

冶金工业部图书馆藏
33005 2
中文资料

厚膜电子材料

Charles A. Harper 著
冶金工业部贵金属研究所
厚膜电子材料小组译

第四机械
工业部 厚薄膜电路情报网

CH 861

TV 32

目 录

第一章 导体材料、工艺过程和管理

绪言.....	(1)
厚膜导电带的用途.....	(2)
导电带连接.....	(2)
焊接引线和器件的连接.....	(2)
厚膜电阻端接.....	(3)
跨接.....	(4)
电容电极.....	(4)
芯片连接.....	(5)
引线连接.....	(8)
低阻值电阻器.....	(8)
厚膜线路的包封.....	(8)
厚膜导电带的生产.....	(8)
厚膜导电带的组成.....	(8)
制造过程.....	(10)
制造者质量管理检验.....	(10)
厚膜导电带性能测量.....	(11)
粘度测量.....	(11)
固体含量.....	(16)
膜厚.....	(17)
导电性.....	(18)



A 840778

浸润性.....	(18)
抗焊料侵蚀.....	(20)
附着力.....	(22)
导电带性能变化与组成和烧成温度间关系的说明.....	(28)
导电性.....	(28)
焊料浸润能力与抗焊料侵蚀能力.....	(30)
导电带—电阻器重叠的外观.....	(32)
在热老化时焊接线附着力的下降.....	(35)
厚膜导体浆料的组成与其性质的关系.....	(39)
钯—银导体浆料.....	(40)
钯—金导体浆料.....	(45)
铂—金导体浆料.....	(48)
硅片、金属线与各种浆料的焊接.....	(49)
厚膜导体浆料的处理.....	(51)
贮藏.....	(54)
印制.....	(54)
干燥.....	(56)
烧成.....	(56)
焊药.....	(56)
试验新浆料.....	(57)
用户说明书.....	(57)
厚膜导体浆料的故障排除.....	(58)
参考文献.....	(60)

第二章 电阻材料、工艺过程和管理

引言.....	(63)
---------	------

历史背景.....	(63)
材料.....	(65)
树脂酸盐.....	(66)
金属陶瓷.....	(66)
材料选择.....	(94)
浆料的贮存和制备.....	(99)
工艺.....	(103)
设计.....	(103)
丝网印刷.....	(116)
印刷膜的干燥.....	(132)
烧成.....	(137)
调整.....	(146)
上釉.....	(150)
可靠性.....	(151)
失效机理.....	(151)
可靠史.....	(152)
参考文献.....	(153)

第三章 介质材料、工艺过程和管理

引言.....	(159)
工序.....	(160)
基片.....	(162)
浆料处理.....	(162)
丝网印刷.....	(163)
干燥和烧成.....	(165)
浆料配方和制备.....	(168)

钛酸钡原料.....	(168)
钛锆酸铅原料.....	(171)
原料特性.....	(171)
煅烧和粉碎.....	(172)
玻璃料制备.....	(172)
浆料制备.....	(173)
烧成机理.....	(174)
陶瓷片状电容器.....	(174)
厚膜结构.....	(174)
致密化、收缩和气孔消除.....	(175)
环境气氛.....	(175)
粉末—玻璃复合物.....	(176)
玻璃陶瓷工艺.....	(176)
钛酸钡单相膜.....	(179)
工艺过程温度和反应产物的估计.....	(179)
显微结构概念.....	(182)
介电粉末和铁电粉末的性质.....	(183)
粒子特性和厚膜.....	(183)
超细粉末和表面效应.....	(183)
粒子表面层效应.....	(184)
表面现象和水蒸气.....	(184)
烧结铁电陶瓷和介电陶瓷的显微结构.....	(186)
显微结构物理特征.....	(186)
显微结构与电性能之间的关系.....	(186)
玻璃陶瓷显微结构.....	(193)
厚膜显微结构.....	(196)

