

2017年4月号

I-Connect007
GOOD FOR THE INDUSTRY

pcb007 中国

线上杂志

CHINA MAGAZINE



电子电路制造领域
新技术探索与分析

RealTime^{with}...

EXCLUSIVE EVENT COVERAGE 独家展会报道

全球唯一的行业盛会实时在线报道。

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



I-Connect007
GOOD FOR THE INDUSTRY

RealTimewith.com



未来已来

——电子电路制造领域新技术探索与分析

by Edy Yu

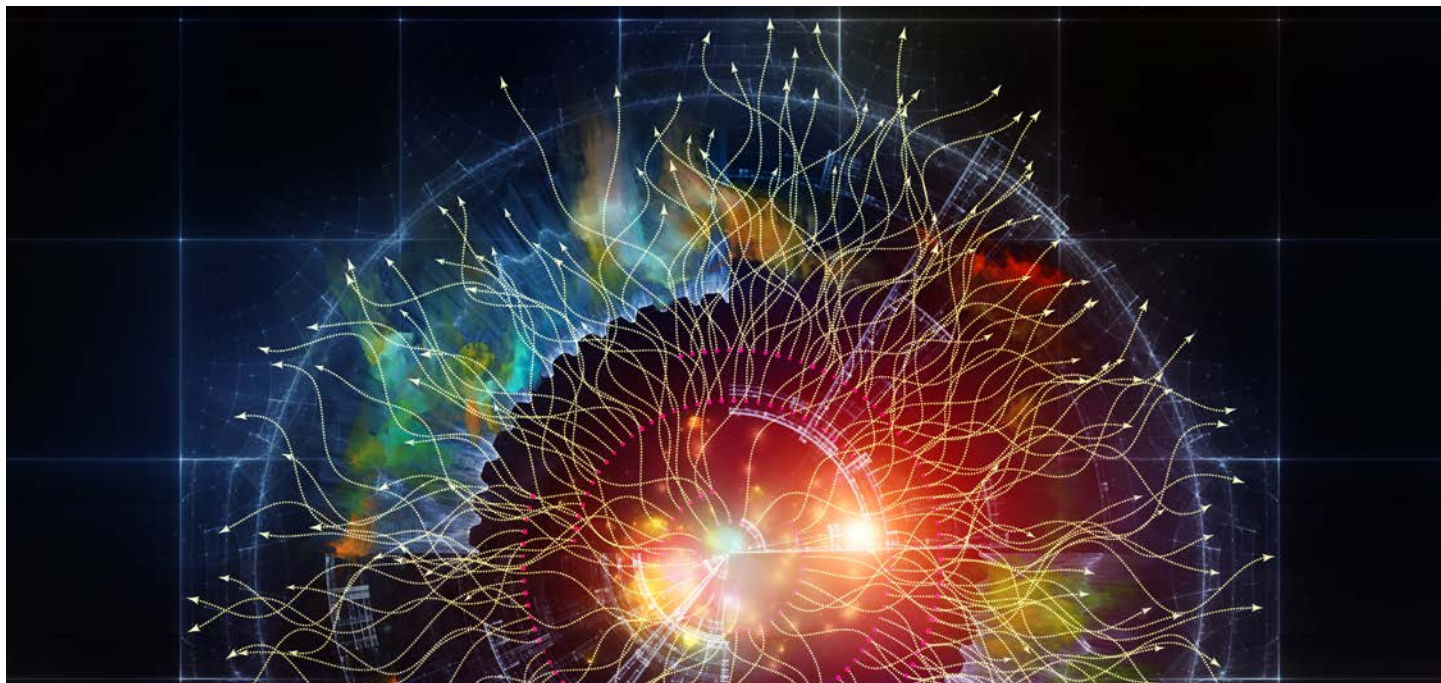
I-Connect007

人们在谈论新技术的时候，不由自主地会与过往做一些比较。我们的PCB杂志英文版主编Patty Goldman可以算是PCB领域的老人了，她还是IPC名人堂成员。所以这期杂志的开头我想引用一些她的话。

Patty Goldman：“时间回到1980年初，那时我在康涅狄格州丹伯里为一家小型的印制电路板制造商工作。我们都很喜欢新的东西，没有人想去制作标准的印制电路板，只想做疯狂和不可能东西。我们做过全板软金（用于引线键合）；在早期做电子手表时期，我们为TI和Timex制造了第一批电路中的90%（完全镀金）；我们还尝试过Omega®材料和嵌入式电阻器；我们曾为IBM大批量制造5 mil 的内层线路，还做过2 mil线距的多

层板样板（需要提醒各位的是，这可是在30多年前）；我们制造了第一个（或接近第一）聚酰亚胺镀金载芯片多层板，其中有42个金线键合的芯片（HP）。当谈论到新技术的时候——我们可是内行。

现在，我们已经见识了所有技术或者开发出终极技术了吗？不，还差得很远。随着技术的日新月异，与行业密切相关的设备、材料和化学品供应商也在不断进步，从而帮助整个产业进行次世代的伟大创新。我们处于物联网的前沿，这是第五次工业革命，这次革命是自发的，它连接了所有东西，这在十年前来看是难以想象的。这是一项艰巨的工程，前进的脚步不能停止，那些渴望寻求一份朝九晚五工作的人，很可能不适合



参与其中。那么您准备好继续前进，达成下一个目标了么？……”

让我们回到本期的内容。

我们的技术编辑Pete Starkey与Nextgin Technology BV的Joan Tourné进行了一场非常有趣的采访。Joan谈到了一个他称为垂直导电结构VeCS的互联技术。通过这项技术，利用现有设备和工艺就能实现更高的互联密度。由于该技术可以减少材料，因此能降低成本，同时还列举了一个关于这项创新技术有趣的例子。

显然，在近期的这些新技术中，最具有重大意义的一项是喷墨打印阻焊层技术。你可能会问说，“喷墨？这不是个新东西啊，阻焊剂？这也不是新东西啊。”但是将这二者结合起来，就是一项巨大的挑战，这样的技术是走在世界尖端的。因此，我们给您带来一些关于这个主题的文章和采访。

来自位于荷兰Meyer Burger BV的Henk Goossens，从设备的角度精彩地介绍了关于阻焊剂直接数字喷墨打印主题。不需要类似于照相底图、显影和废物处理的步骤，并且减少了用料和加工时间，这一切都是为了节约成本，当然我们都更渴望直接喷墨打印技术。

我们的出版商Barry Matties带来了一篇访谈，讨论了Taiyo和Schmoll一起开发的一种直接打印设备兼容喷墨阻焊油墨技术，以及两者之间形成的材料/设备伙伴关系。Berkle (Schmoll的美国经销商)的Dick Crowe做了一个非常好的背景介绍。Taiyo的John Fix以及Custer Consulting的Walt Custer参与了访谈。

Barry Matties和Pete Starkey还采访了Agfa的Frank Louwet，Frank Louwet提到了Agfa与Electro Polymers公司正在开发纳米粒子油墨。我们可以从这些访谈中了解到大量关于阻焊油墨和喷墨制程的信息。

EIPC的Alun Morgan向我们展示了他们最近关于印制电路板生物微机电系统，又名印制电路板

芯片实验室 (PCB-on-a-chip) 系统专题研讨会的报告。在25%年复合增长率的情况下，生物微机电系统设备毫无疑问是市场新热点所在。这篇内容详实地提供了诸多信息，印制电路板制造领域的人士都应该阅读这份报告。

RBP Chemical Technology 的Michael Carano深入研究了金属化难镀difficult-to-plate基材，他使用了化学镀铜技术来解决问题。和往常一样Michael总是在文章的最后，以故障排除信息和一些实用的建议来结尾。

接着，NTI的Keith Sellers讨论了各种测试方法，以确保您收到或发货的印制电路板符合要求。他从基本的进货检验，到横截面、热应力测试等方面深入分析，来确保基材的特性能够适用于当前生产。

我们的技术专栏作家Happy Holden将继续他的工程师的25个必备技能连载，本次带来的是质量管理的第一部分。作为富士康的前CTO，在质量管控方面的经验非常值得我们学习与分享。

我们的PCB组装与设计专栏依然为大家带来了不少内容，其中包括工业化4.0、测试、热风险管理与新的设计工具应用。千万不要错过。

到此，您已经差不多了解了我们四月号的内容了。这么多的高科技内容，非常值得花时间好好消化一下，说不定还有一些可以立即启发您，并付诸于实践。

谈到新技术就不得不提人才培养的问题，从最近关于行业[人才招聘调研](#)中就发现，业界担心缺乏熟练合格的技术人才。IPC总裁John Mitchell先生在上期就提到过[新兴技术创新要着眼于技术人才的培训](#)。

下个月我们的主题是“挠性电路的狂野世界”。请继续关注，了解关于挠性板的一切信息——从挠性板的各种类型到材料。我们保证这个主题绝对值得细细品读，如果您还未订阅本刊，请立即[免费订阅](#)，确保第一时间收到我们的刊物！

WKK *Since 1975
the best for you*

自动预对位的冲孔机

ATP-1000Auto PE冲孔机

板尺寸范围: 12"×14" ~ 24"×28"

模具: 4槽+4圆孔, 4圆孔

冲孔槽定位精度: $\pm 0.001"$

冲孔槽重复精度: $\pm 0.0005"$

冲孔圆定位精度: $\pm 0.001"$

冲孔圆重复精度: $\pm 0.0005"$

影像到孔的精度: $\pm 0.0005"$ (板中心)

液压输出: 最小12吨

速度: 8-10片/分钟

Camera: 2 or 4

电力: 380V 3 ϕ

气压: 20cfm, 100PSI, 1/2"管



香港集团总部

香港九龙湾临泽街8号
傲腾广场17楼
电话: +852 2357 8888
传真: +852 2341 9339
电邮: wkk_hongkong@wkk.com.hk

深圳公司

中国广东省深圳市福田区
新洲南路新洲花园大厦裙楼3楼
邮编: 518048
电话: +86 755 8348 8888
传真: +86 755 8348 8899
电邮: wkk_shenzhen@wkk.com.hk

WKK

www.wkkdistribution.com

成都公司

中国四川省成都市成华区
建设路9号高地中心1205室
邮编: 610051
电话: +86 28 8432 3383
传真: +86 28 8432 3263
电邮: wkk_chengdu@wkk.com.hk

上海公司

中国上海市普陀区金沙江路
1340弄172支弄14号1号楼
邮编: 200333
电话: +86 21 5283 3303
传真: +86 21 5283 3028
电邮: wkk_shanghai@wkk.com.hk

重庆公司

中国重庆市九龙坡区科园
一路6号渝高未来大厦17-3室
邮编: 400039
电话: +86 23 6819 3303
+86 23 6819 3363
传真: +86 23 6819 3353
电邮: wkk_chongqing@wkk.com.hk

北京公司

中国北京市经济技术开发区荣华中
路10号亦城国际中心B座1801室
邮编: 100176
电话: +86 10 5778 0051/
5778 0052/5778 0053
传真: +86 10 5778 0059
电邮: wkk_beijing@wkk.com.hk

江西公司

江西省南昌市湖滨南路99号
凯美开元名都大酒店裙楼六楼602室
邮编: 330077
电话: +86 791 8612 0833
传真: +86 791 8612 0832
电邮: wkk_jiangxi@wkk.com.hk

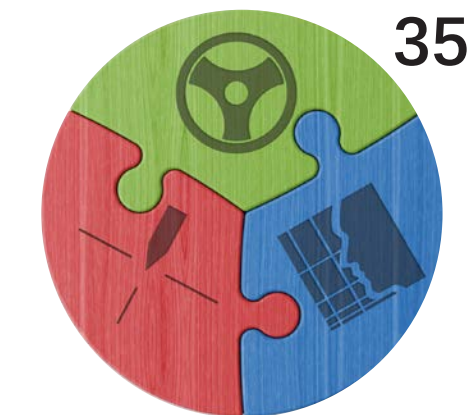
西安公司

中国陕西省西安市高新区
唐延路1号旺座国际城D座2206室
邮编: 710065
电话: +86 29 8928 1076
传真: +86 29 8928 1079
电邮: wkk_xian@wkk.com.hk

苏州公司

中国江苏省苏州市高新区邓蔚路
9号润捷广场北楼901室
邮编: 215001
电话: +86 512 6807 8793
传真: +86 512 6807 8795
电邮: wkk_shanghai@wkk.com.hk

**MULTILINE
TECHNOLOGY INC.**



电子电路制造新技术

随着发展的脚步越来越快，我们的设备、材料和化学品供应商也卯足了劲，带来了众多的新产品、新技术，来帮助我们实现下一个伟大的飞跃。第五次工业革命的大门已经向您开启，准备好了吗？本月，我们专栏作家将带您向前迈进一大步。

认识未来！未来已来！

专题文章：

- 9 垂直导电结构高密度印制电路互连新思路
作者 Pete Starkey
- 15 工业4.0——喷墨技术正在改变PCB制造的世界
作者 Wouter Brok, Klaus Ruhmer, Henk Goossens
- 23 EIPC召开PCB生物微机电系统专题研讨会
作者 Alun Morgan
- 29 喷墨打印阻焊剂
采访Frank Louwet与Mariana Van Dam
作者 Barry Matties, Pete Starkey
- 35 三合一的力量：针对北美的阻焊解决方案
作者 Dick Crowe
- 37 John Fix：太阳油墨最新材料和产品动向
作者 Barry Matties

特约专栏：

- 45 你的根基有多牢固？
作者 Keith M. Sellers
- 47 金属化难镀基材
作者 Michael Carano
- 51 电镀铜通孔填充对通孔几何结构的影响
作者 Ron Blake, Andy Oh, Carmichael Gugliotti
Bill DeCesare, Don DeSalvo, Rich Bellemare



NEW!

pcb007 中国

线上杂志

I-Connect007
GOOD FOR THE INDUSTRY

I-Connect007为您带来全新出版物：PCB007中国线上杂志。提供丰富的全球视野，符合中国读者口味的内容。每月专栏，技术文章和大量采访深受广大PCB制造商的欢迎。本出版物的目的是帮助中国PCB制造商提高生产效率和盈利能力。

PCB007中国是电子杂志，可免费下载或按需打印。



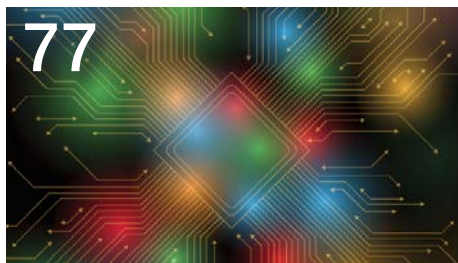
我们的广告计划让您的市场营销预算发挥最大效益，您得到的不仅仅是一个广告位。我们推荐您订购750美元/月的标准套餐，该套餐将为新客户提供全面的市场覆盖。

更多信息，欢迎联系我们的销售团队。✉ 大中华地区: Edy Yu edy@iconnect007.com.

✉ 全球: Barb Hockaday barb@iconnect007.com.



扫码免费订阅



更多内容

独家连载

- 59 25项工程师必备技能——
全面质量管理(六西格玛与统计分析工具)第一部分
作者 Happy Holden

PCB组装专区

- 67 工业4.0，新时代之追求
作者 Rich Heimsch

- 69 IPC标准表面绝缘电阻测定
和离子污染测定结果发散性的研究
作者 K. Tellefsen

PCB设计专区

- 77 激动人心的新技术：热风险管理
作者 Doug Brooks, PhD

- 83 新功能助力提高设计者的生产力
作者 Barry Olney

网站亮点

- 14 供应链新闻热点
44 电子行业新闻
66 军工航天007新闻热点

其他栏目

- 87 行业活动日历
88 广告索引、下期预告
工作人员名单

行业短篇报道

- 13 2025汽车驾驶舱和客舱战略
21 西班牙科学家制造3D生物打印机
打印人体皮肤
28 加层法制造：
可伸缩电子产品的新转折？
50 NASA为研究早期太阳系制定了两个探索任务
Lucy 与 Psyche
68 电子铜箔2017年间新增产能调查结果公布

CPCA 2018
SHOW



第27届中国国际电子电路展览会

China Int'l PCB & Assembly Show

March 20-22, 2018

国家会展中心（上海）

**National Exhibition and
Convention Center (Shanghai)**



展览联络：
CPCA展览部



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

Tel: +86-21-54900077

Fax: +86-21-54904537

E-mail: cpcashow@ying-zhan.com

QQ: 800 055 702



关注微信 更多分享

www.cpcashow.com

垂直导电结构

高密度印制电路互连新思路

by Pete Starkey

I-Connect007

在之前的谈话中，我了解到Joan Tourné正在研究一种新型高密度互连概念。我一直找机会想和他深入探讨一下这项技术的各个细节，在他告诉我他的专利已经获得认可，所以他可以公开谈论VeCS（垂直导电结构）的时候，我十分高兴。垂直导电结构设计是为了给细间距栅格阵列组件的复杂性扇出提供一个低成本替代方案。

Tourné在高端PCB技术方面有长期从业背景，他在荷兰Mommers Print Service公司担任了多年的技术指导，之后去了Viasystems公司出任技术和业务总监一职，鉴于他强大的专业背景，我很好奇他的最新业务是关于什么的。

Starkey : Joan，很高兴能够再次访问你。跟我们介绍一下Nextgin Technology BV吧。

Tourné : 好的，Pete。我也很高兴见到你。

Nextgin是一家荷兰的无晶圆厂公司，秉承着“勇于实践、梦想成真”的宗旨，这家公司在设计制造高端电路方面有着丰富的经验。我们正在为需要提高产品性能或降低产品成本的半导体封装和印制电路板行业的合作伙伴研发互连解决方案。现阶段我们在数据通讯、电信和数据处理市场中挑选出一小部分OEM，与他们合作设计并检测我们的VeCS技术。

Starkey : VeCS的研发原理是什么？可替代性PCB概念的需求是什么？

Tourné : 现有的HDI技术中最大的局限性就在于垂直互连的密度，这种密度可以在略过逐次积层（SUB）中许多步骤的情况下实现。栅格阵列封装在推动着PCB复杂性的发展，而PCB制造技术却发展迟缓。通孔技术占据了大量空间，可眼下我

们已经没办法让通孔间距再缩小了。逐次积层(SUB)这一解决方案的成本相当高,而且随着积层的复杂性不断增加,产量也会随之减少。微间距栅格阵列导体分布的难度也在不断加大,这也大大限制了封装的发展。封装内核里电力分配的难度也越来越大,成本在不断提高。



Joan Tourné

Starkey : 那么你们设计的“垂直导电结构”概念是怎么突破这些局限的呢?

Tourné : 我们不仅能通过在较小空间内装入更多垂直连接来实现更高的互联密度,同时还能提高栅格阵列组件底下的导体分布密度。完成这些不需要减少导线的线宽和间距,这样就能利用更好的信号层和更高的栅格阵列封装内外载流,来维持高传输速度以及增强信号完整性。也正因为我们没有使用逐次积层(SUB)技术,成本也随之降低。

Starkey : 听起来真不错。这项技术都有哪些关键特点呢?

Tourné : VeCS基于一种特殊形成的孔。这种孔相较通孔和微孔,可以用更小的空间连接到多个内层,给诸如BGA之类的阵列组件下方区域的导体分布腾出更多空间。举个例子,间距为0.65 mm的BGA能成功使用VeCS布置,相比传统通孔扇出是不可能实现的。VeCS对接地、电源层和参考层造成的干扰更少,结合传统通孔技术,就可以在BGA下面减少到只剩几个铜片。目前,我们在生产中使用的试验模型孔距为0.4 mm,使用的是单层层压工艺。

Starkey : 从PCB制造商的角度来看, VeCS技术是否需要大量的资本投资或十分不同寻常的工艺化学吗?

Tourné : 不需要,这两个都不需要。这项技术不需要直接使用到新的设备投入,并且在适当的培训和获得执照后,任何高端线路板工厂的现有生产能力都可以应用这项技术。

Starkey : 那这种特殊的孔是怎么形成的呢?

Tourné : 有好几种方法可以选择,我来说说最基础的一种:钻一排紧挨着的孔,直径范围在0.1 mm到0.5 mm之间,然后用材料细网将这些孔隔开。再使用钻孔、铣削或激光切割的方式把这些材料网移除,为了实现最佳配准,整个过程最好在同一台机器上进行。整个结构一旦形成,就用标准PCB工序对其进行清洗、金属化和电镀,之后再对导线的表面进行成像和蚀刻。最后,通过

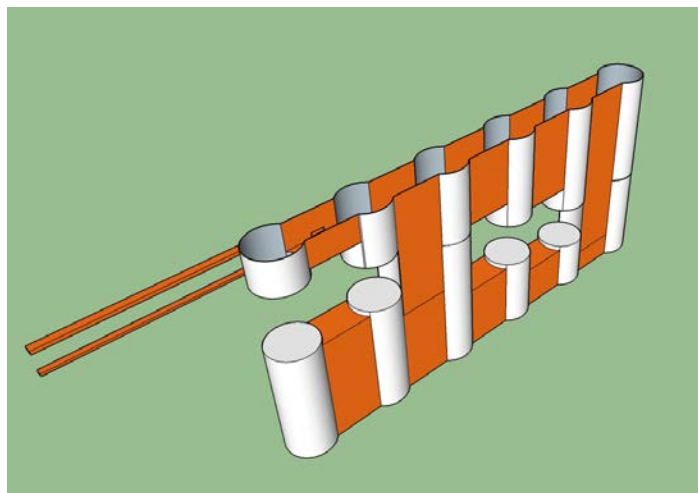


图1: VeCS示意图

钻孔将电镀孔里的铜选择性移除，留下垂直的铜作为导电路径。也许你需要看看示意图，好把我说的这些转化为图像。

Starkey : 这和传统的通孔互连有什么区别？

Tourné : 这种孔被一条垂直的导线或半圆体代替了。垂直的导线更利于信号传导的完整性。根据不同的应用方式，这种结构可以被填孔或外层电镀。在给定的表面区域可以建立更多的垂直连接，为了控制阻抗，信号导线和接地导线可以在孔内设计成相对的样式。另外一个优点是垂直导线间不存在CAF路径。

Starkey : 你刚刚提到了节省成本。和传统结构相比它能节省多少成本？又是在哪些环节节省的这些成本呢？

Tourné : 我们通过更有效利用导体的分布空间，减少了线路板的层数，从而降低了成本。我们提供设计分析服务，来证明VeCS可以帮助你节省多少成本。随着对昂贵材料使用的增加，降低BOM（物料清单）上的成本变得越发重要。去年的多项分析调查显示，我们能将成本降低15%到40%。以后，我们会在文章中刊登一些成本降低的案例分析。

Starkey : 你在VeCS技术这条路上还要走多远？

Tourné : 自从这项技术的概念得到最初验证以来，我们取得了很大的进步，我们还会继续与各大OEM和制造商密切合作。这里分享一个制造实例：MEGTRON6上一个层厚为2.2 mm的12层测试板，分布着直径为0.5 mm、0.75 mm、0.8 mm 和 1.0 mm 的BGA。我们将这种结构的样品放置在288 °C的温度下进行六次回流循环，没有发现互

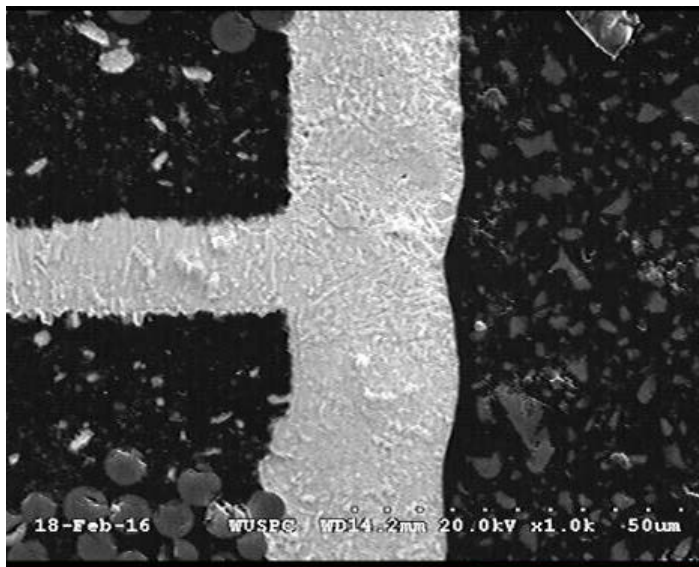


图2：内层互连的横截面

联失效的迹象。在288 °C的温度下进行六次焊接冲击，得到的结果和之前相同（图2）。之后我们使用菊花链测试板，先进行了多次回流循环、再进行热循环直至失效，和通孔样品得到的结果相同。至于阻抗控制和信号完整性，我可以给你看看BGA下方区域一些非常好的TDR轨迹。

Starkey : 关于设计呢？有没有任何一家主要的CAD供应商具备基于VeCS技术设计产品的能力呢？

Tourné : 目前我们有两家CAD软件公司正在研究这项技术，并且他们已经具备了设计能力。他们已经看到了这项技术的优势并且会继续探索VeCS技术。我们还开发了一些CAD系统中的变通措施，如图4所示。虽然还需要进行一些手工操作，但我们可以展示这项技术并且能体现出VeCS的优势。我们还可以对你首选的PCB供应商进行资格培训，并且根据许可协议给OEM提供培训。

Starkey : Joan，非常感谢你能抽出时间给我做详

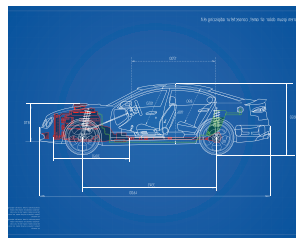
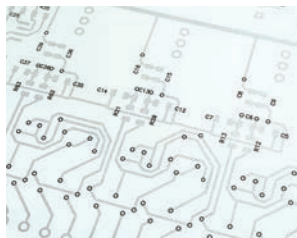
MACDERMID ENTHONE CHEMISTRY & MATERIALS

全方位支援

电子供应链

电子供应链

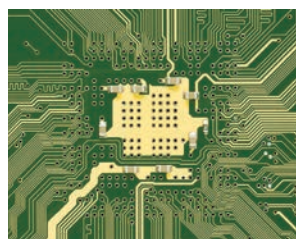
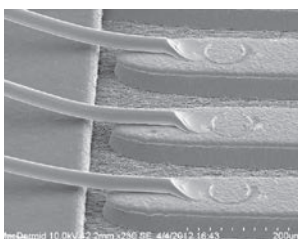
设备设计



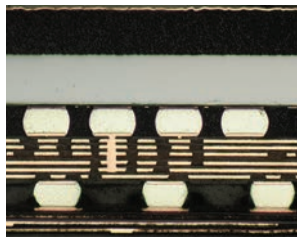
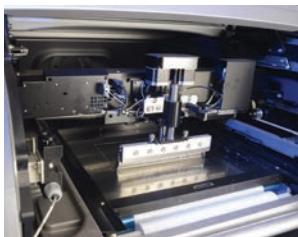
材料供应



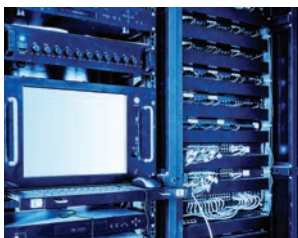
电路制造



零件装配



原产设备



终端用户



MacDermid Enthone

ELECTRONICS SOLUTIONS

www.macdermidenthone.com/electronics

A Platform Specialty Products Company

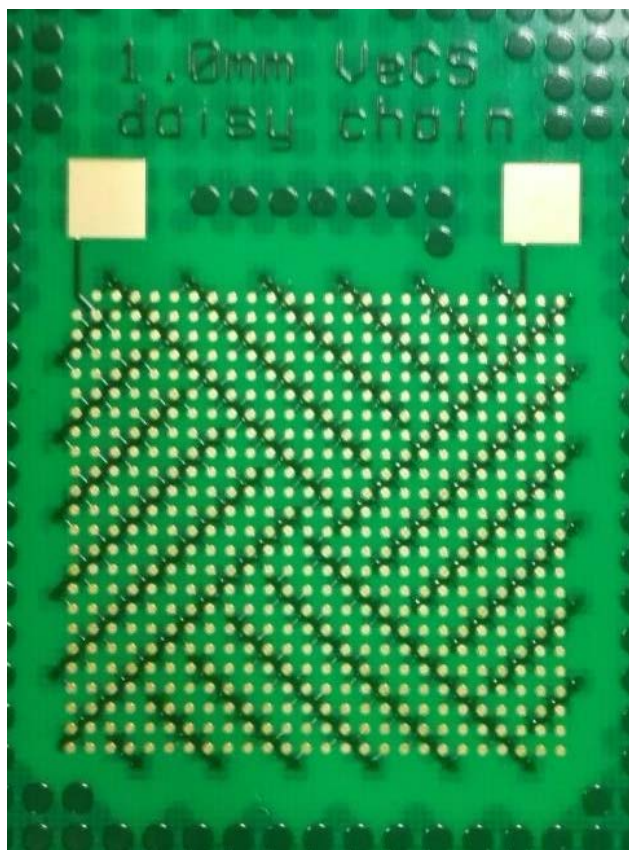


图3：线路板上菊花链间距为1.0 mm，使用了VeCS技术，此技术用于互连可靠性测试。线路板的生产和测试由WUS(沪士)完成。

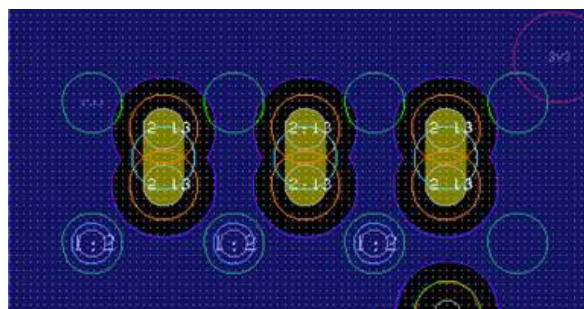


图4：Altium设计系统中的VeCS技术

细地介绍，我相信它将来会成为一项颠覆性的PCB技术。

Tourné：也谢谢你对这项技术感兴趣，Pete。可惜我只给你讲述了这项技术的冰山一角。希望你对我们这项技术的基本原理有个大致的了解。关于VeCS技术的操作、应用机会和未来规划我还有好多想进一步说明。如果你的读者中有一些设计师和制造商会对这方面感兴趣，我很乐意写一个专题系列来详细介绍这项技术。

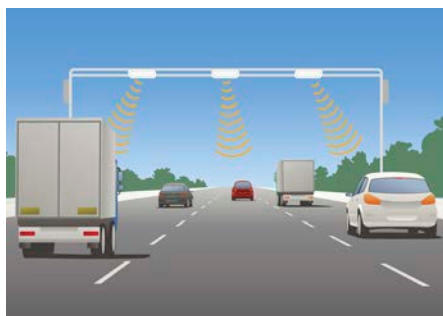
Starkey：谢谢你的提议，Joan，这个提议很值得去实践。再次表示感谢。PCB

2025汽车驾驶舱和客舱战略

2025年客车销售中，有四分之一会搭载数码仪表、专用乘客信息娱乐系统，以及具有支付功能的综合生物识别设备。

原始设备制造商（OEM）正在努力设计相应的组件，以符合快速变化的技术趋势和满足客户的期望。

研究表明，技术进步将影响到驾驶舱的每个部件，专用仪表组合和信息娱乐屏幕将迎来新的旅行体验时代。



领先厂商采取了各种策略，以获得市场份额和竞争优势，包括康宁开发的光扩散纤维，将发光二极管分别编织到内饰面料，成为环境照明的替代方法；飞利浦与巴斯夫合作开发的太阳能动力，有机发光二极管透明车顶

等。Praveen说：“生物识别技术将是未来驾驶舱和客舱的一个组成部分，原始设备制造商和供应商应与创新的生物识别公司建立伙伴关系，或资助相关的新兴创业公司。

1. [松下商业化汽车用高耐热性电路板材料](#)

松下公司生产的高耐热性无卤素多层电路板材料将有助于提高汽车ECU电路板的可靠性，即使直接安装在发动机上也能稳定运行。

2. [化学槽中的麻烦：导通孔和机械钻孔第二部分](#)

在本月的“化学槽中的麻烦”中，我将进一步探索钻出良好的孔所需的关键参数，并提供有关此操作所需的一些鲜为人知的参数信息。

3. [成为最佳PCB销售代表的七种方式](#)

大多数销售代表公司并未想要在他们的领域和行业中变得众所周知，这是很不好的，因为如果你让所有人都知道你是非常好的销售代表公司，生意就会更好做。获得新客户、合作伙伴和最重要的委托人将变得更容易，委托人会络绎不绝。

4. [Isola与Tech Knowledge签署分销协议](#)

Isola与总部位于以色列特拉维夫的Tech Knowledge (Yeda Tech) 签署了分销合作伙伴关系协议，以销售Isola的产品，Tech Knowledge成为了以色列国内的Isola独家经销商。

5. [Advanced Copper Foil获得新产品聚合型 \(Poly-Supported\) 铜箔的非临时专利](#)

Advanced Copper Foil获得了被称为ACF-SCREEN的聚合型 (Poly-Supported) 铜箔的国际专利。该专利是非临时性的，编号为PCT / 050938。

6. [Park Electrochemical任命Frank Alberto为亚洲事业部总裁](#)

Park Electrochemical公司任命Frank Alberto, Jr.为位于新加坡Nelco Products Pte亚洲事业部总裁。Alberto将向Park公司总裁兼首席运营官Chris Mas-

trogiacommo报告。Alberto接替的是退任总裁Ron Brett。

7. [Ventec的Martin Cotton在2017年DesignCon上展示用于高速低损耗应用的超低Dk PCB材料](#)

作为世界领先的聚酰亚胺和高可靠性环氧层压板和半固化片生产商，Ventec International于1月31日至2月2日在加利福尼亚州圣克拉拉举行的2017年DesignCon展会上作为#118展位的参展商和技术主持人参加了展会。

8. [使用Aismalibar材料的新车在北美国际汽车展上展出](#)

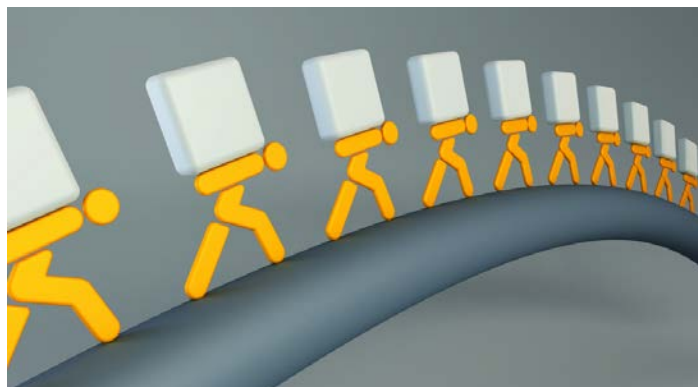
AISMALIBAR邀请您莅临北美国际汽车展，参观在照明系统中使用了Cobritherm Ultrathin和Flextherm绝缘金属基材的新车型。

9. [CCI Eurolam任命Detlev Kübler为新的德国销售经理](#)

Detlev Kübler于2017年1月1日加入德国CCI Eurolam公司，担任销售经理职务。

10. [松下商业化挠性多层低传输损耗电路板材料](#)

松下挠性多层低传输损耗电路板材料专为高速大容量数据传输而设计，适用于较薄的移动设备。



INDUSTRY
4.0

工业4.0

喷墨技术正在改变PCB制造的世界

by Wouter Brok, Klaus Ruhmer
and Henk Goossens

Meyer Burger (Netherlands) B.V.

