

印制电路用覆铜箔层压板

辜信实 主编

化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

·北京·

序

《印制电路用覆铜箔层压板》终于出版了。从酝酿到出版整整一年，编写一部过 70 万字的技术专著不可谓不快，但这又是我国覆铜板制造业同仁等了近 40 年才迟迟面世的首部专著。

这部著作凝聚了我国覆铜板以及相关配套工业几代人的心血，作者中既有我国覆铜板制造业创始的一代，有在企业逆境中仍忠诚于自己事业的一代，也有近十年迅速成长起来的新一代。正是因为有了老一辈的执著献身、不畏艰难，我国的覆铜板工业在世界上才不致空白；也正是近十年涌现了一大批立志投身覆铜板工业的新一代持续不断地努力和进步，我们才一步步地缩短着与世界强国的距离，跻身世界覆铜板制造工业的前列。《印制电路用覆铜箔层压板》的出版浸透了这一过程，首次系统、全面地展现了覆铜板工业以及相关配套工业的现在和未来，应是我们每一位覆铜板制造从业人员的必读课本。

覆铜板作为电子工业的基础材料，承载着互连封装工业的巨大压力，尤其是来自电子工业日新月异技术进步的挑战。覆铜板的物理形态虽似没有什么改变，但其化学形态、技术性能已发生了巨大的变化。面对电子工业全球化的浪潮，只有持续的技术进步，以满足世界电子工业先进技术的需求，我们才能从日益扩大的市场中分得一杯羹；只有加快我们的技术进步速度，紧紧贴住世界电子工业技术进步的足迹，我们才能在竞争中不遭淘汰。相信《印制电路用覆铜箔层压板》将成为覆铜板业界与供应商和用户以及政府之间的一座技术桥梁，加强相互之间的沟通和理解，推动上、下游工业之间的互动和进步。

全国覆铜板行业协会在非常艰难的条件下，一直组织和推动着覆铜板业内以及业界与其他行业、政府之间的交流，扮演着重要的组织者角色，并成功地组织编写出版了《印制电路用覆铜箔层压板》。《印制电路用覆铜箔层压板》似一座碑，它是我国覆铜板及相关工业众多工程技术人员艰辛追求、锲而不舍精神的纪念；它似一面旗，将交由下一代的精锐高擎前进，发扬光大并为它增添新的华章。

刘述峰

2001 年 11 月 12 日

前 言

我国覆铜板生产技术经过几十年的发展，积累了许多宝贵的知识和经验，特别是改革开放以后，其发展更是日新月异。为了系统地整理我国覆铜板的生产技术，及时反映我国当前覆铜板生产水平和国内外动态，促进我国覆铜板工业进一步发展，填补国内外尚无正式出版覆铜板专著空白，全国覆铜板行业协会秘书处作出编写、出版《印制电路用覆铜箔层压板》一书的决定，并成立了由各方面专家组成的编委会，由广东生益科技股份有限公司辜信实总工程师任主编。全书分十七章，78.7万字，由化学工业出版社正式出版。

本书各章撰写人员如下：

第一章 刘天成 祝大同

第二章 高艳茹 谢小妍

第三章 乔秀园 石少明

第四章 梁 赢

第五章 冷大光 徐树民 杨培明 周文娟 沈 龙 罗宜才 辜信实

第六章 兰佩珩 刘明佩 考松波 祝大同

第七章 曾光龙

第八章 辜信实 茹敬宏

第九章 辜信实 方克洪 师剑英 苏民社 江恩伟 顾根山

第十章 杨中强

第十一章 师剑英

第十二章 杨希平

第十三章 王华志

第十四章 刘天成 韩讲周

第十五章 孙 志 黄逊娟

第十六章 祝大同

第十七章 祝大同

罗鹏辉工程师对本书进行了认真的整理和修订，做了大量工作。

本书主要供覆铜板行业及相关行业的工程技术人员、管理人员阅读，也可作为专业技术培训教材。

本书在编写过程中，得到各编委所在单位领导的大力支持，同时，本书的出版，得到广东生益科技股份有限公司、招远金宝电子有限公司、江阴市怡达化工有限公司等单位的大力支持，对此表示衷心感谢！

由于编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

全国覆铜板行业协会秘书处

电 话：(0910) 3335234

传 真：(0910) 3313339

地 址：陕西咸阳十号信箱

邮 编：712099

全国覆铜板行业协会

2001年10月

《印制电路用覆铜箔层压板》编委会

主 编 辜信实

副主编 刘天成 冷大光 祝大同 曾光龙

编 委 (按姓氏笔画排列)

王华志	方克洪	石少明	兰佩珩
考松波	师剑英	乔秀园	刘天成
刘明佩	江恩伟	孙 志	苏民社
杨中强	杨希平	杨培明	冷大光
沈 龙	罗宜才	罗鹏辉	周文娟
茹敬宏	祝大同	顾根山	徐树民
高艳茹	黄逊娟	梁 赢	韩讲周
辜信实	曾光龙	谢小妍	谢建树