IV

复合物.....	(196)
玻璃陶瓷.....	(198)
玻璃陶瓷微粒.....	(198)
电容器的分类.....	(199)
低介电常数电容器.....	(199)
温度补偿电容器.....	(199)
高介电常数电容器.....	(201)
半导体陶瓷电容器.....	(201)
独石多层电容器.....	(205)
基本的电容器浆料供应情况.....	(205)
介质测试.....	(205)
容量和损耗因素.....	(205)
其它测量.....	(208)
复合电容器组成.....	(209)
氧化钛玻璃配方.....	(209)
钛酸锶钡—钛酸铅钡—玻璃配方.....	(210)
钛酸钡—钛酸钡—单硅酸铅玻璃配方.....	(215)
钛酸钡—硼硅酸钡玻璃.....	(217)
钛酸钡—氧化铋.....	(220)
其它成分.....	(223)
玻璃陶瓷电容器.....	(223)
BaTiO_3 — $\text{BaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_3$ 类型.....	(223)
BaTiO_3 — $\text{PbBi}_4\text{Ti}_5\text{O}_{18}$ 类型.....	(227)
钛酸钡玻璃陶瓷微粒电容器.....	(230)
概念.....	(230)
工艺过程.....	(230)

介质性质.....	(233)
跨接介质.....	(237)
定义和要求.....	(237)
直流和交流效应.....	(238)
环境对电容的影响.....	(238)
等效电路.....	(239)
优点.....	(240)
设计要求.....	(241)
材料和工艺.....	(241)
玻璃跨接.....	(242)
玻璃陶瓷跨接.....	(245)
跨接玻璃陶瓷工艺.....	(252)
多层电路.....	(253)
埋线结构.....	(253)
厚膜多层结构.....	(260)
导体.....	(267)
电容器介质.....	(267)
玻璃跨接介质.....	(269)
玻璃陶瓷跨接.....	(270)
厚膜多层结构用导体.....	(271)
导体与介质面间气孔和介质膜与基片的 热膨胀失配.....	(273)
商品介质浆料.....	(278)
介质混合规则.....	(278)
过程控制差热分析.....	(281)
操作原理.....	(282)

设备和操作程序.....	(283)
过程控制变量.....	(286)
温度记录图象的说明.....	(290)
商品设备.....	(304)
参考文献.....	(305)
厚膜电子材料名词解释.....	(315)

绪 言

导电带在厚膜线路中占有重要地位。它是网印厚膜线路中消耗最多的材料，它的复杂特性取决于浆料的组成和最终导电带产品的烧结。有些电子器件导电带只能使用厚膜，例如把集成线路元件与酚醛塑料板相互连接时就是这样。当另一些元件如电阻、介质与它一起使用时，导电带就必须在相当大的烧成温度范围内加工。因为它必须提供线路和外界之间的最终互接，所以它还应具有优良的导电性、可焊性和连接能力。

此章的目的如下：

1. 列举厚膜导电带广泛的各种用途。
2. 叙述厚膜导电带如何制作。
3. 指导如何检验厚膜导电带。
4. 解释导电带因组成不同而性能变化。
5. 列举商品浆料的典型特性。
6. 叙述厚膜导电带加工的好方法。

应该预先告诉读者，厚膜导电带工艺由于制造厂家的剧烈竞争，正处于迅速的革新阶段，因此在本手册付印时，比本书介绍的浆料在性能上已有改进的浆料，可能已经有了。使用者必须与制造厂保持密切的接触，以保证在其特殊的使用场合下，能获得最适用的材料。

