一种多层微波板阶梯盲槽金属包边的制作方法

牛顺义，沈岳峰，朱忠翰
（安徽四创电子股份有限公司，合肥 230031）

摘要：针对外层图形与盲槽底部图形通过金属包边实现高可靠互连的要求，本文提出了一种阶梯盲槽金属包边的新型制作方法：压合前采用内层芯板预埋胶带技术，压合后两次采用高精度机械控深开槽技术。该方法解决了原芯板预开槽和手工涂覆沥青制作方法的多种缺陷，提高了金属包边和产品的可靠性、表观质量和制作效率。

关键词：电子技术；阶梯盲槽；金属包边；预埋胶带技术；机械控深开槽技术
中图分类号：TN24 **文献标识码：**A **文章编号：**1674-2850(2019)06-0943-07

A manufacturing method of metal wrapping of stepped blind groove for multilayer microwave board

NIU Shunyi, SHEN Yuefeng, ZHU Zhonghan
(*Anhui Sun Create Electronics Co. Ltd., Hefei* 230031, *China*)

Abstract: For high reliability interconnection requirement of the metal wrapping between the outer graphics and the bottom graphics of blind groove, a new manufacturing method for making metal wrapping of stepped blind groove is presented in this paper. The embedded tape technology for inner core board is adopted before pressing and the technology of high precision mechanical controlled deep grooving for two times is adopted after pressing. And many defects in preslotting of the original core board and the manual coating of asphalt are solved by this method. The reliability, apparent quality and production efficiency of metal wrapping and products is significantly improved.

Key words: electronic technology; stepped blind groove; metal wrapping; embedded tape technology; mechanical controlled deep grooving technology

0 引言

在 5G 和物联网的时代背景下，系统通讯所使用频段高至毫米波，这对通信技术的要求越来越高[1]；微波通讯设备小型化、模块化的飞速发展对多层微波电路板的需求更加迫切[2]，同时对多层微波电路板的制作提出了更高的要求，尤其是射频板和天线板。微波多层印制技术基于成熟的印制电路板（printed circuit board，PCB）工艺[3]，阶梯盲槽结构和金属包边结构越来越多地应用到该类型的产品中。为满足集成电路的高集成度需求[4]，提高产品组装密度和产品性能，阶梯盲槽金属包边被更加频繁地应用于电路结构设计中，但该结构的电路板设计结构复杂、制作难度大[5]。由于高速微波信号产生电磁干扰，降低了系统内部的抗干扰能力；多层微波结构的板边辐射是常见的电磁辐射源，其向外空间产生的强电磁辐射，引起了系统的电磁辐射发射总量严重超过标准的电磁兼容性（electro magnetic compatibility，EMC）[6]规定，电磁干扰及电源完整性会造成 EMC 问题突出，PCB 的抗干扰能力是产品质量的重要保障[7]。金属包边可以改善上述不良现象，金属包边是在印制电路板板边制作一层铜带，实现电路板接地的可靠性

基金项目：国防科工局基金项目（TDZX-16-008）
作者简介：牛顺义（1989—），男，工程师，主要研究方向：印制电路板特种工艺技术开发. E-mail: 827103658@qq.com

和良好的屏蔽效果，但阶梯盲槽金属包边的制作难度较大。本文主要研究阶梯盲槽金属包边的新型制作方法，旨在解决原制作方案的盲槽底部图形及侧壁上胶、盲槽底部呈缝隙状空洞、表观差和制作效率低等缺陷，从而通过金属包边实现外层图形与槽底图形高可靠互连，且显著提高制作效率。

1 产品结构介绍与问题分析

1.1 产品结构介绍

本文结合某款含有阶梯盲槽金属包边的多层微波产品，研究该特殊结构的金属包边制作方法。该款产品结构设计三次钻孔、两次压合和三种深度的盲槽，其结构示意图如图 1 所示。

