

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6月号



I-Connect007:
REALTIME with...
SHOW & TELL
2023 国际电子电路(深圳)展览会特别报道



INTERNATIONAL ELECTRONICS
CIRCUIT EXHIBITION (SHENZHEN)
国际电子电路(深圳)展览

扫码关注公众号



iconnect007china.com

2023 国际电子电路（深圳） 展览会特别报道

2023 年是中国进入后疫情时代的第一个年头，回顾疫情前的 2019 年，整个世界、产业、经济、政治都发生了非常大的变化。作为疫情后华南地区第一场行业盛会，国际电子电路（深圳）展览会 (HKPCA Show) 获得了各方面的关注，我们一如既往地读者们带来 RTW...HKPCA SHOW 视频采访栏目，聚焦展会、市场、5G、通讯、汽车、半导体及 IC 载板等多个主题。

本期开篇，我们先带来专题报道集锦，我们采访了 HKPCA、TTM、亚洲电镀、SUSS、金富宝、联茂、罗杰斯、承安等多家企业与机构的负责人，请他们分享了最新的行业热点、技术动态、市场前景。

随后我们选择了几场有代表性的采访，进行深入文字报道。

首先是我们的老朋友、香港线路板协会主席钟泰强先生的访谈，采访涵盖了产业现状、未来发展方向、展会内容以及技术议题等内容。

接着，针对比较热门的 IC 载板应用，我们采访了能动科技。能动的 SUB100 及 SUB100T 类载板及载板制造用干膜光刻胶产品，已完成产品性能测

试并进入量产转化阶段；用于引线键合（WB）封装工艺的蚀刻引线制造用干膜光刻胶产品使用稳定性和性能先进性获得客户认可。

罗杰斯先进电子解决方案事业部亮相 HK-PCA SHOW，展示了应用于工业雷达、汽车雷达、微波通信和高可靠性领域的材料。我们的采访针对该领域目前的现状及公司未来产品规划等问题进行了探讨。

本次展会我们还在展台展出了 Happy Holden 先生的《25 项电子工程师必备技能》新书，获得了读者们的热情反馈。这本书是 Happy Holden 在几十年的工程工作生涯中面临挑战时所采用的策略的汇总，在过往的多年里连载，本次我们重新修订、审核、排版成书供行业工程师收藏。

除了展会报道以外，本期还有不少精彩内容。

《印制电路板的诞生》中，我们有幸采访到了电路技术学会 ICT 的创始成员 Rex Rozario 先生，他分享了印制电路板行业的起

步及发展，介绍了他与电路板发明家 Paul Eisler 博士的结识过程。

《智能手表的健康智能程度》中，犹他大学的 Henry Crandall 介绍了智能手表

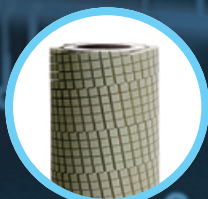




珠海镇东有限公司
GOAL SEARCHERS CO.,LTD ZHUHAI

镇东，让塞孔、研磨更轻松！

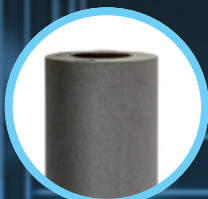
2022年刷辊类共销售83249支, 油墨共销售2734KG



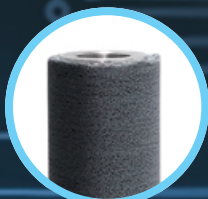
GSH陶瓷刷辊



GSH缠绕式不织布刷辊



GSH放射式不织布刷辊



GSH高密度尼龙针刷辊



GSH匹配型塞孔油墨



全自动联线式高效
真空丝印机

新品上市



销售实绩：**171台**
CCD真空丝印机



销售实绩：**153台**
双面对磨砂带机



销售实绩：**614台**
智能化刷板机

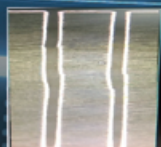
以上数据截止到2023年1月

解决各类真空塞孔&研磨问题

2022年共计加工**1592321片**



盲孔



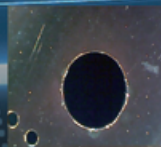
高纵深比通孔



单面背钻孔



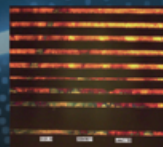
双面背钻孔



孔口去披锋



铜帽去除



防焊前处理



TEL : +86-756-8633473

E-mail : info@goalsearchers.com

HTTP : //www.goalsearchers.com

地址：广东省珠海市香洲区前山明珠南路2007号2栋

对于我们健康的演变与进化，以及今天的手表有多“智能”？在告知佩戴者健康信息方面，手表有多聪明？

Chemcut 的专家 Christopher Bonsell，本期带来文章《薄型材料传输挑战》，在湿制程中，薄型材料和基板（厚度 <1 mil）的传输可能是相当棘手的过程。这些材料在制造挠性电路方面至关重要，但这种挠曲性往往会增加新的挑战。

UHDl 之前我们做过相关专题，该领域的热度还在持续。本期我们请到了 ASC 公司的 John Johnson 先生，他目前主要职责是超高密度互连的业务开发。John 详细介绍了超高密度互连工艺以及 ASC 的发展方向。

Doug Sober 是 PCB 材料方面的专家，在 1996 年他开发了 IPC-4101《刚性及多层印制板用基材规范》的第一份材料规格单，本期我们邀请他来介绍《材料规格单及材料选择》，以及专门为设计师开发的 IPC 材料指南。

过去，为制造 PCB 选择材料时，一律都使用 FR-4，无需多想。如今设计使用的频率动辄就是数千兆比特，上升速度极快且时间余量极少，所以《精准选择介质材料》就成了决定产品性能表现的关键。我们长期专栏作家 Barry Olney 为您解答。

Happy Holden 谈技术系列本期的主题为《下一代电镀系统》，电镀一直是 PCB 制造的核心工艺。1970 年 Happy 作为惠普公司的一名年轻工程师，被分配的第一份工作就是电镀工艺。

PCB 组装专区中，首先我们的编辑 Michelle Te 会来讲讲《WHMA-A-620E: 实现连接的标准》。最近 IPC 发布了 IPC/WHMA-A-620 E 版，对文字和图表进行了修改及完善，为两

年后更大的修订奠定了基础。

不久的将来，电子制造服务业的重点将是自动化和灵活性。目前影响 EMS 公司的 3 个主要因素是：高昂的人工成本、维持可靠的供应链以及制造的产品种类越来越多。Saki 的 Norihiro Koike 为我们带来文章《自动化和灵活性——具有前瞻思维 EMS 公司的基本组成》。

电子制造领域所处理的信息具有高度敏感的属性，因此其在网络安全方面面临特有的挑战。美国推出了网络安全成熟度模型认证（Cybersecurity Maturity Model Certification，简称 CMMC）框架。《CMMC 和网络安全专题讨论亮点》一文将介绍如果要把设备出口到大洋彼岸，需要满足哪些 CMMC 要求。

PCB 组装专区中，首先 Sunstone 的几位专家将探讨孔环，因为更深入的了解孔环有助于确保成功地实现 PCB 设计。不要小看孔环，或者误解孔环，它有多种用途，尺寸不合适的孔环可能会引起严重的 PCB 问题。

《停止过度指定材料》一文来自我们对设计专家 Kelly Dack 先生的采访，我们特邀他分享一些关于材料选择过程以及如何改进的想法。Kelly 还阐述了 PCB 设计师是如何通过过度指定材料使事情变得过于复杂。

过去十年，挠性电路变得越来越复杂，为挠性和刚挠结合电路选择适当的材料是设计过程的重要组成部分。PFC 的 Mike Morando 告诉您《选择挠性材料需先做作业》。

以上就是本期的全部内容，目前制造业订单量受国际需求与形势的影响，前景并不明朗。希望能够通过我们平台继续给各位读者带来更多的国际资讯已经最新技术，帮助大家预判整个行业大趋势，尽一点微薄之力。

第三十一届

中国国际电子生产设备暨微电子工业展览会

NEPCON CHINA

2023.7.19-21

上海世博展览馆



NEPCON
官方微信服务号

同期展会



主办单位



励展博览集团
同励百业·共展商机

详情咨询

李海宾 女士

400 650 5611 | haibin.li@rxglobal.com

SHOW & TELL

HKPCA SHOW 展会特辑

5月我们参加了深圳的 HKPCA SHOW 行业展会，相隔两年我们很期待与华南的读者再次相聚，此次展会我们期盼更多的新技术、新思路、新机遇。不要错过我们的专题报道。

专题文章

9 2023 国际电子电路（深圳）展览会
HKPCA SHOW RTW 专题报道

15 专题文章：后疫情时代，机遇与挑战并存
HKPCA SHOW 助力产业复苏
by Edy Yu

19 能动科技：国内 IC 载板企业需专注国产化
替代和供应链安全
by Tulip Gu

23 罗杰斯市场开发经理谈通信和汽车雷达市场
应用
by Tulip Gu

25 新书推荐：25 项电子工程师必备技能

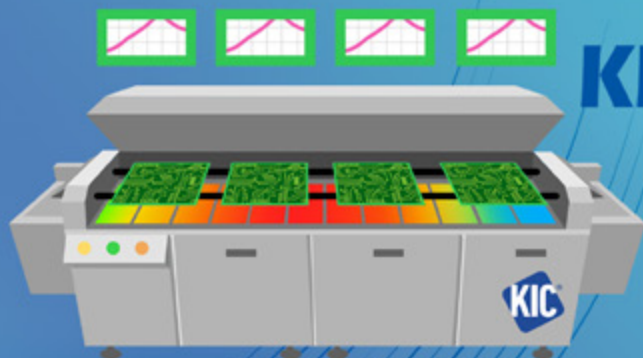
27 印制电路板的诞生
by Barry Matties

35 智能手表的健康智能程度
by Henry Crandall

39 薄型材料传输挑战
by Christopher Bonsell

43 聚焦超高密度互连（UHDI）
by Nolan Johnson





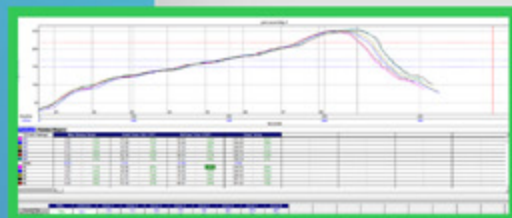
KIC RPI

回流焊工艺检测

让回流焊工艺变透明

Heat to Data

- 符合ISO 13485医疗器械要求
- 满足审计对可靠性和可追溯性的所有要求
- 可追溯每片PCB板的回流温度曲线数据
- 实时SPC-UCL/LCL、Cpk数据控制图表

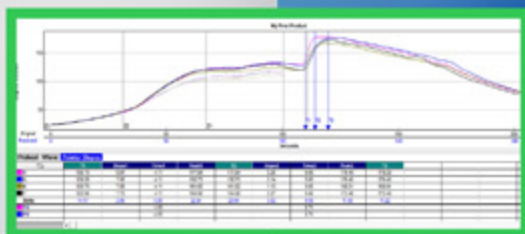
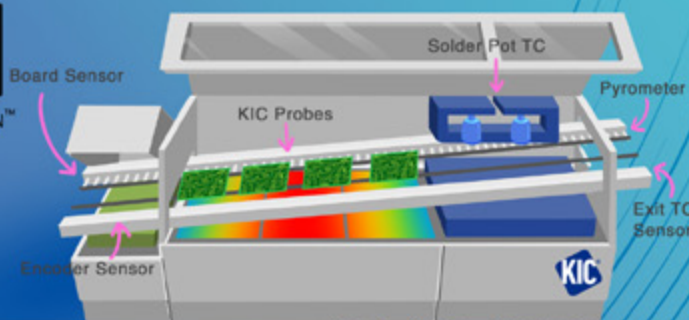


波峰焊工艺检测

洞查您的生产工艺状况和停机时间

- 每片PCB板生产过程中的停顿时间和平行度测量
- 通过预热和焊接波完成PCB板的温度曲线测量
- 全过程控制和可追溯性
- 实时SPC/Cpk图表
- 实时分析

WPI
WAVE PROCESS INSPECTION™



欢迎访问 KIC展台1J03
NEPCON China 2023. 7月19-21日
上海世博展览馆

公司总部
16120 West Bernardo Drive · San Diego, CA 92127 USA
+1(858)673-6050 Phone · +1(858)673-0085 Fax
sales@kicmail.com · tech@kicmail.com

亚洲办事处
asia.sales@kicmail.com · asia.tech@kicmail.com

欧洲办事处
europe.sales@kicmail.com · europe.tech@kicmail.com

中国办事处
客服QQ: 8000 66201

www.kicthermal.com · www.kic.cn



KIC产品旨在通过优化您的热处理工艺实现最大价值和快速回报。对KIC产品的投资是迈向全面工艺控制和质量管理的第二步。

版权所有KIC所有。专利申请中。规格如有更改，恕不另行通知。KIC和KIC Thermal 是Embedded Design股份有限公司及其关联公司的注册商标及商号。WPI, SRA, RPI 14.0, SPS, Smart Dock, X5, KIC Start2, K2, KIC 24/7, KIC 24/7 Wave, KIC Vision, KIC Navigator Power, KIC Auto Focus, KIC Autofocus Power, KIC RPM, KIC Carrier, Wave Surfer, KIC MVP, RPI, Process Window Index, PWI, 无铅功能符号, KIC ON BOARD和KIC徽标是KIC的商标或注册商标。所有其他商标和商号均为其各自持有人的财产。

更多产品或服务信息，请访问KIC官网: www.kicthermal.com or www.kic.cn.

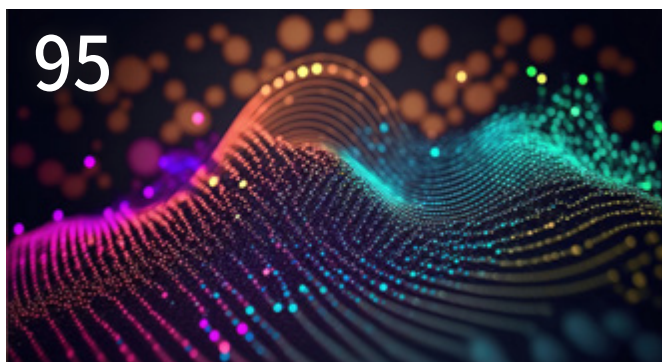


扫码订阅公众号推送



专题文章

- 49** 材料规格单及材料选择
by the I-Connect007 Editorial Team
- 57** 精准选择介质材料
by Barry Olney
- 63** 下一代电镀系统
by Happy Holden



PCB 组装专区

- 71** WHMA-A-620E：实现连接的标准
by Michelle Te
- 75** 自动化和灵活性——具有前瞻思维
EMS 公司的基本组成
by Norihiro Koike
- 79** CMMC 和网络安全专题讨论亮点
Interviews with Allen Anderson,
Maribel Hernandez, Vijay Takanti,
Joaquin Hernandez

PCB 设计专区

- 85** 何为孔环？
by Matt Stevenson, Kevin Beattie,
and Karla Thompson
- 89** 停止过度指定材料
by the I-Connect007 Editorial Team
- 95** 选择挠性材料需先做作业
by Mike Morando

其他栏目

- 99** 行业活动日历
- 100** 广告索引、下期预告
工作人员名单
- 行业要闻**
- 33** ECWC16 论文征集开始了！
- 78** 计算运营成本
- 94** 智能工厂的 IQ

微信扫描二维码关注 即可免费获得面向中国电子电路 市场的技术书籍与实时资讯

印制电路组装商

适用于恶劣
环境的三防漆



印制电路组装商指南

工艺验证



Graham K. Naisbitt
Gen3

1007 Books

印制电路组装商指南

数字时代
先进制造



Oren Manor
Mentor, A Siemens Business

1007 Books

印制电路组装商指南

低温焊接



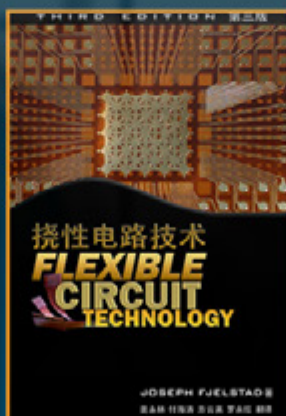
Morgana Ribes, et al
Alpha Assembly Solutions

1007 Books



印制电路板
绿色生产之旅
——零废水与
化学品回收

Peter Molloy
Happy Holden



挠性电路技术
FLEXIBLE
CIRCUIT
TECHNOLOGY

JOSEPH FJELSTAD
EAGLE HIRSH



HDI手册
Happy Holden



2023 国际电子电路(深圳)展览会 HKPCA SHOW RTW 专题报道

国际电子电路(深圳)展览会(HKPCA Show)作为全球最具影响力及代表性之一的线路板及电子组装展会,于5月24~26日在深圳国际会展中心的1、2及4号馆内举办。PCB007中国线上杂志开设 Realtime with HKPCA SHOW 视频采访栏目,带来现场报道与开幕式盛况。本届展会由香港线路板协会(HKPCA)主办,以“数字领域,构建未来”为主题,旨在引领业界实现数字化转型,为未来发展做好准备。展区超5万平方米,合计3个展馆2500多个展位七大专区一站式展示覆盖全产业链的革新设备及技术。适逢展会

20周年,现场特别设立展示区,回顾展会从区域性商贸活动发展为全球规模最大及最具影响力之一的商贸盛会的辉煌发展历程。国际技术会议在1号馆内举办,为期2天的会议,包括5G、通讯、汽车、半导体及IC载板等10多场热门题目专题讲座,特别邀请到来自中兴通讯、中国科学院深圳先进研究院、广东省大湾区集成电路与系统研究院、TTM、悦虎晶芯电路等等多家企业/机构的高管或技术专家作主题分享,为PCB及电子组装行业的数字化升级、智能制造和绿色制造等提供创新思路。

PCB007CN







HKPCA SHOW 2023 深圳盛大开幕

作为全球最具影响力，规模最大及最具代表性之一的线路板及电子组装行业盛会 -- 国际电子电路（深圳）展览会 (HKPCA Show) 于 2023 年 5 月 24 在深圳国际会展中心（宝安）盛大开幕。作为疫情后华南地区第一场行业盛会，其获得了各方面的关注。行业大咖汇聚一堂，共讨未来发展方向。PCB007 中国线上杂志带来现场报道与开幕式盛况。



Opportunities and Challenges coexist

We are happy to interview HKPCA's Chairman Canice Chung at HKPCA SHOW 2023. Here are some quotes from his interview. "In terms of downstream applications of PCB this year, as the global economy is under the pressure of inflation and inventory reduction, the main applications have not seen a growth momentum. (Interviewee : HKPCA - Canice Chung)"



HKPCA SHOW 回归, TTM 亮相最新技术研发

TTM 重点关注通信和计算机业务的 PCB 能力更新，听听 TTM 副总裁何伟胜博士介绍在 112Gbs 的预备、散热管理，以及光学 (OE) 印刷电路板、类载板 (SLP) 技术等领域推出的解决方案。(被访者：TTM - 何伟胜)





亚洲电镀推出 智能垂直连续电镀设备

亚洲电镀新任董事总经理刘锦燦先生介绍此次出展亮点——Smart VCP，适用于 IC 载体生产，可独立控制每片板的 A/B 面电流输出，允许不同电流密度设置电镀制程中可即时监控记录数据。(被访者：亚洲电镀 - 刘锦灿)



SÜSS:推广喷墨打印阻焊工艺 工业化道路任重道远

SÜSS 深入增材制造领域，长期致力喷墨打印阻焊工艺的工业化推广，加大研发力度，开发大尺寸喷墨打印阻焊设备，提升打印精度和速度。设备即将在国内到位，设点承接试样。(被访者：SÜSS - 陈武鹏)



汽车板仍是热点， AI 服务器前景向好，测试必不可少

阻抗损耗测试专家宝拉本次参展带来了传统软件设备的同时，还展示了新的在线阻抗损耗测试设备，以应对行业对于产品可靠性要求、生产自动化要求的不断提升。中国区经理姜昇先生与我们分享了他对行业趋势的看法，汽车板应用依然是一枝独秀成为国内为数不多的增长点，同时他还看好 ai 服务器领域未来的发展。(被访者：Polar- 姜昇)



金富宝聚焦 IC 载体、 背钻、DI 等高端应用

作为 PCB 制造设备供应商，金富宝的中国区销售副总梁春女士分享了高端应用领域的一些近况。IC 载体具有孔多、孔径小、密度大、生产耗时长等特点，这对于设备的精度、速度、稳定性都有极高要求。目前国内厂商开始发力，某本土大厂已下单多台该领域专用设备。同时背钻设备、DI 设备也有很高的关注度。金富宝看好国内市场向中高端领域转移的趋势。(被访者：金富宝 - 梁春春)





联茂:江西工厂第三期 6 月投产, 泰国建厂敲定

联茂高速类材料又添新品,服务器和存储器用 PCIE5.0 EGS 和 BHS 平台最新上量,PCIE6.0 OAK 平台对应的高速材料后续开发中。江西工厂第三期 120 万张产能即将释放,着手在泰国建立全产品线的新工厂。(被访者:联茂 - 刘纯洁)



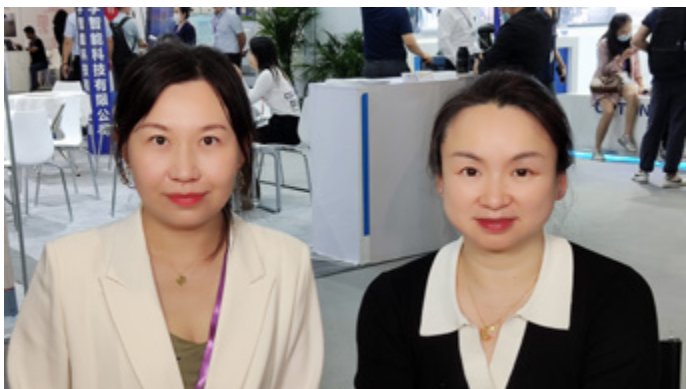
能动:IC 基板专用干膜光刻胶 国产化进程加速

能动科技 SUB100 及 SUB100T 类载板及载板制造用干膜光刻胶产品,已完成产品性能测试并进入量产转化阶段。用于引线键合 (WB) 封装工艺的蚀刻引线制造用干膜光刻胶产品使用稳定性和性能先进性获得客户认可。(被访者:能动科技 - 杨杨)



承安发展进入快车道,打法独特

承安集团业务范围及领域有很大拓展,听听周建新总经理一路走来的感悟,看如何从磷铜阳极、微晶磷铜阳极拓展出 12 种不同品类,又如何将客户变成供应商,形成闭环销售。在线路板蚀刻废液在线铜回收循环再生设备方面又是如何做出行业口碑,复购不断。(被访者:承安集团,周建新)



罗杰斯公司携热点产品出展, 获高度关注

罗杰斯公司市场开发经理高菲女士介绍公司强大的创新能力,在应对高频电路的高性能与一致性的挑战,汽车应用对高可靠性需求的挑战,以及毫米波应用高多层板 PCB 加工的挑战方面,拥有一系列解决方案。(被访者:罗杰斯 - 高菲)





后疫情时代，机遇与挑战并存

HKPCA SHOW 助力产业复苏

by Edy Yu

I-CONNECT007CN

作为全球最具影响力，规模最大及最具代表性之一的线路板及电子组装行业盛会——国际电子电路（深圳）展览会 (HKPCA Show) 于2023年5月24在深圳国际会展中心（宝安）盛大开幕。作为疫情后华南地区第一场行业盛会，获得了各方面的关注。行业大咖汇聚一堂，共讨未来发展方向。PCB007 中国在线杂志有幸请到了我们的老朋友、香港线路板协会主席钟泰强先生进行访谈，涵盖了产业现状、未来发展方向、展会内容以及技术议题等内容。



调整、清理和重组的重要时机, HKPCA 作为业内领先协会, 近期有哪些计划, 帮助行业和企业应对挑战?

Edy Yu : 当前行业挑战重重, 但是整个产业链

Canice Chung : 近年来, 全球贸易壁垒的上



升使国际贸易环境更加不稳定。特别是一些国家增加对中国的贸易限制，对中国的对外贸易产生了一定影响。因此，企业需要提高自身竞争力及适应能力，以应对外部环境的变化。

在贸易冲突大环境下，多元化、多地点的供应链可以满足海外客户的需求，避免供应链中断风险。东南亚是全球增长最快的地区之一，吸引了许多外国投资者。应会员要求，HKPCA 一直在举办一系列关于东南亚 PCB 市场和商业投资的研讨会。我们将进一步组织东南亚考察团，帮助会员了解当地产业链状况，促进更多行业交流与合作。

Edy : HKPCA SHOW 发展 20 年，见证了中国 PCB 行业迅猛增长，请问您认为 HKPCA 在推动 PCB 行业发展过程中充当了什么角色？起到什么特别作用？

Canice : 作为最受认可的行业盛会之一，国际电子电路（深圳）展览会（HKPCA 展会）在塑造未来和推动行业发展方面发挥了主导作用。经过 20 年的发展，展会已从一个区域性活动逐步发展成为 PCB 和电子组装行业在全球规模最大、最具代表性的活动之一。每年，展会都会聚集数百家覆盖整个产业链的领先制造商和初创企业，以及来自全球各地的数万名专业观众。强大的参展商和买家阵容为产品采购、技术交流、商业合作和专业人员联络提供了高质量的交易平台，所有这些将继续为行业赋能，成就未来。

Edy : 展会除了为参展商提供服务以外，在技术研讨会、企业技术合作交流层面，也做了很多有益推动。此次，主办方安排哪些主题的技术交流，希望促进哪些研发方向、产学研合作机会、国际视野？

Canice : 5G、人工智能、大数据等新兴技术的发展和运用，推动了 PCB 和电子组装行业的数字化转型。数字化已成为全球趋势，过去几年得以加速发展。因此，今年的展会以“数字领域，构建未来”为主题，希望连接国内外 PCB 企业以及上下游买家，携手拥抱新的数字时代。

国际技术研讨会涵盖与 IC 载板、汽车电子、半导体和电子通讯相关的主题。中兴通讯公司、中国科学院深圳先进技术研究院、大湾区集成电路与系统研究院、TTM、悦虎晶芯电路等公司的高级管理人员和技术专家将分享行业趋势和技术动态，帮助行业企业及专业人员解最新信息。



Edy：请问您认为当前 PCB 行业发展前景如何？因应市场需求，5 月与 12 月的展会，分别会有哪些不同安排？

Canice：就今年 PCB 的下游应用而言，由于全球经济面临通货膨胀和库存减少的压力，包括手机、PC/NB 和消费电子产品在内的主要应用没有出现增长势头，服务器市场的增长也因企业资本支出下调而放缓。然而，ChatGPT 相关应用有望在 2023 年再次刺激人工智能市场，人工智能服务器将成为今年 PCB 行业的热门应用并带来亮点。

5 月的展会设有 7 个主要主题区，共有 2500 多个展位，展位面积达 50000 平方米，涵盖了 PCB 和电子组装行业的整个产业链。作为主办方，我们致力将 HKPCA 展会打造成一场塑造行业未来、引领行业发展的贸易盛会。因此，我们紧跟行业趋势，增加新的亮点和活动。例如，本次展会的主题是“数字领域，构建未来”，因此我们加强了相关产品的

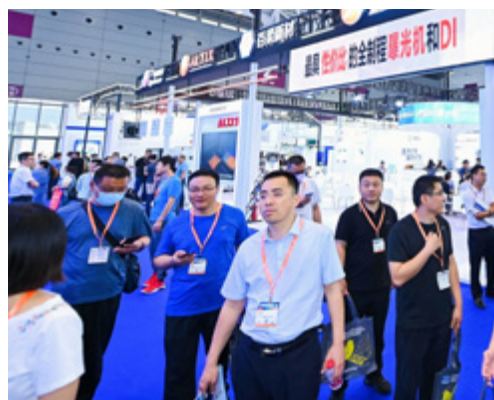
展示，也丰富了国际技术研讨会的内容。对于现场活动，我们增加了直播、视频共享和虚拟展览，旨在为行业专业人士带来最新的展会体验。5 月展会结束后，我们将很快投入到 12 月的展会准备工作中。数字化和人工智能将成为主流，我们的目标是聚集更多的市场领导者和新品牌，展示创新设备和技术解决方案，增加更多的技术交流话题。HKPCA 将很快公布有关 12 月展会的更多详情，敬请关注。

Edy：随着全球商贸活动复苏，请问展会有计划增加海外展商及海外观众？若有，能否分享？

Canice：海外参展商和观众一直是 HKPCA 展会的重要参与者。作为全球商务平台，我们计划通过与海外媒体和协会的合作，邀请更多的海外参展商和观众参加展会。同时，我们还计划加强展会在海外市场的推广，例如东南亚等快速发展的市场，以增加展会的影响力。