厚膜导电带这一章将局限于能在空气中烧结的材料，因此大部份是贵金属浆料。高熔点金属浆料必须在控制气氛中烧成，这个重要的工艺在这里将不予讨论。

厚膜导电带的用途

厚膜导电带的用途是多种多样的，所以没有哪一种浆料能达到所有的使用目的。这就是为什么要有这么多种性能不同的浆料的原因。它的主要用途叙述如下：

导电带连接

导电带的最明显的用途是把讯号从厚膜线路的一部份传送到另一部份。因此这里最重要的是高的导电性能。导电带浸过焊料后有时能使它的导电性能得到充份的提高。

焊接引线和器件的连接

厚膜线路在最后要和其余的电子器件或仪器相连接。经

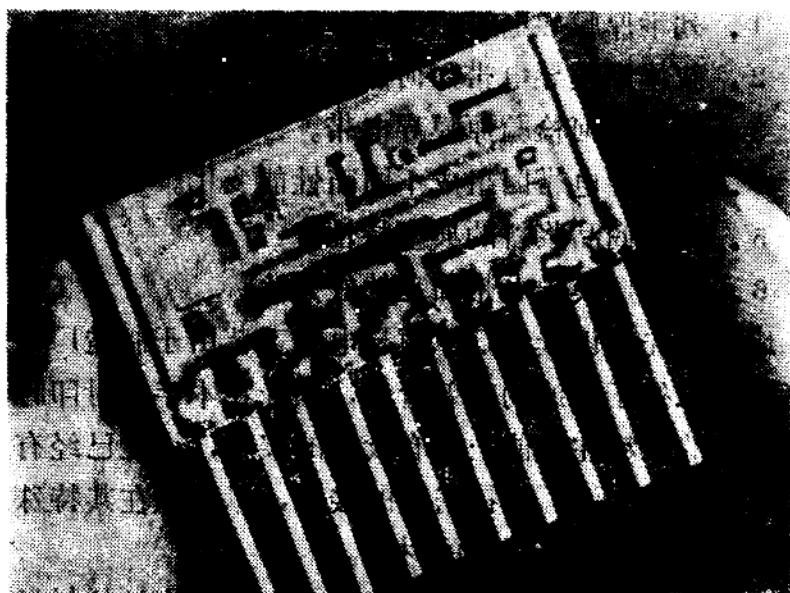


图1 带状引线焊接在导电带区域，并从线路侧面引出。
测远仪振荡器或呼救装置（德力丰根公司Telefunken）

常从线路侧边焊接引线，或者将导电带焊在基片小孔中的引线柱上（见图 1 和图 2）。当元件用厚膜方法制造不是经济有效时，还经常把分立的电阻、电容或固体元件焊接在厚膜导电带上。这里焊料浸润的难易，抗焊料的侵蚀能力，导电带在基片上的附着力是最重要的性能。当在导电带上使用倒装焊时，需要清晰的边缘。

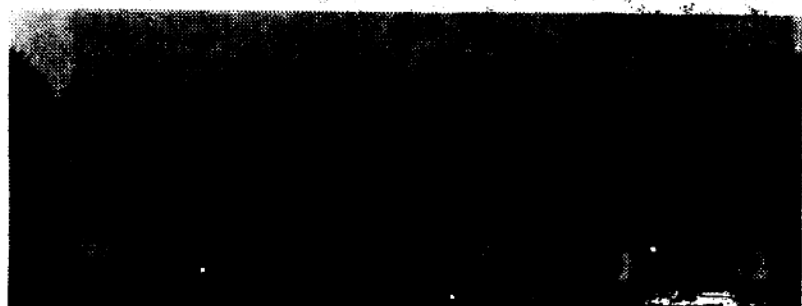


图 2 引线柱通过基片并焊到导电带上 (Semiconductor Electronic Memories Inc)

厚膜电阻端接

厚膜导电带用来进行端接，并决定电阻的长度，因而这里重要的性能是接触电阻要低，而这来自平整，重叠处没有故障的结果。为了保证低的电阻噪声，在导电带和烧成的电阻接触处附着必须很好，并且稳定和无应力。导体元件在电阻中的扩散区要十分小，以使电阻呈几乎线性的关系。显然导电带的导电性必须比电阻高。在有些情况下，在烧成的导电带和电阻间会发生灾难性的相互作用，例如当钯银电阻在银导电带上烧成时就是这样（见于导电带和电阻重叠区域的外表那一部份）。通常导电带在电阻印刷、烧结前预先烧好，但确实连接得好或常常考虑到节约，同时烧结是可能的（图