内 容 提 要

覆铜箔层压板（简称覆铜板）是电子工业的基础材料，主要用于制造印制电路板（PCB），广泛用于彩色电视机、计算机、通讯设备等电子产品。本书系统介绍了覆铜板的分类，主要原材料，生产技术，产品标准，检验方法，三废处理，产品应用加工，技术发展等诸多丰富内容。本书由行业内几十位专家通力合作而成，是覆铜板领域里第一部权威著作。

本书主要供覆铜板及相关行业的技术人员、管理人员阅读，也可作为专业技术培训教材。

目 录

第一章 绪论	1
第一节 覆铜板定义及发展简史	1
第二节 覆铜板的分类	7
第三节 覆铜板的典型工艺流程	11
第四节 覆铜板各类产品特点及其用途	12
第二章 覆铜板的标准	14
第一节 国内外主要的标准化组织 标准型号对照	14
第二节 覆铜板的性能与标准	18
第三节 IPC 4101	34
第四节 无卤型产品标准	42
第五节 UL 标准与安全认证	50
第三章 覆铜板用主要设备与工装	58
第一节 玻纤布覆铜板用反应釜及附属设备	58
第二节 垂直式上胶机	60
第三节 玻纤布覆铜板用压机	70
第四节 玻纤布覆铜板用不锈钢板及其他工装	77
第五节 纸基覆铜板制胶(树脂)设备	80
第六节 纸基覆铜板上胶设备	90
第七节 纸基覆铜板用热压成型设备	93
第八节 纸基覆铜板用不锈钢板(模板)与其他工装	95
第四章 覆铜板的生产环境	98
第五章 覆铜板用主要原材料	101
第一节 覆铜板用铜箔	101
第二节 浸渍绝缘纸	119
第三节 玻璃纤维布	125
第四节 覆铜板用 E 玻璃纤维纸	146
第五节 环氧树脂	154
第六章 纸基覆铜板	163
第一节 概述	163
第二节 酚醛树脂及其主要原材料	165
第三节 桐油改性酚醛树脂	178
第四节 FR-1 用改性酚醛树脂溶液	182
第五节 纸基覆铜板的基本技术	186
第六节 常见质量问题及解决方法	205
第七节 铜箔胶粘剂与涂胶铜箔	214

第七章 环氧玻纤布覆铜板	217
第一节 概述.....	217
第二节 环氧玻纤布覆铜板树脂的组成与配制.....	218
第三节 粘结片生产与品质控制.....	238
第四节 粘结片与铜箔、不锈钢板叠配.....	254
第五节 环氧玻纤布覆铜板压制成型技术.....	257
第六节 分板、裁切、检验与包装.....	265
第七节 产品常见缺陷与对策.....	267
第八节 环氧玻纤布覆铜板技术新进展.....	275
第八章 复合基覆铜板	286
第一节 概述.....	286
第二节 CEM-1 覆铜板	287
第三节 CEM-3 覆铜板	291
第九章 各种高性能覆铜板	304
第一节 概述.....	304
第二节 高性能环氧玻纤布覆铜板.....	306
第三节 聚酰亚胺/玻纤布覆铜板	313
第四节 PPE/玻纤布覆铜板	320
第五节 氰酸酯/玻纤布覆铜板	328
第六节 BT 树脂/玻纤布覆铜板	334
第七节 聚四氟乙烯/玻纤布覆铜板	342
第八节 无卤型覆铜板.....	348
第十章 积层多层板用涂树脂铜箔	354
第一节 概述.....	354
第二节 产品结构与特点.....	356
第三节 涂布工艺与设备.....	358
第四节 性能要求与标准.....	360
第五节 RCC 技术新发展	363
第十一章 金属基覆铜板	365
第一节 概述.....	365
第二节 金属基覆铜板的结构与特性.....	366
第三节 金属基覆铜板的制作工艺.....	368
第四节 金属基覆铜板的性能要求、标准及相关检测方法.....	372
第五节 金属基覆铜板的应用.....	376
第六节 金属基覆铜板新技术的发展.....	377
第十二章 陶瓷基覆铜板	379
第一节 概述.....	379
第二节 产品结构与特点.....	380
第三节 性能要求与标准.....	383
第四节 产品应用.....	386

第五节	陶瓷基覆铜板技术新发展	387
第十三章	挠性覆铜板	389
第一节	挠性覆铜板的作用和种类	389
第二节	原材料	390
第三节	挠性覆铜板的制造	397
第四节	质量控制	401
第五节	挠性覆铜板应用的一般说明	403
第十四章	覆铜板检测技术	408
第一节	概述	408
第二节	试样制备	409
第三节	试样处理与试验条件	411
第四节	覆铜板电性能检测技术	413
第五节	覆铜板的力学性能试验	433
第六节	覆铜板的化学性能热性能等测定	438
第七节	覆铜板测试技术新发展	443
第十五章	环境保护与三废治理	449
第一节	概述	449
第二节	企业环保	450
第三节	发展趋势	457
第四节	含酚废水的处理与监测	457
第十六章	覆铜板加工与应用的基本知识	462
第一节	覆铜板的贮存、运输应注意的问题	462
第二节	覆铜板在印制电路板设计、加工中应注意的问题	463
第三节	钎焊时应注意的问题	471
第十七章	覆铜板技术发展的趋势	474
第一节	覆铜板技术发展的主要驱动力	474
第二节	覆铜板技术发展的趋势	483
第三节	未来的主要课题	489
附录	常见非法定计量单位和换算系数	491

