

电工技术

(二)

科学技术文献出版社重庆分社

第三集目录预告

水平、动向

八十年代汽轮机(一)——出国考察报告
高压断路器的可靠性

能源的合理利用

火电厂轴承冷却水的热回收
日本的锅炉省能技术
中、小工厂及企业的节能措施
炉顶发电系统

厂矿电气设备

最近的排水用潜水电动机
低压风扇噪音发生的原因及其预防措施
具有复合气吹室的轴向气吹断路器
变压器的自动喷水消防系统
水轮发电机起动停机时发生的故障和处理方法
半导体继电器-调节器
直流配电盘电路和装置的改进
向孤立负荷供电用的电容耦合器
大气条件对架空线路钢筋混凝土杆状态的影响
电网中调压和稳压用新装置
6—10千伏电网故障线段自动切除电路
采用 YΠ-6-10 型故障指示器确定配电网的故障线段
用负荷开关作 6 千伏电动机起动电抗器的分接开关
电力逆导可控硅的研制和应用

测试技术

测定电动机拖动装置的有功、视在和无功功率
以及系统效率的诺模图

确定电缆线路故障点用的电感、声学综合装置
电气秒表用附加装置
油浸高压电气设备内部故障的高效检测法

农业电气设备

农业电网状态的判断
低水头小水电站用水轮机
水轮机转轮修补更新的注意事项
10千伏配电网短路点的测定
农用成套变电站

基础知识讲座

晶闸管在电力拖动中的应用第三讲 晶闸管逆变器——交流调速系统

科技情报知识介绍

专利资料使用方法(二)
一、英国专利

科技常识问答

关于变压器、感应电动机频率关系的讨论
试述磁性材料的劣化原因和防止方法
试说明水轮机汽蚀现象的原因和结果,并叙述其防止措施

科技消息和小资料

欧美超低温电缆研制动向
爆光管的声控
“长寿灯”——废荧光灯管的利用
用汽车蓄电池作荧光灯电源
小型蓄电池充电器
汽车停车信号灯的监控
“小氙管”的新功能

电 工 技 术 (二)

中国科学技术情报研究所重庆分所	编 辑
科学技术文献出版社重庆分社	出 版
重庆市市中区胜利路91号	

四川省新华书店重庆发行所	发 行
科学技术文献出版社重庆分社印刷厂	印 刷

开本: 787×1092毫米1/16	印张: 7.50	字数: 19万
1980年4月第一版	1980年4月第一次印刷	
科技新书目: 161—116	印数: 19200	

书号: 15176·414

定价: 0.80元

目 录

水 平 动 向

导电性高分子材料的研制现状	1)
导电涂料和胶接剂	(5)
美国电能储存系统的研究开发动向	(14)
能源与电气工程及其展望	(19)

能源的合理利用

省能光源研究动向	(24)
如何提高白炽灯和卤钨灯的效率	(82)
用控制引风机转速的办法节电	(29)
变压器根据电网负载自动接通和开断	(33)
大型钢锭轧制时的节电	(36)
光化学反应发动机	(38)

厂矿电气设备

TBB 系列 16.5—120 万千瓦汽轮发电机定子的机械特性	(39)
稀土磁铁在电动机技术中的重要作用	(44)
变压器的故障和对策	(49)
手工氩弧焊的改进	(53)
美国大古力电站装设一周波断路器	(56)
6—35 千伏电网的 接地保护问题	(58)
6—35 千伏电网单相接地时暂态电流的计算	(63)
采用电容分压器的 110 千伏三相变电站	(66)
架空线路钢筋混凝土电杆的设计、制造与安装的若干建议	(72)
对可控硅-直流电动机的 五种控制方案的评价	(76)

日 用 电 器

带恒温器的电熨斗	(86)
----------------	------

测试技术

旋转电机的无损测试技术	(88)
变压器序阻抗的测定	(90)
汽轮机转速测量组合装置	(92)
动力设备金属显微结构检验用 YMG-1 小型显微镜	(94)
电子计数器故障检测仪	(95)
可控硅-磁控自动温度调节器	(97)
PR 热电偶的简易校正法	(98)

农用电器设备

防止电动机过热的装置.....	(103)
YCA1 电网自动装置.....	(104)
KYCT-A 远动装置的运行经验.....	(107)
YΠV1 仪器应用范围的扩大.....	(109)
拉脱维亚电业局里加试验工厂新拟制的配电网自动化设备.....	(110)

基础知识讲座

晶闸管在电力拖动中的应用	
第二讲——串级调速原理与应用.....	(112)

科技情报知识介绍

专利资料使用方法.....	(119)
---------------	-------

你知道吗?

[科技常识问答]

什么是一次能源和二次能源?	(121)
为了有效地利用电能,可以在用电设备上采取哪些措施?	(23)
确定电焊机电源变压器的适当容量时,主要因素是什么? 试从节能立场叙述供电方法!	(87)
高频感应炉的节电措施是什么?	(13)
试举出鼓风机具有代表性的三种节电方法,并简要说明之!	(108)

小资料与 科技消息

移动式柴油机发电站.....	(27)
旋转机械的保护继电器.....	(32)
携带式发电机.....	(35)
《铜铝焊接专集(二) 冷压焊和钎接的应用》内容介绍.....	(118)
《节能技术》第一辑征订启事.....	(91)
《国外农机》征订启事.....	(96)

导电性高分子材料的研制现状

柳原光太郎

印刷电路布线法，首先见于 Hunsen 的英国专利(1903年)，这是一种在陶瓷板上印刷上导电漆的方法。又如，电力电缆、发电机的防电晕用导电涂料从1930年开始就被广泛的使用了。因此，“导电性高分子的研制和应用”并非是一种新课题。

然而，自从发生石油冲击之后，对省资源、省能的要求迫切了，并且由于以半导体集成电路为中心的电子技术迅猛发展，因此对于导电性材料有了更大的需要。事实上由于加工技术的进步，新产品、新材料相继研

制成功，这是目所共睹的事实。

目前使用的导电性高分子，大部分是以电绝缘的高分子物作粘合料(介质)，并在其中加入填料而构成具有均一或局部混入导电性成份的混合型材料。在本质上显示单向导电性的TCNQ复体、 $(CH)_x$ 类的非混合型导电材料也研制成功了，只是还未正式应用。