3 是一个平整的同时烧结的端头)。

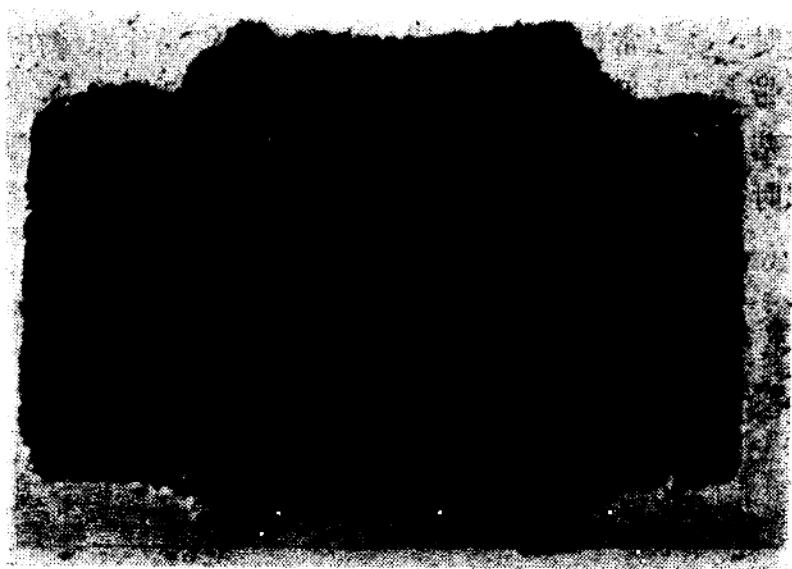


图 3 钎系电阻与钯—银导体浆料同时烧结。

跨接

复杂的新式的线路常常需要导电带跨过另一导电带而相互不泄漏讯号。在这种情况下导电带不向介质扩散是重要的，并且导电带在烧成后必须很好的附着于介质上。在同时烧成时，上层导电带不能与介质分层，这亦是重要的。在某些线路中，上层导电带必须能焊接以保持高的导电性能。图 4 是跨接导电带的外形。

