

FPC 的最新技术动向

蔡积庆 编译

摘要 概述了高密度FPC、弯曲性、多层FPC、安装技术和环境友好型FPC等FPC的最新技术动向。

关键词 挠性印制板(FPC) 弯曲性 安装技术 环境友好型FPC

Newly Technology Trend of FPC

Cai Jiqing

Abstract This paper describes the newly technology trend of FPC involving high density FPC, deflection, multilayer FPC, mounting technology and environment friendly type FPC etc.

Key words flexible printed circuit (FPC) deflection mounting technology environment friendly type FPC

1 前言

随着携带电话、数字视频摄像、数字音频摄像和DVD记录器等数字家电制品的量产化,这些制品内部布线中使用FPC的需要正在盛行。传统的FPC一般用作主板之间的跨接线,然而近年来由于保持反复弯曲的驱动器功能的需要,多层化布线密度的提高,安装半导体器件、微小芯片元件和连接器的功能模组等,使FPC制品形态或者用途也发生了很大变化,迫切要求高密度化和高性能化。图1描绘了对于FPC的要求特性的模式。本文就FPC的最新技术动向,FPC的开发状况和今后的课题等加以叙述。

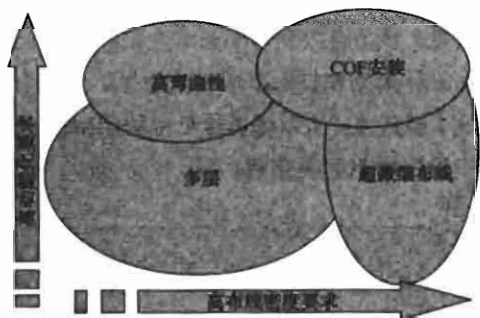


图1 对于FPC的技术要求和用途

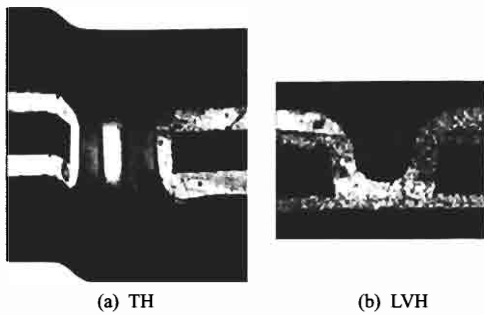
2 高密度FPC

目前FPC的制造方法一般采用减成法(substract type),以聚酰亚胺树脂和铜箔层压而成的覆铜箔板(CCL, copper clad laminate)为出发材料,依次经过贴膜(感光性干膜),与负片掩膜位置重合以后曝光、显影、蚀剂铜箔等制造工程而形成图形。聚酰亚胺膜厚度一般为 $25\mu\text{m}$,要求高弯曲特性的设计时可以采用 $12.5\mu\text{m}$ 的聚酰亚胺膜,另一方面,线路导体的铜箔厚度根据间距而使用 $35\mu\text{m}$ 、 $17.5\mu\text{m}$ 、 $12\mu\text{m}$ 、 $9\mu\text{m}$ 、 $5\mu\text{m}$ 等不同厚度的铜箔。由于减成法是采用湿式蚀剂溶解铜箔的工艺,导体宽度与高度之比(aspect)越大,工艺越难以稳定,因此铜箔越薄越有利。为了兼顾高弯曲性和精细间距化,FPC的厚度将会愈来愈薄。

近年来图形的最小节距,一般 $100\mu\text{m}$ 的单面板为 $50\mu\text{m}$ 以下,一般 $200\mu\text{m}$ 的双面板为 $100\mu\text{m}$ 以下。采用薄的CCL生产FPC时,不会发生折断和损伤等不良品的量产工程设计非常重要,尤其是搬运传送等处理工艺务必仔细。此外精细节距FPC设计时,由于导体截面积减少而产生的容许电流值降低必须予以注