第一章 绪 论

第一节 覆铜板定义及发展简史

一、覆铜板定义

将增强材料浸以树脂，一面或两面覆以铜箔，经热压而成的一种板状材料，称为覆铜箔层压板（Copper Clad Laminate，CCL），简称为覆铜板。它用于制作印制电路板（Printed Circuit Board，PCB）。

印制电路板目前已成为绝大多数电子产品达到电路互连的不可缺少的主要组成部件。在单面或双面 PCB 的制造中，是在覆铜板上，有选择地进行孔加工、铜电镀、蚀刻等，得到导电图形电路。在多层印制电路板的制造中，也是以内芯薄型覆铜板的底基，将它制成导电图形电路，并与粘结片（bonding sheet）交替叠合后一次性层压成型加工，使它们粘合在一起，并成为三层以上的图形电路层之间的互联。

上述单面、双面 PCB 用覆铜板，以及多层 PCB 用内芯覆铜板、粘结片都是 PCB 基板材料（base material），都属覆铜板制造技术范畴。其中粘结片，是指预浸一种树脂并固化至 B 阶段（半固化），可起粘结作用的薄片材料。因此，也称作半固化片（prepreg，简称 P.P）或预浸材料。粘结片在覆铜板制造全过程中，充当着半固化的半成品角色。

可以看出，作为 PCB 制造中的基板材料，无论是覆铜板（CCL），还是粘结片材料（PP），都在 PCB 中起到十分重要的作用。对于 PCB 整体特性，它对 PCB 主要有着导电、绝缘和支撑三个方面的功能。PCB 的性能、品质、制造中的加工性、制造水平、制造成本以及长期可靠性等，在很大程度上取决于基板材料。

二、发展简史

覆铜板技术与生产，已经历了半个世纪的发展历史。全世界年产覆铜板目前已达到约 2.9 亿 m²。成为电子信息产品中基础材料的一大重要组成部分。覆铜板制造业，是个“朝阳”工业，它伴随着电子信息、通信业的发展，具有广阔的前景。覆铜板制造技术，是一项含有高新技术的多学科交叉的技术。近百年电子工业技术发展历程表明，覆铜板技术往往是推动电子工业发展的关键方面之一。

覆铜板技术与生产的发展，已经走过了五十年左右的历程。加之此产业确定前的近五十年的对它的树脂及增强材料方面的科学实验与探索，覆铜板业已有近百年的历史。这是一部与电子信息工业，特别是与 PCB 业同步发展，不可分割的技术发展史。这是一个不断创新、不断追求的过程。它的进步发展，时时受到电子整机产品、半导体制造技术、电子安装技术、印制电路板制造技术的革新发展所驱动。

（一）世界覆铜板发展简史

回顾百年世界覆铜板技术、生产的发展历史，可分为四个阶段：萌芽阶段、初期发展阶段、高性能发展阶段、高密度互连发展阶段。

1. 萌芽阶段

20 世纪初至 20 世纪 40 年代末，是覆铜板业发展的“萌芽阶段”。它的发展特点主要表

现在两方面。一方面，这一段时期在今后覆铜板用树脂、增强材料以及基板（未覆铜箔的）制造方面，得到创新、探索。它的可喜进展，为以后的覆铜板问世及发展创造了必要的条件。另一方面，以金属箔蚀刻法为主流的印制电路制造的最初期技术得到发展。它为覆铜板在结构组成、特性条件的确定上，起到决定性作用。也为覆铜板的问世，起到驱动作用。

1909年，酚醛树脂的发明与应用。Dr.L.Baekland发明了用棉织品或纤维纸浸入酚醛树脂，制作绝缘材料的专利。

1920年，Formica将酚醛层压板发明成果首次应用于无线电产品中。

1934年，德国的Schiack用双酚A和环氧氯丙烷制成了环氧树脂。1940年瑞士的Castan在对双酚A型环氧树脂的制造技术及其固化技术方面的研究中，获得很大进展，作出突出贡献。