PCB007CN





能动科技：国内 IC 载板企业需专注国产化替代和供应链安全

by Tulip Gu

I-CONNECT007CN

能动科技 SUB100 及 SUB100T 类载板及载板制造用干膜光刻胶产品，已完成产品性能测试并进入量产转化阶段；用于引线键合（WB）封装工艺的蚀刻引线制造用干膜光刻胶产品使用稳定性和性能先进性获得客户认可。为此，在 HKPCA SHOW 期间，PCB007 中国在线杂志特邀珠海能动科技光学有限公司总经理助理杨炆先生，就如何看待国内 IC 载板市场前景，以及相关材料选择上需要注意的问题进行了探讨。

Tulip：在干膜国产化的道路上能动起到了标杆作用，2022 年，能动又有新动作，加速产能投放及生产效率提高，此次出展将带来哪些亮点和创新的解决方案？

杨炆：多年来，能动科技聚焦先进集成电路制造与半导体封装用干膜光刻胶这一关键材料的技术研发与产品制造。坚持独立自主创新的路线，建立了以海外专家、博士及硕士为主体的研发团队；加强与国内高等院校及科研机构产学研合作，推动产品技术创新。

能动科技现已具备高分子材料结构原创性设计、合成工艺设计的能力以及干膜光刻胶类



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



别产品的配方设计开发能力，持续为国内外众多集成电路制造用户提供专业的产品使用与技术服务。

集成电路产业作为现代信息社会的基石，伴随高通量、大存储、强算力的信息互联共享时代来临，提出了更高线路集成密度，更多元器件节点单元和更快技术迭代速度的产业发展要求。能动科技多年前就紧跟这一产业发展趋势，响应国家铸造“中国梦”、强化“中国芯”的使命号召，持续加大技术探索 and 研发创新投入，通过与国内大型集成电路制造企业合作，共同开发和加速推进 IC 基板制造专用干膜光刻胶技术成果转化。

在本次 HKPCA 展会上，能动科技带来了针对 SAP（半加成法流程）及 mSAP（改良型半加成法流程）工艺使用的干膜光刻胶及其他特殊用途的非传统型的干膜光刻胶产品。

Tulip：目前，中国 IC 封装载板产业发展速度很快，能动也投入 IC 载板前沿光刻胶技术，产品的性能及市场反馈如何？对于 IC 载板企业在选择材料上，您有什么好的建议？

杨炆：能动科技多年来始终坚持科技引领进步，智造赋能发展，以满怀信仰之光逐梦中国高性能干膜光刻胶感光成像材料事业的技术进步，长期致力服务国家集成电路制造产业发展。

2022 年，是能动科技实现技术驱动创新发展的成果丰硕的一年，我们相继被评定为广东省专精特新企业、珠海市重点企业技术中心、珠海市创新型中小企业及珠海市创新驱动百强企业等多项荣誉和称号，立志成为专注于光刻胶感光成像材料行业和这一垂直细分领域具有发展“排头兵”和技术“领头雁”优势的高科技企业。

其中，能动科技 SUB100 及 SUB100T 类载板及载板制造用干膜光刻胶产品，已在国内多家客户完成产品性能测试并进入量产转化阶段。另外，用于引线键合（WB）封装工艺的蚀刻引线制造用干膜光刻胶产品已长期供应国内专业上市公司，产品使用稳定性和性能先进性获得了客户认可。

IC 载板由 HDI 高密互联技术发展而来，针对其中的干膜光刻胶材料，也同样经历了由传统单双面板、普通多层板 HDI 高互联多层板、高多层积层板、类载板到载板的技术应用需求演进提升。

我国的 IC 封装载板正处于快速发展阶段，载板和类载板既是金字塔的尖顶又是金字塔的基座。为保证产品质量和供应安全，下游优质客户通常对上游 IC 基板厂商进行“合格供应商认证制度”，认证过程复杂，比如三星的存储用 IC 载板的认证周期接近 24 个月，一旦制造商通过认证并形成稳定的供应关系，下游客户轻易不会更换供应商，传导至上游 IC 基板厂商对其材料使用始终保持谨慎态度。我们坚信，基于 IC 封装工艺为核心的先进集成电路制造行业整体发展形势明朗，国产替代潜力巨大，建议国内 IC 载板企业在材料选择上更专注国产化替代和供应链安全，通过产业协同和供应链联动，将材料的选择范围覆盖至具有强大的供应链管控能力、突出的技术创新能力、精细的制造管理能力和具备深厚产业技术逻辑认知的国产材料供应商，实现在强国战略背景下集成电路产业的整体发展和共同提升。

Tulip：在 IC 载板领域，您认为国内设备商、材料商、制造商以及下游厂商等相关企业之间的合作有哪些空间？

杨炆：IC 载板已成为 PCB 行业中规模最大、增速最快的细分行业。据统计，2021 年全球 IC 封装基板行业规模达到 142 亿美元，同比增长近 40%，预计 2026 年将达到 214 亿美元，行业集中度处于较高水平。目前，日本、韩国和中国台湾地区的企业占据绝对领先地位。据统计，2020 年全球前十大 IC 载板厂商市占率约为 83%。因此，一旦技术壁垒被内资企业打破，必将复制当年全球 PCB 产业向中国地区转移的历史。以移动产品处理器的芯片封装基板为例，其线宽 / 线距为 20 μ m / 20 μ m，预计很快在一两年将降低至 15 μ m / 15 μ m、10 μ m / 10 μ m。针对目前中国大陆先进封装领域的薄弱环节，以加快内资晶圆厂建设推动行业发展，重点攻关核心封装工艺、关键封装装备及核心材料三大痛点，产业痛点的解决过程即是国内设备、材料、制造以及下游厂商等的增量合作空间，以此推进中国先进集成电路制造产业领域的自主可控和高质量发展。

其中：

先进封装工艺。基于明确的产业应用需求，开发合适的封装工艺并重点攻关核心封装工艺，对于需在前道平台上加工的部分工艺，需明确前道和后道工艺分工，进行前后道协同设计和迭代优化。

关键封装装备。随着应用需求的不断递进，先进封装技术不断升级，封装厂商需向装备厂商提出明确的需求并与设备厂商协同开发关键封装装备。然后，在国内先进封装平台上，加快国产装备的试用和迭代。

核心封装材料。营造良好的材料、封装和应用的产业链生态，基于产业应用需求，对标国外进口材料，材料厂商开发相应的封装材料并测试评估和比较材料性能。然后，在国内先

进封装平台上进行多轮迭代使用，最终实现进口材料国产化替代。

Tulip：您如何看待目前行业的现状及未来的市场前景？

杨炆：IC 载板作为连接并传递芯片与 PCB 之间信号的载体，被誉为 PCB 制造皇冠上的明珠。作为封装制程中的关键部件，从下游应用来看，PC、服务器、消费电子、通信应用合计占比超过 90%，其中，服务器和存储用高性能计算及存储芯片对载板需求是未来主要的增长动力。虽然受疫情影响，IC 载板受到手机、计算机等消费类电子产品市场需求衰退影响，成长动能稍缓，但我们相信，IC 载板的行业需求在 2023 年依旧能维持双位数增长水平。

目前，中国大陆的 IC 载板主要头部企业深南电路、兴森科技、珠海越亚等已具备 BT 载板量产能力。此外，自 2019 年起，部分主营 PCB 产品的厂商也陆续开始投资 IC 载板项目，如中京电子、胜宏科技、科翔股份等新进企业均已投资数十亿元用于 IC 载板产能建设。

以 IC 载板制成工艺为基础的封装技术和先进集成电路制造产业发展内驱力已从高端智能手机领域开始演变为高性能计算、视觉处理和人工智能等领域。我们相信并依旧看好中国大陆 PCB 领域的后市发展，能动科技将始终抱持“行则将至、做则必成”的坚定信念，持续加大对前沿光刻胶材料领域的研发投入和产品技术成果转化，以贴近终端应用场景作为产品技术创新的路线指引，在中国先进集成电路产业发展的宏大背景之下提供“能动智慧”和材料解决方案。PCB007CN

罗杰斯市场开发经理谈 通信和汽车雷达市场应用

by Tulip Gu

I-CONNECT007CN

罗杰斯先进电子解决方案事业部亮相 HK-PCA SHOW，展示了应用于工业雷达、汽车雷达、微波通信和高可靠性领域的材料，其中，RO4835IND™ LoPro® 层压板专门设计用于 60~81 GHz 近程 (<30m) 工业雷达应用，同时满足优秀的电气性能和性价比；RO3003G2™ 陶瓷填充的、高频 PTFE 层压板是罗杰斯业界领先的 RO3003™ 解决方案的延伸加强版，是根据业界需求专为下一代毫米波汽车雷达应用而设计；RT/duroid®5880 材

料是玻璃纤维增强 PTFE 复合材料，是针对精确的带状线和微带线路应用而设计的。为此，在 HKPCA SHOW 期间，PCB007 中国在线杂志特邀罗杰斯先进电子解决方案事业部市场开发经理高菲女士，针对通信和汽车雷达市场目前的现状及公司未来产品规划等问题进行了探讨。以上内容根据采访整理。

罗杰斯主要是聚焦在通信市场，以及汽车雷达、工业雷达的市场。

针对通信市场来说，罗杰斯的经典产品，如 RO4305B、RO4835、TC350、TC350 Plus，以及天线通用的 RO4730G3 材料，就整体性能以及产品覆盖范围来说，完全能满足



现有通讯市场的技术需求。随着通讯市场的发展，频段越来越高，功率要求也越来越高，针对大功率的产品，我们有在规划新的产品，后续会陆续推出。

针对汽车市场，扩展了 RO3003G2™ 层压板的铜箔选项，提供更薄的 9μm 极低粗糙度的电解铜箔。这款层压板因其严格的质量管控、更稳定的介电常数性能和极低的插入损耗，被广泛用于如 77 GHz 汽车毫米波雷达传感器。扩展 9μm 铜箔选项为客户提供了更多选择，以优化其毫米波雷达项目的成本和可靠性，同时，可以带来更好的加工性。

随着频段升高，对于加工性来说，对于终端客户使用材料方面的要求，以及终端客户对于 PCB 成品的要求，罗杰斯将各种要求进行结合，提供更好加工且性能更好的产品。比如，有些终端客户会涉及对电气性能的需要，要求 DK 一致性、方向图一致性，这就不仅要求材料端能符合，还要求 PCB 制造商加工时的一致性。而 9μm 铜箔就可以保证蚀刻加工时的一致性，从而提升电气性能。

罗杰斯十分注重创新，除了现在的通信行业从 5.5G 逐渐进入 6G 以外，我们还看到低轨卫星市场的兴起。为此，公司一直有在布局，包括 CLTE® 系列层压板。CLTE 材料是陶瓷填充的、玻璃布增强的 PTFE 复合材料，整个损耗性能很低，专门适合卫星产品的开发应用；另外，RO4350B™ 层压板可以做高多层板，更适合用于低轨卫



高菲

星相控阵的多层板的可加工性要求。

另外，频率增加会带来高导热率产品的需求，除了之前推出的 TC350 TM、TC350 Plus 材料以外，也在开发碳氢化合物陶瓷层压板系列高导热材料，以满足客户不同设计应用场景的需求。

就目前的市场周期变动，罗杰斯还是相信通信市场的潜力，目前北美市场需求上升，欧洲也在布局 5G，并且非洲市场 5G 上量迅猛。针对市场的需求，作为全球化的公司，罗杰斯的产能布局十分全面，供应稳定。

针对整个汽车雷达领域，罗杰斯以可靠性、安全性著称，RO3003™ 层压板被广泛应用于自动驾驶汽车雷达上，并占据市场主导地位。

随着技术迭代与新应用场景出现，罗杰斯将通过前瞻性的视野、全球布局的产能以及快速创新的技术能力，迎接未来。PCB007CN

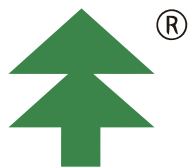


新书推荐：

25 项电子工程师必备技能

简介

这本是 Happy Holden 在几十年的工程工作生涯中面临挑战时所采用的策略的汇总，每一章都致力于一项工程师在大学通常不会学到的技能，如问题解决、实验设计、产品和工艺生命周期、精益制造和预测工程。你在其他任何一本出版物中都找不到这些信息。Happy 已经为你做了所有的辛苦工作，你只需要阅读这



珠海鎮東



25 项

电子工程师 必备技能

作者：Happy Holden

本书并做笔记即可。

同时本书的出版要感谢珠海镇东的大力支持。

关于作者

Happy Holden 是 Gentex Corporation 公司电子与创新部门的退休董事。曾任中国台湾富士康先进技术公司的 PCB 技术专家和首席技术官。此前，他曾在科罗拉多州 Longmont 的 Mentor Graphics System 公司设计分公司的担任高级 PCB 技术专家。在加入 MCG 之前，他在 TechLead 公司、Merix 公司和 Westwood Associates 协会担任高级工程经理。

1998 年，他在惠普公司就职 28 年后退休。Holden 先生曾在中国台湾和香港管理惠普公司的应用公司，带领该团队帮助南亚设立了第一个电路板工厂，为把高端 PCB 制造带到亚洲做出了巨大贡献。其专长是印制电路制造、自动化规划和实施计算机集成制造领域。

Holden 先生在加入惠普公司之前，一直





在 PCB 制造、软件营销和封装研发领域工作。

他拥有化学工程学士学位，并攻读 EE 控制理论硕士学位。他与其他作者共同编辑了 Clyde F. Coombs 的第 7 版《印制电路手册》，并为 I-Connect007 撰写了《HDI 手册》和《PCB 制造中的自动化与高阶制程》、《印制电路板绿色生产之旅》。

近年来,Happy Holden 先生作为 I-Connect007 的技术总监与顾问继续活跃在行业内，尽心尽力为行业培养年轻一代的工程师。

章节摘要

介绍：25 项工程师必备技能

第一章：全面质量管理 第一部分 (六西格玛与统计分析工具)

第一章：全面质量管理 第二部分 (六西格玛与统计分析工具) 13

第二章：解决问题能力

第三章：实验设计

第四章：故障模式与影响分析 (FMEA)

第五章：使用网络资源

第六章：科技写作

第七章：项目 / 产品生命周期

第八章：学习理论 / 学习曲线

第九章：可生产性与其他品质因数

第十章：可制造性及可组装性设计

第十一章：理解领导时间管理的概念

第十二章：项目管理

第十三章：基准化分析法

第十四章：工程经济学 ROI

第十五章：开发技术路线图的必备要素

第十六章：质量功能展开 (QFD)

第十七章：CIM 和自动化规划 第一部分

第十七章：CIM 和自动化规划 第二部分

第十八章：计算机辅助制造 第一部分：自动化协议

第十八章：计算机辅助制造 第二部分：自动化案例

第十九章：在线教学和远程学习

第二十章：度量与量纲分析

第二十一章：招聘和面试

第二十二章：十步法商业计划流程

第二十三章：精益制造及案例剖析

第二十四章：技术观念意识与变革

第二十五章：了解预测工程

点击这里注册免费下载书籍

<http://iconnect007china.com/index.php/library>



印制电路板的诞生



Rex Rozario 在即将上映的传记电影《The Midas Man》的片场，
该片讲述了披头士乐队经理 Brian Epstein 的故事

by Barry Matties

I-CONNECT007

每个行业都有开端,I-Connect007 有幸采访到 Rex Rozario, 他分享了印制电路板行业的起步及发展, 介绍了他与电路板发明家 Paul Eisler 博士的结识过程。

Barry Matties : 让我们从头开始, Rex。我认为, 电路板首次被制造出来时, 你就在现场。

Rex Rozario : 对的。对我来说幸运的是, 当我离开大学时, 我的第一份工作是进入 Telegraph Condenser 公司; 他们刚刚从 Paul Eisler 手中获得了第一份许可证。大约在 1940 年, Paul Eisler 在伦敦的一家厂房里开发出了印制电路; 那时是单面板。1948 年他获得了专利, 并颁发了 5 份许可证。The Telegraph Condenser 是第一家获得许可证的公司。

Eisler later 后来加入 Technograph, 在公司工作了一段时间。最后, Technograph 和 Telegraph 两家公司合并。



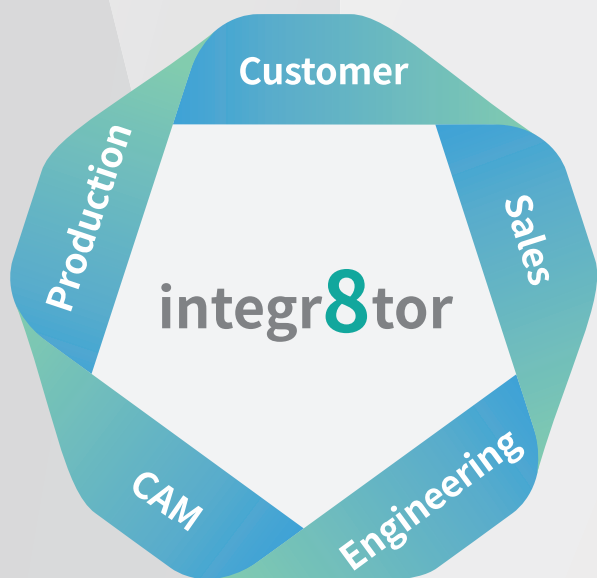
CIMS
Creativity in Motion

Ucamco

Integr8tor: 快速地深度分析 精准报价所需的客户数据

基于服务器-客户端的销售和工程智能化解决方案

 AI inside



- 深度分析客户数据
- 快速提供准确的报价参数
- 精准的工程设计确保检查所有细节
- 快速便捷的客户沟通

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





1990 年，“印制电路的发明者”Paul Eisler 博士与 Rex Rozario 再相逢

Matties：你们是第一家被授权许可生产印制电路板的公司？

Rozario：从技术上讲，我们是英国第一家生产 PCB 的公司。Paul Eisler 向英国出售了一份许可证，向美国出售了另外 4 份许可证。如果其他公司想在我们的许可证下生产 PCB，我们也可以指定。

Matties：那么，你是如何进入 PCB 生产领域的？

Rozario：在大学攻读学位期间，我很幸运得到了在 Daly Condensers 公司（英国）开发实验室边工作边学习的机会，其间我了解了所有关于制造电气冷凝器的知识。这让我在获得大学学位后，有机会向英国最大的冷凝器制造商 Telegraph Condenser 公司提交工作申请。该公司雇佣我担任开发技术员一职。

工作 3 周后，我提前安排了两周的假期。当我回来时，一位高级主管迎接了我，并带我走进了总经理的办公室，总经理已经在给 5 个人讲话了。总经理告诉我们，Telegraph 刚刚从发明家 Paul Eisler 博士那里获得了全球第一份许可证（他也是 Telegraph 聘请的顾问）。我被邀请和 Telegraph 挑选的另外 5 位专业人员一起，与 Eisler 博士组成新团队。我们有 5000 平方英尺的厂房，以进一步开发和引入印制电路以取代手动布线。那时大约是 1953 年。

开始时，从基本层压板到铜箔，我们都必须货比三家。团队完成了所有工作，然后突然间，英国开发的印制电路从单面板变成了双面板。对于双面板，我们使用铆钉，直到出现贯穿孔（化学镀铜）。

Matties：你参与了所有过程。

Rozario：我很幸运能一直参与。

Matties：如何开发电路板设计？你们是在公司



如何选择高性能材料

这本书告诉你如何以尽可能低的成本，
选择适合你的材料以实现预期的性能要求

印制电路设计师指南

高性能材料



Michael Gay
Isola

1.007e
Books



现在下载

1.007e
Books

内部做设计吗？

Rozario：是的，我们在内部进行设计；我们对层压板一无所知，但我们了解铜箔。我们实际上使用了树脂浸渍壁纸。PCB 的生产就是这样开始的。市场上什么都没有。真的，就像是在黑暗中寻找，并希望实现目标。最终，层压设备把行业带到了另一个高度，这些设备可制造层压板，行业进入了玻纤领域，等等。我认为 Eisler 的动机之一是，他研究圆形的导线，并把它们移到印制电路上，这样就可以把很大的东西组装成很小的东西，而无需将导线绕在周围。

Matties：在你的职业生涯中，最惊讶的是什么？

Rozario：令人惊讶的是，我被选为这个团队的一员。很久以前的那一天，我见到总经理时，我不知道他在说什么。我问其他五个人，“他在说什么？”他们也不知道。“他说的是印制电路，但我们不知道它到底意味着什么。”幸运的是，Paul Eisler 加入了团队，我们开启了印制电路板生产之旅。我记得 Paul 和我们一起工作了约有 1 年的时间。

Johnson：你们投入了多长时间才开始为其他公司生产电路板？

Rozario：第一个客户是英国的无线电行业企业。我们必须说服他们，对他们来说，从导线换成印制电路会更好。如果他们设计电路，那么我们就可以为他们制造印制电路。我们必须去找每一位客户，不断说服他们从已有的制造

其他荣誉：

- 印制电路协会 (Printed Circuit Association) 创始成员，该组织现已更名为电路技术学会 (Institute of Circuit Technology)
- 电路技术学会荣誉会员
- IPC 前任总监 (美国)
- 金属精加工协会 (Metal Finishing Association) 会员
- 董事协会 (Institute of Directors) 会员 (英国)
- 英国皇家艺术学会 (Royal Society of Arts) 会员
- 世界电子电路理事会 (World Electronics Circuits Council) 前任主席
- 电子学会联合会 (Federation of Electronics Institution) 前任主席
- 销售与营销学会 (Sales and Marketing Institute) 会员

方式转变为使用印制电路板。无线电行业是第一个采用电路板的行业；当然，他们的板是非常基本的单面板和双面板。

Johnson：让客户接受这个新理念很难吗？

Rozario：是的，因为他们对任何变化都保持怀疑态度，尤其是印制电路是突如其来的新事物。一旦他们了解印制电路后，也存在很多竞争。因此，有许多小公司属于无证经营。



Rex 与扮演 Harry Epstein 的 Eddie Marsan 聊天，而扮演 Paul McCartney 的演员 Blake Richardson 在他身后调皮地做嘘的手势



扮演主角 Brian Epstein 的 Jacob Fortune-Lloyd (中) 在电影制作过程中与 Rex 会面

Matties：最终你创办了自己的工厂。

Rozario：是的,1968 年，我搬到了英国 Devon 郡，凭着足够的信心创办了自己的制造公司 Graphic Electronics(后来更名为 Graphic PLC，目前仍在运营)。

Matties：你在电子领域做了什么我们现在应该了解的大事吗？

Rozario：没有。我现在已经到了这个年纪了.....我早就应该退休了。

Matties：你不仅对电子产品感兴趣，还参与了伦敦音乐界的早期活动。

Rozario：嗯，你不会相信，真的，我在做印制电路时也有副业。我进入了音乐行业，我的鼓导师叫 Marshall，他是现在世界著名的



厨师 Michael Caines 与 Rex 在米其林餐厅 Lympstone Manor

Marshall 放大器的制造商。我们必须不时推动他开发一种放大器，为我们提供非常稳定的基本声音。

我曾经有过自己的爵士乐俱乐部，大名鼎鼎的 Rolling Stones 乐队会来俱乐部练习。事实上，鼓手 Charlie Watts (我在十几岁的时候就认识 Charlie 了) 一直住在我附近，直到两年前去世。结婚后，我告诉妻子我要放弃音乐，然后我专注于电子行业，我很高兴我做到了。另外，我现在正在参与拍摄一部关于披头士乐队经理 Brian Epstein 的电影，这部电影名为《The Midas Man》。我们刚刚完成了最后几集的拍摄，将于今年晚些时候上映。

我的另一个兴趣是餐馆。我与英国 Devon 郡最好的米其林星级餐厅之一 The Lympstone Manor 合作。餐馆的厨师 Michael

Caines MBE 是英国最著名、最有影响力的厨师之一。周围还有几家餐馆，所以这是我的另一个爱好。

Matties : 对于今天进入电子行业的年轻人，你有什么建议？

Rozario : 机会是无限的。真的，这取决于个人兴趣。我的意思是，现在发生变化的仍然是电子产品，存在如此多的可能性。所以，我通常会说：“持续关注电子产品，即使是最基本的，然后从那里开始。”

Matties :Rex, 此次采访很有收获。感谢分享。

Rozario : 谢谢。PCB007CN

ECWC16论文征集开始了！

ECWC16 ——“第十六届世界电子电路大会”乃每三年一次，于世界不同国家或地区举办的国际瞩目电路板产业盛事。在过去四十年间，世界电子电路理事会 (WECC) 成员轮流举办该大会，而下届大会将由美国 IPC 于 2024 年 4 月 9 日 -2024 年 4 月 11 日在美国安纳海姆举行。为期三天的会议及同期举行的“IPC APEX 2024”一同呈现。ECWC 团队藉此鼓励同业间相互学习，并提供最新的全球电路板需求信息、相关制造流程及技术，以助同业适应不断变化的市场趋势。

中国电子电路行业协会 CPCA 将于 WECC 其它成员一起积极协助美国 IPC 举办 2024 年 ECWC16 大会。本次大会论文主题丰富多样，涵盖了电子电路行业的各个方面，现向全球电



子电路行业征集论文摘要。

日程

2024 年 4 月 9 日 ~2024 年 4 月 11 日

地点

美国安纳海姆会议中心

800 W Katella Ave, Anaheim, CA 92802

主办单位

美国 IPC

更多详细的内容，请[点击这里](#)。

挠性电路技术手册：免费下载



示例页面



目录

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

点击下载

智能手表的健康智能程度

by Henry Crandall

UNIVERSITY OF UTAH

/IPC STUDENT BOARD MEMBER

毫无疑问，智能手表是最先进、最时尚的产品，但关于我们的健康，它到底能告知我们什么？所提供的越来越多的关于佩戴者的数据给实际的医疗保健专业人员留下了深刻印象或有影响力吗？让我们深入分析从起初到未来的手表。

过去

自 15 世纪问世以来，手表经过了漫长的发展历程。当时，它们只不过是戴在脖子上或放在口袋里的微型时钟。直到 16 世纪，一位瑞士钟表制造商才发明了手表，主要供女性作为时尚配饰佩戴。19 世纪末，手表在男性中越来越受欢迎，部分原因是在南非布尔战争期间

士兵使用手表来确定军事行动时间。

在接下来的 1 个世纪里，手表不断创新发展，如电动手表和石英手表；直到 21 世纪，手表才真正变得“智能”。随着蓝牙和触摸屏的出现，手表融入了通知、GPS 和健身跟踪等功能。现在，智能手表不仅仅是一种报时方式，而是戴在手腕上的迷你电脑。那么，经过近 600 年的技术发展，今天的手表有多“智能”？在告知佩戴者健康信息方面，手表有多聪明？

现在

智能手表是健康和健身领域的最新技术创新。这些戴在手腕上的设备具有各种各样的功能，跟踪佩戴者的健康状况比以往任何时候都更容易。工程师们为智能手表设计了传感器，以测量各种指标，从基本的运动跟踪到更先进的生物测定，如心率、血氧水平，甚至心电图。让我们仔细看看一些最常见的传感器。



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

加速度计是智能手表中的重要传感器之一，它可以测量身体移动，并有助于跟踪佩戴者一天中的步数和距离。其他传感器包括陀螺仪，可以测量手腕的旋转；还有磁力计，可以测量地球磁场，帮助确定佩戴者方位。结合这些传感器，手表可以监测佩戴者的运动，无论是走路、跑步还是骑自行车等。

心率监测器是智能手表另一个普遍的功能。这些传感器使用光电容积脉搏波（photoplethysmography，简称 PPG）技术来检测血流变化，从而测量心率。手表上周期性亮起的绿光？这是 PPG 测量。跟踪心率可以让手表估算佩戴者压力水平、燃烧的卡路里和睡眠质量等模式。

血氧传感器在智能手表中也越来越普遍。这些传感器使用脉搏血氧计来测量血液中的血氧饱和度。配备血氧传感器的智能手表可以让佩戴者更好地了解其白天和晚上氧气水平的波动。然后，算法可以利用这些数据来估计佩戴者休息水平，并帮助其避免过度训练。

还有一些更新的功能正在开发中。一些智能手表可以内置温度传感器，用来测量手腕上的皮肤温度。这些传感器可以检测佩戴者的体温变化，主要用于跟踪女性的健康状况。

智能手表也有应用程序和数字解决方案，就像一站式商店一样，可提供智能手表记录的所有健康数据。在这些应用程序中，强大的算法可以结合来自各种传感器的数据，对健康趋势进行深入分析和长期监测。

未来

随着心电图传感器的引入，智能手表开始模糊健康跟踪与医疗级仪器之间的界限。现

在，一些手表可以检测到心律失常或有规律的心跳，并通知佩戴者去看医生。

在成功实现心电图的基础上，智能手表设计师将血压和血糖监测作为下一个主要创新功能，有望为糖尿病和高血压患者提供关键的新工具。也许有一天手表还会分析我们的血液（看看 Theranos 公司的设备），或者告知我们是否感染了新冠。无论哪种方式，智能手表的未来都是如此光明，甚至超过了那些绿色的 PPG 传感器。