电容电极

各种容量的印刷电容器可先印一层导电电极、烧结，然后印一层介质浆料作第二层，再印上电极作第三层。这里重要的是上电极很好的附着在介质上，并且在烧结中导电带向

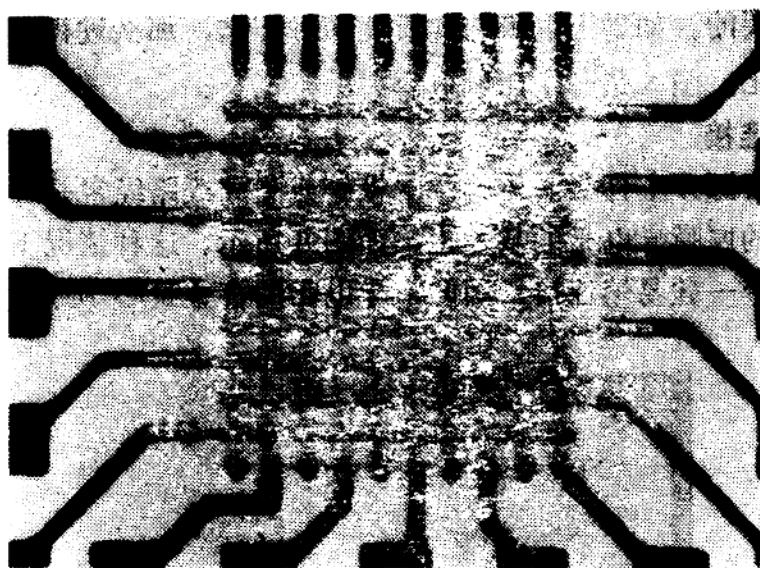


图 4 导电带跨接外形

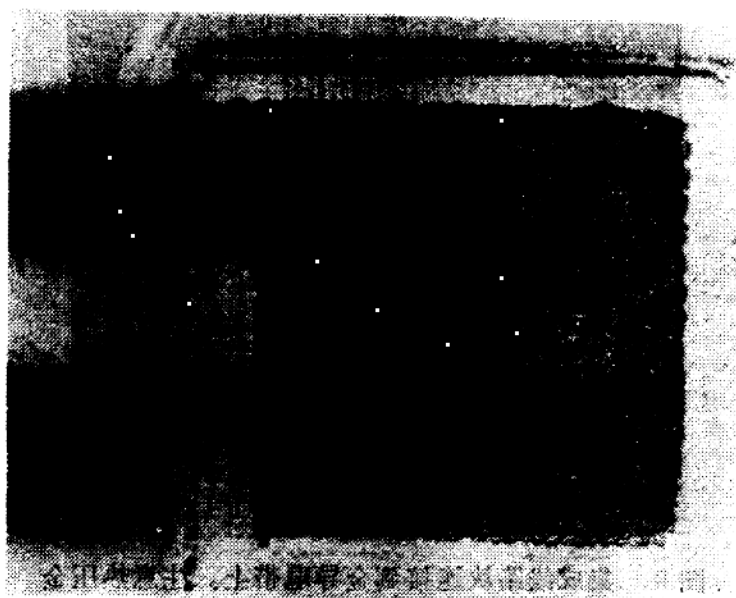


图 5 一个印刷电容

介质扩散要很小。另外，导电带不降低绝缘层的介电常数也是重要的。如果上电极与介质能同时烧结，那么过程就得到了简化。图 5 是一个印刷电容。

芯片连接

有源分主件如晶体管、二极管或集成线路经常是连接于烧成的厚膜导电带的基片上，如图 6 所示。这种情况下一般常用金—硅易熔连接，因此，导电带的含金量必须适当提

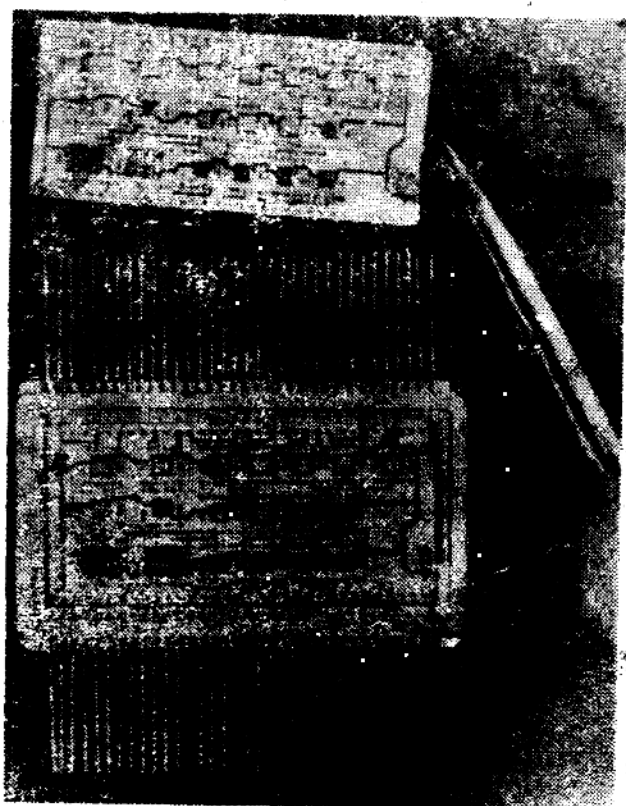


图 6 集成线路块连接到金导电带上。注意热压金导线连接于集成线路表面。计算机记忆组件（通用电气公司，General Electric Co）

高。导电带对元件及基片还必须有良好的附着性。如果芯片的背面也用作传送讯号的话，那它还必须有好的导电性。有源分立元件的表面连接经常使用梁式引线或倒装焊来完成。梁式引线常用金的热压焊，因而可使用多种不同成份的导电浆料。在导电带上附着梁式引线或倒装元件时需要能作金热压焊或有优良的焊接能力。图7是焊接好的厚膜导电带上的倒装附着。