下面以复合类导电材料的研制情况为主作一些介绍。

导电性高分子的分类和组成

表1 系将主要的导电性高分子以组成内

导电性材料一览表			
分类	组成	导电性能	用途举例
导电性聚合物	•阳离子类及阴离子类聚合物 •聚乙烯吡唑	$10^7 \sim 10^9$ 欧·厘米	抗静电涂层、静电记录纸 感光纸、感光胶片
导电性涂料、粘合剂	•合成树脂+银 •合成树脂+碳	$10^{-4} \sim 10^{-2}$ 欧·厘米 $10^{-1} \sim 10$ 欧·厘米	取出电极、印刷电路、打底 陶瓷电容器、电变电阻器、防静电、屏蔽
导电性弹性体	•硅橡胶+银 •硅橡胶+碳 •普通橡胶+碳	$10^{-3} \sim 10^{-2}$ 欧·厘米 $10^0 \sim 10^6$ 欧·厘米	接线柱、填圈、台式电子计算机的接点、电波屏蔽、防静电薄片
导电性塑料			
(1)泡沫体	聚氨酯泡沫+碳	$10^3 \sim 10^6$ 欧·厘米	集成电路防静电用、电波吸收体
(2) FRP	FRP+碳	$10^3 \sim 10^6$ 欧·厘米	电器吸尘器外壳
(3)链烯炔类	链烯炔树脂+碳	$10^0 \sim 10^6$ 欧·厘米	集成电路防静电包装材料、表面发热体 集成电路运送用外壳、CV电缆
(4)苯乙烯类	PS、ABS+碳	$10^0 \sim 10^6$ 欧·厘米	运送集成电路的外壳、导电性成形品
(5)其他	尼龙、聚缩醛+碳(碳素纤维) 聚酯薄膜+铝	$10^0 \sim 10^6$ 欧·厘米 10^{-5} 欧·厘米	导电性成形品、电热毯 表面发热体、电子照像

(PS—聚苯乙烯；ABS—丙烯腈、丁二烯、苯乙烯共聚树脂
FRP—玻璃纤维增强塑料 — 译注)

容为区别作了分类。为方便起见，以名称将它们进行了区分。凡在介质中，导电性成份以分子级均匀分散，形成所谓“微观”复合物的场合，则此导电性高分子称为导电性聚合物；若以粒状或纤维状的填料级进行分散，组成一种“宏观”复合物的，则称之为导电性塑料；此外，若以橡胶、胶乳为介质的，则称为导电性弹性体；而含有油漆、清漆、齐聚物、溶剂等的导电性高分子物，通常称为糊剂(涂料)或导电性粘合剂。

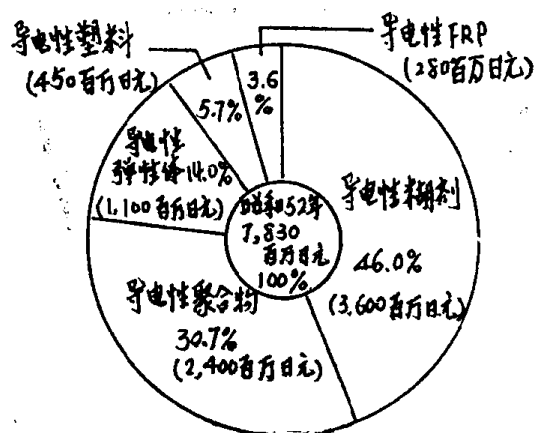


图1 导电性材料折算成金额的百分比

图1是将1977年(昭和52年)各种导电材料折算成金额，所推得的组成百分比，预计，1978年大约可以超过100亿日元。

令人瞩目的导电性填料

1. 碳黑

用碳黑作为导电性填料的历史已经很久了。但是，普通型的因其粒径小，吸附氢、氧少，因而又研制了石墨化的、相当理想的类型。日本电气化学工业公司的乙炔黑，也颇能满足对填料的各项要求。对于碳黑填料值得重视的是：当它与粘合料在混合器或辊筒上进行混炼的过程中，必须注意不能使碳的、敏感的高次结构受到破坏。为克服此缺陷，荷兰一家公司研制了一种ケッチェン黑EC，它的结构与一般链状结构的碳黑有所不同，是一种空心壳体状物，故其表面积比粒径大得多，其导电性能够由于电子的跳跃作用而产生所谓“隧道效应”，而且具有经混炼后电导度很少降低的优点。但是，它也和

乙炔黑一样，对于粘合料几乎无补强作用以及分散性较差的缺点。

当橡胶类粘合料和碳黑一起混炼时，若并入一些硅烷或钛系偶合剂，或者添加阳离子类高分子电解质，则能得到极好的导电性。此外，在链状高分子类粘合料的组成中，由于结晶性高分子容易产生碳的分离、凝集作用，因此导电效果一般较好。由于吸湿性大的粘合料能促进导电体的离子解离，因此也有助于提高导电性，聚酰胺便是一个很好的例子。

2. 镀银玻璃珠

银箔是一种具有高导电率、性能稳定的贵金属，对其充填效果，早已有所评论了。它的缺点是：价格较高；因为比重大，易在涂料等粘合料中析出。为此，比利时的索皮台库公司出售了一种很受重视的镀银玻璃珠及镀银玻璃空心球以克服银箔的缺陷。美国GE公司已制成UV固化型的导电涂料制作的挠性印刷电路布线板，这种涂料已经进入市场。另外，电阻值稍高、需要特殊光源进行照射或用电子束进行固化的产品，在不久的将来也是一定能得以普及的。

3. 镀铝玻璃纤维

将熔融金属(如铝)喷涂于玻璃纤维上的所谓金属化的玻璃纤维生产技术，已由美国几家公司研制成功。不饱和聚酯类粘合料与混合了的导电性SMC(薄片模塑混合物)及BMC(整体模塑混合物)，美国已有公司出售。

兼有导电和增强效果的填料是碳素纤维，而镀铝玻璃纤维的导电性和散热性都很好，且价格低廉。另外，对电磁波屏蔽性好，可防止发生电波公害的增强塑料气溶体也是可指日而待的。美国IBM公司、W.E公司对此有很大的突破，并已进入相当的实用阶段。贝尔研究所已设计出电话中继器用的SMC气溶体。

这种填料的缺点是金属和玻璃纤维之间的附着性不十分好，所以在挤出混炼、混合

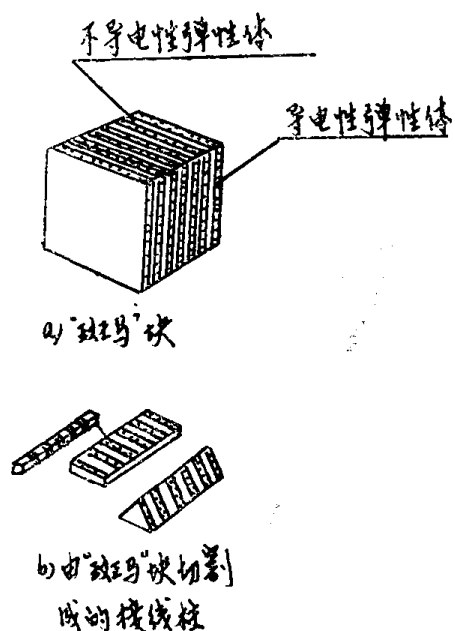


图2 条纹状“斑马”接线柱

物铸塑操作的过程中，材料容易丧失导电性。因此使用普通的热塑性树脂来与之搭配，目前尚未过关。

各向异性导电橡胶和感压性导电橡胶

若在厚度方向能很好导电，而在横向却具有高度绝缘性的各向异性导电橡胶或薄片上施以压力，则在施压部分(仅限于此部分)能得到极低的电阻(6位数)。这种感压性导电橡胶被实际应用的结果是使台式电子计算机、事务机的电键板开关更为合理。

