题，同时，独特的工艺能帮助客户解决互连问题、散热问题和可靠性问题。以前使用的有机载板方案无法解决这些问题。目前必须要借助陶瓷载板、硅中介板甚至要碳化硅中介板。这些都是非常特殊的工艺，既耗时成本又高。

De Serrano：这一工艺由以色列团队研发设计。据我们了解，目前全球范围内还没有其他公司在研发这种既可以散热又能添加延伸穿过封装的铜特征（铜柱）技术。

Shaughnessy：*这是 InPack 拥有的技术?*

De Serrano：没错，InPack 是 PCB Technologies 的子公司，位于以色列。Yaniv 主管一支专攻 SIP 技术的设计团队。其目标是从设计初期就与客户沟通协作，这是帮助他们解决问

Jeff De Serrano

题的最佳方法。但我们也会利用客户现有的资源，采取变通措施。我们对交付时候有信心。目前，竞争对手可能需要 18~24 个月才能将产品交付到客户手中，但我们的灵活性很强，在必要情况下能将所有工艺整合，交付时间可以控制在 6 个月左右。对于客户而言，最终的上市时间从 24 个月缩短到了 6 个月，他们能在更短的时间内收到运行良好的产品，以便获得最多的利润。

Maydar：设计流程是一揽子方案流程，因为可以在同一地点设计 PCB、载板和封装方案。应用的设计准则也都是统一的，解决问题时也不用去对接不同的分包商。

De Serrano：没错。我们可以在同一工厂内设计 PCB、设计封装并交付成品，称之为“一揽子方案”。

Alon Menache：定制化产品，需要基于客户需求、工程师需求或规范要求的特定要求，所以集成是非常关键的因素。我们也致力拥有自己的 IP 或研发出更好的技术性能，并将其体现在这个产品上。

Shaughnessy：假设客户自己生产线路板，也有基本的生产设置，只是想采用你们的散热技术，此时你们的技术能配置到方案中吗?

Maydar：可以的。客户可以找到自己需要用的工艺步骤，然后只应用部分工艺即可。我们的流程很灵活。

Shaughnessy：*真不错。*

De Serrano：他们已经设计了自己的封装，但需要载板来发挥一定作用。我们可以介入到这个环节中，针对他们遇到的问题帮助他们设计载板，比如解决散热问题。这正是 Yaniv 的团队发挥作用之处。比如，客户设计了芯片，功能很强大，就是不知道如何设计散热方式，此时 Yaniv 的设计团队就会帮他们设计出带有导热金属块的载板，以将热量从背面散出。

各个团队通力协作才能获得最好的效果，这也是在同一家工厂里内配备微电子组装能力的另一个原因。我们购买了最好的组装设备和先进封装设备，所有设备都配置了同一工厂内。

Maydar：没错，我们设计的组装流程也是独一无二的。客户可以定制专属的组装流程，实

Alon Menache

现定制化封装叠层方案或根据具体应用定制。它不是只能在特定的制造商或封装公司才能买到的某一设计流程；可以按照自己的需求来设计组装流程。例如，想在封装上设计一根天线，或在封装上安排过滤器，都没问题。

Menache：灵活性也是关键因素，因为我们有各种各样的工具和设备，能应用到现有的所有先进封装工艺当中。

De Serrano：但你也知道，Andy，对客户而言，关键因素在于上市时间和灵活性。国防与航空航天领域的大客户不会订购几百万件产品的，一般只会订购几十万件，需要配备特定的生产线，比如有确定流程的 A、B、C、D 生产线；但我们在生产时不需要选出特定的生产线，不同之处在于能够灵活地为客户服务。

我们计划在 6 月的 IMS 展会上展出这项流程。届时，我们会与国防与航空航天领域、传感器市场以及商业化细分市场中的核心公司开会沟通。在展会上，我们会安排 DFM 团队在会议回答问题并讨论设计准则。参会的员工中有 4 名来自以色列、4 名来自美国。

Shaughnessy：*你在 IPC APEX EXPO 展会上曾经提到，新公司的运行速度会比现在位于以色列的工厂快很多，对吗？*

De Serrano：没错，我们投入了大量的资金到 InPack 分公司，而且为了这个业务还聘用了独立的团队。PCB 工厂运行正常且在不断发展壮大，我们专攻 RF 技术，特别是刚挠结合板，主攻国防及航空航天市场。我们的重要目标是在 IMS 展会上举办 InPack 的启动仪式。我们想一炮打响 InPack 的知名度，让参会者明白我们的业务能力以及我们在这一细分市场中所做的投资。我们是认真的，且看到了这个市场的巨大潜力。我们会安排相关团队在现场解答大家的问题。

Shaughnessy：*InPack 是独立的实体吗？*

De Serrano：InPack 隶属于 PCB Technologies，我们现在还不能独立运行。我们认为这种商业模式最终不会仅仅局限于印制电路板模式。到那时，我们也许就可以独立运营了。

Yaniv 就是来自这个行业，我们很高兴他能加入我们的团队。他之前就是这类产品的客户，所以他了解客户真正的需求。每当客户抱怨说“我的芯片总是因为无法散热而毁坏”时，我们的设计团队知道如何帮客户解决问题。

Shaughnessy：*感觉汽车行业会对你们的技术感兴趣。我们采访他们时，发现也面临种种问题。*

De Serrano：没错，但汽车市场批量大、成本高，我们目前还是专注于 RF 和传感器市场。除非汽车领域的公司主动找到我们，否则我们不会主动迈向那个市场。

医疗市场是我们关注的另一个领域。疫情背景下，人们希望制造出能够放进车里为患者提供上门检查的 MRI 装置，但这一目标要如何实现呢?一定需要微型化所有部件。

Shaughnessy：*这种装置的生产也是多品种、小批量。你们在这方面有绝对的优势。*

De Serrano：没错，我们不会每个月生产 100 万件产品，而是只生产几十万件。Yaniv 和他的团队能完成这项工作。

Shaughnessy：*你们似乎在市场发展方向上占据了有利地位。*

De Serrano：只要我们能很好地营销，并且找对目标购买者去宣传，这款产品就会自我推销。我们必须要确保团队将产品呈现给了真正需要用到它的人。

Shaughnessy：*InPack 团队目前有多少人?*

Maydar：设计团队有 10 人，主要负责设计流程、散热设计和电气设计。

De Serrano：我们先组建了这个团队，因为一旦打入市场后再招人，就会产生很多麻烦。必须在客户找到我们的时候就已经具备生产设计能力了。现在这家新的公司才刚刚起步，我们也在探讨一些重要的项目。Yaniv 的团队可以同时处理多个项目。我们预计现有团队每年可以完成 12 个按技术规范设计的订单和 24 个按图纸生产的订单。

Shaughnessy：*这项投资听起来很不错。*

De Serrano：没错，这是市场上从未有过的“一揽子”解决方案。我们目前主要关注战略性营销工作，这样才能抢得先机。现在已经有几家新客户正在洽谈中。不论我们去哪里展示这款“一体化”解决方案，都会吸引众多感兴趣的客户。

Shaughnessy：*介绍一下你们正在研发的有机载板。*

Maydar：使用有机载板后，设计的稳定性会大幅提高，因为可以解决层压板、CTE 或散热属性引起的问题。可拥有无限的灵活性，比如可以使用硅中介板。使用中介板后，就要受限于 2.5 的 CTE，此后使用的载板要与其匹配。

我们正在和数家以色列国防领域的公司（如 IAI 和 Elbit）合作研发传感器，主要能够满足较强散热要求且不同尺寸的传送 - 接收传感器。

Shaughnessy：*感谢你们接受采访。*

De Serrano：也谢谢你，Andy。期待再次相逢。

PCB007CN

助力中国 IC 载板产业
华正成功开发多款 CBF 积层绝缘膜

by the I-Connect007 Editorial Team

2022 年 11 月 18 日至 11 月 22 日，华正新材召开了 2023 年经营战略研讨会。会上，董事长刘涛认为，今年的外部大环境比较艰难，但华正的成绩是值得肯定的，包括珠海厂如期建厂开业、铝塑膜如期开业、产能良率不断爬升，以及复合材料的业绩稳中向上的态势。近期，PCB007 中国在线杂志编辑采访了华正市场部副总监林广文先生，探讨华正独特的优势以及在 IC 载板领域最新的进展情况。

问：针对战略布局的三大航道，是基于华正独特的优势找准的方向，包括高频、高速、高导热为核心的高端电子基材；新能源汽车、锂电池核心封装材料等为核心的新能源材料；汽车轻量化、冷链物流、医疗设备等领域的特种复合材料，现在的产品各自亮点有哪些?

林总：通信高频产品销售稳步增长，在 5G 通信领域的市场优势继续得到巩固，产品系列覆盖基站天线、功率放大器、滤波器等射频领域等应用，并进一步积极开拓汽车智能驾驶与雷

杭州青山湖工厂

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

华正市场部副总监 林广文先生

达等应用领域。5G 通信产品 HC 系列、H5 系列已在 4G、5G 基站天线、功放应用领域获得了通信知名终端客户的技术认证，并形成批量交付。在雷达传感应用领域也获得了业内知名客户的技术认证并实现产品交付。

通信高速销量快速增长，产品系列覆盖 Mid-Loss、Low-Loss、Very Low-Loss、Ultra Low-Loss、Extreme Low-Loss 等不同的损耗等级，主要应用于 5G 通讯、数据交换、服务器等领域。多款产品已在业内知名终端客户中取得技术认证并实现稳定的批量交付。

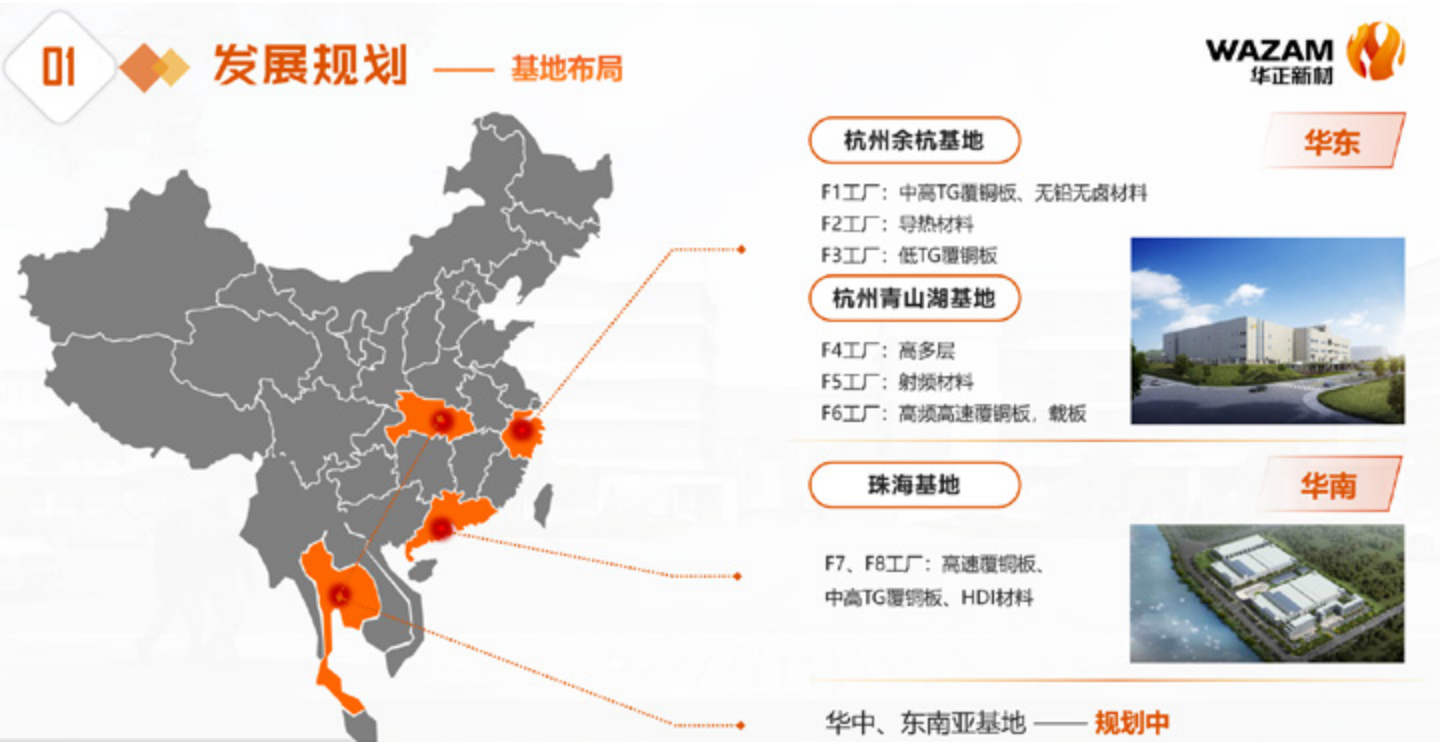
导热产品继续巩固在光电器件、汽车电子、模块电源等市场的竞争优势，优化配方、降低成本，开发了 IPM 半导体模块用金属基板，获得了业内头部企业的认证（美 *），并实现批量供应。另外，导热型 FR-4 产品在基站电源应用领域，获得了通信知名企业（H*）的认证并实现交付。

新能源、电池软包等领域，华正凝聚优势力量集中攻关，进行产品全层面创新，技术上阻隔性、耐穿刺性，在产品业态上形成了 113 系列数码型铝塑膜、153 系列动力储能型铝塑膜、88 系列超薄型铝塑膜以及针对锂电池封装对外层耐腐蚀性要求严苛的产品系列的全面布局。

医疗领域特种复合材料方面，近两年对医疗设备需求大幅增加，包括 CT、MR 等大型医疗设备。我司特种复合材料主要覆盖 CT 水模、T 度线圈、MR 屏蔽盒等大型设备结构件，其特点是需求定制化。该系列产品已在国内外知名终端实现稳定批量交付。

问：目前，中国 IC 封装载板产业发展速度很快，可用于 FC-BGA 等 IC 封装载积层绝缘膜市场需求增长。下半年伊始，贵司与电子材

珠海工厂



料院合作，开展 CBF 积层绝缘膜产品的研发和销售，进一步布局 IC 封装载板类电子材料，目前进展如何?

林总：根据 Prismark 预测，全球载板的市场容量在 2020 年—2025 年将实现 13.9% 的复合增长率，到 2025 年市场容量将达到 195 亿美元。中国 IC 封装载板产业在未来也将保持较快的增长速度，可用于 FC-BGA 等 IC 封装载板的积层绝缘膜市场需求持续增长。华正新材根据战略规划，进一步布局 IC 封装载板电子材料，丰富产品系列，提升技术能力。

华正新材与电子材料院共同投资设立合资公司，充分发挥双方各自优势，通过优势互补发挥协同效应，对应用于先进封装领域的电子材料进行研发和产业化，提升公司在 IC 封装载板材料领域的市场竞争力。

从总体推广来看进度符合预期，并已成功开发出多款 CBF 层级膜系列，主要应用于 FC BGA、ECP（元器件封装）、Wafer 增层、芯片再布线、芯片塑封等工艺领域。现正在配合业内多家客户在测评与使用中。

问：受市场影响，现在产能是关键，目前华正新材的情况如何?大家关注的青山湖二期、珠海的项目情况如何?未来产能布局如何?

林总：目前，华正新材青山湖二期（F6）工厂实现投产并如期达产，产品各项指标达标；面向华南的珠海（F7）工厂于 2022 年 5 月上量生产，有效提高了公司中高阶覆铜板的供应能力，加快了客户服务与订单交付响应时间，为公司构建核心竞争力、实现高质量发展打下了坚实基础。按规划在 2023 年年底，整体产能将达到 400 万张 / 月。

问：电动车、环保新能源等行业在跨行业地抢 PCB 材料资源，这也将是一个常态。对于

PCB 企业来说，其实除了要考虑本身备料的安全库存以外，可能现在还要重点考虑战略库存，您有什么好的建议，帮助 PCB 客户去考虑战略布局？

林总：CCL 作为 PCB 的关键原材料之一，供应链安全的保障至关重要。而原材料的多元化，尤为重要，按目前的行业发展趋势，国内相关厂商的技术能力不断提高，在核心的原物料上，技术性能与供应能力已经能达到与标杆相当的水平。另外，PCB 客户应当加强与上游 CCL 企业的互动，在前端客户需求的信息上保持互通（上下游原物料的供给行情），便于双方有更前瞻的视野，获得更充裕的准备时间，以应对当今瞬息万变的市场。

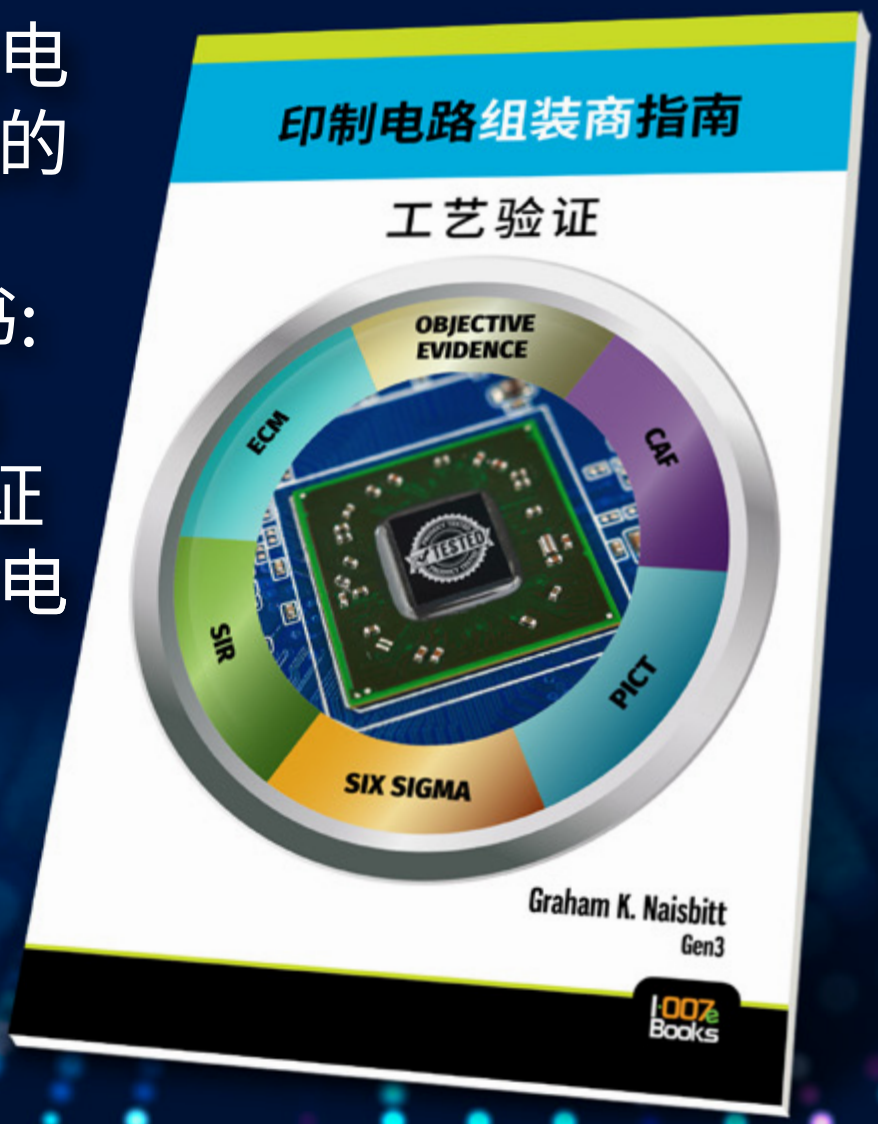
***问：**我们关注到贵司开启“昆仑项目”，对于华正一路走来，可以看到，创新是华正的基因，打开盈利通道的都是当时市场上的新品，包括 2015 年高频高速导热材料，及时占据了市场主流。那技术创新要基于相应的关键人才，在这领域，有些企业会借助引进、合作的方法，昆仑项目是否是华正内部的自成长？*

林总：是的，培训对象主要是华正内部的中基层为主。为满足公司战略布局与战略目标实施过程中的用人需求，提升内部人才孵化能力，构建良性人才梯队，公司启动了华正新材关键人才培养计划之“昆仑项目”。项目旨在培养学员的战略认同与项目管理思维以及沟通协调能力。

“昆仑项目”是公司后备干部人才梯队建设的重要一步！在此基础上，我们将继往开来，逐步构建完善的人才培养体系，为战略落地打下人才基础，也为每一个奋斗的华正人价值实现构建平台。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