介绍

当德国人在2011年创造了“工业4.0”这个术语时，很多人并不清楚它实际上代表什么意思。虽然对于其含义中各种细微差别的争论仍在进行，但其中有一个方面是无可争议的——“计算机化制造”是它的核心。许多行业的制造技术正在不断变得越来越数字化，这也适用于PCB制造。有一些制造步骤甚至提供了令人难以置信的数字化潜力。其中一个主要的例子是使用工业喷墨技术应用阻焊剂材料。

阻焊油墨打印

目前用于阻焊油墨应用的制造标准涉及以下几个工艺步骤，其对于成本有显著的影响：

1. PCB预处理

2. 全板涂覆（例如幕涂）

3. 图案压膜制造（光掩模）

4. 紫外线曝光

5. 显影

6. 后固化

使用最先进的数字喷墨印制技术在PCB板上形成阻焊层，可以减少工艺步骤的数量：

1. PCB预处理

2. 数字喷墨打印，包括原位UV固化

3. 后固化

使用这种简化的制造工艺，好处是显而易见的。除了所需的设备占用资金和相关的劳动力成本减少外，数字化工艺还显著减少了加工过程中化学品的使用，因此也减少了相关的管理和处理成本。总的来说，其环境效益巨大。最后，也是

Phoenix Fi

专为终检而设计的AFI系统

可检测低至 $10\mu\text{m}$ 的线宽/线距

可检测金属、防焊及文字上的缺陷

快速且直观的设定

可连接自动化设备



康代微信公众号:
camtekchina

如需了解更多资讯，
请联络当地康代销售代表，或关注康代微信公众号。

康代影像科技(苏州)有限公司 | www.camtek.com





图1：PCB阻焊油墨应用的传统工艺流程



图2：使用数字喷墨打印机直接形成阻焊层的工艺流程

最重要的，是减少了制造时间，这是当今快速发展的电子业务中的重要能力。

喷墨的独特特性

喷墨技术广泛应用于全球的家庭和办公室中，用于传统的打印应用。虽然现代工业喷墨应用的基本概念与打印机基本一样，但实际上还是存在显著的差异。喷墨技术在工业上的使用很大程度上由需要沉积的材料类型来决定。工业打印机需要沉积诸如抗蚀剂、粘合剂、导电油墨、聚合物等材料，而不是传统的墨水。

喷墨是一种选择性涂层技术。这意味着材料仅在需要的地方沉积。在打印焊料掩模时，不仅能减少材料消耗，还能避免施加在通孔和难以去除或不需要的区域中的阻焊材料。在显影步骤中从高纵横比的孔中冲洗出未固化的阻焊材料非常困难，是PCB行业中众所周知的挑战，而通过喷墨打印则可以完全避免。

使用喷墨技术直接按照需要的图案打印阻焊材料使得不再需要使用光刻工艺。因此，曝光后的显影也不再需要，这带来了巨大的好处是该技

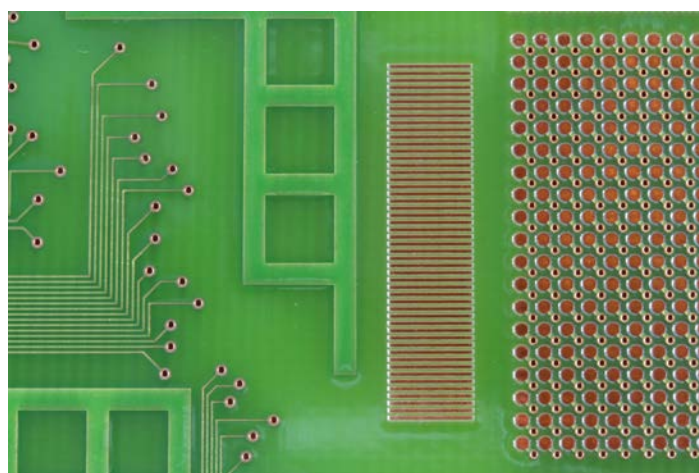


图3：使用喷墨打印阻焊层的电路板的例子

术完全消除了会造成洗掉IC触点之间的小型阻焊层的风险。

喷墨的另一个独特的特征是灵活性。它不仅可以处理不同的表面，还可以进行不同的表面处理。此外，还可以实现不同的层厚度，以及沉积不同的材料。

喷墨技术的数字本质还能提供与图案对准和缩放相关的重要优点：数字打印图像不仅可以准确地对准底层图案，而且还可以根据需要缩放。

特别是在具有不同工艺要求的苛刻制造条件下，这种灵活性对于低成本生产是至关重要的。

喷墨打印的成本效益

如同往常一样，在充满挑战的制造业中，“成本为王”。根据PCB制造商的运营数据，我们能够对与直接打印阻焊材料相关的实际成本节约进行探索。

显而易见，当与上述传统光刻工艺进行对比时，喷墨工艺对于许多成本因素具有很大影响。首先，设备的固定资产投资就是一个大头。其次，传统加工工序中包含更多消耗材料成本，包括光掩模和干膜所需的附加化学品，以及其废料处理成本。在大多数运营中，水的消耗、废水处理和溶剂回收的成本都很高。不那么显著的成本因素有劳动力成本和占地面积。除了能够节约成本，喷墨工艺还能够在劳动力和工厂空间相同的情况下增加产量。传统工艺对环境的影响难以量

化，因此不被认为是一个直接成本因素。然而，举一个例子，想要获得进行大规模光刻工作的新工厂空间的许可会非常困难。再加上能够消除上述传统工艺所增加的成本，喷墨打印的成本优势得到了进一步强化。

阻焊材料打印设备要求

图例墨水喷墨印制已经被广泛接受；PCB行业已经熟悉数字制造，并了解其优点。然而，能够用于批量PCB阻焊油墨打印的喷墨设备解决方案具有与图例打印机明显不同，有一些非常具体的要求，如其中包括高精度并且能够快速移动的平台，高精度视觉系统和光栅图像处理等。在批量生产系统中，所有这些部分都需要以最好的质量和生产率以及成本最低的方式进行组合。图4示出了阻焊剂打印机的不同部件。

制造的设计通常通过CAD程序生成，其中会把设计存储为各种矢量文件的格式之一，

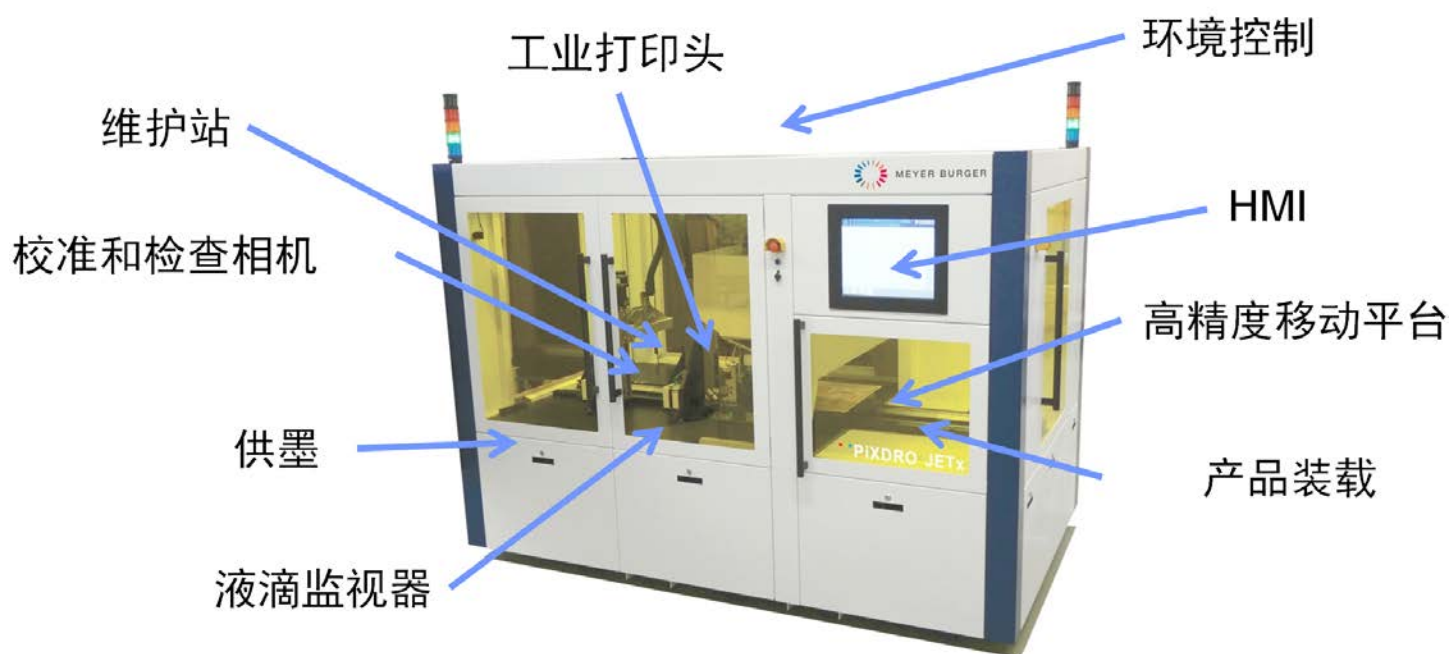


图4：Meyer Burger JETx PCB阻焊油墨生产系统的各种组件指示

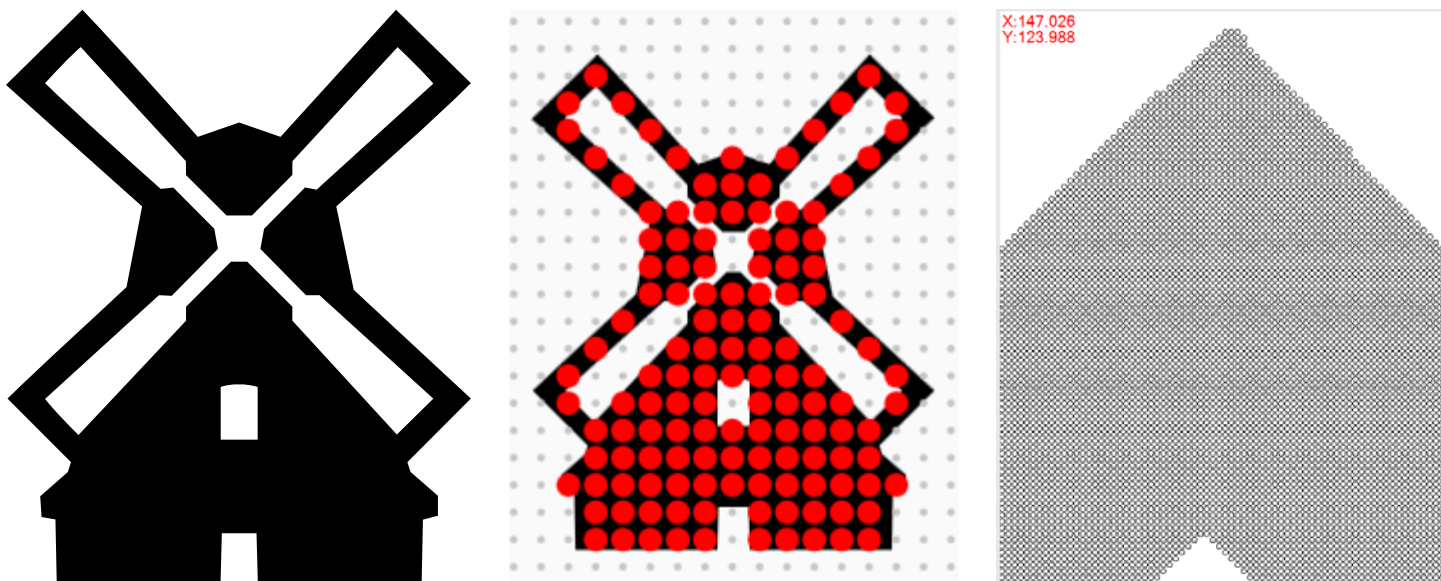


图5： 矢量文件格式图型

在光栅上启用像素的简化表示

现实中网格光栅化图像的细节

通常为Gerber RS-274x格式。矢量文件通过表示坐标、线、弧和其他元素来还原设计，可以轻松进行平移、旋转和缩放等操作。然而，数字喷墨打印机在矩形网格上打印液滴，由诸如BMP、TIFF、PNG、JPG等光栅类型文件格式来进行表示。当为喷墨打印机准备程序时，需要将文件格式从矢量转换到光栅。这种转换是通过名为光栅图像处理器（RIP）的软件来完成的。

光栅图像处理器接收输入的矢量文件以及各种转换参数，例如文件需要光栅化的分辨率。图5示出了该过程：左边是由矢量图像表示的图形。右边是将光栅叠加在设计上。在光栅点与设计重合的每个位置处启用像素。

此图示中使用的分辨率非常低。在实践中，设计将在更密集的网格上进行光栅化，如图5的右图所示。该网格的分辨率被限制在液滴重叠足以形成闭合层所需的最小分辨率，以及打印薄层材料所需要的之间。通常，分辨率为1000dpi及以上。

在实践中，RIP引擎将执行比上图所示的更高级的操作。例如，它能够考虑到喷墨液滴在表面

上的流动并且预先补偿。或者，它可以做到将设计中的东西的周边良好地再现，但是内部区域仅进行覆盖并且只需要较低的分辨率。

这种技术还可以包括更高级的功能，例如基于PCB上的参照点对单独产品进行校准，以补偿由于温差而引起的拉伸或翘曲，这在使用光刻时是不可能的。

一旦图案和基材都准备就绪，就可以装载到打印机中。自动化产品加工是一种选项，建议在批量PCB制造中使用这种方法。将板放在基板台上并通过真空固定。基板的位置会自动确定，以进行图案对准，之后就可以开始打印了。打印过程本质上包含扫描基底和打印头之间的相对位置。一般来说，基板会从打印头下面通过数次。在每次通过的过程中，都会打印出对应于打印头宽度的图像条。根据程序，单次通过可以完成图像条，或者进行多次通过以建立所需的层。

打印头是整个工艺中最关键的部分。市面上有数种不同类型、品牌和型号的产品非常适合用于阻焊油墨打印。大多数批量生产用打印机都使用阵列打印头来提高生产率。不同的喷头具有不

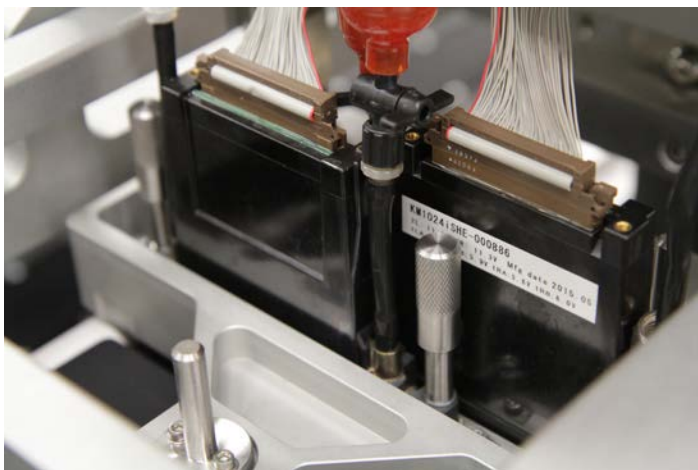


图6：包含超过2,000个可单独寻址喷嘴的打印头阵列的示例

同的液滴尺寸、平直度、液滴速度和喷射频率规格。因此，选择能够提供所需分辨率、可靠性和打印质量的合适打印头是非常重要的。

为了实现打印阻焊油墨的高精度，必须在基板台上对PCB进行精确对准。因此，喷墨打印机配备有面向基板的相机。其可以定位基板上的部位，例如对准孔或预先准备的基准标记，并且准确确定基板的位置和方向。这种相机的安装位置在图7的例子中示出。当使用高精度基准标记时，能够达到小于2 μm 的相机配准。

此外，还需要用于精确阻焊油墨应用的移动平台。使用线性电机的经过良好校准的花岗岩移动平台可以将移动误差降低至1微米。同时，这样的平台可以支持高达1 m/s的打印速度。快速移动平台与包含几千个平行喷嘴的宽打印头阵列的组合能够达到非常高的产量。

印制层的质量是最重要的。因此，必须在打印期间通过合适的诊断系统实时监控每个喷嘴的打印质量一致性。如果发现喷嘴开始偏离其正常工作范围，甚至在疑似喷嘴损坏之前，打印机必须能够自动进行喷头维护程序。这意味着打印机必须配备喷嘴检查和维护模块。通常，通过视觉液滴检测来检查喷嘴，同时维护功能是清洗（通

过打印头压出少量的墨水）和清洁。这些功能由打印机自动执行，以确保工作时不需要操作人员进行干预。

最后，通过UV固化来进行阻焊油墨材料的光聚合。该固化过程不仅能防止墨水流出和固定图形，还使电路板在离开打印机时不湿粘。对于高产量来说，最合适的是高功率LED源，并且应该安装在靠近打印头的位置，以减少墨水流出并提高打印图案的精度。

喷墨设备技术

合适的喷墨生产设备，例如来自Meyer Burger的PIXDRO JETx系统，是符合上述条件的专门设计应用于印制电路板上阻焊剂的系统。其能够满足快速且低成本形成阻焊剂层的要求。

JETx-SMP打印机能按照以下规格形成阻焊剂层。

- 线/间距：低至75/75 μm
- 边缘粗糙度：20 μm
- 焊接掩模开口：最小直径100 μm
- > 10 μm 的铜层阻焊油墨厚度



图7：喷墨打印机的内部视图，展示出花岗岩基座、线性电机、带供墨管线和对准相机的打印头阵列，以及清洁站。

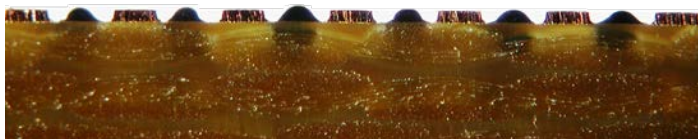


图8：使用打印的焊料层的PCB IC焊盘部分的横切面。铜盘之间的间距为5 mil

- 层厚度：30 μm ~80 μm ，能够在板内进行变化，以减少材料消耗

- 对准精度：<2 μm ，使用自动基准对准

如今，许多绿色和黑色的阻焊油墨材料是能够购买到的，或即将要发售的。

结论

喷墨设备技术的最新进展进一步证实了PCB制造数字化的趋势，图例打印已经广泛接受，行业也已经熟悉数字制造，并承认其优点，直接数字阻焊油墨打印肯定会是下一个现代PCB制造中的全数字化工艺。**PCB**



Wouter Brok是Meyer Burger的创新经理。



Klaus Ruhmer是Meyer Burger的微/纳米系统销售主管。

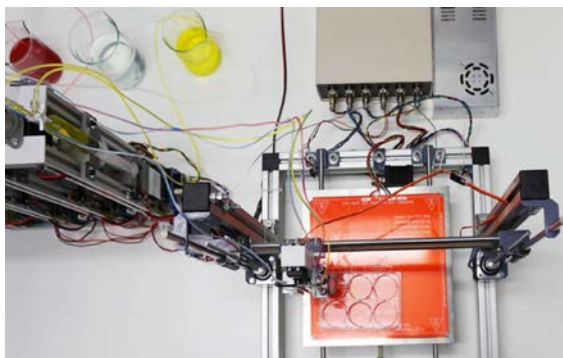


Henk Goossens是Meyer Burger的营销和业务发展经理。

西班牙科学家制造3D生物打印机打印人体皮肤

来自马德里卡洛斯三世大学（UC3M）、CIEMAT（能源、环境和技术研究中心）、格雷戈里奥·马拉农医学大学，与BioDan集团公司的科学家们一起合作，展示了一台可以制作功能性人体皮肤的3D生物打印机样机。这种皮肤适用于移植给患者或用于化妆品、化学品、药物产品的测试与研究。

这项研究最近在电子版《生物制剂Biofabrication》杂志上发表。在文章中，研究人员团队首次证明，使用新的3D打印技术可以产生适合



人体的皮肤。其中一位作者，CIEMAT / UC3M生物医学工程混合单位的负责人、UC3M生物工程与航空航天工程系的Jose Luis教授指出，这种皮肤可以移植到患者身上，或在商业环境中用于研究化学产品，化妆品或药品的计量与时间，以及与其用途相符的价格。”

这种新皮肤作为第一种使用生物打印机制成的人体器官被引入市场。它能复制皮肤的天然结构，具有表皮层和角质层，作为抵御外部环境的保护层，在更深处还有另一较厚的真皮层。



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

最好的寻找世界各地PCB制造商的方法。



Quick Search



Advanced Search



现在就试试吧！

ThePCBList.com

Product	2015 Revenue \$B	2014-2019 CAGR %
Cellphones	262.1	2.9
Standard PCs	187.4	-1.7
Automotive	126.0	4.0
Tablets	64.0	-2.8
Servers	54.6	5.0
Digital TVs	170.0	1.5
Game Consoles	15.9	-5.0
Medical Electronics	53.6	6.5
Internet of Things	63.4	21.0

These nine market categories represented approximately 70% of the estimated total production of all electronic systems in 2015.

IC Insights 12/15 - Custer C

EIPC召开PCB生物微机电系统专题研讨会

by Alun Morgan

EIPC

位于希斯罗机场的Premier Inn会议中心是本次EIPC举办印制电路板生物微机电系统研讨会的会场。我猜你可能会问，什么是印制电路板生物微机电系统？这是生物（或生物医学）微机电系统的字母缩写，也可以叫它芯片实验室技术（lab-on-chip）。考虑到市场对于微机电设备的巨大需求（2014年达到了25亿美元，预计从2016到2023年复合增长率将超过25%），因此lab-on-PCB的商业化成为了目前科研界的“圣杯”。在整个欧洲，lab-on-PCB方法已经被各类研究团体所广泛采纳，其原因是该方法本身具有规模不断升级的潜力：从世界范围来看，印制电路板行业已经发展得比较成熟了，并且有标准化的生产设施，

从发展进程来看，该行业的目前只在电子行业实现了商业化。

这次研讨会以Despina Moschou博士的介绍开始，她是获得了Bath大学先进传感技术中心五十周年奖学金的讲师。在2016年6月EIPC于爱丁堡举办的夏季会议上，正是Despina首次介绍了PCB生物微机电系统的概念，勾起了大家的兴趣。Despina在会上提出，为什么芯片实验室技术（lab-on-chip）还没有完善，用PCB技术来将微流体、生物元素和电子



Despina Moschou博士

整合在一起，以满足突出长期工业基础设施、微制造能力和直观整合的电子行业的一体化服务的分析系统要求。

第一位发言者是IBM苏黎世研究实验室的Yuksel Temiz博士。他提到了虽然世界上有多于1400个传染病种类和347种重大疾病，但是在这所有的病种中，人类精确了解和掌握的只有不到百分之五。他提出这样一种假设，利用与智能手机和手持阅读器相连接的物联网设备，人类可以在确定疾病种类谱方面带来变革。他对比了用于孕检的传统侧向流技术，值得注意的是，当该技术用于便携式诊断微流平台时，为了得到更好的量化结果，微流体技术往往需要更小的试样尺寸和优化的流量控制。



Yuksel Temiz博士

Temiz博士随后展示了一个精彩的视频，该视频讲述了在微观尺度上，微流体系统如何加入阀门、混合试剂、分流器和毛细泵。由于生活在瑞士，Temiz博士不由自主地解释了“Chip-olate”，这是一种高通量制备和高效的芯片切割技术，这项技术为了达到毛细管系统的高效封闭状态，采用了干膜抗蚀剂，因而具有了封闭的微结构。他还对这项技术进行了展望，其中涵盖了：自主毛细管驱动流的微流体，受控释放检测抗体的结合受体，分析试验和便携式阅读器，包括智能手机集成。Dr. Temiz以使用集成电极对微观流进行监测的解释结束了他的演讲。

接下来Moschou博士介绍了Peter Hewkin博士，他是Centre for Business Innovation (CfBI)的首席执行官，其组织创建了国际合作社区，并且将欧洲和美国的微流体相关利益者汇集在一起。

出于联合以PCB通信线路设备为研究对象的欧洲学术界人士的目的，同时还有印制电路通信板行业提供关于lab-on-PCB技术/发展潜力/挑战的前沿消息，从而促进学术界、印制电路板和微流体行业利益相关者协同合作的目的，MF-8的成员被邀请参加本次专题研讨会。Peter解释说，微流体技术是在一个很小的范围内进行化学操作并试图模仿自然过程的技术。我们体内微流体的直观体现就是大面积的毛细血管。值得注意的是，微流体是一个在 10^{-9} 到 10^0 尺寸范围内的术语，它的一个重要特征就是尽可能少地使用试剂，主要应用于医疗器械、药物输送、治疗点诊断、基因诊断、高通量筛查、环境感知和化学合成领域。Hewkin随后提出，如何利用这项技术实现在对患者用药之前，使该药物依靠细胞、组织甚至是通过能模拟人体反应器官上的芯片来进行药物试验，以达到个性化用药的效果。个性化用药的方式可以减少不必要或无效的药物使用，提供更快、更准确的诊断和治疗方案。就目前而言，该技术仅仅运用于医学治疗，但是今后其也会被运用于检测水质、空气质量、食物和农作物。



Peter Hewkin博士

那些使用桌面型或大型反应器的实验室传统模型，且配备了大量技术高超的分析人员，可以被操作简单的微流体设备有效替代。他还提到，由于诊断功能会变得更加分散而不集中，传统测试实验室的工作量每年会减少约百分之五。

那些使用桌面型或大型反应器的实验室传统模型，且配备了大量技术高超的分析人员，可以被操作简单的微流体设备有效替代。他还提到，由于诊断功能会变得更加分散而不集中，传统测试实验室的工作量每年会减少约百分之五。

Hewkin问：“这项技术有市场吗？”一句响亮的“是的，有市场”回答了此疑问。这个回答的支撑点就在于一系列的图表显示医疗市场在不断扩张，特别是在美国。目前该技术的主要市场方向是孕检和血糖监测。在新设备获得政府当局批准的过程中会遇到一定的困难，但是一旦获得了批

准，该设备就会在商业竞争中占有优势。

Hewkin解释道，微流体市场是高度分散的，他还展示了许多商品实物的例子，包括汗水传感器和电化学免疫分析系统。在最后总结时，Hewkin强调了将微流体功能嵌入电子设备和将后者嵌入前者，并且告诉我们在所有的微流体一次性系统中，有百分之四十已经实现了与电子器件的一体化。

接着，来自德国罗斯托大学计算机科学和电气工程学院的微系统教授 Lienhard Pagel，对比了在微机电系统中使用硅和印制电路板的区别。他指出了印制电路板在快速成型方面的优越性，同时也提到了其最小特征尺寸在20微米~100微米的范围和相对较高的误差，这是它的缺陷所在。但是，Lienhard Pagel教授接着问：“谁需要纳米结构呢？”



Lienhard Pagel教授

Pagel紧接着解释了该系统可以分为两种基本结构，即在10微米到300微米范围的微观结构和0.3到10毫米范围的宏观结构。他解释道微观结构的特点是低流量并且其通过化学过程制备，而宏观结构的特点是高流量并且通过机械研磨的方式制备。有的系统在单一的空间内同时结合了微观和宏观的通道，Pagel认为这样能够成功的原因在于在一个堆叠系统中实现了微流体和电子技术的集合。他还提到了一个项目，在此项目中，用作微流体通道的孔在印制电路板结构中，通过多层压技术得以实现。Pagel教授说，这个项目当时面临一些挑战，特别是在低压区域分层，但最终这些难题都被成功解决了，解决的方式是采用了两个两阶段的生产技术和运用非流动性预浸料。

接下来的一个例子是二氧化碳吹入器，它在

腹腔镜手术和其他微创手术过程中被用于使体腔膨胀。该设备每分钟使用1升到45升的气体，在9到15毫米汞柱的范围内达到一个腹内压。Pagel展示了一种嵌入式通道代替单独的管道，使流量和压力传感器合二为一的印制电路板设计。印制电路板版本的吸入器与传统设备相比，体积更小，其成本也降低了75%。