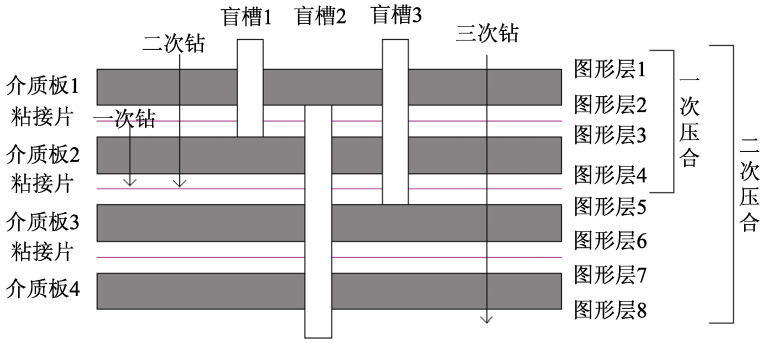


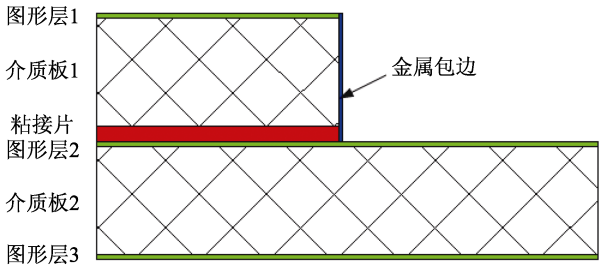
图 1 某款多层微波产品的结构示意图

Fig. 1 Structural diagram of a multilayer microwave product

本文主要研究图 1 中盲槽 3 侧壁金属包边的制作方法，以实现外层图形层 1 与内层图形（槽底图形层 5）之间的互连。为方便描述，将盲槽 3 侧壁金属包边进行简化，即将介质板 1 和 2 看作整体，将介质板 3 和 4 看作整体，则盲槽 3 的阶梯盲槽金属包边结构的简化模型如图 2 所示。

1.2 问题分析

原制作方法是采用芯板和粘接片预开槽实现盲槽的制作，并在盲槽侧壁手工涂覆沥青保护金属包边，槽底其余不要的金属部分和外层图形制作时一起蚀刻掉。其制作的叠层结构图如图 3 所示。



注：绿色代表图形层；红色代表粘接片；蓝色代表金属包边，下同

图 2 阶梯盲槽金属包边结构的简化模型图

Fig. 2 Simplified model diagram of metal wrapping structure of stepped blind groove