实现最佳热稳定性需考虑的因素

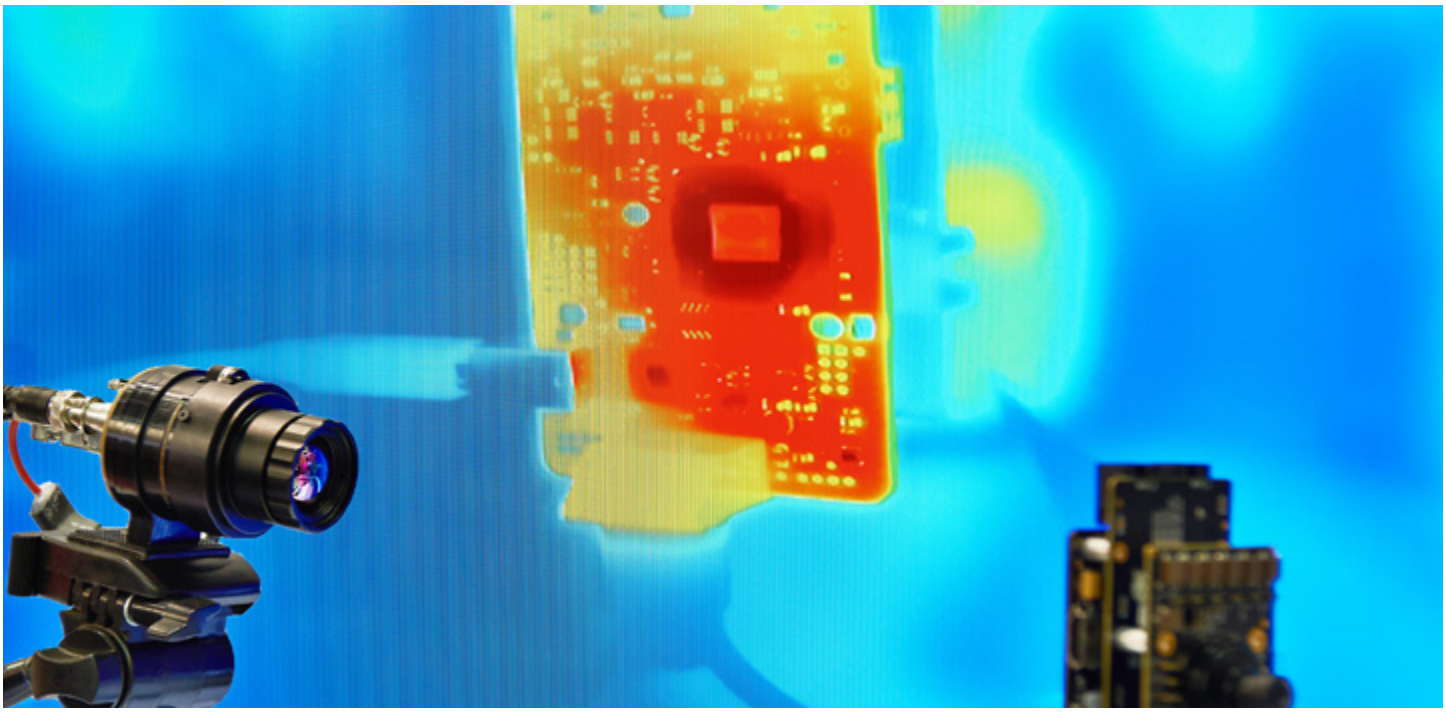
by **John Coonrod**
ROGERS CORPORATION

随着技术的不断发展，对散热的预期要求越来越高，设计师需要了解散热的哪些因素会影响电路性能。数字应用遇到的散热问题与 RF 应用遇到的散热问题有所不同，如果其中还涉及到 DC 和 AC，那么问题就会变得更加复杂。

热量管理一词的含义非常广泛，指 PCB 中各种潜在的散热隐患。可能最常见的热量管理模式就是充分考虑影响电路发热的诸多变量，从而将电路温度保持在关键限值之下。但是仍有其他散热问题会影响电路的 RF 性能或数字性能。介电常数温度系数（thermal coefficient of dielectric constant，简称 TCDk）是所有材料都具备的属性，指在给定的温度变化下，材料的 Dk 会呈现的变化率。相关的属性还有损耗因子温度系数（thermal coefficient of dissipation factor，简称 TCDf）和插入损耗温度系数（thermal coefficient of insertion loss，简称 TCIL）。

TCDf 和 TCIL 分别指的是在给定的温度变化下，Df 或插入损耗的变化率。此外，电路的散热行为及运行环境会对电路的老化产生显著影响，从而会改变电路的性能。最后，热量管理的考虑因素通常不包括吸湿（可考虑在内）。

一般来讲，施加到 PCB 的功率大小与由其引起的电路温度上升有关，是确保电路温度不会超过最高运行温度（maximum operat-



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

ing temperature，简称 MOT）的关键。MOT 表示电路可正常工作且不会发生关键属性退化的最高温度。影响电路发热的因素有很多，其中包括通过良好的热流管理或使用散热片技术消散热量。

影响电路发热的因素有很多，其中包括通过良好的热流管理或使用散热片技术消散热量。

一般情况下，电路热量管理的方法是使热量产生于顶层信号面，在电路底部的接地面上连接散热片。热流路径始于信号面，通过基板，终止于下方的接地面。接地面和上面连接的散热片有相同的热势。

基本的热流概念表明，使用较薄的基板可以缩短热流路径，从而更有效地将热量从信号面转移到散热片，达到较低的电路温度。另一种优化热流的选项是增加铜面积。因为铜是一种极佳的散热导体，信号面和接地面之间的铜面积越大，热流路径就越宽，可以辅助保持较低的电路温度。此外，本案例中，因为热流路径要穿过基板，所以基板的导热性也很重要。具有较高导热系数的电路材料可以增加热量流动速度，有助于降低电路温度。一般认为导热系数大于等于 0.5 W/m · K 的材料是具备良好导热性的电路材料。

导致电路发热问题进一步复杂的因素是电路上施加的 RF 功率，插入损耗是主要隐患。基本上，插入损耗增加会导致电路产生的热量增加。有些情况下，设计师会忽略上文提到的热流因素，为产生较少的热量，而考虑使用损耗极低的材料。随着热量管理的要求越来越高，这种简单的方法已经无法满足要求。

选择了不恰当的材料之后可能会导致多种热量管理属性之间产生相互作用，从而导致不良后果。例如使用较薄的电路材料来提高热量流动，通常也意味着插入损耗和产生更多的热量。针对这些热量管理，有必要用散热仿真模型来了解其中各种因素之间的相互作用。除此之外，如果使用损耗非常低（低 Df）的薄基板，再使用具有高导热性的表面光滑铜（导体产生的损耗更低），可实现最佳结果，即可实现良好的热量流动并最大程度地降低电路温度。薄基板有较短的热流路径，Df 较低，所以插入损耗也较低（即产生的热量较少），再结合光滑的铜，可实现插入损耗低、导热性高，因此可将产生的热量有效转移到散热片上。Rogers 公司有一款材料具备了这些最佳的热量管理属性。在 10 GHz 测试频率下，这款层压板的 Df 值达到了 0.0017，可选择不同厚度的基板、不同表面粗糙度的铜，导热率高达 1.24 W/m · K。

TCDk 是另一种与热稳定性相关的问题，当电路在温度会发生改变的环境下运行时，或者由于变化的工作周期导致电路温度发生明显的变化时，通常会考虑 TCDk 因素。一般而言，电路材料的 TCDk 值如果能达到 50ppm/°C就是不错的。理想情况下，TCDk 值是 0ppm/° C，但几乎没有电路材料可以达到这个值。

TCDf 的问题是很难精确测量其值，因为测试不同，发热机制不同，所以会影响测量结果。相比之下，TCIL 更容易测量，因为测得的值会更精确，并且具有可以在实际操作中测量

的优点。TCDf 可考虑 Df 的变化，而 Df 只和介电损耗有关。但 TCIL 呈现出给定温度变化下电路整体的损耗会导致电路产生的性能变化。

TCDk、TCDf 和 TCIL 这 3 个参数可反映温度变化引起的某些属性的瞬时变化。但电路及其材料会因此发生属性变化。室温环境下出现的长期老化通常都不是严重的问题，但如果是因为温度升高而造成材料老化，那么电路和材料的属性可能在非常短的时间内发生变化。温度越高可能导致电路 / 材料的老化属性越快发生变化。另一个适用法则是，使用热塑材料制成的电路一般会比热固材料制成的电路更能抵抗因长期受热而导致的老化。但也有一些热固材料的配比组成能使材料经受住长期受热导致的老化。

人们在处理热稳定性问题时通常不会考虑吸湿性，但有些情况下是应该考虑的。具有高吸湿性电路材料的 Dk 和 Df 值可能会由于电路在运行时暴露到了不同湿度环境下之后而发生改变。环境温度越高，这种影响就会越大，所以应该被纳入考虑范围。但有一种例外情况，即电路运行温度高于或等于水的蒸发温度。即使材料具有高吸湿性，但如果温度过高，使水分蒸发，不能累积在电路材料内，那么吸湿性对性能变化的影响也是极小的。

人们在处理热稳定性问题时通常不会考虑吸湿性，但有些情况下是应该考虑的。

PCB 的热稳定性可能会受到很多不同电路材料属性的影响，电路的设计与结构也会影响 PCB 在终端应用环境下的散热性能。强烈建议在处理热量管理问题时，与材料供应商取得联系。**PCB007CN**

John Coonrod 任 Rogers Corporation 公司技术市场营销经理。如需阅读往期专栏，可点击此处。

UHDI 技术线宽线距跨度

by **the I-Connect007 Editorial Team**

在采访 IPC 首席技术专家 Matt Kelly 时，他主要探讨了高阶封装和 UHDI 两部分。本文将主要刊登 UHDI 部分。UHDI 是什么?它与 PCB 有何不同?为什么它对半导体如此重要?Matt 不仅详细介绍了 UHDI 对行业的挑战，还介绍了投资 UHDI 技术的回报。此次采访涵盖的高阶封装部分将会在未来择机发布，敬请期待。

Nolan Johnson：*我一直听说北美的一些 PCB 制造商在讨论载板制造的初步尝试。他们说载板与 PCB 完全不同。*

Matt Kelly：绝对不同。如果读者想了解详请，可以参考 IPC2021 年 11 月发布的报告。其中一个关键发现是，北美从未有过 IC 载板生产能力。我们拥有研发能力和初试生产线能力，但没有批量生产能力。所以现在的重点不是“带回”，而是“首次创建”IC 载板生产能力。

载板有不同的级别。低端载板是引线键合载板，即芯片引线键合到载板上。如果我们讨论的是线宽和线距尺寸（作为度量标准之一），这是最简单、技术含量最低的载板类型。这类载板的线宽线距在 25μm 范围内。

Matt Kelly

25μm 等于 1 mil。这是行业讨论 UHDI 与 IC 载板技术及能力之间“模糊”的分界线。在 PCB 方面，如果线宽线距发展到 2~3 mil，则为 50~75μm。这是 HDI、UHDI 和低端 IC 载板开始重叠之点。

如果看载板范围的另一端，低端是 25μm 线宽线距的引线键合载板。北美工厂能生产这样的载板吗?有些工厂可以。一旦涉及商用级封装载板，则很难找到支持和证明可生产这类载板的商业案例。这种技术不是很难，但在低成本地区以外生产该类产品不划算，商业上无法持续。

如果涉及高性能计算、活动、逻辑和内存，即“Intel Inside”处理器芯片，则 TSMC、三星和英特尔是全球排名前三的生产商。这些高端处理器封装载板，其线宽线距可达 9~12μm。

ASIC 联盟最新制定的发展路线图预测未来 2~5 年内线宽线距将达到 5μm，未来 5 至 10 年内线宽线距将达到 2μm。当一家北美 PCB 制造商计划生产载板时，我的第一反应是“进入载板领域要非常小心，其中所涉及的技术各异”。

公司可以生产 25μm 的引线键合载板，但并不意味可以生产基于 CPU 的 10μm 载板。以汽车为例，引线键合载板就像制造精良的丰田凯美瑞——质量不错且运行正常；而那些 CPU 级载板就像兰博基尼或迈凯轮赛车——虽然都是载板，但又确实非常不同。

当制造商表示可以生产这些更精细的线宽线距特征时，我的第一个问题是——“贵公司的良率是多少?”我通常得到的回答是 20%，这样的良率会使工厂破产。

Johnson：*同时，这类“兰博基尼”载板对推动封装向前发展至关重要，必须有制造商站出来做这些工作。*

Kelly：《CHIPS 法案》为半导体技术投入了大量资金，但在过去的一年，我们一直在倡导硅必须与某些东西互连的理念。花 200 亿美元可以建造一家令人印象深刻的晶圆厂。晶圆厂拿走了所有的钱和技术，我们面前有一堆非常先进的芯片，但如果不与其他部分互连，它们完全不能发挥作用。

载板也是如此。可以生产高质量的高性能载板，但在经鉴定的方式将芯片互连到载板上之前，它们也是完全无用的——只是待售的部件号，只是基础。

如果我们在美国西南部建造的新工厂可生产这些芯片，接下来会发生什么?它们被送往亚洲进行封装，实质上，这是延长了供应链，而不是缩短了供应链。

如果我们在美国西南部建造的新工厂可生产这些芯片，接下来会发生什么?它们被送往亚洲进行封装，实质上，这是延长了供应链，而不是缩短了供应链。

这就是为什么无论是欧洲还是北美，如何拥有本地制造 IC 载板的能力都是值得讨论的。现在，我们看到了模式的变化，它是一种区域加全球模式。

让我们来看看芯片无源器件：电容器和电阻器。马来西亚和其他东南亚地区的工厂不会搬迁。我的观点是，需要始终与全球供应链合作。我们到对区域加全球模式的需求和愿望越来越强烈。

区域供应商最好能以同等成本交货。但从战略上讲，“无论发生什么情况，这种类型的元器件或这些要素可在区域范围内被制造”，这样做是有充分理由的，顶多可能是平价的，但能掌控“我在意的东西”。因此，建立区域加全球模式，使你能够做出这类决策。仅用“全球”模式思考，那么每个人都会说，“我不能以那样的价格生产。这样投入的成本太高，所以我不会做出改变。”

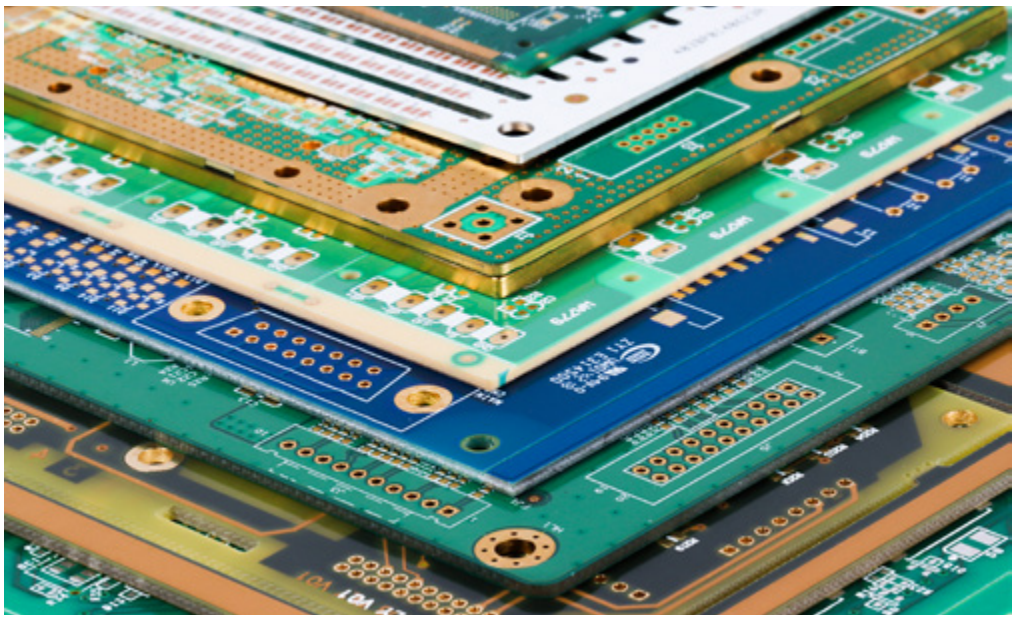
Barry Matties：Matt，资金将如何进入我们的行业?

Kelly：如果能够以北美国防为主要市场，生产出符合技术要求的载板，那么制造商就可以获得相关资金。IC 载板包含在高阶封装的定义中。这是 PCB 制造商进入这一领域的主要驱动因素之一。

由于载板和 PCB 之间的重叠，IPC 代表行业提出了“最低可行能力”论点，这样我们就可以获得一些投资；也许在《CHIPS 法案》之外，可通过其他一些资助项目获得资金。第一步是获得更多载板信息或投资，然后持续关注可以为 PCB 技术吸引的一切投资。

Matties：Matt，谢谢你和我们探讨 UHDI 主题。

Kelly：不客气。PCB007CN



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

加成法：PCB 切片视图

by **Luca Gautero**
SUSS MicroTec (Netherlands) B.V

之前发表的《加成法制造需要加成法设计方法》文章中，列举通过喷墨技术涂覆阻焊层的切片视图。然而，其切割位置的选择及重点关注的部分，与通常的阻焊桥或铜边缘覆盖率略有不同。图中显示的阻焊层结构对读者来说并不新颖，但证明了我的观点。同时，我已有数篇文章解释了横向分辨率和堆叠原理。

尽管如此，当运用观察传统阻焊层切片的经验时，因其大部分的形状类似矩形，就很难立刻相信其他形状的阻焊层也是可靠的。

对比差异的最佳方式不一定是切片视图，而是俯视图。

图 1 显示了 2022 年 3 月的专栏文章《通过油墨控制阻焊层厚度》中解释的概念之一。

阻焊层厚度往往涉及阻焊层与铜 / 层压板间附着力、高温下阻焊层对处理后化学侵蚀的惰性，以及后续制造或产品老化期间的温度稳定性。

表面润湿行为由预处理选择控制，具有较大的工艺窗口 [1]。当润湿行为与油墨的低黏度相结合时，形成的接触角会填充预处理产生的复杂粗糙结构，这确保了力学连接的锚固效果。除了安全性之外，阻焊层厚度边缘逐渐变薄，确保了连接与连接体积之间的比率增加。换言之，对于阻焊层的任何点，锚固始终是相同的，意味着移除阻焊层的任何机械动作都不会找到方便的杠杆位置。阻焊

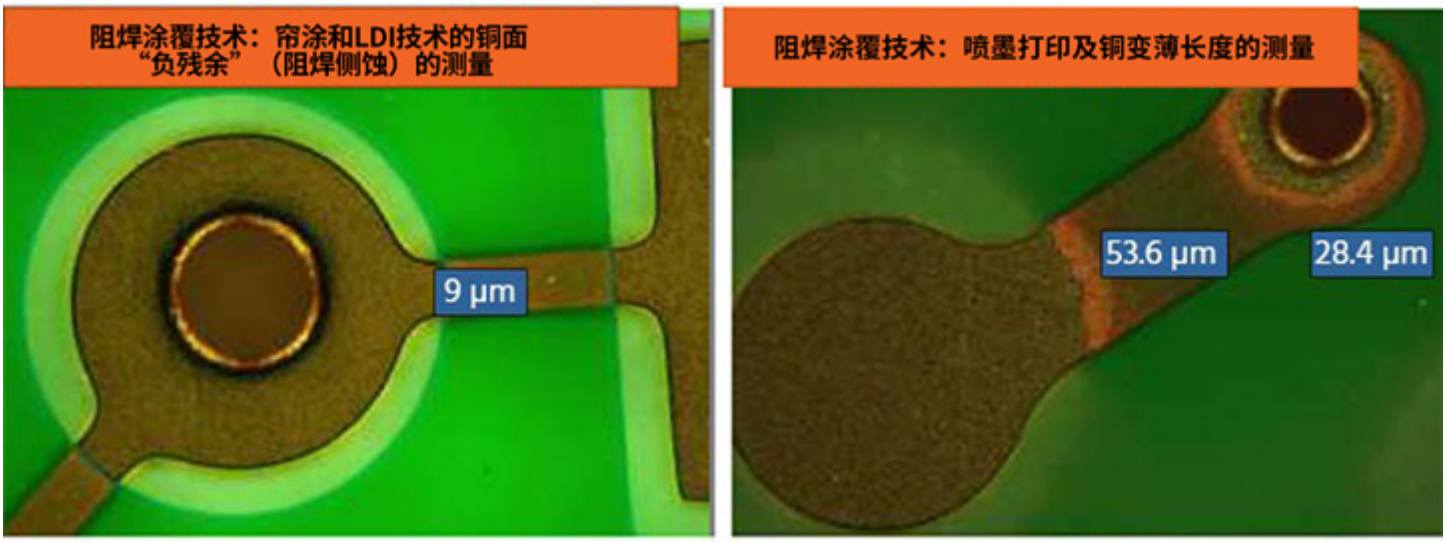


图 1：传统阻焊层与喷墨打印阻焊层的对比。对于喷墨的打印阻焊层，在铜上尤其可以看到朝向图形边缘的阻焊层厚度逐渐变薄（来源：ACB Atlantec SAS）

CIMS
Creativity in Motion

Galaxy X 系列

适用于IC载板检测的最先进AOI

- 可检测细至4微米线宽/线距
- 拥有最低假点率的最佳检测能力
- 可搭配二维和三维量测功能
- 可完美兼容工业4.0技术
- 占用更小的空间

Galaxy 4X
(最细4μm线宽/线距)

Galaxy 5X
(最细5μm线宽/线距)

Galaxy 7X
(最细7μm线宽/线距)

Galaxy 10X
(最细10μm线宽/线距)

康代中国 | WWW.CIMS.COM
如需了解更多资讯，请直接联络当地康代销售代表。

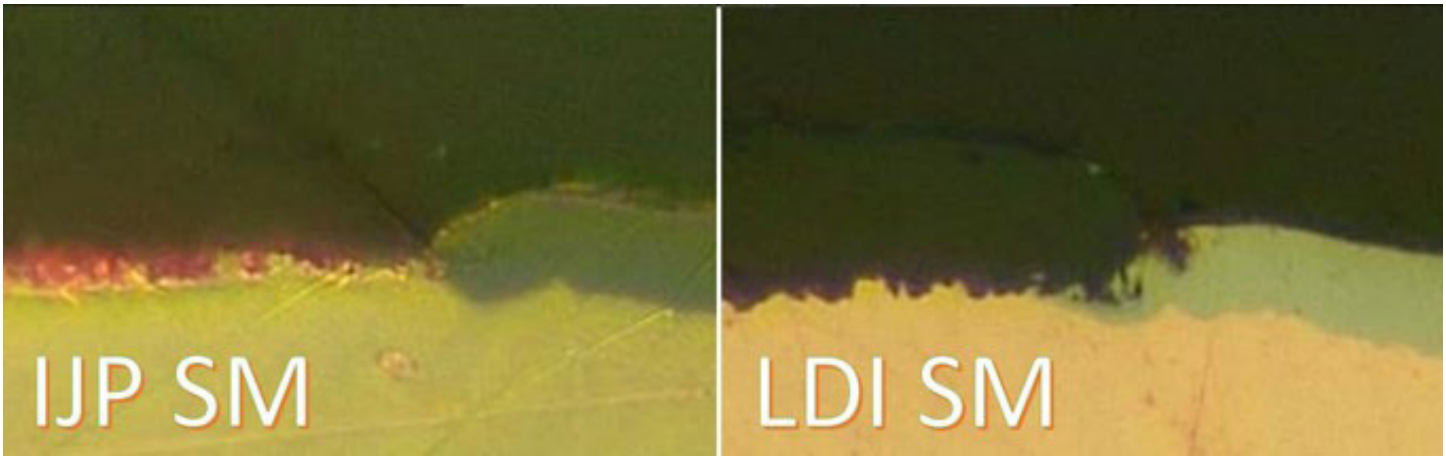


图 2：ENIG 后边缘分辨率的对比（来源：ACB Atlantec SAS）

层厚度逐渐变薄可能会导致对后处理典型化学物质的化学惰性差或对 PCB 产品寿命期间环境应力的耐受力低（例如，皮肤汗液对于智能手表的影响）。然而，阻焊材料通过简单的化学惰性而不是厚度来抵抗这种应力。材料供应商确保材料与所涂覆阻焊油墨的化学作用可以忽略不计。因此，任何厚度，只要是连续的，都足够抵抗应力；如果非要用荒谬的逻辑来证明厚度是防止化学侵蚀的保护机制，那么它多少厚度才算足够厚?