Pagel以展示一个微聚合酶链反应装置的实例作为发言总结，该装置是以实现特异性脱氧核糖核酸或核糖核酸的体外扩增，以达到少量短序列的分析而不克隆为目的。聚合酶链反应是一项用于诊断和检测基因疾病、研究脱氧核糖核酸靶向片段功能的技术。微流体技术版本在每个单元中使用了四个结合在一起的加热区和八个变异系数传感器。在此设备上使用印制电路板技术的优点就在于它具有较短的成型周期，较低的成本和以及小型化的特点。

来自希腊国家科学研究中心纳米技术和纳米科学研究所（The Institute of Nanoscience & Nanotech at the National Centre for Scientific Research “Demokritos”）的Angeliki Tserepi博士接着主持了研讨会。他在聚合酶链反



Angeliki Tserepi博士

应的脱氧核糖核酸扩增原理和等温扩增的主题上继续展开，解释传统技术需要两到三天的时间来诊断疾病，而利用印制电路板技术提供的解决方法可以将这个时间缩短到三小时。他展示了一个微型聚合酶链反应设计，该设计由定义了每三个热区和等离子体蚀刻的微流体通道的铜加热器，和具有纤薄且挠性特征的聚酰亚胺所制作。一个8μl每分钟的流量是良好的线性脱氧核糖核酸扩增的最大流量。所执行的模拟使优化参数实现了温

度的均匀性和和温度/电阻曲线的线性度。这种设备展示了与传统热循环仪相比具有充分扩增功效的脱氧核糖核酸病原体检测系统的芯片实验室 (lab-on-chip) 内部的集成。这个系统可以利用不同的热流量模板, 实现包括与食品安全和肺炎支原体有关的沙氏门菌等病菌的大范围检测。

在这个系统中利用印制电路板技术的有益之处就在于它快速、便宜、能耗低、可再生、适用于大规模生产。在治疗点和需要诊断的地方、食品安全和现场环境分析中就显得尤为重要。Tserepi博士通过展示一段典型的便携式微型纳米生物系统和针对食物的病原体快速分析仪器的小动画结束了他的演讲。

午餐过后, 西班牙塞维利亚大学SOLAR MEMS系统技术中心的Jose Manuel Quero教授解释道, 现在是推进将印制电路板技术运用于芯片实验室 (lab-on-chip) 的正确时机。他认为, 成熟的印制电路板技术将会是通信线路发展的一个天然的合作伙伴。他解释了一些设备的例子, 这些设备包括使用相邻铜层电压变化的压力传感器、流体冲击装置、流量计和雾化器。流量计利用铜与光电耦合器构成的微型轮来检测或测量气体或液体流量。流量聚焦是雾化器最重要的功能, 使用印制电路板技术来制造这种雾化器可以为药物输送创建一个非常一致的气泡尺寸的流量聚焦原件。流体推进装置非常创新, 它采用了铜制的易熔原件作为一个单一的微流体阀。该设备展示了, 一个完全集成的微电路可以依托于印制电路板层压板工作, 而不需要复杂的外部动力驱动接口。他还提到这项技术同时也具有出色的与传感辅助电子学结合的优点, 同时也可以极



Jose Manuel Quero教授

大地降低制造成本。一系列的微阀体都具有如下特征: 可以改变它们的制造参数, 相关设备需要0.35 J电能, 支持从50到400千帕的压力差。

Quero总结道, 印制电路板技术作为芯片实验室 (lab-on-chip) 的基础, 具有非常大的发展潜力, 该技术的灵活性使其可以为众多设备和机械制造工艺服务。依托于该技术可以大量生产相应设备, 因而作为一项成熟的技术它是具有竞争力的。在结束时, 他强调了从学术到产业技术转移的重要性, 以及利用其协同效应。

接着, 我们来自德国威廉港的Jade University应用科学系的Stefan Gassmann教授那里了解到了流体印制电路板微机电系统器件的相关要求。Gassmann提到了从实验室到规模生产的问题, 并列出了气泡探测器、主动阀、分析系统、微型泵、静态混合器、压力传感器和一种用于刺激我们胃口的水样品处理系统的例子。他认为将印制电路板技术作为一种低成本的方式来制造微机电系统, 通常会使用非标准的特性。Gassmann说, 为了成



Stefan Gassmann教授



功地实现印制电路板技术的创新运用，非常重要的一点是，找到合适并且具有足够创新解决方案的印制电路板制造者。他接下来提到的例子是：一个5 cm×5 cm用于检测铁离子的微型流动注射分析系统而设计的单芯片系统。通道结构由四个存在聚酰亚胺薄膜构成的泵的印制电路板组成。

接下来他阐述了一种一次性装置所面临的设计问题，该一次性装置是用于基因检测的，它使用32个传感器在20μl样品中检测脱氧核糖核酸。该设备为了实现脱氧核糖核酸扩增使用了聚合酶链反应，非常重要的一点是，湿润的部件不应该阻碍聚合酶链反应的进程。众所周知，许多用于制作印制电路板的金属可以作为杀菌剂，因此研究人员决定使用镀金传感器，这样可以减缓聚合酶链反应的进程。但是，最初的原型建立好了以后，人们发现标准的镀金不够纯，传感器表面检测出了镍和铜。Gassmann解释说，此问题的解决方案是重新设计一个具有轮廓分明镀金层的二次焊接掩模的传感器。讨论会听众中的印制电路板制造者对此一点也不惊讶，同时，一个有趣的针对贵金属电镀技术的讨论因而发生。

Gassman在结束时强调了需要创新型PCB制造商与技术领先的研究人员合作，并表示需要在“从实验室到工厂”时特别注意。

接下来是葡萄牙波尔图高等师范学院工程学院Bio-Mark传感器研究所博士后研究员Felismina Moreira博士为观众演讲。Moreira描述了使用PVC、陶瓷和PCB在导电纸上进行丝网印制电极（SPE）的制造工艺。该传感器的生物识别元件利用了分子印迹仿生技术制造塑料抗体，以此来检测针对特定种类癌症的治疗方式的效果。接下来展示



Felismina Moreira博士

了电极的电化学行为和分析响应以及探测器的选择性，这都表明了传感器材料的稳定性以及它们很适合为这项任务。Moreira总结道，使用银轨的印制电路板技术，在每个SPE的实际成本方面有巨大优势。

接下来，会议讨论了生物分析整合的主题，由德国Fraunhofer研究所生物系统集成和自动化系的Frank Bier教授介绍。Bier教授提到诊断学正在转移到需要它的地方——治疗点。他表示一个老龄化社会的明显标志就是诊断学将会成为未来的制药



Frank Bier教授

市场。他拿出一个星际迷航的三录仪图像，说道最好的解决办法是建设更少的基础设施和拥有小型化的诊疗手段，而诊疗的质量却必须与传统实验室相同。对新的接口，或许还有专家系统和植入传感器进行整合进行诊断，这能够作为早期健康预警系统的一部分。Bier教授说道，尽早针对技术开发周期的问题做出正确的决策是很重要的，因为这将会影响生产的最终成本以及避免掉入产品生命周期曲线上的“死亡谷”。

Bier教授以介绍“Fraunhofer ivD平台”结束了他的演讲，这个平台包括一个信用卡大小的盒子和一个小的读数装置。通过取得少量试样并插入平台中，基于微列阵的检测就开始自动运行。在十到十五分钟之内，多种不同的参数能够被同时测量和显示。Bier解释说这个平台最大限度地减少了测试盒与测量装置之间的接口，同时它也是一个针对不同类型的传感器，包括光学和电子传感器的开放平台。ivD平台的开发将会持续推进，它也将加入新的试验形式，包括基于核酸的抗体抗性检测、输血和移植的表现遗传模式、非编码循环核糖核酸和液体活检。



在开放小组讨论之前，SCL PCB Solutions Group的首席执行官Steve Driver，向与会代表、发言者和会议参与者致谢，他强调了自己对这项技术的热情以及为这个有光明未来的行业生产产品的动力。他与该产业有关的或等待成为其中一份子的与会者们观点一致。Steve告诉我们，他的奶奶认为印制电路板技术是“电视机后面的绿色东西”。他解释到现在他知道了那是为液体制造的



Steve Driver

管道！

这一天以由Moschou博士主持的开放小组讨论而结束，在讨论期间深受启发的与会者们进一步分享了技术和商业方面的各种话题。

从学术界到工业界的25位专家代表参加了此次研讨会。EIPC十分感谢会议的组织者，巴斯大学的Despina Moschou博士和CfBI的Peter Hewkin博士，感谢他们将这么多有知识和感兴趣的代表及发言者聚集到一起。印制电路技术和医学进步基本大部分时候都是令人惊讶的，这一说法也特别适用于描述本次研讨会，本次会上与印制电路板行业有关的人，对于他们能够在将会改变医疗诊断和更多方面的技术进步的领域所能扮演的角色感到十分激动。

参考文献

1. [Centre for Business Innovation.](#)

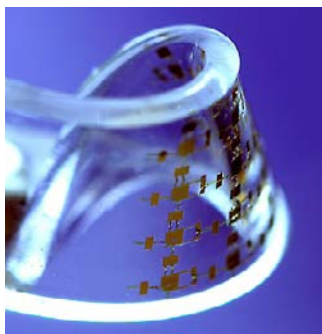


Alun Morgan是EIPC的主席。

加成法制造：可伸缩电子产品的新转折？

可伸缩电子产品很快将被用于为电子工具，车载系统，医疗设备和其他产品助力。密苏里科技大学的研究人员表示，3D打印制造方法可有助于使可拉伸电子产品更加普及。

新型可弯曲电子设备在未来会变得更加普遍。密苏里科技研究人员在2017年1月刊的《Microma-



chines》杂志上写道，研究人员评估了可伸缩电子产品新兴领域的现状，重点关注一种可以建立在称为弹性体聚合物表面上的导体。

这些导线可能有一天替代刚性脆弱的电路板，为许多电子设备提供支持，作为可佩戴的心脏或脑部传感器，可以粘附在皮肤上以测量数据。

喷墨打印阻焊剂

by Barry Matties and Pete Starkey

I-Connect007

Agfa-Gevaer公司以胶卷产品而闻名，现在将业务重心转向了与阻焊剂专家Electra Polymers合作生产喷墨打印阻焊剂这一充满挑战的领域。I-Connect007出版人Barry Matties和技术编辑Pete Starkey通过访问来自Agfa特殊产品团队的Frank Louwet和Mariana Van Dam，了解到更多关于他们合作关系和目前取得进展的信息，这一进展定将改变整个行业的游戏规则。

Matties : Frank，你是Agfa特殊产品团队的一员，目前你们业务涉及了三个方面：先进涂料和化学品、功能性箔以及经典产品。跟我们说说经典产品都有哪些吧。

Louwet : 经典产品是基于我们的核心光敏银技术的，包含了三种类型的应用：航天、微缩胶片和NDT，也就是无损检测胶片。这个产品之后发展成为X射线胶片，应用于工业中对管道和飞机引擎的焊接检测。

Matties : 那么功能性箔又是什么呢？

Louwet : Agfa的功能性箔业务是基于我公司内部对聚脂薄膜的生产和镀膜能力。所有的工序都可以在同一个地方完成。这些功能性聚脂薄膜主要被用作媒介，如防伪印制、合成纸和PV后罩板。合成纸的商品名是SYNAPS™。这种高强度聚酯印制媒介会被用来制作菜单、手册、广告或名片。

Matties : 我们来谈一谈先进涂料和化学品这一领域，它为PCB和化学铣切工业生产薄膜和喷墨油墨，并将这些产品商业化。你提到你的产品在薄膜市场上占到了40%，可以说是非常庞大了。你们的业务相当成功。

Louwet : 我们的产品精良，同时我们的销售和服务团队也十分优秀。Agfa Materials在欧洲、中国、台湾地区、韩国、日本、东南亚和美国都有自己的销售团队。当地的销售队伍业务能力强，

灵活可靠的供应链解决方案
高品质覆铜箔基板
半固化片复合材料



ventec
INTERNATIONAL GROUP
騰輝電子



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

**无论您需求如何，
腾辉总能提供！**

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



Frank Louwet

能够为客户提供周到的服务和技术支持，客户对这一点也感到非常满意。我们在这个市场进展顺利，如今也开始研发用于数字化生产步骤的UV喷墨油墨，做为传统类似技术的替代方法。我们已经有一系列字符油墨和抗蚀剂在市面上销售了。

Van Dam : Agfa在研发用于不同图形应用的喷墨油墨上有着丰富的经验。我们目前整合了一个更庞大的团队来研发既可用于图例又可用于PCB的喷墨油墨。

Matties : 所以你们没有设备方面的业务，只是材料供应商？

Louwet : 是的，Agfa Materials只做材料。我们的Agfa Graphic团队会生产制造用于图形应用的

设备，但我们不做。这既是优势也是劣势。劣势在于Agfa Materials不能为客户提供完整的解决方案，而优势在于我们可以和很多打印机制造商交流合作。PCB行业可不喜欢单一固定的硬件设备和油墨供应源。我们的打印机生产伙伴十分重要。客户需要的是完整方案，而不是单一油墨；你必须和强大的打印机制造商合作才可以。

Barry Matties : 虽然我们一直在讨论你们公司的产品，抗蚀剂和字符油墨，但我发现你们的产品能和市面上大多数喷墨机器兼容。这个策略很高明。

Louwet : 我们是从研发字符油墨开始的。如今我们已经研发出了第四代产品。最开始并不是一帆风顺的，但你可以在错误中学到很多东西，并且可以把学到的内容应用到下一代产品中，就像抗蚀剂和阻焊剂。

Matties : 在1945年，PCB行业的薄膜和油墨领域还是丝网印制，到2020年，将会发展成为加层喷墨打印。那时我们就不再需要蚀刻线路板，只需要打印出我们的电路就可以了吗？

Louwet : 是的，但是说2020年能实现还是太乐观了。基本上，PCB行业已经认可了字符IJ打印；下一个将是抗蚀剂IJ打印，紧接着是IJ阻焊剂。最后一步当然就是打印金属。为了实现这些，Agfa研发了一种纳米颗粒油墨。我们在银相关技术上有着深厚的背景，Agfa有一个专有的纳米银颗粒分散体，已被用于丝网印制油墨的配方。目前我们也在研究开发可用于PCB环境中的喷墨油墨。

Matties : 目前整个行业对这个产品是否感兴趣？长远来看，制造商是否会来向你询问“你都有哪些材料能用于这种工艺？”还是他们其实不关心？

Louwet : 有几家生产商对我们的产品表示感兴趣，并且也找到了我们想进一步了解。

Matties : 目前这个产品还是小规模生产？

Louwet : 是小规模的。但是现在有几家大公司在做一些应用，他们想用印银来替代铜蚀刻。当然，如今在打印电子市场上已经有很多家在做Ag（银）丝网印制了。

Matties : 我们现在关注的这个领域里，最大的挑战是什么？不论是在工业喷墨还是工业薄膜行业中，目前对PCB制造商最大的挑战有哪些？他们最头疼的是哪个领域？成像？薄膜？还是这其实还是改进型的产品？

Van Dam : 我认为这个行业最大的压力来源是成本。

Matties : 是的，成本一直是一种压力来源，从技术角度来讲，对速度的追求也一直是一种压力来源。

Louwet : 说到速度，不是指每块线路板的速度，而是指从客户询问开始到PCB的交付，这一段时间的速度，当然还要考虑对环境的影响。

Matties : 你们会对环境造成哪些影响？

Van Dam : 在喷墨行业里，要减少对化学品的使用。

Matties : 所以你们减少了浪费，安装操作也会随之变得简单许多。

Van Dam : 举个例子，拿抗蚀剂和传统工艺做个对比。你先要把材料压成薄板，然后用干膜成

像。为了完成这步你要准备曝光底片，之后进行曝光和显影。随后开始蚀刻和脱膜。如果你使用喷墨技术，你可以立刻打印图形并进行蚀刻和脱膜。就好比用10平方米去和100平方米比大小，或是用1个人去抗衡3~5个人。

Matties : 如果它的价值这么高的话，又是什么让人们不愿抛弃旧方法，对新方法置之不理？你淘汰了许多设备、劳动力和周期循环时间。可为什么人们还是这样做？

Louwet : 之所以新方法还没普及是因为完善的喷墨技术目前还没面世。但是喷头已经发展到能够喷出更小皮升的水滴、喷射频率更高。所以它们真的可以喷出高速、高分辨率的效果。这项技术不久就会问世。

Matties : 所以它主要是解决速度问题？

Louwet : 既解决速度问题，也解决分辨率问题。

Matties : 分辨率的问题你们已经解决了吗？

Van Dam : 解决分辨率问题更多的是在于机器的提升，最近几个月我们取得了重大突破。

Matties : 那么速度问题是怎么解决的呢？

Louwet : 当然，就产量而言，我们在传统工艺和喷墨工艺之间采取了折中的方式。最初，我们主要是针对北美和欧洲的样板车间。但是在中国，他们也在考虑这种新型生产方式，用喷墨实现数字化。

Matties : 我想知道这会遇到哪些障碍？当你顺着整个工序来看喷墨工艺的时候，似乎我们已经



Mariana Van Dam

非常接近目标了。那么还需要多久速度问题才能解决，我们才能在大批量生产制造中看到这项工艺？

Van Dam : 打印机生产商正在制造带有更多喷头的设备，这样就能提高产量了。

Matties : 你会对合作的设备开发者们说“我们想让它更快。这是我们想要的”吗？

Van Dam : 会的，我们的合作关系非常密切。

Matties : 似乎这项技术的各种问题都能够解决，你们公司对大批量生产这个产品很严肃……依我看它也算不上是大的技术挑战。所以我才会问问你

的想法，你认为是什么阻止了我们？

Van Dam : 我们相信这项技术会腾飞。

Matties : 关于这项技术，还有哪些是我们没有谈到但是PCB制造商应该了解的？

Louwet : 下一步就是喷墨阻焊剂。

Matties : 我们来谈谈这个。

Louwet : 去年我们在productronica上宣布了对喷墨阻焊剂的研发。我们决定和英国的Electra Polymers公司合作共同研发。Electra Polymers是PCB行业一家著名的阻焊剂供应商，而Agfa对喷墨行业足够了解。所以我们决定一起合作。你在这看到的是我们的第一个原型，我们已经和多个打印机制造商对它进行过测试了。这种材料通过了所有的电性测试，并且也通过了UL认证。你看这里的是镍金表面处理，这是非常关键的。它性能优异，附着性强。当然，还有很多问题需要我们解决。在投入市场之前我们必须确认所有的性能都是良好的。

Matties : 跟我说说你们的材料固化。是高速进行的吗？

Van Dam : 是的，用UV，然后进行加热后固化。

Matties : 还需要烘烤吗？

Van Dam : 会对阻焊剂和字符油墨再进行烘烤。对于抗蚀剂通常只需要UV固化。

Louwet : 目标是在2月2017 IPC APEX EXPO上展示更多的成果。如今我们已经进入开始和终端客户

商谈的阶段，有点像三方合作，合作方有AGFA、打印机制造商和终端客户。

Pete Starkey : 关于这方面我只有一个问题，我注意到导体是黑色的，你们是不是用了特殊的处理方式来提高材料的附着力？

Van Dam : 我们对好几个预处理方式都做过检测，这个是微蚀刻的一种。

Louwet : 我们和一个十人组成的团队合作研究预处理方式，在我们提出的大约15种方案里我们只保留了几个，这种方法就是其中之一；铜的附着力当然是非常重要的一点。

Starkey : 就我个人而言，听到这些我感到非常兴奋。这种真正能投入使用的喷墨阻焊剂，我已经等了15年了。

Louwet : 其效果还有待证实，但我们很有信心。

Van Dam : 这个产品的前景非常好。

Matties : 这种产品的成本情况呢？你们会怎样经营这个产品？

Louwet : 我们知道在喷墨技术领域，产品价格必须要有竞争力。

Van Dam : 这种油墨本身就要比传统油墨的成本高，但是在整个生产过程中有很多地方可以节省成本。当然，数字化的加成工艺也具备了许多其他的优势。

Louwet : 我们已经和一些终端客户讨论过价格问

题，他们得出了一些目标价格，和我们的价格范围是一致的。

Matties : 好的，看来价格不会很贵。还有一件事，我认为每个制造阻焊剂的公司都会寻求这一技术，那么这一产品的生产就可能会充满竞争。你们要怎样做才能让自己与众不同呢？

Louwet : 关于这一点，关键就是要争先。许多公司都在考虑数字化生产。真正重要的是现在就开始进行，并且应用它进行设计。

Matties : 你说你们大约一年前开始着手这项产品的研发的？

Louwet : 是的，当然这也是基于我们字符油墨和抗蚀剂制造经验的。

Matties : 研发产品实际所用到的时间和你预期的用时是否一致呢？

Louwet : 实际进程比我预想的要快。

Matties : 你在这个产品上已经花了将近一年的时间了，不久后就要把这个产品推入市场了吗？

Louwet : 在产品完全打入市场之前还需要一年的时间。

Matties : 我猜你们将要和一些Beta测试工厂合作了。如果可以的话，我们想要对你们进行跟进报道，对Beta测试工厂做一些案例分析。谢谢你们能抽出时间和我们分享这些。

Louwet : 也谢谢你。PCB

三合一的力量：

针对北美的 阻焊解决方案

THE POWER OF THREE

A Solder Mask Solution for North America



by Dick Crowe

BURKLE NORTH AMERICA

在成熟行业（如印制线路板行业）中的技术和工艺开发并不容易。许多新产品是对现有制程的进化增强。通常，这些开发增强了现有制程，并改进了整个制程控制。

以直接数字成像的概念为例，此概念由来已久，在1980年早期就被提出。早期的开发者是奥兰治县的Excellon自动化公司和Eocom公司。那时，该行业的主流技术是底片成像，或者说至少在北美市场是这样，人们对于开创性的直接成像技术，以及与之有关的洁净室和环境方面的问题没有多大兴趣。干膜被视为一个更加强大的应用。市场对于液体抗蚀剂的接受程度也较低，因为与干膜相比液体材料的成本较高。

通常情况下，设备供应商中都会有一个有远见的领导者，这个领导者会推动技术变革，但是设备供应商和消费品供应商之间的合作往往很少，或者说根本不存在。

随着数字技术开始渗透其他应用程序，例如数码相机，降低成本和提高图像质量的要求开始受到关注。但设备仍然是非常昂贵，同时还需要签订非常昂贵的服务合同。尽管如此，仍然不断有制造商开始使用较新的一次成像产品，取代阻焊膜，这是一个完全不同的需求。

太阳作为北美地区液态阻焊膜产品的主要供应商，也提出了一个具有前瞻性的概念。在2016年美国国际线路板及电子组装技术展览会IPC APEX EXPO上，太阳和Schmoll公司的经理坐到了一起，制定了一项测试计划。在这项计划中，太阳负责开发一种阻焊产品来满足北美市场的需求。

Schmoll公司提供相关设备用于测试和研发，太阳负责开发，Burkle北美公司则是设备安装和维护方面的专家。这样带来的结果就是在IPC APEX EXPO 2017上一个完整的阻焊产品配合相关制程被推向市场。

如果想知道太阳的John Fix关于这个项目的一些观点，请继续阅读本杂志的[《John Fix：太阳油墨最新材料和产品动向》](#)。PCB

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

John Fix : 太阳油 墨最新 材料和 产品动向

by Barry Matties

Publisher, I-Connect007

在最近一届欧洲Electronica show上，我和行业标志人物Walt Custer，与太阳油墨市场销售总监John Fix一起，详细讨论了太阳油墨最新研发的直接成像技术、以及热管理阻焊剂新材料。

Barry Matties : John, 能告诉我们的读者一些太阳油墨的情况, 以及公司业务重点是什么吗?

John Fix : 太阳油墨是阻焊剂产品和阻焊剂相关产品的世界领先企业。我们制造过孔填充材料和字符油墨，这是我们为电路板行业服务的主要产品。

Matties : 你们公司成立多少年了？

Fix : 太阳美国刚刚满26年，而太阳总公司则最近



刚庆祝了63周年。自70年代末以来，我们就一直在做阻焊剂。

Matties : 难怪你们经验如此丰富。你们目前正在研究哪几种新产品？或许还有更多的产品，但是我知道的是两种。

Fix : 对，我们正在研究几个项目。一些较新的是直接成像防焊膜。我们目前最重视的另一个领域是热管理产品，这类产品中较新的是散热阻焊剂。

Matties : 能跟我们聊聊这个产品吗？

Fix : 当然可以。随着行业的发展,大家制造的电路板都更小,这需要更多的铜或厚铜,这会产生

更多的热量。在汽车行业中，每个人都希望把电路板放在更靠近发动机的地方，这就会使得电路板更热。LED也产生大量的热，造成电路板也越来越热；为了产品的可靠性，你会如何解决这些发热问题？

多年前，太阳油墨开发了第一代散热材料。这种材料的工作方式是按照您构想的散热路径将其覆盖到电路板上。

然后再覆盖阻焊层，所以很多客户认为这是一个好主意，但是这样会增加加工成本，因为你给电路板又加了一层。我们又重新进行了构思，并说：“好吧，我们试试去掉这单独的一层，把这种技术加入阻焊层，让阻焊层本身也成为导热层。”

这就是我们现在正在介绍的产品。刚开始，我们把它交给了汽车和LED市场的一些OEM厂商，因为这些是必须首先着手处理热管理问题的领域。我们得到了不错的反响，所以我们才有了这种新型散热材料。这种产品有热固化阻焊剂，以及可光成像的阻焊剂类型可供选择。这两个品种可以服务整个行业。就像我所说的，我们首先看的是汽车和LED市场的反响，他们确实非常感兴趣。

Matties：太好了。这种材料的散热效果怎么样？

Fix：大概是标准阻焊层的10倍。我们可成像的材料的热导系数约为2 w/m-k。相对于标准阻焊层来说，这是一个很大的改进。我们发现了一些有助于散热的特殊填料。我们还发现了一些能增强散热的电路板设计方法，因此我们可以与设计人员以及电路板制造商合作，为他们提供能够使产品更好地工作的指导。

Matties：你认为是否会出现一个类似产品的新标准呢？这是市场上唯一同类产品吗？



John Fix

Fix：目前对于阻焊剂来说是唯一的。新的标准是一个有趣的概念；目前我们对于围绕它设计标准并没有太多考虑。

Matties：你觉得为此制定标准有意义吗？从你的角度来看。

Fix：肯定有意义。

Matties：这个产品的设计或开发周期有多长？

Fix：我们开发这类热管理产品花费了约五到七年。之前提到的我们的第一代产品是独立的产品，后来我们必须将其修改成阻焊层。该产品多年以前就出现过，而我们花了三四年时间才将其变成了阻焊层。

Matties：你们在卡森市的工厂进行所有研发工作？

Fix：实际上，导热材料是在日本设计研发的。很多新型的技术都来自日本。在卡森市做的大部分工作更多是服务当地市场，所以我们之前提到的DI都是在卡森工厂的实验室中完成的。那也是我们获取一些设备的地方，如从Schmoll那里。他们非常乐于将最新的设备放入我们的实验室，这使我们能够更快地开发出一些在匹配其设备的DI阻焊层。关于为北美市场设计阻焊层的其中一个问题是，客户的产量不会类似中国会太高，因此没有UL成本问题。我们尽力满足我们的客户群，比如有的客户询问是否可以适当改变阻焊层，以使其保持在UL规格范围内，从而不必重新认证所有内容。

这是我们DI阻焊剂刚起步时的主要目标；我们是否可以销对销量很高的产品进行修改，如我们在北美市场的拳头产品BN、HFX、MP等，并使我们的客户能够简单地从这些产品切换到DI，并使其配合即将上市的新设备？

在我们的实验室中使用这种设备使我们的化学人员能够以比我们开发油墨快得多的速度进行研发，然后将其送给某个地方的客户进行测试，然后在很短的时间里回到实验室。我们非常感谢Schmoll为我们做的一切。他们真的改善了我们的开发周期，并且使我们能够给市场提供真正提高生产速度的产品，而不需要处理UL问题。

Matties：这样真的方便多了。

Fix：对，所以任何已经认证了BN或HFX或MP的用户都不需要重新认证这个产品。所有的最终属性都是一样的，加工过程也是一样的，除了曝光方式变成直接成像曝光。

Matties：是否还需要下游客户批准，还是他们就

直接就采用了？

Fix：基本上都是后一种情况。

Matties：下游客户还真是方便。

Fix：从最终用户的角度来看，材料没有任何变化，最终属性是一样的，UL是一样的，IPC SM-840测试也是一样的。这对客户来说非常方便。

Matties：这个产品是否已经在销售了？还是刚刚出来？

Fix：刚刚上市。我们很想好好介绍一下它，并获得市场基础。

Matties：你们在Schmoll设备上开发，但与其他的设备兼容？

Fix：是的，这是一个困难的事情，因为市面上还有其他十多种DI机器。

Matties：以后还有更多。

Fix：是的，每种机器的设计都有所不同。之前我也提到过，Schmoll与我们的合作非常顺畅。尝试做出一套能够与所有机器兼容的系统是非常困难的，我们通过手上的设备，尽全力设计出了非常广泛和灵活的产品。本产品能够在各种设备上工作，并且运行良好。

Matties：通过使用Schmoll的设备。他们只是提供设备还是有参与开发过程？

Fix：他们为我们安装好了机器，并确保全部设置好了。他们还安装了我们测试所需的所有测试模



式，这套机器对我们的实验室来说非常合适。这不是一套非常大的机器，对我们来说很方便，我们都不需要做什么。

Matties：太好了。在阻焊剂方面，人们面对的最大挑战是什么？

Fix：设计阻焊层时面临的最大挑战是每个人都希望速度快，使用新的光照系统使光能够通过厚涂层。正如我之前提到的，每个人都在使用更厚的铜，所以他们需要更厚的阻焊层。要让光束穿透高度着色的阻焊剂厚涂层，因为每个人都想要深绿色或者其他的深色。

目前最大的挑战之一是白色防焊膜，因为白色防焊膜具有反射性，它们会反射光。LED最需要这个。当阻焊层会反射光时，如何制造白色产品

并曝光？这是现在面临的最大挑战之一——找到可以加工白色阻焊层的DI设备，目前来说这还很困难。你设计了一个白色产品来反射光，现在你试图让光穿透它以进行曝光。

可以理解，当客户购买这样的设备时，他们希望它可以适用于所有颜色。他们不想听到“适用于所有，唯独白色不行”。现在你必须为了白色买一台不同的机器。现在最大的挑战应该就是要寻找可以解决白色阻焊层的方案。

Matties：Schmoll设备是否能处理白色？

Fix：我们仍然在白色方面面临挑战。这主要是速度的问题，因为DI是为速度创造的。想要快速曝光，这才成为挑战。我们还在努力。设备还在我们的实验室中，我们没有放弃。

Matties：除此之外，您的客户有没有遇到障碍？

Fix：完全没有。从化学的角度来看，应该是我们找到能使其发挥作用的化学物质。我们这里就解决了。

Matties：你们公司已经存在非常久了，在这个过程中你们肯定累积了不少知识。你们为全球市场服务，当然，这其中也包括欧洲。你们在欧洲市场的情况如何？

Fix：我们在欧洲市场的进展相当顺利。它与美国市场，或者说以前的美国市场非常相似。美国市场曾经是一个蓬勃发展的市场，多年来，这个市场已经变得越来越专业化，多品种少批量。我们认为欧洲也是这样。很多大型的PCB厂缩小了一些，与中国的合作伙伴关系也更多了。欧洲仍然存在大型的PCB厂服务于汽车行业，但仍然会看到这种变化发生。一旦开始考虑制造更多层的电路板来创造更多的价值，他们的规模就不会像以前有那么大。DI也一直是推动力，还出现了越来越多的HDI类型。样板制造也更多了，我认为这一点也是欧洲的推动力。

Matties：据我所知，就美国的DI来说，还有不少PCB厂还没有打算引入，或者他们想要引入，但是还没有安装。在我看来，这是必须的。除了财务状况之外，他们不用DI的原因是什么？