1938年，Owen Coming Glass公司开始生产玻璃纤维增强材料。

1939年，美国最大的产铜企业——Anaconda公司首创了电解法制作铜箔技术。

1940~1942年，聚酯树脂玻璃纤维布基层压板、三聚氰胺甲醛树脂玻璃纤维基层压板，在英国、欧洲实现了工业化。

以上这些覆铜板用树脂、增强材料、铜箔、基板等的最初发明与技术的发展，都为覆铜板的诞生，打下了重要基础和创造了必要条件。

另一方面，印制电路业的“摇篮期”的创新、发展，也是覆铜板产生的“催化剂”。是对覆铜板尽早问世的一种驱动。

1903年，英国的Alber P.Hanson最早提出了在无线电装置上，利用金属粉末在原地直接电沉积到绝缘体上的方法，达到电器接通的专利。

1913年，英国的Berry发明了采用抗蚀剂涂敷在金属箔上，再进行蚀刻没有涂敷部分的技术。

1925年，美国的Chareles Ducas创造了在绝缘材料上，采用印制方式制成图形，再利用电镀法形成导体。

1927年，法国人C.Parslimi发明创造了在玻璃或陶瓷材料制作的绝缘基板上先印制绝缘树脂，再敷上金属粉，将金属粉与绝缘基板通过绝缘树脂达到粘接。并用电镀法，来加强电路导体金属结构的致密性和连贯性。

1930年，英国一份专利（327, 356）中提出：把铜箔的背面贴在一块“插板”上，在铜箔表面上涂布一层薄的耐酸漆，然后用刀具在漆膜上刻出所要求的图形，再用王水等腐蚀掉铜箔，从而得到导线图形。这也是后来的铜箔蚀刻法的雏形。

1934年，前苏联工程师A.N伏罗依曼获得PCB研究成果，并取得发明专利。

1935年，美国贝尔电话研究所，采用喷涂高温（600℃）熔融金属法，在基板上布线。并在基板的两面布线，以达到可交叉布线的目的。这也是双面印制电路板发展的起源。

1936~1940年，被全世界誉称为“印制电路之父”的英国Paul Eisler博士，对印制电路板作出了开创性的突出贡献。他根据印刷技术的启发，首先提出了“印制电路”的概念。他还研究了腐蚀箔的技术，采用照相印制工艺，在绝缘板的金属表面上，形成具有耐酸性掩蔽层的导线图形。然后用化学药品溶解掉未被掩蔽的金属，获得世界上首块名副其实的印制电路板。

1941年美国国防部为了满足第二次世界大战对军事电子设备体积小、重量轻、可靠性高的要求，在全世界率先把PCB制造技术应用于军事产品中，他们在陶瓷基板上丝网漏印

银（或铜）浆料，制成 PCB。采用这种方法制造的 PCB，应用在迫击炮炮弹的引信电子控制部分。这在当时 PCB 应用方面，是产生不小震动的重要事件。

1947 年，美国国家标准局（National Bureau of Standards）开始研究在一张绝缘基板上，搭载线圈、电容、电阻等元件，并构成电路布线。

2. 初期发展阶段

1943 年，欧、美采用电木（酚醛塑料，bakelite）基材制作的覆铜板，开始走向工业化。

1945~1947 年，由于美国 S. O. Greenlee 对环氧树脂应用的一系列研究获得成功，在他的专利中，提出了用聚酰胺、三聚氰胺树脂、酚醛树脂固化环氧树脂的工艺方法，使得在 1947 年，环氧树脂在覆铜板制造中得到首次应用。

1947 年美国的 Signal Corps 解决了大面积铜箔与绝缘基板的粘接问题。20 世纪 50 年代中期，日本东芝公司提出在铜箔粘合面上形成氧化铜的处理方法，使大面积铜箔覆铜板的剥离强度有了明显提高，这一研究成果，标志着真正的覆铜板在世界上的问世。

20 世纪 50 年代初，在欧、美聚酰亚胺树脂层压板问世，它标志着 PCB 用基板材料所用树脂，开始向着高耐热方向发展。

1955 年，美国 Yares 公司在世界上首次开始工业化生产电解铜箔。

1960 年，世界上出现工业化的酚醛型环氧树脂、溴化环氧树脂，为以后两三年世界上开发出耐热型和阻燃型环氧玻纤布基板材料创造了条件。

3. 高性能发展阶段

集成电路的发明与应用，电子产品的小型化、高性能化，使覆铜板技术和生产，被推向高性能化方向发展的轨道上。

1959 年，美国得克萨斯仪器公司制作出第一块集成电路（IC）以后，由于它的高速发展，对 PCB 提出了更高组装密度的要求。

1961 年，美国 Hazeltine Corporation 公司开发成功用金属化通孔工艺法的多层板制造技术。IBM 公司于同年所制造的计算机，在全世界首次采用多层板。1961 年间，Rock Well-Collins、Honeg Well、CDC 等公司也先后开始生产以环氧玻纤布为基材的多层板。这些都标志着，自 1961 年起覆铜板业作为多层板用基板材料的一类特有的品种（内芯薄型覆铜板和粘结片）在世界上出现，并很快地得到迅速发展。

1963 年，美国 Western Electric 公司在世界上首次开发成功具有高散热性的金属芯 PCB。它表明，新型的、具有特殊散热功能的金属基（芯）覆铜板产生。

1969 年，荷兰飞利浦公司开发成功聚酰亚胺薄膜作基材的挠性 PCB 用基板材料。

20 世纪 70 年代初，美国通用电气公司、Norplex 公司等，开发复合基覆铜板——CEM-1 和 CEM-3 产品，并迅速地打开了市场。

1977 年，经过五年左右的努力研究，日本三菱瓦斯化学公司所研制的 BT 树脂（双马来酰亚胺三嗪树脂）开始实现了工业化生产。它给世界多层板发展以及 90 年代中期发展起来的有机封装基板，提供了一种高 T_g 、低 ϵ_r 的新型基板材料。