意,尤其要留意由于导体电阻增大而引起的电压下降或者温度上升。

双面板的表面(F面)和背面(B面)的铜箔间导通是必要的,一般以贯通孔(TH, through-hole)工艺和激光导通孔(LVH, laser via hole)工艺为主流。在TH工艺中,采用双面铜箔的状态,经过钻孔贯通CCL,在孔壁上镀Cu而获得层间导通。在LVH工艺中,采用蚀剂法除去F面铜箔的孔部铜箔以后,仅仅在聚酰亚胺膜上使用激光钻孔,然后与TH工艺同样施行孔内壁上镀Cu而获得层间导通。照片1表示了TH工艺和LVH工艺的截面状态。LVH工艺中使用激光钻孔有利于实现小径化,尤其是如果仅仅在F面镀Cu而获得层间导通,那么B面铜箔可以维持极薄,有利于形成精细线图形。采用TH工艺的孔径为0.3mm,采用LVH工艺的孔径为0.1mm。不过最近有了很大的进步,采用TH工艺的孔径为0.1mm,采用LVH工艺的孔径为0.05mm。



照片1 层间导通技术

由于采用TH工艺和LVH工艺形成的层间导通孔部位存在空隙,就可靠性的观点而言最好不要在这里安装元件,因此希望开发没有空隙的表面平坦的层间导通技术。虽然已经研究了镀层或者导电胶填充导通孔和Cu凸块金属结合等技术,但是现在都处于开发阶段,如何采用适宜的制造技术仍然是今后的课题。

在图形形成方法中,采用取代减成法的称为半加成法(semi-additive type)的工艺制造的FPC已经问世。半加成法是在聚酰亚胺膜上形成导电性金属层,再镀Cu成长图形的技术。与减成法相比,由于半加成法采用镀Cu形成Cu图形,可以形成精细距高板厚/孔径比(aspect)的优良图形,然而控制镀层厚度的面内波动度或者图形表面的平坦化等量产化技术十分重要。图2比较了减成法和半加成法的工艺流程。

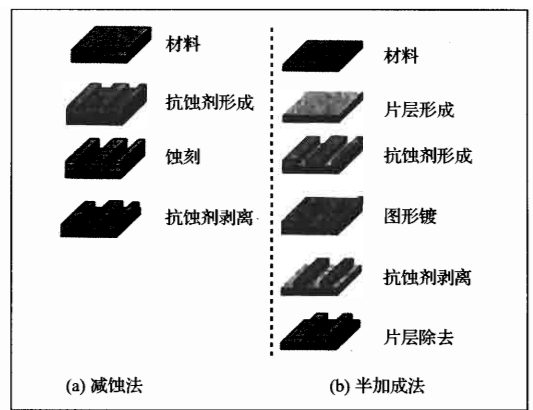


图2 减成法/半加成法工程比较

3 弯曲性

FPC最大特点的弯曲性(耐折性)随着使用环境或者使用方法的变化而出现了新的课题。高弯曲性FPC用于音频或者PC的CD/DVD/HDD的检验(传感)头(pick-up hand),但是随着汽车导航系统(car navigation system)等的普及,车载用途迅速增加。与家庭环境相比,车载环境经受严酷的高温状态,特别是HDD装置的自身驱动而产生的温度上升可达60℃,因此在这种包括环境温度在内的高温状态下要求FPC具有优良的弯曲特性。

为了进行HDD检拾头用的FPC的弯曲性评价,采用反复弯曲实验的情况较多。图3表示了反复弯曲实验方法。把试样固定在支持板和可动板上,采用高速进行弯曲,弯曲半径为3mm,弯曲速度一般为1500次/min,弯曲寿命要求1000万次~10亿次。影响FPC的弯曲性的主要原因之一是粘结剂的玻璃化温度(T_g)。粘结剂是基材CCL的铜箔与聚酰亚胺粘合的材料,如果在 T_g 以上的温度下粘结剂软化,那么弯曲性就会劣化。

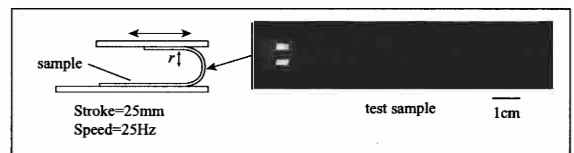


图3 反复弯曲试验

图4表示了反复弯曲试验结果,比较了传统的标准型制品与为高温弯曲用途而开发的高 T_g 型制品的特性。由图4可知,常温下弯曲试验结果差别不大,然而在高温下则会产生显著不同。由于标准型制品的 T_g 是在试验温度以下,因此在试验温度气氛下粘结剂发生软化,弯曲特性就会劣化。最近开发了磁盘尺