ENIG 处理的 PCB 实例可以证明附着力足够。这种金属表面处理依赖高温下的侵蚀性物质。喷墨打印阻焊油墨，由于轮廓等之前定义的属性，可确保其边缘是真正的 ENIG 边缘。对比传统阻焊工艺，由于负残余导致残足现象，可能无法具备相同精度的分辨率。这并不一定是坏事，但能证明过程控制不够稳定。

传统阻焊工艺完美分辨率的目标是“零残足”。涂覆工艺及上下工序的微调可实现这一目标。尽管如此，在生产过程中还是会有很多变化。最后，几微米的残足极有可能不会对整体设计产生影响（除 HDI）。然而，负残余的状况可能会导致化学物质的残留。大量漂洗的前提下，阻焊层轮廓的绝对长度仍增加了残留机会，这种情况会导致失效，因为活性化学物质残留在不应该存在的地方。

喷墨打印遵循图形分辨率来确定其边缘，边缘清晰，不会产生正片导致的残足。因此，涂覆图形具有边缘附着力强、分辨率精确和可靠性高等优势。PCB007CN

参考内容

Additive Reality columns by Luca Gautero: “Drops of Technology” (July 2021) “Printhead Selection or ‘Shop ‘Til You Drop’ ” (August 2021).

Luca Gautero 任 SUSS MicroTec (Netherlands) B.V 公司产品经理。

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

表面涂层——ENIG 和 ENIPIG

by **Anaya Vardya**
American Standard Circuits

引言

PCB 设计师面临的最大挑战之一是不了解 PCB 制造过程中的成本驱动因素。本专栏系列文章从 PCB 制造商的角度讨论这些成本驱动因素以及影响产品可靠性的设计决策，本文为最新一篇。

表面涂层

表面涂层为元件组装商提供了用于焊接、引线键合或将元件焊盘或引线连接到 PCB 的焊盘、孔或指定区域的表面。表面涂层的另一个用途是使连接器、按键或开关具有可预料的接触电阻和生命周期。表面涂层的主要目的是与 PCB 表面形成电气和热连通性。

目前，PCB 行业有多种表面涂层，包括：

- ENIG（化学镀镍浸金）
- ENIPIG（化学镀镍浸钯金）
- ENEPIG（化学镀镍钯浸金）
- ImmAg（浸银）
- ImmSn（浸锡）
- 氨基磺酸镍 / 硬金或软金（电解镍 / 金

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

镇东，让塞孔、研磨更轻松！

2021年刷辊类共销售83323支，油墨共销售6240KG

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塞孔机

销售实绩：164台
CCD真空丝印塞孔机

销售实绩：146台
双面对磨砂带机

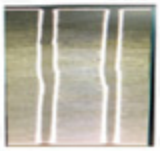
销售实绩：559台
智能化刷板机

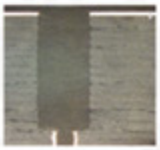
●以上数据截止到2022年10月

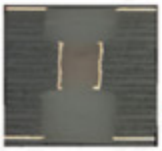
解决各类真空塞孔&研磨问题

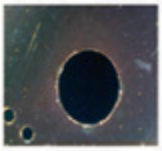
2021年共计加工2068281片

盲孔

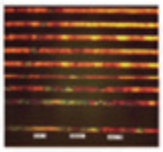

高纵深比通孔


单面背钻孔


双面背钻孔


孔口去披锋

铜帽去除


防焊前处理

SGS SGS

地址：广东省珠海市香洲区前山明珠南路2007号2栋
HTTP：//www.goalsearchers.com

TEL：+86-756-8633473
E-mail：info@goalsearchers.com

- HASL（热风焊料整平）
  - › SnPb（63 锡 /37 铅）
  - › LF（无铅）
- OSP（有机保焊膜）

表面涂层主要由应用决定，因此在选择表面涂层的决策中，应考虑许多因素：

- 含铅或无铅（LF）工艺
- 保质期
- 平整度
- 引线或焊料球间距
- 导线可键合性
- 引线插入
- 焊点完整性
- 耐腐蚀性
- 潜在问题
- 成本

无铅涂层符合 RoHS 要求（涂层中 Pb、Hg 或 Cd 的质量分数小于 0.1%），锡 / 铅 HASL 除外。符合 RoHS 的涂层包括：

- ENIG
- ENIPIG
- ENEPIG
- 浸银
- 浸锡
- 电解镍 / 金
- 无铅 HASL
- OSP

无铅 PCB 要求不能使用标准 HASL 表面涂层。关于长期表面涂层的问题是行业讨论热点。目前，浸银和 OSP 是指定最多的，浸锡是压合背板的常用表面涂层。可联系 PCB 制造商，了解行业规范的最新信息。

表面涂层

ENIG

ENIG 是两层金属涂层，按照 IPC-4552 要求，先化学镀厚度为 3~6μm 的镍，然后浸厚度为 0.05~0.12μm 的金，标称焊盘尺寸为 1.5mmx1.5mm。

ENIG 通常用于平整表面 / 精细间距器件。ENIG 的优点是保质期长，耐严苛环境，接触电阻低。

该工艺先化学镀一层薄镍涂层，再覆盖一层薄金层。金提供了非常好的可焊表面，当元件焊接到焊盘上时，金扩散到焊点中。

金层非常薄，因此不会降低焊点强度。此工艺通常不用于高可靠性、长寿命或高振动应用。

ENIPIG

ENIPIG 是一种 3 层金属涂层，按照 IPC-4556 要求，先化学镀厚度为 3~6μm 的镍，然后浸厚度为 0.05~0.30μm 的钯，接着再浸厚度为 0.05~0.12μm 的金，标称焊盘尺寸为 1.5mmx1.5mm。

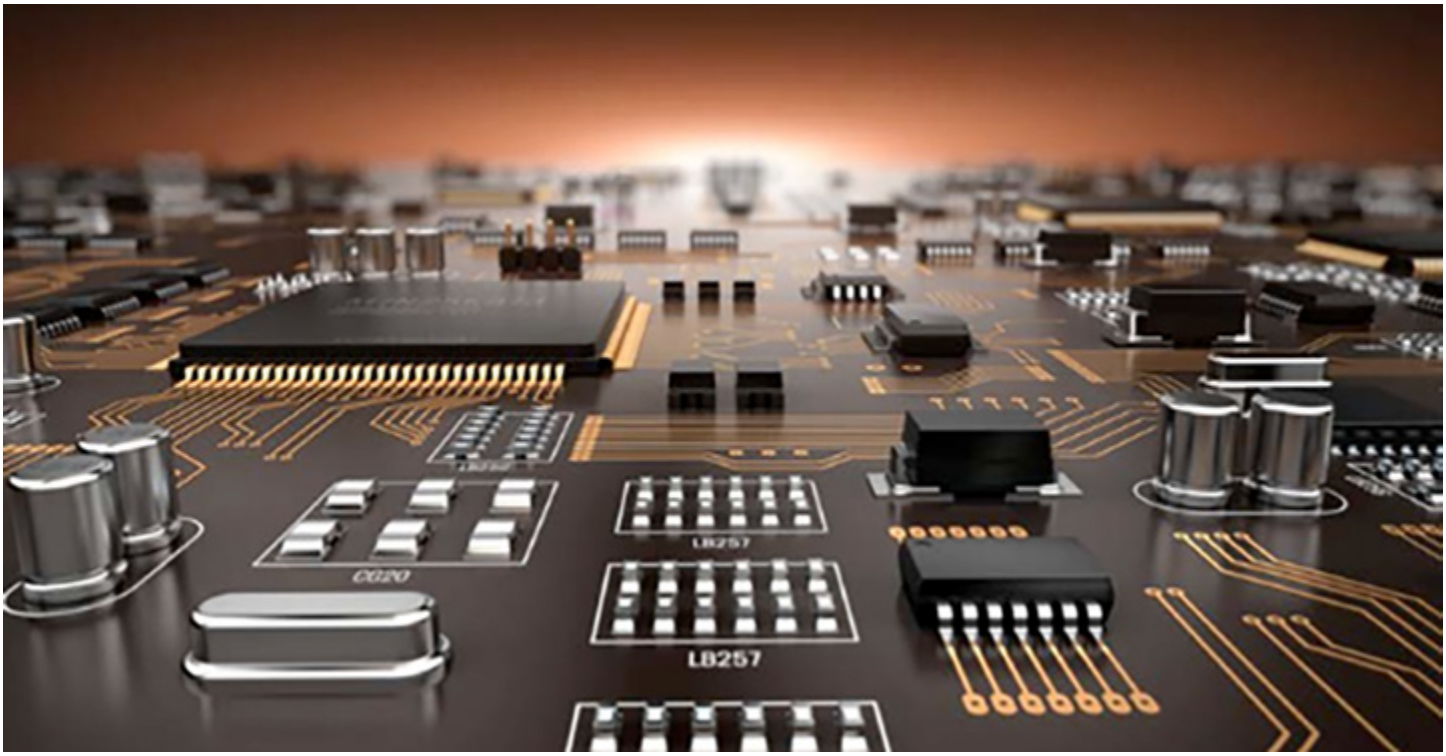
ENIPIG 通常用于平整表面 / 精细间距器件。ENIPIG 的优点是保质期长，耐严苛环境，接触电阻低，用 SAC 焊料形成的焊点良好。

金线键合

- 成本高
- 不能返工
- 射频损失较大（磷镍）
- 锡 / 铅中钯与铅的金属间化合物键合不理想

了解 PCB 制造中的成本驱动因素，以及设计师和制造商尽早合作是使设计具备成本效益的关键因素。遵循制造商的 DFM 指南是首要条件。PCB007CN

Anaya Vardya 任 American Standard Circuits 公司总裁兼 CEO。著作有《从制造商角度看热量管理》；与他人合著了《印制电路设计师指南——射频 / 微波 PCB 基础》和《印制电路设计师指南——挠性和刚挠结合 PCB 基础》。访问 I-007eBooks.com，可免费下载这些电子书和其他电子书。作为《印制电路技术基础》的合著者，他在 RealTime with…American Standard Circuits 中探讨了挠性和刚挠结合 PCB。



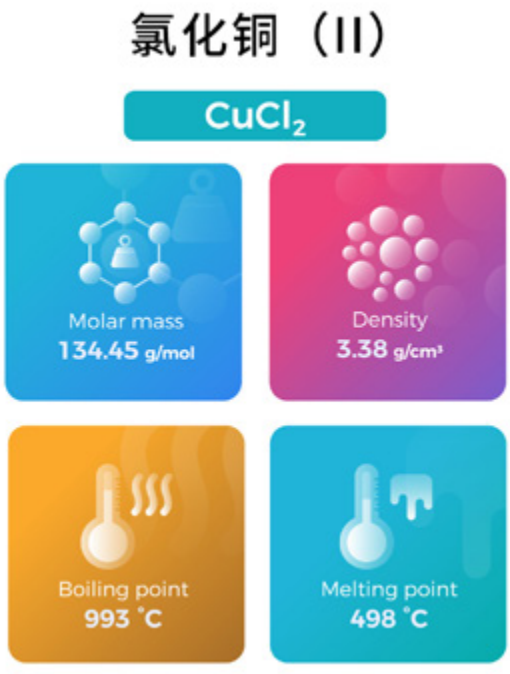
氯化铜蚀刻剂基础知识

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。

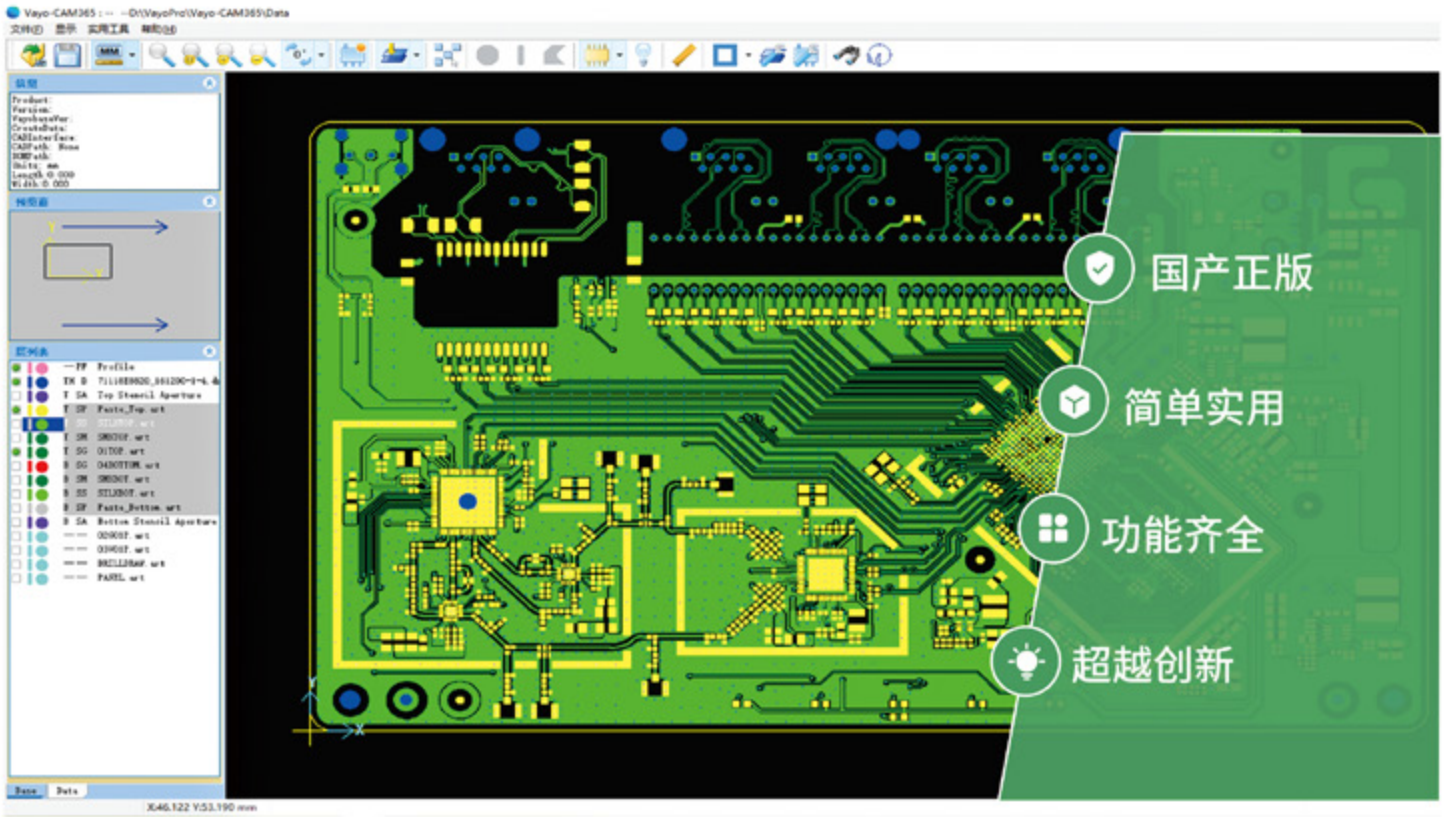


vayo 望友

让设计&制造好产品成为常态

Vayo-CAM 365 软件

企业必备CAM工具软件



软件咨询/试用

021-61182128

license@vayoinfo.com

- **工艺难点审查**

全新智能工艺审查；支持本地化参数配置；覆盖典型SMT工艺难点

- **钢网开口设计**

多种钢网开口模板，满足多样化开口设计需求；操作简便易上手

- **高效版本比对**

摒弃传统手动方式，实现图层自动调整；智能生成多版成比对报告

- **支持多种数据源**

支持按位号查询；
输出DXF无需镜像直接用来制作波峰焊载具、印制模板

- **测量与统计**

智能捕获器件中心，自动获取焊盘信息/测量距离

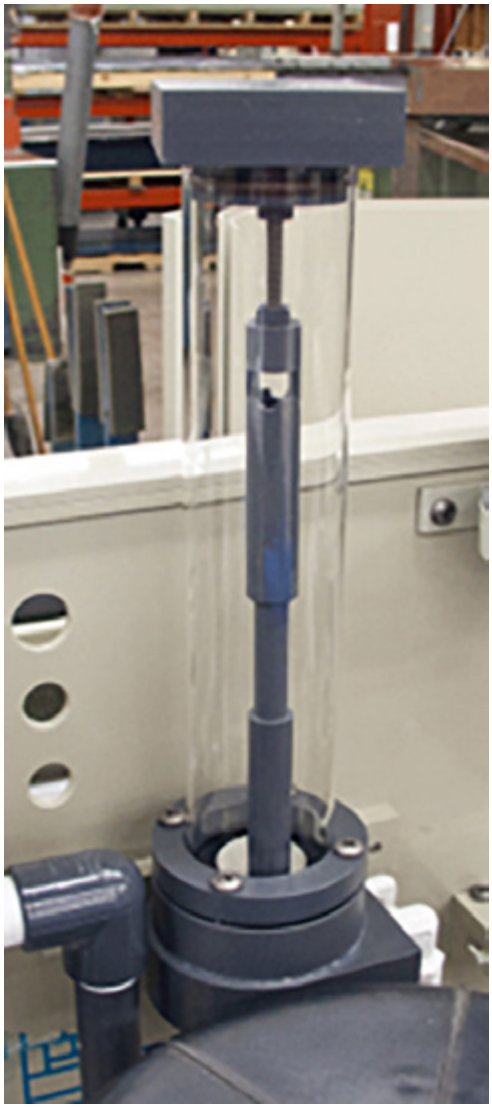


图 1：Chemcut 设备上的立管 (透明玻璃管)，该立管配有比重控制器（立管中间灰色装置）

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。

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

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 540~560mV。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。

印制电子技术挠性电路入门

by **Happy Holden**
I-CONNECT007

简介

印刷电子技术是电子制造行业中备受关注的领域，因为印制电子技术（printed electronics，简称 PE）用途广泛，在未来里有望实现上百亿美元的产值。近期，有研究表明，从 2020 年到 2030 年，印制挠性有机电子产品的市场总值将从 412 亿美元增长到 740 亿美元 [1]。

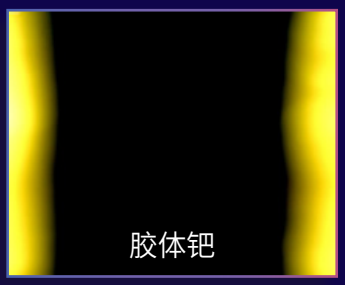
术语“印制电子技术”是最近几年才被整个行业广为使用，表示那些由直接印制在某种基板上的导体以及各种有源和无源元器件（即晶体管、电阻和电容）形成的电子电路。根据这一定义，很明显印制电子技术与传统的电子制造方法相去甚远。但市场推广者为了利用这项技术与日俱增的热度，试图将一大批制造解决方案都归入“印制电子技术”的门类，所以也就让这个术语本身的含义变得模糊了。

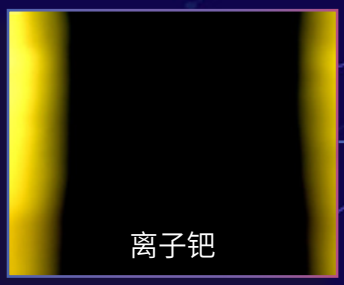
含义的模糊也从某种程度上导致了这一领域的增速放缓。尽管目前已经有这些设备的市场，但尚未达到市场预测者给出的较为乐观的增速。原因可能是因为供应商无法降低成本实现印制电子产品的批量生产。每项为了超越现有技术、超越具备竞争力的技术和 / 或传统技术的颠覆性技术都面临着这种挑战。到目前为止，印制电子产品已经替代了一些现有的应用，但却在射频识别（radio-frequency identification，简称 RFID）和有机发光二极管（or-

图 1：一些重要的印制电子技术潜在应用 [2]