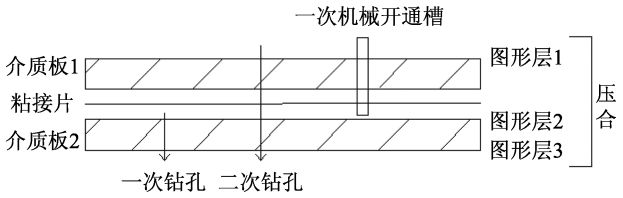
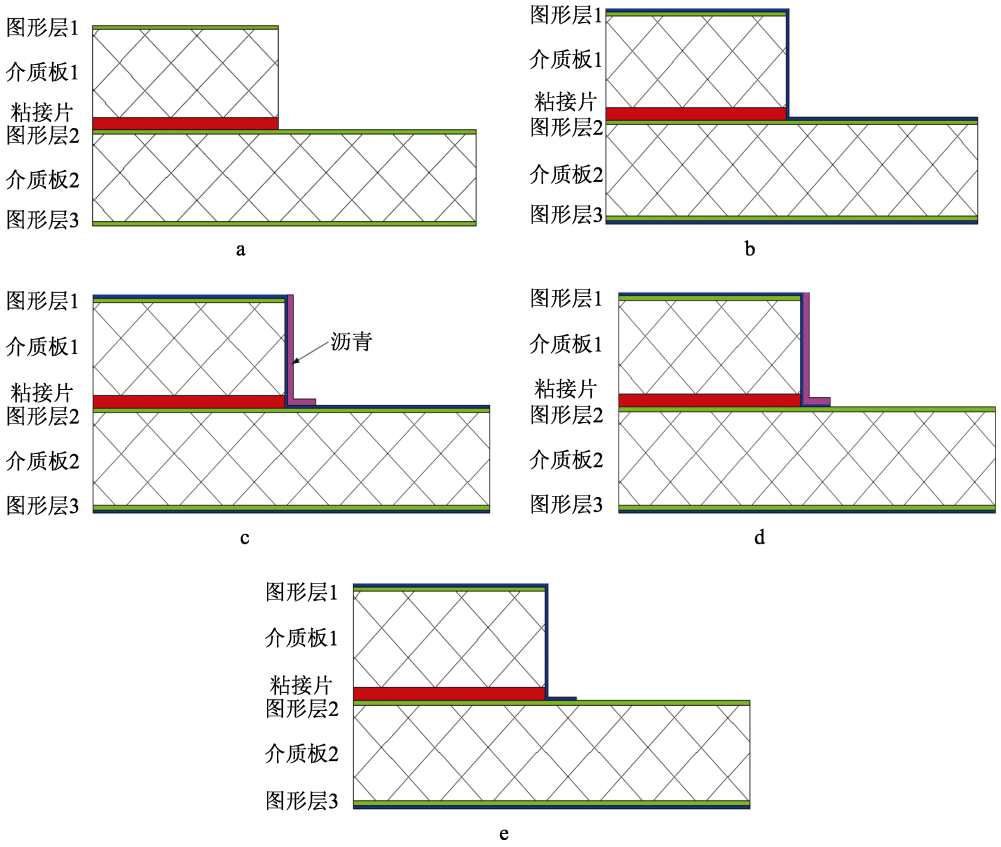


图 3 原制作方法的叠层结构图

Fig. 3 Laminated structure diagram of original manufacturing method

原制作方法中，芯板和粘接片预开槽后，阶梯盲槽的金属包边的制作流程如图 4 所示。原制作方法的制作流程图如图 5 所示。

在该方案中，由于阶梯盲槽结构的特殊性，其阶梯槽边溢胶量（即粘接片流动量）较难控制[8]，且采用手工涂覆沥青保护金属包边的方式较难管控，其具体缺陷如下：



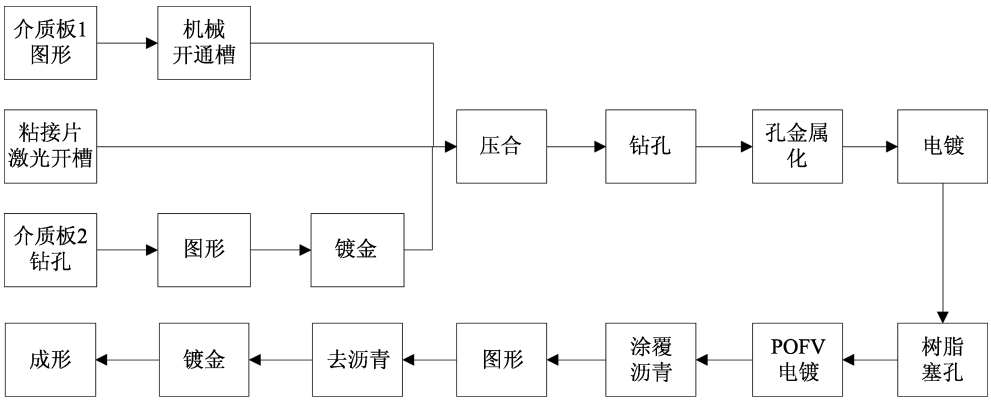
注：玫红色代表沥青

图 4 原制作方法中金属包边的制作流程

Fig. 4 Manufacturing process of metal wrapping in original manufacturing method

a—压合；b—孔金属化和电镀；c—涂覆沥青；d—蚀刻；e—去沥青

a-Pressing; b-Hole metallization and electroplating; c-Coating of asphalt; d-Etching; e-Deasphalting