寸1英寸以下的小型HDD装置，如果设法装配到可动终端上，则要求HDD装置的低功率消耗。由此可见，FPC不仅要求高弯曲特性，而且还要求即使微小电流也容易控制，必须考虑到回跳特性低的设计。

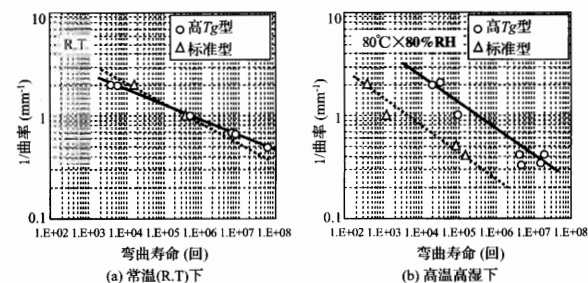


图4 反复弯曲试验结果例

现在用于弯曲用途的FPC又有了许多新的应用，例如折叠型携带电话的液晶显示与电键开关部连接的合叶(kinge)用FPC。合叶用FPC虽然无须HDD头部那样的高温高速的弯曲性，但是需要0~170°的宽范围弯曲性。尤其是代表性的称为α卷的书卷弯曲时，这种用途的评价试验方法非常重要。照片2表示了制作的特殊弯曲试验机，它采用接近于实机的模拟动作进行评价，活叶部内径6mm以内卷缠时，要求弯曲寿命大约为10万~20万次。最近由于液晶显示的高精细化或者高像(相)素摄像的采用等，活叶部通过的信号越来越多，然而活叶部容许的FPC的空间只不过数毫米，因此如果不使用双面板再加上精细线化FPC，那么就无法布线。但是如果弯曲双面板，由于F/B面的图形同时发生拉伸和收缩的应力。为了提高弯曲性，提出了特殊材料要求的新课题，例如提出了在两枚单面板粘合的弯曲部之间保持空隙，以便缓和弯曲时的应力的所谓中空构造的FPC。从制造方面考虑，由于中空构造部分的不平坦性，各制造工程中必须设法解决。从成本方面考虑，由于增加了材料和工程而不经济。但是在弯曲特性方面，与通常的双面板相比，中空构造的FPC可以获得约2倍以上的弯曲寿命的改善。今后随着信号的高频化，考虑到EMI屏蔽对策的构造设计和材料选择至关重要。



照片2 活叶部弯曲试验机外观

4 多层FPC

FPC的多层基板大致分为两种，一种是FPC的任意部分上积层硬质板而成为多层板，称为刚—挠(R-F, rigid-flex)基板，另一种是复数FPC的重合而成为多层板，可以实现比硬质更薄的多层板。

R-F基板是采用连接器把传统主板的硬质多层板与FPC连接为一体化的基板，它兼有刚性部可以实现高密度安装和挠性部可以弯曲的特性，与使用连接器比较时，具有接点电阻和可靠性优良的优点。然而迄今为止的R-F基板的表面(最外层)细节距化依然是大课题，因为在R-F基板中，与双面板比较的表面图形也是由层间导通时的厚镀层构成的。由于相对于TH孔深与孔径比(aspect)大，如果内壁镀层不厚，则不能保证同等的可靠性。现在开发了采用部分镀层或者积层法的技术，使精细图形化取得了进展，可以实现表层上安装CSP或者安装裸芯片元件的R-F基板日益增多。

另一方面，仅仅需要薄型多层板的用途时才使用FPC基板积层的多层板。フジクラ(株)开发了采用导电胶获得各层的层间导通的全部聚酰亚胺一次性积层的积层板，称为APIC(all polyimide IVH colaminated)，分别地制作各布线层，最后一次性层压，具有简化工程的优点。照片3表示了APIC多层板的外观图片。