我们提供

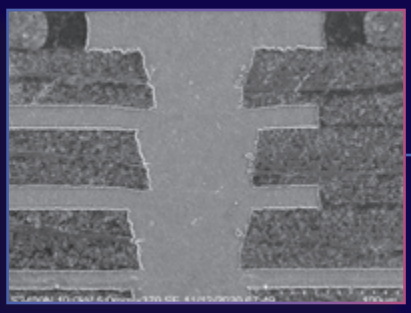
盲孔可靠性的完整解决方案





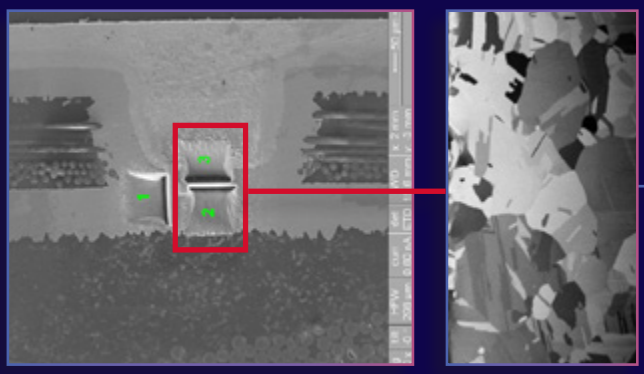
M-ACTIVATE 和 M-ACTIVATOR AP

精选钯活化剂技术，适用于各种应用



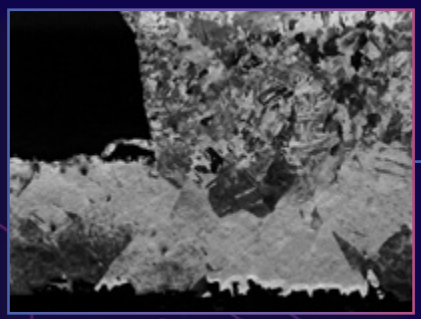
BLACKHOLE LE / ECLIPSE LE

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孔镀铜

MacDermid Alpha
ELECTRONICS SOLUTIONS

MacDermid Enthone 是MacDermid Alpha Electronics Solutions的产品品牌。© 2021 MacDermid, Inc及其集团附属公司版权所有。标识有“(R)”和“TM”是MacDermid, Inc及其集团附属公司在美国和/或其他国家/地区的注册商标或商标。

ganic light-emitting diodes，简称 OLED）之外的应用中鲜有突破。有机发光二极管是真正的印制电子产品方案，目前已经具备了很稳定的市场占有率。除此之外，该领域还没有形成某种“具有绝对优势”的应用或模式转变技术。事实也非常简单——想用全新的设计方案来代替现有的产品非常难，因为必须要先研发、理解并落实新的设计方案。

应用

可以和纸媲美的一次性电子产品对于营销者而言非常有吸引力。但在完全接纳这项技术之前，必须要考虑这种即用即弃的电子产品会对环境造成的不良影响，并且要妥善准备好这类产品报废后的处置事宜。在充分考虑这些因素之后，新一代印制电子产品将有各种引人关注的前景和工艺。

此外，由于印制电子技术可以快速生产出多个导电层、绝缘层和半导体层形成电子电路，所以与传统的制造方法对比，印制电子技术能用更低的成本制造出更简单、更大的集成电路（integrated circuit，简称 IC），尽管每单位面积内的功能有所减少。

印制电子技术的潜在应用越来越多：

- RFID/ 标签
- 家用电器 / 键盘
- 光伏技术
- 显示屏
- 存储器
- 传感器
- 照明
- 产品包装
- 可穿戴装置
- 互连
- 安保

印制方法

印制方法的选择取决于层的要求以及材料的性质，同时也要考虑产品的性价比和技术因素。目前，印制技术可分为整板印制和卷对卷印制两种。诸如喷墨印制和丝网印制这样的整板印制适用于小批量、高精密度生产。凹版、胶版和柔版印刷则更常用于大批量生产，例如太阳能电池，可以达到每小时生产 10000 平方米（m^2/h）。胶版和柔版印刷主要用于有机和无机导体，而凹版印制的板层图像校准质量

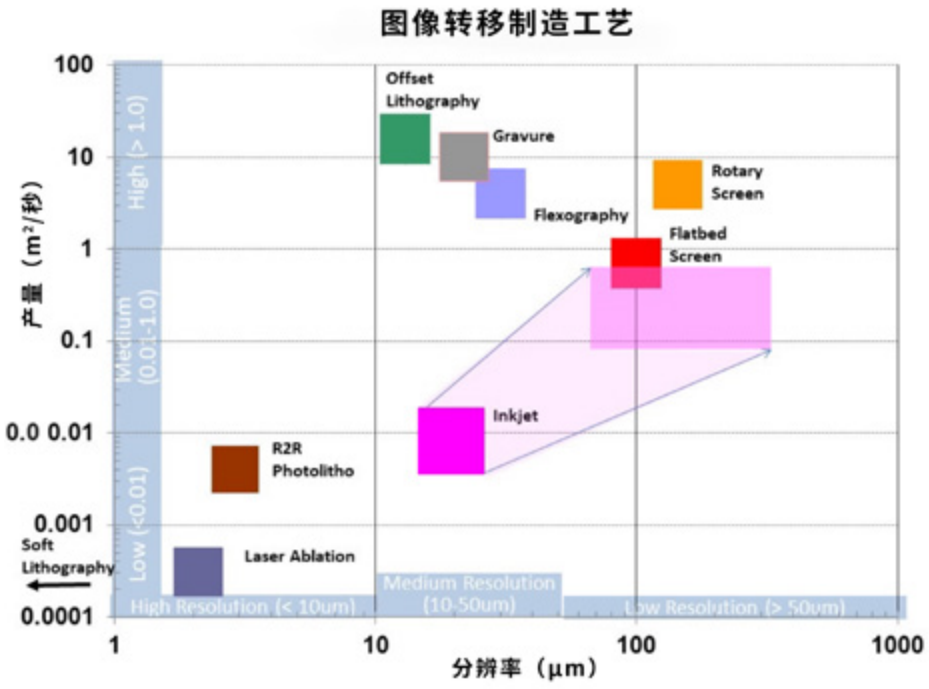


图 2：图中的 8 项图像转移技术都用于或研发印制电子产品 [3]

印刷方法	速度 (m/min)	分辨率（μm）	薄膜厚度（μm）	粘度（Pa · s）
柔版印制	50 - 80	20 - 50	0.5 - 2	0.05 - 0.5
凹版印制	20 - 100	20 - 50	0.5 - 2	0.05 - 0.2
胶版印制	15 - 100	15	0.5 - 2	30 - 100
丝网印制	10 - 100	80 - 100	5 - 25	0.5 - 50
喷墨印制	.5 - 5	20	100 - 500	0.002-0.025
压印	50 - 100	1 – 15	0.5 - 200	0.05 - 0.5
等离子印制	.5 - 3	20 - 100	0.5 - 200	Post Metallize
激光烧蚀	.1 – 1	.1 – 5	0.5 - 2	0.05 - 0.2
卷对卷照相平板印制	5 - 50	1 - 100	0.5 - 5	0.05 - 0.2

表 1：印制电子技术的常用方法及技术属性 [2]

基材	玻璃	金属	纸	PET	PEN	PC	PI	PEI	PVF
光滑度	++	++	O	+	+	+	O	O	O
耐高温	++	++	O	+	+	O	++	++	++
挠性	--	++	++	++	++	++	++	++	++
透射率	++	+	--	+	+	+	+	+	+
屏障	++	+	-	+	+	+	+	+	+
价格	--	+	++	+	O	O	--	-	--
得分	not suitable: -- - O + ++ :favorable								

表 2：印制电子产品的基材与适用性 [2]

非常高，所以特别适合生产对质量要求较高的层，例如有机半导体、晶体管中的半导体 / 介质界面。凹版的分辨率非常高，所以也适合生产有机和无机导体。有机场效应晶体管和集成电路都可以使用批量印刷的方法来制备。

共计有 8 种关键的图像转移制造技术正在应用于或计划应用于印制电子产品（图 2）。

传统印制方法：

- 丝网印制
- 凹版印制
- 柔版印制
- 胶版印制

新型印制技术：

- 喷墨印制
- 卷对卷照相平版印刷
- 等离子体印制
- 激光直接成像或烧蚀法

在这些技术当中，丝网印制技术使用的时间最长，目前仍在广泛使用。薄膜开关技术是印制电子技术的组成，这种技术在生产产品时非常依赖丝网技术。速度、分辨率、薄膜厚度和油墨黏度等技术信息如表 1 所示。

基材与油墨

印制电子产品使用的是挠性基板，这种基板可以降低生产成本，能够生产出具备机械挠性的电路。喷墨印制和丝网印制通常用于

压印玻璃和硅等刚性基板，而批量印制方法几乎只会使用挠性薄膜和纸。可供选择的基板还包括成本低、耐高温的聚酯合成纤维（polyethylene terephthalate，简称 PET）、聚萘二甲酸乙二酯（polyethylene naphthalate，简称 PEN）、工程应用中使用的无色有机热塑性聚合物聚醚醚酮（polyether ether ketone，简称 PEEK）、聚酰亚胺（polyimide，简称 PI）薄膜。纸的成本低、用途广泛，所以也是一种很有吸引力的基板，但纸的粗糙度和吸墨性都不利于电子产品印刷。基板的关键标准就是粗糙度低、可润湿性适中，这些特性可以通过预处理的方式（添加涂层、电晕处理）来调整。（见表 2）。

印制电子产品既可以使用有机材料，也可以使用无机材料。油墨材料必须是液态的，这样才能以溶液的形式存在，或分散、悬浮。油墨必须要起到导体、半

材料与油墨	成本	导电性（S/cm2）	挠性	可印制性
金油墨	++++	+++	++	+++
银油墨	+++	+++	++	+++
铜油墨	++	++	++	++
锡油墨	++	++	++	++
石墨油墨	+	+++	+++	+++
触媒剂油墨	+	+++	+++	++
CNT油墨	++	+++	+++	++
铜薄膜	+	++++	++++	-
镍薄膜	++	++++	++++	-
半导体	+++	+	++	++
铟锡氧化物	+++	++	++++	+++
PEDOT:PSS	++	+	++++	++

PEDOT:PSS= Poly(3,4-ethylenedioxythiophene) poly(styrene-sulfonate)
CNT=Carbon NanoTube

表 3：各种 PE 油墨的适用性和特性 [2]

MATERIALS & APPLICATIONS	玻璃	金属	纸张	PET	PEN	PC	PI	PEI	PVF
RFID（仅天线）			+	+	(+)	(+)			
RFID（包括电路）				+	(+)	(+)			
印制的存储器				+	(+)				
OTFT/显示屏	+	+		+	+		+		
OLED/显示屏	+		(+)	+	+	+			
OLED/EL照明	+		(+)	(+)					
印制电池		+		(+)	(+)				
有机太阳能电池	(+)	(+)		+	+				+
传感器			+	+	(+)	(+)	+		
布料				+	(+)				
标识系统	+	+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
得分：	不适用：空白			可使用：+		首选：（+）			

表 4：对于印刷电子产品应用基材基板目前的适用性 [1]

导体、电介质或绝缘体的作用。材料成本对于应用一定要适当平衡。

人们重点关注的材料主要是导电油墨，特别是银。银是生产电路导体时最常用的导电金属。薄膜开关电路需要在电压相对较高、电流相对较低的环境下运行，几十年来，人们就是使用银油墨将薄膜开关电路直接印制到聚酯基材上。挑战是要使这些电路和铜一样具有超强的导电性。普通油墨的导电性是铜导电性的 10% 左右，通常也不适用于需要在较低电压下运行或需要更大功率的高性能应用。有些供应商试图组合使用油墨中新配方配比的粘结剂和银纳米粒子，用以提升油墨的导电性，目前来看，这种方法非常有前景。表 3 是印制电子产品中使用的材料和油墨。

总结

挠性材料是印刷电子产品的关键特性。很多产品过去都是使用玻璃来保护有源层。若想替代玻璃，挠性基板需要有效阻隔氧气和水蒸气，并且要有很强的耐用性，不会被撕裂，作为覆盖层使用时还要对可见光透明。诸如 Mylar®、聚酰亚胺、PET 和 ORMOCER® 等塑料制品都具备这些特性，甚至纸或纸混合物也可当做基板。

表 4 展示了各种基材对于印刷电子品应用的适用性。对于不断增长的适用基材来说，“光子焊接”非常重要，它是 NovaCentrix 在其 PulseForge® 产品系列中首创的一项新技术，这种技术可以在不加热挠性基材的情况下焊接标准的无铅焊膏；这种特有的能力能够在不损坏基板的情况下烧结 / 固化金属油墨 [2]。

PCB007CN

参考内容

1. “Flexible, Printed and Organic Electronics 2020–2030: Forecasts, Technologies, Markets,” IDTechEx.com.

2. “Chapter 11: Printed Electronics,” by Joe Fjelstad, Flexible Circuit Technology, 4th Edition.

3. “Photonic Soldering,” by Happy Holden, PCB007 Magazine, Dec. 20, 2021.

资料来源

See “A Review of the Opportunities and Processes for Printed Electronics (Part 1),” by Happy Holden, a white paper originally published for SMTA International.

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。

NEPCON ASIA 2022
线上展会 RTW 专题报道

2022 年，因为疫情管控原因，行业展会纷纷无奈改期，甚至是取消。励展博览集团考虑到观众与展商的压抑一年多的参展需求，搭建了线上交流的平台。

12 月 15 日，励展博览集团推出在线展览会，集企业直播、产品展示、行业论坛、精准配对于一身，满足广大观众及买家在年末商贸采配黄金期的巨大需求。1000+ 国内外知名品牌企业将汇聚云端，带来七大行业的多款国内首发新品和解决方案。

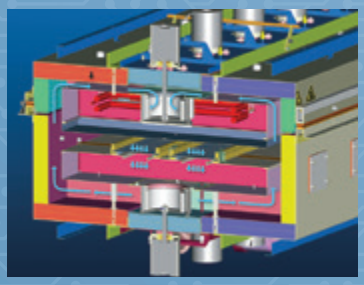
线上展会包括展商产品展示、电子制造行业大奖颁奖典礼、SiP 及先进封装大会、工业物联网与工厂自动化管理应用论坛，以及 EM LEADER TV -NEPCON 电子制造行业领袖风采访谈频道。

该报道是由 NEPCON 和 PCB007 中国线上杂志倾力打造的 Real Time With...NEPCON ASIA 2022 线上访谈频道。是中国国际电子制造行业专属的热点话题和风采人物观点发布平台，引领电子制造行业风向。我们通过线上报道的方式采访了多家企业与组织的代表及负责人，就目前大家感兴趣的市场、技术问题进行了深入探讨。

更多详情请扫描视频二维码观看。

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

KYZEN 带来全球创新环保清洁化学品

KYZEN 的中国区总经理张峰先生为我们介绍了他们的新产品——AQUANOX A4626。这是一款新型清洗剂，专为快速清除最新的聚合免洗助焊剂残留物而设计，同时对传统的无铅和共晶锡铅残留物也提供卓越的清洗效果。A4626 易于使用、环保、使用寿命长，可安全应用于多次回焊工艺。张总表示 2022 年业务总体稳中有增，消费电子类需求放缓，但电动汽车领域需求依然旺盛。

多点开花，捷报频传，轴心布局半导体、汽车电子等多领域

轴心是中国流体自动化领域首屈一指的制造商，于 2008 年成立，专注于流体控制设备及智能制造自动化整体解决方案的研发、生产、销售及配套服务。2022 在巩固原有 3C 市场以外，其应用已多点开花。与瑞典迈康尼整合之后，轴心的布局也越来越国际化，多元化。

Z-planner 完善 PCB 设计流程

PCB 叠层是电路板仿真和 PCB 制造的基础。Z-planner Enterprise 可以在设计流程的早期，通过叠层向导让研发可以进行参数化的叠层设计，Z-planner 完整的板材库，包含基于频率的高速板材信息，可以让研发获取最准确的层压板参数，并基于这些参数进行有效的信号前仿真分析。

2022 iNEMI 路线图概要分享

国际电子生产商联盟 iNEMI 的一大主要工作就是制订技术发展路线图，展望电子产品和制造技术的发展趋势和需求，推动全球电子制造产业的合作，以实现产业的可持续发展和技术进步。即 2019 路线图之后 2022 年迎来了新版本的发布，汽车电子，先进封装，智能制造，5G+ 通讯等领域成为重点。未来 iNEMI 将不再进行 2 年一次的版本更替，而是紧跟行业趋势进行及时更新。

菱微科技——高精密模治具加工商

与惠州市菱微科技有限公司总经理何晓林的采访中，我们了解到。菱微虽然是一家年轻企业，但创始团队都是拥有超过 10 多年经验的行业老兵，目标成为国内领先的高精密模治具加工商。其主要业务涵盖 3C 点胶及封装模具、载具、精密五金配件及精密零件的研发、加工与销售。

三捷推多款 SMT 生产部件清洗检测设备

在电子组装行业，三捷积累多年的行业经验，专注于高端装备自动化产品的设计、制造，提供高精度、高性能自动化机电产品。其智能钢网清洗检测机、锡膏智能自动添加系统、新型贴片机吸嘴清洗检测机等设备在国内顶尖的智能手机、消费电子类生产企业广泛应用。

镭晨推多款光学检测设备，确有独到之处

在线 PCBA DIP AOI、SMT 3D/2D AOI 以及在线 PCBA 锡膏 3D 光学检测设备是镭晨本次主推的检测三剑客。除了传统光学检测能力外，还搭载了先进的 AI 智能算法，深度学习，降低误检率，提升产品质量与生产效率。

准百年老店世嘉智尼：小配件有大学问

世嘉智尼的创建历史可以追溯到 1930 年，距离百年老店还有不到 8 年了。这是一家主营家具五金，建筑五金，设备零件的制造商；集产品策划，设计，生产，销售，物流，服务于一体的综合性企业。2005 年进入中国后在各个领域都取得了不错的成绩。其生产的工业机构件如扭矩铰链、扭矩合页等产品为电子制造、半导体生产设备提供了稳定的链接与开合，保证设备的耐用性、易用性、可靠性。

国产先进烧录技术助力电子制造独立自主、做大做强

昂科是全球领先的芯片烧录设备和解决方案提供商，专注于半导体芯片的自动化烧录设备的研发、制造和销售。本次其主推的 IPS3000、IPS5200，具有告诉、高效的同时兼顾了取放精度和超静音。支持各种极小尺寸封装的烧录，对接 MES 制造执行系统使得生产过程全程可控、可追溯。产品深受华为、富士康、比亚迪、安富利等众多全球优秀客户的信赖。

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

改变世界的 3 页纸

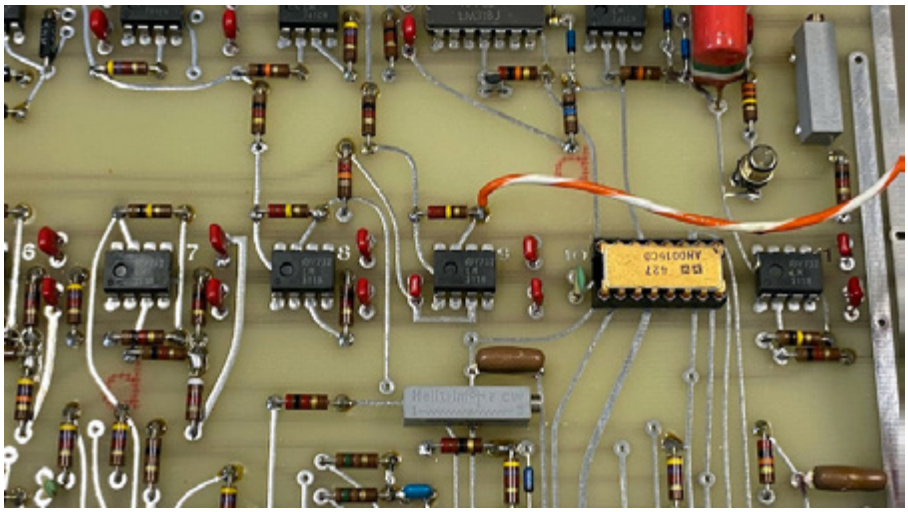
by **Eric Camden**
FORESITE, INC.