注：POFV 为 plated over filled via

图 5 原制作方法的制作流程图

Fig. 5 Flow chart of the original manufacturing method

1）粘接片流动量过大，槽底图形及侧壁上胶形成多余物，如图 6 所示；

2）粘接片流动量过小，造成盲槽底部呈缝隙状空洞缺陷，如图 7 所示；

3）沥青涂覆厚度不均，较薄处在蚀刻工序时盲槽侧壁漏介质，如图 8 所示；

4）沥青涂覆宽度不均，造成槽底图形上的金属包边呈现波浪状，表观较差，如图 8 所示；

5）人工涂覆沥青较慢，沥青晾干时间较长，影响生产效率。

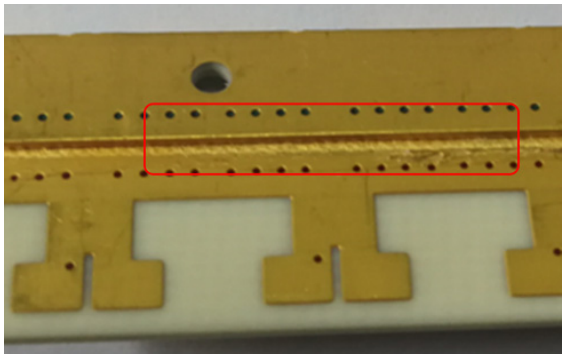


图 6　槽底图形及侧壁上胶形成多余物

Fig. 6　Bottom graphic of groove and side wall forming superfluous substance by glue

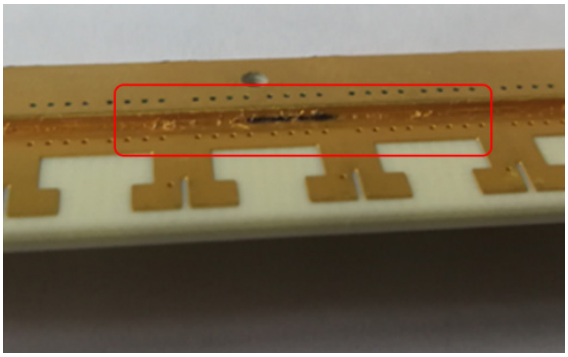


图 7　盲槽槽底呈缝隙状空洞缺陷

Fig. 7　Gap cavity defect at the bottom of blind groove

综上所述，由于粘接片的流动量无法精准控制，手工涂覆沥青保护金属包边的作业方式在实际制作过程中很难精准管控，导致原制作方案中金属包边和产品的可靠性差、表观质量差、制作效率较低，无法满足多层微波结构的高可靠性要求和高生产效率要求。

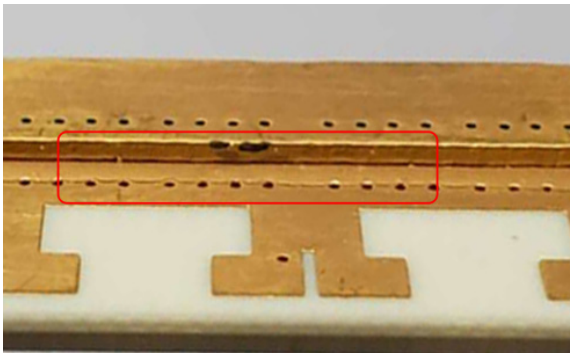


图 8　盲槽侧壁漏介质及槽底图形上的金属包边呈现波浪状

Fig. 8　Leakage medium on the side wall of blind groove and the metal wrapping on the bottom of the groove appearing wavy