Fix：主要是财务问题。

Matties：我认为投资回报会很快，特别是用你所说的阻焊层工艺，消除所有其他领域的其他步骤。这应该能很快回本。

Fix：当然，已经有越来越多的公司采用了。我们认为在未来三年可能会全部升级到DI。我觉得技

术变化会更快，因为现在的选择更多了。

最初有很多变化，基本上所有人都会选择LDI。现在市面上有十几家设备制造商，这就给大家更多的选择。

Matties：对，价格方面的竞争也更激烈了。

Fix：当然，现在有更多的选择，市场和价格方面的竞争也更激烈了。每家公司的产品都会提供有所不同的东西。

Matties：顺便问一下，Walt Custer之前问的问题是什么？

Fix：Walt问了电气性能及其抗裂性。我们发现我们的导热材料与我们的标准汽车型阻焊剂相比，具有更好的抗裂性。我认为这跟它能够导热有关。

Walt Custer：抗潮性和绝缘电阻怎么样？

Fix：抗潮性和绝缘电阻与标准阻焊层相当。我们没有发现其有吸湿性。让我们最惊讶的是，抗裂性没有变化。这背后的理论是，大量的热量被导出，所以这些热就不会产生任何应力。

Custer：对阻焊层的要求非常多。当新的供应商拿出新产品时，首先他们会想到的东西是它是绿色的，能成像，然后才会想到电气性能、在各种装配操作中提供的保护和其他类似的东西。我看到很多人天真地认为：“哦，我们有了新的阻焊剂。”特别是设备制造商，他们决定要出售一台设备，同时出售他们自己的阻焊剂。我记得在这次展会或者最近一次展会，他们展示了一台新的直接成像系统，他们说，“哦，我们使用的是自己的阻焊剂。”于是我问了一些问题，这个人就开始变

LATEST NEWS

奥宝科技 最新产品快讯！



奥宝智能工厂
实现实时生产分析及订制的双向数据共享

自动化：全自动获取奥宝产品的生产数据

可追溯性及数据分析：中央数据库及应用程式可监控产线及生成管理报表

兼容性：一个连接口可应用于所有的奥宝产品，双向实时生产状态及数据共享



二维测量
奥宝业界领先的 AOI
助您实现制程中品质控制 (IPQC)

一致的自动化测量

快速简单采样测量模式-轻松实现高采样率

导体顶端和底部宽度测量

在线结果与统计-更好的可追溯性工具



Walt Custer

得很防备，他是该公司的高管，后来他对我大发雷霆。他说：“嗯，是IPC-SM-840”，但这只是试图弄清楚这个问题的开始。我认为很多人对阻焊剂的看法都非常天真。随着各种类型组装操作的进行，他们会发现基材和其他一切问题，这是一个真正的挑战。

Fix：是的，阻焊剂的内容其实很多。人们试图简化它，“我进行了固化，它就变硬了”。

Custer：对，还是绿色的。

Fix：是的，它是绿色的，而且很硬，达到了铅笔的硬度。我们看到很多人在设计新的烤箱时说“我们设计了一个新的烤箱，可以在两分钟内固化你的阻焊层。”“你怎么证明呢？”“我们是通过固化来

证明的，阻焊层硬了。”阻焊层不光是绿色和硬，还需要进行各种电气测试。你必须让阻焊层经过这些恶劣的环境。在所有的热循环后，它的电学特性仍然可靠吗？这些都是我们所熟悉的所有最终用户需要进行的可靠性测试，因为我们已经这样做了很多年了。

Custer：你知道是因为你的销量大。有很多刚刚决定进入这个市场的公司是真的不知道。

Fix：是的。人们没有意识到的事情是阻焊层会永远留在那里。它不像电镀或蚀刻抗蚀剂，用完后就会被去掉。

Custer：如果阻焊层有问题的话，会是一个很严重的错误。

Matties：对的。使其与所有机器兼容肯定会吸引很多其他厂商的加入。

Fix：当然，你必须与成千上万种敷形涂层和所有的最终表面处理兼容，其中有金、浸锡、热风焊料整平、OSP，而在这些之中还有变化——清洁剂、酸和碱等。然后还有产品寿命问题，像军方购买的电路板会在架子上放很多年，但当它插入和使用时，仍然要能够正常工作。

Matties：还有什么想要跟我们分享的吗？

Fix：我认为DI和热管理材料是我们现在重点关注的两个领域。过几个月再来采访我们的话，我们会有更多可以谈的。

Matties：太好了。John，非常感谢你接受采访。

Fix：谢谢。PCB

1. [真正看到量子未来…](#)

悉尼的物理学家在一个重要的技术成果中展示，可以克服建立可靠的量子技术的最大障碍。该研究发表在《Nature Communications》中。

2. [全球化和云计算迎来新的物联网领域](#)

2015年全球物联网市场的领军人物包括谷歌、苹果、亚马逊、英特尔和思科等。可以看出，全球互联网市场中的很多关键角色主要来自消费电子或ICT领域，大多数市场领导者的总部都设在美国。

3. [阿联酋的先进通信基础设施奠基](#)

Masdar Institute开启了两个研究中心，旨在加速发展阿联酋的通信基础设施，并为下一代无线通信网络（5G网络）做好准备。

4. [自动化需求日益增长，大量部署工业机器人](#)

Transparency Market Research（TMR）在其研究报告中指出，全球工业机器人市场碎片化非常严重。由于产品差异化程度极低，新公司进入该市场也比较容易，未来几年的竞争有可能会加剧。

5. [IoT，汽车电子驱动FPCB行业增长](#)

由Allied Market Research发布的挠性印电路板市场报告中，预计到2022年全球市场将达到270亿美元，2016年至2022年的复合增长率为10.4%。

6. [加层法制造：可伸缩电子产品的新转折？](#)

被称为“可伸缩”的电子部件，可以拉长或扭曲，将很快应用于电子产品、车载系统、医疗设备和其他产品中。

7. [2026年汽车LiDAR传感器出货将超过6900万](#)

关键的自动驾驶功能，包括障碍物检测和同步定位与地图构建（SLAM），将推动汽车行业采用LiDAR传感器。

8. [智能手机显示市场中In-Cell解决方案份额将于2017年达到29.6%](#)

TrendForce的WitsView部门关于触摸显示解决方案的最新研究表明，截至2017年底，In-Cell产品在全球智能手机显示市场的份额将扩大至29.6%。

9. [高海拔的补救措施](#)

Raytheon工程研究员兼网络防御项目总调查员Mike Worden说：“控制飞机并不像飞无人机那么简单，攻击更有可能造成故障，导致飞行员对他的飞机失去信任。”

10. [挠性可伸缩自愈离子导体](#)

包括加州大学河滨分校的研究人员在内的科学家们开发了一种透明、自愈、高度可伸缩的导电材料，可以通电来驱动人造肌肉，并可应用于改善电池、电子设备和机器人。



你的根基有多牢固？

by Keith M Sellers

NTS-Baltimore

在[之前的专栏里](#)，我们讨论了一个关于供应商监管的想法——应该实施某种双重检查，来保证你得到的就是你所要求的、设计的和订购的，等等。为了将这个想法更进一步落实到我们所谈论的主要行业上，我们来看看在一个供应商监管程序下能进行哪些测试，这些测试也和标准印制电路板有关——因为这是当今大多数电子产品的根基。

通常对印制电路板裸板检测的第一步就是对接收到的状态进行视觉检查和通过显微切片分析的截面评估。从设备角度来讲，视觉检查只需要用立体显微镜将其放大到100倍检查即可。在接收到的状态下，能够检测出印制电路板上的许多异常现象，例如导体宽度/间距异常，金属化孔/通孔结构异常，以及表面污染等等，这只是一小部分

例子。

更深入的检查可以使用显微切片分析，但是这种方法就需要将印制电路板切开放入环氧树脂中，之后根据需要将其打磨抛光成垂直的和/或水平的平面。在这一检测中，能够彻底检查和测量板内结构，确保它是按照你的设计或指定规格制造的。将来有可能会对产品可靠性造成影响的潜在异常，同样也可以检测到。当然，这种分析方法还会涉及到专门的样品准备和检测技术，因为显微切片分析既是一门科学也是一门艺术，并且在实际检测中还会用到某种冶金观察仪器。能够帮助指导你的资料如IPC-A-600：印制板适用性^[1]和IPC-6012：刚性印制板的鉴定与性能规范^[2]等文件是印制电路板质量好与坏的良好指南。里面涵盖了各种工业术语的定义，还列举了一些通过测



试和未通过测试的样品示例图。

对到货的印制电路板还可以进行一些其他的测试，其中包括可焊性测试和热应力分析。

可焊性测试正如其字面意思，为的是确保印制线路板的金属表面在标准测试环境下能够被熔化的焊料所润湿。这个测试需要用到普通的助焊剂和熔融焊锡炉。想要确认线路板是否通过了可焊性测试，可参考IPC-J-STD-003：印制版可焊性测试标准^[3]。

热应力测试也正如字面意思所示。使用熔融焊锡炉对一块印制线路板样品进行热循环，以检测样品（及其所有连接）能否承受在将来的组装过程中要经受的焊料回流循环。在对测试样品进行焊料回流循环之后，要准备横截面试片进行显微切片分析，为的是评估线路板的板内结构——这一步发生在热循环完成之后。IPC-TM-650, 方法2.6.8：热应力，金属化孔^[4]通常是热应力分析的测试指南。

目前为止，这篇专栏里提到的测试大多数是与印制线路板的结构相关的——线、金属化孔、过孔等等。尽管印制线路板的这些方面十分重要，但是线路板构造的另一方面也同样重要，但却常常被忽视。那就是用于制造线路板及其“结构”的材料——层压板。设计研发一块印制线路板的时候，设计图上就会标明层压材料。选择材料时会考虑到很多因素，如玻璃转换温度、热膨胀能力、分层（或者更确切地说，分层不足）性质等。为了检测这些性质，必须要使用到热分析测试设备，尤其是差示扫描量热计（DSC）和热机械分析仪（TMA）。

DSC测量作为时间或温度的函数的进出试样的热流。测试能确定线路板上层压材料的玻璃转换温度(Tg)，这通常是一个需要监控的材料参数，这是因为在挑选线路板的层压材料时Tg值是一个非常重要的因素，根据线路板装配过程中将会用到回流焊温度曲线来确定。同时，固化程度——

一个能清楚地显示印制线路板是否经过适当固化参数——同样也需要检测，因为一块未完全固化的线路板会导致组装过程中出现问题。IPC-TM-650, 方法2.4.25：玻璃转换温度和DSC测量固化系数^[5]可以作为指导准则。

TMA测量作为时间或温度的函数的试样尺寸变化。尽管TMA可以像DSC一样用于确定Tg值，但它更常被用来测量热膨胀相关的性质。和上面所说的DSC测试一样，设计者们在设计线路板布局 and 给线路板选材时会考虑到线路板的热膨胀性质。检测这种性质时经常用到的一种测试方法是IPC-TM-650, 方法2.4.24：玻璃转换温度和TMA测量Z轴热膨胀能力^[6]。除了测量特定的热膨胀值以外，TMA还可以用于获取线路板在高温下的分层耐受力相关的数据。对于这种分层测试有一组测试方法，其中IPC-TM-650, 方法2.4.24.1：分层时间(TMA 方法)^[7]是最常用到的。

显然，有很多方式能确保你能买到称心如意的产品，进行任何一项测试都要比哪项测试都不做强得多。**PCB**

参考文献

1. [IPC-A-600](#)
2. [IPC-6012](#)
3. [J-STD-003B](#)
4. [IPC-TM-650, method 2.6.8E](#)
5. [IPC-TM-650, method 2.4.25c](#)
6. [IPC-TM-650, method 2.4.24c](#)
7. [IPC-TM-650, 2.4.24.1](#)



Keith M. Sellers是马里兰州巴尔地摩NTS公司营运经理。阅读以往专栏文章或联系Sellers，请[点击这里](#)。

金属化难镀基材

by Michael Carano

RBP CHEMICAL TECHNOLOGY

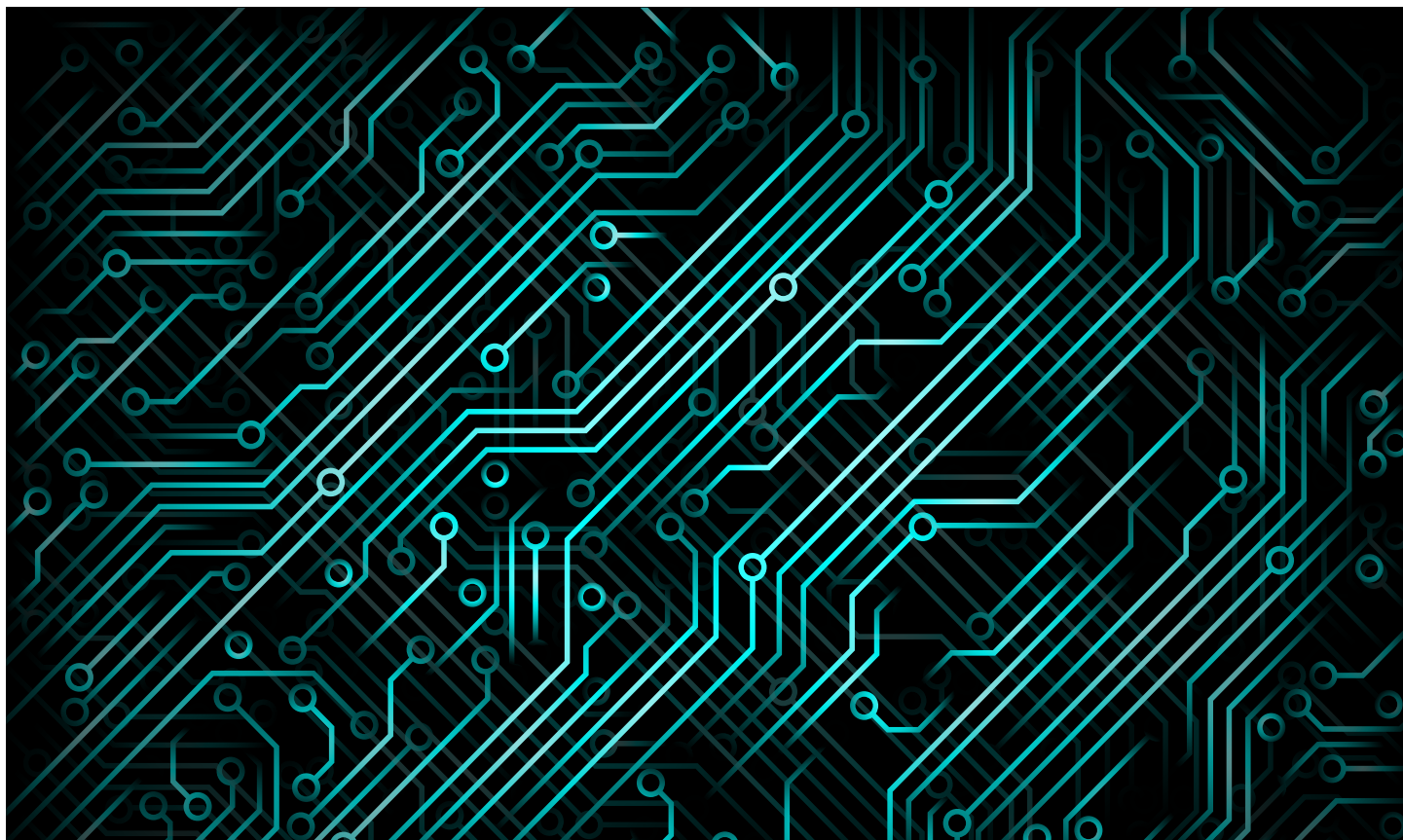
介绍

金属化如聚酰亚胺等用于挠性电路的材料，对工艺工程师提出了巨大的挑战。常规的无电镀铜系统通常需要使用危险化学品进行预处理或工艺窗口很小，才能实现均匀覆盖且不起泡。这一切最终都可以归结为需要提高无电镀铜薄膜对这些光滑表面的附着力。另外，铜沉积物的内部应力是影响镀覆金属层对基板附着力的重要因素。这种在聚酰亚胺挠性材料上电镀的工艺叫做POP(plating on plastics)。无电镀铜能够适用于难以镀覆的基板和材料，例如聚酰亚胺，POP和模制互连器件（MID），在未来的专栏中将详细讲解。

金属化平滑表面带来的挑战

金属化基材的一个重要问题是沉积应力的概念。氢气是无电镀铜沉积工艺的副产物。因此，氢气会进入薄沉积物中，并对内部应力产生负面影响。氢气问题还会造成铜沉积物中的气泡形成。此外，在基于聚酰亚胺的挠性电路材料的平滑表面上，一般还会遇到的问题是确保无电镀铜对基底有良好的附着力。薄膜沉积物对缺乏足够微粗糙度的基材附着力不佳。为了缓解这个问题，一种解决方案是尽可能地减少铜沉积物的内应力。

如今使用的一种能使氢气对沉积物影响降



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

到最低的补救措施，是降低无电镀铜电解质的表面张力。通过使用特定的润湿剂降低表面张力，氢气气泡较不易留在电镀表面上。除了氢气问题以外，还必须考虑无电镀铜的沉积应力。过度的沉积应力将导致铜镀层沉积物起泡或从基材上脱离。这本质上就是一种消除应力现象。

众所周知，用于制造挠性电路的聚酰亚胺材料即使经过等离子体去污后也相当光滑。与大多数环氧树脂体系不同，聚酰亚胺通常在使用碱性高锰酸盐化学去污剂处理后，表面不会变得粗糙。可以看到，通过这些“锚定”位点（图1），具有足够的表面积使得无电镀铜的薄膜可以附着在环氧树脂体系上。

影响铜与挠性聚酰亚胺附着力的另一个限制因素是聚酰亚胺膜的低表面能。具有低表面能的表面倾向于排斥化学相互作用，使得加工用的化学品更难实现良好的附着力性质。此外，挠性电路在其使用寿命期间被不断弯曲。因此，镀铜和基底间优异的附着力对于电路的正常工作来说是非常关键的。当然，对于聚酰亚胺材料进行等离子体处理能够改善聚酰亚胺低表面能的情况。然

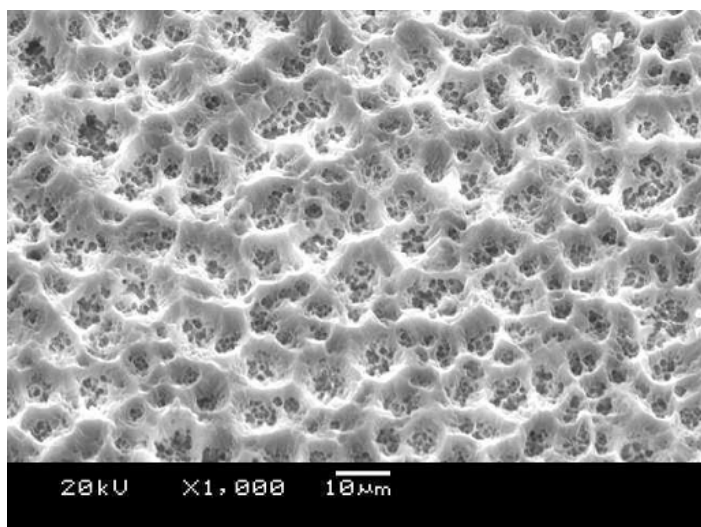


图1：用碱性高锰酸盐去污处理后的孔壁（使用环氧树脂的刚性电路板 - 高Tg 170 °C材料）
来源：RBP Chemical Technology

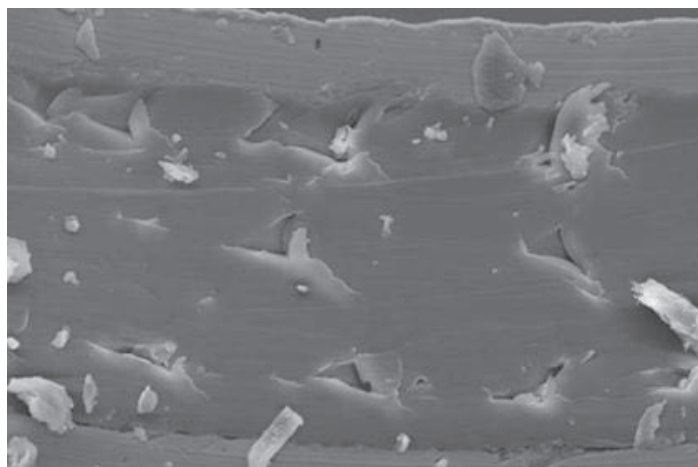


图2：等离子体去污处理后的聚酰亚胺挠性电路，注意光滑的表面

来源：IPC 9121 Process Effects Handbook

而，这种处理通常无法达到通过缓解内部应力来确保长期附着的效果。

应力的影响

无电镀铜沉积物中的应力可能是压缩应力或拉伸应力中的一种。铜沉积物可以被认为像弹簧一样，处于伸长状态（拉伸），受到拉伸应力，或压缩，受到压缩应力。压缩应力中的铜沉积物会在没有锚固位点的平滑表面上起泡或掀起，例如粘合力不足的聚酰亚胺挠性材料。

如图3所示的螺旋收缩仪使用缠绕成线圈或螺旋的金属条。该仪器会被放到镀覆槽中，然后金属仅沉积在线圈的一个表面上。根据内部应力的类型和程度，该线圈将会膨胀或收缩。如果沉积物受到压缩应力，则线圈将收紧。如果是拉伸应力，线圈将膨胀。收缩仪配备有量规，以定量测量应力是压缩应力还是拉伸应力。

由此可见，对于在其使用寿命中将经历许多弯折的电路来说，镀层和基材之间优异的附着力是非常关键的。此外，铜沉积物中无应力或低应力是最好的。重点需要记住的是，镀层与基材之



图3：用于测量镀层沉积物内应力的螺旋收缩仪

间的附着是非常复杂的机理。沉积物内部应力只

是其中一个因素。影响附着力的其它因素有：

- 两个表面之间的离子键
- 吸附：附着力是基于原子间和分子间的相互作用，如范德华力和路易斯酸相互作用
- 机械互锁

最后的重点是表面粗糙化。在挠性聚酰亚胺的情况下，无法实现粗糙的表面。

对于挠性聚酰亚胺来说，最佳的无电镀铜沉积物附着力主要取决于内部沉积应力 and 钯催化剂的吸附以及等离子体去污处理表面。在排除附着力问题时，请记住这些因素。PCB



Michael Carano是RBP Chemical Technology的技术和业务开发副总裁。要阅读过去的专栏或联系Carano，[请点击这里](#)。

NASA为研究早期太阳系制定了两个探索任务

美国宇航局NASA为研究早期太阳系制定了两个探索任务，这些任务将尝试探索太阳系最原始区域，这块区域是在太阳诞生1000万年内形成的。

被称为Lucy和Psyche的任务是从五位决赛入围者中选出的，并将进入任务实施阶段，预计分别于2021年和2023年发射。

智能探测器Lucy计划在2021年发射。它预定将在2025年抵达首个目的地，行星带上的一个主要小行星。

2027年至2033年间，Lucy将探索6颗特洛伊



小行星。这些小行星由于木星引力作用被限制在两个小行星群中，并共用同一个轨道，一个在前，一个在后，绕太阳的公转周期均为12年。

Psyche任务将探索小行星带中最神秘、最大的金属小行星，被称为16 Psyche，距太阳的距离大约是地球的3倍。直径约210千米。而且，与大多数冰态或岩石小行星不同的是，这个小行星的成分绝大多数是金属铁或镍，很像地球内核。

科学家们怀疑Psyche是太阳系中早期形成的行星暴露出来的内核，大小与火星相仿。

电镀铜通孔填充对通孔几何结构的影响

by Ron Blake, Andy Oh,
Carmichael Gugliotti, Bill DeCesare,
Don DeSalvo, and Rich Bellemare
MACDERMID ENTHONE ELECTRONICS SOLUTIONS

摘要

这篇论文讨论了铜通孔填充工艺在纤薄IC和LED基板上高密度互联结构中的应用，在这些应用中，高可靠性、良好的热量管理非常重要。这一工艺由两个酸性镀铜循环组成。第一步是利用周期脉冲反向（PPR）电镀在通孔中央形成导电桥，然后进行直流电镀，填充在前一个周期中形成铜桥的过孔。

该工艺能在不同厚度的基板上填充不同孔径的通孔，同时还能减小整个表面的铜聚积程度，对于因持续线路微型化而需要有效热量管理的应用来说十分关键。

本文将会研究通孔填充技术及其影响性能的因素，如基板厚度和通孔孔径等问题。

介绍

使用树脂或焊料来填堵通孔内芯多年来一直是

积层技术的一部分，尤其是在IC基板结构上。这种技术的进步包括线路密度的提高和堆叠的过孔结构，伴随着功率更大的元件，都给热量管理增加了额外影响，而热量管理使铜填充通孔变得更有优势。

通孔铜填充的优点包括：

- 减少CTE中树脂/焊料填充的不匹配现象
- 能作为微孔堆叠的稳定平台
- 在通孔中形成坚固的柱形结构
- 减少过度电镀填充过孔中粘合失效的可能性
- 铜具有高导热性

新技术已经发展到能够用固体铜完全填充HDI和IC基板堆积核心层上的通孔和过孔。在纤薄的核心板上用铜填充通孔的方式叫DC电镀。

在两步法中，第一步是从X型通孔开始的。在电镀的初始阶段，铜首先会沉积在通孔的中央，然后铜沉积物不断增加直到形成桥。之后再填充形成的双过孔，形成铜填充通孔。这个过程中用到的术语叫架桥和填充。（图2）

在两个步骤中使用单独的电镀铜溶液是铜填充通孔工艺的理想工艺。对于厚度约100 μm 、外孔径为100 μm 、内孔径为50~70 μm 的纤薄核心材

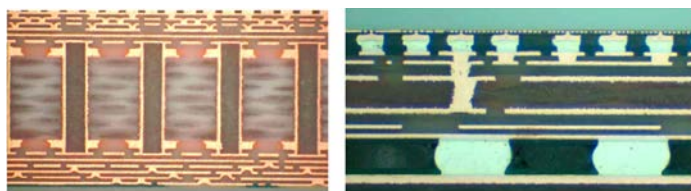
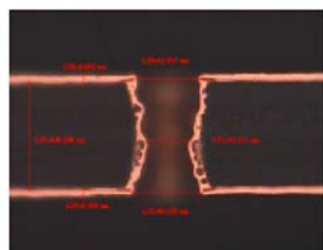
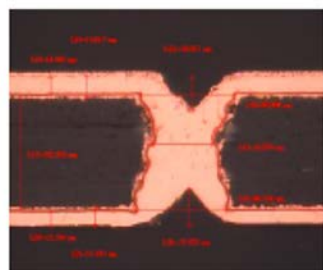


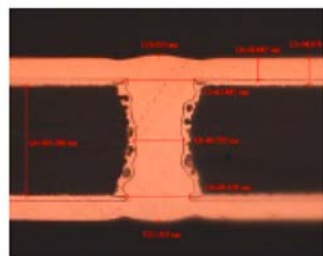
图1：用焊料填充的过孔和用铜填充的过孔



X型通孔



架桥后



填充后

图2：直流铜填充的各个阶段

料，电镀表面铜层的厚度预计不会超过25 μm 。

通孔填充工艺的直流电镀铜受基板厚度限制。当基板厚度接近200 μm 时，形成空洞和夹杂物的可能性会增加，并且电镀表面铜层的厚度也必须增加。这是因为必须通过延长电镀时间来完整地填充通孔（图3）。这种效果在机械钻孔的直壁通孔线路板上尤为严重，因为电镀的“瞬时非均匀膨

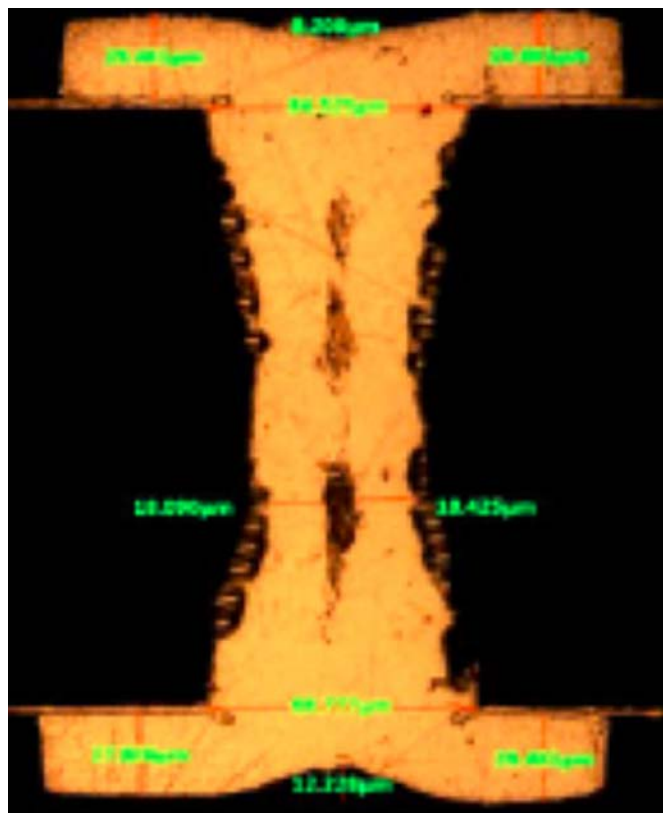


图3：较厚基板中的空洞缺陷和表面铜层

胀现象”趋向于更快速地闭合通孔的开口。

背景

两步法通孔填充技术

在两步法通孔填充工艺中，架桥和填充是两个不同的步骤，使用两种不同的电镀液。优点是每个工艺都可以根据其目标功能优化。两步工艺提供了更坚固的架桥和填充系统，能够用铜填充更宽直径和更厚基板的通孔，同时还能使表面铜层的过度电镀减到最少。

两步法通孔填充技术始于机械钻孔或激光钻孔，通过含有等离子和/或高锰酸钾去钻污的初级金属镀膜方式，利用无电解铜或常见的直接金属镀膜工艺如石墨、炭黑或有机聚合物来导电。一层铜板可以用来保障整个通孔壁的导电性。

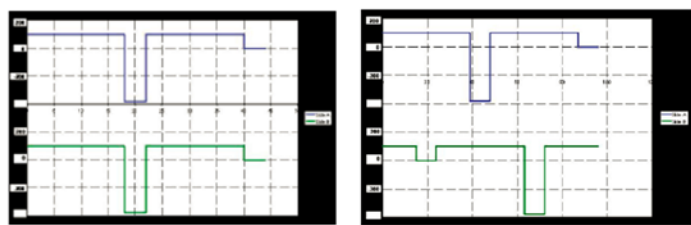


图4：同步和异步波形的例子

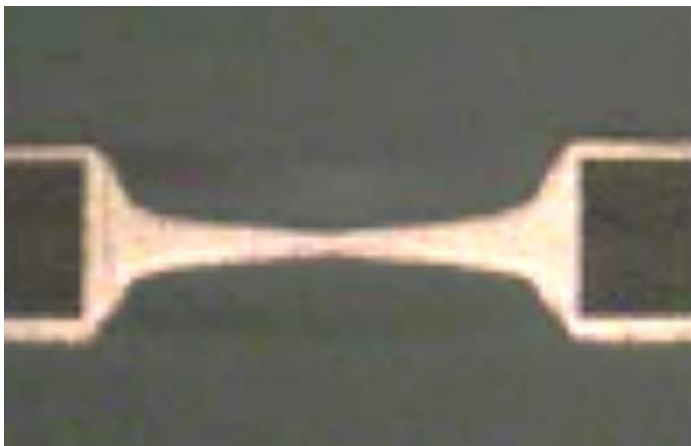


图5：孔中心电镀加快的图例

成分	浓度
硫酸铜	240 g/L
硫酸	110 g/L
氯离子	85 ppm
湿润剂	3% v/v
光亮剂	0.05% v/v

表1：架桥电镀液成分

在孔中间架桥形成双过孔的步骤使用了经过优化的周期性脉冲换向电镀系统，形成的铜桥无空洞且表面铜层最小。填充形成双过孔的步骤利用了电镀填充孔技术，在加速充孔的同时也能最小化表面的铜层。