所使用的橡胶以硅类或氟硅类为主，1974年已有几家美国公司在出售。

几年后，日本产品也开始进入市场，主要生产厂有：信越聚合物、冲电线、东丽(以上各向异性)、日本合成橡胶(各向异

表2 透明导电薄膜的应用范围

应用范围	要求特性	具体用途	所利用的主要性能
电子照相记录	$10^4 \sim 10^7$ 欧/□ ≥80%	▷O.H.P ▷原图2 ▷幻灯片薄膜 ▷显微胶卷	▷大面积化 ▷可挠性 ▷高透明度
固体显示	5×10^3 欧/□ ≥85%	▷EL (电场致发光) ▷液晶 ▷电泳显示	▷轻量、薄型化 ▷加工性 ▷耐冲击性
光存储器	10^3 欧/□ ≥80%	▷热·塑料·记录 ▷强介电体储存器 ▷弹性体型	▷大面积化 ▷可挠性 ▷高透明性
终端机	$10^3 \times 5$ 欧/□ ≥80%	▷透明板 (透明接线器)	▷大面积化 ▷可挠性
抗静电 (静电屏蔽)	10^9 欧/□ ≥85%	▷仪表类窗口 ▷电视机阴极射线管 ▷净化室窗口 ▷半导体包装材料 ▷光增幅器	▷耐冲击性 ▷可挠性 ▷加工性 ▷轻量性 ▷大面积化
光电变换元件	5×10^3 欧/□ ≥80%	▷太阳能电池窗口 ▷光增幅器	▷大面积化 ▷加工性 ▷高透明性
反射红外线	10^2 欧/□ ≥80%	▷反射红外线 ▷选择性穿透膜	▷大面积化 ▷耐冲击性
表面发热体	5×10^3 欧/□ ≥80%	▷防冻器 [飞机 汽车 冷藏库	▷大面积化 ▷耐冲击性 ▷高透明性

性和感压性)；横滨橡胶(感压性)等公司。这些产品的物理性能、价格、结构都很富有变化，这样可使用户有较大的选择余地。填料的种类也是五花八门的，可以是银、其他的金属粒子、金属纤维、石墨纤维、碳黑等。填料混入方法可以是均匀分散，也可是纤维偏置充填等多种形式。

此外，如用导电性橡胶和导电性橡胶交互叠合，经多层复合后，沿与各层垂直方向割制成棒或板，可以制得如图2所示的带条纹的“斑马”接线柱。这种产品，美国和日本已有出售，并用它来把数字表的液晶显示板和底板相连接起来。

使用感压橡胶薄片的平板式计算机的输入装置上，即使每单位面积的输入点很多，但也只要变换印刷电路布线底板的图形即可予以满足。在输入点很多的情况下，由于每个接线器橡胶所占比例很小，因此所花的成本是不高的。因而，今后虽然有例如高分子压电薄膜、多层印刷电路板等许多方法可以与之竞争，但它作为独特的产品而能继续得以生存，这点还是可以断言的。

这种产品，目前主要用于民用，但随着产品可靠性的进一步提高，可以预见，它在工业上将会有很大的发展前途。

透明导电性薄膜

有些包装物对不带静电的要求较高，在聚乙烯中掺入大量高分子电介质所制得的包装用透明薄膜就特别适用于集成电路、印刷电路板等的包装。因此，这种薄膜的用途是很为广泛的。美国一家公司的粉红色聚乙烯已被输入日本。

聚酯薄膜表面镀有氧化铟 (InO_2)、碘化铜 (CuI)、金、钼、铝等导电层的透明薄膜也已研制，并正在取代以往的、在玻璃表面形成氧化锡薄层的奈塞玻璃 (一种透明导电膜——译注)。透明导电性薄膜在应用上充分利用了高分子的特性，其用途是很广泛的 (参见表2)，表2所列的部分用途是对今后多种用途的展望。其商品牌号有东丽公司的

ハイビーム和帝人公司的TM薄膜。

表面发热体

导电性薄片附有适当的电极和导线所组成的表面发热体制品，国内外都有生产和出售。大概是由于安全、无公害、热分布均匀等原因，并随着在建筑、房屋绝热和密闭要求的普及，它是很有发展前途的。只是由于卷边方式、蚀刻方式等的不同，在品种上是有诸多竞争的。由于电热商品在日常生活中有一种心理上的阻力，故对它的普及还并不乐观。

最近，兴国化学公司、菱有工业公司又推入市场一种介质树脂与碳之间具有化学结合的导电体 (所谓接枝)。先前，这种复合导电体的电阻值不稳定、耐久性差，现经大幅度改良取得成功，是很使人注意的。它在工业上已有实际应用，例如作抛物面天线的防冻、防融雪等用。

几年前，松下电器公司研制的自控温表面发热体，利用由于温度上升，结晶性高分子的结晶熔解，由于体积迅速膨胀，碳粉相

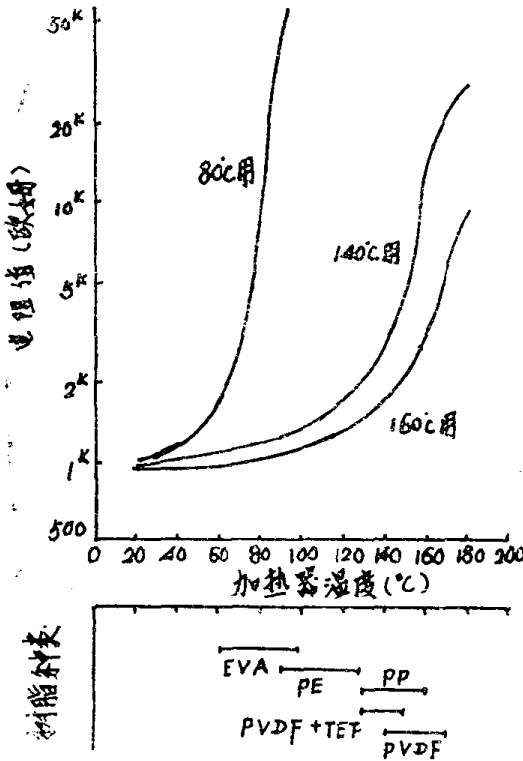


图3 树脂的结晶温度和典型加热器的[PTC]特性
EVA: 乙烯-聚醋酸乙烯; PE: 聚乙烯;
PP: 聚丙烯; PVDF: 聚偏氟乙烯。

导电涂料和胶接剂

山里弘之

导电涂料和胶接剂是由金属粉或碳粉等导电填料与合成树脂或玻璃料(玻璃粉)等粘合剂构成的复合体。因此,它既具有导电填料特有的导电性,又具有粘合剂特有的胶接性,所以其应用范围极广。近来,电子器件用的材料种类繁多,象塑料那样耐热性差的材料和固态碳这些不宜锡焊的材料,用得非常多。导电涂料胶接剂即适用于不允许使用锡焊的情况下并能有效地利用其导电性和胶接性进行胶接。此外,由于电子表、微型电子计算机、接触板、台式电子计算机、电子照像机等应用了集成电路和大规模集成电路,用微弱电流就能发挥其作用,从而使机器进一步小型化,这就使导电涂料和胶接剂的应用范围越发广泛。本文对导电涂料和胶接剂的导电机理、原料组成和应用等进行了概述。