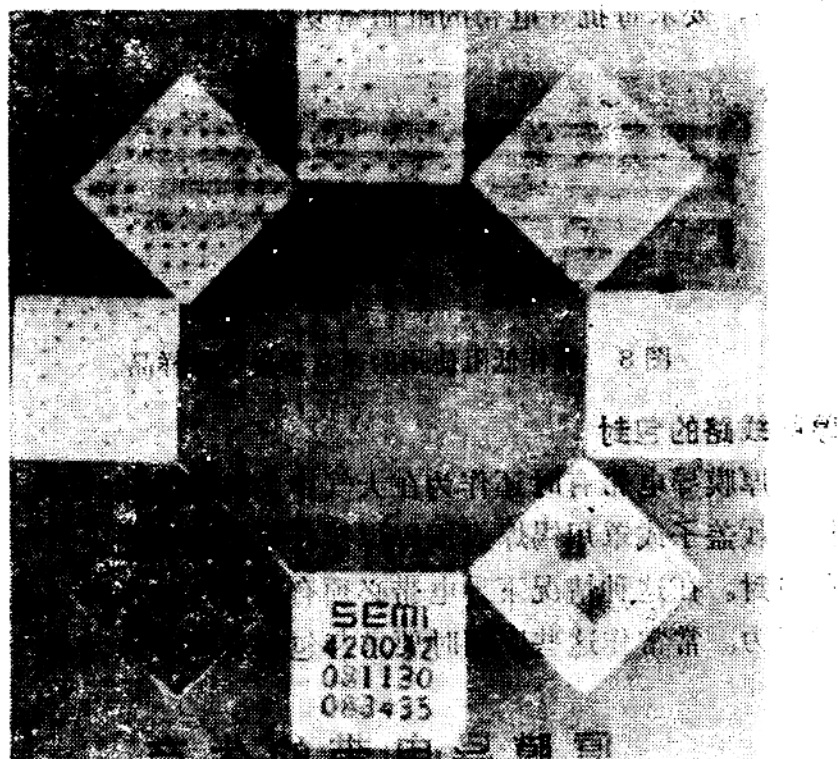


图7 半导体电子记忆器件组成倒装集成电路焊接在细的钯—金导电带的步骤。(Semiconductor Electronic Memories, Inc.)

引线连接

常常使用金热压焊或铝引线的超声波焊接作为有源分立元件芯片的正面互联。无论那种情况下使用那种焊接设备，引线 and 导电带之间都必须要有很好的附着。另外在这类应用中要求有优良的导电性能和细线清晰性。图 6 是金引线热压焊接到金导电带导线和集成线路上。

低阻值电阻器

在使用一个迷宫形的导电带作低电阻时（0—10欧）（见图 8），要求每批导电带的阻值重复性好。

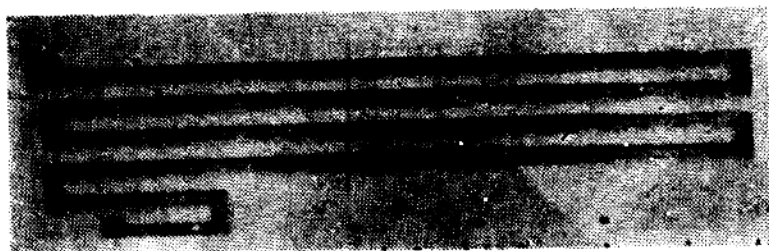


图 8 能作低阻使用的迷宫形导电带样品。

厚膜线路的包封

厚膜导电带有时还作为在大气中的线路包封保护。有时把金属盖子或罩用锡焊或铜焊焊接在厚膜导电带上以形成这种包封。在这种情况下导电带必须有好的焊接性和对基片的附着力。常常作这些应用时要求与包封玻璃相兼容。

厚膜导电带的生产

厚膜导电带的组成

厚膜导体浆料由三种主要成份所组成：

1. 经过仔细控制粒度大小和组成的金属粉，亦可用金属有机化合物全部或部份的代替金属粉，此有机化合物在烧结时分解。

2. 同样也控制粒度大小、形状和组成的细分散的玻璃粉或氧化物。

3. 一直到浆料烧结为止用以悬浮无机成份的有机溶剂。

烧成的导电带组成 在烧结印好并经干燥的导电带时，有机物质全部挥发或氧化，留下金属和玻璃的混合成份。在通常烧结温度下（700—1000℃）金属微粒熔结并合金化，玻璃粘合剂软化并润湿了金属及基片。这个系统的导电性是由所用的合金提供的，并与最终系统中金属和玻璃的相对含量有关。第一个作用为氧化铝基片上的玻璃与金属粒子间的反应，把金属粒子粘结在基片上。另一作用是焊接导电带时玻璃在一定程度上能保护金属，防止为焊料所侵熔。烧结后玻璃在组成中的分布是不均匀的，通常倾向于富集在基片表面。如果不是这样，而是所有的金属粒子都被玻璃浸润，那么导电带在烧成后将不能焊接并且不能导电，因为它没有一个连续的导电通路。由于玻璃的粘度和表面张力与温度有关，所以在确定导电带的许多特性方面，烧结温度起了重要作用，例如可焊性、抗焊料侵蚀性及附着力等。因此，虽然导体浆料的组成是重要的，但烧成导电带的最后品质，还是与材料选用者和线路制造者所使用的工艺方法大有关系的。

有机介质 与一定粒度大小的金属粉和玻璃粉结合在一起有机介质，必须使导体浆料具有一个合适的流变特性，以便选择把它涂在基片上的特殊方法。常常，含有特种金属