运用PPR电镀的架桥步骤

PPR电镀广泛应用于高纵横比通孔的电镀。如今的新型整流器设计和软件在开发复杂波形方面提供了更强的灵活性，这种复杂波形能实现以前

无法获得的电镀效果。新型整流器的特点之一就是能够将异步波形输入到电镀板里（图4）。

使用异步脉冲波形可以比使用常规脉冲波形的通孔中心镀铜速率加快5倍（图5）。

架桥溶液的电解质成分是典型的酸性镀铜溶液：硫酸铜、硫酸、氯离子和一些添加剂。浓度如表1所示。

使用通孔填充电镀的填充步骤

铜填充通孔技术已广泛用于HDI和IC封装基板的制造中。铜填充通孔电镀液是专门为通孔填充设计的DC电镀系统。铜会优先沉积在孔中，并且抑制沉积于表面的铜（图6）。

在不同电流密度环境下，通孔填充电镀液添加剂的反应会有所不同，利用这一特点可以实现不同的填充效果。和基板表面相比，通孔内层的电流密度更低一些。通孔填充化学过程中的抑制剂可以吸收和抑制铜在高电流密度区域的沉积。光亮剂可以吸收和加速铜在低电流密度区域的沉积。

在填充过程开始时，通孔底部和顶部的电流密度差值是最大的，最大的沉积率差值导致填充是由下往上进行的。随着填充的进行，沉积率差值不断减小，直至通孔几乎被填满时因电流密度相等以致孔内外沉积率也相等。此时，在通孔表面和孔内，铜以相同的速率沉积。

通孔填充溶液的电解质成分是典型的酸性镀铜溶液：硫酸铜、硫酸、氯离子和一些添加剂。浓度如表2所示。

实验

通孔架桥和填充工艺中的关键步骤之一就是确定能够形成具有最利于填充的形状和尺寸的通孔架桥参数。通常，直径小于等于7 mil且纵横比介于0.75~1.0之间的通孔最有利于填充。本文使用了固定的孔径和基板厚度以阐述从时间方面如何对

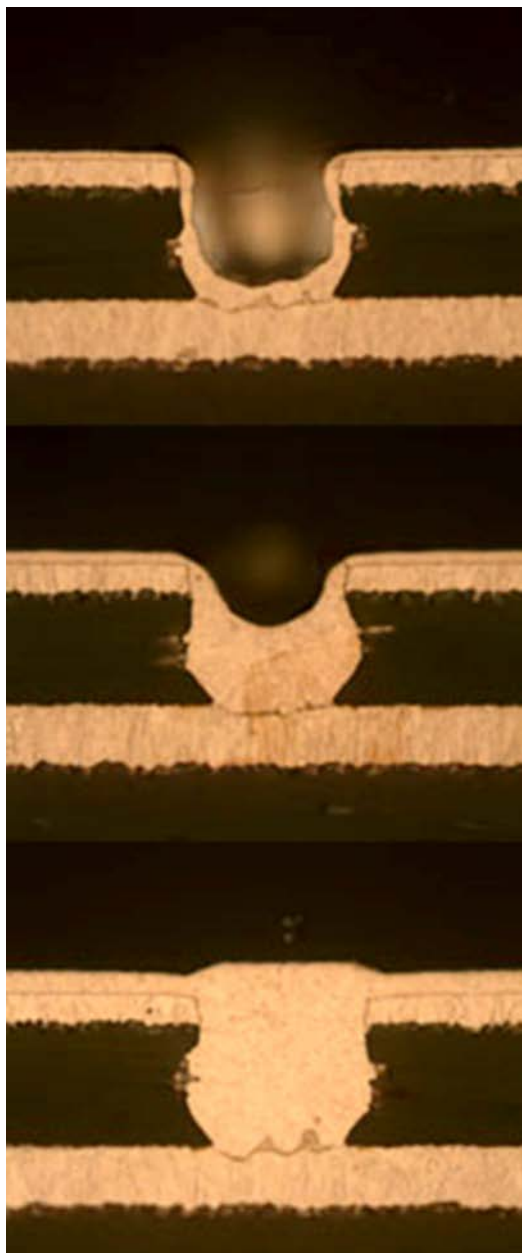


图6：通孔内电镀速度加快的图例

架桥进行优化。通过在不同时间的电镀，记录下孔深、纵横比、表面铜层和架桥厚度。

结果

架桥优化

关于时间的架桥周期测试结果如图7所示。

成分	浓度
硫酸铜	200 g/L
硫酸	100 g/L
氯离子	75 ppm
湿润剂	0.9% v/v
光亮剂	0.45% v/v
整平剂	0.8% v/v

表2：通孔填充电镀液成分

结果表明，在架桥的早期阶段，架桥厚度呈直线快速增长，此时铜沉积物从孔的中心向外延伸直到将其封闭，之后沿着基板表面的两侧渐渐变厚。在某一时间点，架桥厚度达到平衡，之后随着时间推移厚度只会略微增加。在电镀的早期阶段，孔深急剧减小并在某一时间点达到平衡。当过了某一时间点以后，在架桥厚度达到平衡的区域，孔内的情况不会再有进一步的变化。

电镀的表面铜层在整个过程中稳步增加。为了在架桥步骤中使表面铜层的生长保持在最小范围，需要使用最佳的形成通孔总电镀时间。电镀铜桥两端形成的通孔的纵横比变化如图8所示。

结果表明，铜桥两端形成的通孔的纵横比随时间增长而降低。在这种情况下，此特定孔径和基板厚度下，理想的纵横比是在3hr时获得的0.75。若通孔纵横比过大，就会在填充过程中趋于形成空洞，因为孔顶端闭合的速度要快于填充速度（见图9）。若通孔纵横比过小或是孔径过大，就会出现共形电镀，这是由于我们之前讨论过的电流密度差值导致的。

孔径和基板厚度对通孔填充结果的影响

关于通孔直径和基板厚度的表面铜层数据显示在表3中（见文末）。主要效应曲线如图10所示。总表面电镀铜层是架桥过程和充孔过程中电镀厚度的总和。从中我们能够轻易地观察到，孔径对于总电镀铜层厚度的影响非常大，这一点可以通

电镀时间对架桥特性的影响

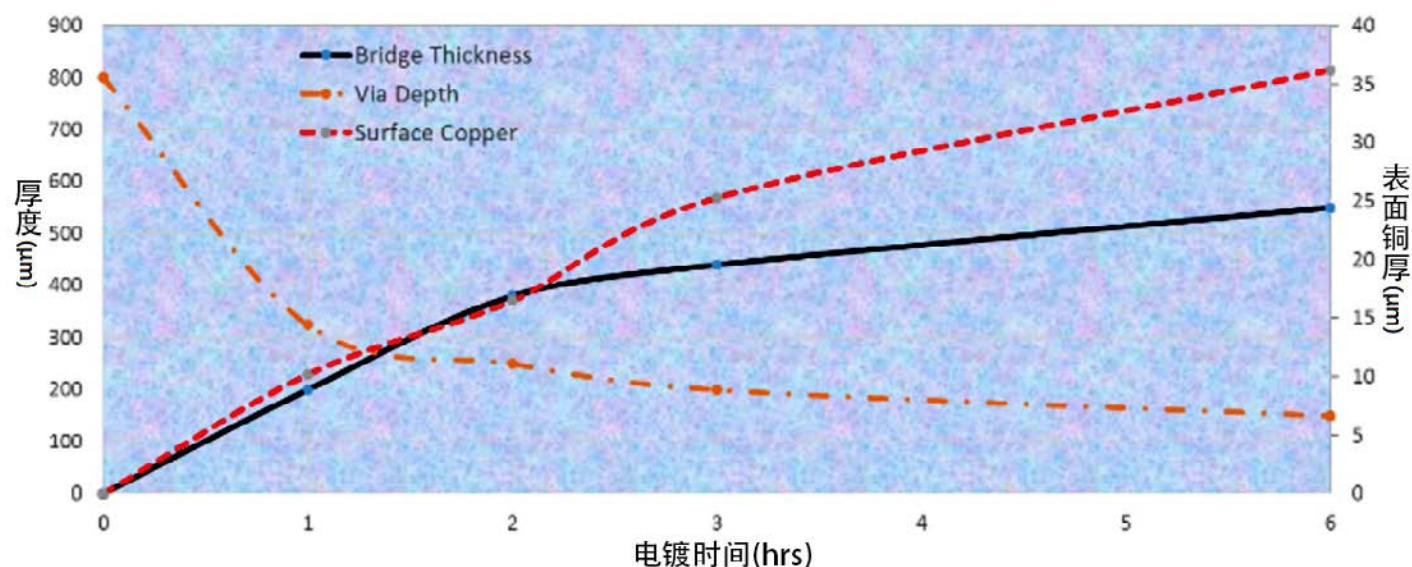


图7：架桥特性vs.电镀时间

通孔纵横比vs.架桥时间

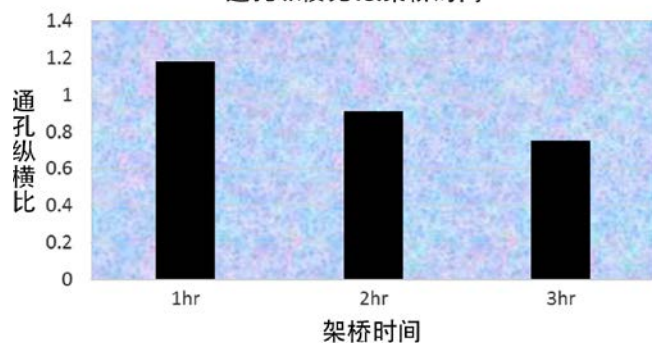


图8：通孔纵横比vs.电镀时间

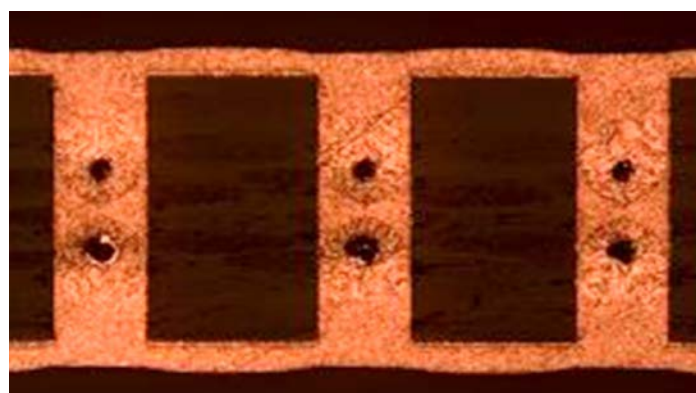


图9：高纵横比通孔中的空洞

过通孔铜填充工艺预测出来。随着通孔直径的增大，为满足通孔填充的要求，表面铜层的厚度就会随之增加。这是因为更大的孔径需要更长的架桥时间以联通孔径两端，进而闭合形成通孔，时间越长那么形成的通孔就越可以得到完全填充。在孔径极宽的通孔中这一现象尤为明显。

明显可以看出，基板厚度对于总表面铜层厚度的影响非常大，并且是基于同样的原因。当基板厚度较薄的时候，需要更长的架桥时间以形成通孔的最佳纵横比。逻辑上来讲，大孔径通孔和厚基板的组合比薄基板和小孔径通孔组合形成的总

电镀表面铜层要厚。如图11所示。纤薄一些的核心材料形成的电镀表面铜层是35 μm，而厚一些的核心材料形成的铜层是93 μm。

通孔镀铜的另一个重要特性是凹痕大小，这个特性在堆叠通孔或平面化的情况下尤其重要。图12展示了孔径和基板厚度对凹痕大小影响的主要效果曲线。

与总电镀表面铜层一样，孔径和基板厚度对凹痕大小影响很大。在孔径超过0.25 mm后凹痕大小随孔径的增加而急剧增大，同样，在基板厚度超过0.4 mm后凹痕大小随着基板厚度的增加而增

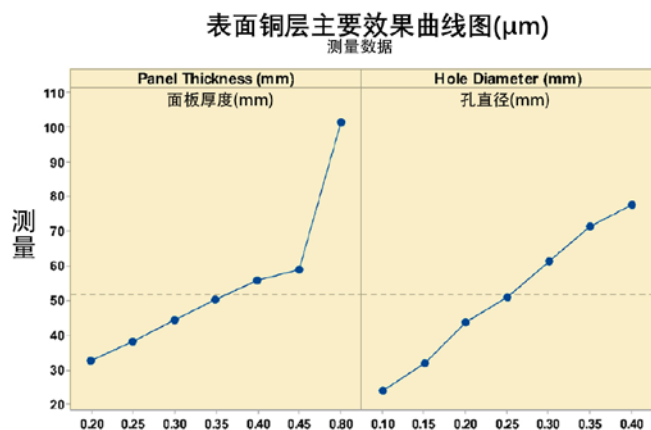


图10：表面铜层主要效果曲线图

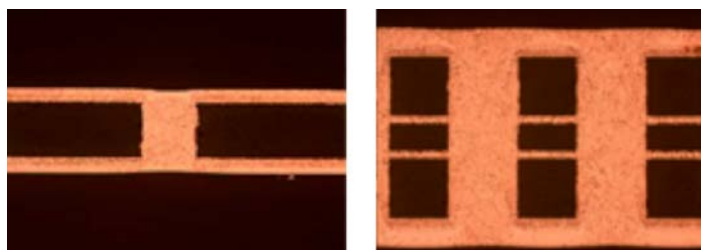


图11：基板厚度对表面铜层的影响

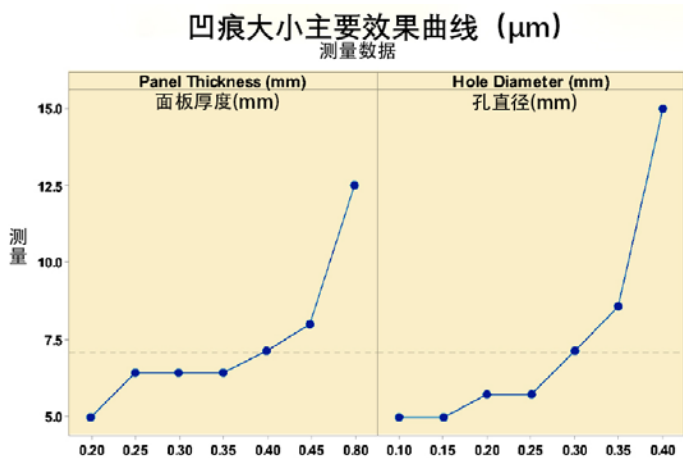


图12：凹痕大小主要效果曲线

大。凹痕随孔径增大而增大是在这些较大的孔中架桥之后形成的通孔几何结构造成的。孔径越大孔纵横比越低，就越有可能出现共形电镀，这是由于之前讨论过的充孔原理导致的（图13）。

凹痕随基板厚度增加而增大的原因是在将电

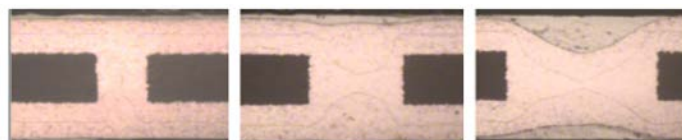


图13：孔径对凹痕大小的影响

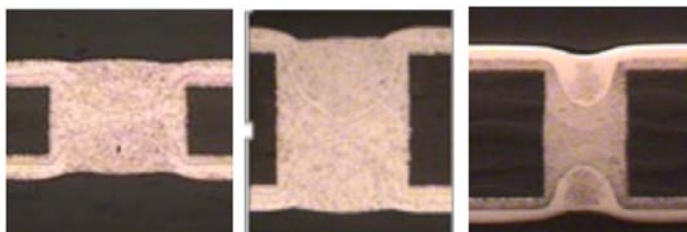


图14：基板厚度对凹痕大小的影响(0.25 mm, 0.40 mm和 0.80 mm 核心)

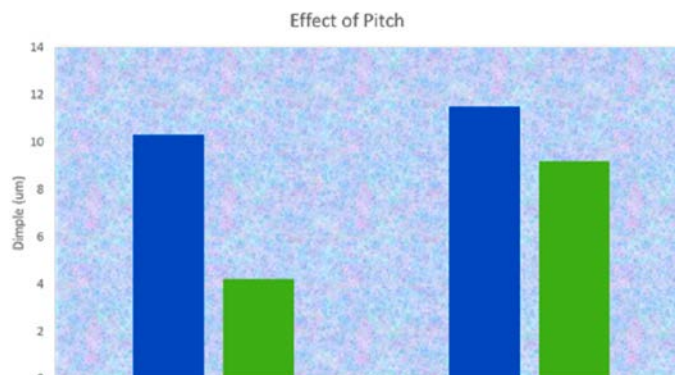


图15：孔距对凹痕大小的影响

镀表面铜层控制在合理区间内的同时，架桥和获得理想通孔需要更长的时间。图14展示了孔径为0.35 mm的通孔在厚度为0.25 mm, 0.40 mm和0.80 mm的核心材料上因达到电镀表面铜层最大值而停止电镀。

关于在铜填充通孔中孔距对凹痕大小的影响的研究目前还比较少。其结果如图15所示。

结果表明，在孔径和基板厚度一定的时候，通孔的间距越小(孔密度越大)，凹痕越大。出现这种现象是因为高密度排列会表现为高表面积特点。这样一来，它们会表现为需要较长电镀时间的低电流密度区域和/或为满足隔离区的最低要求表现

孔径	基板厚度						
	0.2 mm 8 mil	0.25 mm 10 mil	0.3 mm 12 mil	0.35 mm 14 mil	0.4 mm 16 mil	0.45 mm 18 mil	0.8 mm 32 mil
0.1 mm 4 mil	20 μm	22 μm	24 μm	26 μm	28 μm		
0.15 mm 6 mil	25 μm	27 μm	30 μm	33 μm	36 μm	40 μm	
0.2 mm 8 mil	30 μm	3 μm	36 μm	40 μm	44 μm	48 μm	75 μm
0.25 mm 10 mil	35 μm	37 μm	42 μm	46 μm	50 μm	56 μm	90 μm
0.3 mm 12 mil	40 μm	44 μm	50 μm	56 μm	60 μm	70 μm	110 μm
0.35 mm 14 mil	45 μm	50 μm	58 um	65 μm	72 um	80 μm	130 μm
0.4 mm 16 mil		55 μm	70 μm	85 μm	100 μm		
0.45 mm 18 mil							

表3. 总表面铜层厚度vs.孔径和基板厚度

镀铜循环	试样编号	镀铜厚度 mil	断裂力 lbf	重量 g	伸长 %	拉伸强力 PSI
架桥充孔过程中的电镀铜	1	2.82	62.75	0.9726	21.92	47098.0
	2	3.23	72.83	1.1146	21.19	47699.5
	3	2.71	60.21	0.9348	20.79	47018.9
	4	2.87	62.89	0.9901	19.46	46368.8
	5	3.05	68.12	1.0510	22.47	47314.6
	平均值	3.94	65.36	1.0126	21.17	47100.0

表4：铜填充通孔沉积物典型性质

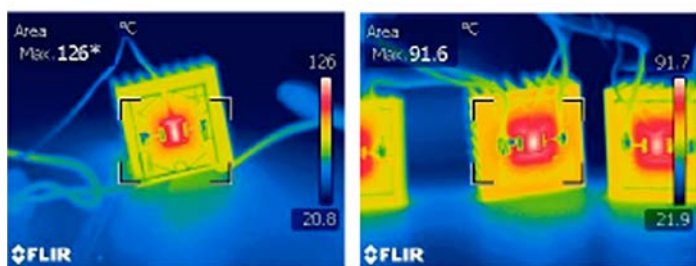


图16：利用通孔镀铜导热

为高电流密度。

在铜填充通孔过程中沉积铜的物理性质对其将要被安装到的电子元件的整体可靠性非常关键。混合沉积物的典型性质如表4所示。

结论

随着电子工业中应用于HDI、IC和LED基板的制造技术在不断进步，设计工程师需要面对更多新的挑战。随着微型化趋势的不断升温，新型制造技术如叠孔、产生大量热量的大功率元件的使用以及热量管理方法的改进对于有效导热、提高元件可靠性和元件寿命来说都是很有必要的。通孔镀铜是帮助设计师设计电路的一个工具。图16展示了通孔镀铜在现实生活中的应用——将热量从LED元件中导出从而实现较低的温度。在该情况下，利用铜填充通孔可以将元件的工作温度从126°C 降到92°C。

通孔镀铜工艺提供了通用的两步法工艺，第一

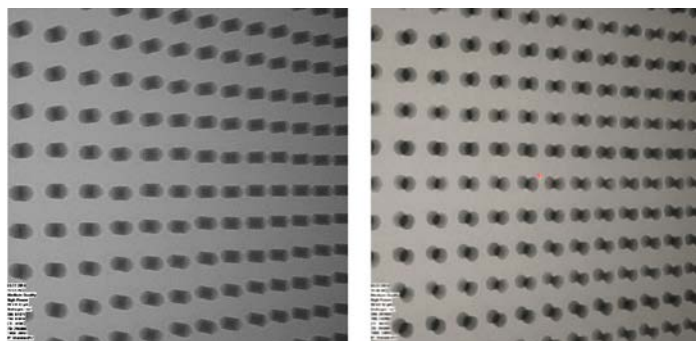


图17：通孔镀铜的X射线图像

步是周期性反向脉冲，其具有能够在通孔中心架桥和密封的特殊波形，随后的第二步通过直流电通孔填充化学过程，将两个微孔填满。

设计工程师必须了解通孔镀铜过程中的细微差别和线路板设计是如何影响电镀过程中每个步骤的结果。本文的结果说明了线路板设计特点如孔径、孔距和芯板厚度对电镀工艺中的关键输出，如架桥能力、总电镀表面铜层、凹痕、纵横比及整个工艺所需时长的影响。在设计供通孔镀铜使用的基板时，设计工程师必须要选择合适的基板和厚度，综合考虑孔径和布局以减少输出变化。这样一来，就能实现坚固、可靠的通孔镀铜工艺（见图17）。

本文最初发表于2016年美国伊利诺伊州罗斯蒙特国际表面贴装技术协会会议（SMTA International），刊登在会议记录中。**PCB**



Ron Blake,
资深工艺专家



Andy Oh,
技术服务专家



Carmichael Gugliotti,
金属化应用专家



Bill DeCesare,
研发工程师



Don DeSalvo,
全球产品开发经理



Rich Bellemare,
全球金属化应用经理

Quality Assurance

25项工程师必备技能

全面质量管理第一部分(六西格玛与统计分析工具)

by Happy Holden

我将会在接下来的许多篇专栏中展开讨论我的“25项工程师必备技能”。想要了解这一系列专题的简要内容，可以[点击这里](#)查看发布在上一个月的PCB007中国线上杂志上的文章。首先做一个快速回顾，我在这里罗列一下在接下来我将要讨论的这25项技能。这些内容将在每月的PCB007中国线上杂志中连载。（如果您还没有订阅，请[点击这里](#)免费订阅）

1. 全面质量管理/六西格玛/数据统计分析/曲线设置
2. 问题处理
3. 实验设计
4. 失效模式和效果分析（FMEA）
5. 互联网上的情报研究
6. 技术写作
7. 产品/流程生命周期
8. 学习曲线/学习理论
9. 质量因数/共同愿景
10. 面向制造的设计/装配
11. 时间管理
12. 项目管理
13. 标杆管理
14. 工程经济学/投资回报率（ROI/BET）
15. 路线图

16. 质量工程展开(质量屋)
17. 自动化策略/通讯接口模块（CIM）
18. 计算机辅助制造
19. 招聘与面试
20. 度量—量纲分析
21. 10步商业计划
22. 程序教学/远程教学
23. 精益生产/及时生产系统(JIT)/约束理论(TOC)
24. 科技意识
25. 预测工程

现在让我们开始话题。首先是最重要的话题之一：全面质量管理(包括六西格玛和统计分析工具)

全面质量管理（TQC）

全面质量管理是一种通过统计技术，实现持续制程改进和追求卓越的体系。TQC自20世纪50年代兴起于日本工业社会，是使基于理念的生产制造最优化的一种体系。这一术语逐渐发展成为全面质量管理（TQM）和六西格玛。这一体系同时融合了东西方的理念，由质量圈（每个质量圈由10到20个工人组成，对他们所生产的产品质量负责）的概念发展而来。它慢慢演变为工人和经理人共同使生产力和产品质量最优化的多种技术，这些技术包括密切地监督员工和卓越的客户服



NEPCON China 是电子制造行业内集中展示SMT和“电子制造自动化”设备及技术且规模出众的展览会之一。通过加入这个专业的展示平台，参展商能够以非常便捷和高效的方式维护客户关系，获取销售线索，推广新产品，树立企业品牌形象并进一步增强市场竞争优势。第二十六届展览会吸引了超过28,000位来自华东，华中及华北地区的各类电子制造企业高端买家，行业覆盖电子制造服务，原始设备制造，原始设计制造，消费电子，通信电子，计算机，汽车电子和医疗电子。配合高质量的参展服务，参展商和买家面对面的交流体验和沟通效果将获得进一步提升。

精彩呈现



Electronics
Manufacturing
Automation
电子制造自动化



Electronics
Manufacturing
Services
电子制造服务

主办单位



CCPIIT Electronics & Information Industry
Sub-council
中国国际贸易促进委员会电子信息行业分会



Reed Exhibitions
励展博览集团



NEPCON官方微信



NEPCON手机应用

连接全亚洲电子制造业



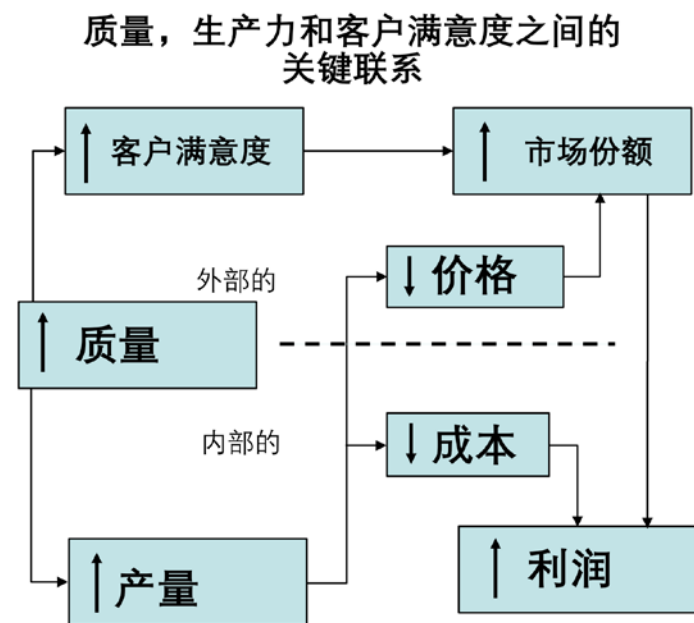


图1：质量、生产力与客户服务之间的关键环节

务。

改进的概念——这一强调持续改进需要依靠公司每一个员工的概念——是TQC的核心。它的目标在于通过循序渐进地从态度、实践、结构和体系方面进行改变，从而在根本上改变整个组织。

全面质量管理的概念超越了产品质量控制，它关系到组织中的每一个人，也包括每一个职能：行政、沟通、渠道、生产、市场、计划，以及培训。

TQC将一个组织视作一系列流程的集合。它坚持每个组织必须努力地结合员工们的知识与经验来持续改进这些流程。TQC的目标可以简单概括为“做正确的事，第一次就做正确，每一次都做正确。”真正的产品和服务质量改进对一个组织有多重的积极影响，就如图一所述：低成本、低价格，以及提升的客户满意度。虽然最初TQC只应用于生产操作，并且很长一段时间都仅仅被应用于这一领域，但是现在它被认为是一个通用的管理工具，同样也适用于服务性行业和公共组织。它有许多的进化分支，比如六西格玛，就从它的起源那里开发出了在不同领域独有的版本。TQC是包

含以下内容活动的基础：

- 高级管理层必须保证具备领导力，并且自上而下地授权给每一位员工
- 满足客户的需求
- 缩短开发周期的时间
- 及时性/需求流制造
- 提高团队
- 减少生产和服务成本
- 促进改善的体系
- 分级管理
- 员工参与及授权
- 褒奖及庆祝
- 具有挑战性的量化目标和标杆设置
- 专注于流程/改进方案
- 战略计划中的明确章程

这说明了TQC必须依靠团队个体都参与进来。

无论是在制造、市场、工程、研发、销售、采购，还是人力资源等部门。^[1]

TQC的原则

TQC的主要原则^[2]是：

1. 管理层的承诺

最高管理层必须驱动所有和TQC同样庞大或同样复杂的体系。在管理层做出承诺之前，自下而上地派遣工程师或者工人参加统计过程控制（SPC）或质量管理培训班的方式都无法落到实处。笔者在这方面获得经验是从我们的集团副总裁将TQC介绍给下属之后开始的。他给每个人分派了一个个人项目，然后让他们再培训他们的下属，继而再制定出个性化的项目。TQC的这四个步骤被标记为LUTI，即学习（Learn）、使用（Use）、教学（Teach）、个性化（Individualize），按此在组织中逐层向下推进，直至每一个主管和基层员工。

2. 流程优化

TQC改进模型或PDCA步骤被连续应用于评估当前真实状况、提出并实施解决方案、测试解决

方案的有效性，及标准化有效解决方案的实施流程（图2）。数据被用来做这些改进的优先级排序。

- 计划（驱动、指导）
 - 执行（实施、支持、参与）
 - 检查（回顾）
 - 处理（确认、沟通、修正）
3. 员工授权
- 培训
 - 建议方案
 - 考核和认可
 - 完善团队
4. 基于事实的决策
- SPC（统计制程控制）
 - DOE（实验设计），FMEA（失效模式及后果分析）
 - 6个数据分析工具
 - TOPS（福特8D-团队为导向的问题处理）
- 持续改进
- 系统化测量和专注于CONQ（不良成本）
 - 完善团队
 - 跨职能流程管理
 - 实现、保持、改进标准
- 关注客户
- 供应商伙伴关系
 - 内部客户的服务关系
 - 绝不在质量方面妥协
 - 客户导向的标准

TQC提出的持续改进概念

TQC和各项工作中的持续改进息息相关，从高层次的战略规划和决策，到车间工作的具体执行。它起源于“错误是可以避免的”，以及“缺陷是可以预防的”这种理念。由于持续的产能、人员、流程、技术及机械性能的改进，最终造就了工作中各个方面的持续改进。