请允许我用一种传统的方式——引用词典中的定义开启这篇文章，即从科学的角度使用字典中对“客观证据”的定义：“如要称之为科学，调查方法必须遵循特定的推理原则，收集可观察的、可验证的、可测量的证据。科学方法包括通过观察和试验收集数据，以及提出及测试假设。”[1]

将这一定义应用于 J-STD-001H 的第 8 章（也就是题目中提及的“3 页纸”），我们可以了解为了符合新的要求都需要做些什么。从 2020 年开始，J-STD-001 删除了行业一直使用的 ROSE 测试限值——1.56µg/cm²NaCl 当量的离子或可电离的助焊剂残留物，很多公司都因此一筹莫展。

这种情况可以理解，毕竟该测试自 20 世纪 70 年代以来就是行业唯一公认的衡量 PCBA 离子清洁度的标准方法。当年人们制定这项标准时，是使用含有约 35% 固体的松香助焊剂生产组件，然后用破坏臭氧层的化学品进行清洗——那是流行使用油耗极大的陆地游艇、强力汽车、喇叭裤、厚底鞋、连鬓胡子的时代。那个时代早已过去，电子技术也发生了改变，但测试标准却没有改变。想想 PCBA、组件以及制造方式发生了多少变化。

图 1 和图 2 展示了电子行业在加工能力和微型化技术上取得的巨大进步。即使行业经历了如此巨变，验收标准在 2020 年前没有任何



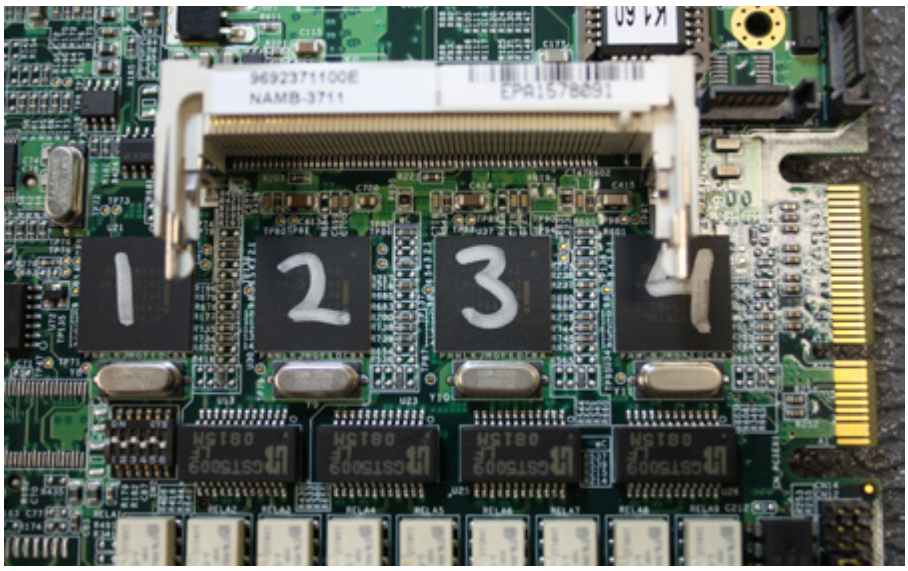
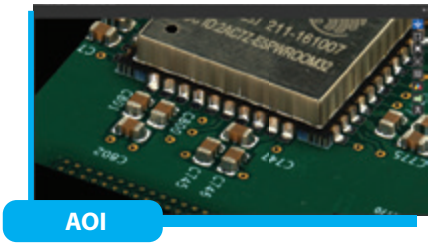
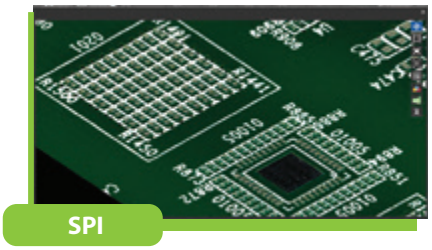


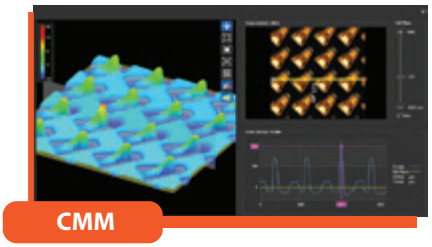
图 1 和图 2：20 世纪 70 年代的 PCBA 和今天的 PCBA[2]

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.

改变。当然也可以说即使完全删除了 ROSE 测试限值，标准也还是没有发生太大变化。

除此之外，我们还需要记住整个讨论中最重要的部分是什么：ROSE 测试从未打算用于确定什么是合格的制造工艺。我们的想法是在生产过程中仅将其用作工艺监控工具，以检测重大变化。大多数组装厂很快就开始把 ROSE 测试用于工艺认证，因为说实话，大多情况下通过该测试并不难。通过这一测试会让人觉得使用的工艺流程值得信赖，符合业内已经颁布的标准，所有一切都进展顺利，可能是这样，也可能不是。

这是在技术高度先进的组件上采用过时的验收标准所带来的重大问题之一。虽然通过了测试，但没有具体的客观证据证明工艺流程和材料是可靠的，又有什么意义?数十年以来，很多制造商都没有思考过这部分内容。合同制造商只是一味制造产品，某些情况下，他们的产品清洁度并不足以满足产品预期的终端使用环境要求。通常这种缺陷体现组件出现与漏电有关的失效（见图 3），而这个组件已通过了 ROSE 测试。

图 3 中的组件对电镀通孔（PTH）连接器引脚使用了手工焊接操作，这一流程是整个工艺流程中唯一会留下大量离子残留物的操作，但只要是整个表面区域的平均数值，就不会检测到存在问题。

这将是一个很好的时机，可以提出“全板提取与重点关注区域或敏感部件的局部清洁度分析”的话题——但我离题了。关键是如果这家公司预先做了更多的测试，以确定测试用标准板的 ROSE 测试结果应该达到的要求，而不是盲目地采用 1.56g/cm^2 这一数值，就可能会在小问题变为大问题之前发现问题。综上所述，我只想说，我们可以做得更好，这就是新的 J-STD-001H 标准的用武之地。

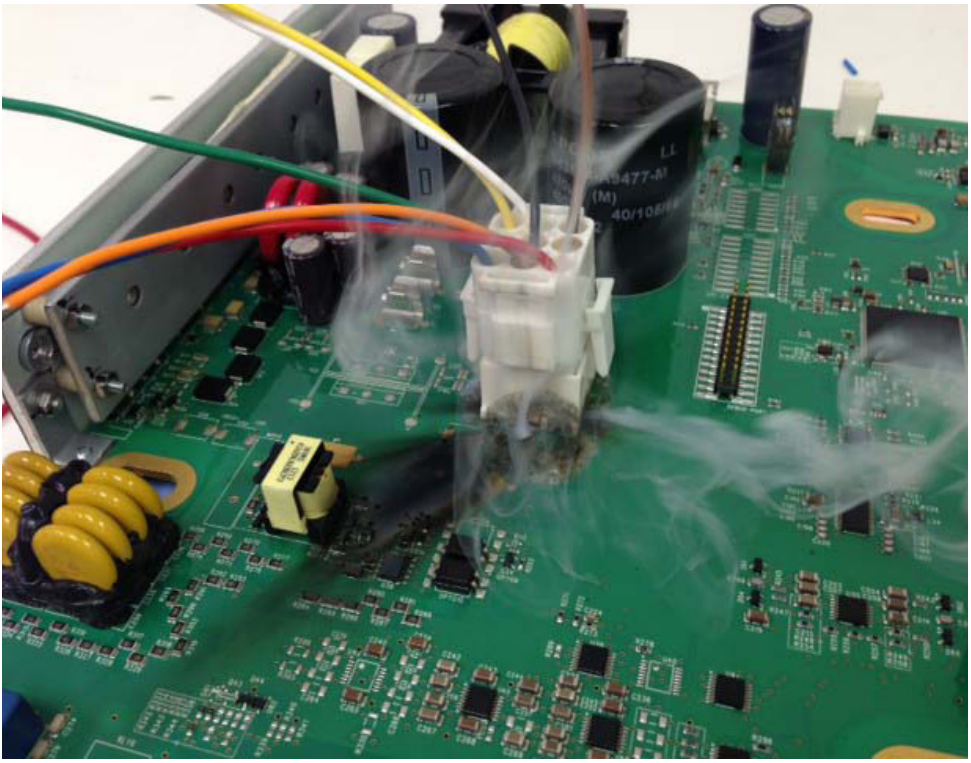


图 3：通过了 ROSE 测试的组件

找到客观证据来满足新标准的要求并不像有些人认为的那样难以实现。基础数据可能已经以某种满足新要求的形式存在。我认为工艺流程的这一部分被许多人忽视，但它就在标准中用白纸黑字写着。J-STD-001H 中 8.1 节列出了找到客观证据的 3 种方法。第 2 条注释提到要参考历史证据，查看退货、保修服务记录和失效分析结果等，表明导致失效的原因与清洁度或离子残留物无关。这种方式甚至不需要做任何新的分析就能满足标准要求。该方法属于“没坏就不用修”类别。

任何时候都没有人根据经验

说 1.56μg/cm² 对产品和工艺无效，只需要证明这项测试可以表示 PCB 已经清洗干净。第 3 条注释是说在高温和湿度条件下，使用正常的操作电源对带电产品进行电气测试。在我看来，这是确定离子清洁度对现场操作影响的最重要测试。第 1 条注释要求组装厂使用某种测试板进行表面绝缘电阻（SIR）分析，最常见的是 IPC B-52CRETPCB，使用实际制造产品用到的设备和材料组合，其中包括裸板阻焊膜、金属化、SMT 焊膏助焊剂，以及用于 PTH 焊接的助焊剂。目的是尽可能模仿端终产品，看看组装过程中产生的产品在受到高温和高湿的影响时会否受到不利影响。这一测试通常与离子色谱分析法相结合，以确定组装后可接受的残留物量。一旦有了成熟工艺，也可以将 ROSE 测试与 SIR 分析结合使用。如果计划使用 ROSE 测试监控工艺流程，那么使用企业内部 ROSE 测试仪来确定验收标准，这一点非常重要。

SIR 是新产品验收要求，因为显然那时还没有历史证据。IPC-WP-019B 是很不错的文件，它详细介绍了我们如何去验证工艺可靠性，更重要的是，还介绍了接下来要如何做。我先坦白，我以主题专家（SME）的身份受邀参与了这份文件的开发，但可以向你保证，我的贡献微不足道。相信真正做出贡献的 SME 也会同意这一点。老实说，这篇文章也许可以提炼成一句话——“若想了解清洁度详情，可参考 WP-019B 文件”。不知道为什么我现在才想到这一点，实际上，本来可以节省我们所有人的时间。

WP-019B 用 28 页篇幅来解释 J-STD-001H 中的 3 页内容，有力说明了清洁度的重要性。在 WP-019 文件中，有多个实例说明如何创建客观证据，根据 CM 规模的许多实例，以及何时需要根据微小变更和重大变更重新认证工艺流程。在我们的实验室，多年来一直在推荐类似的方法。

ROSE 测试测量的是整个工艺中可溶材料的数量，并提供电阻率测量方法；IC 测试可以明确离子是什么及其数量。

如果计划使用 ROSE 测试监控工艺流程，至少需要进行粗略的相关性研究。我说粗略的相关性，因为 ROSE 和 IC 测试之间无法一一对应比较。ROSE 测试测量的是整个工艺中可溶材料的数量，并提供电阻率测量方法；IC 测试可以明确离子是什么及其数量。可以对比多组线路板，一组 50 块（或一些便于统计的数字），用 IC 测试 25 块，用 ROSE 测试剩余的 25 块，看看平均值是多少。如果 ROSE 平均值低于 1.56μg/cm²，说明结果不错；如果高于这个值，也不错。如果有历史数据表明 PCB 没有污染问题，而 ROSE 测试仪得出的平均值不管是 20μg/cm² 或 200μg/cm²，这就是你需要对该特定组件使用的数字。

这带来了另一个重要问题：由于元件架构、密度和热质量的差异，需要分别认证每个产品。每个电路板都有自己独特的参数组合，而且很可能会在 ROSE 测试仪中产生不同的结果。所以说，不应该在切换焊膏类型时用空的回流焊

炉设定温度曲线。校准、验证回流焊炉时，这样做是不错的主意，但是当在回流焊炉里放上 PCB 时，热负荷应该会对关键位置组装完成组件的测量产生影响。正如 1.56µg/cm² 清洁度要求不适用于所有组件一样，使用裸板验证回流焊温度曲线，将该温度曲线应用于所有使用该焊膏制造的电路板，这也很糟糕。这有点偏离主题，但切记，试图实现合格的制造过程时，这点很重要。

我完全相信，随着时间推移，删除 1.56µg/cm² 要求可以提升电子产品的整体质量和可靠性。其原因在于行业不得不更谨慎地观察残留物对现在制造产品的影响。我确信 J-STD-001H 第 8 章和 WP-019B 中已经提供了关于如何生成客观证据的信息。正如我之前多次提及，要对自己的工艺质量和可靠性负责，且 J-STD-001H 版标准可以帮助行业提升质量和可靠性。**PCB007CN**

参考内容

1.Objective Evidence, eduquest.net, February 7, 2000.

2.How CERN Made High Quality Electronics inthe 1970s, Hackaday.

Eric Camden 任 Foresite, Inc. 公司首席调查员。

2023 IPC标准开发调研

尊敬的 IPC 会员单位以及关注 IPC 标准的同仁们：

大家好！

2023 年 IPC 的标准开发工作即将展开，为了反应行业真实的标准需求，开发电子行业迫切需要的标准，IPC 邀请您参加此次标准调研。

本次调研主要分三个部分：

- 基础信息部分
- 2023 年标准开发方向
- 2023 年标准开发意见

本次标准调研预计需要花费您五分钟的时间，您所提供的信息对于 IPC 在 2023 年标准开发工作意义重大，感谢您的支持与参与！

请点击这里参与此次调研。

调研自即日起至 2023 年 1 月 15 日截止。结果预计于 2023 年 3 月发布。

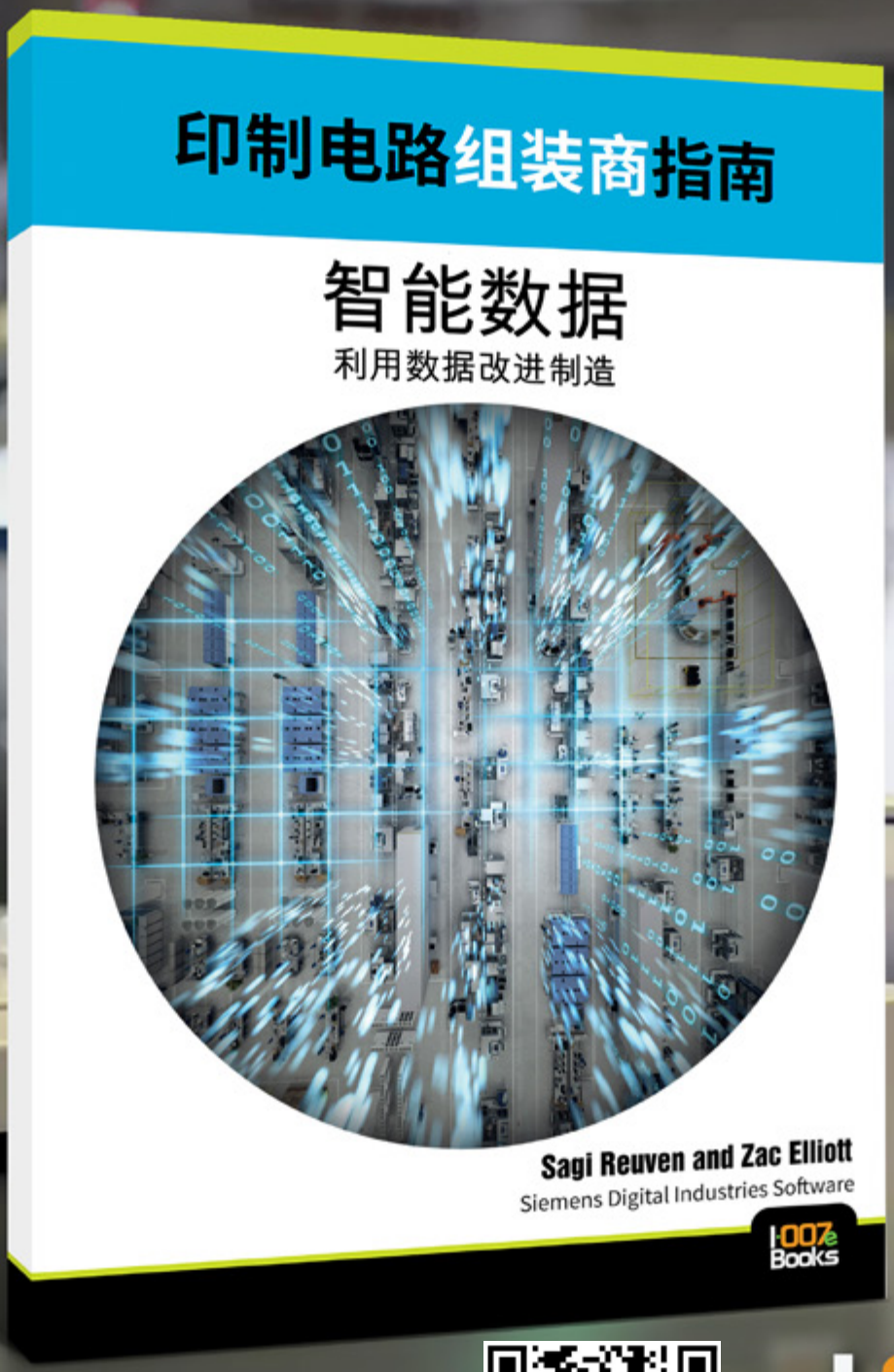
除非得到了您的允许，您所提供的信息将不会泄露给任何人。

来源：IPC 国际电子工业联接协会

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

探索点胶工艺的深度

by **Axel Lindloff, Heriberto Cuevas** and **Brent A. Fischthal**
KOH YOUNG

如果使用我们新型的点胶工艺检测技术测量电子组件上的涂层，那么过去的“最后未开拓疆土”任务可能会更成功。虽然这只是一个假设性的说法，但在像外太空这样的恶劣环境中，很可能会发生枝晶生长和表面污染现象。因此，将电子组件与环境污染物隔离尤为重要，因为任何碎屑或湿气都可能成为枝状晶体生长的滋生地。

恶劣环境不仅限于太空；地球上的电子产品也需要保护，比如汽车的发动机，或者海上风力发电机的驱动装置，电动自行车上的马达，或者移动设备。必须对组件进行保护，以防止环境因素造成的损坏；然而，保护过程本身可能成为产品在现场失效的挑战，甚至成为产品在现场失效的原因。

在未受保护的电子组件上，碎屑和水分形成导电混合物，缩短绝缘距离并导致失效。湿气也会导致腐蚀。三防漆旨在保护组件免受这些危险的影响。然而，如果碎片或湿气被截留在三防漆内，则在假定的保护下，危险处于休眠状态。气泡和气穴也是保护层中预定的破裂点。Koh Young 现在通过其名为 Neptune 的专有点胶工艺检测（DPI）解决方案为这些失效可能提供了解决方案（参见侧栏的“检查解决方案”）。

失效模式

三防漆隔离和保护电子产品免受湿气、碎屑、腐蚀和冲击的影响，可增加机械稳定性，减少失效并提高产品在恶劣环境（如汽车、

KYZEN
持续改善 不虚其名
超越需求的解决方案
KEVIN
KYZEN
Where Science and Care Converge.
微信
立即了解我们最新的清洗解决方案，
AQUANOX® A4626! | KYZENPREMIER.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

Axel Lindloff

Heriberto Cuevas

Brent A. Fischthal

LED、军用、航空航天、医疗、移动和更多应用）中的可靠性。但如果涂层太薄或有缺陷怎么办?它们可能会导致失效。

以下是检测设备可探测到的一些常见失效模式：

- 在干燥过程中或多层涂覆应用过程中，如果表面夹留空气或溶剂，气泡在沉淀前会被夹带。检测设备可以探测气泡，测量受影响区域的长度或百分比。
- 裂缝会使某区域暴露在外，无法保护其抵抗湿气和灰尘的影响。当固化温度过高或固化速度过快时，通常会发生这种情况。如果再加上厚厚的涂层应用，则会导致涂层破裂成若干部分。如果裂纹发展为较大的受影响区域，则可能导致分层问题，PCB 清洁度问题也可能造成分层。
- 三防漆厚度可能会出现两类问题，一个与涂层太厚有关，另一个与涂层太薄有关。对于这些情况，测量厚度是使用 LIFT 技术的主要优势之一，该系统可以发现由不当涂层厚度引起的常见缺陷。其中包括毛细管流动、退润湿和涂层不均匀——这是用传统的、通常是破坏性的测量技术难以检测到的缺陷。
- 不良的涂层涂布会使颗粒留在轨道中，从而导致短路，或会降低 PCB 对灰尘、湿气和腐蚀性蒸汽等环境污染物的抵抗。在某些产品中，涂布三防漆是为了提供某种结构完整性。

如果不能很好地检测涂层缺陷，PCB 作为最终装配的一部分，可能会缩短使用寿命，甚至在正常运行期间出现故障。考虑在汽车中的一些模块由几个需要牢固结合的 PCB 组成，通过三防漆来防止振动和机械冲击。如果这种保护不充分或有缺陷，则可能会因本应受到涂层保护的电子模块功能障碍而导致事故。

关键的可靠性问题推动了在测量厚度方面取得进展。这种关键的质量评估工具是一系列检测设备，能够通过非破坏性测试提高生产速度。

检查解决方案

传统的激光共聚焦显微镜或电子显微镜只能测量三维形状，无法检测透明材料。显微镜穿透深度太浅，且处理时间太长，由于激光穿

透深度浅和运行时间长，因此测量透明材料是一项重大挑战。基于 UV 的系统还可以测量特定点的材料厚度，但无法提供所需的精度和可重复性。

Neptune T

该系统使用非破坏性的 3D 检测技术来检查 PCB 上使用的透明和半透明材料的厚度，如涂层、底部填充物和环氧树脂。这确保了用于保护精密电路的三防漆的适当涂布，并将确保设备正常运行。通过扩展其功能，该系统已进入下一个开发阶段，就是利用数据聚合和数据驱动工艺，批量、在线进行三防漆检测。

Neptune C+

Neptune C+ 允许制造商通过 2D、3D 和剖面视图识别缺陷。系统测量材料的覆盖率、厚度以及与用户定义的阈值设置的一致性。Neptune 系列测量实际涂层厚度，以满足苛刻的质量标准，而不是使用点法测量 IC 引线，这种方法可能会产生不可靠的结果。

用于流体断层扫描成像的激光干涉测量（LIFT）

借助 LIFT 的激光干涉测量法，可以在几秒钟内确定透明介质的层厚度。这项技术提供了非破坏性 3D 检测，以精确测量和检查流体。Koh Young 的 LIFT 技术提供非破坏性 3D 检测，可以精确测量和检测潮湿或干燥的液体。LIFT 基于低相干干涉测量技术，利用近红外（NIR）光通过流体结构的多层捕捉图像，无需考虑透明度，可在光滑、不平或粗糙的表面上提供准确可靠的 3D 检查。使用 LIFT 技术，Neptune 使制造商能够精确识别缺陷，而不会损坏或破坏产品。