20 世纪 70 年代中、后期开始，表面安装技术（SMT）开始在全世界兴起。SMT 用新型表面安装元器件（开始为 QFP，以后发展到 BGA、CSP），采用表面贴装技术搭载在 PCB 上，这比传统的通孔插装技术（THT），是一个全新的安装技术上的变革。它不仅对 PCB 提出了高密度的要求，也对 PCB 基板材料——覆铜板及粘结片在性能上提出更高的要求。

4. 高密度互连发展阶段

20世纪90年代初,随着“SLC”积层法多层板在日本的出现,开创了一个高密度互连(HDI)的多层板制造技术的新时期。在这个时期中,传统的覆铜板技术受到新的挑战。它无论是在制造材料产品品种、组成结构、性能特性上,还是在产品功能上,都有了新的变化、新的发展。

1988年,西门子公司在大型计算机上,开始首次采用称为“Micro-wiring Substate”的积层法多层板。在这项多层板制造技术中,包括了通孔加工采用的等离子体和激光蚀孔技术。

1989年,以笔记本电脑、移动电话、摄录一体型摄像机为代表的便携型电子产品问世。这些便携型电子产品,迅速地向着小型轻量化发展,极大地驱动了PCB向着微细孔、微导线化的进展。

1990年,日本IBM公司发表了称作“SLC”(Surface Laminar Circuit)的积层法多层板的研究成果。这项新型多层板技术,是由田裕等人开发出的。它用感光性绝缘树脂作为绝缘层,含盲、埋通孔的新技术等典型特点。它打破了传统多层板在结构上、基材上、工艺上的传统模式,开创了用积层法制造的高密度互连多层板的新思路、新观念、新工艺。

1995~1998年,在全世界积层法多层板工艺技术迅猛发展,出现了像松下电子产品的ALIVH、东芝的B²it等二十几种工艺法。随之出现了多种多样适于激光加工或光致加工制作微细通孔、微细电路图形的新型基板材料。而涂树脂铜箔(RCC)就是其中一种。

20世纪90年代中、后期,以BGA、CSP为典型代表的有机封装基板,无论在需求量上,还是在工艺技术上,都有了更迅速的发展。一批具有高耐热性、低介电常数、低热膨胀系数性的覆铜板纷纷出现。

20世纪90年代中期,一类不含溴、锑的绿色型阻燃覆铜板迅速兴起,并开始走向市场。

1998年10月日本东芝化学公司所研究、开发的无卤型FR-4基板材料所制的多层PCB,在东芝集团开发的笔记本电脑中开始得到应用。这种绿色型笔记本电脑,在世界上出现尚属首次。

(二) 我国覆铜板发展简史

我国覆铜板业已有四十几年发展历史。从1955年在试验室中诞生了我国第一块覆铜板到1978年全国覆铜板产量首次突破1000t;从20世纪80年代中期向国外全套引进技术、设备,到2000年,我国覆铜板产值约55亿元,产量约6400万m²,成为产量名列世界前几位的大国。整个历史,是一个不断创新、不断追求,高速发展的历史。纵观发展历程,可基本划分为四个阶段。

1. 第一阶段:创业起步阶段(1955~1978年)

我国最早的覆铜板是诞生于研制PCB的研究所、工厂的科技人员之手。在当时特殊历史环境条件下,他们发挥了“自力更生、奋发图强、艰苦奋斗”的精神,为我国覆铜板的创业,留下了光辉的历史足迹。

1955年下半年,我国电子工业第十研究所(又称:无线电技术研究所),担任我国PCB最早研制、开发的科技工作者王铁中等人,在试制PCB的同时,创造出一种制造覆铜板的工艺法。这种覆铜板,是将铜箔粘合在事先涂覆了粘合剂(酚醛改性聚乙烯醇缩甲醛)的绝缘纸板上,再经层压加工而制成。王铁中等成为我国覆铜板业最早的开拓者。

1958年间,基本按王铁中等所开发的覆铜箔酚醛纸板的工艺,在704厂的500 t压机中,最先实现了我国覆铜板大面积工业化生产。

1959年,四机部15所科技人员按王铁中的覆铜板工艺法,研制并小批量生产此种覆铜板。

1960年,四机部15所有关科技人员采用二次法加工工艺,研制出以酸酐为固化剂的环氧玻纤布基覆铜板(性能相当于G10板)。

1960年,704厂、上海化工厂开发成功采用半固化(上胶纸)覆以涂胶铜箔(铜箔胶粘剂是自己研制的酚醛改性聚乙烯醇缩丁醛树脂为主成分)的直接压制覆铜板的工艺法。

1959~1961年,借助原苏联的技术输入,成功开发出环氧酚醛玻纤基覆铜板,这为我国当时以及以后相当长的时间内(直至20世纪80年代中期)内投资类及消费类电子产品(包括黑白电视机主板)的PCB提供了“具有中国特色的”基板来源。