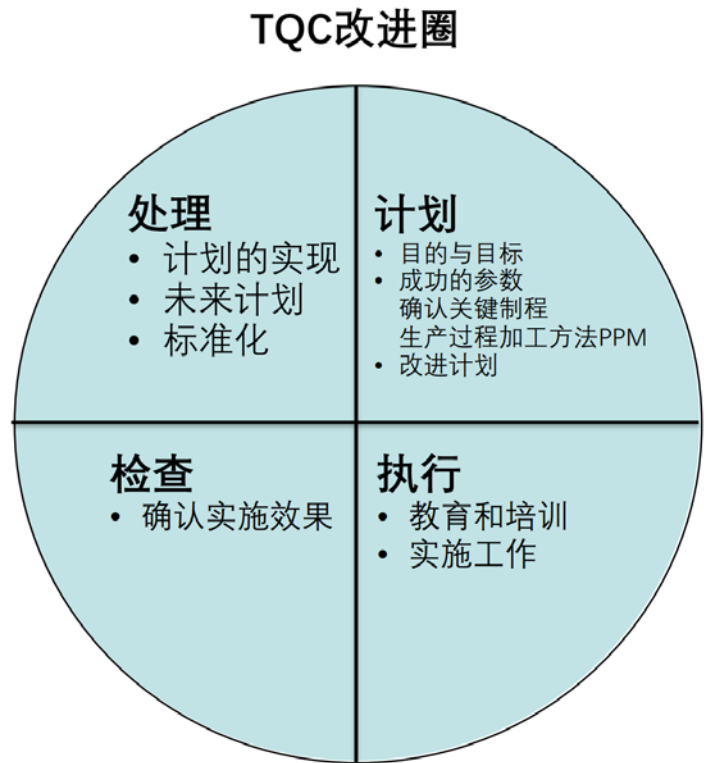


图2：TQC改进模型包含计划-执行-检查-处理

持续改进不应仅仅关注结果的改进，更应关注提高潜能以致在将来制造出更好的结果。关注提高潜能的5个主要领域是：创造需求、创造供给、科技、运营，以及人员能力。

TQC的中心原则（由戴明博士提出）是：人们会犯错主要是由有缺陷的系统或流程造成的。这说明这些错误的根本原因是可以被识别和消除的，这种错误的重复可以通过改变流程来避免^[3]。有三种主要的预防机制：

1. 防止错误（缺陷）发生（防错或防误防错法）
2. 如果错误不能被完全预防，那么尽早发现并防止它们传导至增值链（在源头上或者接下一步进行检查）
3. 如果错误反复出现，停止生产直到流程得以纠正，预防造成更多缺陷(及时停止)

实施原则及流程

TQC实施的第一步是评估组织当前的真实情

TQC是：	TQC不是：
• 一种管理哲学/操作方法 • 突破性思维 • 用于确定和解决问题的结构化规范；制度化的改善 • 通过管理层的行动进行传递 • 从上而下 • 长期的 • 需要QC工具支持	• 新的项目 • 一些老方法 • 专治火烧眉毛 • 通过口号传递 • 从下而上 • 短期的 • 需要QC工具驱动
长久的方案	救急的

图3：TQC的中心原则

况。相关的先决条件与组织的历史，其当下的需求，促成TQC的事件，以及当前员工工作生活质量有关。如果当前真实情况没有包括重要的先决条件，那么TQC实施需要被推迟，直到组织达到TQC极有可能成功的状态。基本原则是，TQC必须自上而下驱动，并且包含图3所示的那些原则。当戴明博士去一家公司讲课时，他坚持前排必须坐的是公司的总裁和高管，否则他会说“我不值得在这里浪费时间。”

如果一个组织有记录表明它能对环境做出有效反应，并且在需要的时候曾成功地转换运营方式，那么TQC会比较容易实施。如果一个组织素来被动，并且没有能力改进运营体系，那么就会遭到员工的质疑，并缺乏成熟的改善机制。如果这个条件成立，那么就可以着手实施管理和领导力层面的全面规划。管理审计是一个不错的评估工具，可以用来评估当前的组织职能水平和识别需要改进的方面。在开始实施TQC之前，必须保证这个组织是健康的。如果组织存在类似资金基础极不稳定、行政系统疲软、缺乏管理技能或者员工士气低迷这样严重的问题，那么就不是实施TQC的恰当时机。^[4]

然而，一定程度的压力可能是启动TQC的原动力。人们需要感觉到他们需要改变。坎特在1983

年通过描述存在于有效组织变更中的构件来解释这一现象。这些力量包括偏离传统、出现危机或存在令人振奋的事件、战略决策、个人的“原动力”，以及行动力。偏离传统是指通常发生在组织层的一些用非常规方法解决问题的活动。危机，如果不是太致命的话，也可以帮人们建立危机意识来调动人们的行动。就TQC而言，这种危机可能是资金截流或受到威胁，或者消费者及股东提出的改进质量和服务的要求。危机发生之后，组织领导人需要进行战略性的干预，清楚地表达新的愿景来帮助解决危机。实施TQC的计划可以是一个战略决策。这位领导人可以成为倡导者，来负责让这个计划取得成功并且告诉人们这个计划将怎样帮助他们实现想要实现的目的。最后，需要行动力、机制和组织结构来保证改进的发生并且使之制度化。^[5]

TQC工具

数据收集和分析工具用以记录和改进过程。这里有一些示例（见图4），但并不完整（其他部分会在以后的专栏中进行阐述）：

- 帕累托图
- 因果图（鱼骨图）
- 多变异图（直方图，电点状图，相关系数/散

点图)

- 实验设计
- 过程改进
- 控制图
- 过程能力指数分析(Cp, Cpk)
- PPM 生产过程和生产方法 (PPM)

变更管理的步骤

贝克哈德和普理查德 (1992) 总结了管理新体系(比如TQC)变更的基本步骤: 识别需要完成的任务, 创建必要的管理架构, 开发战略以兑现承

诺, 设计机制以沟通变更, 以及分配资源。

任务识别包括对当前状况的研究 (评估当前真实情况, 如上所述); 评估备战状态, 比如通过力场分析; 创建用来实施TQC的理想状态模型; 向组织宣布变更目标; 以及分配责任和资源。这最后一步包括确保外部咨询和培训, 及分配组织内部成员监督工作。这是最高管理层需要承担的责任。事实上, 在接下来的一步, 规划变更管理架构中也同样是最高管理层的责任。科恩和布兰德 (1993) 以及海德 (1992) 指出管理更多地需要领导层的参与而不是依靠单个员工或职能来领

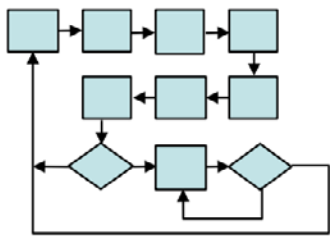
TQC工具

TQC工具

这些工具并不能代替良好判断或制程的知识。它们将数据转换成信息, 然后可以帮助做出客观的决定。

处理流程图

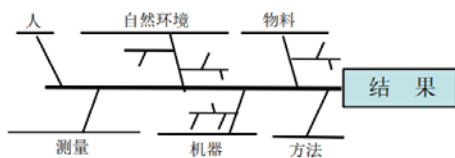
以视觉形式来表示流程中的顺序步骤, 也显示出组件部分之间的关系。



指明问题区域、不必要的循环与复杂性, 以及可以被简化的流程。

鱼骨图

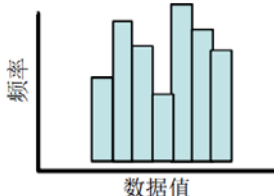
用于研究导致结果的潜在因素。



帮助我们识别和组织对流程质量有潜在影响的变量或因素。

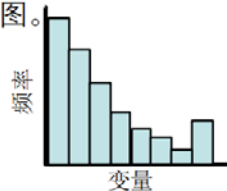
直方图

显示测量数据分布的条形图; 如果使用平均值, 需谨慎:



帕累托图

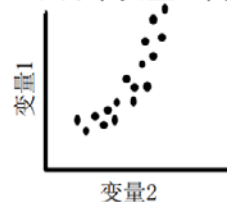
显示特定问题相对重要性的条形图。



应基于数据

相关图

显示两个变量之间的关系。

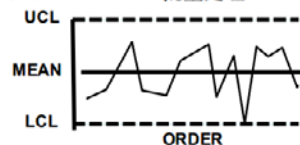


应基于个体, 而不是平均值。

控制图

显示统计控制水平 (可预测性)

类型	使用
X, R	连续数据
X, S	连续数据
P	二进制数据
C	计数数据
分层	批量处理



不应该: 使用非重复流程。混淆规范与极限

自然模式 (统计控制): 大多数点靠近中心。几个接近控制极限。很少有控制极限以外的点。

非自然模式 (改变系统): 中心线和控制极限之间有三个相等宽度的区域。分别考虑顶部和底部。

不稳定性测试: 从限制中标记A, B, C。

1. 单点在限制外。
2. 3个连续点中有2个再Zone A或者之外
3. 5个连续点中有4个在Zone B或者之外
4. 8个连续点在Zone C或者之外

图4: TQC数据收集和分析工具: 过程图, 鱼骨图 (因果图), 直方图, 帕累托图, 散点图, 控制图

导工作。最好能有一个全机构范围的指导委员会来监督工作。承诺策略的开发已经在之前有关“阻力及富有远见的领导力”的章节中进行过讨论^[6]。

为了沟通变更，需要开发超越当前流程的新机制。特别是，管理员参与全员会议，可以以对话的形式，用于启动流程。同时TQC实时通讯也可以作为一种有效的沟通工具来确保员工对于各项活动和成就有良好的认知。

变更工作的资源管理对于TQC来说很重要，因为通常会需要外部咨询人员。对于咨询人员的挑选应该基于他们过往的相关经验以及他们将流程运用到每个特定组织的能力。咨询人员对于员工的初期培训和TQC体系来说作用巨大，员工（包括管理层和普通员工）应该积极参与TQC的实施，也许在接受了变更管理的培训之后，他们能够将培训内容传达给更多人。必须建立与咨询人员的协同关系，明确职责定义以及活动规范。

总结

概括地说，首先需要评估组织的先决条件和当前状况，然后确保对于变革的需求是明确的，实施TQC是一个适当的战略。领导风格和组织文化必须与TQC相符。如果不符，那么就需要继续努力，推迟或避免TQC的实施直至具备有利条件。

要记住这将是一个困难、全面并且持久的过程。领导人必须兑现他们的承诺，保证过程的可视化，提供必要的支持，并且帮助人们对结果负责。尽可能地利用股东（客户、相关机构、资金来源等）的投入，当然也要最大化员工对于系统设计的参与。^[7]

永远记住TQC必须是目标驱动的。要清楚组织将来的愿景并且保持专注于这一愿景。TQC是释放员工创造力和潜能的强大技术，同时也能缓解官僚主义和降低成本，提升对客户及团体的服务质量。

TQC鼓励下至车间员工上至管理团队的全员参与。没有单一的理论来规范化全面质量，但戴明、朱兰和石川提出了基本假设，它是“一种关于制度化既定改进及持续改进的管理理论。该理论认为质量是一个组织内所有活动的最终结果，所有的职能及所有的员工都必须参与过程改进，一个组织不仅需要质量体系更需要质量文化。”**PCB**

参考文献

1. Hyde, A. (1992). "The Proverbs of Total Quality Management: Recharting the Path to Quality Improvement in the Public Sector." *Public Productivity and Management Review*, 16(1), 25-37.
2. Martin, L. (1993). "Total Quality Management in the Public Sector," *National Productivity Review*, 10, 195-213.
3. Gilbert, G. (1992). "Quality Improvement in a Defense Organization." *Public Productivity and Management Review*, 16(1), 65-75.
4. Tichey, N. (1983). *Managing Strategic Change*. New York: John Wiley & Sons.
5. Swiss, J. (1992). "Adapting TQC to Government." *Public Administration Review*, 52, 356-362.
6. Smith, AK. (1993). "Total Quality Management in the Public Sector." *Quality Progress*, June 1993, 45-48.
7. Hill, Stephen. (1991). "Why Quality Circles Failed but Total Quality Management Might Succeed." *British Journal of Industrial Relations*, 29(4), 541-568.



Happy Holden从1970年开始从事印制电路技术工作，曾在Hewlett-Packard，南亚/Westwood，Merix，富士康和Gentex工作。他目前与Clyde Coombs一起，作为印制电路手册第7版的作者。

1. [供应商聚焦：American Standard Circuit的AS9100认证历程](#)

我有幸在过去一年与American Standard Circuits (ASC) 合作，协助他们成功通过了AS9100质量管理体系认证。该公司分享了在这一艰巨的历程中所使用的方法、得到的经验教训以及收益。

2. [航空航天机器人市场到2022年将达到45.4亿美元](#)

该市场预计将从2016年的18.1亿美元增长到2022年的45.4亿美元，预计期间的复合年增长率为16.55%。

3. [Sparton与Ultra Electronics的合资公司签订了US Navy声纳浮标的价值3030万美元的合同](#)

Sparton公司和 Ultra Electronics Holdings plc公司的合资企业ERAPSCO获得了价值3030万美元的分包合同，用于制造美国海军的声纳浮标。

4. [Tim的小贴士：拯救RF设计的“火花”](#)

正如早期的无线电需要无线电专家“火花”来完成这个工作，我们现在需要RF专家与电气工程师合作，以创建RF电路所需的复杂设计。你就是火花，能够完成这项工作的专家。

5. [FTG收到新的价值超过1200万美元的长期协议](#)

Firan Technology Group Corporation在全球主要航空航天市场上获得一家领先OEM厂商三年长期协议 (LTA) 。

6. [美国宇航局2016年航空报道](#)

我们正处于X飞机机型研究的历史新时代，其中包括绿色航空技术的不断发展，以及不断扩大的新

型空中交通管理技术基础测试。

7. [PCI采购Keyence IM-6225即时尺寸测量系统](#)

刚挠结合板制造商Printed Circuits Inc.公司从Keyence公司购买了一套IM-6225即时测量系统。

8. [航空业进行更快的实时数据分析](#)

全球商业航空电子系统市场竞争的强度预计将在未来几年迅速增长。经济条件的改善和便利的航空旅行带来的吸引力对全球商业航空电子系统市场的所有参与者都是利好消息，并且预计发展速度会进一步提高。

9. [全球热成像市场2019年将达到60亿美元](#)

Transparency Market Research (TMR) 在其最新报告中表明，2012年全球热成像市场被少数公司主宰。如DRS Technologies Inc.、BAE Systems Inc.、Raytheon Company和FLIR Systems Inc.等顶尖公司在2012年占据全球市场份额的75%。

10. [全球纳米卫星和微卫星市场报告](#)

“美国将继续为在全球纳米卫星和微型卫星市场上的公司提供有利可图的机会。” TMR分析师表示，随着越来越多的公司希望在美国国内扩张，在预测期间美国可能会保持在全球市场的前列。





工业4.0，新时代之追求

by Rich Heimsch

SUPER DRY-TOTECH EU

工业4.0改变了制造业的游戏规则。通过将机器连接融合于信息技术和网络当中，大大提高了生产力。

使用新工业4.0技术的公司将更具竞争力，因为其生产成本更低，并且在应对范围广泛、变化迅速的客户需求时操作流程更加灵活。工业4.0时代已经来临，那些准备好迎接新时代的公司将会引领这次变革。

批量定制是个营销和制造的概念，它将灵活定做的产品个性化与低成本、大批量生产这对看似矛盾体很好地结合在了一起。4.0将这一概念变成了现实。利用已知的有用信息，可以随时随地小批量生产单一产品。实施了工业4.0的公司能够实现更快速、更灵活的生产，物料利用率更高，并且能降低操作复杂性和减少停机时间。

这种对物料的高效利用意味着自动化库存物流和跟踪系统能够完全代替人工搬运物料，并且

能整合到整个企业的MES和ERP系统当中。在印制电路板组件（PCBA）的生产和所涉及的库存管理中，会有一些附加的含义和独特的要求，其中包括掌握成千上万个元件的位置、以及追踪它们暴露到大气环境中的时间。组装到PCBA上的大多数独立器件，包括PCB基板本身，都易受湿气影响，并且有各种不同且有限的车间寿命，高温加工超过此时间的PCB就会存在严重风险，而高温加工却是所有PCBA进行互连的方法。在回流焊接期间，当温度达到260 °C时，渗入组件吸湿封装中的多余水分（也就是> 0.1%的水分重量）会突然爆裂，使封装和它的互连中渗入氧气，通常这将可能导致实际使用中的故障（在生产完成时此问题一般不会被检测出）。

湿度敏感程度分为八个等级，用车间寿命小时数来表示，范围从无限到少于24小时。在操作过程中知道车间寿命和暴露时间是十分重要的，这样就能防止因潮湿带来的损害。可以通过除湿的方式“重置”器件的车间寿命，但是为了保证器件的可焊性和可用性，需要在严格控制的条件下进行

行除湿。例如，氧化和产生金属间化合物对互连工艺是有害的，而这两点都是由高温烘干除湿引起的。

将这些问题进行档案管理对避免实际使用中出现故障以及事后产品问责都是至关重要的。这种管理模式经常由完全自动化的仓库机器人完成，如前面所述，也是在低湿度环境（<5%）下进行密封。随着零件从车间运入运出，为达到最佳库存利用率及安全湿度标准环境，需要知道每个器件位置及状态（车间寿命和暴露时间）的实时报告。

不是所有制造商都能承担如此大规模的自动化设备，或无法保证有足够的资金投入。他们的MSD（湿气敏感元件）管理会通过一个或多个除湿干燥柜配合一个手动装卸的加热车间寿命重置柜来完成。

但他们仍能利用其4.0解决方案的核心本质。同样可以将追踪器件在车间自动运输的软件应用于不完全自动化的环境中。干燥储存柜可以放置在工厂车间的任何位置，或放置在制造厂区的任何建筑物中。无论在哪里，操作工都可以在元件

和PCB进入和离开单独的安全储存柜以及车间寿命重置柜时对其进行扫描。不论是位置、车间寿命允许暴露时间和/或车间寿命重置状态，软件都可以自动保持其准确的状态。这些不同的位置同样可以作为环境空气仓库，用来储存无限车间寿命的器件或仍储存在防潮袋（MBB）里的元件。

离散式干燥柜可以通过网络连接在一起，利用所有可用的操作参数实现实时追踪。这种信息自动化使不同规模的制造商能够对他们的组件库存保持全面的管控，尤其是对湿气敏感的设备。

不论是以与现有ERP和MES系统相结合的方式还是独立使用的方式，实时监控追踪湿气敏感库存都能帮助各种规模的制造商实现他们的4.0目标。**PCB**



Richard Heimsch是Protean Inbound以及美国Super DryTo-tech EU公司的董事。

电子铜箔2017年间新增产能调查结果公布

持续多月的铜箔涨价及“铜箔-覆铜板-印制电路板”产业链出现供需关系非正常问题，困扰着整个中国电子电路产业链的正常经营运行，同时从欧洲EIPC传来了相同的消息，PCB原材料短缺之痛，欧洲也正在经历（[点击阅读](#)），正如文章中所指出，“从全球、区域性到各自国家内部出现的原材料短缺问题是相呼应的”，产业链中的任何个体都无法独善其身。本刊旨在将全球视野带给中国业界，以一种新的更具开拓性的思路去考虑行业及企业个体发展之路。众所周知，此次国内电解铜箔之困源于中国新能源汽车



政策的实施及新能源汽车生产量扩大，作为锂离子电池负极载体用的铜箔的需求也出现巨增。使得企业经营处于不景气的铜箔行业很快地在2015年秋季起变得红火起来。有大型铜箔企业老总描述为：“在一年间，新能源汽车政策的驱动，使我们铜箔行业发生了从地狱到天堂的巨大变化”。而如今政策的变化以及市场规律的调整，似乎让中国电子电路行业正在经历的原材料之痛有了些许转机。

点击阅读[中国电子铜箔企业2017年间将新增产能情况调查结果](#)

IPC标准表面绝缘电阻测定和离子污染测定结果发散性的研究

Divergence in Test Results Using IPC Standard SIR and Ionic Contamination Measurements

by K. Tellefsen, et al.*

Alpha Assembly Solutions

在受控湿度和温度条件下，测量助焊剂覆盖的测量载体受到一个直流（DC）偏置电压时的表面绝缘电阻（SIR），是全球各种标准组织认可的，在确定免洗焊膏和波峰焊助焊剂残留对电子组件来说是否适合且可靠时，所优先选择的测试方法。在电子工业联接协会（IPC），日本工业标准（JIS），德国标准化学会（DIN）和国际电工委员会（IEC）都有类似的经过审核的标准测量方法。

离子污染测试受IPC认可，是用于评估已经经过清洁处理过程的零件洁净程度的标准。IPC J-STD001F使用了IPC-TM-650方法2.3.25中的使用加热异丙醇（IPA）和水的混合物来提取电路板污染物的标准试验方法。试验方法2.3.25通常被称为ROSE

（溶剂提取物电阻率）测试。之前的测试^{1,2}显示出可萃取的弱腐蚀性有机酸的存在和IPC-TM-650 2.3.25的测试结果之间的相关度较差，部分是由于免洗焊剂中并没有什么可溶解的材料，并且现代的松香和树脂赋予了免清洗焊接材料更高的SIR值。

本研究将对比两种焊膏的IPC-J-STD-004B IPC TM-650 2.6.3.7 表面绝缘电阻试验和IPC TM-650 2.3.25试验的结果，来研究ROSE测试方法作为预测电器零件可靠性因素的可能性。

介绍

离子污染测试可追溯到70年代初由Hobson和DeNoon³在印第安纳波利斯的美国海军航空中心所完成的工作。这项工作的结论是在使用

您的公司是否使用波峰焊？

不要把宝贵的炉渣半卖半送得处理了！



使用MS2®把炉渣变成可再利用的焊锡条。从今天起开始省钱。
MS2®产品是清除炉渣的第一品牌。
实现高达90%的回收率！

从今天起开始省钱 @ pkaymetal.com

pkaymetal.com

+1 323-585-5058

PK
M·E·T·A·L

IPA 和水的混合物提取离子时，不高于 $1.56\text{ }\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ($10\text{ }\mu\text{g}/\text{inch}^2$) NaCl当量标准。那个时期大批量生产的电路仅采用波峰焊工艺，使用泡沫焊剂涂覆来施用RMA助焊剂，焊接后使用氟碳溶剂进行清洁处理。

这个对离子污染的限制标准值收录进了现已不适用的军用规格P-288094和MIL-STD-2000A，存在于A到F版本的ANSI/J-STD-001标准中。这个原本手工操作的方法现在已经变得更加自动化，连相关产品的品牌都非常具有描述性，如Contaminometer, Ionograph和Omega Meter等。这些测试仪器在测量离子污染溶于醇/水混合物时不但提高了工作效率和准确度，还提高了可以检测的离子材料种类^{5, 6}。

IPC-9202介绍了通过使用IPC-B-52试样来按照IPC TM-650 2.6.3.7和IPC TM-650 2.3.28进行试验流程来确定电气可靠性的测试方法。这个测试试样示于图1中。标准要求最小SIR值为 $100\text{ M}\Omega$ ，

但只要要求离子污染程度的测量和报告。报告中的离子污染程度就成为了“未来故障排除和流程改进”的参考点。

本文所设计的试验是使用IPC-9202的衍生方法，来测试是否会有焊膏可以通过 $>100\text{ M}\Omega$ 的SIR标准，但无法通过ANSI/J-STD-001f离子污染程度标准，以及第二种焊膏是否能通过ROSE测试标准但无法通过SIR测试。

试验方法

将两种不同的SAC305焊料印制并回流到IPC B-52试样（如图1）上。将完成印制、填充和回流后的试样分成两个单独的测试载体。中间向右的部分将用于测量离子污染，左边的部分则用于测量SIR。最右侧的四块小板不需要进行测试。要用到的Ionograph示意图如图2。Ionograph是“动态”ROSE测量方法，其提取的溶液连续通过可以去除溶液中离子物质的离子交换柱。导电率桥检测

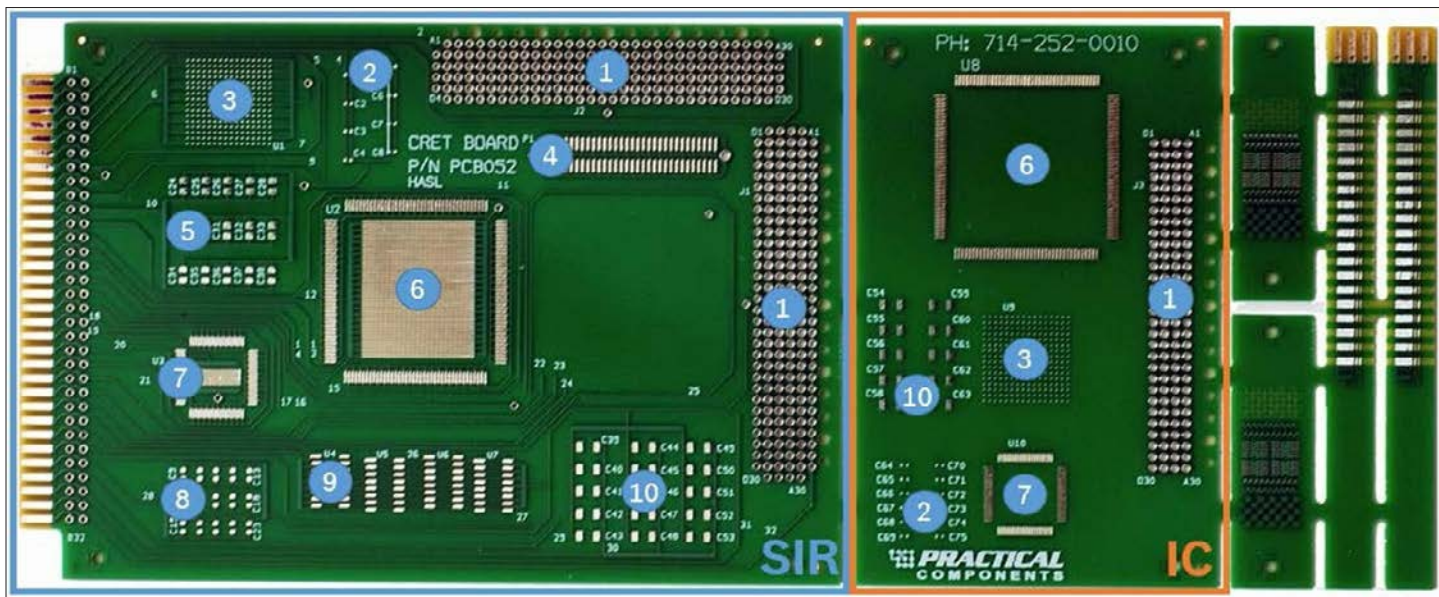


图1：IPC B-52试样包含SIR试样（SIR）和离子污染测量（SIR）部分。组件ID：1 - TH接口4×24引脚；2 - 电容，10 pF，0402封装；3 - BGA，256 IO，1毫米间距，隔离；4 - IEEE1386 SM接口，2×16针；5 - 电容，10 pF，0805封装；6 - QFP160，0.65 mm间距，隔离；7 - QFP80，0.5 mm间距，隔离；8 - 电容，10 pF，0603封装；9 - SOIC16，1.27 mm间距，隔离；10 - 电容，10 pF，1206封装

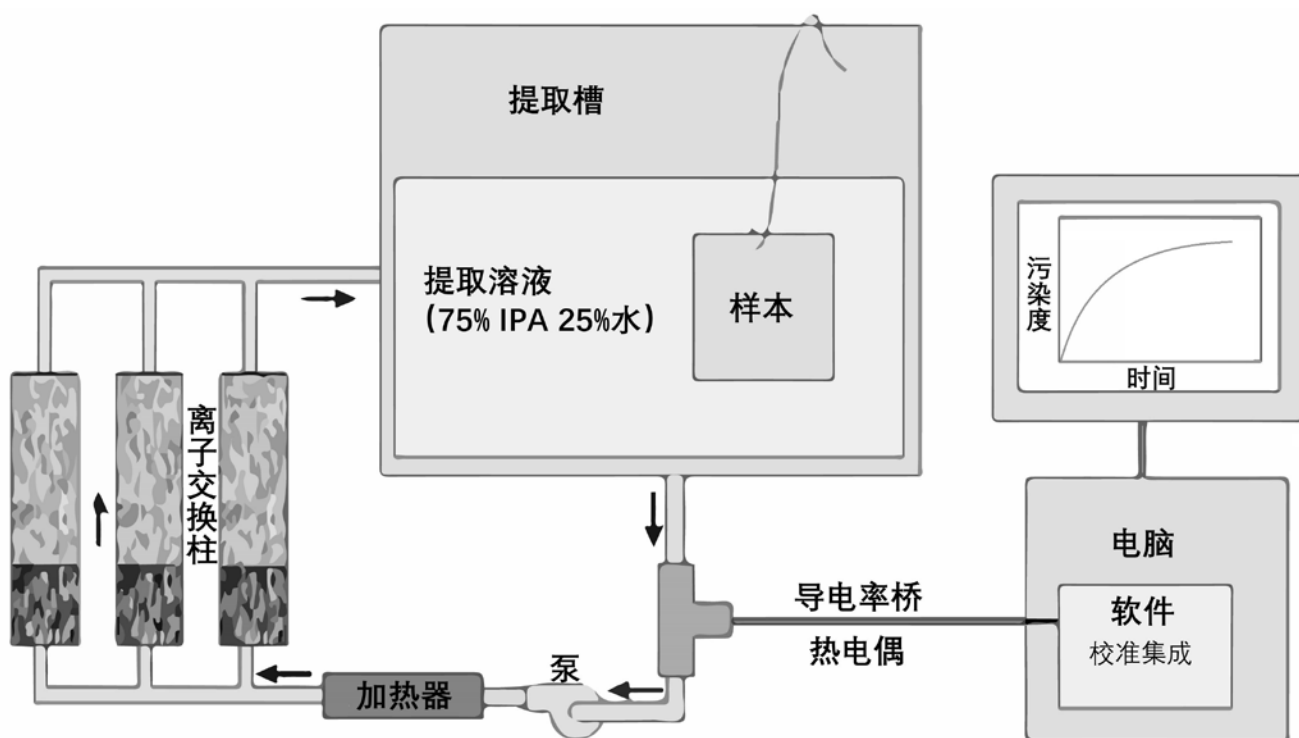


图2：“Ionograph”示意图

溶液中的离子，流量计测量通过导电率桥的溶液体积，将离子污染与溶液体积数据联系在一起。

第二个测试是用三个IPC-B-24试样（常用于单一材料SIR测试）来分别测试两种焊膏。

试验流程

1. IPC-B-52试样准备

用两种待测试的焊膏分别处理十个IPC-B-52试样。这些试样按照出厂原样进行测试，不需要进行任何清洁。焊膏用0.125 mm (5 mil) 丝网印制。图1位置2, 3, 5, 7, 8和10安装上假部件。接下来用OmniFlo 7烤箱对试样进行回流，参数为在氮气氛围（600~800 ppm O₂），以1.1 °C/s直线温升到243 °C，液相时间大于53 s，如图3所示。

2. SIR测量

将20个试样的SIR部分和两个未经处理的控制试样放入恒温恒湿箱中。手工焊接特氟龙绝缘导线到试样上。恒温箱设定在40 °C±1 °C，90%~93%RH条件下运行，GEN3 AutoSIR设定为12 V偏置电压，每20分钟测量偏置电压SIR，整个测试运行7天。

图1是记录下的5、6、7、8号区域的SIR数据。电路板连接到Gen3 AutoSIR仪器上并安放在恒温恒湿箱中测量SIR。恒温箱设定为每20分钟记录12V SIR读数。边角的卡连接器没有进行测试。特氟龙绝缘导线用ROLO焊丝焊接。