导电材料的分类

导电材料大致分为无机系、有机系以及有机和无机复合系。

1. 无机系

金属中具有代表性的良导体有Ag ($\rho_v =$

1.6×10^{-6} 欧·厘米)、Cu ($\rho_v = 1.7 \times 10^{-6}$ 欧·厘米)、Al ($\rho_v = 2.7 \times 10^{-6}$ 欧·厘米),无机半导体中有众所周知的Ge ($\rho_v = 6 \times 10$ 欧·厘米),非金属中有无定形碳 ($\rho_v = 1$ 欧·厘米)、石墨 ($\rho_v = 10^{-2} \sim 10^{-3}$ 欧·厘米)。

2. 有机系

有机系中能用于电路中的完全导体是没有的,因此只能一般介绍 $\rho_v = 10^{-2} \sim 10^{10}$ 欧·厘米的有机半导体。有机半导体从其导电机理来看,有 π 电子共轭系(Polyacrylonitrile-P. A. N在600°C下经真空处理后, $\rho_v = 10^2$ 欧·厘米)、不成对电子系(diphenyl picrylhydrazyl-D. P. P. H. $\rho_v = 10^{10}$ 欧·厘米)和分子间化合物系(tetracyanoquinodimethane-T. C. N. Q. $\rho_v = 10^{-2}$ 欧·厘米)等。目前所制备的导电性最好的有机半导体是分子间化合物系的tetrathiatlualene-T. T. F.和T. C. N. Q.的络合物,其导电性可高达 $\rho_v = 10^{-4}$ 欧·厘米左右。利用其光导电性,这些有机半导体可以应用在复印机内,今后将在这一领域获得实际的应用。

互的接触电阻增大的原理,可使用于双金属片、电子线路这类特殊的温度控制装置。这种利用复合材料本身机能来测量电流控制的方法是使人感到兴趣的。

图3是典型的加热器的特性与各种结晶性高分子的结晶熔点的对比。

☆

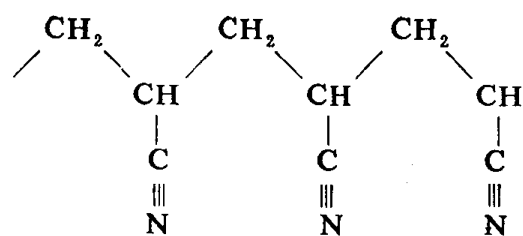
☆

这种技术,是一种典型的边缘性学科。

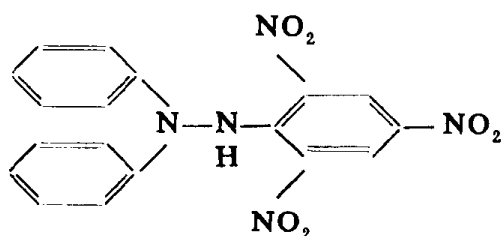
因此要不断相互进行交流和注意市场需要。另外,还要组织好材料制造厂与部件制造厂之间的协作。只有这样,才能减少反复。关于基本电气物理性的测定、评定技术,双方都要很好的加以研究,而推进合适产品的研制则是最为重要的课题。参考文献10种(略)。

〔王鸿志译自《工业材料》, 1979, 27,

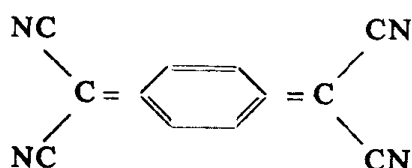
№3, 18—21, 刘文琳校〕



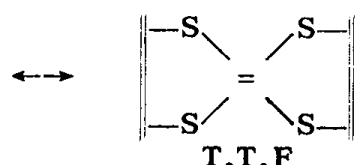
P.A.N



T.T.F



T.C.N.Q



T.T.F

3. 复合系

复合系材料是由金属粉、碳粉、石墨等导电填料与合成树脂、玻璃料等粘合剂组成，可分为导电性成形品、导电涂料和胶接剂。

1) 导电性成形品

导电性成形品有导电性弹性体和导电性塑料等，前者是在硅橡胶和氯乙烯树脂中掺入金属粉末或碳粉制成，后者是在ABS和环氧树脂中掺入碳粉或碳纤维制成。采用金属粉的制品，其导电性 $\rho_v = 10^{-2} \sim 10^{-3}$ 欧·厘米；采用碳的制品，其导电性 $\rho_v = 10^0 \sim 10^{-3}$ 欧·厘米。利用弹性体的导电性和弹性，可在通讯机、计测仪器、采用屏极冷却式发射管的设备中作为电波屏蔽用，而在台式电子计算机、液晶显示器中则可作为电极使用。导电性塑料正用作集成电路运输箱和作为电波吸收体等。

2) 导电涂料和胶接剂

导电涂料和胶接剂按其使用的粘合剂特性的不同可分为涂料型和胶接剂型，按其固化条件又可分为高温烧结型和低温固化干燥型。导电涂料和胶接剂由银粉、铜粉、碳粉等导电填料和合成树脂、玻璃料等粘合剂以及溶剂、添加剂等组成。其导电性视导电填料的不同而异，在 $10^0 \sim 10^{-3}$ 欧·厘米范围内。对于导电涂料和胶接剂下面将详细叙述。图1示出了各种材料的体积电阻。

导电涂料和胶接剂的组成原料

导电涂料和胶接剂由导电填料、粘合剂、溶剂和填加剂组成，按使用的目的不同有许多种类。

1. 导电填料

导电填料包括银粉、铜粉、碳粉、石墨、碳纤维、镀银微粒等。

1) 由于银粉的化学稳定性好、导电性好，多使用在对可靠性要求高的电气方面。银粉有各种制造方法。

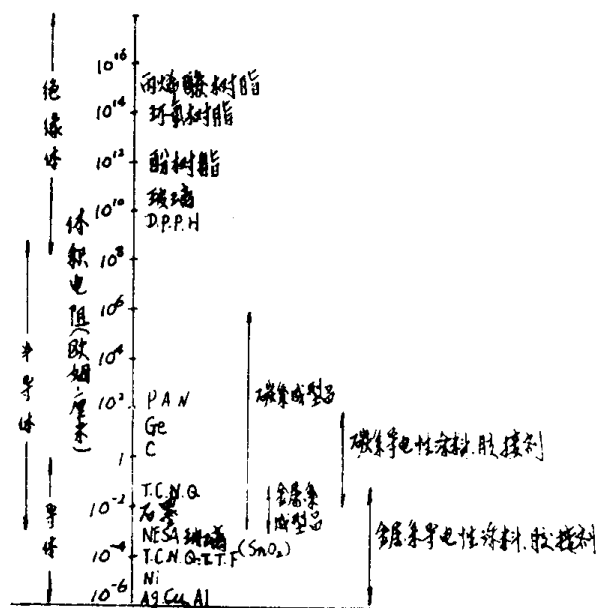


图1 各种材料的体积电阻

物理方法：将银在真空中加热飞溅（真空蒸发、溅射、离子喷镀）之后，进一步用锤磨机粉碎，以获得扁平状银粉。另外，可以向熔融银喷水，使银飞溅，从而获得球状银粉（喷散法）。