2　解决方案

为解决原制作方案的种种缺陷，现提出一种新型的制作方法，新制作方法采用的技术方案如下。

1）压合前采用内层芯板预埋胶带技术

内层芯板图形制作完成后，整版贴高温胶带（胶带厚度与粘接片厚度一致），再采用激光控深开槽技术选择性保留需要的部分，将高温胶带压合在介质板之间。其中，激光设备使用电荷耦合器件（charge coupled device，CCD）影像对位，以保证高温胶带的位置精度。

2）压合后两次采用高精度机械控深开槽技术

① 压合和钻孔制作完成后，机械控深开槽去除粘接片，漏出槽底的金属图形；

② 外层图形制作完成后，机械控深开槽将粘接片去除高温胶带上层的介质。

其中，控深设备采用 CCD 影像对位控深盲捞机，以保证开槽的位置精度和深度精度，刀具选择平面铣刀。新制作方法的叠层示意图如图 9 所示。

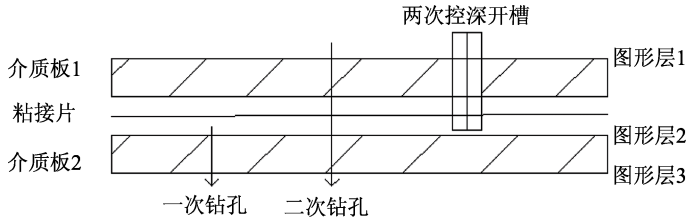


图 9　新制作方法的叠层示意图

Fig. 9　Laminated diagram of the new manufacturing method

压合后采用两次机械控深开盲槽技术制作金属包边的流程如图 10 所示。

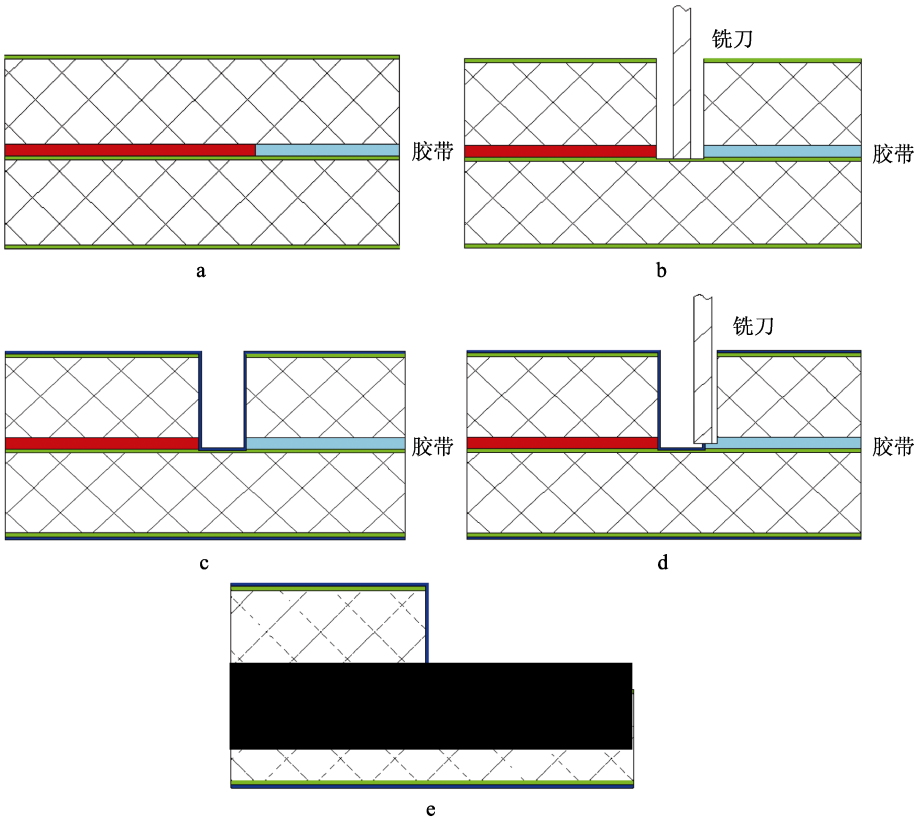


图 10 新制作方法中金属包边的制作流程

Fig. 10 Manufacturing process of metal wrapping in the new production method