机器学习

通过机器学习（ML）算法，该系统使用用户定义的阈值设置，精确测量材料的覆盖率、厚度和一致性。它还检查气泡、裂纹和其他缺陷，并检查“禁布”区域是否有飞溅痕迹。通过这种专有的机器学习技术，该系统提供了增强的检查功能，无需教学或无休止的调整即可实现自主检查。

超越涂层

除涂层外，检测系统还可测量底部填充物、环氧树脂、粘合、胶水等，可精确测量透明、半透明和着色材料。该系统目前适用于丙烯酸、硅树脂、聚氨酯、水基、UV 固化和混合涂层，其他材料正在开发中。它可处理从实验室研究到大批量电子检测的多种应用。

传统上，电子制造中使用的检测系统可以探测涂层的存在。但是这些系统无法在生产速度下检查厚度。这一缺失意味着一些 PCB 在没有正确保护层的情况下通过了生产线。**PCB007CN**

Axel Lindloff 是 Koh Young Europe 公司的售前应用工程师。

Heriberto Cuevas 任 Koh Young America 的应用工程项目经理。

Brent A.Fischthal 任 Koh Young America 的高级营销经理。

挠性电路和在线 SMT 组装工艺

by Vern Solberg
CONSULTANT

将表面贴装元件直接集成到挠性电路的蚀刻铜焊盘图形上，与刚性电路板的组装工艺没有什么不同。然而为了最大限度地提高机器人组装效率，提高挠性电路的产量，电路设计工程师需要提供一种格式，以支持在线组装工艺所需的所有特征。表面贴装组装有 3 个主要工艺阶段：焊膏沉积、元器件放置和回流焊工艺。为了最大限度地提高制造效率，为完成这些功能而开发的自动化系统均被设计为能够适应不同系统间的在线传送带传输 (图 1)。

传送带系统虽然可调节，但至少需要两个平行的边缘来支撑电路，将其从一台设备传送到另一台设备。虽然针对传送带传送设定刚性电路板较容易，但在批量生产环境中加工挠性材料需要在组装过程的每个阶段为薄膜电路提供支撑。对于中低批量应用，可准备符合输送带要求的拼托板夹具，以在组装的每个阶段固定单个挠性电路；而要求大批量组装工艺的产品则需要更有效的解决方案。

为了更好地适应传送带的操作，挠性电路可以由电路制造商提供临时的刚性载体拼板支撑。图 2 展示了具有较复杂外轮廓的单个挠性电路组件。如果没有刚性支撑材料和专用的、针对于产品的载体拼托板夹具，精密的焊膏沉

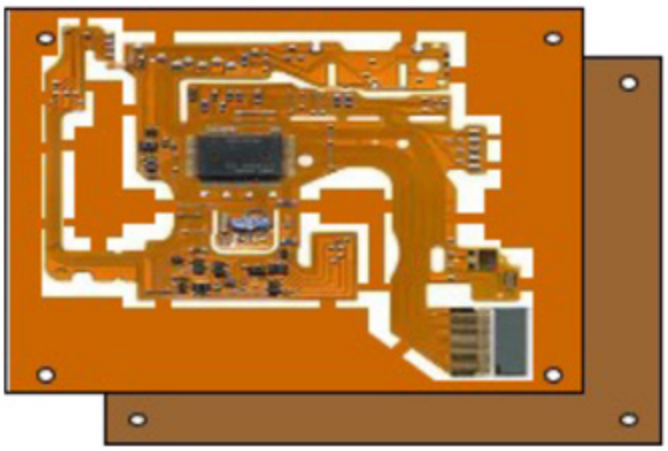


图 2：固定于统一拼板格式内的挠性电路

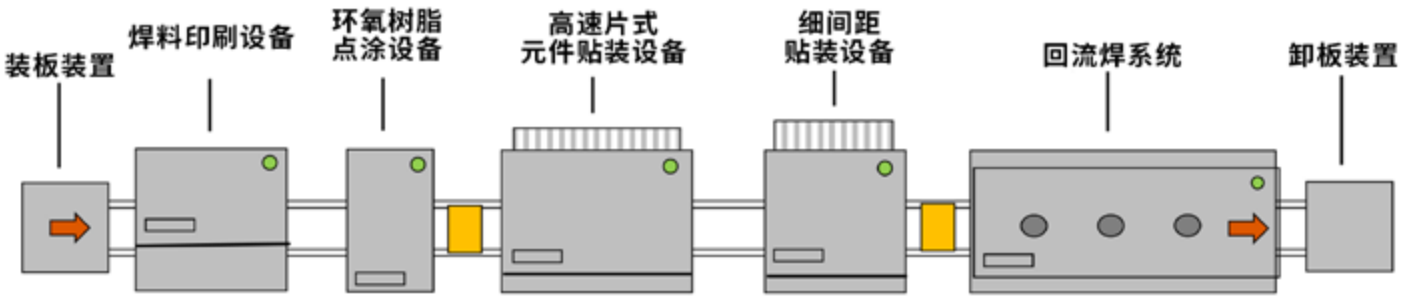


图 1：传送带式 SMT 组装生产线基本配置

VJ ELECTRONIX™
Process Control Solutions

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

vjelectronix.com | electronixsales@vjt.com | (800) 858-9729

积和元件放置将是不可能的。

制造公司已经为拼板布局开发了广泛的解决方案，以促进高效操作，支撑组装工艺中各种外形的电路：

- 单个单元格式 (中、大型电路)
- 多单元阵列格式（行和列布局）
- 嵌套阵列格式（最大化面积利用率）

在处理小外形挠性电路时，多单元阵列格式已被证明既高效又经济。

拼板挠性电路

为挠性电路应用开发的载体拼板被设计用于提供传送带所需的统一、刚性板轮廓，在每个组装工艺中为挠性电路提供物理支撑。为了固定单个单元和多个单元挠性电路，设计师需要提供类似于小接线片的连接特征。为了提供能将挠性材料连接到载体拼板轮廓的区域，挠性基底材料需要向外延伸以匹配载体拼板轮廓。将挠性材料连接到刚性载体拼板的粘合膜必须保持不接触挠性电路轮廓。

图 3 所示的多单元拼板案例代表了为最大化小型、不规则形状挠性电路单元的材料利用率而设计的一组单元。此案例图示为以相反朝向或“嵌套”阵列格式排列的挠性电路单元。

自动化组装所需的关键特性

支撑拼板必须包括以下几个关键属性：

- 承载拼板的边缘间隙能够无障碍地进入输送带支撑带。
- 挠性电路单元的外部需要设置两个或更多的工装孔，以在组装后的分离过程中固定拼板。
- 在焊膏沉积过程中，需要在拼板边缘区域附近放置相同数量的“整板基准目标”，以帮助拼板对准。焊膏沉积系统使用相机来精确定位基准目标，使焊膏模板精确对

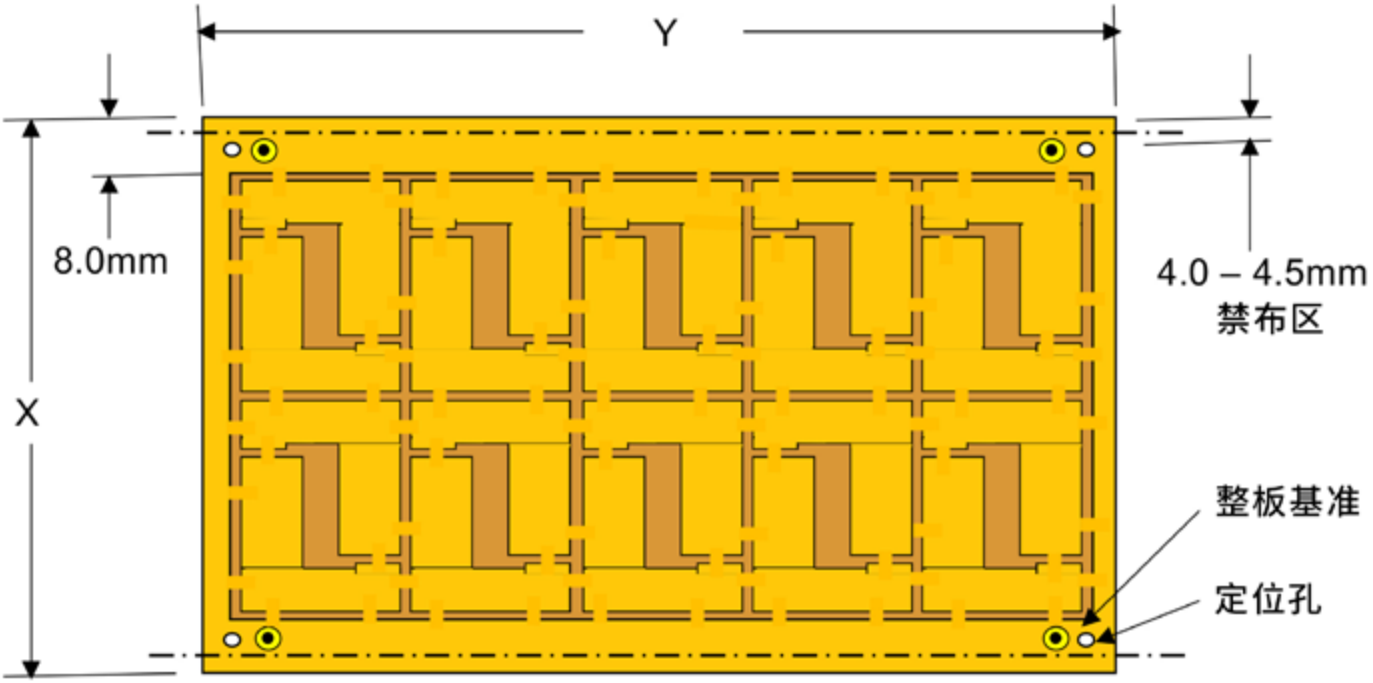


图 3：相反朝向阵列格式

准拼板中央区域内单个电路单元上的焊盘图形特征。

除了整板定位的基准特征外，在元器件安装区域内还需要两个或更多的基准，以便精密自动化元器件的放置。在 SMT 元器件放置区域内使用多个基准特征将可最大限度地减少挠性材料中的可变收缩或任何工艺变形的影响。

图 4 是挠性电路的实例，其中 SMT 元器件贴装在两个区域内，由狭窄的互连段分开。多个基准位置将在每个基准区或端接区域内提供更严格的公差，同时减少对保持其他元件端接区域之间挠性接口部分限定公差的需要。

基准目标设计规范

最佳基准目标是没有表面涂层或覆盖层材料的实心圆铜。必须调整基准周围的涂层和覆盖层薄膜材料开口，以在基准周围提供足够的间隙，确保在覆盖层与基本电路层压过程中不会重叠到基准目标特征上。

- 最佳基准是直径 0.25~ 0.50mm(~0.010’ ~ 0.020’) 的实心圆焊盘图形。
- 为了能够目测定位基准目标，阻焊膜或覆盖涂层必须提供为 2 倍于基准 R 的间隙。
- 基准位置必须与拼板或电路轮廓边缘保持至少 4.75 mm(~0.187’) 的距离，并提供一致的高对比度。

蚀刻后的铜基准表面无需电镀，但如果控制文件中规定在基铜上进行二次合金电镀，则设计师必须确保基准表面的平整度保持在 0.015 mm (0.006’) 以内。

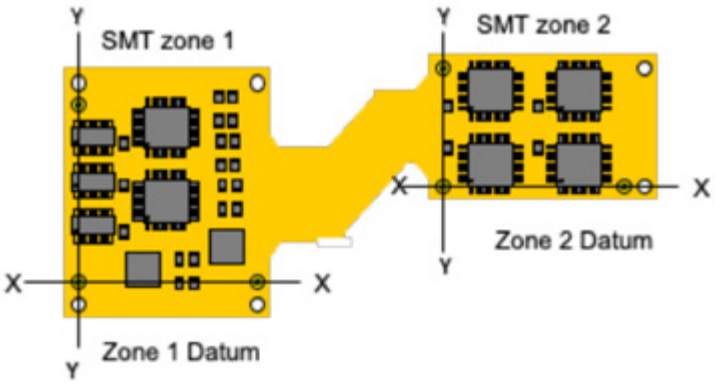


图 4：两个元器件贴装区的基准目标位置

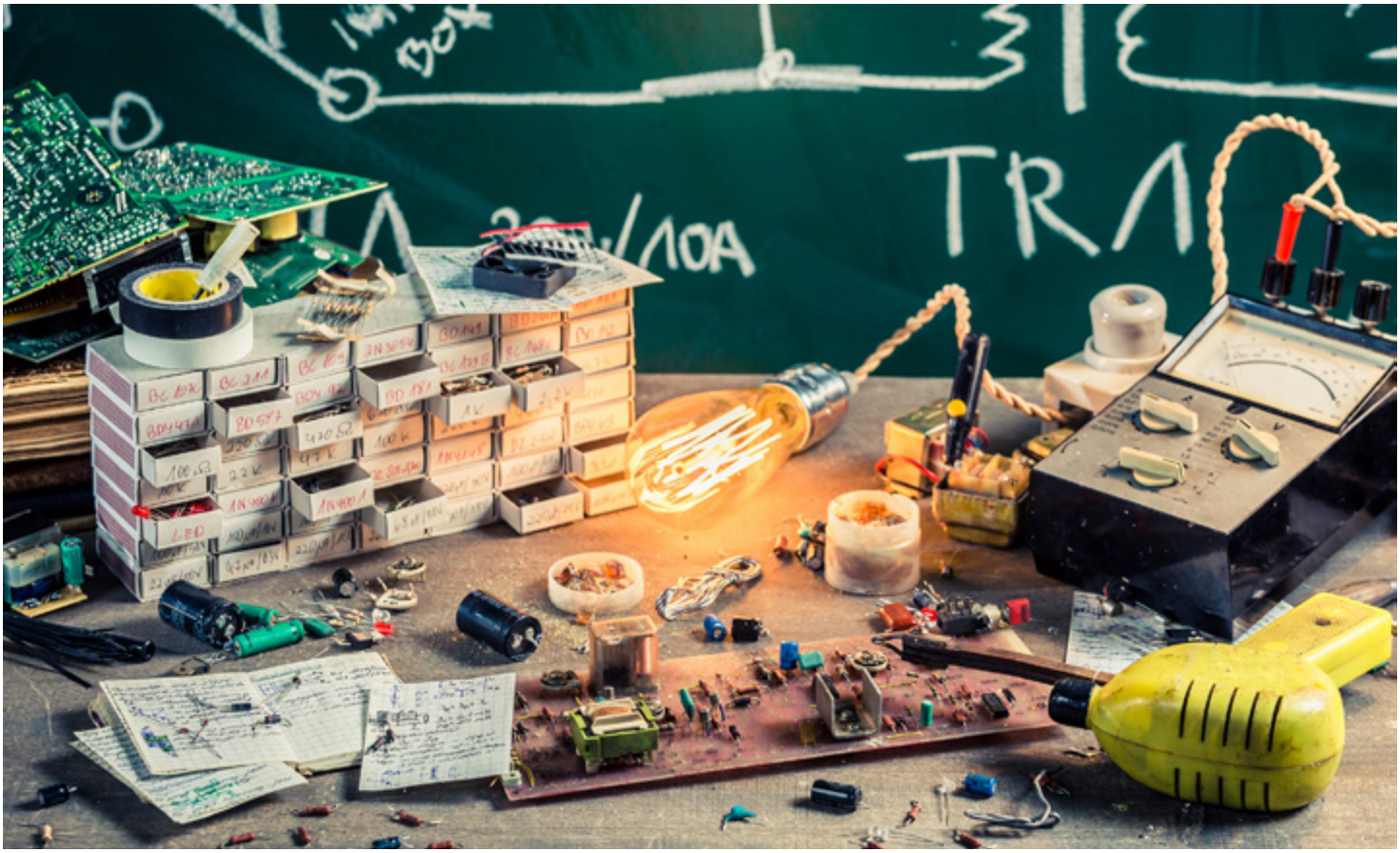
最后的建议

为拼板加工规划多个单元电路时，挠性电路设计师应在负责组装工艺的人员与指定制造电路的制造商之间协调最终拼板尺寸和单元结构。

技术课程

Vern Solberg 将在 IPC APEX EXPO 2023 展会期间，1 月 22 日（星期日）举办为期半天的技术课程“挠性和刚挠结合电路可制造性设计”。本课程主要内容包括 SMT 设计、制造和组装工艺原理。PCB007CN

Vern Solberg 是独立技术顾问，专注于 SMT 和微电子设计和制造技术。如需阅读往期专栏，请点击此处。



Bogatin 谈 PCB 物理学的设计

by the I-Connect007 Editorial Team

在这场内容丰富的采访中，Eric Bogatin 博士简述了物理学和电气理论之间的关系，以及物理学定律对于设计师和设计工程师的重要性。正如他所指出的，数学很重要，但设计师不应该让物理学原理“隐藏在数学背后”。

Eric 阐释了设计师需要了解的一些物理学要点、可用的物理学资源，以及即使没有很强的数学背景，对麦克斯韦方程组有一定的了解也是如此重要的原因。

Andy Shaughnessy：Eric，我们最近听到很多关于设计师需要更多地关注物理学，而不仅仅是电路理论的讨论。既然你有两个物理学学位，同时教授信号完整性，你认为大多数设计师在物理学方面缺少什么？

Eric Bogatin：首先，我们先来了解将要使用的术语。当你说物理学时，你指的是电磁场和麦克斯韦方程组吗？

Happy Holden：除了牛顿，还有 James Maxwell 帮助定义了现代物理学。他没有发现磁场，但他确实展示出了这种关系。我们一直在讨论信号完整性问题，摩尔定律正在推动和

cadence®

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

挑战 Maxwell 定律。两者都很重要。

Eric Bogatin

Bogatin：摩尔定律推动了越来越精细的特征尺寸和晶体管、通道的发展。这意味着更短的上升时间和更多的信号完整性问题，但当涉及信号完整性问题和互连对信号的影响时，有两种思考方式：电路理论方法和场方法，这实际上是对固有分布在电磁场很重要之点的传输线的分析。

Barry Matties：*当有人说，“PCB 设计的重点真的就是物理学”时，这句话是否比你刚才的描述具有更多的含义?*

Bogatin：当他们说重点是物理学时，是指 Maxwell 方程组和电磁场所描述的电磁场。在这种情况下，它们都是同义词。信号与互连相互作用的方式都是电磁场和边界条件——都是 Maxwell 方程组范围，是正确的。学习如何解麦克斯韦方程组，不必是一名博士生，但必须略微了解电磁场——它们如何相互作用，以及它们如何传播。

我在麻省理工学院读大一时遇到了 Walter Lewin 教授，他讲的课，我至今仍记忆犹新。现在有他的第二学期大一物理课的系列视频，视频浏览量达到了 100 万次。我几乎每天都在用他的课上学到的东西。当浏览我上课 40 年后录制的这些视频时，我发现他一点都没有改变，而且这些视频永远不会过时。我总是向别人推荐他的视频。

Holden：*对于感兴趣的人来说，Lewin 的课程是否适合那些没有电气工程学位，但有兴趣了解原理的人?*

Bogatin：是的。Lewin 的课程视频是面向新生的。你不需要参加电气工程课程，只需要有一点数学知识即可。他讲得很慢，如果你学过一点微积分，立刻就会明白他的课程。如果没有学过微积分，那没关系。方程式只占 25%，仍然可明白这些原理。

Holden：*Maxwell 方程不是最容易的学科。我和 Nolan 都学过电气工程，但由于场理论的难度和不及格率，我们选择了编码，远离了射频和场。我不具备学习 Maxwell 方程组所需的数学能力。*

Bogatin：你说得对。如果下一步讨论电磁场，Maxwell 方程是微分方程，必须了解其中的一些数学基础知识。

我喜欢上 Walter Lewin 的课，他强调原理和行为，不会使其被数学掩盖。我的学生总是给我带来他的视频。YouTube 上大多数关于了解电磁学的视频都是糟糕的类比，甚至都不是正确的物理学。你学不到可以用来利用其他知识的重点。

在麻省理工学院，在大一时学习力学和电磁学。其中只涉及一些数学，但在大三和大四时数学内容很多。大三时，我学了电磁学。我们使用了 John David Jackson 编写的《经典电动力学》教材，数学基础非常重要。

Holden：大量繁重的数学是你在所著的书和出版物中大量关注经验法则和简化的原因吗?

Bogatin：是的。我的风格大部分来自于我在麻省理工学院的课堂上学到的东西。并不是说没有严谨性，但我的教授首先强调了理解部分，然后是数学部分，我学习了这一点。可以用简单的模型来了解事物是非常了不起的，其核心是数学。数学是工程和科学的语言。必须有数学基础，但不需要每次对话都涉及数学。

我使用的一种方法叫做战略简化。即要把问题简化到足以了解要点，回答重要问题，并快速得到答案，但不要简单到降解问题，因为其不可应用于真正的问题解决。如何处理复杂的问题，为快速得到答案，用简单的方式描述它们，同时在描述的解决方案中仍然有问题的核心，而没有那么多数学知识?

尽管如此，数学仍很重要。如果有机会，作为一名学生时尽可能多地学习数学并应用它。因为一旦成为专业工程师时，你并不一定总是有那么多时间学习。

Holden：现在使用软件时，你必须谨慎，不要只输入数字而不了解它们在模拟什么或会产生什么影响，因为可能会得出完全错误的答案。

Bogatin：你说得对。如今，使用现有的所有硬件和软件工具很容易得到答案。按下按钮，就会得到答案，但如果没有按照预期的方式设置，就不知道答案是否真实。它有意义吗?对预期的了解是我的“第 9 条规则”——来自工程判断和了解事物行为的工程直觉。

回到你最初的问题，物理学有多重要?它是非常重要的。每一位从事信号完整性、电源完整性或 EMI 相关工作的电气工程师都需要有良好的场基础，从而建立自己的直觉，并将其应用于硬件和软件工具的使用。

Shaughnessy：你有物理学博士学位。你如何描述物理学和电路理论之间的相互关系?