然而，佩戴者要切记，智能手表不是医院级设备，科技公司很快注意到，其产品并不是用来进行医学诊断的，一些医生可能会对智能手表的数据嗤之以鼻。但是，这并不意味着这些数据是无用的。

智能手表中健康跟踪功能正在迅速发展。曾经局限于医院或诊所的医疗仪器现在在智能手表中找到了新的用途。这些设备为用户提供了前所未有的健康相关信息，使他们能够对自己的生活方式做出更明智的决定，并在必要时寻求治疗。随着技术的进步，智能手表将成为医生和患者更宝贵的工具，帮助我们过上更幸福、健康的生活。从简陋的怀表到今天的智能手表，必定需要经过很长的发展历程。

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。

如需阅读往期专栏，可[单击此处](#)。

国际电子电路 (华南)展览会

INTERNATIONAL ELECTRONIC CIRCUITS
(SOUTH CHINA) EXHIBITION



2023.11.14-16

深圳国际会展中心(宝安)

Shenzhen World Exhibition & Convention Center (Bao'an)

主办单位 Organizers



承办单位 Event Manager



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

展会联络 Contact Us

Tel: +86-21-54900077 / Fax: +86-21-54904537
E-mail: cpcashow@ying-zhan.com
QQ: 800 055 702
www.cpcashow.com



薄型材料传输挑战

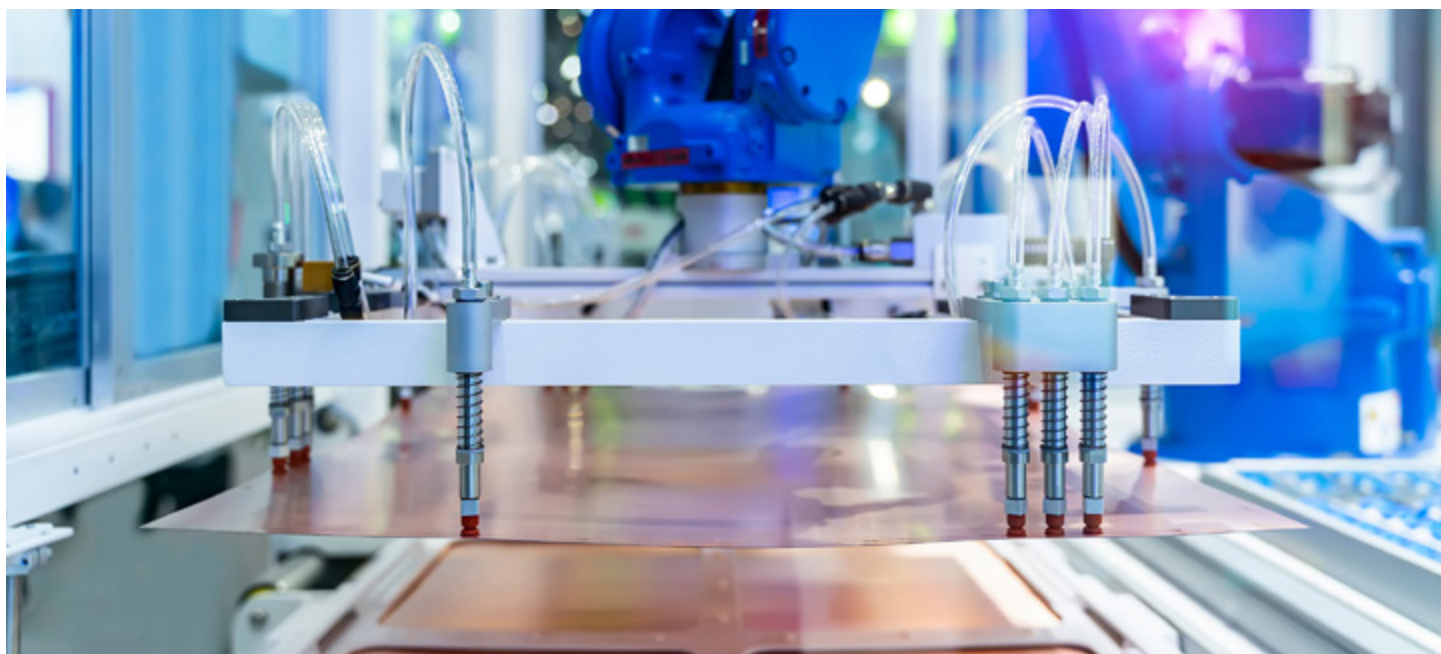
by Christopher Bonsell
CHEMCUT

在湿制程中，薄型材料和基板（厚度 <1 mil）的传输可能是相当棘手的过程。这些材料在制造挠性电路方面至关重要，但这种挠曲性往往会增加新的挑战。这些材料大多容易被损坏，在某些情况下需要训练有素的人员来处理。有人可能会认为，使用传送设备可以很容易地解决这一问题，但事实并非完全如此。通过传送带传输薄型材料在一定程度上有助于这一过程，但一旦进入湿制程阶段——清洗、显影、蚀刻和剥离——如果没有合适的工具或设备，就有出错的风险。

湿制程中的薄型材料传输具有挑战性，因

为要完成传输，传送带需要有开放空间。在 PCB 制造中，所有湿制程的目标都是让液体与产品表面相互作用。大多数情况下，都是通过喷洒来完成的。如果想从 PCB 的顶部和底部进行相互作用，那么必须有间隙，让喷雾通过并到达物体表面。如果传送带是一条简单的扁平传送带，可以使 PCB 平整通过，让产品从传送带的一端到达另一端，但它的底部不会被蚀刻。即使传送带是多孔的，仍然会留下阴影标记，因为在整个过程中，PCB 和传送带之间的接触点将保持不变。传送带底部需要有足够的间隙，还需要改变与板接触的位置。这就是为什么目前的湿制程传送带是这样设计的（图 1）。

进行正常的湿制程需要间隙，会造成一些



点播:免费的 11讲网络研讨会

电子产品的可靠性预测

专家:Graham Naisbitt, Chris Hunt

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

SPONSORED BY



开始观看



图 1：标准湿制程输送带

困难。输送带上的任何间隙都为拐角向下倾斜提供了机会。材料越薄，这种情况发生的可能性就越大，尤其是当药水喷到其顶部时。当这种情况发生时，可能会导致边缘或角折叠或“起皱”。这种情况的发生是因为面板各部分的运动不均匀。一旦发生，会降低板的这一部分向前的速度，而板的其余部分在输送带移动时保持一致的向前速度。

引导带方法

尽管这些复杂状况可能是重大障碍，但它们并不能阻止挠性 PCB 制造商使用湿制程。引导方法已经普遍使用了很多年。有了它，（使用耐化学性胶带）将一块刚性板粘在需要经过湿制程的薄型材料的前缘。这样可确保挠性电路的前缘不会落入间隙中，从而不会形成误差。由于这种下垂问题是薄型材料传输的主要问题，因此该方法倾向于提供一致的结果。尽管如此，大多数挠性电路制造商都希望避免使用引导带，因为施加和移除引导带需要花费人工。这一过程需要时间，而且容易出现人为错误，这会带来面板进一步损坏的可能性。

无引导方法

如果不需要引导带，另一种解决方案必须针对传送带进行设计。通常，解决方案是提供更大的传送带密度，这意味着传送带中的间隙更小，发生错误的可能性更小。主要的缺点是传送带可能会抑制底部的蚀刻速率，因为喷雾更难到达面板。

表面张力是薄型材料无引导传送带来的另一个问题。通常在湿制程设备中，滚筒确保每个湿制程部分的化学药水都包含在其模块内，不会泄漏到其他模块中。有时，对于较薄的材料，面板上的液体会产生足够的表面张力，使面板黏附并包裹在滚筒上。为了避免这种情况，可使用轻型滚筒或减少表面积的滚筒。

结论

如果想放弃使用引导方法，需要了解薄型材料和基板的湿制程，使用专门的设备。虽然专用设备可以帮助传输这些材料，但还不足以保证无错误。尽管存在一些限制，但我预计无引导的薄型材料传输很快就会成为过去式。
PCB007CN



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

工业4.0： 这一步要深思熟虑

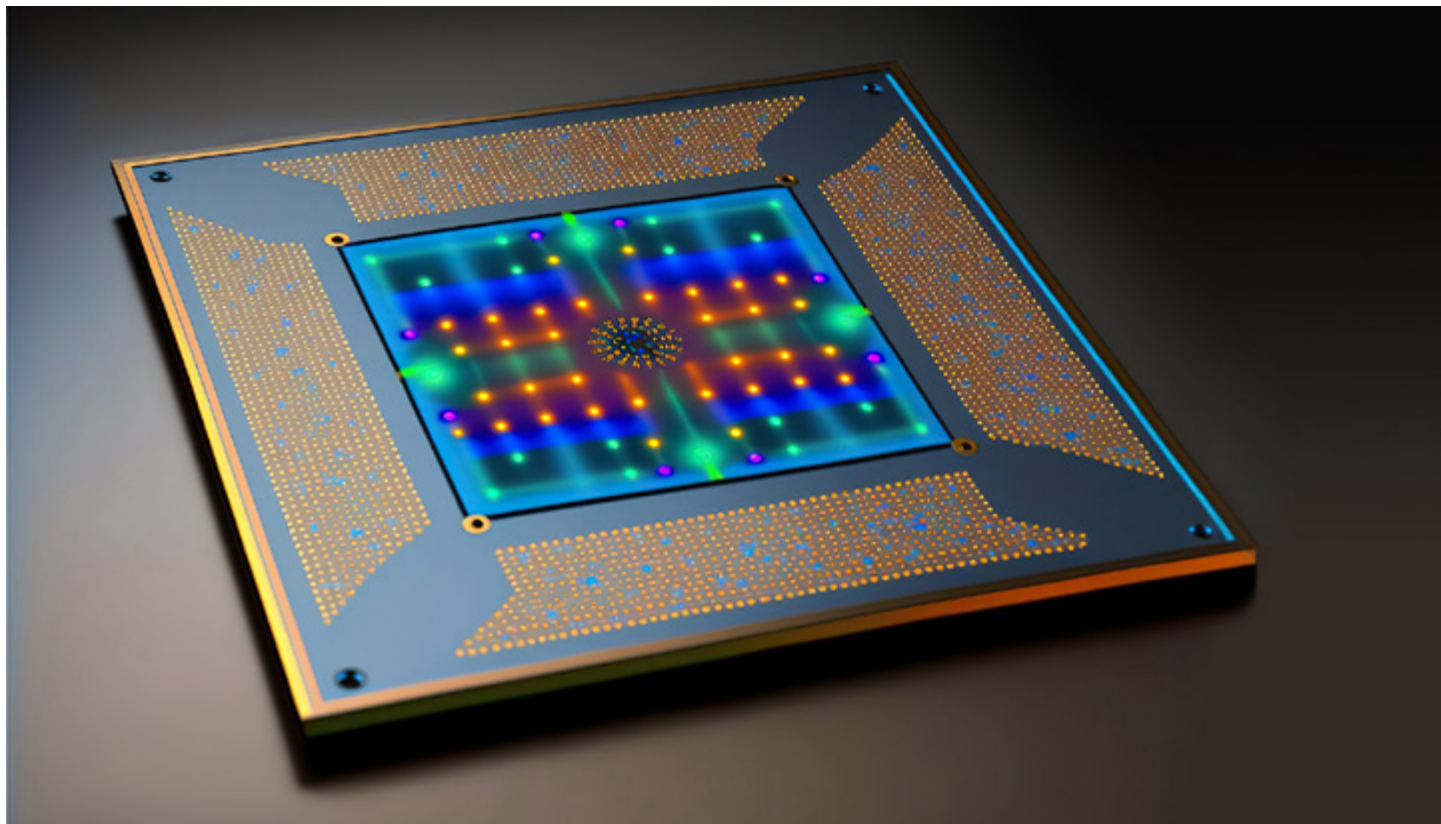
I-Connect007为您带来
西门子Mentor新书
数字时代先进制造



点击或扫码下载



聚焦超高密度互连 (UHDI)



by Nolan Johnson
I-CONNECT007

尽管 John Johnson 在 American Standard Circuits (ASC) 公司是新人，但他对这项技术绝对不陌生。事实上，他受聘后的主要职责是超高密度互连的业务开发。John 详细介绍了超高密度互连工艺以及 ASC 的发展方向。

Nolan Johnson : John, 你如何定义超高密度?

John Johnson : 我把它定义为小于 4 mil 的

超细走线、小微孔；层数可以根据需要而变化；有叠层微孔，可以叠层 4 层及以上的任意层。

Nolan Johnson : ASC 公司的 UHDI 技术路线图是什么?公司已经具备了什么水平, 还需要什么技术?客户的需求是什么?

John Johnson : 约一年半前, ASC 公司成为 Averatek 技术 (即 A-SAP™ 工艺) 的授权商。在此期间, ASC 一直在加速实施技术、关注业务、寻找商业机会。

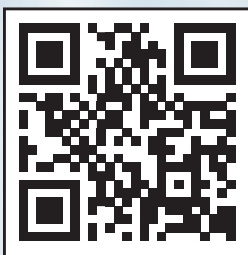
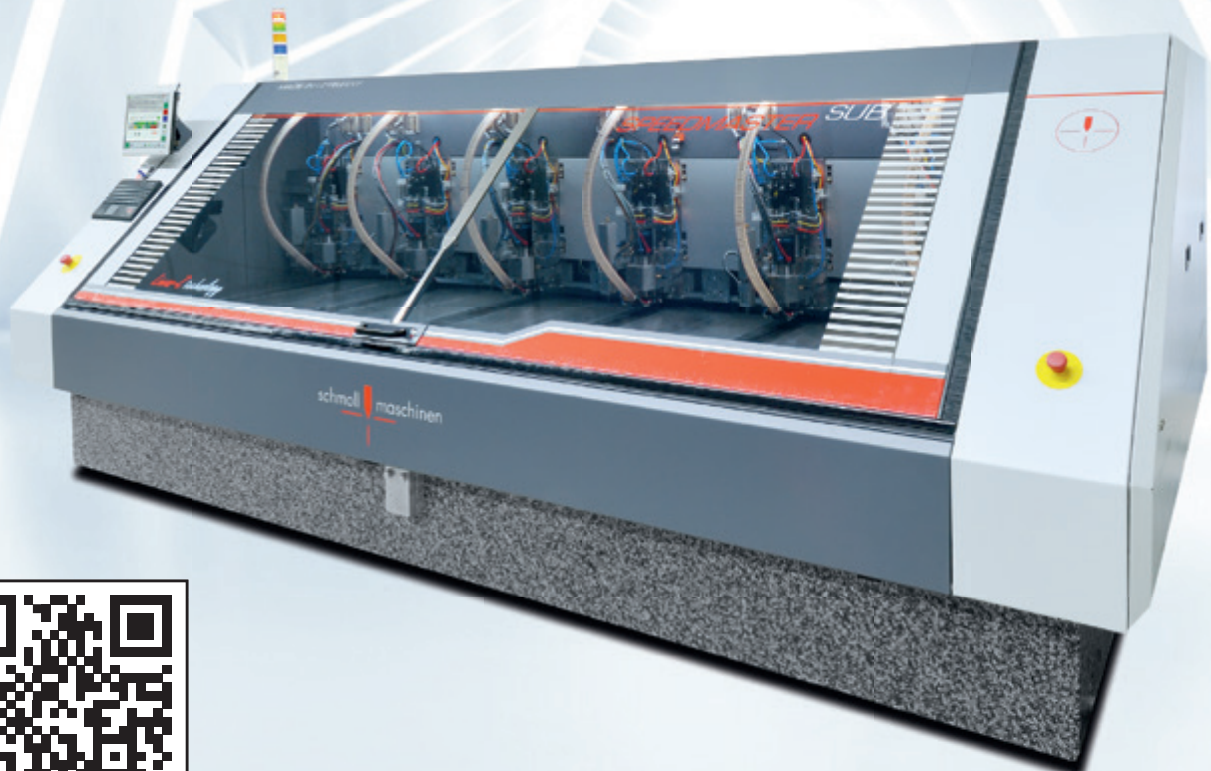
在加入 ASC 之前, 我曾在 Averatek 工



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





John Johnson

作，并在该方面拥有多年的经验；我主要负责 PCB 制造。当我来到 ASC 时，很自然地将该工艺提升到了新的高度。我们目前承接了大量的测试载体、样品，以及商业订单，都是需求较小的快板项目。

我们正在考虑添加超细导通孔工艺能力，目前已经具备直径 4 mil 贯穿孔铜填充能力。

对于激光钻孔,ASC 一直是外包，但随着深入研究，发现拥有自己的激光钻孔设备是有益的，所以订购了一台全新的激光钻孔设备。现在我们资金充足，已经利用真空蚀刻技术更新了剥离 / 蚀刻 / 剥离生产线 (strip/etch/strip line，简称 SES) 和内层蚀刻 / 剥离生产线。

Nolan Johnson：在所有这些变化中，哪些

变化与 UHDI 直接相关？加成法工艺对于通过激光钻孔获得这些尺寸至关重要。哪些设备是支持实现 UHDI 所必需的？

John Johnson：从某种意义上说，它们都是实现目标所必需的。我们已经进入了嵌入式电容器和电阻领域。在 Ticer 材料和 OhmegaPly® 材料方面，我们一直在与 Quantic 的员工密切合作。

所有这些都必须结合在一起，因为超 HDI 需要具备多种因素。我们使用的 Avertatek 工艺是实现超细线条的基础。但是如果没有超细导通孔，就无法实现精细走线。我们已经为微孔增加了铜填充能力，并且一直在升级电镀走线。我们正在转向使用特殊光亮剂的不溶性阳极技术，以更好地控制从表面到导通孔的电镀分布；有很多成品都是超高 HDI 的。

Nolan Johnson：你提到了嵌入式组件。你是否发现这种设计决策与 UHDI 密切相关？

John Johnson：这项技术从 20 世纪 80 年代开始就存在，不一定是我们今天描述的超高 HDI 的一部分，但在过去的日子里，它是一个非常高密度的 PCB。它对于未来 PCB 的发展也有推动作用。

Nolan Johnson：你是否发现埋嵌技术的实施比例越来越高？

John Johnson：PCB 变得越来越小，把那些元器件从表面移出并放在 PCB 内层，是很自然的事情。

Nolan Johnson：这是节省空间的主要方法。

John Johnson：是的。现在有很多公司对封装基板感兴趣，这只不过是超高密度技术；我们也在关注这方面的业务。

Nolan Johnson：我们都知道 UHDI 在航空航天和国防领域有很大的价值，但贵公司的 UHDI 并不一定始终属于这些领域。你们专注于哪些非国防领域？

John Johnson：实际上是所有领域。我们正在与国防部客户合作，且在某些案例中，他们正在研究所需的新设计。从本质上讲，更精细间距的元器件才是真正的推动力。

如果审视 0.5 毫米的 BGA，客户很难布线这类元器件，需要用 2 mil 或更细的线宽 / 线距。

然而，0.5 毫米不会存在太久，未来会降到 0.35 毫米和 0.3 毫米。这将使行业难于应对，因为必须有更精细的线宽 / 线距。然后当可靠性成为制约因素时，只能制造某类叠层微孔。当你从这些方面考虑时，军队将需要 UHDI；他们无法在海外获得这项技术，所以这是我们在美国最大的市场。

同样的需求也存在于公司的芯片级封装基板业务，但也有其他应用，例如半导体测试。

医学领域是一个巨大的应用。A-SAP™ 技术的一大亮点是允许使用铜和镍以外的材料。例如你可以在挠性表面用黄金制造电路。你可以拥有具有生物相容性的产品。这是我们目前正在研究的一个有趣的市场。

Nolan Johnson：说到市场，你发现是客户

在找你，还是你在积极进行市场营销以宣传公司的技术能力？提供这种服务的市场营销动力是什么？

John Johnson：目前的状况是，销售团队一直在积极推动工作，客户也看到了 ASC 的营销。Averatek 也一直在积极为我们寻找客户。这一切都在同时进行，使得我们非常忙碌。

目前的状况是，销售团队一直在积极推动工作，客户也看到了 ASC 的营销。

Nolan Johnson：还有其他公司具备 UHDI 技术生产能力吗？

John Johnson：的确，我们拥有一些其他公司不具备的专长。不过还有其他 A-SAP 技术的授权商，他们都是很棒的工厂。他们有自己的技术能力，也专注于如何在运营中实现超高密度互连。

我们相信，ASC 拥有 UHDI 所需的各种技术；不仅可以将其融入刚性 PCB，还可以融入刚挠结合和挠性 PCB。这种专长很有助于公司的发展。

我们已经研究了超薄铜箔，ASC 已经拥有这种材料，但我认为我们看到 UHDI 技术会发展到远低于 25 微米线宽 / 线距；封装基板要求 15 微米，相当严格。所以如果想实现 UHDI 技术，仅仅使用超薄铜箔会让公司很难进入这个领域。

Nolan Johnson : UHDI 会改变 CAM 流程吗? 对于超 HDI 来说, 如果想得实现 UHDI 的设计数据, CAM 流程、与客户的交互的变化有多重要?

John Johnson : 在混合现有的设计工具方面, 他们需要考虑设计规则的变化。显然填充了微孔, 镀覆了焊盘上的导通孔。完成了所有这些工作, 当把它们放在 PCB 表面时, 需要多次向上镀。在板外部超高密度的情况下, 这些多次向上镀不能很好地发挥作用。

他们必须考虑把它放在第一层, 或者放在封装中。可以在没有任何问题的情况下从外部进行, 只要没有多次向上镀。

仍可以通过多次向上镀来生产, 但成本会急剧上升, 控制良率变得更加困难。这就是我们建议客户去做的——从这个角度看问题。

他们还需要考虑其他一些事情, 比如阻焊膜和表面涂层概念; 必须使用阻焊膜界定的焊盘, 而不是铜特征界定的焊盘。这些都是在确定表面涂层时必须考虑的事情。

Nolan Johnson : 听起来, UHDI 作品销售的最佳方式是在设计之初就参与进来。

John Johnson : 绝对是。无论如何, 我们喜欢这样对待客户。如今, 任何试图制造高密度 PCB 的制造工厂都需要与客户的设计团队密切合作, 帮助指导他们完成这一过程。这对双方来说都容易得多, 从长远来看, PCB 的成本效益也会更高。

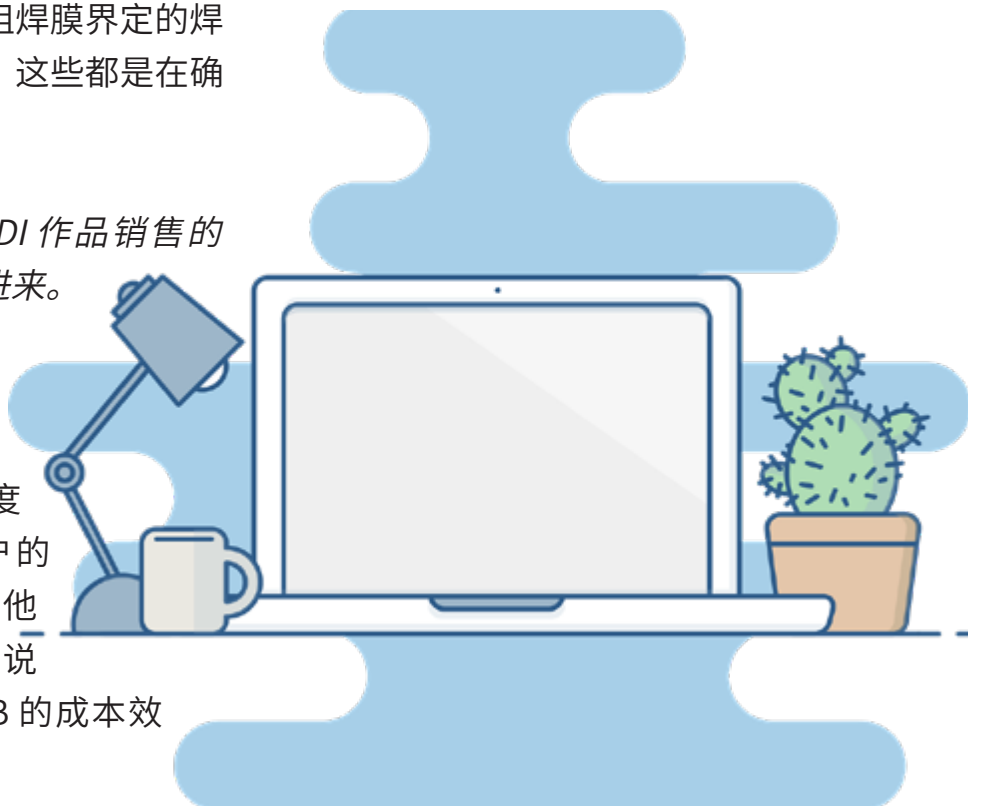
Nolan Johnson : 你认为 ASC 的未来是载板吗? 这是你们想要的发展方向吗?

John Johnson : 是的。我们在这个领域进行了一些测试, 美国市场无法满足封装载板的需求——市场需求太大了。亚洲将永远拥有这个市场。但在某些领域, 知识产权安全成为了一个令人担忧的问题, 以国防为导向, 需要美国本土的资源, 或者至少在北美。从这个角度来看, 这确实是我们封装基板市场上的用武之地。

Nolan Johnson : 你们距离可以生产封装基板还有多远?

John Johnson : 我们已经制造一些样品了。

Nolan Johnson : 公司是否需要为 UHDI 工



作招聘具备新技能的员工，或者将现有员工转移到该领域？

John Johnson：我们正在转移员工至该领域。但是，A-SAP™背后的技术已经在行业中存在一段时间了。生产超细走线需要满足准则，配合搬运及特殊工艺技术。但是一旦拥有了这些必要条件，就可以找到员工来培训他们，也可以引入现有 PCB 员工。我最近找了两位专业人士和我一起工作，一切进展得很顺利。

Nolan Johnson：提供 Avertech 工艺，使其能够向 UHDI 方向发展，对每块 PCB 的成本指标有何影响？许多 PCB 工厂发现自己的利润率被压缩到个位数，定价非常低。

John Johnson：如果你以过去 30 年同样心态，就会犯错误，因为这种心态必然会导致失败教训。不能放弃超高密度互连技术，否则就会影响公司未来的发展。在某种程度上，我们需要拥有可以赚钱的技术和市场。

北美 PCB 公司需要做更多的研发，需要可盈利的业务来资助研发。超高密度互连就是需要研发的技术之一。如果我们现在放弃，我们还能得到什么？什么都得不到。我们必须对超高密度互连技术收取更高的费用。

Nolan Johnson：最后还有什么想要补充的内容吗？

John Johnson：除超 HDI 外，ASC 还拥有非常令人兴奋的技术能力。我们正在构建 4 层 PCB 和很多金属载体 PCB，产品范围包括多层挠性 PCB、刚挠结合板等。

我经营自己的公司已经很多年了，当时我们有很多很好的技术，但现在的技术更好了。从这个角度来看，能够进入超 HDI 或超高密度互连领域要容易得多。

Nolan Johnson：你认为你们什么时候会开始全面生产？

John Johnson：很快就会开始，因为需求已经存在，我们需要满足需求。到第二季度，ASC 可能会进入小批量生产阶段，因为公司实际上拥有正在进行超 HDI 项目的客户。随着客户的增长，我们会即将进入更大批量的生产阶段。这一切都很有意义。

Nolan Johnson：结尾很精彩。谢谢你，John。

John Johnson：我的荣幸。PCB007CN





材料规格单及材料选择

by the I-Connect007 Editorial team

最近, I-Connect007 开展了一项针对 PCB 设计师的调查, 约三分之一的受访者表示, 他们会查阅 IPC 称之为的材料规格单, 如 IPC-4101/126, 其中包含了有关 PCB 材料的各种信息。但许多设计师表示, 这些规格单中未囊括足够的信息。有些设计要求制造商选择材料, 还有一些设计师说: “这是射频 PCB, 我总是使用供应商 X 的射频材料。” 选择 PCB 材料的最佳流程是什么?

Doug Sober 在 1996 年开发了 IPC-4101《刚性及多层印制板用基材规范》的第一份材

料规格单, 我们邀请他介绍了规格单, 材料规格单是什么, 其中不包括什么信息, 以及为什么 PCB 设计师可能会通过专门为设计师开发的 IPC 材料指南而受益。

Andy Shaughnessy : Doug, 可以先谈谈你为 IPC 开发的材料规格单所做的工作吗?

