

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H05K 1/02

H05K 9/00

G11B 5/40



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03822776.2

[43] 公开日 2005 年 10 月 19 日

[11] 公开号 CN 1685774A

[22] 申请日 2003.8.29 [21] 申请号 03822776.2

[30] 优先权

[32] 2002.9.26 [33] US [31] 10/255,507

[86] 国际申请 PCT/US2003/027362 2003.8.29

[87] 国际公布 WO2004/030427 英 2004.4.8

[85] 进入国家阶段日期 2005.3.24

[71] 申请人 3M 创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

[72] 发明人 R·S·多兹沃思

J·B·沙伊布纳 张 科

C·T·伊 J·M·莫克

Y·P·李

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

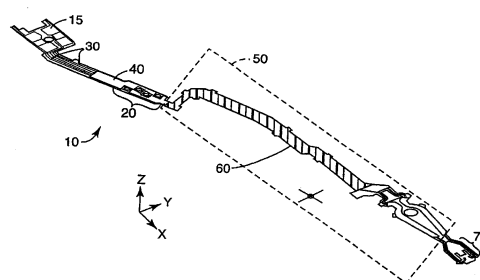
代理人 钱慰民

权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 4 页

[54] 发明名称 具有静电损伤限制特性的柔性电路

[57] 摘要

一种结合静电电荷放电限制特性的柔性电路 (10)，所述电路包括一个选自聚酰亚胺或者液晶聚合物薄膜的介质基片，在介质基片的至少一个表面上至少具有一个镀覆的导电路径 (30)；所述放电限制特性包括一个选择性涂覆在至少所述电路的部分非关键性区域上的薄的导电聚合物涂层 (60)，所述特性将电路的表面电阻率减小至在大约 10^4 欧姆至大约 10^8 欧姆，以及所具有的摩擦电荷小于约 50V。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

1. 一种结合静电电荷放电限制特性的柔性电路，其特征在于，所述电路包括一个选自聚酰亚胺组或者液晶聚合体薄膜的介质基片，在介质基片的至少一个表面上具有至少一个镀覆的导电线路；所述放电限制特性包括一个选择性涂覆在至少所述电路的部分非关键性区域上的薄的导电聚合体涂层，所述特性将电路的表面电阻率减小至在大约 10^4 欧姆至 10^8 欧姆，以及所具有的摩擦电荷小于约 50V。

2. 根据权利要求 1 所述柔性电路，其特征在于，所述导电聚合体涂层包括至少 1.3 重量百分比导电聚合体的大约 10 至 90 重量百分比的水性扩散剂，大约 4.5 重量百分比的非离子自交联丙烯酸粘结树脂的大约 10 至大约 90 重量百分比的水性乳状液，以及大约 50 重量百分比的氢氧化铵的 0.1 至 1 重量百分比的水性溶剂。

3. 根据权利要求 2 所述柔性电路，其特征在于，所述放电限制特性包括聚-3-4-二氧乙烯噻吩 (Poly-3-4-ethylenedioxythiophene) 和聚苯乙烯磺酸盐 (polystyrene sulfonate) 的混合物，其中水性扩散剂含有从大约 2% 至大约 3% 的导电聚合体。

4. 根据权利要求 1 所述柔性电路，其特征在于，所述导电聚合体是对可见光谱基本透明的。

5. 根据权利要求 1 所述柔性电路，其特征在于，进一步包括在所述的电路线路上的选择性沉积的保护涂层，所述导电聚合体涂层是涂覆在其上面。

6. 根据权利要求 1 所述柔性电路，其特征在于，所述电路线路是通过将光刻胶涂覆在所述介质基片的至少一个表面上，采用所述电路图形对光刻胶进行图形化，以及采用选自包含铜、镍和金之类导电金属对所述电路图形进行附加电镀的方法来形成。