Bogatin：从物理学的角度来说，更强调一些现象的基本原理、电磁学和材料的属性。这是我的出发点。然后我可以决定“何时使用电路元件进行估算比较好?”在这个行业，我的与众不同之处之一是我的物理学背景，而不是电气工程背景。

然而，我目前在科罗拉多大学博尔德分校的电气工程系。当我们谈论电路要素时，我会教授学生一些电磁学方面的知识。电感器就是一个完美的例子。电气工程学生学习了电感器、电容器和电阻器这些理想的电路元件，却不了解电感器的物理特性和磁场理念。如果看到电感器时只想到一条弯弯曲曲的线——线圈，它不会给你那种物理直觉。几何结构和材料如何影响磁场，以及如何影响感抗?我希望我的学生有更多的物理学背景。

Shaughnessy：这对设计师来说意味着什么?他们主要关注电路和电路理论。那现在呢?

Bogatin：嗯，他们必须对电场、磁场和传播场有所了解。我在演讲中听到了一些关于能量传播的类比，信号就是能量，它在导体之间的空白空间中传播。我并不是说这是错误的，但这是非常误导人的。能量传播与能量流动无关；重点是场。

是的，我们有能量和场，但关键区别是，当谈论电磁场时，我们称它们为矢量，因为它们有方向，而且也有符号。电场可以有正负方向或大小。这意味着可以得到取消和加强，但如果你只考虑能量，那么就会失去某些视角。如何获得抵消能量?如何获得抵消波?真的需要关于场行为的直觉，而不是能量传播。这是我关于如何思考互连信号的一点注释。

Matties：Eric，你如何看待目前的设计资源对于这个主题的了解?

Bogatin：我与世界各地的工程师交谈并进行现场培训。所有顶尖的专家，研究 10 千兆（10GB）位及以上串行链路的高端电路板设计专家，都精通电磁学。他们可能有电气工程背景，但他们已经学习了足够多的电磁学课程，对电磁行为有很透彻的了解，因此他们就可以运用自己的工程直觉。

Matties：但按百分比计算，高端群体是否占所有设计师的 20%，而其他 80% 的人是否需要填补知识缺口?

Bogatin：是的，这可能是准确的数字。一些大型 OEM 制造商拥有含几位 SI 专家的团队。他们是真正了解 Maxwell 方程组以及如何使用所有工具的设计师。他们在工作中学习、看书和上课。他们已经学会了使用有关基础知识的工具，或者为了学习电磁学重回学校攻读硕士学位。然后还有很多其他的工程师可以接受特定任务的培训。

Matties：经验丰富的设计师已到退休年龄，即将离开这个行业。行业是否吸引了足够多的年轻设计师?

Bogatin：“足够”是相对的术语。我每周都会收到公司的电子邮件，询问是否可以向他们输送信号完整性工程师。我将请求发布到电气工程系的 Discord 论坛上，校友有机会做出回应。该领域的职位空缺比我们培训的工程师要多。

Matties：这种状况可能会持续一段时间。

Bogatin：去年科罗拉多大学博尔德分校开设了专门针对高速数字工程的硕士专业，涵盖信号完整性、电源完整性和 EMC 课程。我们将录取本科毕业的学生，让他们完成为期两年的硕士课程，并为他们提供专业知识，让他们成

为设计团队的主要工程师。例如，有一门课程是基于我的一本关于高速数字工程的教科书，然后将学习针对信号完整性的电磁学。他们还将学习 Maxwell 方程组的背景知识。我仍在研究高速测量课程，包括高速范围和探针、S 参数、TDR 以及高速领域的最佳测量方法。

Shaughnessy：*这些毕业生听起来不仅仅是 PCB 设计或布局人员。*

Bogatin：是的。我们希望培养硬件工程师，他们可以作为硬件组中的首席信号完整性专家，而不是布局工程师，为团队作出贡献。你不需要硕士学位就可以成为布局工程师。了解的电磁学越多，就越有效率，你负责系统的物理设计，但能够与优秀的引线首席完整性或硬件工程师进行沟通和交流比自己成为专家更重要。

如今，硬件工程师需要了解的知识太多了，尤其是刚刚拿到硕士学位时。一个人很难成为全方面的专家。

Shaughnessy：*你建议他们学习什么？*

Bogatin：我推荐 3 本书，这些是很好的基础。《信号和电源完整性：简化》*(Signal and Power Integrity: Simplified)* 是一本很棒的基础书。另一本书是与 Artech 合著的《Bogatin 的信号完整性应用传输线设计及特征描述实用指南》*(Bogatin's Practical Guide to Transmission Line Design and Characterization for Signal Integrity Applications)*。这些书籍为如何思考传输线提供了基础知识。

去年，我为 PCB 设计课编写了《Bogatin 的样品板和 PCB 设计实用指南》*(Bogatin's Practical Guide to Prototype Breadboard and PCB Design)*，其中提供了快速设计样品板策略。

为了学习更高阶的技术，我推荐曾在英特尔工作的 Stephen H. Hall 和 Heck 合著的《高速数字设计的高阶信号完整性》*(Advanced Signal Integrity for High-Speed Digital Design)*。如果快速翻阅我的书，你已经掌握了数学知识，如果你想了解真正的详细信息，他们的书是很好的后续。

Shaughnessy：*似乎没有多少 PCB 设计书以物理学为重点。*

Bogatin：问题是，如果浏览大多数包括电磁学的书，99% 的书都是从向量微积分、Maxwell 方程组、微分和积分公式以及求解 Maxwell 方程组开始的。这就是我们在科罗拉多大学博尔德分校教授电磁学的方式，我们是为使学生成为多面手而教授电磁学。

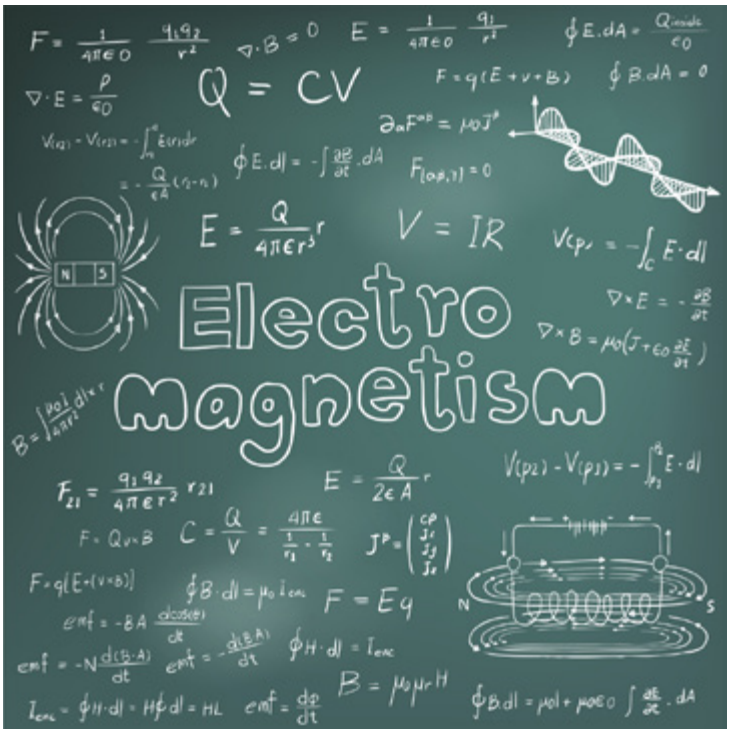
Shaughnessy：*所以，电气工程毕业生和物理学毕业生都可以成为优秀的 PCB 设计工程师，只是具有不同的背景。*

Bogatin：我希望如此。如果我是一名招聘经理，在校外招聘初级工程师，我同样会考虑电气工程或物理学专业本科生。

Shaughnessy：*你高中时对电磁学感兴趣吗？最后是怎么专注于它的？是什么让你走上了这条路？*

Bogatin：我在麻省理工学院读物理学专业。我学习了标准物理学、力学、电磁、振动，然后是量子力学、热力学，每一位本科生都会学习的课程，但我对天体物理学和宇宙学很感兴趣。在研究生院，我考虑“想做什么?”那时是激光发展的初期，我知道无论我做什么，激光都是其中的一部分。所以，我去了亚利桑那大学图森分校，那里有光学科学中心。

我学习了激光、量子光学，我做了相对论实验——这些成为我的论文主题。这是世界上最好的。我做了宇宙学实验，在实验室的工作台上使用激光。当我获得量子光学和宇宙学学位时，我的母亲问“你在哪里会找到‘想要宇宙学家，请来在这里应聘’的招聘广告?”



研究生毕业后，我开始在贝尔实验室工作，成为带有化学家属性的物理学家。这就是我进入这个领域的原因。他们正在研究电路板技术，选择新材料和建立全新制造技术。他们需要了解其材料选择对性能的影响。

这就是我开始运用电磁学来研究“信号如何与材料、互连相互作用，以及他们如何影响针对设计材料、光成像材料和不同镀铜层所做的决策”的原因。

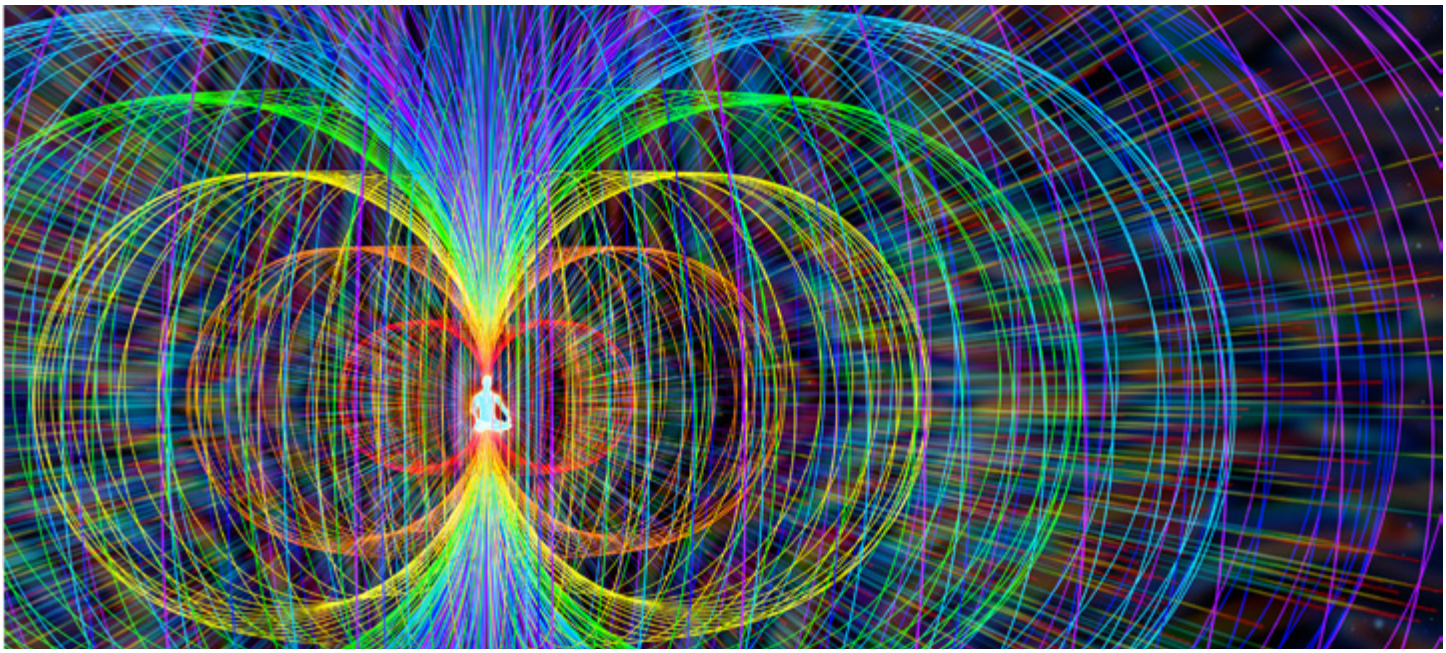
在那之后的每一份工作都需要了解电磁学。我认为我的物理学背景帮助我加快了速度。我了解了信号和其中的电子部分。现在我教电子学，所以我的物理学背景起到了作用。

***Holden：**如果他们继续将这些器件的尺寸缩小到原子水平，从而使它们的上升和下降时间越来越短，未来会如何发展?*

Bogatin：我想了很多。我不是半导体物理学专家。一些杂质掺杂水平为 PPM 级。当你到达仅一个通道的尺寸时，且 1 个通道体积只有 2 个或 3 个掺杂原子时，如何设计其中有统计数据影响这些元素行为的可复制部分?我相信，在我们今天设计元器件时，摩尔定律有明确的极限。

我认为英特尔处于 4 纳米节点。对于通道尺寸来说，这是 40 埃，因此可能很快就会达到 2 纳米节点，这可能是统计上无法充分掺杂通道的极限。除此之外还有什么?我听到有人谈论在第三维度上发展和构建多层有源器件。

如果我是一名年轻的物理学家或工程师，我想研究半导体器件，会去研究分子电子学和量子计算。我有一位教授同事，他是使用 DNA 作为计算元素的基因计算专家。他设计了用于计算和电路的 DNA 链。这是基因电路，可使化学反应经历振荡和反馈回路。他说，基



因电路不是为了取代数字逻辑而设计的。它不会很快，但可以控制生物系统。也许我会进入基因回路领域。有很多发展方向，我不确定哪个方向的发展会最快。

Shaughnessy：*Eric，哪项技术是现在或未来几年的前沿技术?*

Bogatin：高端技术需要高速串行链路，但是问题是何时从电子转变为光子?铜什么时候会消失?我们去年在《*SI Journal*》上发表了一篇关于这个主题的文章。在 DesignCon 上展示了采用铜的每秒 224 千兆比特的系统。人类正在突破极限，在铜中每通道每秒 224 千兆（224GB）比特相当不可思议。会达到 512 千兆比特吗?也许那是光学发挥作用之处。未来光互连是方向。

巨大的挑战是功耗。如果寻找方向，我会考虑功耗、热量管理，以及如何工程设计低功耗电路。这正成为制约特性。有很多这样的网络处理器芯片，比如谷歌、英伟达、脸书，甚至优步都需要这种芯片。他们有庞大的服务器群，自己做一些芯片。其中一些网络处理器芯片需要 500 安培的电流。即使它本身速度不高，仍存在电源布线方面的挑战。

对于高电流分布，存在许多关键的设计挑战。物联网是巨大的，在这些设计中，能量收集非常重要。其中许多设备是便携式的。需要能量存储、能量收集，以及与某些网关或直接连接到云的低功耗通信。有很多生活领域的低端产品需要良好、彻底的工程设计。我们花了这么多时间探讨信号完整性和超高速串行链路，在当今整个电子产品范围内，存在着许多艰巨的工程设计挑战。

Shaughnessy：*太棒了，Eric。谢谢你的分享。*

Matties：*是的，Eric，你能够接受采访，我们感到非常荣幸。*

Bogatin：谢谢大家给我这个机会。PCB007CN

利用数字自动化加速 PCB 设计

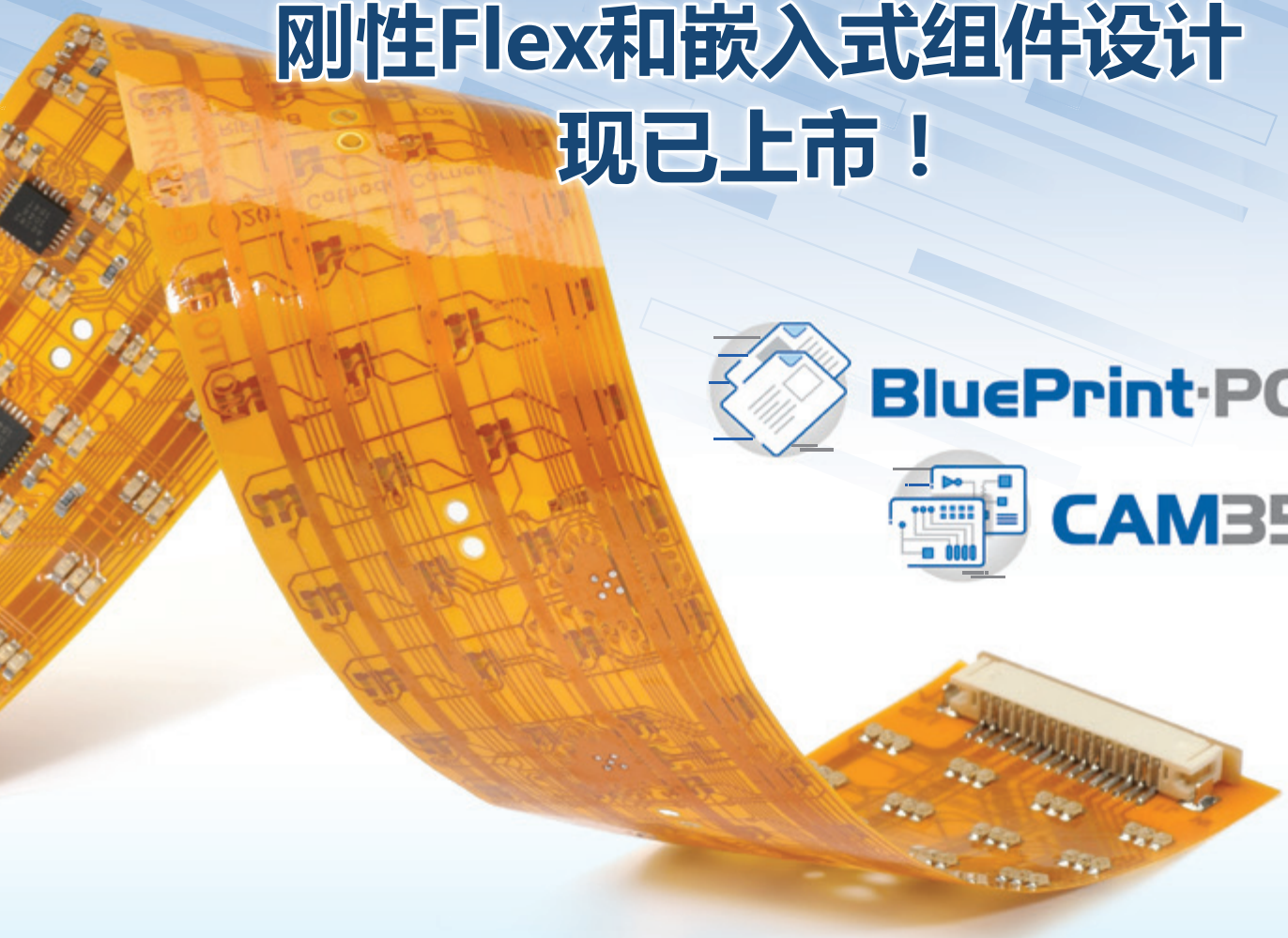
by Stephen V. Chavez

究竟什么是数字自动化?我认为数字自动化就是对手工操作的简化，是在数字世界中将手动操作优化到在现实世界中只需付出最小程度的努力就能成功实现所要求的目标。在生活中的其他方面均可采用数字化技术，所以在 PCB 设计过程中更充分地采用数字化技术也是自然而然的过程。

数字自动化的良好案例是用手机中的应用程序扫描名片录入联系方式数据信息，然后将这些数据整理分类，形成用户可使用的输出信息。另一个比较普通的案例就是用 GPS 进行交互式导航，以在最短的时间内高效地从 A 地到达 B 地。当在餐馆里用手机点餐并在较短时间内吃上热气腾腾的饭菜时，整个过程大部分步骤都是在数字世界里完成的。想想那些可以追踪和优化的事项和流程，如何用被捕捉到的指标来提高效率、降低成本。我们都知道 PCB 设计没那么简单。但数字自动化概念基本相同，如何利用数字自动化技术进行 PCB 设计?

大多数工程设计团队面临重重挑战，从复杂设计中应用的物理定律，到降低项目成本、减少使用资源，还要应对疫情的制约。在这种环境下，行业若想利用数字自动化技术进行 PCB 设计，必须要实现更快的设计速度、更好的设计质量和更低的设计成本。过去两年，我们适应了新兴的线上工作模式，因为大家基本上都隔离在家，所以团队成员不得不采用远

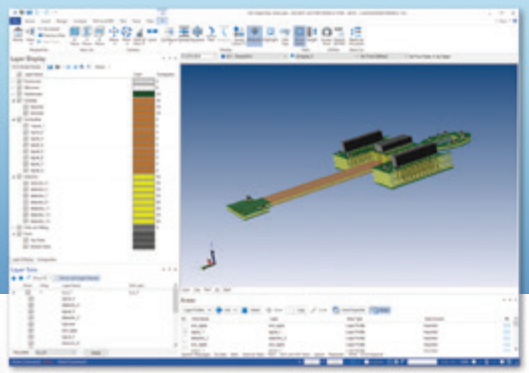
支持Flex
刚性Flex和嵌入式组件设计
现已上市！

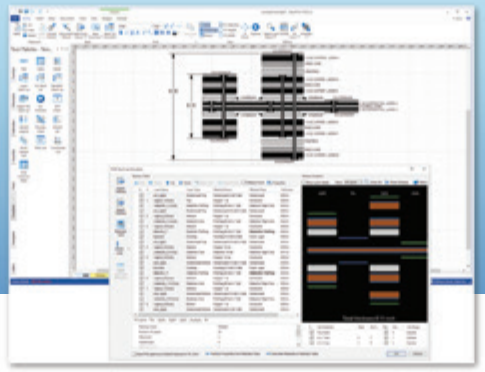


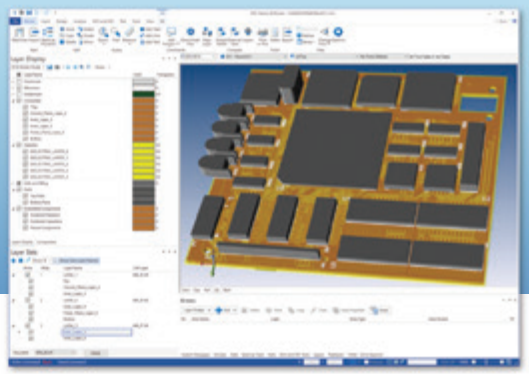
BluePrint·PCB

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.