Doug Sober : 1978 年, 我开始在 General Electric 公司从事层压和半固化片业务, 1980 年被派去参加我的第一次 IPC 会议。我立即参与了与层压板、半固化片、铜箔、玻璃织物、树脂涂层箔等规范任务组的工作。我们开

BGA/PLP的最终外观检测和3D量测



ICOS™ T3/T7/T890

- 6面外观检测和3D量测可涵盖业界最大范围切割后的IC载板
- 整合高分辨率缺陷检测和翘曲量测功能于一个系统中
- 机器学习功能能够降低废品率，优化良率
- 适用于大量产的高速自动分拣和托盘移动
- 最优的设备综合效率/自动化就绪/易升级

ICS/PLP的2D和3D量测

Zeta™ -6xx Series

- 整合多种量测功能于一个系统，适用于IC载板制造
- 多达四种不同功能模块组合让量测方式更加灵活
- 具备对介电层材料进行非破坏性的厚度量测技术
- 广泛适用于各种面板尺寸
- 支持自动和手动上板





Doug Sober

发的第一份标准是 IPC-4101，但它并不是凭空产生的。有一份来自军方的标准——MIL-S-13949H，它规定了对基材的要求。这些要求涉及物理，如弯曲强度和剥离强度，Dk 和 Df 等电气要求，Tg 和浮焊等热学要求，以及如吸湿性和抗霉等环境要求。IPC-4101 全部完成后，包含了各种类型的简单 FR-4 和聚酰亚胺基材的规格单。

军方有这些规格单，描述了特定的基材。作为层压板和半固化片生产商，必须使产品符合规格单的要求。例如，对应规格单 21，需要一系列实验室测试证明产品符合要求。然后，军方的国防电子供应中心（military - Defense Electronics Supply Center，简称 DESC）将在其合格产品清单（Qualified Product List，简称 QPL）上按商业名称列出

我们公司的产品。例如，Westinghouse 公司的 FR-4 产品 65M38，列在规格单 21 的 QPL 中。DESC 的 Lowell Sherman 或 Dave Corbett 每年会审核每家基材供应商。3-11 小组委员会创建 IPC-4101 时，以 MIL-S-13949 为基础，原因是我们希望 IPC-4101 得到军方的认可，使用 IPC-4101 代替原有标准。1996 年，Dave Bergman 与军方高层谈判后，启动 IPC-4101，停止使用 MIL-S-13949。

在 IPC-4101 中，简单的 FR-4 也符合规格单 21 的要求。它的名称与 MIL-S-1394 中相同，即 IPC-4101/21。这就是行业为何将每个规格单称为“斜线”表 /24/99/126 的原因。但是，我们所说的斜线表从来都不是设计指南，只是对基材提出最低要求，这样每种材料都可以买卖。每个规格单的标题部分都有一些通用的化学共性，还有其他描述性的词语。例如，IPC-4101/21 表明没有填料的“大多数环氧树脂”，编织玻纤增强和 Tg 最小。

所以，当听到“对于斜线表，设计师很难决定使用什么材料”时，切记这不是它的初衷。一旦设计师有了他们想要的产品特性，就会通过采购部门进行采购。可互换使用术语“斜线表”和“规格单”。

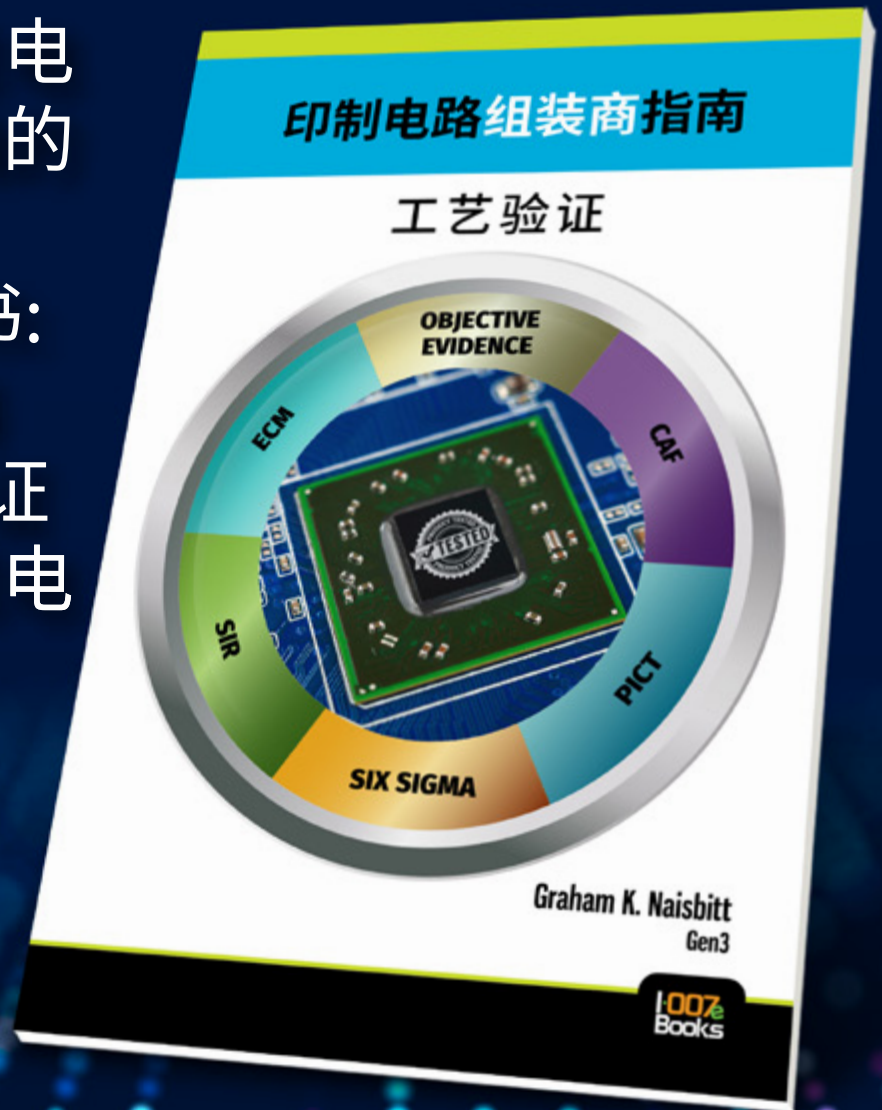
对于像 4101/126 这样的规格单，有 10—20 个不同的拥有适合其要求的层压板和半固化片供应商，能够采购到这些材料，合理地相互替代。

现在，由于我们有这么多低 Dk、低 Df 和超高 Tg 材料，我认为是时候为 4101 的刚性材料制定设计指南了。这是我审视 3-11 分委员会自 1996 年以来所做工作的思考过程。我们已经发布了很多带有规格单的基材规范，但我们应该开发帮助设计师的设计指南。目前有

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

挠性印制板和高速 / 高频印制板设计指南，也应该开发标准刚性板的设计指南。

这个理念将是非常好的项目：组建由 6—8 名设计师和基材专家组成的 Tiger Team 团队，使用其他设计指南的作为模式，我们可以很容易地为这些材料开发设计指南。

Shaughnessy：难道设计师就不了解 IPC 设计指南吗？缺失环节在何处？

Sober：设计师们谈论的是高速和高速，所以他们在寻找低 Dk 和低 Df。我们有最小值，或者在 Dk 和 Df 的情况下，这些属性有最大值。对于 10GHz 的 Dk，最大值可以是 0.008，但设计者可能想要小于这个值。他们想要性能更好的基材，但有时他们找不到符合其需求的规格单。

供应商的数据表是他们可以找到想要的实际 Dk 和 Df 的资源，因为供应商的数据表“应该”是采购材料时得到的典型值。

如果设计师在规划时使用数据表，他们可以在这些数据表的底部找到适用的规格单。每家基材供应商都把它们放在那里。合格证书规定必须参考此规格单。

如果 4101 标准太繁琐而无法处理，那么设计师就可以在那里找到这些数据。但作为行

业专家，我们最好开发一份设计指南，列出适合应用的不同类型材料和规格单，例如，“对于高速路由器，使用斜线表 X、Y 或 Z。”有了 Tiger Team 小组，他们可以很容易地提出这些要求。

Shaughnessy：更新斜线表的流程是什么？

Sober：很简单，与我们在 4101 中添加任何内容的流程相同。有人说，“我想添加一份新的斜线表”，主席将其列入议程。新数据表的

提案人来参加 3-11A 会议，将其挂在墙上，进行讨论，并为其提出标题名。在后续会议中，我们投票决定是否应将其纳入 IPC-4101 修订版。在这个流程中，也可能会收到一些行业修改建议。例如，如果有人

想包括需要断裂韧性或抗 CAF 作为要求，他们可以做演示文件。提案人必须推动新的斜线表，并说明他们认为其对行业很重要的原因。

Shaughnessy：斜线表主要是用来采购吗？

Sober：是的，它们是为采购部门和客户服务部门设计的，让他们可以轻松反复订购。



Shaughnessy：听起来前进的道路在于为材料设计师开发特定的指南，而不是修改斜线表。

Sober：我认为该小组不会允许在每个规格单中列出目标应用领域。所以反过来，如果我们有设计指南，我们会说，“对于 5G 路由器，这些是最有可能采用的斜线表”。如果正在尝试为汽车应用提供高 CAF 阻抗，可以列出最适合这些应用的规格单。

Matties：关于清单和规格单，也会包括材料供应商吗？

Sober：是的，你可以这样做。但 IPC 的规则是不列出任何供应商的名字。我也认为标准中不应该列出供应商的名称。

我可能会通过 IPC Works 发布一份调查报告，其中的调查问题有：“我们希望开发一份设计指南来帮助设计师使用 4101 材料。你认为这是个好主意吗？你愿意参与吗？”基于此，IPC 可以为设计指南创建另一个任务组。我仍想为业界贡献自己的微薄之力，仍然对新理念和新事物感兴趣。

我们需要一些设计师将他们的知识运用到设计指南开发中，他们可能来自不同的领域，比如汽车设计师、电信设计师和航空航天设计师。Denny Fritz 的书中有一章关于设计的内容，他让我审核关于基材的章节。Gary Ferrari 也做了同样的事情，其他一些人也做了。我们只需要汇集这些知识，并将其整合成为典型的 IPC 标准。

Shaughnessy：Doug，一些读者指定了材料，

但另一些读者去找他们的制造商说，“你认为我们应该使用什么材料？”选择材料的最佳方法是什么？

Sober：很简单。如果购买的是高速、高频材料，是由 OEM 驱动的。在材料的高频端，没有可互换的材料。每个 OEM 都必须测试材料，以确保其在应用中有效，然后他们会特别告诉 PCB 制造商必须购买 AGC 公司的 A、B、C 材料。它永远不会给出规格单。销售这些高速和高频材料的公司会直接联系 OEM，跳过中间的所有环节，然后制造商被迫购买清单上的产品，不可进行修改。

如果购买的是高速、高频材料，是由 OEM 驱动的。在材料的高频端，没有可互换的材料。

在低端，制造商会告诉 OEM，“这是你们的设计，这是我们最喜欢的半固化片和层压产品。”所以，他们把它列入了清单。在目前的市场上，有更多的采购是基于供应商的确切规格，而不是 4101 或 4103 包含的通用规格单。

对于中低端产品，OEM 会问 PCB 制造商，“在这个范围内，你们最喜欢的材料是什么？”有时他们会说，“你告诉我们必须用这种材料来制造，而且这种材料很有效，会为我们进行材料测试吗？”这就是如何采用一些更中端材料的方式，但高端产品都是由 OEM 指定的，一直延伸到 PCB 制造商。

Shaughnessy：我在看 4101/126，其中有很多关于材料的信息。设计师需要更多信息吗？

Sober：是的。信息从斜线表的标题开始，其描述了增强材料的化学成分和类型，可能是玻纤或 Kevlar。它还描述材料是溴化阻燃还是无卤，这对设计师来说很重要。有些人关心填料和玻璃化转变范围，这些也列在标题中。然后按顺序列出的项目是：剥离强度、体积电阻率、表面电阻率、吸湿性、介电击穿、Dk、Df、高温下的弯曲强度，最后一项是耐电弧性。

现在，也许我们可以说，例如，134、126、150 和 130 都非常适合制造低端服务器，并在设计指南中列出这些规格单。我们也可以列出适合航空航天、汽车或任何终端应用的规格单。

Happy Holden：当着眼于设计师的需求时，会发现 IPC 的标准一直是为 OEM、制造商和供应商而开发的。但在设计领域一直较弱，所以开发设计指南来简化设计会有助于设计师和 PCB 行业，尤其是在更广阔的市场中有这么多新人的情况下。我们谈论汽车是有原因的：因为电动汽车领域，每年将制造 8000 万至 1 亿块额外的电路板。

PCB 行业随着发展而变得越来越复杂。做出极佳的设计很难，因为适用于航空航天和高速的标准可能并不适用于汽车，汽车强调更高



的可靠性、高电流和高电压。

Matties：在材料选择方面，设计师应该把注意力转向哪里？Doug，最重要的指标是什么？

Sober：在如今的行业，每个人都注重 10GHz 的 Df。如果我正在做决策树，并且正在设计一些与低频天线有关的新产品，最多的就是 Dk 与这些要求相关。它涉及到一些可靠性因素，如 Z 轴膨胀和 Td，分解温度，然后扩展到玻璃化转变温度。

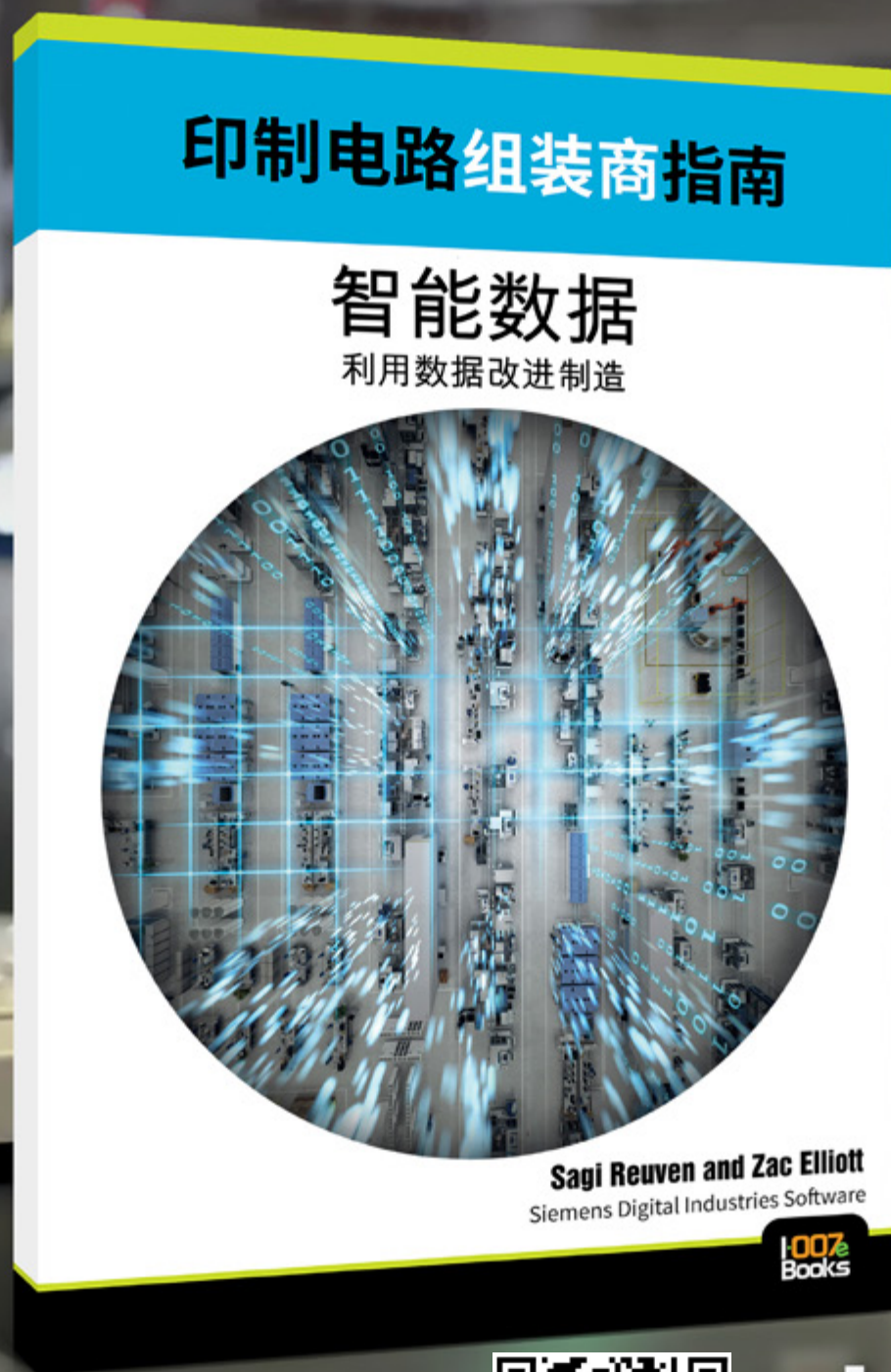
但几乎可以根据目前看到的低 Df 材料构建决策树。从 Dk 和 Df 开始，然后是热可靠性特性，包括 Tg，接着是剥离强度和 CAF 阻抗。这些似乎是关键因素。

Matties：Doug，非常感谢你。

Sober：谢谢。PCB007CN

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

精准选择介质材料

by Barry Olney

IN-CIRCUIT DESIGN PTY LTD / AUSTRALIA

过去，为制造 PCB 选择材料时，一律都使用 FR-4，无需多想。因为之前使用的时钟频率较低，信号的上升时间较慢，所以基板性能并不会造成问题。如今设计使用的频率动辄就是数千兆比特，上升速度极快且时间余量极少，所以精准选择材料就成了决定产品性能表现的关键。人们对选择材料流程的把控也就随之更加严苛。曾经用于制造多层 PCB 的材料会吸收高频并降低边缘速率，于是成为造成信号完整性问题的主要原因。但是，并不是所有人都在设计走在技术前沿的 PCB，有时我们往往会过度指定对产品的要求，可能导致生产成本上升。

多年来，行业已经开发出了大量用于制造多层 PCB 的材料。在 iCD 的介质材料库中，现在已有来自 60 多家不同制造商生产的 700

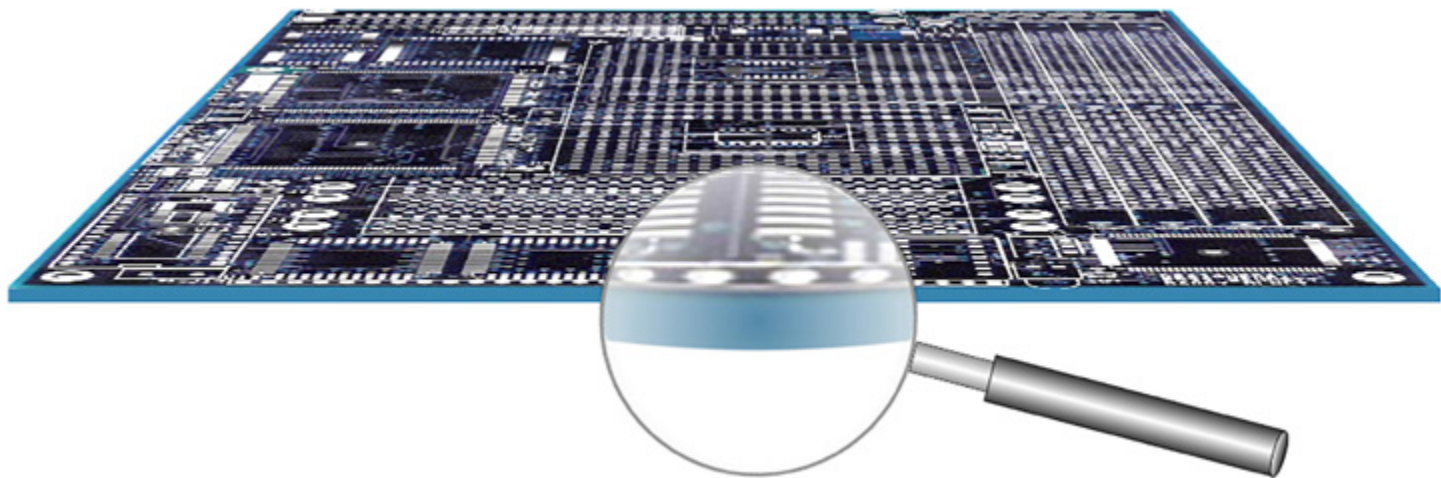
多种介质刚性 / 挠性材料可供选择。如果每个目标应用都使用了适当的材料，就可以在满足项目的设计和性能目标的同时，用最低可能的成本制造出想要的 PCB。

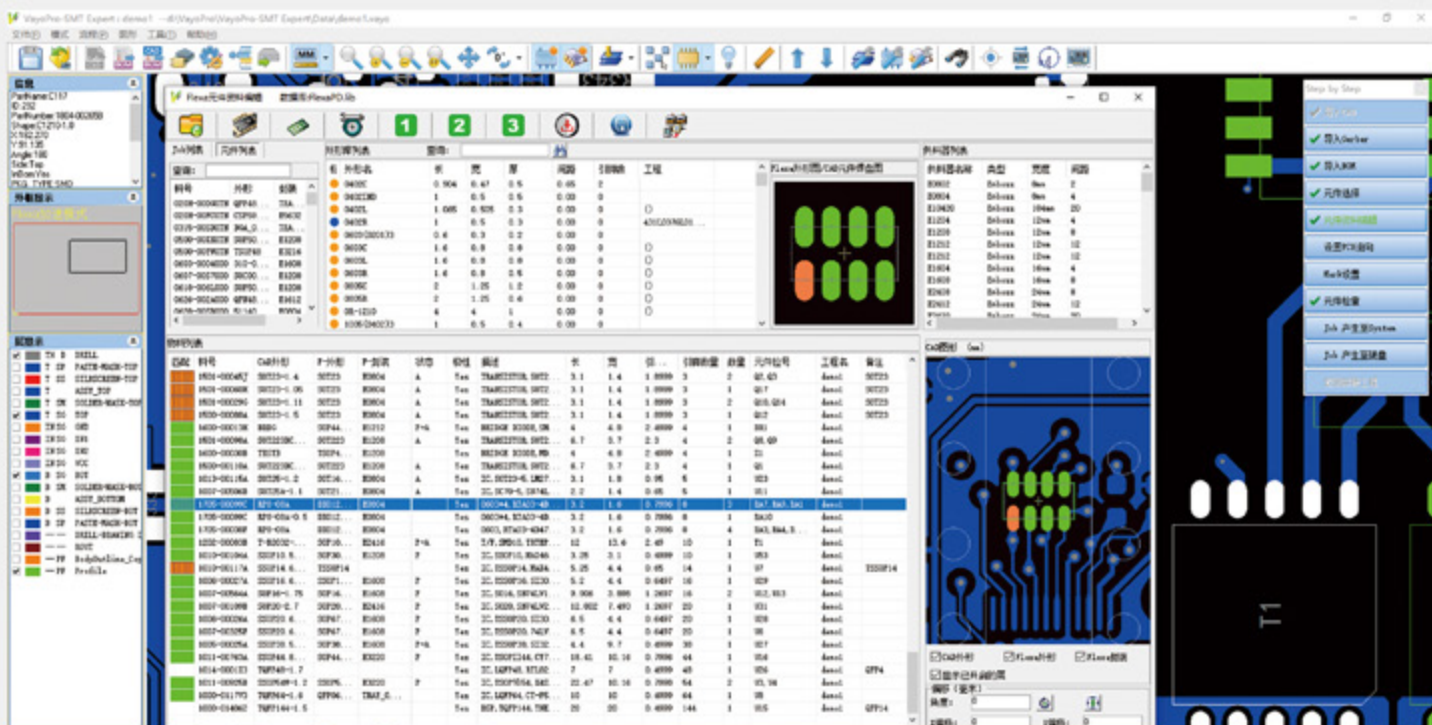
电磁能可以在真空或空气中以光速传播。但随着磁场被包封在 PCB 媒质中的介质材料内，电磁能的传播速度会放缓。当电磁能在周围的介质材料中传播时，PCB 中的信号线只是用来引导波。信号搭乘在这个载波上。决定电磁能传播速率（v）的是介质材料：

$$v = \frac{c}{\sqrt{Dk}}$$

c 表示（自由空间内）光的传播速度，Dk 表示材料的介电常数（FR-4 的介电常数约为 4.0）。空气的 Dk 值是 1。因此，电磁能在 FR-4 中的传播速率大约是光速的一半，也就是每纳秒 6 英寸。

介质材料的电气特性可以用两个术语描





用智能技术改变编程方式 将数小时或数天的SMT程序制作时间缩短至数十分钟

5大专利技术极大提升编程效率

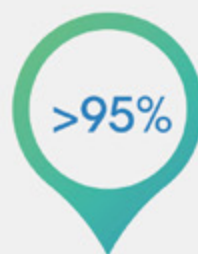
双向数据交换 | 智能校正角度/极性 | 智能拼板
智能匹配元器件库 | 智能创建元器件库

不同平台程序互转缩短转线时间

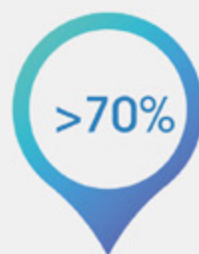
SMT Expert 支持不同SMT产线或设备间的快速程序转换，从而帮助大幅缩短产品转线时间。

智能生成装配图纸及上料表

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



降低错误几率



缩短编程周期

提升程序准确性，降低商业风险

缩短SMT编程时间，提升工作效率

简化设备编程过程，降低人员要求

增加NPI应对能力，加速打样/试产

软件咨询/试用

021-61182128

license@vayoinfo.com



述：

- 介电常数 (Dk) 或相对电容率 (Er) 表示在所施加电压下，贮存在材料中的电磁能 (与贮存在真空中的电磁能) 之比。这一术语表示了材料如何增加电容以及如何减慢电磁能在材料中的传播速率。
- 损耗因数 (Df) 或者介电损耗 / 损耗角正切值 ($\tan \delta$) 是介质材料的参数，表示材料自身的电磁能耗散值。

介电常数和介电损耗不是传输线几何形状的函数，而是在给定频率下，PCB 叠层中传播信号的介质材料的函数。这些机制会导致因频率产生损耗，且会降低信号速度。阻抗不连续和介质材料损耗会影响到在媒介中传播并被接收端接收的信号质量。PCB 常用的玻璃环氧树脂材料 (FR-4) 在频率低于 1 GHz 的数字应用中，其损耗可以忽略不计。但在较高频率下，其损耗就会引起严重问题。

如果信号的上升 / 下降时间较短，电磁波就需要以更快的速度传播，为了实现这一目标，Dk 值需要足够低。如果在电场中使用的材料具有较高的介电常数，那么在给定体积的介质内电场强度就会显著降低。因此高速设计最好使用低 Dk 值的材料。相反，高 Dk 值的材料非常适用于紧缩电场，将其置于平面之间可增加平面电容。

高效的介质材料可在最小程度地产生热量损耗的前提下支持不同电荷的传输。介质中产生能量损耗的形式有两种：

- 导电损耗指的是电荷在流经材料的过程中产生的能量损耗。
- 介电损耗是指电荷在交变电磁场中随着正负两极切换方向而运动所耗散的能量。

在极化机制产生的谐振频率附近，介电损耗值特别高，因为极化滞后于施加的电场，导致电场与介质极化之间的相互作用，从而导致散热 (图 1)。

但也要考虑到温度因素的影响。最重要的因素就是玻璃转化温度 (T_g)，即固态玻璃开始转变成非晶态树脂 / 环氧树脂的温度。如果回流焊温度长时间超过 T_g ，材料在 Z 轴上就会迅速膨胀，同时材料机械性能也会迅速衰减，也就是说材料内的强度和键合程度都会减弱。高 T_g 值保证了材料不会在回流焊过程中出现孔壁开裂和焊盘破裂的情况。标准 FR-4