1961~1962年,西安绝缘材料厂开发成功环氧-己二胺作粘合剂,“沃兰”处理玻纤布作增强材料的覆铜板。

1962年起,上海化工厂、北京绝缘材料厂、704厂、西安绝缘材料厂等纸基为主的“复合基”覆铜板,得到一定工业化生产,以供应半导体收音机等家用电器PCB用。当时采用未漂白浸渍木浆纤维纸浸以酚醛树脂(碱催化)作芯料,外侧附有浸有聚乙烯醇缩丁醛胶的玻纤布,覆以100~200mm宽的压延铜箔(0.1mm厚),经压制而成(北京绝缘材料厂的牌号为302,机械部标准中牌号为3440)。

1964年,分别由中科院计算所、北京15所在试验室中,开发成功多层板。北京15所还将它成功应用在112型计算机中。

1964年冶金部本溪合金厂(现为本溪铜加工厂)首次制造出50 μ m厚的电解铜箔。

1965年,由四机部第14所研制成功聚四氟乙烯覆铜板,并用其制出微波印制板。

20世纪70年代初,由本溪合金厂、西北884厂等开发成功35 μ m厚电解粗化铜箔。之后在国内很快地结束了使用压延铜箔生产覆铜板的近十年的历史。

1974年,中科院计算所及704厂先后研制出产品性能相当于G-10的以双氰胺固化剂的环氧玻纤布基覆铜板。

20世纪70年代中、后期,北京造纸三厂开发成功并开始提供漂白棉纤维纸,我国部分纸基生产厂开始创造出环氧酚醛型纸基覆铜板产品。并开始有少部分出口。同时,在此时期,一些厂家及大专院校、科研院所,对国外纸基覆铜板用的桐油改性酚醛树脂作了大量的研究、试验工作。在此种树脂在反应机理上,作了一定成果的理论研究。

1978年,我国覆铜板产量首次突破年产千吨的规模,达到1500 t。

在这阶段,我国电子工业发展较为缓慢,PCB制造厂的水平低,对覆铜板需求小,技术要求不高,这些都制约了我国覆铜板生产、技术前进的步伐。

2. 第二阶段:初步发展阶段(1979~1985年)

在20世纪70年代末,我国黑白电视机、收录机、音响、通讯设备等得到了一个较大的发展。彩色电视机生产也在本阶段后期开始迅速兴起。同时,这段时期,我国PCB业,开始从国外引进不少先进设备。在PCB设计和加工上也采取、鉴借、吸收了许多国外先进技术。整机厂引进了像波峰焊接机、计算机控制自动元器件组件机,多层板技术与生产在国内逐渐兴起。这些都对覆铜板的产量的增长,水平的提高,有很大的促进。

1982年,北京绝缘材料厂率先在全国引进当时较高水平的日本“市金-维茨”公司生产

的卧式上胶机，并首先采用了二次上胶先进技术，开发成功主要用于黑白电视机用 PCB 的阻燃型 368 覆铜板 [相当于国标 CEPCP (G) -22F]。

1984 年，大连大通公司、包头绝缘材料厂、武进第二无线厂等也可生产出上述类型覆铜板。

1982~1985 年，704 厂在环氧-双氰胺玻纤基覆铜板（704 厂牌号：THAB-67）方面，技术水平获得较大提高。无论在产量上，还是在质量上，在当时都占居国内市场首位。年产量达到几百吨。

1983 年 11 月中科院计算所采用多层板的千万次/s 的向量计算机系统通过国家鉴定。同年 12 月国防科大采用 6~8 层多层板的银河 1 亿次巨型计算机研究成功。这些成果标志着我国多层板的研究、生产水平有质的飞跃。同时也说明，我国覆铜板业的多层板用基板材料市场开始建立。

3. 第三阶段：规模化生产阶段（1986~1994 年）

随着在 1985~1987 年期间我国几家覆铜板企业对国外的覆铜板的设备、技术引进工作趋于完成，标志着我国覆铜板业迈入了一个新的发展阶段——规模化发展阶段。在技术上 also 出现了一个质的飞跃。与国外在此领域技术上的差距开始缩小。

1985 年 6 月由香港 AVA 国际有限公司、香港福民有限公司、广东省对外贸易总公司东莞电子公司合资的我国第一家覆铜板中外合资企业——东莞生益覆铜板有限公司成立，并于 1987 年建成投产。自此，该公司又进行多次扩建改造，到 21 世纪初仍保持 FR-4 生产厂“龙头老大”的地位。

1985~1986 年，由北京绝缘材料厂、704 厂分别向日本松下电工株式会社引进了三个品牌的纸基覆铜板关键设备和技术。并在 1986~1988 年间对此消化，部分材料国产化成功。产品推向市场。这标志我国纸基覆铜板的生产、技术迈入了一个更高水平。