电化学方法：这是一种利用不同离子化

倾向的方法,在硝酸银溶液中加入硝酸,然后放入铜片,在铜片上即析出银。另一种方法是用硝酸银作成电解液,用银作阴极,电解时,在阴极上就有银粒子析出。

化学方法:从硝酸银制银盐,然后用各还原剂获得银粉。若使用联氨作还原剂,同时使用胺和表面活性剂,即可获得单位表面积大、分散性良好的银粉。若使用甲醛溶液,则银粉得率会更高。在氢气中进行加压还原,可制得0.2~5微米的银微粒。此外,还可使用铜粉、葡萄糖等作还原剂。还有一种方法是将银盐热解而获得海绵状银粉。在上述方法制备的银粉中加入脂肪酸等润滑剂,放入罐磨机中粉碎,则可制得片状银粉。

2) Cu、Al、Ni粉易氧化,导电性不稳定。虽然可用聚乙烯醇对它们进行防氧化处理,但会降低其导电性。

3) 碳粉、石墨、碳纤维等的导电性、耐热性虽差,但因价格低,故可用于对性能要求不太高的地方。

4) 碳粉、Cu粉、Ni粉、玻璃等微粒中加入镀银导电填料。这些粉末与银粉相比,虽然具有价格便宜的优点,但导电性不好,与粘合剂混合时可以进行电镀,但其特性恐怕变坏。

5) 在用化学方法制备金属粉的工艺中,将丙烯酸树脂和环氧树脂混合后粉碎,制备出金属和树脂的混合粉末。这种粉末作为导电涂料和胶接剂使用时,由于树脂成份多,其胶接强度大。

6) 金粉,可用氯化金为原料经化学处理制得,也可通过粉碎金箔的方法制得。由于其化学稳定性和导电性好,可以用于厚膜集成电路。

2. 粘合剂

粘合剂既有使导电填料粘附于基材,又有使导电颗粒结成链状,使之具有导电性,并使导电涂膜具有物理、化学稳定性的功能。粘合剂可按使用目的进行选择。即按不同涂

敷基材选择能很好粘结的粘合剂,或按干燥条件不同来选择常温干燥的或热固性的合成树脂和高温烧结用的玻璃料。其次是根据锡焊性、耐磨损性以及其它要求,来选择粘合剂,可以使用环氧、酚醛、丙烯、聚酯、醇酸、聚氨酯、硅、橡胶、玻璃料以及其它合成树脂作为粘合剂。

3. 溶剂和添加剂

按照粘合剂种类来选择溶剂极为重要。无溶解性时,树脂就发生凝集,因而不能形成导电填料的链状连结,并导致导电性不稳定,使涂膜丧失物理化学稳定性。溶剂要按涂敷条件来加以选择。对于常温固化型,则可选择挥发快的溶剂,在网板印刷中使用,为了防止涂膜干燥引起网板孔堵塞,则可选择挥发速度较低的溶剂。添加剂的种类很多,有改善导电填料分散性的分散剂和提高网板印刷适应性的均匀剂,提高耐磨性的润滑剂和提高粘接强度的增强剂等。这些添加剂是为了弥补粘合剂的特定性能,如果添加量大,会影响导电性能,因此添加量不能太多。

导电涂料和胶接剂的导电机理

导电涂料和胶接剂的导电机理是由导电填料的接触情况决定的。粘合剂固化使填料和填料互相接触。接触状态如图2、图3所示。图2是固化前导电填料在粘合剂和溶剂中分别独立存在、不相互连续接触的绝缘状态。图3是固化后的情况,由于溶剂挥发和粘合剂固化,导电填料相互结成链状,从而呈现出导电性。此时,如果粘合剂比导电填料多,尽管已经固化,导电填料也不能获得链状结构,完全不能显出导电性,即使有导电性,也是不稳定的。相反,若导电填料比粘合剂多得多,粘合剂产生的涂膜的理化稳定性则会失掉,不能使导电填料牢固连接,也会造成导电性不稳定。导电填料为粉末状态时,完全不能获得导电性。因此,导电填料和粘合剂以适当的比例予以混合是很重要的。图4所示是银粉含量和体积固有电阻的

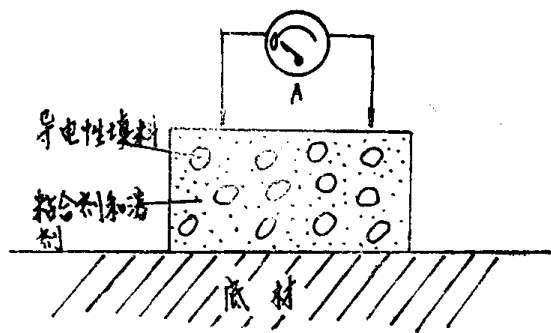


图2 固化、干燥前导电性涂料、胶接剂的状态

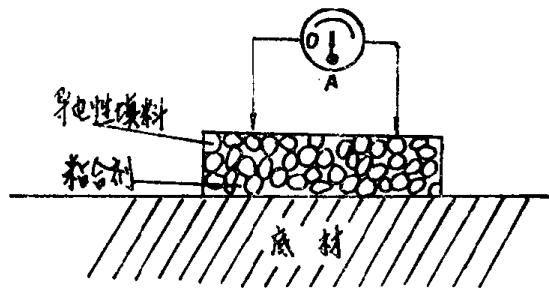


图3 硬固化后的导电性涂料、胶接剂的状态

关系曲线。银含量最好为70~90重量%（体积比为20~50%）。银含量在70重量%以下时，电阻值发生显著变化，且不稳定，超过90重量%时，电阻值会重新增大。

导电填料的连接状态因填料的形状不同而异。因此，导电性也有各种不同的值。银粉形状有球状、薄片状、树脂状、针状和扁平状等等。在这些形状中，薄片状因为是面接触，故比球状的点接触的导电性要好。其次，导电填料的大小对导电性也有很大的影响。使用银粉时，颗粒在10微米以下且分布适当，若填充密度高，其导电性亦好。颗粒在100 Å 左右时，接触电阻反而增大，导电性变坏。

关于上述的导电机理是从理论上所作的分析。设在电极距离 D 内，有 m 根纤维相接触所形成通路的或然率为 P_m ，可能达到的导电通路数为 K_m ，通路电阻为 R_m ，导电纤维重心之间平均距离为 $\bar{X}$ ，则导电率 σ 可由下式求出：

$$\sigma = \frac{D}{\bar{X}^2} \sum_m \frac{P_m \cdot K_m}{R_m}.$$

用上式求得的电导率和实验数据非常一致。

除导电填料接触理论外，还有一种因空气和电介质之间发生热电子辐射和隧道效应产生电导的理论。

导电涂料和胶接剂的种类和特性

导电涂料和胶接剂所要求的特性主要是导电性和胶接性，这种特性不会因热和湿度影响而变坏，这一点很重要。此外，按使用目的不同还要求各种各样的特性。一种材料要满足全部特性是困难的。因此，要按各种特性来配合导电填料、粘合剂以及溶剂和添加剂。