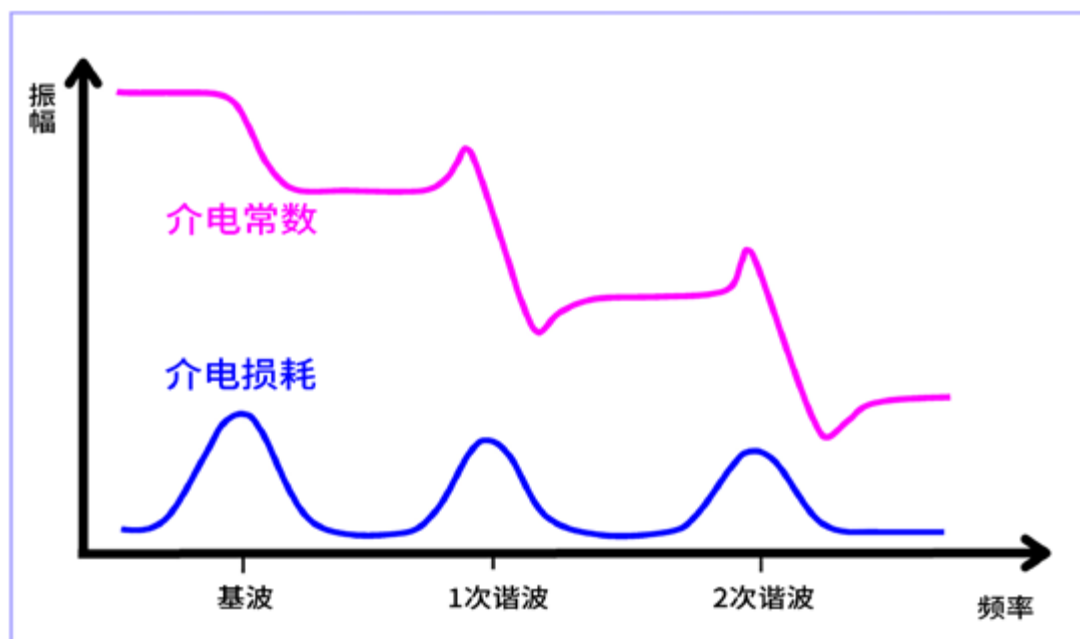


图 1：介电常数和介电损耗与谐振频率的对比

曲线	位率 (Gbps)	频率 (GHz)	耗散因子 (Df)
超低损耗	≥ 50	≤ 25	≤ 0.005
低损耗	25~50	12.5~25	0.005~0.010
中损耗	10~25	5~12.5	0.010~0.015
标准损耗	2~10	1~5	0.015~0.02
基本 FR-4	≤ 2	≤ 1	≥ 0.02

表 1：损耗曲线范围

的 Tg 是 135~170°C，而高速材料的 Tg 通常要高于 200°C。

分解温度 (Td) 是指材料开始发生化学分解的温度。超过了这一温度，材料便再也无法恢复到原样。大多数材料的 Td 是 320°C，所

以不成问题。热膨胀系数 (coefficient of thermal expansion, 简称 CTE) 表示材料随着温度升高在 Z 轴上的膨胀速率。CTE 应尽可能保持在较低水平 (<70 ppm)。还需要考虑材料的许多其他性能，而材料制造商清楚地了解针对高速设计的材料组合。好在具有低 Dk 值的材料同时具有较低的 Df、

较高的 Tg 和 Td，正是高速设计所需的性能。所以只需要考虑 Dk 和 Df 值就可以选择到大致适当的材料。

要从这么多材料中进行选择，哪种材料最适合某一具体产品？低成本通常也意味着低质

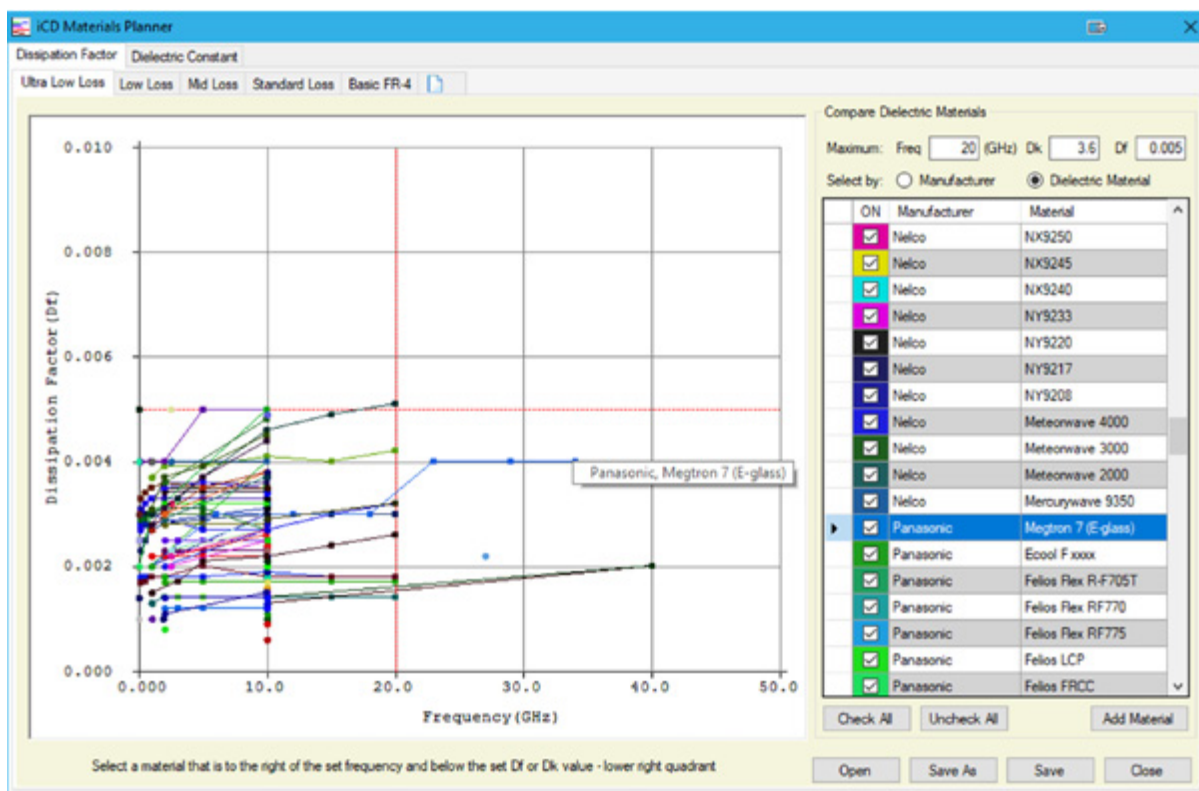


图 2：超低损耗介质材料的损耗曲线（来源：iCD Materials Planner）

量。但是低良率带来的代价也会导致最终的材料成本上升。介质材料的选择通常取决于数字信号的频率和上升时间，高频应用最适合使用损耗值较低的材料。这类材料通常具有较低的介电常数，所以信号传播速率也会更快。表 1 给出了介质材料的损耗曲线范围。

图 2 展示了 $Df < 0.005$ 的介质材料损耗值曲线。如表 1 所示，iCD materials planner 中有 5 条默认曲线，展示了从基本的 FR-4 到超低损耗材料的损耗值。基于这个表格，设计师可以根据频率、损耗因数（损耗）和介电常数来对比介质材料。

另一个问题是，对于不同的制造商而言，本土与境外可获取的材料也有所不同。一般来讲，样品板都是在本地生产加工，对于批量生产，在亚洲制造 PCB 是更经济的选择。可以设定 PCB 制造商整个材料、工厂库存概况，便

于对比不同工厂。

图 3 展示了某家亚洲制造商介质材料的损耗性能。设计师可以从有库存的各类材料中选择最适合用于高速应用的材料，一目了然。在选择材料过程中，还是要进行性价比评估，这样才能保证选择到成本最低的材料。还需要注意的是，材料成本会随着订购数量的变化而有所不同。

匹配介电常数的材料性能值也很重要。不同材料的介电常数之间，哪怕存在着微小差异，也会严重影响材料的阻抗、线宽 / 线距，这些会产生不同的损耗。材料的介电常数决定了信号在媒介中的传播速度。如果基板不同层之间的 Dk 值不同，总线的信号时序也会出现。设计师应该考虑产品中可以使用插入式材料，以匹配叠层中每层结构的阻抗和 Dk 值。

PCB 设计师需要在海量备选材料中快速

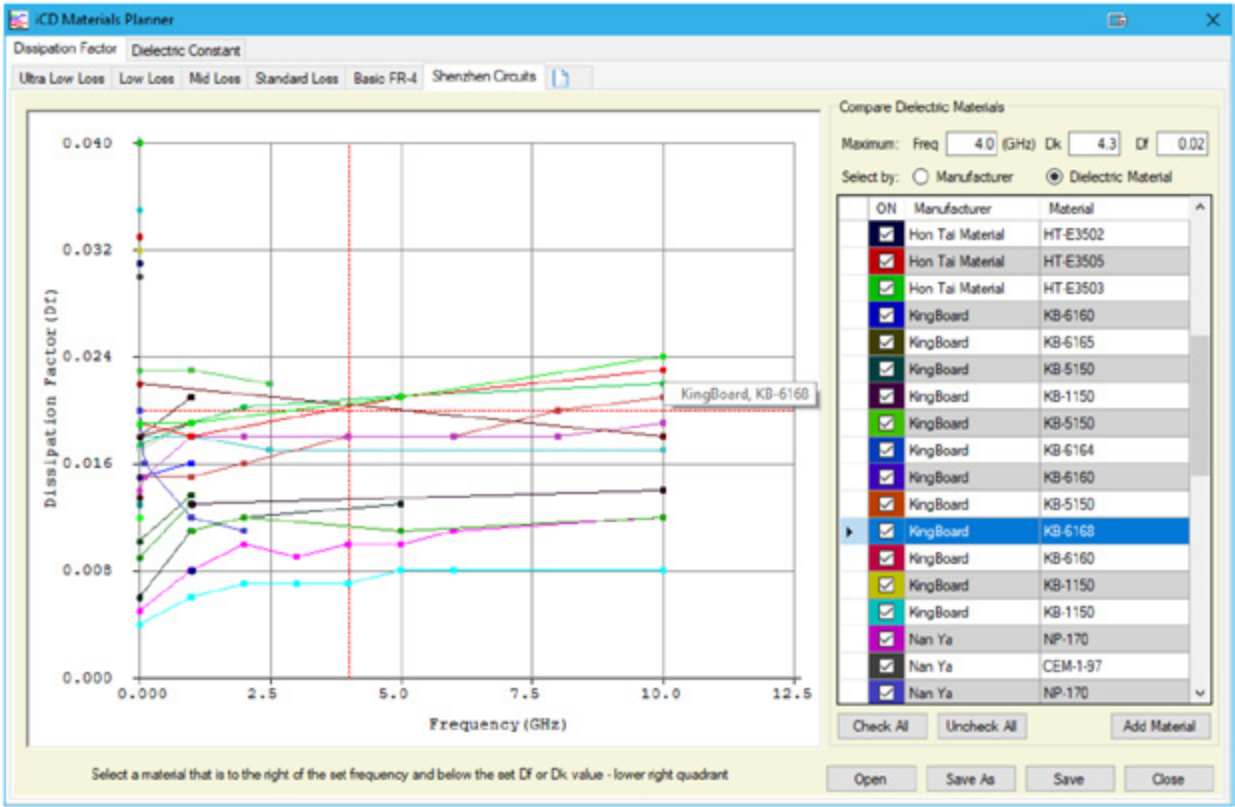


图 3：介质材料的损耗曲线示例（来源：iCD Materials Planner）

选定性能最优、性价比最高的材料。在如此庞大的规格单和数据表中检索适当的材料非常耗时。不仅需要基于制造商的产品线，更重要的是，还需要基于制造商的首选库存，对介质材料直接进行视觉比较，这种方式无疑是最有效的选材方法。

关键点：

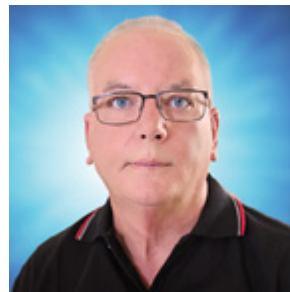
- 用于制造多层 PCB 的材料会吸收高频率并降低边缘速率，于是成为造成信号完整性问题的主要原因。
- 如果每个目标应用都使用了适当的材料，就可以在满足项目的设计目标和性能目标的同时，用最低的成本制造出符合要求的 PCB。
- 电磁能在真空或空气中以光速传播。但随着磁场被包封在 PCB 媒质的介质材料内，电磁能的传播速度会放缓。电磁能在 FR-4 中的传播速率大约是光速的一半，也就是每纳秒 6 英寸。
- PCB 常用的玻璃环氧树脂材料（FR-4）在频率低于 1 GHz 的数字应用中，其损耗可以忽略不计。但在较高频率下，其损耗会引起严重问题。
- 高速设计最好使用低 Dk 材料。相反，高 Dk 材料适用于紧缩电场，将其置于平面之间可增加平面电容。
- 介电常数（Dk）表示在所施加电压下，储存在材料中的电磁能量。
- 损耗因数（Df）表示材料固有的电磁能耗散值。
- 导电损耗是指电荷在流经材料的过程中产生的能量损耗。
- 介电损耗是指电荷在交变电磁场中随着正负两极切换方向而运动所耗散的能量。
- 在谐振频率附近，介电损耗特别高，导致电场与介质极化之间的相互作用，产生散热。
- 具有低 Dk 的材料同时具有较低的 Df、较高的 Tg 和 Td，正是高速设计所需的性能。
- 匹配介电常数的材料性能值至关重要。不同材料的介电常数之间哪怕存在着微小差异，也会严重影响材料的阻抗、线宽 / 线距，因而产生不同的损耗值。
- 材料的介电常数决定了信号在媒介中的传播速度。如果基板不同层之间的 Dk 值不同，总线的信号时序也会出现问题。

PCB007CN

参考内容

Beyond Design columns by Barry Olney:

- Material Selection for SERDES Design
- Material Selection for Digital Design
- It's a Material World



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

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

下一代电镀系统

by Happy Holden
I-CONNECT007

电镀一直是 PCB 制造的核心工艺。1970 年我作为惠普公司的一名年轻工程师，被分配的第一份工作就是电镀工艺。当然，那时的铜电镀工艺是焦磷酸铜——MT Chemicals 公司生产的一种性质极不稳定的碱性溶液。在我掌握了这种电镀溶液的化学组成和控制方法后不久，就有机会测试和引进 LeaRonald 公司的 PC-GLEEM，这是一种新的硫酸基硫酸铜镀铜化学物质。之后就再也没有使用过焦磷酸铜。

《CircuiTree》的技术编辑是 Karl Dietz，他写了许多关于酸性镀铜的“Tech Talks”专栏文章。当时电镀系统原始且简单。我将重点关注设备的变化，因为 Karl 在他的专栏中涵盖了大部分电镀化学药水变化。

电镀

电镀槽经历了多次升级，以适应不同的化学物质和导通孔结构。我看到的第一个创新是在 1971 年，当时 Nathan Pritikin (Pritikin diet (皮特金饮食) 的创始人) 在他位于加利福尼亚州 Galena 的 PCB 工厂向我介绍了一款箱式电镀仪，Peter Pellegrino 展示了他的 flo-motion 电镀歧管——有许多出口的流体歧管，以这样的速度和体积分布电镀电解质，可达到更高的电流密度和离子分布，甚至可以向

下进入电镀通孔，可以在 15 分钟内（在孔内）电镀 1 mil 的铜。从那时起，大部分的创新都来自于电镀设备供应商和多层以及高密度互连 PCB 的高速发展。下文将讨论一些重点领域。

电镀槽结构

基本要素没有太大变化，但增加了一些创新。其中包括：

阳极和阴极

最大的创新之一是不溶性阳极，由钛或涂覆了氧化铱的钛电极和阳极膜构成（图 1）。可溶性磷化铜阳极会引入颗粒，限制控制电镀分布的能力。已知不溶性阳极可以消除颗粒，

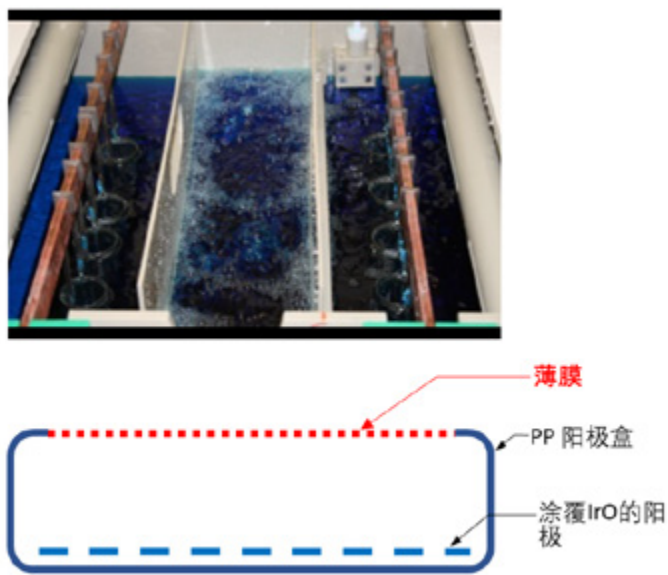


图 1：当使用不溶性阳极电镀铜时，使用阳极盒装半透膜可以提高添加剂的消耗^[1]

镀金液 - 通用、环保、低成本

Aurotech® G-Bond 3 – 我们最新推出无毒性稳定性高的混合反应镀金液， 可用于ENIG、ENEPIG和EPAG

我们的新一代Aurotech® G-Bond 3, 让您更容易达成可持续性的目标, 同时享受更安全和更具成本效益的印制电路板生产。作为最新一代的镀金液, 能满足ENIG、ENEPIG和EPAG的所有行业标准。其许多优点之一是无毒的稳定性能, 工艺无需再处理 氰化钾的补充。此外, 其自我催化特性降低了对镍表面攻击而产生的腐蚀风险, 符合最新的行业要求。Aurotech® G-Bond 3能够在镍和钯表面沉积厚金层, 并具有出色的 <5% COV 镀层厚度分布。镀液的稳定性高和含金量 (0.6 g/l) 低, 无析出风险和可延长槽液寿命。另外, 通过大大减少镀液的带出和低金含量, 使我们的新一代自我催化镀金工艺在所有最终精饰的镀金液中, 为生产提供了最大的成本效益。

要了解有关 Aurotech® G-Bond 3 的更多信息, 请扫描右侧的二维码。



提供较大的阳极面积，且阳极的形状可以与电镀件相匹配。当与溶液电感器和阳极膜相匹配时，它们可限制通常会在可溶性阳极表面看到的添加剂分解和消耗。

分段阳极

另一个创新是分段阳极 (图 2)。它可以更好地控制电流分布，特别是当阴极 (PCB) 在垂直或水平传送带上移动时。

溶液和搅拌

用于高浓度溶液搅拌的喷射器始于 20 世纪 70 年代中期的 flo-motion 歧管。自那以后，其性能一直在不断提高，特别是新型流体吸嘴在不引入空气的情况下实现了更好的溶液分布。较高的层流相当于较高的溶液交换和流体动力，尤其是在密闭空间或盲孔中。工作搅

拌随着 Z 轴的增加而改善，以实现更好地流体分布并减少载留的微气泡。流体动力由改进的泵、过滤器和集成支持设备控制 (图 3)。

传输系统： 垂直传送带和起重机

1975 年，位于科罗拉多州 Loveland 的惠普 PCB 工厂首次采用了激光测距仪。通过变速电机驱动起重机，并使用 HP 激光测量系统测量各种起重机的精密位置，可以加速和减速到达工艺槽的精确中心。这节省了宝贵的起重机运行时间，并确保没有起重机发生碰撞。

自动支撑

目前机器人和铰链电镀飞行杆被用来支撑 PCB 安装到电镀载体中，并确保形成良好的电接触。图 4 显示了一些用于支撑 PCB 拼板

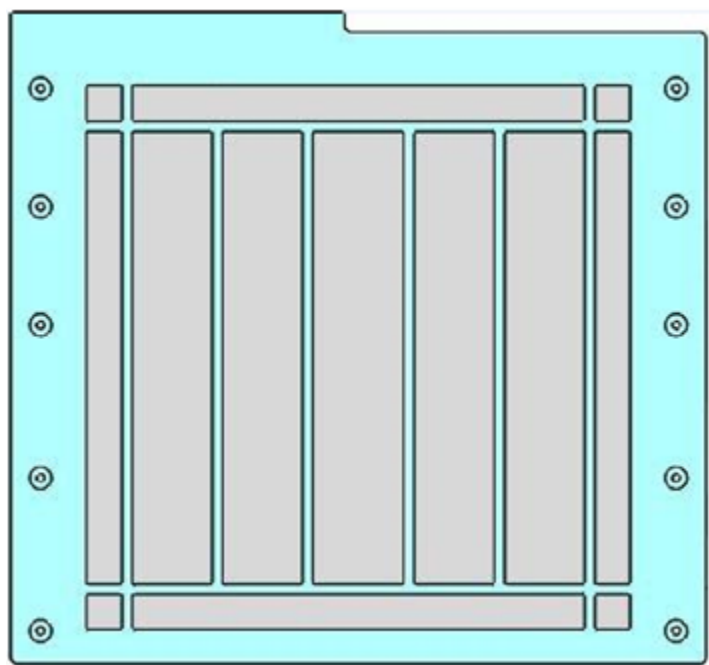


图 2：使用分段阳极，结合单独的直流或脉冲电镀电源，可以更精细地控制阴极电流密度和分布。这对于铜导通孔填充化学物质和使用传送阴极（面板）的设备来说非常重要（来源：Atotech^[2] 和 Ludy^[3]）

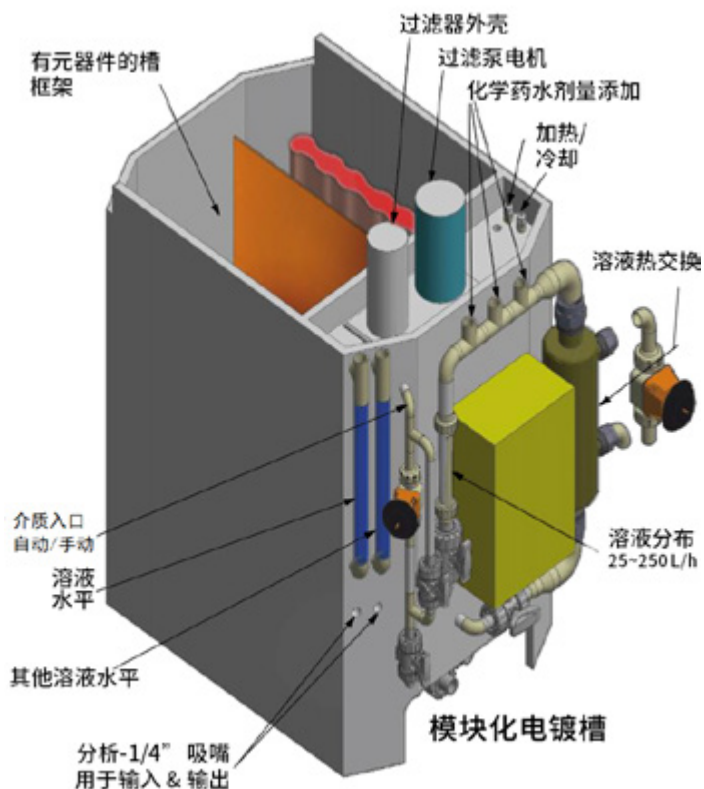
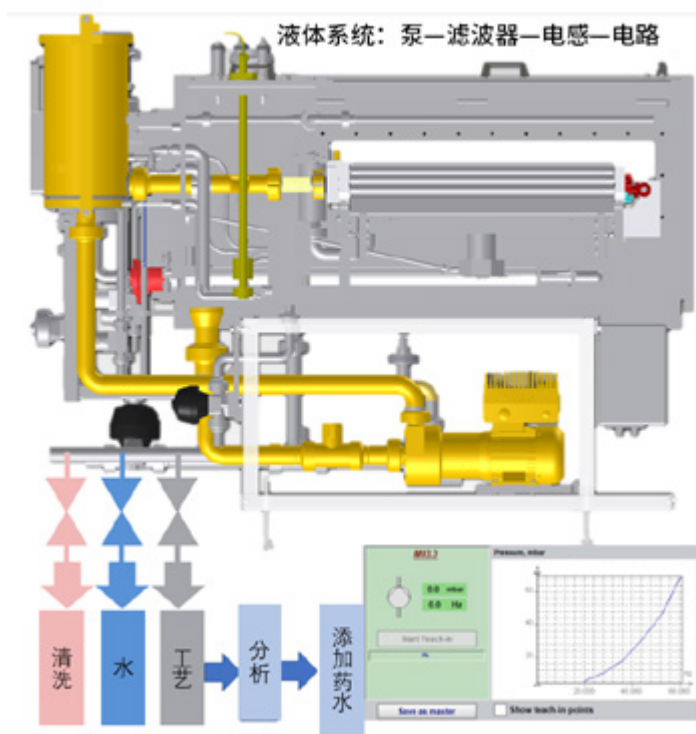


图 3：先进的电镀槽采用先进的过滤和溶液搅拌设计，以确保达到最佳导通孔填充、冷却、化学分析和填加药水（来源：Atotech 和 Ludy）



图 4：铰链机械臂提供支撑，完成面板搬运
(资料来源：Ludy)

的简单机械臂。铰链飞行杆允许起重机携带两组阴极，且可以将它们移近非电镀槽以节省空间。

控制系统, 传感器和化学药水添加

可编程逻辑控制器（PLC）具有相关的联网能力和显示图形，已成为最受欢迎的控制系统。他们拥有相关的传感器和监视器，是控制领域的主力军。如图 5 所示，它们可以控制 PCB 面板的移动、电源、泵送和过滤、化学测序、温度和分析，以及显示和警告。

模块化电源和整流器

具有数字控制和模块化设计的现代电流和

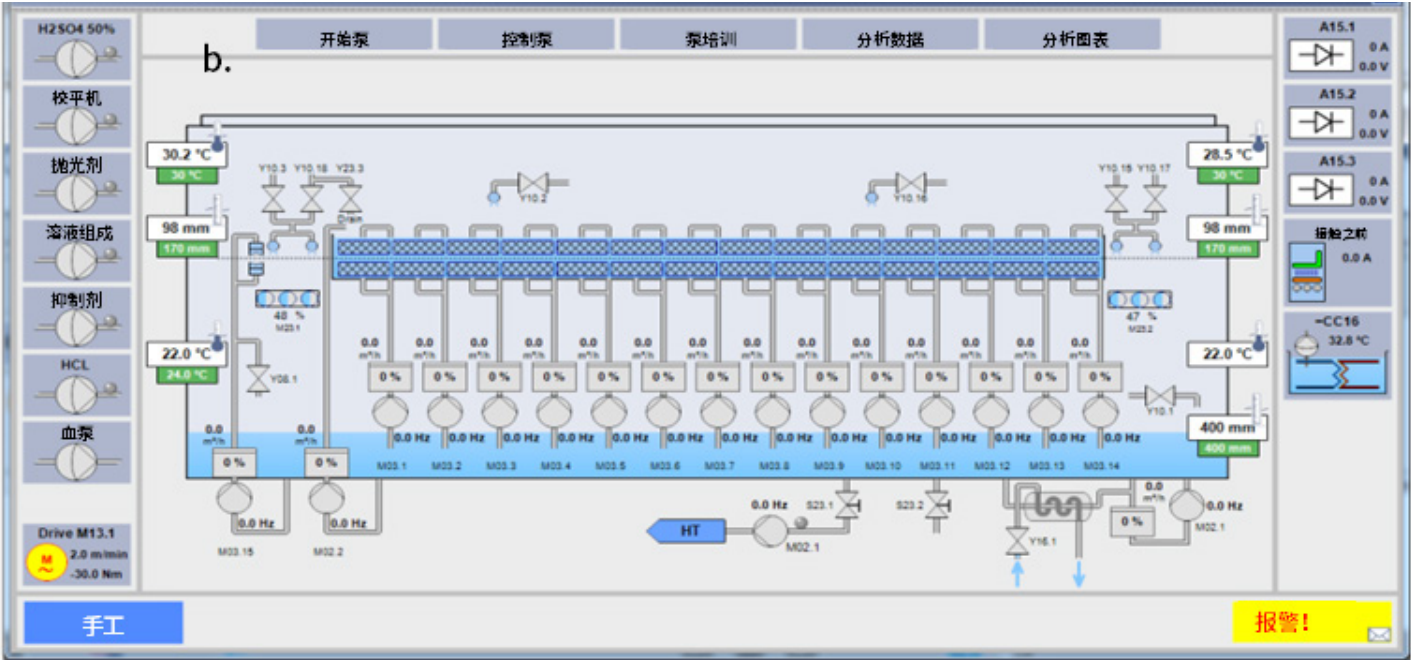


图 5：现代 PLC 可实现联网、传感和分析控制以及实时显示
(来源：Atotech)



电压源目前很常见。模块化的系统设计可以使用相同的整流器模块，通过单个模块的并联或串联操作来增加输出功率，为工厂扩建、生产转换和工艺转换提供了灵活性。在发生元器件故障时，可以保证冗余。

在模块化过程中，安装了多通道系统，打开和关闭阳极和阳极组，并提供了接触阳极和阳极组的特定监控选项。使用复杂的数字控制系统可以提高控制精度、降低残余纹波、扩大控制范围和达到更高效率。这一切都在 PLC 的控制下运行，PLC 具有集成的 ProfiNet 接口，用于与工厂控制系统进行数据交换，