20 世纪 80 年代末、90 年代初，一批年产 100 万张以上的覆铜板生产厂家纷纷建立，并投产。纸基板厂家有：山东招远金宝电子有限公司、昆山日滔化化工有限公司、建滔化工集团、苏州松下电工有限公司等。玻纤布基板厂家有：华立达铜箔板有限公司、国际层压板材有限公司、深圳太平洋绝缘材料有限公司、江苏联鑫铜面基板有限公司、苏州南兴积层板有限公司、大连宝利德超级层压板有限公司、南美覆铜板厂有限公司、海港积层板有限公司等。到 1994 年时，我国纸基覆铜板年产量达到 1.5 万 t（约合 600 万 m²）、产值约 4.2 亿元人民币。环氧玻纤布基覆铜板年产量约达到 480 万 m²。比 1984 年 FR-4 产量提高了近 10 倍。其中有 60% 左右出口。

1991 年，全国覆铜板行业协会成立。并在 1997 年创办了协会刊物《覆铜板资讯》。

1993 年，我国独自开发出 CEM-1 和 CEM-3 复合基覆铜板，其生产量逐年迅速提高。

4. 第四阶段：大型企业主导市场阶段（自 1995 年起到现今）

1995 年以后，又有日本及我国台湾、香港投资的大型玻纤布基覆铜板生产厂在我国广东、华东地区建立。它们主要有：亚化科技（中国）股份有限公司、广州宏仁电子有限公司、广州松下电工有限公司、昆山台光电子材料有限公司、江阴确利发实业有限公司等。另外一些大型覆铜板厂家（包括生产纸基或玻纤布基覆铜板厂家）还有：广东汕头超声电子股份有限公司保税區覆铜板厂、大连澳华电子材料有限公司、福建利兴电子有限公司、铜陵华瑞电子材料有限公司、广东省梅雁覆铜板厂、江阴森盛覆铜板有限公司等。

1998 年，由中、美、港三方共同投资兴办的九江福莱克斯有限公司初步建成并投产。

它成为我国覆铜板业中规模最大、技术水平最高的挠性覆铜板（年产能力 60 万 m²）企业。

在此发展阶段，我国国内为覆铜板生产配套的环氧树脂、玻纤布、玻纤纸、漂白浸渍木浆纸、阻燃剂、铜箔、铜箔胶粘剂等原材料，得到迅速发展，达到一定先进水平。在专用设备上（浸胶机、压机、废气治理设备等），其技术水平也有很大的提高。

据全国覆铜板行业协会（CCLA）统计：2000 年，我国大陆的覆铜板总产量已达到 6 400 万 m²（其中纸基覆铜板为 2 900 万 m²；玻纤布基覆铜板为 3 300 万 m²），工业总产值达到 55 亿元（人民币），出口创汇 3 亿美元（见表 1-1-1）。我国大陆的纸基覆铜板产量已在全世界排名第三位，玻纤布基覆铜板产量跻身第四位。总产量占全世界覆铜板产量的 12% 左右。

表 1-1-1 我国（大陆）一般型覆铜板生产、出口创汇情况

年 份	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
纸基覆铜板/万 t	1.0	1.5	1.6	2.4	2.0	3.5	4.0	5.63	7.25
玻纤布基覆铜板/万 t	1.1	1.5	1.4	1.6	3.0	4.5	4.5	6.75	8.25
总产量/万 t	2.1	3.0	3.0	4.0	5.0	8.0	8.5	12.4	16.01
工业总产值/亿元 RMB	9.5	13.5	13.5	17.0	22.0	32.0	34.0	40.0	55.0
出口额/亿美元	0.65	0.67	0.75	1.1	1.14	1.11	1.05	1.78	2.96

注：资料来源 CCLA，1996~2000 年出口额为海关数据。

综上所述，自 1995 年起我国（大陆）覆铜板业发展，已经迈入了以“大型企业主导市场，成为覆铜板世界生产大国”为特点的新阶段。

第二节 覆铜板的分类

对于覆铜板类型，常按不同的规则，有不同的分类。

1. 按覆铜板的机械刚性划分

按覆铜板的机械刚性，可分为刚性覆铜板和挠性覆铜板。

通常挠性覆铜板大量使用的是在聚酰亚胺或聚酯薄膜上覆以铜箔。其成品很柔软，具有优异的耐折性，近年，带载式半导体封装器件的发展，为配合所需的有机树脂带状封装基体的需要，还出现了环氧玻纤基薄型覆铜箔带的产品。

2. 按不同绝缘材料、结构划分

按不同绝缘材料、结构，可分为有机树脂类覆铜板、金属基（芯）覆铜板、陶瓷基覆铜板。这三大类覆铜板结构及材料组成见图 1-2-1。

3. 按覆铜板的厚度划分

按覆铜板的厚度，可分为常规板和薄型板。一般将厚度（不含铜箔厚度）小于 0.8 mm 的覆铜板，称为薄板（IPC 标准为 0.5 mm），环氧玻纤布基的 0.8 mm 以下薄型板可适于冲孔加工，0.8 mm 及其以下的玻纤布覆铜板可作为多