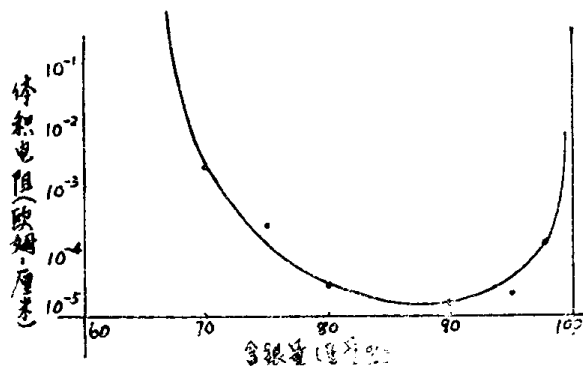


图4 含银量与体积电阻的关系

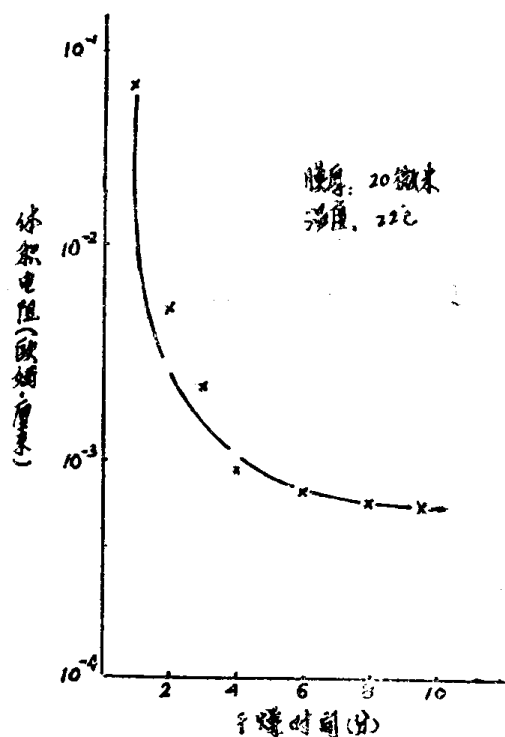


图5 单组份常温固化型导电涂料的干燥时间和体积电阻的关系

(1) 常温固化型导电涂料和胶接剂

1) 单组份型是由丙烯系树脂、乙烯树脂和导电填料组成，溶剂挥发后涂膜固化。随着溶剂的挥发，导电填料形成紧密的链状连结，呈现出良好的导电性。图5所示是单组份型常温固化导电涂料的干燥时间和体积电阻的关系曲线。

2) 双组份型系由环氧树脂组成，通常使用对环氧固化反应性强的胺系作固化剂，因此毒性很大，必须注意操作。固化时间必须超过24小时，胶接强度虽然比丙烯系的强，但是不能获得更大的强度。若使用硫醇系固化剂，在1小时内就可固化，由于含硫，因此在使用银粉作导电填料时会形成黑色的硫化银，并使导电性受到影响。

(2) 热固型导电涂料和胶接剂

1) 单组份型可用酚醛树脂、环氧树脂作为粘合剂，环氧树脂的种类可以使用3-氯-1, 2-环氧乙烷双酚A或其衍生物、线型酚醛清漆型、脂环族环氧等，或其它与一般胶接剂相同的树脂。固化剂则使用双氰胺、三氟化硼胺络合物、咪唑等。采用单组份型时，由于必须考虑储存期，所以不能用反应性太强的固化剂。因此，其性能一般比双组份型的差。图6、7所示是耐潮试验后胶接强度和体积电阻变化情况。图7示出单组份型体积电阻的一些劣化情况。这是由于固化不充分和水分子浸入使导电填料的连结劣化的结果。

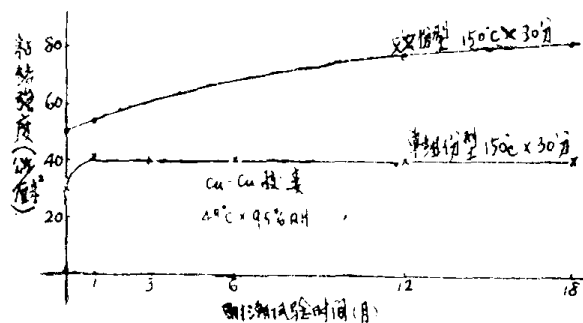


图6 热固型环氧系导电性胶接剂经耐湿试验后粘结强度的变化

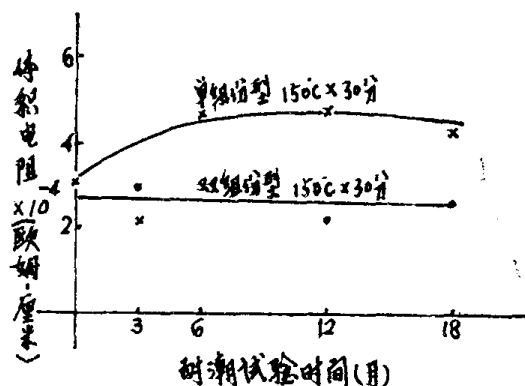


图7 热固型环氧系导电性胶接剂经耐潮试验后体积电阻的变化

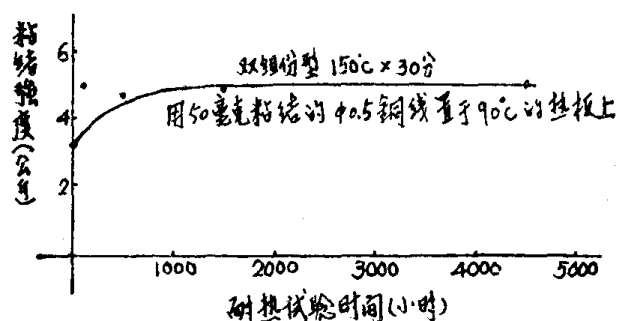


图8 热固型环氧系导电性胶接剂经耐热试验后粘接强度的变化

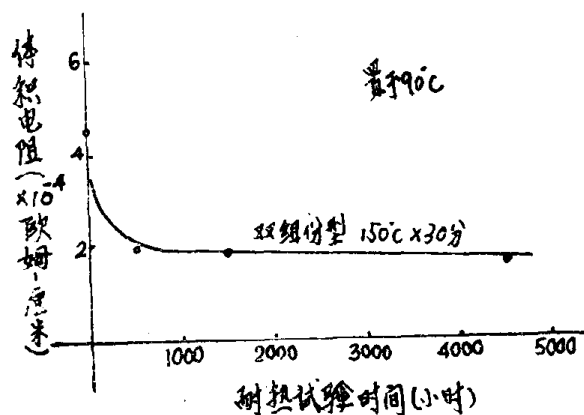


图9 热固型环氧系导电性胶接剂经耐热试验后体积电阻的变化

2) 双组份型有聚胺酯树脂、环氧树脂，但大半都使用环氧树脂。后者的使用方法与单组份型的相同，固化剂则使用胺、聚酰胺、酸酐等。固化剂添加量少时，导电填料只加到环氧树脂中，添加量多时，导电填料则分别加入胶接剂和固化剂内，使之成为涂料。通常，环氧树脂在一定温度下固化，然后再缓缓固化，所以胶接强度和导电性都会发