程办公方式。业内很多企业必须适应多领域的运营，为了实现目标，不同专业学科的人还需协作融合。随着数字技术不断发展，很多企业开始利用数字自动化技术。

以下是在印制电路工程设计领域利用数字自动化技术的案例。

流程自动化

- 用软件来替代并简化手工操作流程。通常会在基础操作中应用这种方式（例如使用 CAD 软件而不是 Mylar），现在所有人都在使用 CAD，数字自动化真正适用于从概念到制造过程的自动化步骤（例如在限制因素的驱动下实现自动化布线，简化元器件生成步骤、数据管理以及跨学科协作，精简制造文件）。

验证自动化

- 替代人工同行审查（例如原理图完整性、电路布局的可制造性检查或性能检查）。

通过 AI 实现的自动化

- 应用 AI 评估涉及多个专业学科时需做的权衡（例如功率与热量、性能与可制造性），并给出最佳方案建议以改善决策制定。
- 应用 AI 进行生成式设计，即在下一步自动执行上一步 AI 给出的建议（例如在 IC 附近的最佳位置放置去耦电容器以提供稳定电源）。

提高生产率和效率的数字自动化是 PCB

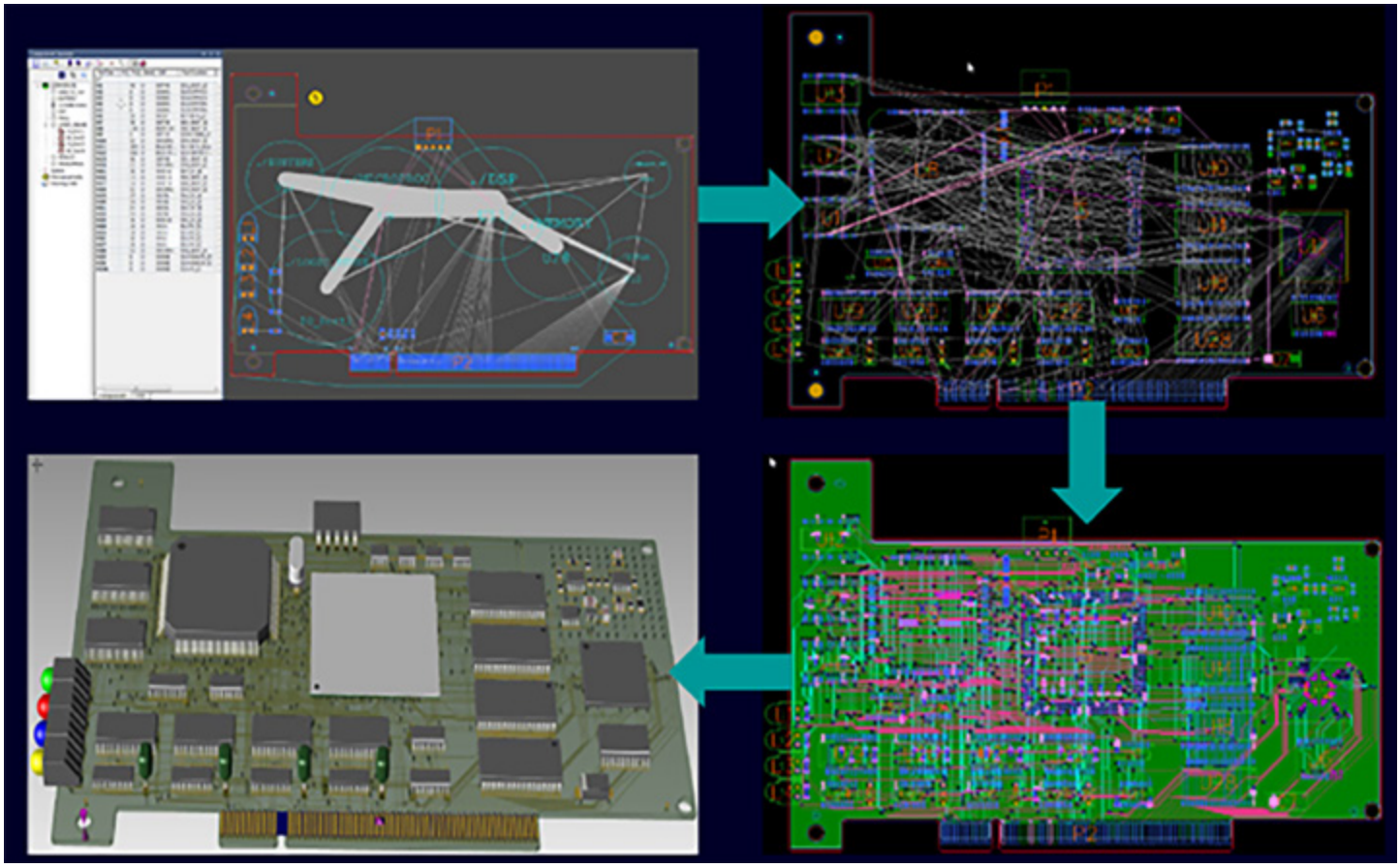


图 1：数字自动化技术是应对如今复杂设计的唯一方法

设计和制造过程中最受欢迎的技术。今天的电子设计自动化工具比以往任何时候都更强大，也更适合工程团队用来实现更紧密的集成、基于模型的系统工程设计和验证自动化，将单一设计或项目的模式不断成功复制到另一个设计或项目当中。但工程设计团队持续面临着复杂的挑战，这些挑战既来自于整个团队的内部生态系统，也来自于公司之外。

如今，地缘政治矛盾和经济动荡消息成为头条新闻，疫情后的恢复比较缓慢，供应链中断仍在持续，这些都加大了项目团队的工作难度，他们在设计产品的同时还要尽力去优化内部的旧流程和生产方式，以尽快将产品推向市场。工程团队必须要在设计阶段就考虑供应链弹性。

与行业中的很多其他同行一样，我也接受了新的工作环境。作为一名印制电路工程师，我没有让这种变化成为阻碍我提高技能的借口。我不仅在设计阶段就开始考虑供应链弹性问题，而且还能更加熟练运用 CAD 工具。当然，也和其他人一样，经过了两年的封控隔离，我十分想回到办公室上班。人们在领英和 YouTube 上浏览文章和视频，可从这些网站上轻松搜索到 PCB 设计相关的教学内容，但也说明了这些海量信息导致了信息过载。在线上浏览网页和在线下参加行业研讨会其实是不同的体验，因为线下面对面的共同交流与协作会增加成功的可能性。

我曾用一周的时间参加在加利福尼亚州圣塔克拉拉举办的 PCB West 展会。那一周对于我来说简直太棒了！展厅洋溢着与会者的兴奋与激动，业内的中小型企业和供应商展示了先进的产品与技术，这是我从业这么多年以来参加过的水平最高的展会。很明显能看出，人们对回到线下交流的模式感到既焦虑又渴望。人们三五成群，讨论着不同形式的印制电路工程设计。我终于又找回了从前的感觉，相信很多人也有着和我一样的感受。大家都感到极度兴奋和愉悦。

我现在仔细回想在研讨会上参与的诸多讨论，有关自动化的主题一直反复出现。新老一代 PCB 设计师之间的鸿沟在不断加大，而业内教育和培训机会的缺乏也导致有经验、有能力的 PCB 设计师数量严重不足。这些入行十多年的从业者在 PCB 设计领域内有着光明的未来。但当我看到刚刚入行 PCB 设计领域的年轻电气工程师因为成长在数字时代而形成了特别的思维模式，他们天然地将数字虚拟技术和自动化技术加以优化并融入到了日常工作当中，我感到非常欣慰。我很看好新一代印制电路工程师，有他们在，这个行业的未来一定是一片光明的。

我发表了《PCB 设计最佳方法》演讲，指出了最佳方法的几大支柱：

- 数字集成与优化
- 工程设计生产力与效率
- 数字样品驱动验证
- 以模型为基础的系统级工程设计
- 供应链弹性

在两个小时的演讲中，我讨论了如何利用贯穿于每个支柱的数字自动化技术来提高企业的整体成功，与此同时，还可缩短设计周期、扩大跨学科协作和多领域集成、降低项目成本及风险。我分享了自己的经验——与之前的 PCB 设计方法相比，我和我的团队成员如何利用数字自动化技术更快地实现目标，成功完成任务。

在会场上，对于采纳数字自动化技术的一方，很多人都和我的看法一致，我感到很惊讶。这项技术应该尽快被采纳。包括我在内的很多人都感到很奇怪，为什么行业内有些企业还不尽快使用这项技术。出于某种原因，落实数字自动化技术总是会遇到某种阻碍。不论是安装自动化工具、工艺优化，还是跨学科协作，数字自动化尚未被完全接受采纳。

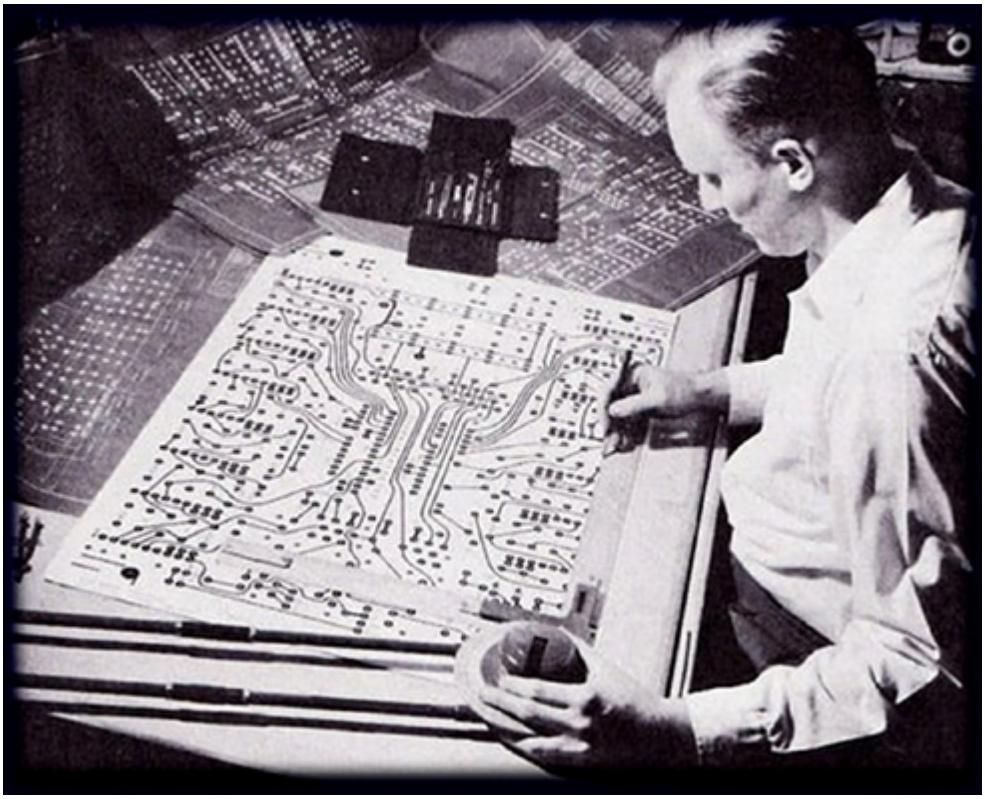


图 2：第 6 个理由：用胶带和聚酯薄膜设计 PCB 更有趣 [1]

以下是拒绝实施并利用数字自动化技术的一些典型原因：

- 公司内部文化抵触改变（最难以克服的障碍之一）。
- 目前使用的流程“运行正常”并且符合标准（人工方法）。
- 不熟悉工具的自动化功能。
- 产生失控感或不信任新型工具。
- 没时间学习或培训工具的新功能。

鉴于我在很多全球化工程团队的成功工作经验，这些团队横跨商业、航空航天、军事和医疗等各种市场领域，对以上所有原因我深有体会。

需要说明的是，并非设计过程中的每个步骤都可以实现自动化，但我们应该始终寻找机会，随时随地利用数字自动化技术。很多领域都应该通过跨学科协作的方式充分利用数字自动化技术，例如模拟技术、数字技术、RF 和 ME，并尽可能与包括电气、机械、系统、软件、制造、验证和生产在内的多个领域集成。如今的工程设计工具已经发展成熟，可以应用到这些领域当中。

使用数字自动化技术以后，哪怕只能有限地缩短设计周期、加快上市时间，是不是也很有价值?我认为这样做是值得的。时间就是金钱。能在最快的时间内用最低的成本和风险生产出最佳质量的产品，在最短的潜在时间内推向市场，一定会有很大的回报。相信在印制电路工程设计中利用数字自动化技术一定会有所收获。

后续专栏文章将详细介绍 PCB 设计最佳方法的 5 大支柱，并将很快发布于播客。我也会继续在社交媒体上根据自己的职业经历对各种印制电路工程设计的不同主题发表看法。

PCB007CN

参考内容

1.A Manual of Engineering Drawing for Students and Draftsmen, 9th Ed.,by French & Vierck,1960, p. 487.

Stephen V. Chavez 任 Siemens EDA 公司资深产品营销经理，同时也是 PCEA 主席。如需阅读往期专栏，可点击此处。

来自 Siemens Digital Industries Software 公司的其他参考资料：

1.《印制电路组装商指南——智能数据：利用数据改进制造》（可免费下载）

2.《印制电路组装商指南——数字时代先进制造》（可免费下载）

3. 西门子按需选择网络研讨会系列第 12 部分《实施从设计到制造的数字孪生最佳实践》（免费）

4. 展会现场实时报道——《西门子和 Compu-trol：实现电子制造卓越运营》

连载！构建持续改进的平台16：计算“X”

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。本文为该系列的第十六部分。

Andy 和 Sue 在上微积分预科课之前一起去吃披萨。

“我真的是糊涂了。”Andy 叹了口气，“讨厌的极限问题！”

“怎么了？”Sue 问道。

“我弄不明白为什么 x 趋近于 0 时，sin(x) 除以 x 等于 1。”Andy 叹息。

“教授说 sin(x) 用首项是 x 的幂级数表示，其他项都是高阶项，随着 x 趋于 0，这些项也趋于 0。所以说 x 值较小时，sin(x) =x。”Sue 解释道。

“我现在懂了，你这样解释起来就清楚多了。”Andy 恭维道。

“你的数学其实比你自认为的要好很多。”Sue 鼓励道，“3 次小测试你平均得了 95 分，相当于是 A。”

$$\lim_{x\to 0}\frac{\sin(x)}{x}=1$$

$$\sin(x)=x+\frac{x^3}{3!}-\frac{x^5}{5!}+\frac{x^7}{7!}-\ldots$$

图 1：因为 sin(x) = x 的幂级数展开中首项为 x，当 x 趋近于 0 时，sin(x) 除以 x 的极限值趋近于 1。

“但你 3 次都是 100 分。教授甚至说如果他请病假了，你可以代他上课。”Andy 打趣道。

他们笑出了声，但也都意识到现在该换个话题了。

“我还是难以相信你的父母邀请我一起去威廉斯堡玩。”Andy 说，“他们要承担这次的旅行费用，但我还是觉得应该自己付费。”

更多详细的内容，请点击这里。

预测工程：
Happy Holden 谈真正的 DFM

by **the I-Connect007 Editorial Team**

注：本篇将回顾几年前与 Happy Holden 的采访。在此次采访中，Happy 谈了 50 多年来 DFM 的发展历程，同时介绍了电子行业的发展史。

Happy Holden 自进入 HP 工作并优化其 PCB 设计和制造流程以来，已经从事 DFM 相关工作 45 年之久。因此，针对本期杂志主题，Barry Matties 和 Andy Shaughnessy 邀请 Happy 首先介绍了他对 DFM 的观点，以及真正的 DFM 需要涵盖的各个方面。

Andy Shaughnessy：*Happy，是否可以先介绍你对 DFM 的观点，为什么你认为真正的 DFM 需要 PCB 设计师和工程师采用预测工程？*

Happy Holden：“预测工程”这个术语，可能不会得到行业太多认可，因为它是我独创的。大多数人认为面向制造设计（design for manufacturing）或 DFM 是用于在设计中发现错误的软件。特别是 Valor 推出 CAM 工具，制造商可对其设计构建投入最少的精力，DFM 软件可扫描整个设计，找到需要注意的事项以及所有需要满足的要求。这些都是完成设计后才做的检查。

当 HP 采用 DFM 时，我才开始了解 DFM。实际上，DFM 和 DFMA（面向制造设计及面向组装设计）是由两位新英格兰的美国教授 Peter

Dewhurst 和 Geoffrey Boothroyd 发明的。他们撰写了一本书籍《面向制造及组装的产品设计》。后来，由此发展出了相应的软件。

Happy Holden

他们的整个理念重点在于如何第一次就把事情做好。他们的书指出设计过程中性能的本质，其可决定产品是否容易组装。我认为，日立等日本企业采取了更重要措施，即通过自动化制造产品。日立借助这一理念所做的一切意义重大。他们不仅采取了“第一次就做对”的方法，而且还探究如何做到足够简单，使机器人和自动化能够完成。日本人之所以这样做，是因为他们想在日本国内制造第一代产品，而不是像美国人那样将设计发到海外生产。

与之相比，苹果公司设计的产品不可能实现自动化，因为其产品太复杂了，必须由人工完成生产。深圳有 8000 名 17 岁的女孩在制造这些苹果产品。富士康投资购买了 100 万台机器人来代替这些女孩。到目前为止，只安装了约 400 台，因为他们发现为美国公司制造的产品无法实现自动化。

我将 DFM 称为第一次为制造而设计。我们不仅仅是设计 PCB，而且要运行软件、发现错误、返回、重新设计、再次检查、返回并重新开始这一过程，直到设计可制造为止。只有我一个人认可这个定义，除非你碰巧了解 Dewhurst 和 Boothroyd，而大多数 PCB 领域的人都不了解这两位专业人士。

Shaughnessy：*我想应该是。*

Holden：通用电气、西屋电气或通用汽车等制造商了解 Dewhurst 和 Boothroyd，因为大学会教授相关知识。汽车制造商非常热衷简化汽车部件，以使其性能更可靠、成本更低，以及更容易自动化组装。但是，电子领域却并非如此。

原因之一是 Dewhurst 和 Boothroyd 是机械工程师。他们研究组装产品需要多少动作，完成组装需要多少夹具、连接器或螺钉和螺栓。这就是他们的预测方法。

最简单的自动化形式是单轴气缸，只是上下运动。如果要在传送带上组装产品，只需上下运动，那是成本最低的自动化。最复杂的是组装挠性电路，我曾经在富士康负责管理组装挠性电路的生产。

这是公司不断向我提供大量资金的原因之一，是为了使深圳 8000 名女孩完成的挠性电路等非一致性部件的组装工作自动化，因为一年当中只有 6 个月需要组装苹果产品。圣诞节后，苹果公司就会停止下订单。因为没有订单，女孩们会在接下来的 4 个月里无工作可做。而公司又不能解雇或遣散她们，因为她们的技能太高了。

她们坐在一起编织、粉刷墙壁，直到苹果再次开始下订单后工作。在预算无限的情况下，我最优先考虑的事情之一就是使这些女孩做的工作实现自动化，这样当苹果停止订购时，我们就可以关掉电源，停止生产。对于她们来说，坏消息是“也许 10 年后就能实现挠性电路组装自动化”。PCB007CN

本文英文原文刊登于 2017 年 9 月发行的《PCB 设计》杂志，如需阅读，可点击此处。

行业会展

一步新技术研讨会（南昌）
2022 年 12 月 16 日
中国南昌

CES 2023
2023 年 1 月 5-8 日
美国拉斯维加斯

IPC APEX EXPO
2023 年 1 月 24-26 日
美国圣地亚哥

NEPCON Japan
2023 年 1 月 25 至 27 日
日本东京

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 China
2023 年 4 月 19 至 21 日
中国上海

CPCA 国际电子电路（华南）展览会
2023 年 10 月
中国深圳

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

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 1 月号总第七十一期《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》.....46
《印制电路工艺验证》.....38
《印制电路设计师指南 - 高性能材料》.....50
《印制电路组装之智能数据》.....76
《电子产品的可靠性预测》研讨会.....40
IC007 图书馆.....8
杂志订阅.....封底
望友科技.....56
珠海镇东.....52
Atotech.....6
BTU.....66
Cadence.....86
Chemcut.....28
CIMS.....48
CyberOptics.....72
D.B. Management.....70
Downstream Technologies.....94
Gen3.....18
KYZEN.....78
MacDermid Alpha.....60
MKS ESI.....34
Pluritec.....4
Schmoll Asia.....14
VJ Electronix.....82

更多精彩内容敬请期待
PCB007中国线上杂志：

二月：高阶封装的奥秘

随着世界各国相继出台扶持、开发高阶封装的政策，这一领域的竞争进入了白热化阶段。不论从标准、制造工艺、设备的角度来说，高阶封装都是一款难啃的硬骨头，也是未来电子制造业的必争之地。

感谢阅读
《PCB007中国线上杂志》
PCB007 中国
线上杂志 CHINA MAGAZINE
温故知新
工艺的持续改进
扫码订阅