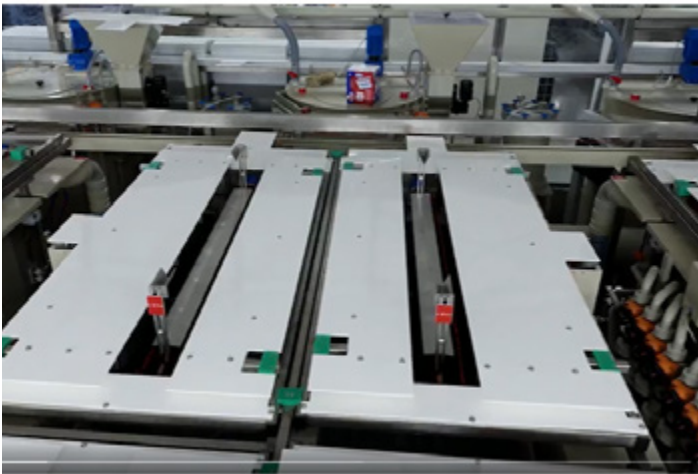


图 6：工艺槽盖可减少 80% 废气
(资料来源：Ludy)

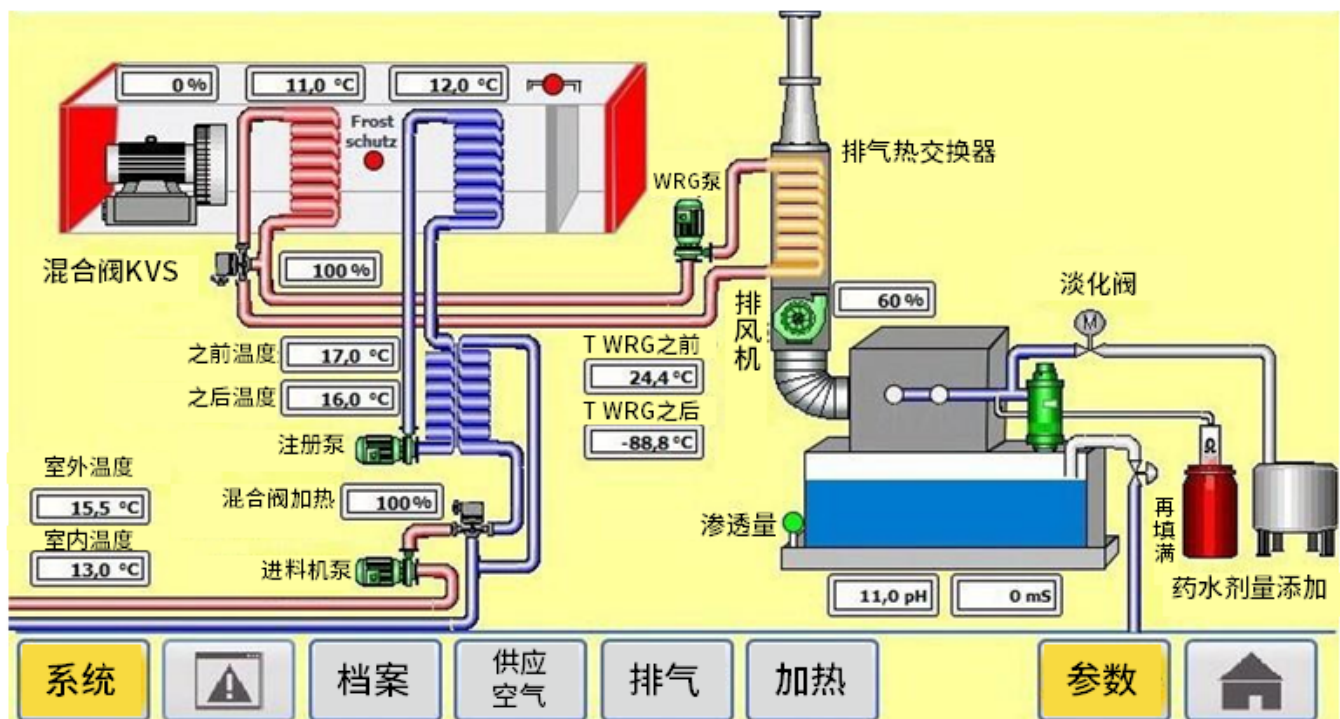


图 7：热泵可用于冷却适当的电镀和工艺，并加热其他工艺和漂洗水 (来源 :Ludy)

用于诊断和远程维护，并提高能源效率。

通风和排污

现代电镀系统可以将工艺过程中的废气减少 80%，因为槽盖被编程为在传输工具将负载放入槽盖时打开。这会减少排放到环境中的废气（图 6）。

通过使用热泵加热漂洗水，蒸发损耗被从通风中回收的水所取代（图 7）。这意味着排出的空气是清洁干燥的，并且不会产生额外的废水。产生了与废物、热量、蒸发和冷凝有关

的热力学协同效应。可以保持较小的必要排气量，因此通过流量优化提取将必要的净化保持在最低限度。

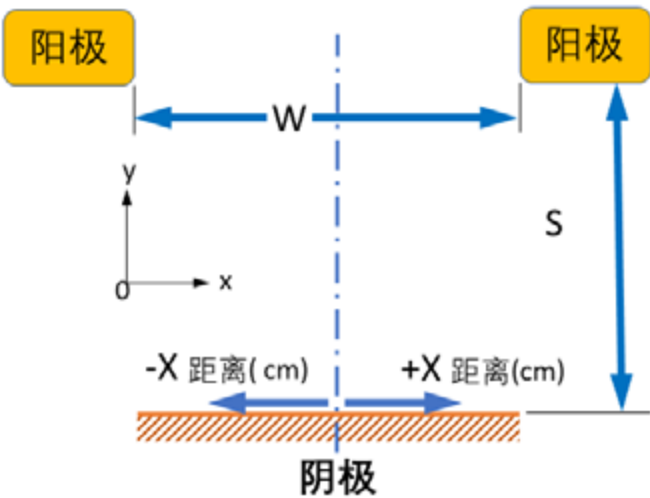
干燥

如图 7 所示，热泵可以有效冷却电源和工艺槽，这些能量以及罗利波超声波原理^[3]可

$$\frac{J}{J_{\infty}} = \sqrt{\left[\frac{\cosh^2\left(\frac{\pi X}{2 S}\right)}{\cosh^2\left(\frac{\pi X}{2 S}\right) + \sinh^2\left(\frac{\pi W}{4 S}\right)} \right]}$$

电镀电流密度

方程式 1



简图 1

$$j = n_e \cdot F \cdot \frac{dn}{dt} = n_e \cdot F \cdot D \cdot A \cdot \frac{(C_o - C_{cath.})}{\delta}$$

其中: j = 局部阴极电流密度 (安培/平方厘米)

J_{∞} = 阴极电流密度, 如果阳极是无限远

x = 沿阴极距中心线的距离, (cm)

W = 阳极间距 (cm)

s = 阳极与阴极的距离 (cm)

方程式 2

杂性已经得到了很大改善, 以至于目前电沉积已应用于贯穿硅通孔的半导体制造, 以及微米级几何结构中贯穿玻璃通孔的 IC 封装。每一代新的电子产品都会进一步模糊晶圆与 PCB 制造之间的界限。镀铜沉积的总体要求是更薄, 且要具有一致的高延展性, 改善的厚度分布和均镀力, 并消除表面缺陷。PCB007CN

用于有效干燥 PCB, 包括所有导通孔和空腔。

电镀仿真与动力

对法拉第原理和边界层动力学的新理解导致了基于数量、间距和到阴极距离的阳极效应模型, 如第一个方程所示。第二个方程展示了电沉积的扩散模型^[4]。

预测性维护

为了进行预测性维护, 需要测量、记录和存储电压、电流消耗、振动、温度、声学 and 开关频率等参数。这是除了设备的工作时间之外的。根据设备的不同, 将数据存储于数据库, 并用于预测维护选项。对于每个设备, 现有测量通道的标准值被存储为设定点参数。

新的创新评估模块记录和评估目标值、实际价值。这样就可以根据违反标准值的频率和长度来统计故障概率。这种评估是自适应的, 并且随着数据集数量的增加而改进。

可以向设备列表中的用户提供各种评估, 从而相应地显示事件 (即定期维护和预防性检测) 的百分比。

结论

通过化学、设备和分析技术, 电沉积的复

参考内容

1. “The Perfect Copper Surface, IPC APEX EXPO,” by Eric Stafstrom and Garo Chehirian, January 2014, San Diego.
2. Atotech product brochure.
3. Ludy product brochure.
4. “Evolving Technologies for Fine-Line, High-Interconnect Density Manufacturing,” by Dr. Karl Dietz, TPCA-DuPont Seminar, Taoyuan, Taiwan, July 10, 2009.
5. “The Effect of Discrete Bar Anodes on Electroplating Current Distribution,” by Dr. D.A. Rudy, AES Symposium Proceedings, Fort Worth, Texas, Jan. 21, 1976, pp. 47-52.



Happy Holden 自 1970 年以来一直专研于印制电路技术, 先后效力于惠普、NanYa Westwood、Merix、Foxconn 和 Gentex 等公司。目前, Happy

担任《I-Connect007》杂志的技术编辑, 并著有 [《印制电路制造中的自动化和高阶制程》](#) 和 [《25 项电子工程师必备技能》](#)。如需联系 Holden 或阅读往期专栏, 可 [点击此处](#)。

HDI手册 免费下载



我们广受欢迎的HDI中文版手册是您电子藏书库中不可或缺的一本。

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

现在注册，免费下载该书 @
www.hdihandbook.cn

WHMA-A-620E:

实现连接的标准

by Michelle Te

可以说，线缆连接着我们周围的一切，从手机和烤面包机到电动汽车以及发射卫星进入太空的火箭，这是一项快速发展的技术。IPC/WHMA-A-620 等标准的开发为这项技术提供了结构和最佳实践，但需要不断进行审查和修订。最近 IPC 发布了 IPC/WHMA-A-620 E 版，对文字和图表进行了修改及完善，为两年后更大的修订奠定了基础。

“IPC-A-620 标准起到了中立第三方的作用。”Precision Mfg. Co. 公司的员工、7-31F IPC/WHMA A-620 任务组的联合主席 Cathy Hanlin 说。“我或我的公司并无权规定应该如何实现线束连接。应该由没有利益关系的第三方规定，何为好的压接？何为好的焊接？检查长度是否符合要求？它就是一项最佳实践的行业标准。”

向行业发布标准或其修订版后，就会有对标准提出修订意见或建议。

IPC 组装及标准技术高级主管 Teresa Rowe 说：“来自全球各地的用户、客户、制造商和其他公司会向我们提出数百条修订意见

或建议，标准开发委员会会认真考虑每一条修订意见或建议。基于这些修订意见或建议以形成了修订版。”

虽然有些意见或建议可能不会被接受，或者会被修改，但 Teresa 表示，委员会始终会对意见或建议提出反馈。

她说：“我们发现数据对开发标准很有帮助，有数个小团队专门负责标准的特定领域，以确保标准内容最终能够通过一致性投票而被行业接受，这是 IPC 发布新标准的流程。”

事实上，这个被亲切地称为 Wire Nutz 的 A 团队，会召开线下会议，审核收到的关于 D 版的每一条修订意见或建议，并做出决定。

有趣的是，这个团队在 2022 年获得了 Golden Gnome Award 最佳团队奖。

Cathy 说：“我认为我们的 A 团队非常有效，因为 A 团队会议期间几乎每一条修订意见或建议都被讨论过的。当 A 团队出现争论时，会仔细研究问题，或者向专家询问答案，以便加快委员会的决策过程。”



新的Objective Evidence网站 现已上线!



访问以下网站!
获取您关于
Objective Evidence
的所有需求

www.objectiveevidence.org





Cathy Hanlin

IPC/WHMA-A-620 的修订周期为 3 年，尽管 E 版修订只用了 35 个月，Teresa 期待在类似的周期内能发布下一个修订版。

“线束制造行业会发生很多技术变化，且这些变化可能非常快。”Cathy 说。“在 E 版中，删除了导线缠绕章节，因为这种技术在行业中已经不常见。在 E 版中，我们专注于第 7 章的更改——超声熔接，在制造线束时这种技术越来越常见。”

超声熔接经常用于电动汽车业，因此是需要审查的重要章节，以便带给行业最好、最新的信息。

Cathy 继续说道：“电动汽车引入了最终必须考虑的新技术。去年 10 月我们在 Gnomeapalooza 讨论电动汽车时，电池线缆更粗，还有加蔽线和整体屏蔽。其完全不同于通常的电池线缆构建方式，因此我们需要考虑这些不同类型线缆的材料以及使用方法。”

IPC-A-620E 已经有了航空行业补充标准，

还可能发布汽车行业补充标准。“任务组的部分成员正在开发高压线缆补充标准，任务组认为这是解决类似问题的最好方法，而不是说开发汽车行业补充标准。”Teresa 说，“但他们才刚刚开始这项工作。”

多品种、大批量的代表性

形成这样的委员会需要各种专业知识，Cathy 和 Teresa 认为大约有 100 名成员的委员会具有很好的代表性。

“委员会中的每个人熟悉线束制造的不同功能，贯穿整个生产链。”Cathy 说，“我的专业重点是实际制造线束。从报价开始，到线缆布线图到达车间，以及第一次制造，我的工作涉及所有相关事项。我们还有工程师、技术人员、供应商等任何与制造线束有关的人，从在纸上设计到亲手组装整个环节。”

她希望在委员会中看到更多的代表，特别是那些来自航空航天以外的行业。

“我们为每个可能的行业制造线束，从消防和医疗到园林设备等。”Cathy 说，“通常，如果我遇到 WHMA 行业的人，我会尝试让他们派人加入这个委员会。”

“成员数量也会有所变化。”Teresa 插话说，“因为会有人加入任务组，也会有人退出任务组。你知道，他们都是志愿者，所以有时他们会被分配到其他工作领域，或者存在有竞争性的公司利益。有人进出任务组，也可能是因为他们只想关注特定章节，这是他们的专业领域。”

“我们需要更多的烤面包机制造商。”Cathy 笑着说，“现在只能由航空领域的人员为烤面包机制造商做决定，因为他们是产品的用户。”

E 版的具体变化

Teresa 表示,IPC-A-620E 版对之前版本进行了完善,“去除一些行业认为存在差异或最初不理解的要求,因为 D 版发生了巨大的变化”。

E 版删除了 D 版中的目标条件,引入了新的章节。

“在 E 版中,我们投入时间解决了行业提出的问题,‘标准删除了目标条件,但会产生什么具体影响?’”Teresa 说。“我们想让某些陈述更容易理解。目标条件就像在周六下午完美地将车停在沃尔玛超市前排停车位的正中心。

或许在某些特殊情况下能做到,但大多数情况下,如果你能进入停车场,就做得很好了。如果你停在了前门的位置,或者没有完美地对准车位方框,现在怎么办?人们会问:‘此时我应该做什么?’实际上,可接受条件的措辞可

能略有不同,却会使人感到困惑。”

由于该文件被翻译成了几种其他语言,因此某些修订意味着需要考虑措辞及其翻译方式。E 修订版本的许多工作为委员会在下一个周期的更大修订奠定了基础。

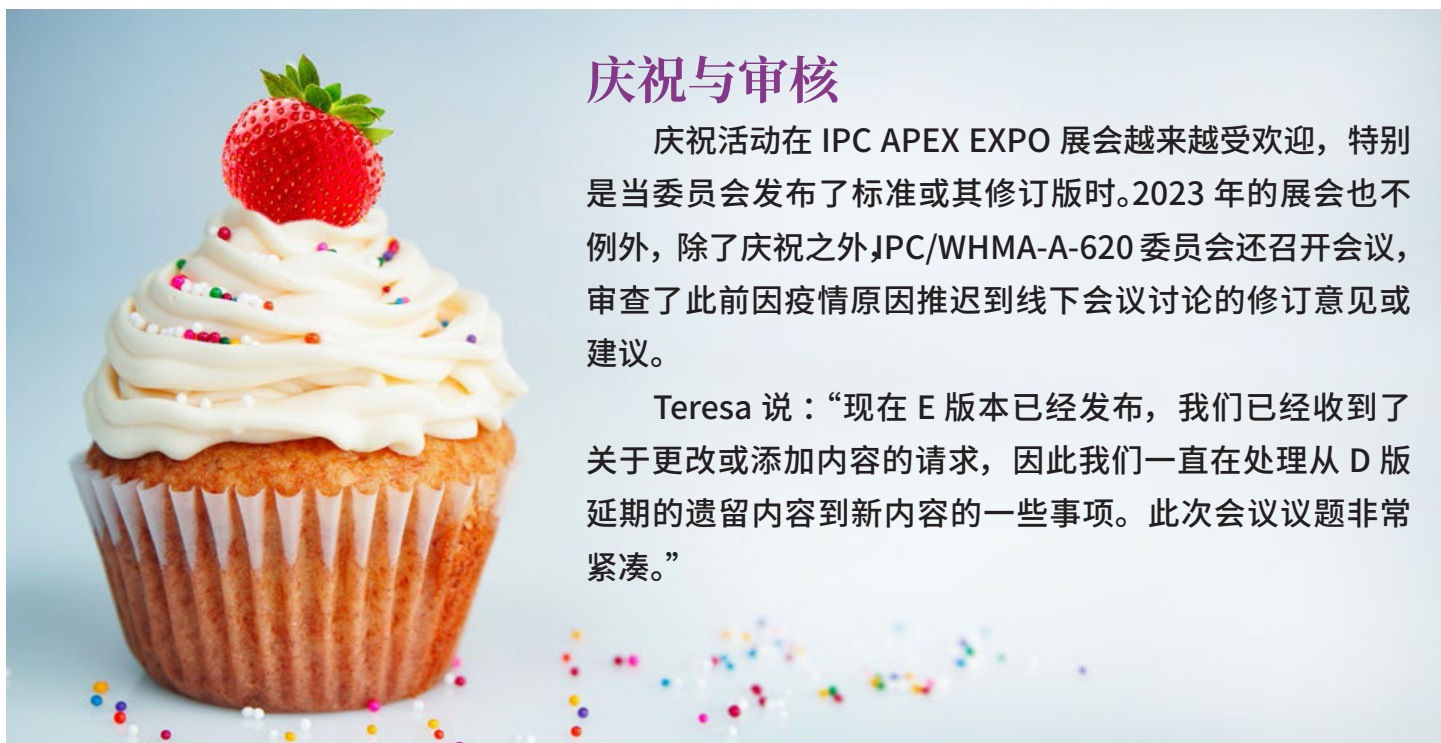
Cathy 说:“很多人想知道我们删除目标后标准将变成什么样子,目标是完美的,但不一定总能实现。我觉得没有目标条件的标准更好,因为有些人会返工工件,试图达到目标条件,实际上却使情况比之前更糟。没有目标条件可消除这个‘诱惑’。”

此外,一些图进行了调整,以更好地理解要求中的某些措辞。Teresa 说:“IPC 标准有很多国际用户,他们使用这些图来帮助理解文字的含义。我们接到了改善的请求,要求更改替换不清晰的图片,或者没有足够完整表述要求的语句。”PCB007CN

庆祝与审核

庆祝活动在 IPC APEX EXPO 展会越来越受欢迎,特别是当委员会发布了标准或其修订版时。2023 年的展会也不例外,除了庆祝之外,IPC/WHMA-A-620 委员会还召开会议,审查了此前因疫情原因推迟到线下会议讨论的修订意见或建议。

Teresa 说:“现在 E 版本已经发布,我们已经收到了关于更改或添加内容的请求,因此我们一直在处理从 D 版延期的遗留内容到新内容的一些事项。此次会议议题非常紧凑。”



自动化和灵活性

——具有前瞻思维 EMS 公司的基本组成

by Norihiro Koike
SAKI CORPORATION

不久的将来，电子制造服务业的重点将是自动化和灵活性。目前影响 EMS 公司的 3 个主要因素是：高昂的人工成本、维持可靠的供应链以及制造的产品种类越来越多。训练有素的高素质人员至关重要，尽管地缘政治形势艰难，但必须保持产品元器件和设备部件的供应稳定。

欧洲和美国的 EMS 服务商在技术上继续

领先，中国的制造商也争相效仿。中国的形势正在发生变化，曾经是批量生产的主要地点，现在已经转而生产主要针对国内消费的高端产品，而印度等邻国正在进军批量生产市场。现在，对于许多传统的批量地区来说，EMS 制造中的定制需求更大，多品种、小批量的生产正在增加。

Saki 公司仍很乐观。当优先考虑自动化和灵活性时，制造商面临的挑战将得以缓解。自动化减少了工时，提高了生产效率和质量，检测解决方案提供商正不断致力提供完整的自





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**
以获取正确的清洗技术



KYZEN.COM
享誉全球的环保清洗技术



Norihiro Koike

自动化检测解决方案。为此，正在开发统一硬件和软件的解决方案，这是自动化的重要领域。有了标准化的硬件，部件管控明显更容易，且可降低人工和耗材成本。

软件一致性意味着程序和操作得到改进；培训时间和成本减少，日常操作更顺畅，设备使用更简单，生产率提高。与主要的焊料丝印设备和贴装设备制造商的合作确保了不仅是检测设备，而且是整个生产线集成操作和效率的提高。

对于 EMS 公司来说，生产的产品种类越来越多，随之而来的是对生产计划及大规模生产相同产品更大灵活性的需求。我们已经进入了定制需求推动生产本身的灵活性需求时代。在购买时为 AOI、AXI 和 SPI 设置规范，并简单地允许运营持续 10 年而不进行调整的传统思维模式正在被推翻。生产中的灵活性迫使检测设备也需变得灵活，这一需求正在推动下一代检测设备的开发，进入市场的设备机型允许客户轻松切换摄像头，而无需改变生产线的设备

配置。

因此，当制造商的产品发生变化时，可以改变检测设备光学头的分辨率，以符合检查对象的要求。这种可互换的摄像头可确保检测设备的产品寿命大大延长，超过了以前典型的 10 年。例如，目前可以交换两种型号的摄像头，一种是 8 μ m 型号，适合用于 0201 mm 元器件，另一种是 15 μ m 高速型号，两者都具有扩展的高度测量范围；当然，最新的

摄像头在发布后将立即安装。这种适应性允许对各种类型元器件进行高速 3D 检查，确保 Saki 的检测设备永远不会成为瓶颈。

高精度产品平台的实现提高了检测的完整性。通过将该平台应用于整个生产线，可以减少用户工时，同时可保持高质量、高性能结果。此外，根据客户的生产情况和质量要求，在引入初始设备后，可以降低成本，升级灵活性。

所有这些敏感性构成了开发全面生产线检测解决方案的动力。可用的产品系列越来越多地设计为具有硬件和软件内聚力，以提供全面产品生产线的质量保证解决方案，该解决方案低维护、经得起未来考验、易于操作，并可在过程中与第三方设备集成。

最后的组成要素——人工智能

人工智能已成为包括 EMS 公司在内许多行业的关注焦点，但了解如何正确开发人工智能流程，以及它们可能的使用场景，对所有公司来说都需要不断的学习。统一的产品平台设

计方法可以利用人工智能功能，通过添加先进的智能编程提高检测质量和自动化。

Saki 已经向一级汽车客户交付了成功的 AI 检测平台。由于产品和元器件的差异，同一平台在 EMS 客户端的实际应用仍有一些障碍需要克服。这导致 Saki 需要重新评估和开发这些功能。Saki 没有将检测本身交给人工智能，而是一直致力使人工智能平台发挥更多的操作员助手功能，减轻了大量工作量，同时仍需要人为因素，以通过经验提高精度。到目前为止，在客户现场的测试已经证明方案是积极的，目前该领域的进一步工作正在进行中。尽管我们处于集成人工智能技术的早期阶段，但 Saki 系统的优势已经显现出来。由于软件能够在潜在问题出现之前对其进行评估，并相应地向操

作员提出建议，因此对维护的需求大大减少。由于人工智能辅助的结果评估，也减少了操作员的工作时间，初始设置和编程也更快了。

倾听客户的反馈是成功的关键。Saki 的方法已经为全球各地的制造业带来了重大改善。所需的高成本设备操作员和维护人员数量已经减少，尽管存在地缘政治困难，但部件供应所涉及的成本已经降低，整个范围内的检测时间也大大缩短，使得 EMS 生产在各个方面都更加低成本和高效。

通过自动化和灵活性，行业正在实现未来 EMS 客户需求检测流程的现代化。PCB007CN

Norihiro Koike 任 Saki Corporation 公司总裁兼 CEO。

计算运营成本

“休息一下，在 Woodstock 散散步可真是个好主意。”Sue 说道。Andy 回答道：“我很喜欢 19 世纪新英格兰的氛围。”

在这个美丽小村庄散步了 45 分钟后，两人都想吃点甜品，于是 Sue 提议道：“我们去 Mountain Creamery 买冰淇淋吧。”

开了一小段路后，他们来到这家久负盛名的餐厅，Tina 给他们端上来了冰淇淋，并开始跟他们聊天：“帅哥美女怎么会来我们这里？”

Sue 和 Andy 告诉 Tina 他们参观了墨西哥 Castellanos Electronics 公司的故事，也跟她讲了二人需要在 Woodstock 来个午后约会，休息休息。

吃完了冰淇淋以后，Sue 拿出手机查看电子邮件。令他们两人感到意外的是，这家小餐馆的 WiFi 信号非常好。

“嘿，我们之前说好了约会的时候不能看手机。”Andy 打趣道。

Sue 吐了吐舌头，两人相视而笑。

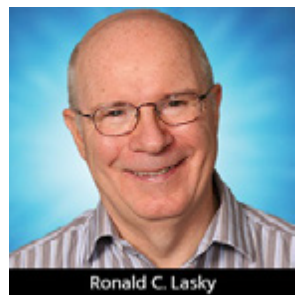
“哇哦，我收到了 Coleman 教授的邮件。”Sue 有点紧张地说道。

“哎呀！”Andy 边说边查看了自己的邮箱。

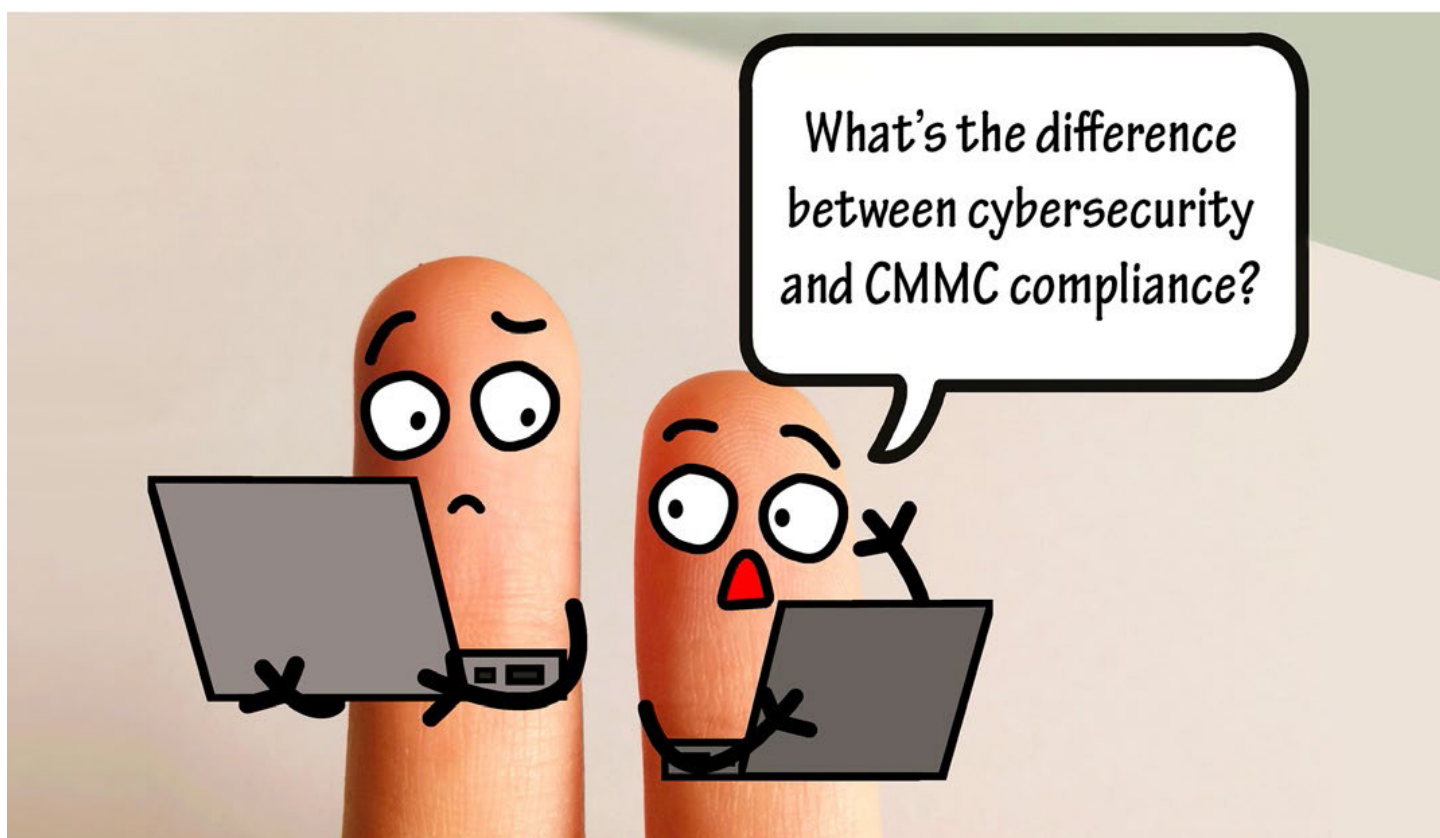
Patty Coleman 教授是一位很热心友善的导师，但他俩刚刚从一所两年制的社区学院转学到了常春藤大学，收到学校最著名的教授之一发的邮件，不免会让他们感到惶恐。