表 1 银系导电涂料和胶接剂的 一般 特 性

类	型	名 称	粘 合 剂	混 合 比 (主:固)	粘 度 (P.S)	适用期 (小时)	固化条件 (℃×小时)	电 阻 率 (欧-厘米)	胶接强度 (公斤/厘米 ²)	用 途
银系导电涂料	常干型或加热干燥型	D-362	丙烯酸	—	12~15		25×3	10 ⁻⁴		双固定用电极 一般电极 屏蔽
		D-500 SH-1A	丙烯酸 环氧	— 1:1	100 主0.4, 固1	10	25×10 25×24	" "		
	加热固化型	XA-170	酚醛	—	100		150×0.5	10 ⁻⁴		音量控制用电极 回路电极 多孔电极 挠性回路电极
		XA-208 XA-209 XA-256	" " 聚酯	— — —	110~150 100~120 400		" " "	10 ⁻⁵ 10 ⁻⁴ 10 ⁻⁵		
银胶系导电	常干型或加热干燥型	D-723	环氧	1:1	主85, 固80	2	25×24	10 ⁻³	5~10	胶接水晶引线
	加热固化型	XA-119 A-1 D-753	环氧 " "	— 1:2 1:1	700 主450, 固45 主80, 固45	4 10	150×0.5 " "	10 ⁻⁴ 10 ⁻³ 10 ⁻⁴	40 60 30	胶接液晶端子 胶接碳刷 胶接水晶引线
碳系导电	常干型或加热干燥型	XC-12 XC-32 RA-3 SH-3A	丙烯酸 聚链烯炔 合成橡胶 环氧	— 100:4 — 1:1	45 68 0.5 主5, 硬1.5	24 24	25×24 " " "	10 ⁻² 10 ⁻¹ 1 1		屏蔽(ABS板) 屏蔽(P.P板) 电极(橡胶板) 屏蔽(环氧板)

试验方法 粘度: B 型粘度计 JIS K-6838; 电阻率: $\rho = R \times \frac{B \times D}{A}$, ρ : 电阻率 (欧-厘米), R: 阻值 (欧), A: 极长 (厘米),

B = 极宽 (厘米), D: 膜厚 (厘米)

胶接强度: JIS K-6850, 铜与铜粘接。

生变化。图8、9所示是耐热性试验后胶接强度和体积电阻的变化情况。图9中导电性的改善是由于环氧树脂的固化有些改进使导电填料的链状连接变密所致。

表1示出上述常温固化型导电涂料和胶接剂和热固型导电涂料和胶接剂的一般特性。

3. 高温烧结型导电涂料和胶接剂

它由导电填料、一次粘合剂、二次粘合剂、溶剂等组成。使用一次粘合剂是为了使导电填料和二次粘合剂很好的混炼和改善涂敷作业性能。由于一次粘合剂是在300~400℃下燃烧,所以使用了燃烧后不产生碳的丙烯酸树脂和硝酸纤维素。二次粘合剂是将导电填料粘附在基材上用的,所以在300℃以上可以使用熔融的玻璃料。

导电涂料和胶接剂的使用方法

1. 基材

导电涂料和胶接剂按所用粘合剂的不同种类可涂敷于多种基材上。使用热固性树脂的导电涂料和胶接剂,可以用在金属、玻璃、陶瓷、成形的碳制品、水晶、环氧树脂层压板、酚醛树脂层压板以及其它热固性树脂层压板上。而使用常温固化树脂的导电涂料和胶接剂,除使用上述基材外,还可以用在ABS、苯乙烯纸等耐热较差的基材上。

2. 涂敷方法

根据导电涂料和胶接剂使用的粘合剂和溶剂的种类不同,可以用多种方法进行涂敷,如涂刷法、浸渍法、喷涂法、网板印刷法、显微配料法等。特别是使用金、银等作为导电填料的导电涂料和胶接剂价格昂贵,所以必须采用损耗少的涂敷方法,而在电子器件上很细的部分涂敷时,必须涂量少而又很精确。适于此目的的方法有网板印刷法和显微配料法。

3. 固化干燥法

导电涂料和胶接剂的固化干燥条件视其使用的粘合剂和溶剂的不同而异,其导电性和胶接强度以及其它各种特性也因固化干燥

温度和时间不同而异。图10所示是热固型导电胶接剂固化条件和体积电阻的关系。图11所示是热固型导电胶接剂的固化条件和胶接强度的关系。从图10、11可见,涂膜的固化与胶接强度的提高成比例,而体积电阻的降低是由于树脂固化使导电填料的链状连接更加紧密所致。常用的干燥器有电炉、红外灯、远红外线等,但最好使用能均匀加热的热风循环式干燥机。

导电涂料和胶接剂使用时的注意事项

1)导电涂料和胶接剂在使用前要很好地搅拌,使导电填料、粘合剂和溶剂等能均匀地分散开。特别是银系导电涂料和胶接剂,当银和树脂的重量比例为10.5:1进行混合时,银粒容易沉降,如果不搅拌就使用,如只用树脂进行涂敷,从而不会导电,这一点必须注意。

2)必须选用适当的树脂溶剂。若使用溶解性差的溶剂,就会对导电性、胶接强度、涂膜性能产生很坏的影响。

3)酚醛系导电涂料和环氧系导电胶接剂在常温下就能固化,所以必须冷藏储存。

4)双组份型环氧系导电胶接剂按指定混合比进行混合,混合后要迅速使用。图12所示是混合比和胶接强度的关系。图13所示是混合比和储存寿命的关系,混合比和储存寿命关系因环氧树脂和固化剂的种类不同而异。