3. 用IPC-B52试样测定离子污染

十个IPC B 52试样离子部分分别用两种

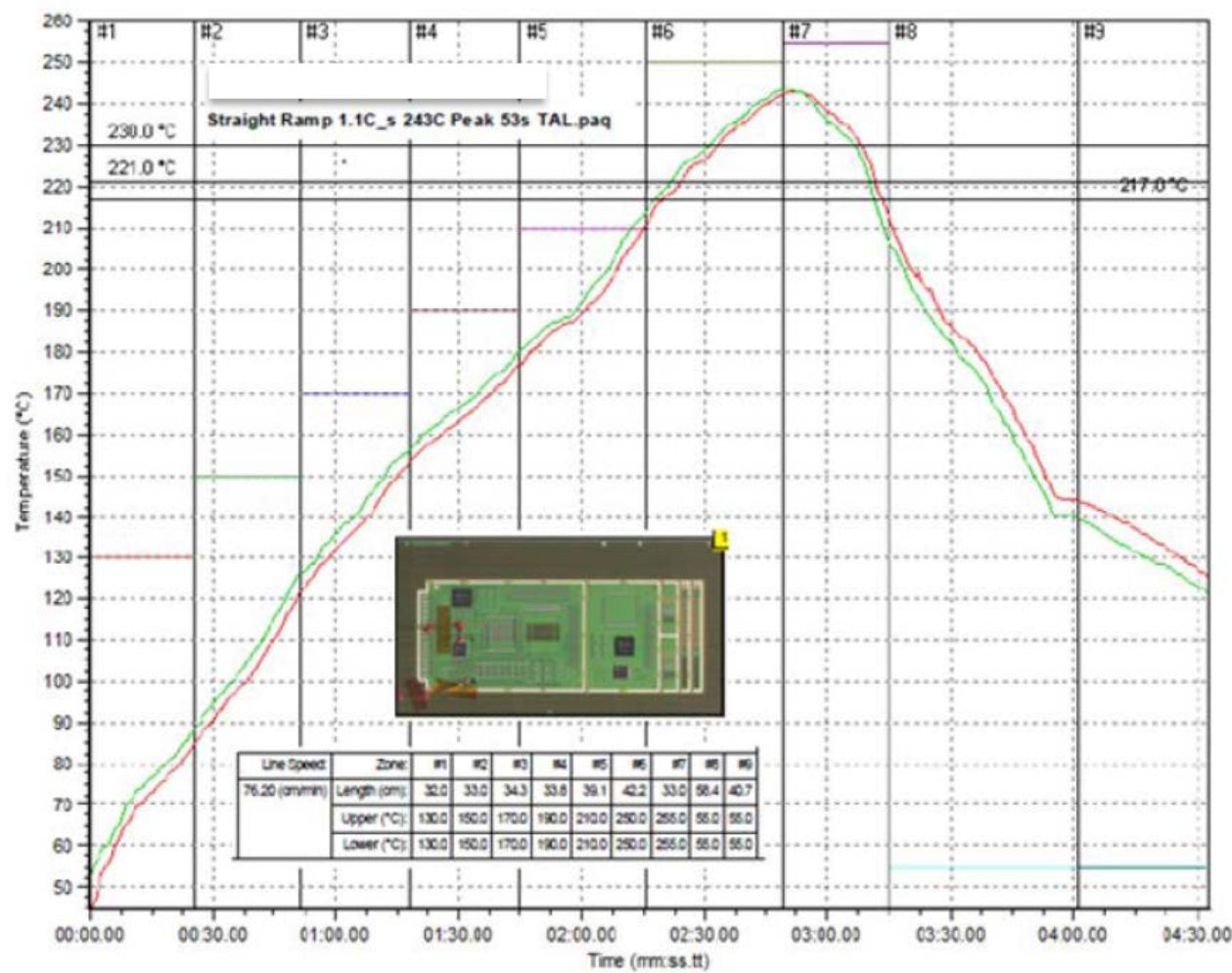


图3：回流所使用的温度曲线，氮气环境下直线温升至243 °C(1.1 °C/s, 53 s TAL)

待测试的焊膏处理了三个区域。使用lonograph 500M SMD II仪器检测每一块试样上的离子污染程度。加热至45 °C的75%异丙醇25%水的提取溶液用于萃取。溶液在lonograph中停留15分钟。这个时间是完全清除离子污染与和测试载体无关的CO₂吸收导致的导电性增强之间的平衡。在计算中使用65 cm²的PCB面积。

4. IPC-B-24试样制备

A. 预清洁

处理过的IPC-B-24试样和裸铜FR4一起浸在lonograph 500M SMD II 内的75%异丙醇25%水溶液中。接下来对溶液进行加热和循环。板留在溶

液中直到溶液的电阻率达到>300 ohm-cm。之后将板置于50 °C环境中烘干一小时。

B. 试样装配

两种焊膏分别通过150 μm (6 mil)丝网印制到3块试样上。接下来试样同样按照图3的温度曲线进行处理。接下来用OmniFlo 7烤箱，参数为在氮气氛围（600~800 ppm O₂）。

结果与讨论

图4和图5分别是焊膏A和焊膏B在小QFP附近引线记录的SIR结果。图6是两种焊膏在6个区域平均值。可以从这个7天的测试数据中看到，焊膏A的读数始终比焊膏B高3个数量级左右。如果以

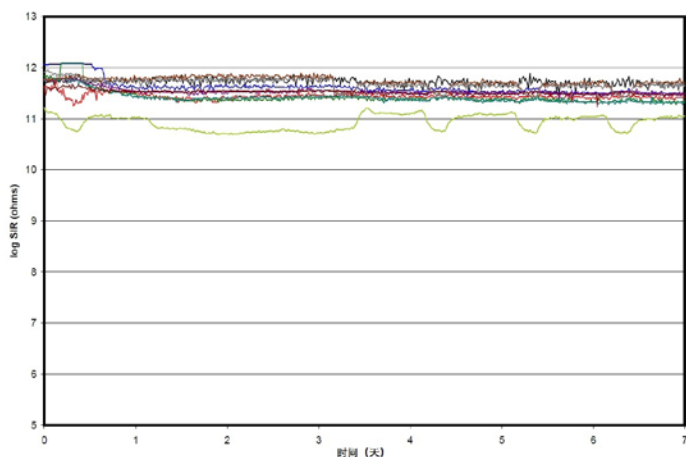


图4：在小QFP区域的焊膏A的IPC-B-52 SIR测试结果

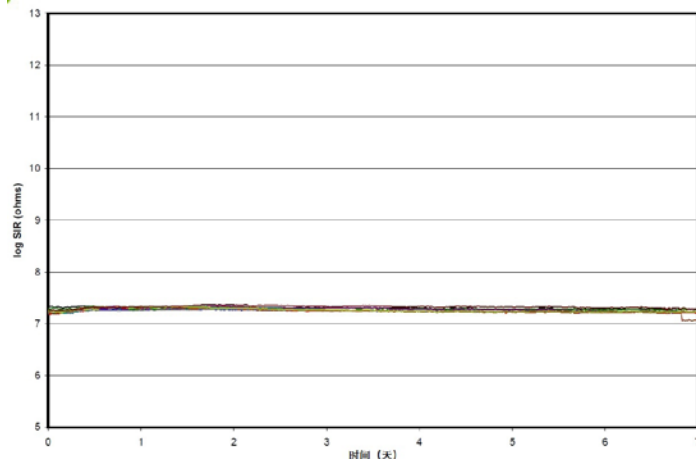


图5：在小QFP区域的焊膏B的IPC-B-52 SIR测试结果

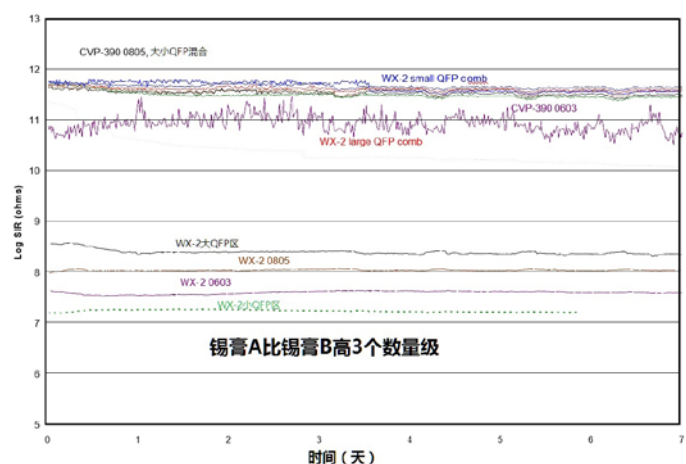


图6：焊膏A和焊膏B的所有区域B52 SIR测试平均值

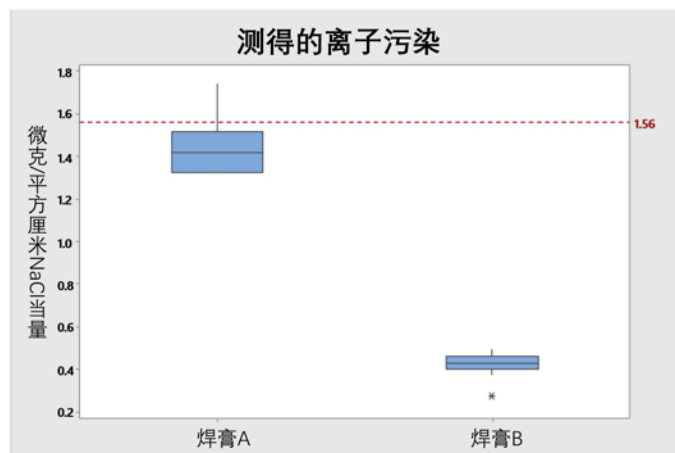


图7：经过焊膏A和B处理的B52载体离子污染测试图

100 MΩ作为合格标准，焊膏B未能通过测试。

图7对比了焊膏A和B的B-52的IC部分的离子污染测量结果。与SIR读数不同，经过焊膏A处理过的试样的离子污染程度比焊膏B高了3倍。结果的差异来自于焊膏A中良性离子易于被醇/水混合物溶解，而焊膏B中的不溶离子造成了表面电阻降低。本文没有进行离子残留物的详细化学性质分析。测试结果表明了高SIR值的焊膏A在离子污染测试中勉强通过，而SIR不合格的焊膏B则大幅度超过标准。

图8是焊膏A和B按照J-STD-004C方法测试记

录下的SIR值。在这种情况下，焊膏A的SIR值比焊膏B高4.5个数量级。

结论

这些发散的试验结果强调了为什么ROSE测试以一个合格的流程应作为相对测试，并且使用标准SIR/离子污染测量这两个数据作为“未来故障排除和流程改善”的基准。刚好低于以ANSI/J-STD-001f 的1.56微克/平方厘米NaCl当量极限的试样在SIR测试中表面电阻反而比离子污染读数低3倍的试样高了3个数量级。因此，PCBA的离子

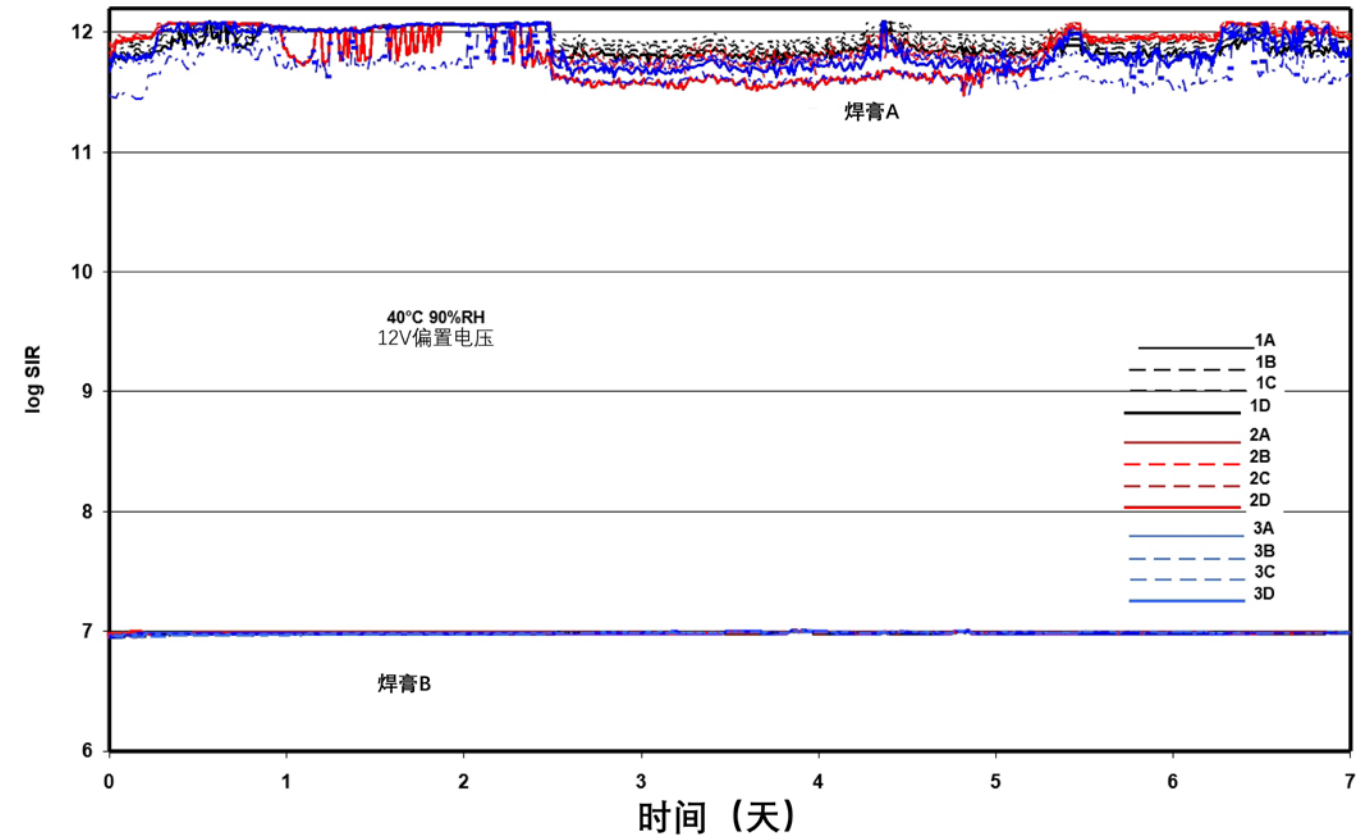


图8：焊膏A和B按照J-STD-004B/IPC-TM-650方法2.6.3.7测试的SIR值

污染程度不能预测在高温高湿条件下电子控制单元的可靠性。强烈建议5-22A工作组审查和修改ANSI/ IPC-J-STD-001F时，考虑到对评价电气可靠性的SIR和离子污染测试结果的明显差异的情况。**PCB**

合著者：M. Holtzer, T. Cucu, M. Liberatore, M. Schmidt, Alpha Assembly Solutions; and S. Moser, L. Henneken, P. Eckold, U. Welzel, R. Fritsch, D. Schlenker, Robert Bosch GmbH.*

参考文献

1. Seelig, K. "VOC-Free Flux Study-

Not All Weak Organic Acids are the Same," APEX 2012 Proceedings (2012).

2. Chan, A.S.L., Shankoff, T.A. "A Correlation between Surface Insulation Resistance and Solvent Extract Conductivity Cleanliness Tests," Circuit World, Vol. 14 Iss : 4, pp.23-26 (1988).

3. Mittal, K.L. "Treatise on Clean Surface Technology," Vol. 1, p.81, (1987).

4. Hymes, L. "Cleaning Printed Wiring Assemblies in Today's Environment" (1991).

5. Tegehall, P-E., "Cleanliness and Reliability," IVF Research Publication 96846 (1996).

6. Crawford, T., "An In-Depth Look at Ionic Cleanliness Testing," IPC-TR-583 (1993).

最快的速度获得精确的结果



Mentor Graphics HyperLynx® | 这是次时代高速设计。

如今数字设计师需要同时处理时域和频域；他们采用新方法，如COM，PAM4和HMC。HyperLynx通过将信号和电源完整性分析、3D电磁解决方案和快速DRC检查都集成到一个统一环境中，帮助您克服这些新挑战。现在简单易用的HyperLynx为快速准确获得结果设置了一个新的标准。欢迎访问 mentor.com/hyperlynx

Mentor®
A Siemens Business

激动人心的新技术：热风险管理

by Doug Brooks, PhD

两年前，我开始与来自德国莱门的Johannes Adam博士展开合作。Johannes编写了一个叫做热风险管理（TRM）的软件仿真工具，我们用它来查看PCB线在不同情况下的热性能表现。在见证了它的功能和使用成果之后，我很难抑制自己的激动兴奋之情。我们合作发表了多篇文章和一本书。在本文中，我会介绍一些我本人很感兴趣的TRM的功能用途。（注意：TRM用途广泛，我在本文中提到的只是冰山一角。欲了解更多，可阅读本文最后列出的技术说明。）

我们能够用TRM将PCB上的线建模，然后以此模型来预测它的热性能。所以我们要做的第一件事就是把不同种类的线建模，然后将结果与IPC-2152^[2]上的数据进行比对。如果数据和结果非常吻合，那么我们会对这个工艺信心倍增。但如果软件可以单独拟合一条线，它就可以预测出在不同情况下，尤其是线路板设计者更常遇到的情况如长度变化、相邻线的距离和存在平面的情况下，线的温度是多少。例如，图1展示了有紧挨线底部平面和没有平面的情况下线周围的热模式。平面能明显降低线的温度，并且加宽线路板上的散热区域。

我们还可以用TRM对物体进行多维度查看。举个例子，图2显示了线底部一块线路板剖面图的温度曲线。表示穿过线路板且不带有平面的线下方的温度曲线一直延伸到了最远端，而表示带有平面的线路板的温度曲线则变化显著。我知道，除了计算机仿真，没有其他的方法可以查看这条曲线了。

而结果也令我们非常欣喜，于是我们开始了一系列的研究，使用TRM查看过孔温度，最终积

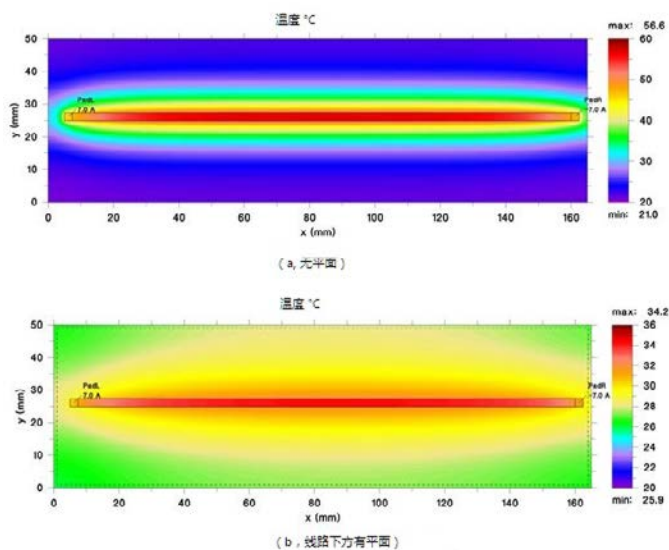


图1：底部有平面时和没有平面时线路的温度曲线

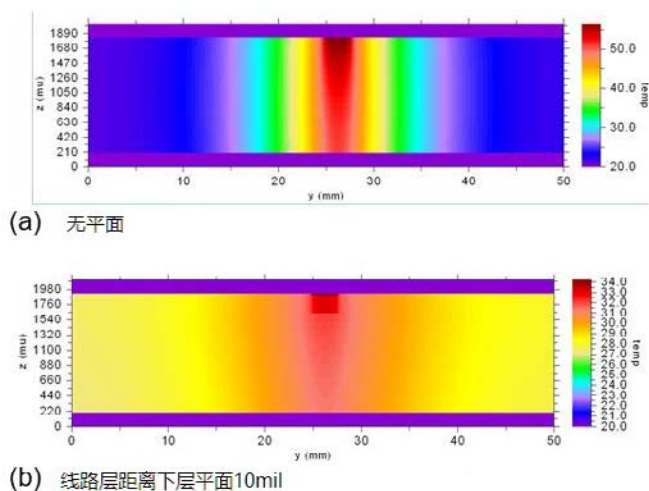


图2：图1中的线底部和线路板上的温度曲线

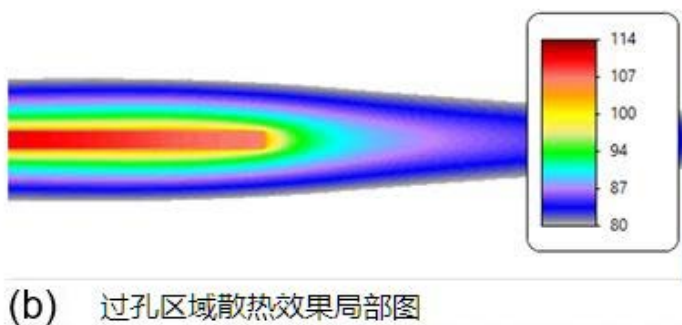
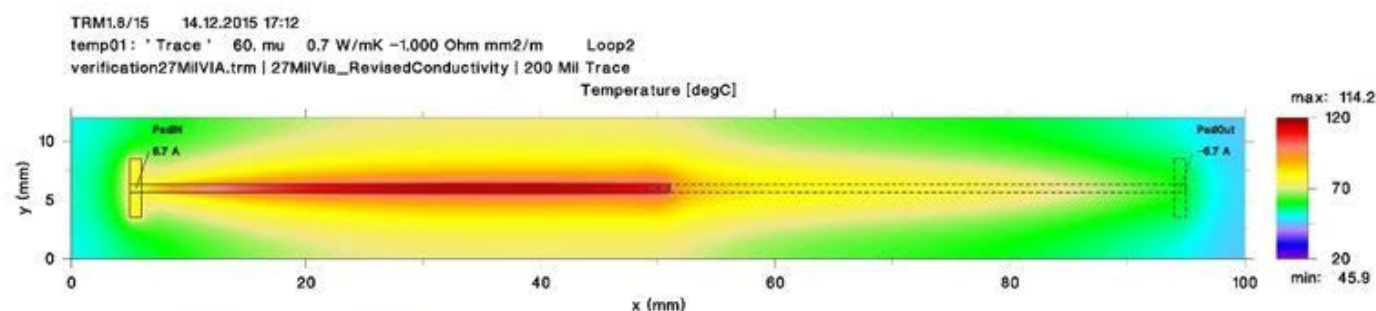


图3：一个标准过孔周围的温度曲线

累出了书的内容。在探测过孔壁内温度方面，目前还没有其他的实用方法。我们得到的结论是，对一条普通的线来说，过孔内温度比线温度要低一些！（图3）事实证明，决定过孔温度不是流经过孔的电流大小，而是相邻线的温度^[3]。因此，只要线的规格适当，只需要一个过孔就足够了（在

大多数实际情况下），并且过孔孔径也可以比之前设定的小很多。

我们可以使用这个软件查看一个直角区域周围的温度分布曲线。有些人推测直角内侧的温度要比外侧的温度高一些。我们对此进行了仿真，图4a显示出这一推测是正确的。但是导致这一现象的原因有些出人意料——竟然不是因为电流密度都集中在了直角内侧。当查看图4b时，我们看到温度曲线从线上延伸到直角内侧的电介质上，不同于直角外侧区域周围的温度曲线。直角外侧的温度更低是因为板面积更大，线可以“冷却”，而

不是因为外侧的电流密度更低。

TRM还可以用来查看线上每一处的电流密度。图5显示了上文提到的直角的电流密度，图6显示了一条有4个过孔的线的电流密度。我们在分析过孔附近的电流密度，尤其是“邻近的过孔”时，获得了一些惊人的发现。再次重申，除了用TRM这样的工具以外，没有其他的方法可以用来查看线上每一处的电流密度。

TRM还可以用来查看与任意频率和占空比的电流脉冲相关的温度值。在这种情况下，它能分析与交流电相关的温度值，但不具备仿真波形的能力。但是，通过观察承载了受脉宽调制（PWM）的交流电波的线，可以得出很多结论。图7展示了一条线的温度曲线，该线承载了50%占空比的脉冲波形。图8显示的是同一条线在承载20%占空比和80%占空比的脉冲时的温度曲线。这

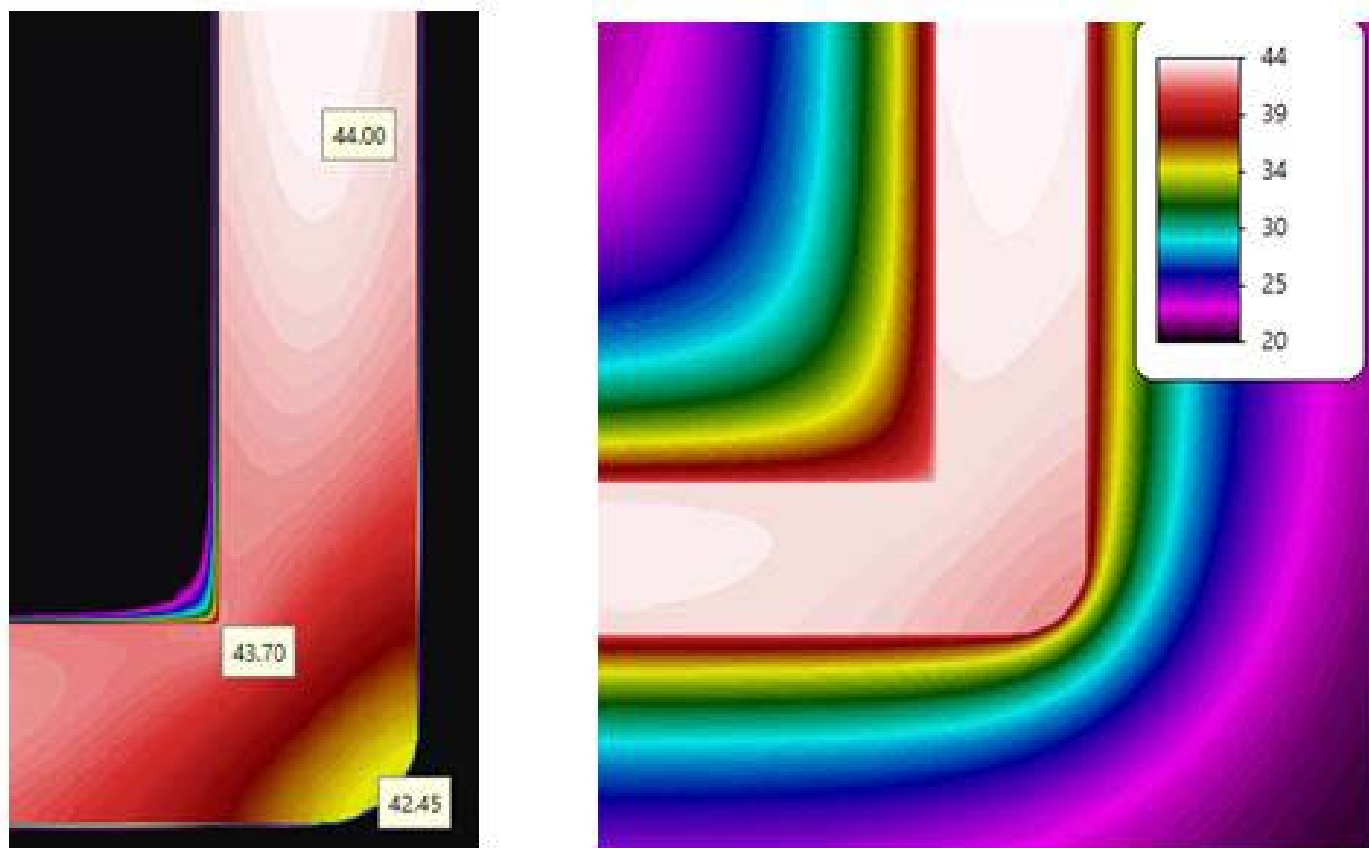


图4：直角的温度曲线 (a) 显示的是一个较小的温度范围 (b) 显示的是完整的温度范围

个软件可以通过时间显示出热模式，也能显示出在任何脉冲状态下最终能达到的恒定温度。

我要讲的最后一个TRM的用途，与熔断过程有关（也就是在电流突然超负荷时线的表现）。

（了解我的人都知道这是我最爱的主题之一！）最早对这一主题进行研究的是19世纪80年代的W. H. Preece，之后便是20世纪20年代的I. M. Onderdonk。Onderdonk提出了一个著名的等式，该等式以他的名字命名，经常作为研究熔断过程的参考公式使用（等式1）

$$[等式1] \quad 33 \left(\frac{I}{A} \right)^2 S = \log_{10} \left(\frac{t}{234 + T_a} + 1 \right)$$

其中I=电流安倍数

A=横截面圆密耳面积

S=供电时间（以秒为单位）

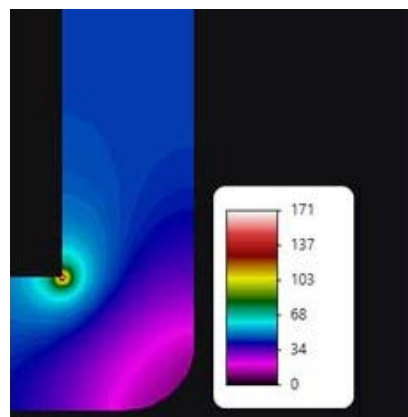


图5：图4所示直角区域周围的电流密度

t=周围环境或以初始状态为起点，温度的升高值

Ta=参考温度（以摄氏度为单位）

Onderdonk提出的等式适用于假设没有冷却方式的情况下，单根铜线短时间内的熔断情况。

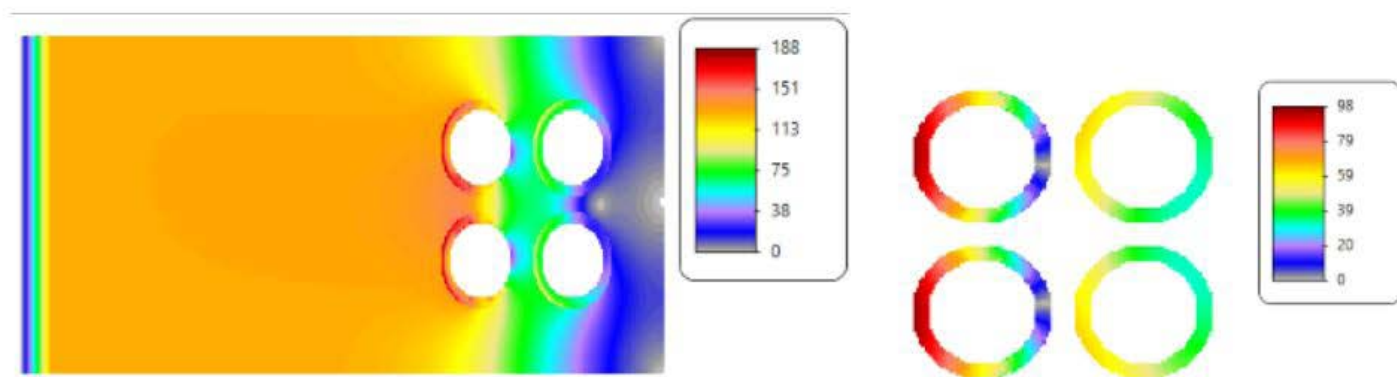


图6：过孔周围电流密度

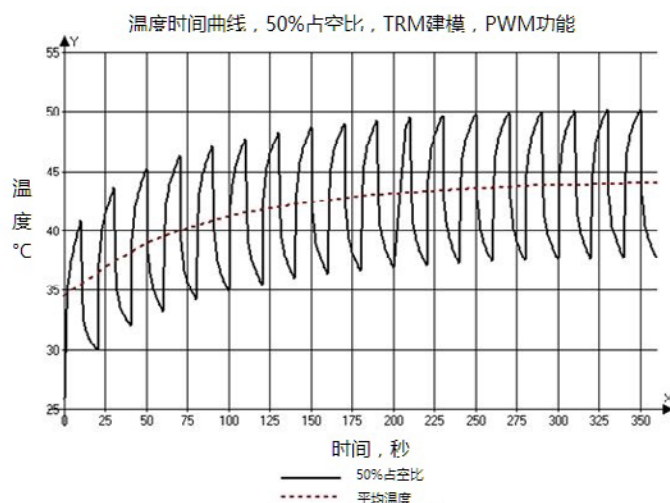


图7：承载50%占空比脉冲波形时线路的温度曲线

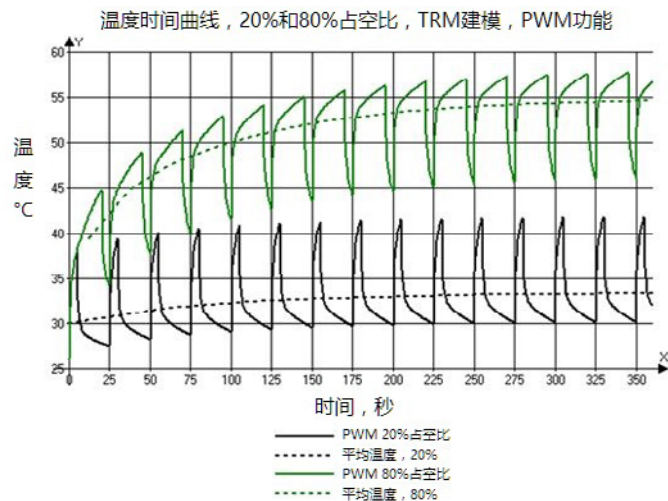


图8：同一线路在承载20%占空比和80%占空比脉冲波形时的温度曲线

因此，它只可以计算短时间之内的结果，根据不同情况最多只能计算5 s~10 s的结果。我们用TRM仿真了Onderdonk提出的单根裸线短时间内熔断情况，还仿真了普通PCB上的不同情况。结果如图9所示。

仿真显示，在高电流情况下，裸线和线都会很快熔断。但是在较低电流情况下，线路板中的线要比裸线熔断得慢一些。上曲线开始分叉的地方是线路板散热效果直接作用所产生的结果。

我和Johannes可以利用TRM来探测之前没出现的电路。结果，我们发现了非常多的可能性。因此我现在可以肯定地说，对于那些需要了解线

的热性能的设计师们，或是需要对产品设计的热性能进行优化的设计师们，拥有一件TRM这样的工具是十分有必要的。

图表和方程式已经不能满足我们所需了。我们有过类似的经历。在20世纪90年代初，有许多设计师开始对控制阻抗的线路表示出担忧。那时，我们可以在各个出版物上获取阻抗方程式的信息。但如今我们知道这些方程式已经不够准确了，我们需要考虑“电场效应”（如电脑建模）解决方案。而这种情况也发生在了如今的PCB线热设计领域。

技术说明：本文中，我已经讲过了TRM（热

能风险管理) 软件工具是如何对单一线的热问题进行分析的, 并且我发现这个工具非常适合这种分析使用。可是我怕这会让读者误以为TRM仅具备这类功能, 其实不然, TRM还有很多其他功能和用途!