a—含有预埋胶带的压合；b—一次机械控深开槽；c—孔金属化和电镀；d—二次机械控深开槽；e—去除胶带及介质

a-Compression with embedded tape; b-First-time mechanical controlled deep grooving; c-Hole metallization and electroplating; d-Second-time mechanical controlled deep grooving; e-Removing tape and medium

3 试验过程与结果

按照上面所述的技术方案，新制作方法的流程图如图 11 所示。

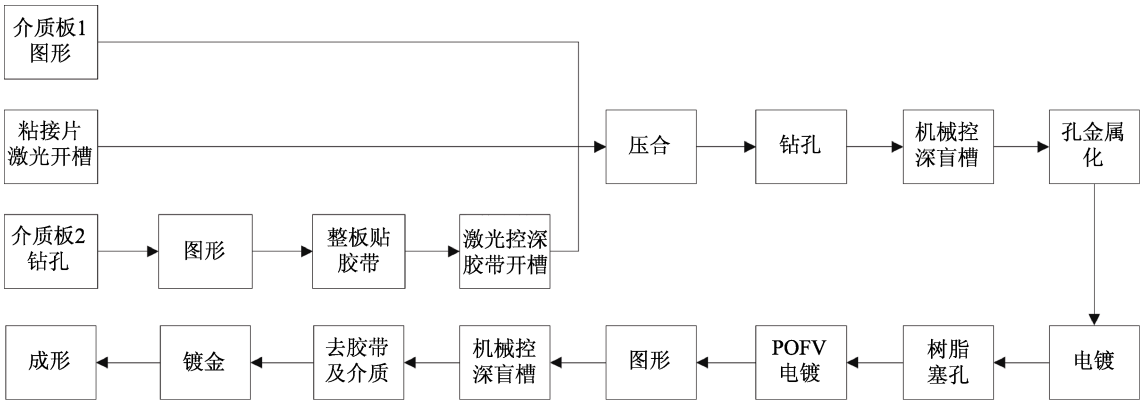


图 11 新制作方法的制作流程图

Fig. 11 Flow chart of the new manufacturing method

按新制作方法进行试验，制作出的试验板解决了原制作方法的多种缺陷，槽底图形及槽壁无上胶现象，盲槽底部无缝隙状空洞缺陷，盲槽侧壁无漏介质现象，槽底图形上的金属包边呈现直线状，新制作方法制作出的试验板如图 12 所示。

对试验板截面进行金相剖面观察，如图 13 所示。新制作方法在电镀铜与基材铜的交界处有轻微凸起，其为工艺固有残留，只能尽量减小凸起的高度，不能完全避免，经安装调试后，证实金属台阶不会影响产品的安装和可靠性。