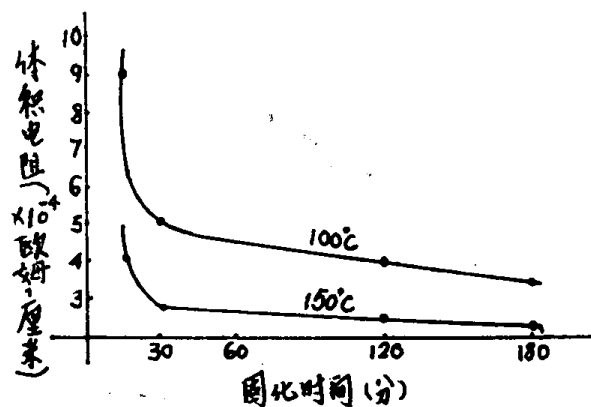


图10 热固型环氧系导电性胶接剂的固化时间和体积电阻的关系

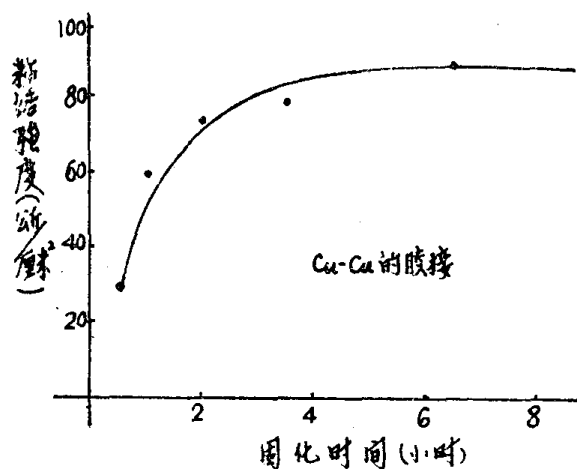


图11 热固型环氧系导电性胶接剂的固化时间和粘结强度的关系

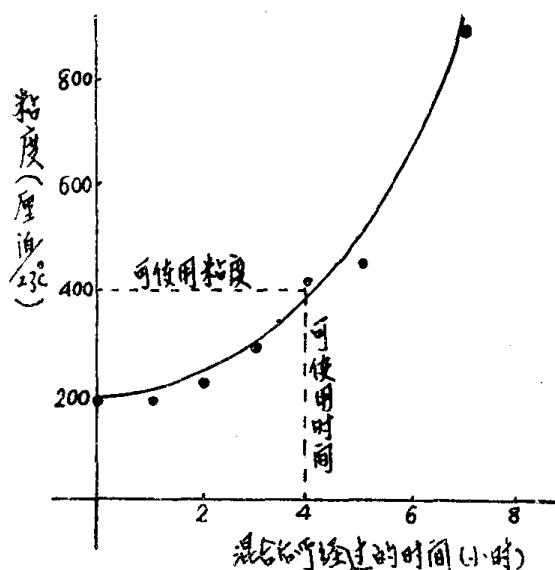


图13 热固型环氧系导电性胶接剂两组混合后的贮存期

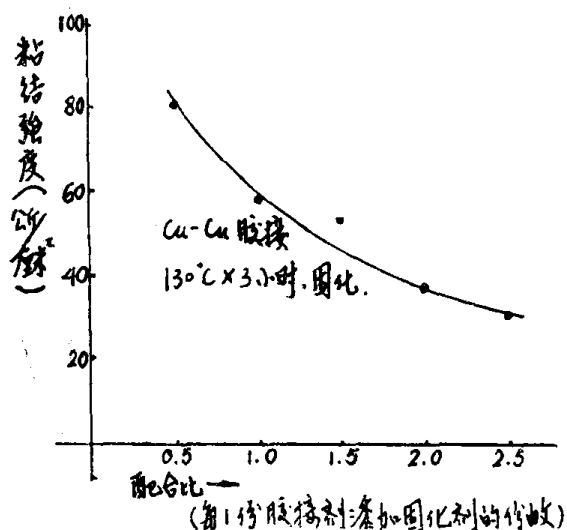


图12 热固型环氧系导电性胶接剂的配合比与粘结强度的关系

5) 必须按不同的基材来选择恰当的导电涂料和胶接剂。把热固型导电涂料和胶接剂涂在热塑性树脂上并进行加热时, 由于导电涂料和胶接剂中含有溶剂, 所以必须注意不要涂在易受溶剂侵蚀的基材上。

6) 在指定条件下进行固化干燥。如果固化干燥不充分, 导电涂料和胶接剂就不能充分发挥其应有的特性。

导电涂料和胶接剂的应用

1. 在水晶振子上的应用

从水晶振子水晶面的真空涂银膜上接出

引线时, 由于其接触面不能承受锡焊的高温, 而要使用热固型导电胶接剂。

2. 成形碳制品和金属的胶接用

在微型电动机中, 为了连接碳刷和磷青铜, 由于不能直接用锡焊, 所以要使用热固型导电胶接剂。

3. 集成电路、发光二极管和大规模集成电路接点的胶接用。

为了把集成电路接头、发光二极管的接头、大规模集成电路接头连接在陶瓷底板上, 可使用热固型导电胶接剂。

4. 在抛物面天线上的应用

为了使压铸铝件制的抛物面天线的表面平整光滑, 可使用常温固化型环氧系导电胶接剂。

5. 在抽头扼流圈上的应用

在连接抽头扼流圈中使用的陶瓷和金属件时, 由于陶瓷不能进行锡焊, 所以可使用热固型导电胶接剂。

6. 在光导电元件上的应用

将光导电元件 CdS 和引线相连接时可使用常温固化型导电涂料。

7. 用来固定螺丝

在双金属和微电机调节器上用来调整接

点间隔的调整螺丝须允许电流流过,在该处若用一般涂料固定,有时涂料就沿着螺纹流入,并引起绝缘。为防止这种故障,可使用常温固化型导电涂料。

8.在液晶方面的应用

为了在液晶使用的奈塞玻璃上接出引线,可使用热固型导电胶接剂。

9.在金属膜电阻上的应用

可使用热固型导电胶接剂将金属膜电阻和金属引线相连接。

10.用来固定电极端子

转换开关、电位器等的引出端,为了加固铆接和接触稳定,可使用在常温下干燥的,对金属和酚醛树脂能紧密胶接的银系导电涂料。

11.用作电位器的电阻和电极

在电位器的酚醛树脂等基材上涂敷碳系热固型导电涂料作为电阻体,为了从电阻体引出电极,可使用耐滑动磨损性好的热固型导电涂料。

12.电容器用电极

在铝或钽固体电容器的阴极端接引线时,由于导电涂膜要浸在焊料内,所以应使用不受焊料侵蚀的银系热固型导电涂料。

13.在电极电路上的应用

可用于酚醛树脂上印刷电阻电路中作为电阻和电极使用。作电阻用时,可使用碳系热固型导电涂料。作为电路电极用时,可使用适合印刷性、导电性、耐溶性、对酚醛树脂粘附性都良好的银系热固型导电涂料。另

外,在多孔电极上可使用耐热性、耐溶剂性、对铜和酚醛树脂的粘附性都良好的热固型导电涂料。

14.作为屏蔽用

为了不使电视机、收音机、电子计算机和许多其它电气设备产生的电波发射到外部,并且也为了不受外来电波的干扰,可在塑料外壳的内部涂以导电性涂料,使塑料成为导体,从而使电波受到屏蔽。通常使用碳系导电涂料作为屏蔽。对于要求高精度的电气设备则使用银系导电涂料。

此外,在电镀基材用、电子显微镜用电极、教育卡片用电极、电键板用电极等不可使用锡焊的位置、不能加温的位置等和许多电子器件上都可以使用。

※ ※ ※

导电涂料和胶接剂使用的导电填料主要是银,但是银的价格昂贵,特性的唯一的缺点是《银的迁移》。希望能研制具有与银相同特性的而又不存在上述二个问题的导电填料。

现在导电涂料和胶接剂正以复合形式开始实际应用,随着集成电路、大规模集成电路的发展,电气制品就越发能以微小的电流发挥功能,由于有机导电体的研制,可以认为可能出现有机系导电涂料和胶接剂。参考文献37种(略)。

〔刘文琳译自《工业材料》,1979,

№3, 40~47, 王鸿志校〕

高频感应炉的节电措施是什么?

(1) 为了在熔化金属时减少从炉壁散热和辐射造成的热损耗,要加大电炉的容量,以便减少表面积对容积的比值。

(2) 采用大功率进行短时间熔化,缩短在坩埚内的停留时间。以此来降低热损耗和缩短加热时间。

(3) 根据加热的程度控制电力,即在加热初期用大功率加热,当表面和中心部分温

差变小时,减少加热功率。

(4) 尽可能以适当的频率进行工作,使钢坯的感应电流达到内部,增大内部发热效果,减少表面和中心部分的温差,从而缩短了加热时间。

〔刘文琳译自《OHM》,1979, №10, 112〕