照片3 APIC多层板

5 安装技术

与刚性基板相同，FPC也广泛应用于采用焊料连接电容和电阻等微小芯片元件的表面安装技术(SMT, surface mount technology)。FPC与硬质基板不同，FPC厚度薄，各部分的厚度因有无增强板而有不同，如何抑制安装面的高度波动度、翘曲和起伏，确保以平坦性状态安装元件相当重要。

在FPC上安装半导体裸芯片称为COF(chip on flex)，大致分为金属丝连(焊)接(WB, wire bonding)技术和倒芯片连(焊)接(FOB, flip ohip bouding)技术两种。

WB技术是采用 ϕ (20~30) μm 的极细Au线,利用热和超声波连接半导体电极(1st)和FPC电极(2nd)之间的技术。它基本上相等于半导体封装内部采用的技术,但是FPC电极相对于半导体封装中引线架的硬质金属来说,2nd连(焊)接是与FPC树脂膜上的Cu布线进行连(焊)接,因此必须选择可以抑制聚酰亚胺膜或者粘结材料的超声波耗散和基板热变化的安装条件。

FCB技术是在端子上形成称为凸块的微小突起物,把裸芯片颠倒过来与基板的端子一次性连接的技术。FPC上必须形成与半导体的端子相吻合的图形,因此抑制尺寸变化或者安装部位的翘曲和起伏的图形设计特别重要。由于聚酰亚胺膜基材的吸水率提高,与Si的热膨胀系数(CTE) $3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 相比,聚酰亚胺膜的CTE大到 $30 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$,因此连接部位容易集中由于温湿度产生的膨胀和收缩的应力。为此必须选择CTS低的且与FPC的附着性优良的密封材料填充凸块的空隙。利用FCB技术的制品有如照片4所示的使用各向异性导电膜(ACF, anisotropic conductive film)和如照片5所示的使用焊料凸块两种方式。



照片4 利用ACF方式的F/C安装模组



照片5 利用焊料凸块方式的F/C安装模组

为了实现今后的50 μm 节距以下的精细节距COF安装,希望开发可以抑制FPC变形的低温低应力的安

装方式,需要与W/B技术同样的利用超声波的F/C技术,或者需要包括低温硬化型粘结材料等装置和材料在内的技术革新。

6 环境友好型FPC

随着全球的环境意识的提高,FPC也需要环境友好的FPC。欧洲预定2006年7月施行的ROHS(restriction of hazardous substance)法令或者日本的环境污染物质排出和移动登录法已经确定了有实物质和使用限制物质。FPC的端子镀层或者元件安装时使用的焊料中的Pb都符合法令限制使用的物质。

为了适应无Pb化的要求,使用了Sn-Cu合金镀层或者Sn-Ag-Cu系焊膏。随着无Pb焊料的熔点上升,包括芯片元件的耐热温度提高或者再流焊装置的多区段化等在内的材料和装置的整合正在积极进行中。此外无卤化FPC的要求也日益提高,这是因为如果低温燃烧Cl、Br等卤化物质,则会产生有害的二噁英(dioxine)。フジクラ(株)开发了降低粘结材料中作阻燃剂的后Br新材料,现在已经应用于制品中。

7 结语

今后为了适应FPC的高密度化和高性能化的要求,必须积极地开发比聚酰亚胺的吸湿性和尺寸变化更低的新基材FPC,利用半加成法实现高厚/径比(aspect)图形和埋入元件基板的实用化等课题。为了适应信号的高频化,必须开发低介质常数和阻抗变化小的新基材FPC。

不仅FPC基板的技术开发,而且晶片级封装WLP(wafer level package)之类的半导体器件输出/输入端子再布线的封装技术、高密度安装技术以及正确评价它们的功能的技术等的开发。这些都将创造新价值的FPC,フジクラ(株)将一如继往的为电子机器的发展和FPC的技术开发作出贡献。

参考文献

- [1]冈田他. フジクラ技報, No.99, p.49 (2000)
- [2]中尾他. フジクラ技報, No.10, p.48 (2002)
- [3]圓尾他. フジクラ技報, No.105, p.29 (2003)
- [4]黒坂. エレクトロニクス実装技術, No.18, No.4, p.22 (2002)
- [5]關善仁. フレキシブルプリント配線板の最新技術動向. 電子材料, 2004年7月号別冊