“她说如果我们感兴趣的话，可以给我们布置一个很有意思的任务。”Sue 说道。

更多详细的内容，请[点击这里](#)。



Ronald C. Lasky



CMMC 和网络安全专题 讨论亮点

Interviews with Allen Anderson,
Maribel Hernandez, Vijay Takanti,
Joaquin Hernandez

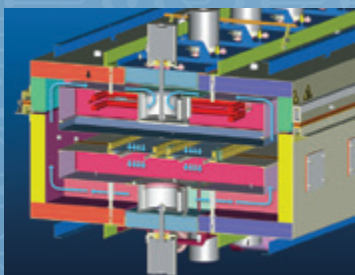
电子制造领域所处理的信息具有高度敏感的属性，因此其在网络安全方面面临特有的挑战。随着网络安全成熟度模型认证（Cybersecurity Maturity Model Certification，简称 CMMC）框架的推出，很快将会要求企业满足特定的、更严格的网络安全标准，才能竞标国防部的合同。对该行业的企业来说，网络安全卫生和 CMMC 合规性比以往任何时候都更重

要，因为不合规将会导致收入损失和声誉受损。

2023 年 1 月在 IPC APEX EXPO 2023 展会期间举行的 EMS 领导力峰会上，峰会组织方安排了由 3 位行业专家参加的专题讨论。讨论由 Maribel Hernandez 主持，采用问答形式。专家成员包括：Vijay Takanti、Joaquin Hernandez 和 Allen Anderson，他们讨论了 CMMC 合规的详情和复杂性，以及对企业的影响，分享了他们对该行业企业可能面临挑战的见解，与 CMMC 合规相关的具体要求，以及企业可以采取的措施，以确保得到充分的保

专为基板平整度而推出的新型回流焊炉技术

Pyramax 
WITH **TrueFlat**
TECHNOLOGY



闭环对流加热实现出色的热均匀性

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

由于Pyramax的闭环对流加热，可重复确保一致的平整度与出色的热均匀性。

**END
DIE
TILT**

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



www.btu.com

护，并能够在框架内实现合规。由与会者汇编的本文总结了峰会活动中的部分讨论内容。

网络安全和 CMMC 合规之间有什么区别？

Joaquin Hernandez：网络安全是保护计算机系统、网络和数据免受未经授权的访问、盗窃和破坏的方法。它是一个广泛的概念，包含了许多不同的策略、技术和程序。另外，CMMC 合规是指国防部为确保承包商在获得合同之前达到最低水平的网络安全准备水平而提出的要求。

换句话说，网络安全是达到合规的基础。一家公司必须拥有稳固的网络安全态势，包括合规保障，以实现合规。虽然 CMMC 合规是公司国防部开展业务必须满足的一系列具体要求，但网络安全是一种更广泛、持续的做法，应该应用于公司运营的各个方面，以抵御网络威胁。

目前国防部的网络安全要求是什么？

Allen Anderson：《国防联邦采购条例补充（Defense Federal Acquisition Regulation Supplement，简称 DFARS）》自 2017 年 12 月 31 日起生效，特别是 DFARS 第 252.204-7012 条款，要求所有国防承包商遵守《美国国家标准与技术研究所特别出版物 800-171 (NIST 800-171)》中定义的安全控制，依赖承包商通过 DFARS 第 252.204-7019 条款和供应商绩效风险系统（Supplier Performance Risk System，简称 SPRS）进行的合规自我证明。

NIST 800-171 建议采用某些网络安全标



Joaquin Hernandez

准。它由 110 个控件组成，用于保护非机密但敏感的信息，并管控网络事件的及时报告。

CMMC 或 DFARS 第 252.204-7021 条款将把合规证明的级别从单纯的自我认证转变为第三方审核和验证。简言之，CMMC 旨在确保国防承包商按照他们在 NIST 800-171 控制方面的证明行事。

什么是 CMMC？

Vijay Takanti：国防部创建了 CMMC，以应对威胁美国国家安全的敏感非机密信息的持续泄露。对国防工业基地（Defense Industrial Base，简称 DIB）成员，即直接或间接为国防部服务的公司，提出的现有安全要求已被证明是无效的。

CMMC 在正式实施之前仍在完善中，但该框架的目前版本 CMMC 2.0 由 3 个成熟度级别组成。1 级成熟度包括 17 个被称为实践的要求，旨在保护联邦合同信息（Federal Contract Information，简称 FCI）。2 级成熟度包含 110 项实践，包括 1 级的 17 个实践，这些实践将保护受控非机密信息（Controlled Unclassified Information，简称 CUI）。这 110 项实践与 NIST 800-171 中定义的 110 项控件直接对应，NIST 800-171 是当今处理、处理或存储 CUI 的公司所遵循的标准。3 级成熟度尚未完全定义，因为它只适用于少数合同和承包商，但它将包括 110 项 2 级实践和从 NIST 800-172 等其他标准中提取的其他实践。

CMMC 与其前身之间存在重要的区别。在当前环境下，公司可以自行证明其符合 NIST

800-171 的要求。大多数寻求 CMMC2 级成熟度认证的公司，以及所有追求 3 级成熟度的公司，都必须通过 CMMC 第三方评估组织（CMMC Third Party Assessment Organization，简称 C3PAO）或国防合同管理局（Defense Contract Management Agency，简称 DCMA）国防工业基地网络安全评估中心（Defense Industrial Base Cybersecurity Assessment Center，简称 DIBCAC）进行的评估。



Vijay Takanti

哪些公司必须遵守 CMMC？

Hernandez：任何想与国防部开展业务的公司都必须遵守 CMMC 的要求，包括各级供应链的主承包商和分包商。

CMMC 要求适用于所有国防部合同，包括货物和服务合同。需要注意的是，合规是强制性的，公司在获得合同之前必须接受 CMMC 评估，以验证其合规级别。CMMC 框架旨在确保承包商达到最低的网络安全准备水平要求，因此公司必须认真对待这些要求，并投资网络安全措施，以保护自己和客户。

CMMC 何时生效？

Anderson：坦率地说，CMMC 的推出仍然是不断变化的目标，事实上，随着五角大楼考虑对拟议规则进行进一步修订，CMMC 2.0 的最终推出可能会进一步推迟。不出所料，大部分延迟可归因于内部政治和与业务影响相关的问题。尽管这些问题可能会将 CMMC 的推出延迟到 2024 年，但要切记，自 2017 年 12 月

31 日以来，除了第三方审核要求外，NIST 800-171 的基本要求一直适用于国防承包商，而且这些要求仍然存在。

如果一家公司不符合 CMCC，会发生什么情况？

Takanti：在不久的将来，随着现有国防部合同的续签，以及国防部为新项目寻找合作伙伴，招标将包括 DFARS 第 252.204-7021 条款，该条款与 CMMC 有关。招标还将包括总承包商和各级分包商必须拥有的成熟度等级认证。

未能获得适当的 CMMC 成熟度等级认证会影响 DIB 的所有成员。缺乏认证的主承包商可能无法投标，从而使他们失去预期的续期收入或新的商业机会。任何级别的分包商都可能被主承包商排除在投标团队之外，并由其竞争对手取代。

通过自我评估获得 CMMC 1 级或 2 级成熟度认证的 DIB 公司可能需要接受 DIBCAC 的审核。评估不通过的后果可能很严重，可能包括终止合同、根据《虚假索赔法案》对公司提起诉讼，以及追究必须签署文件验证自我评估准确性的高管的个人责任。

企业需要多长时间才能为 CMMC 合规做好准备？

Hernandez：为企业实现 CMMC 合规做好准备所需的时间将取决于几个因素，包括公司目前的网络安全准备水平、其 IT 基础设施的规模和复杂性，以及其正在寻求的 CMMC 认证等级。

任一 CMMC 成熟度等级都有其对应的一组要求，级别越高，要求就越严格。对于拥有基本 IT 基础设施的小企业来说，获得 1 级成熟度认证可能只需要几个月的时间，而拥有更复杂系统和流程的大企业可能需要数年的时间才能获得 2 级或 3 级成熟度认证。



Allen Anderson

重要的是，企业要进行彻底的自我评估，以确定其网络安全措施中的差距，并与经验丰富的网络安全专业人员合作，制定和实施达到合规的计划。

企业认证将需要多少成本？

Takanti：公司应该为获得 CMMC 认证制定一定的成本计划。有以下几个成本驱动因素。

首先，无论他们追求的成熟度等级如何，DIB 的成员都应该根据相关的 CMMC 实践进行自我评估。自我评估要么足以进行认证，要么有助于为第三方评估做准备。许多组织，特别是中小型企业，缺乏进行适当评估的专业知识、资源和时间。相反，他们必须依赖外部顾问或工具，而且不同的评估机构有不同的价格。

其次，DIBCAC 已经进行的审核表明，大多数公司，甚至是大型企业，发现自己离满足相关要求远比他们想象的要远。实现必要的全面合规需要大量的补救措施和实施活动，意味着要产生间接费用，并可能产生资本支出。

最后，大多数想达到 2 级成熟度的企业和所有想达到 3 级成熟度的企业都需要经过批准的外部机构的评估才能获得认证。组织的规模以及 CUI 在整个基础设施中的深度和广度会影

响 C3PAO 的审核范围，审核可能需要几天或几周的时间，因此成本高昂。

把所有这些因素加起来，成本可能会变得相当大。预计至少需要 5 位数甚至 6 位数的硬成本和软成本，才能成功获得 CMMC 认证。

如果公司没有直接与国防部签订合同，甚至没有与主承包商签订合同，该怎么办？CMMC 仍然适用吗？

Anderson：虽然 CMMC 可能不会直接适用于未与国防部签订合同的分包商或供应商，甚至是主承包商，但它最终将是在国防领域开展业务的前提，强制的合同流程将会涉及分包商和供应商。

此外，人们完全可以预计政府合同链中的要求类似或相同，因为 GSA、NASA 和其他民用机构现在正在强制执行类似的标准。

企业在哪里可以找到启动资源？

Takanti：就合规性和成本而言，CMMC 可能令人望而生畏。幸运的是，DIB 的成员可以获得可在这两方面提供帮助的各种资源。

国防部小企业项目办公室启动了 Project Spectrum，为公司提供全面的平台，其中包括提高网络安全意识和根据国防部合同要求保持合规所需的工具和培训。联邦小企业管理局与总部位于当地的制造业扩展伙伴关系和采购技术援助中心一起，提供培训、咨询，甚至赠款，以提高网络安全准备水平和成熟度，为 CMMC 和类似任务做准备。

此外，还存在易于使用、成本效益高的工具，可以用通俗易懂的语言解释 CMMC 实践，指导自我评估过程和进展，以及创建认证所需的政策、计划和其他文件。将托管服务提供商（Managed Service Providers，简称 MSP）和托管安全服务提供商（Managed Security Service Providers，简称 MSSP）视为具有经验验证能力的合作伙伴，他们可以通过评估少走弯路，从而减少 CMMC 认证的总体时间和成本，有效减轻大部分合规负担。

企业如何减轻负担？

Hernandez：企业可以采取几个步骤。重要步骤之一是进行全面的自我评估，以确定其网络安全措施中的任何差距，制定解决这些差距的计划，并有效地优先考虑其相应工作和资源。

另一个重要步骤是与经验丰富的网络安全专业人员合作，他们可以针对 CMMC 要求提供指导，并帮助企业制定和实施合规计划。否则，对于 IT 人员有限的中小型企业来说，达到 CMMC 合规可能会很困难。

MSSP 拥有帮助实现 CMMC 合规的知识、工具和证书。他们可以利用现有的技术控制和专业知

识，提供具有成本效益的解决方案和服务。通过将自我评估和准备工作外包给 MSSP，企业可以获得实现合规所需的经验丰富的资源，而无需投资建立自己的网络安全计划，也无需配备专门的网络安全人员。MSSP 将预先评估合规水平，确定差距，并帮助实施所需的控制措施，为实际评估做准备。

切记，CMMC 合规性不是一次性的，而是对认证状态的持续维护，可以将这项工作委托给 MSSP。企业需要持续监控其网络安全态势，

定期进行安全评估，并更新其安全控制措施，以确保持续符合 CMMC 框架要求。PCB007CN

Allen Anderson 代表地方、国家和国际企业以及公共和政府实体，处理各种法律事务，包括起草和谈判商业和政府合同；针对不断变化的政治形势，制定实体的合规计划；解决在州法院和联邦法院以及各种仲裁或政府小组发生的纠纷。Allen 是 F&B Law Firm, P.C. 事务所的一员，这是一家全球性的律师事务所，就影响包括电子制造服务商在内的一系列行业问题提供及时的法律咨询。

Joaquin Hernandez 是电子及电信工程师，作为一名信息安全专业人员，他在帮助中小型企业方面拥有 15 年之久的经验。Joaquin 目前是一名网络安全和 CMMC 顾问，他是 Empowered IT Solutions 公司的创始人和总裁，这是一家为美国和墨西哥公司服务的安全服务提供商，提供创新的 IT 技术和尖端的网络安全解决方案，以实施、维护和符合 CMMC 和 NIST 的强制性要求。

Vijay Takanti 任 Exostar 公司 Innovation and Informatics 高级副总裁，Exostar 是一家为全球高度监管行业提供安全、基于云、合规的 B2B 协作能力和社区的服务商。他负责 Exostar 平台的战略和产品路线图、设计、开发和客户交付。Takanti 在电子数据处理、应用设计和开发以及为全球政府和商业客户提供信息安全解决方案方面拥有 35 年之久的经验。他将领先公司的 CISO 和 CSCO 聚集在一起，专注于改善供应链网络安全和风险管理，从而促进行业最佳实践和标准的制定。

何为孔环？

by Matt Stevenson, Kevin Beattie,
and Karla Thompson

本文将探讨孔环，因为更深入的了解孔环有助于确保成功地实现 PCB 设计。孔环是钻孔与焊盘边缘之间的空间——指定钻孔周围的最小间隙。不要以为孔环是独立的部分，该术语用于描述在钻取穿过焊盘的孔之后保留的铜焊盘部分。焊盘的孔环是从孔的边缘测量到焊盘的边缘。

孔环有多种用途，尺寸不合适的孔环可能会引起严重的 PCB 问题。除了可能造成短路外，小的或不存在的孔环还会造成严重的制造延迟及 PCB 可靠性问题。

孔环的用途

孔环最重要的用途之一是将贯穿孔保持在

焊盘的边界内。它对于引线、焊盘和走线之间的稳固结构和连接至关重要。孔环也可防止镀覆孔与接地层短路。在 PCB 的外层，孔环有助于确保整个 PCB 的稳固结构。

规划适当尺寸的孔环为 PCB 制造工艺提供了在公差范围内偏移的空间。

为了规划足够尺寸的孔环，推荐焊盘尺寸如下：

内层和外层焊盘应该至少比成品孔尺寸大 18 mil，尽管导通孔焊盘只需要大 10 mil (通常非导通孔的钻孔尺寸大于成品孔尺寸，对于导通孔的孔，则按照成品孔尺寸钻取)。

如果设计包括任何焊盘与走线连接处的最低要求或更高的 IPC 检测级别要求，则需要在焊盘设计中考虑这一因素。例如，18 mil 的焊盘和 2 mil 的连接处实际上应该有 20 mil 的焊盘。这些尺寸最终应为引线创建 9mil 的孔环，



图 1：典型的孔环放大图

支持Flex 刚性Flex和嵌入式组件设计 现已上市！

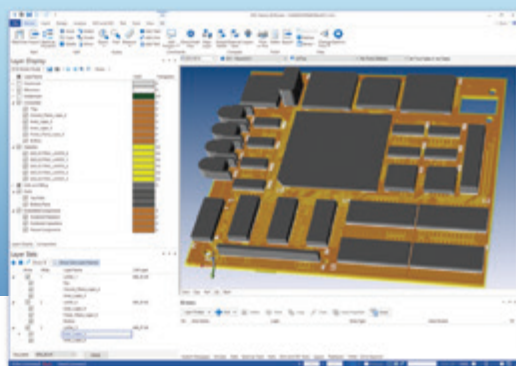
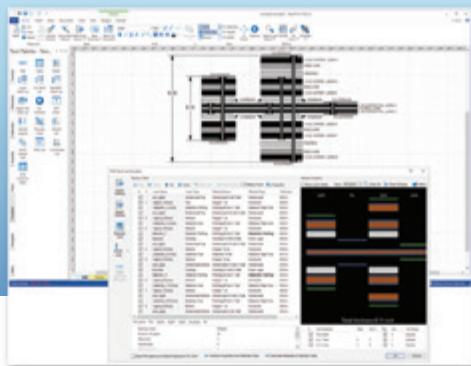
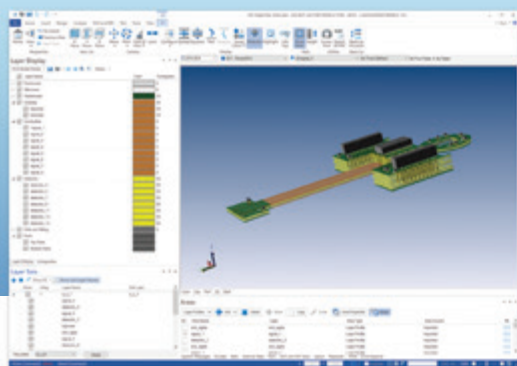


BluePrint-PCB®



CAM350®

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



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

为导通孔创建 5mil 的孔环，以允许工艺变化且仍能满足要求。

如果有 PCB 制造商提供的所有所需数据，则可以使用以下公式计算最小焊盘尺寸。

$$L = a + 2b + c$$

其中：

- L 为所需的孔焊盘尺寸
- a 为钻孔的内径
- b 为最小孔环尺寸
- c 为钻孔设备的制造余量或允许偏差

孔环太小时会发生的情况

很容易理解为什么孔环尺寸会成为问题。很多时候，设计师想要使用最大的贯穿孔钻头来节省成本。同时，他们希望将自己的设计紧密地填满 PCB，这样所需的 PCB 尺寸就可以更小。然而，更大的钻孔意味着更多的孔环要求。优良的设计师需要有效权衡。

孔环太小会导致制造和质量问题。最常见的问题之一是孔破出，即钻孔越出焊盘边缘。孔破出是严重的问题，因为它可能导致引线和焊盘之间的短路及连接不良。

孔环太小也会导致 PCB 的寿命问题。虽然 PCB 开始时可能运行得很好，但在后续的某个环节，小的孔环可能会造成故障。

然而，通常情况下，当孔环尺寸太小时，PCB 会发生短路或根本无法正常工作。曾经有过小孔环导致“意外的热熔断情况”的案例——没错，PCB 起火了。

PCB 制造中尺寸过小孔环的发生频率

理想情况下，在 PCB 设计进入制造之前，需要审查尺寸过小孔环等问题。此审查有助于确保可以在 IPC 规范范围内构建 PCB。IPC-A-600 涵盖印制板的可接受性要求，而 IPC-6012E 则规定了“刚性印制板”的要求。两份标准都规定了不同级别产品的最低孔环要求。

例如，在 IPC-A-600 中，对于不同级别产品，其要求如下：

- 3 级：尽管孔未居于焊盘中心，但无孔破出；孔环尺寸测量值为 2 mil 或以上。

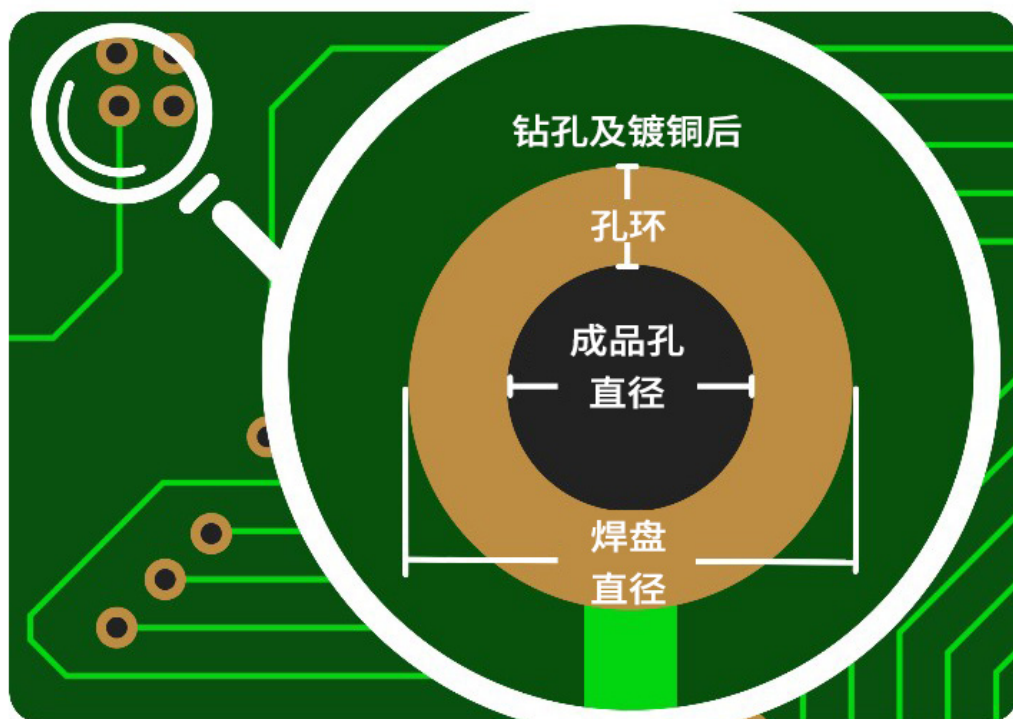


图 2：孔环太小示例

- 2 级：孔破出为 90°或更小，导体连接处测量值为 2 mil 或以上。
- 1 级：孔破出为 180°或更小，只要导体连接处减少不超过 30%。

注意，只有 3 级产品需要一些孔环余量。以质量为中心的制造商将尽其所能满足这一要求。

不幸的是，尺寸过小或缺少孔环在 PCB 设计中非常常见。有时我们会看到多达 30% 的作业因孔环问题而被搁置。设计师和制造商需要努力解决这类问题，因此可能会使生产延迟数小时。

仔细考虑想要使用的钻头尺寸和焊盘尺寸，可以避免 PCB 设计中的孔环问题。这当然会影响成本，但可能是值得的。注意，PCB 设计软件可能具有最小孔环宽度的配置设置。确保这些设置与 IPC-A-600 标准 3 级要求相匹配，就可以开始生产了。

另一个可以避免孔环问题和减少孔破出机

会的选项是在焊盘和走线上添加泪滴。这可能是有效减少孔环问题的方法。

重要的是切记，孔环在 PCB 功能和可靠性方面发挥着至关重要的作用。计划不周和孔环尺寸不足是 PCB 制造延迟的主要原因。通过了解这些重要事实并提前计划，可以防止孔环破坏 PCB 制造计划、预算和时间进度。

PCB007CN

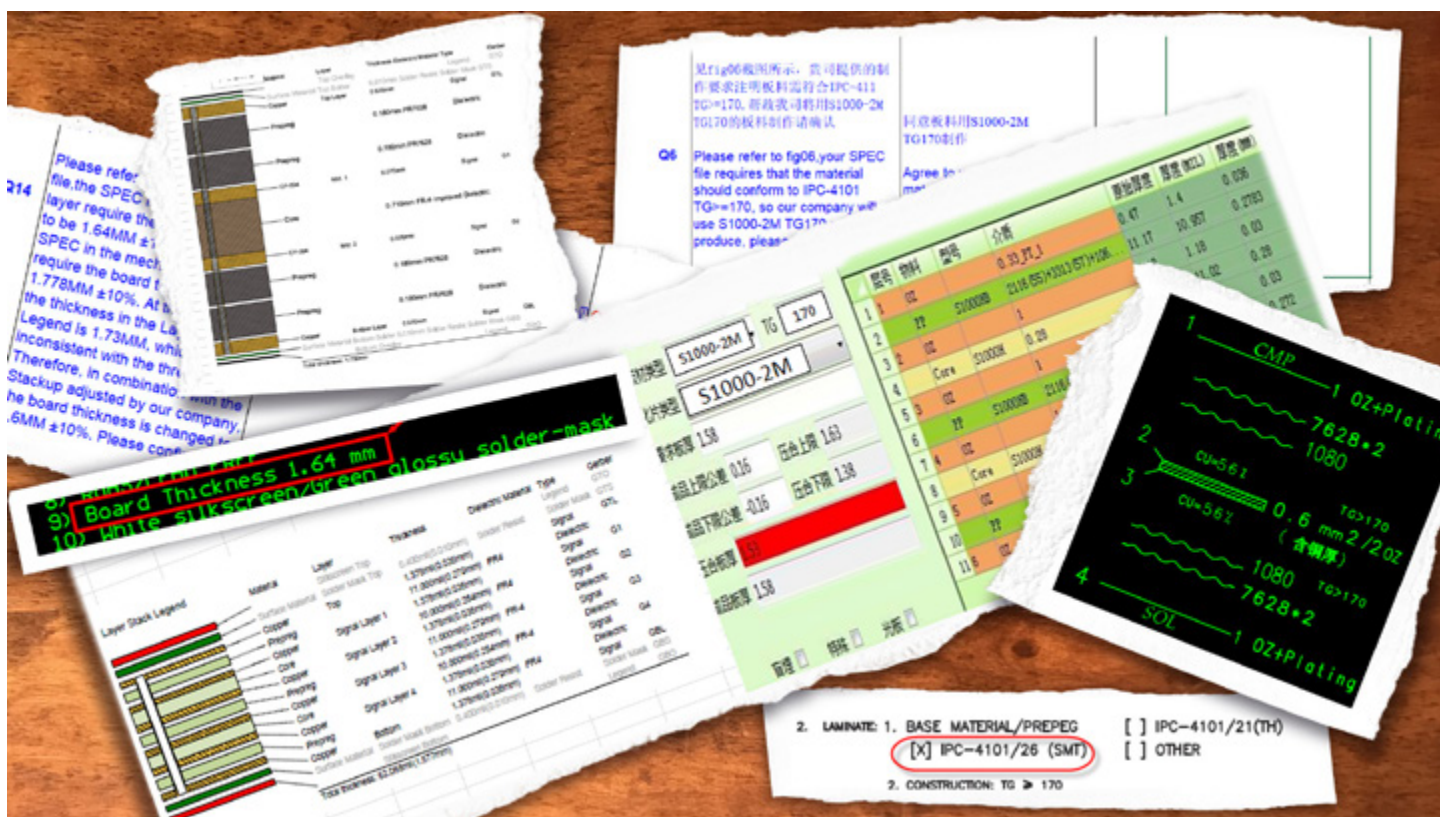


Matt Stevenson 任 Sunstone Circuits 公司副总裁。Kevin Beattie 任 Sunstone Circuits 公司生产经理。Karla Thompson 任 Sunstone Circuits 公

司 CAM 经理。如需阅读往期专栏，可[单击此处](#)。

欢迎免费下载 Matt Stevenson 撰写的[《印制电路设计师指南——为现实设计》](#)。





停止过度指定材料

by the I-Connect007 Editorial Team

专栏作家 Kelly Dack 有着相当广泛的行业经验。作为一名 PCB 设计师，他曾就职于 NPI 公司、OEM、制造商以及目前的 EMS 供应商。我们特邀他分享一些关于材料选择过程以及如何改进的想法。

Kelly 还阐述了 PCB 设计师是如何通过过度指定材料使事情变得过于复杂，一旦 PCB 在海外批量生产，就会导致混乱。你是否过度约束了材料选择？

Andy Shaughnessy : Kelly, 是否可以介绍贵公司的材料选择过程？

Kelly Dack : 没问题。实际上，我为客户编写了阐释材料选择过程的指南。如前所述，从扩大产品到海外批量生产的角度来看，EMS 领域的过度规范非常严重，存在很多问题。该指南包括关于层压材料的章节，包括简单、经检验且可靠的材料规范。其中写道：“材料：符合 IPC-4101 标准的 FR-4 系列层压玻纤环氧树脂或等效产品，Tg 大于等于 xxx。”其中的“xxx”是可以修改的数字。例如，我们说 170°C，而 Td(分层时间) 温度大于 3xx°C。这些都是设计师可以编辑的可变数字。