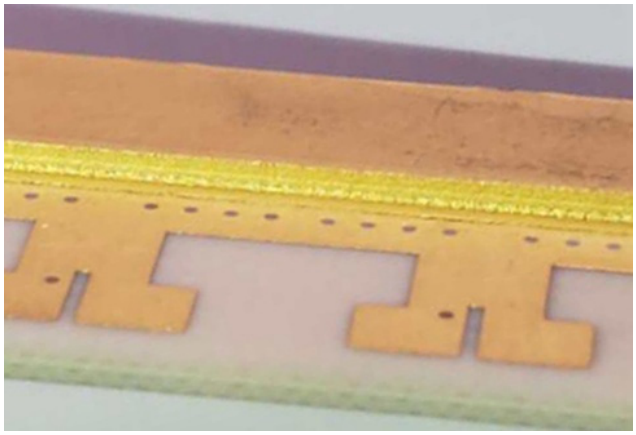


图 12 新制作方法制作的试验板

Fig. 12 Experimental board made by the new manufacturing method

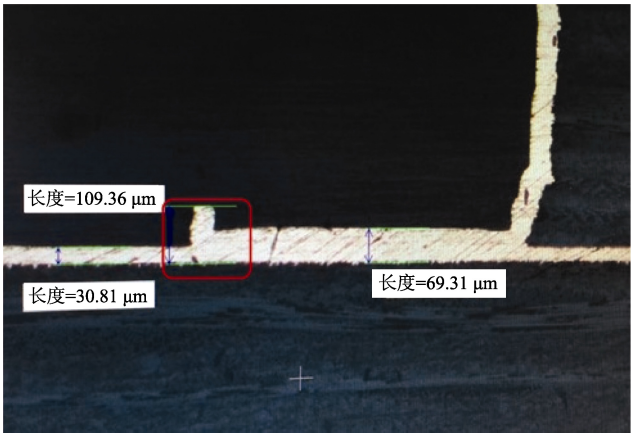


图 13 试验板的剖面图

Fig. 13 Section of the experimental board

4 结论

本文给出了一种阶梯盲槽金属包边的新型制作方法，解决了原制作方法的多种缺陷，实现了金属包边可靠的连接内外层图形。其中，金属台阶的残留为工艺固有残留，不影响产品的安装和可靠性要求。

[参考文献] (References)

[1] 金瑞明. 物联网形式下的 5G 通信技术应用[J]. 通讯世界，2019，26（3）：10-11.
JIN R M. Appling of 5G communication technology under the situation of Internet of Things[J]. Telecom World, 2019, 26(3): 10-11. (in Chinese)

[2] 崔浩，杨维生. 多层微波印制板制造工艺及装联技术研究[J]. 电子机械工程，2014，30（4）：54-57.
CUI H, YANG W S. Study on manufacturing process and assembly technology of multilayer microwave printed board[J]. Electro-Mechanical Engineering, 2014, 30(4): 54-57. (in Chinese)

[3] 杜江坤. 基于多层印制板的微波信号高密度传输与控制技术[D]. 成都：电子科技大学，2018.
DU J K. High density transmission and control technology of microwave signal based on multilayer printed board[D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China, 2018. (in Chinese)

[4] 林金堵. PCB 高密精细化导线的发展和制造技术（1）——发展方向[J]. 印制电路信息，2018，26（11）：1-5.
LIN J D. Development and manufacturing technology of PCB high density fine wire (1): development trend[J]. Printed Circuit Information, 2018, 26(11): 1-5. (in Chinese)

[5] 梁丽萍，胡伦洪. 多层阶梯侧壁金属化的工艺制作方法[J]. 印制电路资讯，2015，7（4）：114-115.
LIANG L P, HU L H. Multilayer ladder side wall metallization process[J]. Printed Circuit Information, 2015, 7(4): 114-115. (in Chinese)

[6] 陈岩，陈曦. 高速通信系统 PCB 的电磁兼容性设计[J]. 通信技术，2014，6（6）：686-690.
CHEN Y, CHEN X. Electromagnetic compatibility design of high-speed communication system of PCB[J]. Communication Technology, 2014, 6(6): 686-690. (in Chinese)

[7] 黄小华. PCB 抗干扰接地探析[J]. 南方农机，2018，49（24）：113.
HUANG X H. Anti-interference grounding of PCB[J]. China Southern Agricultural Machinery, 2018, 49(24): 113. (in Chinese)

[8] 廖道全，高团芬. 多层微波材料阶梯板压合技术探讨[J]. 印制电路信息，2016，24（4）：27-30.
LIAO D Q, GAO T F. Multilayer microwave material ladder plate bonding technology[J]. Printed Circuit Information, 2016, 24(4): 27-30. (in Chinese)

（责任编辑：段桃）