最初是Adam博士构想和设计了TRM, 用来分析整块线路板的温度, 同时还考虑到了可选焦耳数加热的完整线布局以及不同组件和它对热量生成的影响。虽然这个程序可以用来测量单一线, 也就是我们用到的功能, 但最初这种用途根本不在考虑范围之内。TRM可以用来查看整块线路板, 其数据可以录入软件使用, 例如整套Gerber和钻孔文件。

本文包括了关于单条导线的分析结果和软件生成的热能图表的图像。但是图10显示的是一整块线路板上的相似温度曲线是如何生成的, 其中包括了组件和负载的温度曲线。一些系统设计师和封装设计师会担忧实际产品在极端环境下的热性能, 如汽车发动机、体积非常小的外壳等这类环境, 设想一下这个产品对他们而言是多么地有帮助! 如我所说, 这是激动人心的新技术!

欲进一步了解TRM, 可点击<http://www.adam-research.de/en/>进行查看。PCB

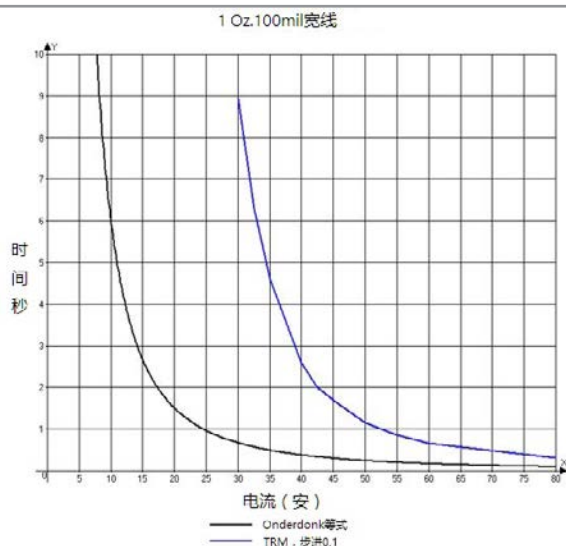


图9：1.0 oz. 200 mil宽的线的熔断方程式

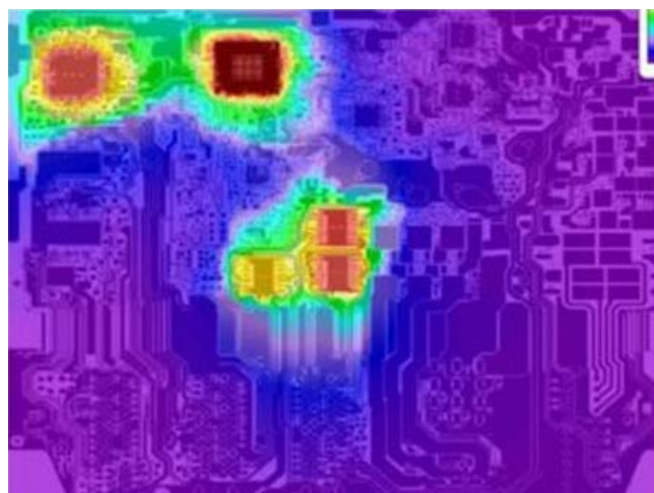


图10：使用TRM可以生成整块线路板的温度曲线, 包括组件和负载的温度曲线

参考文献

1. Brooks and Adam, "PCB Trace and Via Temperatures; The Complete Analysis, 2nd Edition," 2017, available at Amazon.com.
2. IPC-2152, "Standard for Determining Current Carrying Capacity in Printed Board Design," August, 2009, www.ipc.org.
3. 文中所列例子摘自第一条参考文献的第7、8、10、13和14章。



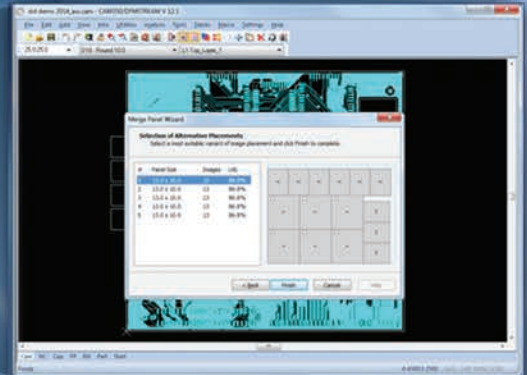
在过去的20年里, Douglas Brooks经营着一家小型工程服务公司, 发表了多篇关于印制线路板设计和信号集成的技术类文章, 并出版了两本关于该主题的书籍。他每年都会在美国、俄国、中国、中国台湾地区、日本和加拿大举行多场研讨会。目前他致力于将复杂的技术问题解读为能被非专业人士理解接受的简单说法。他的最新作品《关于PCB导线和过孔上电流及温度的完整分析》于2016年出版发行。

确保PCB制造成功的解决方案！



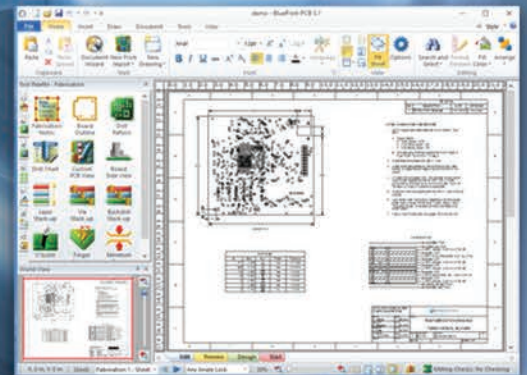
CAM350®

验证与优化PCB设计，
确保成功制造。



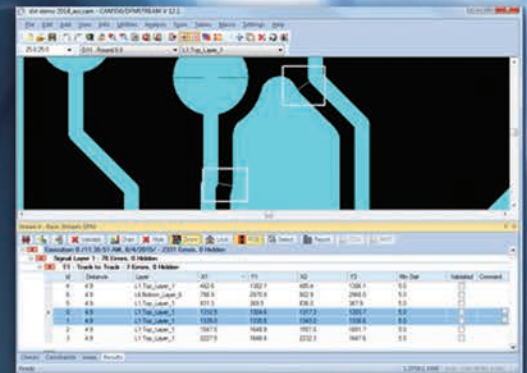
BluePrint-PCB®

创建全面的文档，
驱动PCB制造，组装和检查。



DFMStream™

在PCB设计周期内可随时
验证设计与制造规则。



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

请访问DownStreamTech.com

新功能助力提高设计者的生产力

by Barry Olney

In-Circuit Design Pty Ltd

生产力的特性不仅可以节约上市时间，还可以降低市场风险。当下，对于管理者和印制电路板的制造者来说，时间的缺乏是最普遍的问题之一。缺乏时间与缺乏金钱是不同的。因为时间是不可再生的资源，一旦错过就再也不可能重来了。因此，我们说在同样的一段时间里，利用正确的工具来尽可能地完成更多的工作将带来更高的效益。这样就可以在节约成本同时提高生产力。集成软件就可以实现这一效果，以此来使印制电路板的设计更有效率。

如今印制电路板设计软件所面临的一个问题是：缺乏从design capture到电路板制作中特性阻抗控制的流程。如果用于设计的所有所需技术的特性阻抗，在capture之前就被确定下来，那么工程师的意图和想法就应该被保存下来并带到下游的工具中。然而，这种情况很少发生。许多印制电路板的设计者简单选择了他们通常所用的线宽线距，并假设所有的FR-4(一种阻燃板型号)是相同的，就开始布线，他们认为制造车间之后会进行修复。这是因为这些设计师无法明确相关的要求，所以他们就依赖Gerber完成后，制造车间对特性阻抗控制的反馈。这样的做法就好比马出逃之后才把马圈门关上。

最初我是在1994年提出在线阻抗计算器的概念，那时我主要从事印制电路板设计方面的工作，正在为美国的太阳微系统公司设计他们新一代的SPARC 20服务器。我们的工作团队从基础上改良了该服务器的披萨盒主板，使它能够放入5.23英寸的驱动器槽。这项工作毫无疑问是有难度的。但是当时我的想法是：如果我们能在物理层面将这些所需的芯片和连接器都放到印制板

上，那么就能进行布线。这项设计需要一个12层的主板，我使用了IPC-317“利用高速技术进行电子组装的设计指导意见”中的闭环公式来确定信号层抗组。当时中央处理器的最大频率为200兆赫兹，所以有非常多的余量。

长话短说，经过数月的开发，这项工程完成了，成果也投入了市场。在1995年，研发团队获得了电气与电子工程师协会颁发的杰出工程设计奖。该服务器接着被授权给一家由日本富士通公司和美国太阳微系统公司共同拥有的美国公司。在许可下以该技术制造的机器，即美国产的SparcPlug系统平台，在1997年获得了美国AIM最佳性能类别“Hot Iron”奖。

在开发阶段，每次当我利用这些复杂的方程式手动计算单层抗组时，总是得到不一样的结果。意识到其他的设计者也面临类似问题，以及我们都有控制高速设计阻抗的需求，大家决定基于闭环方程设计一个在线阻抗计算器，以此来简化流程。这项工作于1995年启动，并逐渐发展，一直到后来成为我们公司iCD Stackup Planner层叠规划项目的一部分，目前它已经具有非常精准的场解算器技术。从那时起，我们在全球累计拥有了超过一万五千人的注册用户。当然，这个产品目前已经相对成熟，与最初的在线工具十分不同，但是我们所信奉的哲学始终如一：专注仿真速度，在用户可承受的价格范围内，让使用更简单，并保证精确性。

我们建立了一个统一的、共享的电阻抗设计环境，这个环境连接了材料、PDN分析、叠层规划、信号完整性、印制电路板设计和制造，同时巩固了从设计图到产品制造的电阻抗控制。预布

局时布置好电阻抗, 然后贯穿整个设计流程直到制造阶段, 以确保设计从一开始就是正确的。

双向接口Bi-directional Interfaces是为最常用的电子设计自动化EDA工具而开发的, 这些自动化工具包括: Allegro、Altium Designer、HyperLynx、OrCAD、PADS, 最新的是IPC-2581B格式。这个IPC-2581B格式接口已经被IPC-2581联盟进行了全面测试。这一新的特性使我们公司的层叠规划软件iCD Stackup Planner能够输入/输出Cadence Allegro和OrCAD的叠层, 能够输入Altium Designer, PADS Pro, Xpedition和Zuken CR-8000叠层。

这让设计师们能够从他们的布局工具提取叠层到Stackup Planner中, 或者也可以让他们从零开始创建一个新的叠层。之后就可以从30700种可用的刚性和挠性材料中进行选测, 从而极大地提高

电阻抗的精确性, 以实现在一个基板上放置多个差分对的技术。已完成的叠层接着被导入布局工具, 自动建立的设计规则将满足布线要求。一个以Excel的电路板加工图也可以被自动创建, 提醒制造商所需的材料, 边缘和宽边耦合差分对, 以及微孔的跨度等信息。

我们公司完整的iCD Design Integrity工具套件包含了叠层和PDN Planner, 再加上如图1所述的专门为高速印制电路板设计而开发的许多新功能。在过去的一年里, 我们加入了以下生产力特性:

- 具有匹配延迟优化特征的相对信号传播
- Termination Planner——从IBIS模块提取的IV曲线
- 由多个场解算器创建的阻抗预设图
- 符合FCC通信委员会、CISPR国际无线电干扰专门委员会、VCCI EMC电磁干扰委员会

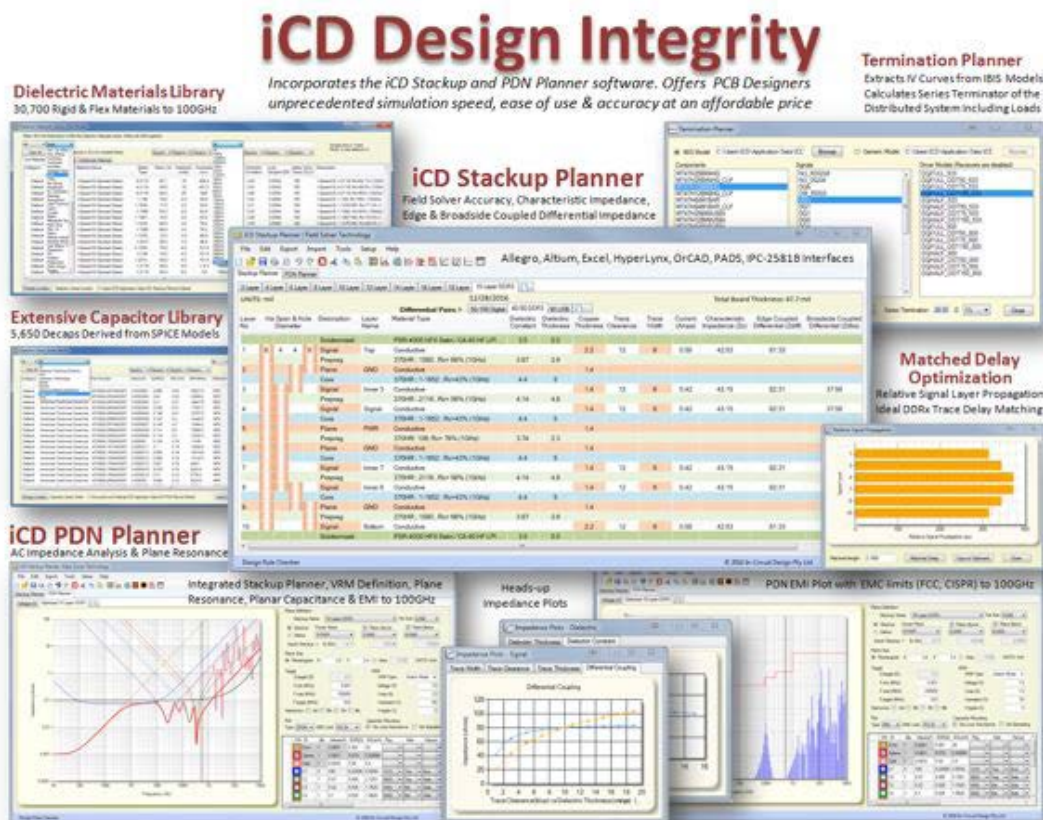


图1: iCD Design Integrity生产力特性

限制的PDN EMI预设

- IPC-2851B格式软件，双向接口
- 拥有30700个刚性及挠性材料的介电材料库（最高支持100GHz）
- 拥有三星认证的数量为5650的电容库

如今的高速接口不能再通过使用常规印制电路板设计工具都支持的长度匹配的方法来建模了。这是因为如今要求更紧凑的时序。举个例子，对于DDR3/4数据通道，2.3英寸的匹配长度可以在信号层之间产生高达70ps的增量，使得时序远在所需的建立时间(setup time)与保持时间(hold time)之外。

例如，具有八字节通道的DDR3接口。每个字节通道具有数据信号，选通信号和屏蔽信号。并且每个信号分组都具有其自己的一组信号，即一个字节中的八个信号。最高速存储器每个字节通

道内的时序必须在30ps之内。

信号在自由空间中以光速传播。然而，该速度根据周围的电介质材料而显著变化。多层PCB的每层可以具有非常不同的传播速度。这对最新的高速DDR3/4存储器件特别重要。iCD Stackup Planner的新的匹配延迟优化功能允许您不仅匹配总线的长度，而且更进一步，通过自动计算精确匹配延迟所需的适当长度。集成的场解算器模拟每个信号层的延迟时间，以快速给出排布内存所需的结果。

一旦设置了匹配长度，每个信号层的相对信号传播就显示为条形图（图2）。选择匹配延迟自动优化每个信号层的长度，以匹配最大延迟。然后，用户可以在他们的优选设计工具中将数据通道布局为最精确的延迟。

不过完全匹配传输线的延迟是一回事。很不

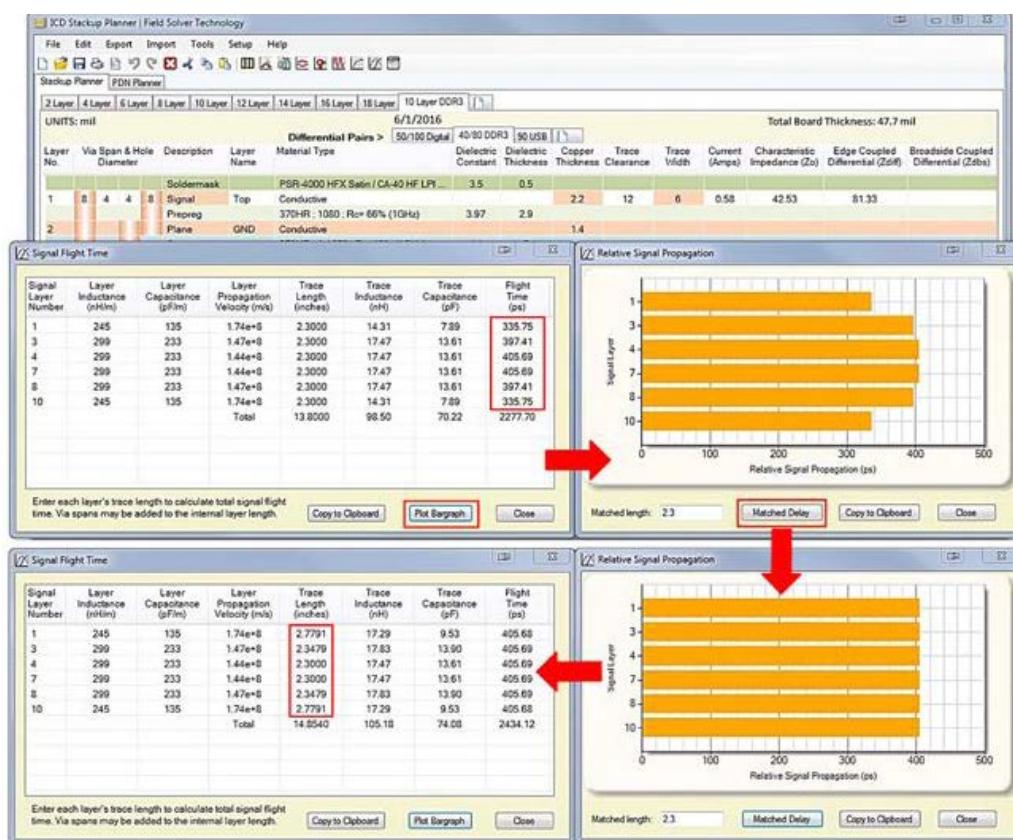


图2：每个信号层的相对延迟时间的匹配延迟优化

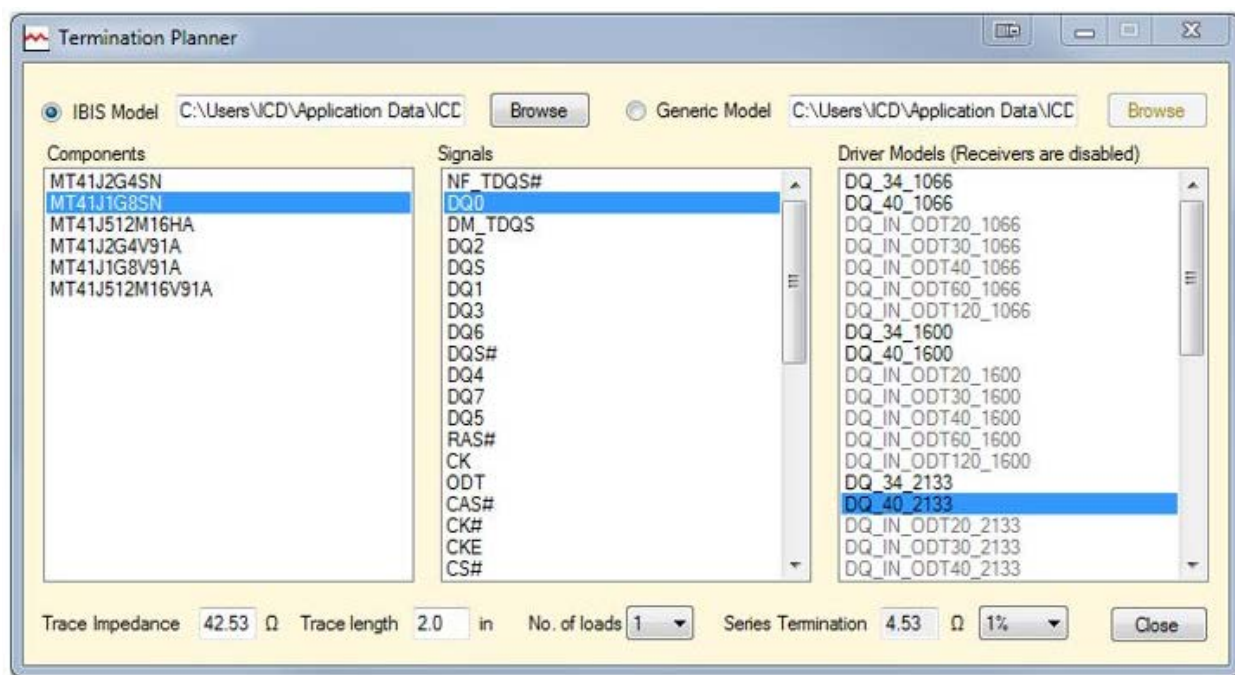


图3：将DDR3驱动器IC与传输线相匹配

幸当使用主流PCB布局软件时，真的不知道驱动器阻抗是什么，更不用说将驱动器匹配到传输线的阻抗了。iCD Termination Planner可以解决此问题。

首先，从IBIS模型IV曲线提取确定驱动器的源阻抗所需的属性。然后，基于分布式系统计算所需的串联终端电阻，以匹配iCD堆叠规划器中选定层的传输线。如果IBIS模型不可用（或产生错误），则用户可以使用通用模型来计算近似串行终端。通用模型包括：典型DDR_x，显示端口、ECL、HDMI、LVCMOS和LVTTTL门、Mini-LVDS、NAND闪存、PCI、SDRAM、HSTL和SSTL模型。

传输线上的负载数量也对串联终端的要求值有影响；由于IC输入电感和电容趋向于衰减信号上升时间。这可以在1-6个负载中进行调整，并在计算中自动补偿。

受益于22年的客户反馈和产品开发，iCD设计完整性软件现在为高速PCB设计人员提供了强大的生产力工具。软件由PCB设计人员设计和制造，专

门为PCB设计人员服务。我们知道你需要什么，你想要什么，因为我们也做许多真实的PCB设计和模拟。该工具易于使用，并与所有流行的EDA工具集成，以提高您的流程效率。在2016年之后，iCD将继续开发新功能，以便在新的方法和技术出现时提高生产力。**PCB**

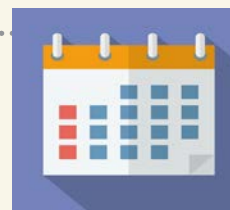
参考文献

1. Barry Olney's Beyond Design column: [Rock Steady Design](#).
2. A full list of manufacturers and materials available in the iCD Dielectric Materials Library is [available here](#).



Barry Olney是澳大利亚 In-Circuit Design Pty Ltd (iCD)的常务董事。该公司是一家PCB设计服务公司，专门从事电路板级仿真服务。iCD开发了iCD Stackup Planner和iCD PDN Planner软件。请访问www.icd.com.au了解详情。

行业会展



IPC活动日历, 请[点击这里](#)。

SMTA活动日历, 请[点击这里](#)。

iNEMI活动日历, 请[单击这里](#)。

完整的PCB007活动日历, 请[点击这里](#)。

[NEPCON CHINA](#)

2017年4月25日至27日
中国上海

[第14届电子电路大会](#)

2017年4月25日至27日
韩国高阳

[IPC可靠性论坛：制造高性能产品](#)

2017年4月26日至27日
美国伊利诺伊州芝加哥

[2017年KPCA展](#)

2017年4月25日至27日
韩国高阳

[IMPACT Washington D.C. 2017](#)

2017年5月2日至3日
美国华盛顿特区

[2017年泰国PCB Expo](#)

2017年5月11日至13日
泰国曼谷

[2017年JPCA展](#)

2017年6月7日至9日
日本东京

[IPC可靠性论坛：新兴技术](#)

2017年6月27日至28日
德国杜塞尔多夫

[NEPCON SOUTH CHINA](#)

2017年4月25日至27日
中国上海

[2017年SMTA国际会议展览](#)

2017年9月17日至21日
美国伊利诺伊州罗斯蒙特

[electronicAsia](#)

2017年10月13-16日
中国香港

[IPC挠性电路：HDI论坛](#)

2017年10月17日至19日
美国明尼苏达州明尼阿波利斯

[TPCA展](#)

2017年10月25日至27日
中国台湾台北

[productronica 2017](#)

2017年11月14-17日
德国慕尼黑

[2017国际线路板及电子组装华南展览会](#)

2017年12月6-8日
中国深圳



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

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

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

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

技术编辑：**PETE STARKEY**
PETE@ICONNECT007.COM

助理编辑：**DAVEY DANG**
DAVEY@ICONNECT007.COM

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

杂志排版：**DAVEY DANG**

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

创新技术：**BRYSON MATTIES**

封面设计：**SHELLY STEIN, EDY YU**

I-Connect007China Presents



《PCB007中国线上杂志》由美国BR Publishing, Inc. (PO Box 50, Seaside, OR 97138) 出版©

2017 BR Publishing, Inc.不对任何人因出版物中内容的错误/疏漏造成的损失或损害承

担任何责任，无论这些错误/疏漏是否因意外或疏忽，以及任何其他原因而导致的。

2017年4月号总第二期，《PCB007中国线上杂志》是由BR Publishing公司出版的电子月刊

广告索引

广告订阅.....6	Mentor Graphics.....76
中国印制电路行业协会8	NEPCON CHINA.....60
挠性电路手册.....36	Orbotech.....42
王氏港建.....4	The PCB List.....22
HDI手册.....48	P. Kay Metal, Inc.....70
Camtek.....16	Real Time With.....1
Downstream Tech.....82	Ventec.....30
MacDermid12	

更多精彩内容敬请期待 PCB007中国线上杂志：

五月：
狂野的挠性世界：
材料、操作、各种各样的挠性电路

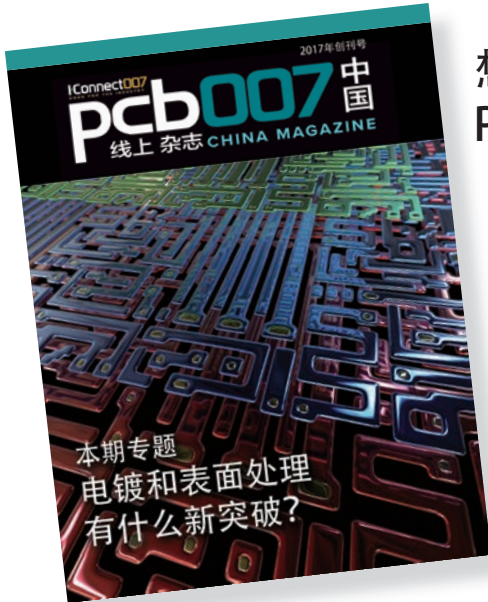
六月：
高性能材料：
多功能、高集成、高可靠性？了解
下高性能材料吧

七月：
需要帮手！
寻找、雇佣并留住熟练有经验的工作
人员



I-Connect007

GOOD FOR THE INDUSTRY



想要及时获取我们最新的
PCB007中国线上杂志么！

快来免费订阅吧！

有啥
新闻！



I-Connect007 china
GOOD FOR THE INDUSTRY

IConnect007.com是服务于印刷电路板（PCB）、电子制造服务（EMS）和印刷电路板设计行业的实时在线杂志。服务于全球以及中国市场多年，提供了超过100000篇的新闻报道、专业文章，是电子制造领域的行业咨询领导人。



最新热点新闻：

长期杂志作者Doug Pauls荣获IPC名人堂
2017年2月14日，美国伊利诺伊州国家制造中心-2月14日国家制造中心举办的IPC APD会议上，罗克韦尔自动化公司材料工艺工程Doug Pauls荣获IPC Raymond E. Pritchard名人堂，以表彰他对IPC...

推荐文章：

关注Flex：非铜金属在柔性电路中的应用

March 03, 2017 | Dave Becker, All About Flex

虽然铜是柔性电路制造中最常见的选择，但在有些应用中使用其他金属更合适。铜以其优异的导电性和导热性为大家所熟知，但在有些应用中，铜的导热性或导电性反而是缺点。柔性加热器电路通常使用纯铜以外的金属。高电阻合金是常见的铜替代物。其能够用作金属加热器元件。使用这些铜替代物的主要原因是通常铜的电阻太低，不足以在固定电压应用中产生出所需的发热功率。定制的聚酰亚胺加热器结合了替代金属和...

过孔入门

March 01, 2017 | Keith Sellers



最新热点新闻：

IPC的John Mitchell当选NAM制造协会理事会的董事会成员
IPC主席兼首席执行官John Mitchell最近当选为美国国家制造协会（NAM）制造协会理事会的（NAM）董事会成员。制造协会理事会是（NAM）的多个制造行业组织成员，代表美国的制造业领导工作。NAM成员在NAM共同合作方面发挥着重要作用...

推荐文章：

为了智能而智能 第三部分：统一和可追溯性

March 03, 2017 | Michael Ford, Mentor Graphics

最近所有电子制造中的创新，包括工业4.0、制造互联网、智能工厂、数字制造等，都为工厂运营的许多方面带来了数字化方法。它们的名字并不重要，因为大多数人对这些东西的理解仍然不同。然而，实施这些创新的挑战包括信息传输的兼容性。这一点我们在本系列的第一部分（点此阅读）中进行了讨论，以及我们在第二部分（点此阅读）中讨论的实际的智能应用例子，以及对开放信息平台的需求。这一点能够由诸如开放制造语言（OML）...

产品过大、过于复杂以致无法外包给EMS供应商

March 03, 2017 | Neil Sharp, HS Manufacturing



iconnect007china.com