这就是我们为 PCB 指定层压材料的方式，除非性能要求指明它需要更进一步具体，例如高性能信号完整性约束、阻抗控制或外来材料。但除此之外，FR-4 层压板可满足客户

85%~95% 的设计要求。

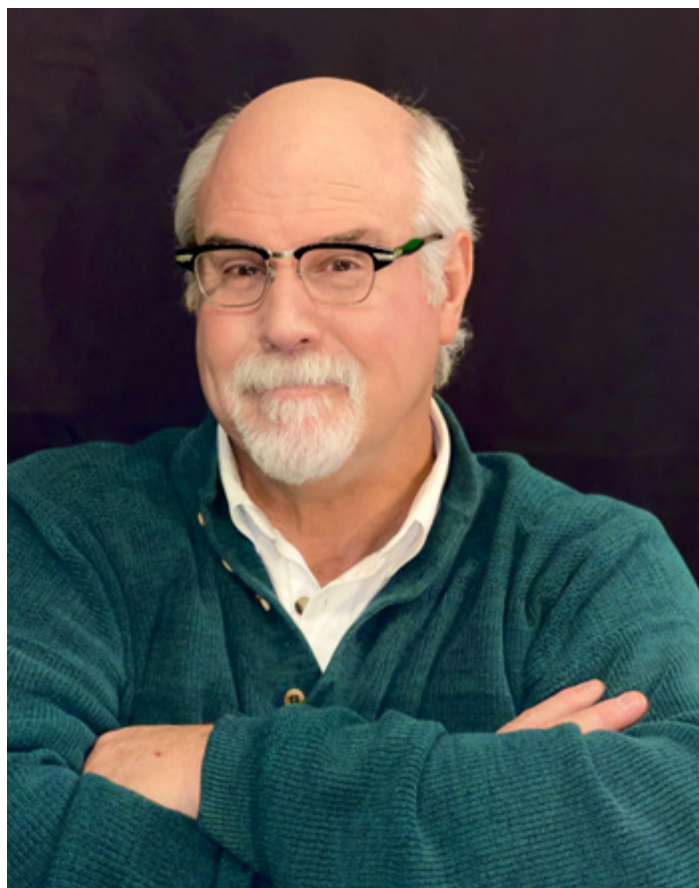
Shaughnessy：设计师通常会去哪里寻找这些信息？他们应该使用哪些文件或指南？

Dack：许多设计师使用公司内部的文档模板，或者从前辈传承下来的经验中学习。我刚浏览了一些客户的设计和制造图纸，发现了很多客户材料规范的例子。其中许多客户会要求特定的 IPC-4101 材料表，并且每次都是相同的材料表——不是 IPC-4101/26，就是 IPC-4101/21。

Shaughnessy：IPC 表示，材料表从来都不是供设计师使用的；而是 PCB 供应商采购及市场营销部门与买家沟通的依据。

Dack：我很高兴听到这一确定回答，因为这也是我的理解。这一切都来自 MIL-S-13949 规范，其中大部分内容已被 IPC 标准所取代。但我们看到一些客户的设计通过使用规格单号来指定层压板，我觉得这是基于行业经验。大多数都是基础的设计，并不需要特定的材料，比如使用普通玻纤环氧树脂层压板即可正常运行，因为设计中并没有阻抗控制或性能要求指定。我们只需在上面印制和蚀刻一些铜，构建电路，就可以运行。

通常只有当进入千兆赫兹范围的超高速设计时，才需要开始考虑损耗正切和介电常数。此时的挑战在于：有多少约束？如果你在当地的样品工厂生产 PCB 设计，他们会以任何你想要的方式生产，双方都会满意；但当想要生产 100 万块 PCB 时，则必须引入低成本约束，因为不可能象生产样板一样不计成本还能



Kelly Dack

盈利。为了最大限度地节约成本，通常在海外完成批量生产。但设计师必须意识到，海外供应商无法获得美国样品生产公司所拥有的所有材料和工艺能力。对层压板材料的成分、性能特征或生产公司的过度指定，造成了可怕的、但可以避免的订购阻力——每天都会使报价暂停。这导致海外 PCB 供应商在进行材料替换之前，必须申请并获得批准。

Shaughnessy：PCB 设计师该如何重新考虑低成本批量生产的材料规范？

Dack：我喜欢用汉堡来比喻。如果我去 In-N-Out Burger 汉堡店，对于汉堡味道，以及它有多少卡路里，我的了解在很小的误差范围

内。我不知道面包、汉堡或酱汁里有什么，但我知道它真的很好吃。你懂吗？

Shaughnessy：你不关注面包、汉堡或酱汁里有什么，因为你不需要关注。

Dack：对。我不关注，汉堡填满了我的胃，我感觉很好，一切都很好。从简单的意义上讲，这与 PCB 的材料规范相同。我说的不是高性能、信号完整性类型的 PCB，而是通用 PCB。正如我所说，我们所做的大约 85% 都类似于流水生产线汉堡，只需要在生产结束时尝起来像汉堡。是的，设计师应该指定材料，但他们不应该过度指定。过度约束是问题所在。我们看到的大多数 PCB 肯定可以在没有指定材料规格单的情况下正常运行。当去海外批量生产时，妨碍采购过程的往往是材料规格单和品牌名称或商标标识。

Happy Holden：理想情况下，材料选择过程应该是与设计工程师、设计师、组装商和制造商的沟通过程。这是理想的。我一直提醒客户不要把这个问题交给 EMS 服务商。EMS 公司只关心 PCB 的表面，他们对内部或叠层不太了解。

Dack：这种沟通是理想的，但现实是，许多 PCB 设计师与样品或海外制造商没有联系。他们甚至不知道谁来制造样品。PCB 设计师与制造和组装其产品的利益相关者相距甚远，几乎没有办法执行可靠的 DFM 流程。玻璃化转变温度 (Tg) 等级规范就是一个很好的例子。如果 PCB 设计者想省钱，就没有必要指定 Tg。

我们的许多客户都有标准说明，我过去也

这样做。我想要最佳质量的 PCB，我总是指定 Tg 为 170—180°C，这是层压板材料的更高温度性能范围。我过去一直都这样做，没有意识到在批量生产中，这将导致成本非常高。项目利益相关者想的是赚钱，而不是花钱。

在为一家裸板供应商和目前为一家 EMS 服务商工作之后，我发现还有其他涉及 PCB 组装的利益相关者。他们知道如何有效地修改材料的 Tg，并将其与 PCB 会经历的热偏移次数相匹配，而这是设计师所不了解的。

例如，多层 PCB 设计在一面有表面贴装部件，在另一面没有表面贴装部件，但有几个通孔部件。这块 PCB 要经过多少次热偏移？顶部要穿过回流焊炉一次，通孔部件也要穿过波峰焊生产线，这就是两次热偏移。如果批量组装供应商有机会将 Tg 更改为 150°C，则有机会实现成本节约。但如果我指定 Tg 为 180°C，则 EMS 供应商必须采购以此标准报价的 PCB。

Shaughnessy：是否有标准或指南包含这些指标？可以通过层压材料供应商的数据表或其他方式获取信息，但你能相信吗？

Dack：从设计师的角度来看，必须保持简单，因为阻碍 PCB 实现批量生产的罪魁祸首是过度指定。如果过度指定，可能会投入不必要的成本。如果我们与供应商合作，将考虑质量、交付和低成本的关系。如果信任供应商，他们就会成为利益相关群体的组成部分，我们可以依靠他们做正确的事情，以正确的方式、使用正确的材料制造 PCB，让每个相关方都能满足要求。

PCB 制造中有很多变量。我们对任何部件的尺寸、公差和规格都有目标。指定了想要

的最终结果，或者最终类型的性能，但却没有告诉制造商如何达到目标，或者如何以正确的方式达到目标。如果我们能够尽可能笼统，让利益相关者有权对材料进行调整，以实现我们概述的性能规范，这将能够灵活地实现成本节约。

PCB制造中有很多变量。 我们对任何部件的尺寸、 公差和规格都有目标。

Shaughnessy：我赞同你的观点；让利益相关者有发言权。

Holden：不幸的是，当你选择元件时，没有关于选择这个元件的制造影响的信息。设计工程师选择元件时，如果混合各种技术——比如通孔、表面贴装和底部有引线元器件——由于排列和组合，真的很难说“做这个，不要做那个”。这就是最好尽早与制造商沟通的根本原因。

Dack：没错。如果用我所说的配方来定义叠层，那么制造商必须像配方一样将叠层的成分放在一起。他们需要按照 PCB 设计师在叠层配方中给出的方式将芯材层和半固化片组合在一起，即使可能根本不合适。他们应该放开对供应商的约束，以便能够使用半固化片或任何他们需要的材料以达到 PCB 的性能和厚度要求。

Holden：快捷生产样品公司靠经验赚钱，他们可以在极快的时间内构建指定的产品。他们是业界的汉堡王——你的汉堡，你做主。快捷生产样品公司会按照客户想要的方式构建 PCB。

这并不一定意味着该 PCB 适合大批量生产。到海外工作的设计师需要花更多的时间与供应商和组装商沟通。如果存在可以让样品正常运行的秘诀，那最好以某种方式将其整合到最终技术规范中。

Dack：了解规格单的术语和结构是一件好事，但在图纸上指定规格单是另一回事。我们必须了解如何指定，了解行业语言，以形成适当、有效的规范。

Shaughnessy：一些设计师说，他们喜欢某些按终端应用分类的材料指南，比如客户是汽车行业，然后就提供一份适合汽车应用的各种材料清单。一站式服务会有帮助吗？

Dack：从某种意义上说，是的，但从将产品从样品阶段转入生产阶段的角度来看，这是危险的。“这是材料规格单，这里有规范，这就是全部信息。”有人认为，这些材料规格单从来不是为设计师而开发。这对我们来说是件好事。

“检测 PCB 是否满足 IPC-A-600 的可接受性要求”，这意味着供应商必须根据 IPC-A-6000 进行制造和检测。这一句话为我们提供了涵盖所有内容的规范。

组装也是如此。我们有 IPC-A-610，其中涵盖了针对所有组件的可接受性要求。它包括每级产品的目标条件、可接受标准和不符合标

准（彩色页）。指定你建议的项目或者是设计中使用材料的索引，可能令人望而怯步。每个供应商都将面对竞争和商标的挑战，所以他们会稍微调整组成，这样就可以绕过规则。

Shaughnessy：目前指定材料的方法效果很好，但如果设计师的指标过于精细，则可能会过度约束 PCB，会在不必要情况下增加成本。

Dack：是的。我可以给你展示。裸板 PCB 制造规范中过度约束领域是材料、尺寸和公差。设计与制造是动态的、主观的；有时你不得不拆东墙补西墙。

裸板 PCB 制造规范中过度约束领域是材料、尺寸和公差。

Holden：材料方面的问题是，销售材料的供应商有理由提供规范和信息。谈到设计，材料是棘手的问题。这种材料是为什么市场设计的？性能、可靠性、生命周期和成本如何？很难记录这些权衡方案。

了解最多的设计师没有时间坐下来写出来，而供应商却有这种动机，因为这将有助于他们销售。设计师不涉及销售，但如果不关注 PCB 生产成本，可能会使用任何 T_g 为 130°C 的材料。他们需要知道关注点在哪里。

Dack：Happy，我同意。PCB 设计师需要“了解该关注什么”。这里有个案例：我从一位客户那里得到了一块 PCB，它经过了多年的演

变。这是一块非常简单的 PCB，一面有碳绕通孔电阻，在底部有表面贴装部件，在顶部有其他表面贴装部件。从热偏移的角度来看，顶部和底部各需经过一次回流焊炉，电阻器的引线还必须经过一次热偏移。对于 3 次热偏移，通常建议使用耐高温的材料。我们也在努力降低成本，通过所做的 DFM 研究提出建议。

“买这个径向引线电阻要花多少钱？”结果是 3 美元，因为它们不像表面贴装部件那样容易采购。我们建议把它换成表面贴装部件，并放在顶部，将另一个表面贴装部件放在底部。我们在单个板表面上获得了所有 3 种部件类型，只需通过回流焊接炉一次，将 T_g 降低 130°C ，并为正在生产的数百万块 PCB 节省了大量成本。

Shaughnessy：我们现在看到越来越多的年轻设计师，对于那些正在寻找指定及选择材料的不同信息资源的人，你会提出什么建议？

Dack：我过去建议设计师去参观 PCB 制造车间，现在他们还需拜访批量 EMS 服务商。通过 EMS 加工传送带上的 PCB，可以学到很多，不仅仅是材料规格单和材料，还包括客户的要求。你将学习拼板和非拼板的知识。

每个设计师都应该拜访裸板制造的利益相关者——EMS、组装商和裸板供应商，然后参与 IPC 培训。这有助于新设计师将它们联系在一起。

Shaughnessy：Kelly，最后还有什么想要补充的吗？

Dack：在我看到的数百种设计中，我怀疑至

少 85% 是普通的多层 PCB，可以使用几乎任何玻纤环氧 FR-4 材料。15% 的设计才是高性能 PCB。换句话说，很少有设计需要超规范和特殊材料。

我们正在讨论创建新的指定材料指南或索引，这实际上只会帮助 15% 的 PCB 设计师。在帮助其余 85% 涉及 FR-4 板的设计师时，还有更大的问题要解决，由于 DFM 不好，我们

无法在生产线上生产这些 FR-4 板。

Shaughnessy：和往常一样你分享的都是非常有价值的内容。谢谢你接受采访，Kelly。

Dack：不客气。作为设计师，“要了解该关注什么”。PCB007CN

智能工厂的 IQ

标准 IQ 测试已经建立多年。虽然这些测试中的内容被巧妙而仔细地组合在一起，但不同的人有不同的“智慧”。那些正在设定 IQ 测试的人很可能会喜欢他们自己拥有的那种“智慧”。然而，人类是非常复杂的。每个人都是不同的，都有各自天生的技术、艺术、社会和其他多个学科技能和能力。把我们所有人组合在一起形成了社会，至少当我们一起工作，互相支持的时候，就形成了相当好的团队。

有人可能会认为，就制造技术而言，整个过程应该简单得多。我们如何评估智能工厂的 IQ？有很多种“智能”应该被视为机器技术和软件自动化的机会。对人类来说，提高 IQ 是相当大的挑战，但在工厂，通过更高的数据可用性和不断发展的软件技术，提高 IQ 变得越来越容易。IQ 较高的人往往以某种特定的方式成为专家。在我们的工厂，我们需要良好的智能平衡，例如，不仅是一台机器可进行机器学习，对特定生产线配置进行闭环反馈，或者对某些物料进行自动化物流决策。

为了评估工厂的人工智能商（artificial intelligence quotient，简称 AIQ），我们需要研究所有可能产生影响的主要因素；也就是

说，利用现有实用技术的程度。例如，可以寻找改进领域的这种方式，通常可以新的方式利用现有数据实现附加功能的自动化，或者更深入地了解潜在问题。



Michael Ford

主要挑战是数据采集和利用之间的关系，这与先有鸡和蛋的难题非常相似。从自动化系统收集数据有很多困难，包括电气连接、协议、数据编码，以及供应商之间不同的语言定义和实现，即使遵循熟悉的传统行业标准也是如此。《IPC 互联工厂数据交换（Connected Factory Exchange，简称 CFX）》是解决电子领域发现的所有这些问题的首份标准，且其适用于所有形式的离散制造。然而，无论选择哪种数据采集方法，都会涉及大量成本的投入，这本身就没有商业目的，因为数据本身在使用之前几乎没有价值。另一方面，为什么要在缺乏数据的情况下开发智能工厂应用，或者更严格地说，在缺乏应用环境甚至一致定义的含义导致数据不可行的情况下开发智能工厂应用。

更多详细的内容，请[点击这里](#)。

选择挠性材料需先做作业

by Mike Morando
PFC

过去十年，挠性电路变得越来越复杂，部分原因是由于不断缩小的设计和元器件的更高速度及信号完整性要求。为挠性和刚挠结合电路选择适当的材料是设计过程的重要组成部分。

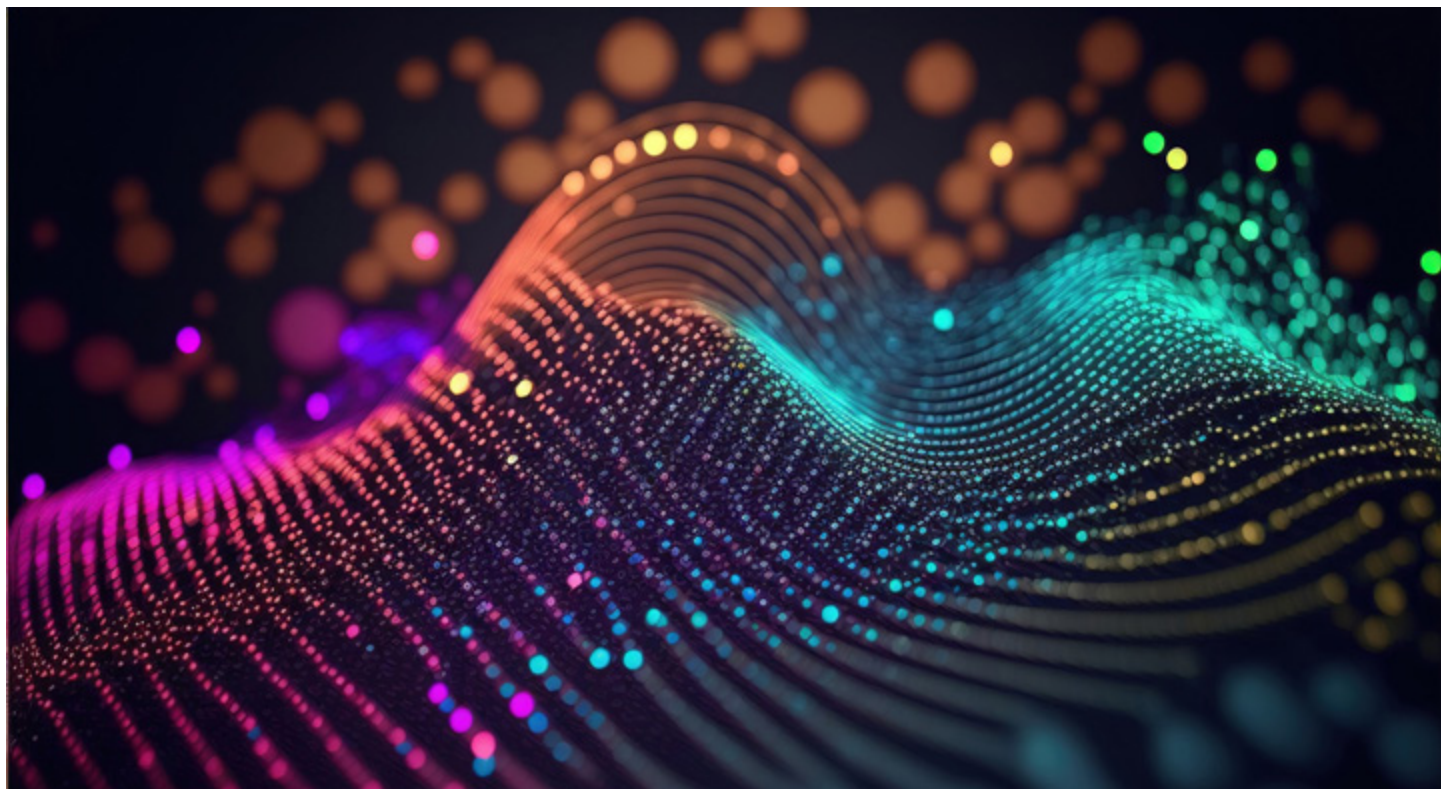
虽然电路的布局可实现设计的大部分电气特性，但材料的选择可能会影响电路的机械和电气特性。材料的选择不仅会影响针对环境的电路设计，还会影响制造和组装过程。

挠性材料选择：综合性

制造商在挠性材料方面的专业知识是真正的财富，尤其是在如今复杂的多层挠性和刚挠结合电路以及高速和信号完整性要求下。我认为，需要与挠性电路制造商合作，沟通电路的各个方面，以及电路可能遇到的使用环境。

以下是应该与制造商讨论的挠性材料要求清单。

- **批准的流程：**供应商通过了哪些工艺并获得了批准？所有挠性供应商都在聚酰亚胺上蚀刻铜，但材料可获取性，以及设备、工艺甚至湿度都会影响挠性和刚挠结合的



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

- **UL 要求：**挠性 PCB 是否需要获得 UL 批准? 供应商的 UL 库中有哪些材料叠层? UL 认证受其提出的叠层所使用粘合剂易燃性的影响。
- **挠性叠层：**聚酰亚胺和铜是基于粘合剂还是无粘合剂? 基于粘合剂的材料使用丙烯酸粘合剂将铜粘附到聚酰亚胺材料上。丙烯酸粘合剂有导通孔开裂和挤出等缺点，且更容易吸收水分。
- **电气特性：**
 - **功率：**铜厚度、温度和粘合剂要求，以满足目前的要求。

- **阻抗 / 信号完整性**：制造商应提出走线、线距和聚酰亚胺厚度，以及适当的粘合剂要求。
- **信号速度 / 低损耗**：在大多数情况下，标准挠性材料的使用速度可达约 10 Gbps。对于 10 Gbps 以上的速度，制造商应推荐替代材料。PTFE 和 LCP 是目前流行的选择。除了基材之外，不同的粘合剂和环氧树脂膜也可以用于层压工艺，以提供低 Dk 和更薄的材料叠层。此外，根据所需的 Dk 值，还需要考虑和测试高速覆盖层。
- **屏蔽**：材料叠层可能需要屏蔽 EMI 或支持高速低损耗解决方案，还可以添加更多的铜层、交叉网格、金属化环氧树脂和一些新的铁覆盖材料。要切记向叠层中添加

L1			LPI Solde Mask	1.00	
			AC 092500	0.35	
				1.00	
			FR 0100	1.00	
L2				0.35	
			AP 7156	2.00	
L3				0.35	
			FR 1515	2.00	
L4				0.35	
			AP 7156	2.00	
L5				0.35	
			FR 0100	1.00	
			FR 7001	1.00	1.00
L6				0.35	0.35
			AP7156	2.00	2.00
L7				0.35	0.50
			FR 1515	2.00	2.00
L8				0.35	0.35
			AP7156	2.00	2.00
L9				0.35	0.35
			FR 7001	1.00	1.00
			FR 0100	1.00	
L10				0.35	
			AP 7156	2.00	
L11				0.35	
			FR 0100	1.00	
			AC 092500	1.00	
L12				0.35	
			LPI Solder Mask	1.00	
			Total Thickness	28.20	9.55

图 1

材料会影响电路的弯曲。

- **弯曲半径：**IPC 标准建议电路的弯曲半径为材料厚度的 10 倍。这可能会影响材料的选择和设计。电路的弯曲可能仅在电路的特定部分。提供弯曲的位置和电路将弯曲的次数信息，供应商应提出通过调整材料厚度来减少所需区域的厚度。
- **温度：**挠曲部分如受到高温会影响所使用的粘合剂。确保与供应商讨论环境问题。通常用铝散热。
- **增强板：**FR-4 是最受欢迎的增强板材料，用于加固 SMT 区域、通孔连接器和 ZIF 连接器接口，但我们根据要求使用额外的聚酰亚胺、以及陶瓷和不锈钢作为增强板。
- **覆盖层和阻焊膜：**覆盖层（聚酰亚胺层和走线上的粘合剂）用于大多数挠性区域，现在随着元器件的缩小，在密集区域使用阻焊膜变得越来越普遍。切记：阻焊膜在弯曲时可能会开裂。
- **镀层：**我们看到对挠性导线连接的要求越来越高。电镀软金或 ENEPIG 是最好的选择。ENIG 是标准组装中最常见镀层。

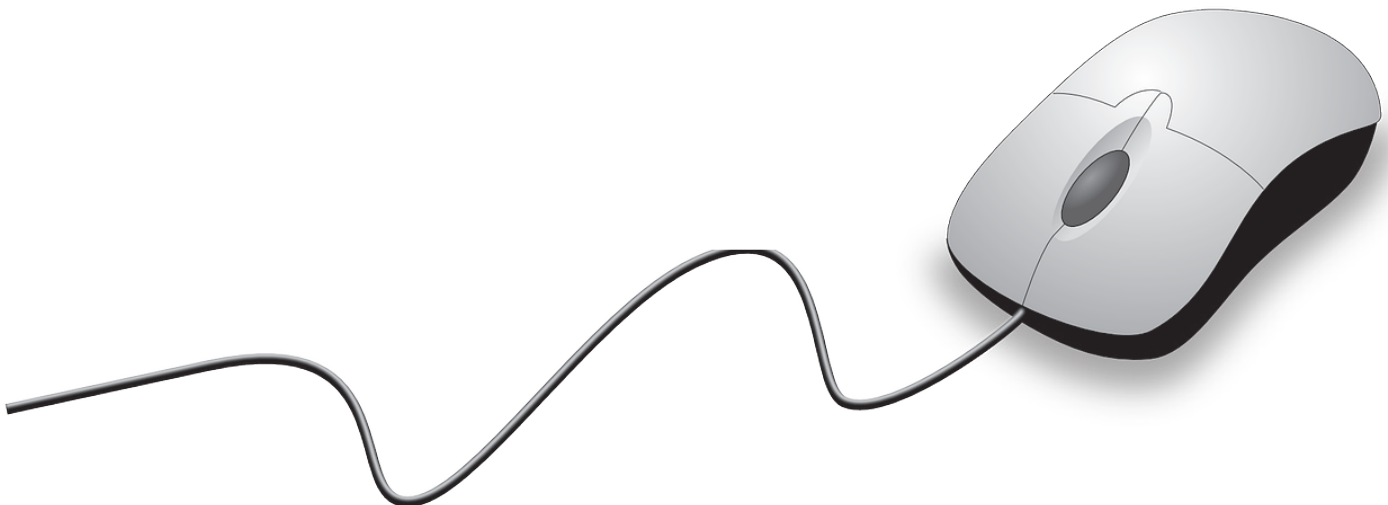


Michael Morando

最终，在与制造商合作并检查此清单后，最终应该能得到满足所有要求的材料。

挠性电路和刚挠结合电路是比标准 PCB 更复杂的解决方案。与刚性 PCB 相比，需要考虑的工艺和环节要多得多。必须与具有行业知识及关系、材料经验以及充分了解应用环境和要求的供应商合作。PCB007CN

Michael Morando 任 PFCFlexible Circuits 公司销售及市场总监。





行业会展

[TPCA Show 深圳展](#)

2023 年 6 月 27 至 29 日
中国深圳

[NEPCON Vietnam 2023 \(胡志明展\)](#)

2023 年 10 月 4 至 6 日
越南胡志明

[一步步新技术研讨会 \(西安\)](#)

2023 年 6 月 29 日
中国西安

[NEPCON Asia](#)

2023 年 10 月 11 至 13 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

[TPCA Show](#)

2023 年 10 月 25 至 27 日
中国台北

[NEPCON China](#)

2023 年 7 月 19 至 21 日
中国上海

[慕尼黑华南电子展](#)

2023 年 10 月 30 至 11 月 1 日
中国深圳

[NEPCON Vietnam 2023 \(河内展\)](#)

2023 年 9 月 6 至 8 日
越南河内

[CPCA 国际电子电路 \(华南\) 展览会](#)

2023 年 11 月 14 至 16 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 6 月号 总第七十六期《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》.....	42
《印制电路工艺验证》.....	52
《柔性电路技术》.....	34
《印制电路设计师指南 - 高性能材料》.....	30
《印制电路组装之智能数据》.....	56
《HDI 手册》.....	70
《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	58
珠海镇东	2
BTU.....	80
Cadence.....	96
Chemcut.....	36
CIMS.....	28
CPCA(华南) 展览会	38
Downstream Technologies.....	86
Gen3.....	72
KYZEN.....	76
KIC.....	6
MKS'Atotech.....	64
MKS'ESI.....	20
NEPCON.....	4
Orbotech/KLA.....	50
Schmoll Asia.....	44

更多精彩内容敬请期待
PCB007中国线上杂志：

七月：电子制造设备与解决方案

制造离不开工具，制造业的工具就是生产设备与解决方案。随着产能扩张的放缓，制造商在挑选设备的时候都开始精打细算。高端制造应用，以及能确实降本增效的方案将收到关注。

感谢阅读 《PCB007中国线上杂志》



扫码订阅