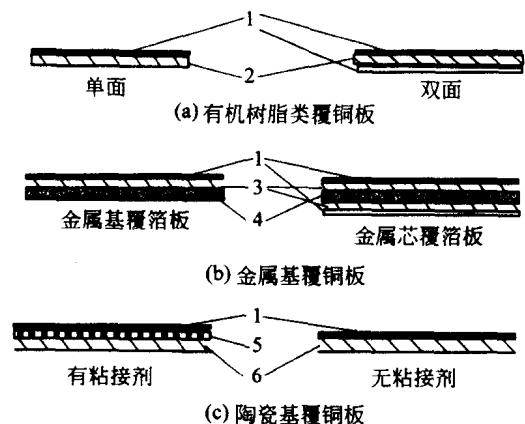


图 1-2-1 按不同绝缘层材料、结构分类的三大类覆铜板结构及材料组成

1—铜箔；2—绝缘基材；3—绝缘层；
4—金属板；5—粘接剂；6—陶瓷板

层印制电路板制作的内芯板。

4. 按增强材料划分

覆铜板使用某种增强材料, 就将该覆铜板称为某材料基板。常用的不同增强材料的刚性有机树脂覆铜板有三大类: 玻纤布基覆铜板、纸基覆铜板、复合基覆铜板。另外, 特殊增强材料构成的覆铜板还有: 芳香聚酰胺纤维无纺布基覆铜板、合成纤维布基覆铜板等。

对纤维增强材料而言, 有无机纤维增强材料和有机纤维增强材料之分。在近年发展起来的 CO₂ 激光蚀孔加工 PCB 中, 有机纤维增强材料 (如: 芳香聚酰胺纤维增强材料), 由于对红外光吸收能力强, 而更有利于这种激光钻孔加工。常见的无机纤维增强材料有 E 型玻纤布和 E 型玻纤纸 (又称玻纤无纺布、玻璃纸、玻璃毡)。

所谓复合基覆铜板, 主要是指绝缘层表面层和芯部采用了两种增强材料组成的覆铜板, 在复合基覆铜板中, 最常见的是 CEM-1 和 CEM-3 两大类型覆铜板。

5. 按照采用的绝缘树脂划分

覆铜板主体树脂使用某种树脂, 就将该覆铜板称为某树脂板。目前最常见的主体树脂有: 酚醛树脂、环氧树脂 (EP)、聚酰亚胺树脂 (PI)、聚苯醚树脂 (PPE 或 PPO)、聚酯树脂 (PET)、氰酸酯树脂 (CE)、聚四氟乙烯树脂 (PTFE)、双马来酰亚胺三嗪树脂 (BT) 等。

6. 按照阻燃等级划分

按照 UL 标准 (UL94、UL746E 等) 阻燃等级划分有非阻燃型和阻燃型覆铜板。一般将按 UL 标准检测达到阻燃 HB 级的覆铜板, 称为非阻燃类板 (俗称 HB 板), 将达到阻燃 V0 级的覆铜板, 称为阻燃类板 (俗称 V0 板), 这种“HB 板”、“V0”板之称, 在我国对纸基板分类称谓, 十分流行。

7. 按覆铜板的某些特殊性能划分

(1) 高 T_g 板 玻璃化温度 (T_g) 是描述绝缘材料达到某一温度后, 由玻璃态转变为橡胶态, 此时温度称为玻璃化温度。一般绝缘材料当温度在 T_g 以上时, 许多性能发生急剧变化。因此, T_g 越高, 材料介质原有各种性能的稳定性越好。另一方面, 具有高 T_g 的材料, 一般比低 T_g 的材料具有较好的尺寸稳定性和机械强度保持率, 加之该优良性能可在更大温度范围内保持, 这对制造高密度、高精度、高可靠性、细线条的印制电路板 (特别是多层印制电路板) 是很重要的。

T_g 是衡量、表征一些玻纤布基覆铜板耐热性的重要项目。但对于纸基覆铜板 (如 XPC、FR-1 等)、复合基覆铜板 (如 CEM-1、CEM-3) 来说, 用 T_g 衡量它们的耐热性并不适用。

在 IPC-4101 标准中, 对玻纤布基各类覆铜板, 规定了最低 T_g 指标值, 或 T_g 的指标范围。这实际上, 是用 T_g 划分出各类型板的耐热性的等级。例如: 对环氧 E 玻纤布基覆铜板 (FR-4) 以所要求达到的 T_g 的范围不同, 划分成为三个品种, 见表 1-2-1。

表 1-2-1 IPC-4101 中对不同 FR-4 板的种类划分

IPC4101 中详细规范编号	增强材料	树脂体系	参考型号 (NEMA 标准)	玻璃化温度 $T_g/^\circ\text{C}$
21	E 玻纤布	环氧树脂, 阻燃	FR-4	≥ 110
24	E 玻纤布	主体树脂为改性或不改性环氧树脂, 阻燃	FR-4	150~200
26	E 玻纤布	主体树脂为改性或不改性环氧树脂, 阻燃	FR-4	170~220