7. 根据权利要求 1 所述柔性电路，其特征在于，进一步包括至少一个特性选自包括在所述介质基片中所形成的穿孔、盲孔、窗口和缺口的组。

8. 根据权利要求 1 所述柔性电路，其特征在于，所述摩擦电荷小于 15V。

9. 根据权利要求 1 所述柔性电路，其特征在于，所述摩擦电荷小于 10V。

10. 一种适用于形成结合静电放电限制特性的柔性电路的装置，其特征在于，所述该电路包括一个介质基片，所述介质基片在至少其一个表面上至少具

有一条镀覆的导电路径，以及一个选择性涂覆在至少所述电路的部分非关键性区域上的薄的导电聚合物涂层，所述涂层可以采用自动带处理系统来形成，所述自动带处理系统能够处理宽度从大约 70mm 至大约 300mm 宽的带，并且包括一个在印刷台之前的带放开台，一个烘箱和一个在烘箱之后的带收卷台，所述带放开台具有用于柔性电路滚筒和一个中间层滚筒两者的滚筒。

11. 一种适用于选择性形成薄的导电聚合物涂层的连续一滚筒至滚筒的印刷处理工艺，所述导电聚合物涂层涂覆在多个柔性电路中的至少部分非关键性区域，其特征在于，所述处理工艺包括：

提供一滚筒的中间层材料和一滚筒的柔性电路，所述柔性电路具有多个以行定位在滚筒横向宽度上的电路，以及多个沿着滚筒的纵向定位的行，从滚筒上放开中间层材料至带上，以带方向和所设定的速度来移动带和中间层材料通过柔性电路的滚筒，以带方向和相同速度将柔性电路从滚筒中馈出，同时籍助于多个惰轮来保持带的弹性，将带移进印刷台，籍助于转移印刷技术以横跨一行柔性电路的方式将导电聚合物成分涂覆在所述柔性电路中的至少部分非关键性区域，以带方向将带移动一个规定的间距，在柔性电路的相邻行上重复印刷步骤，印刷步骤重复规定间距，从而印刷各行，以及将带移进干燥烘箱。

12. 根据权利要求 11 所述处理，其特征在于，进一步包括在印刷步骤之前的等离子体处理步骤。

13. 根据权利要求 12 所述处理，其特征在于，使用一种混合气体等离子体，混合气体包括氩气、氮气和氧气。

14. 根据权利要求 11 所述处理，其特征在于，进一步包括在印刷步骤之前的电晕处理。

15. 根据权利要求 11 所述处理，其特征在于，对所述各个电路进行多次涂覆步骤。

16. 根据权利要求 11 所述处理，其特征在于，多余的导电聚合物成分涂覆在电路带上，以致多余部分流动通过在带中的开孔以及在中间层材料和电路带之间的毛细孔也以薄层导电聚合物涂覆所述介质基片的背面。

具有静电损伤限制特性的柔性电路

发明背景

微柔性电路广泛地应用于诸如集成电路（IC）、插件板、喷墨盒、硬盘驱动器（HDD）、医用仪器以及其它先进的基于柔性电路的电连接。这类连接在制造和装配包括绝缘材料（塑料，聚合体）的产品和人工操作的过程中需要静电放电（ESD）保护。ESD 所关心的问题是在硬盘制造环境 and 应用中更为凸显，特别是对于在滑动触点中使用较大磁致读取（GMR）传感器的磁头万向组件。目前商品化的硬盘驱动器（HDD）生产平台是在 40 至 60 兆比特/英寸²[(GB)/in²]，需要静电放电保护来保护这些敏感的读取磁头。ESD 的要求可以根据在所有输入部件和接近处理/装配工作台所控制的表面电阻率和摩擦电荷（tribocharge）电压来指定。许多 HDD 生产商技术规格表明表面电阻率的指标应该较佳地控制在从大约 10⁴ 欧姆至大约 10⁸ 欧姆的范围内，并且有摩擦电荷所产生的最大表面电压必须小于 10 伏（V）。

根据最新 HGA 技术的发展路线图，未来 HDD 的规划是在 80 至 100GB/盘或者更高，并且对包括适用于悬浮弯曲（FOS）的柔性电路的输入部件还将具有更加严格的 ESD 要求（摩擦电荷小于 5V）。微驱动器程序、复杂的滑动触点结构和其它基于悬浮的电气连接和附着也都需要良好控制的 ESD。由 ESD 所引发的损坏占了在 HDD 产业中的大部分 HGA 产量的损耗，这明显地影响着整个产业的利益。因此，对于 HDD 产业来说，控制 ESD 的能力是十分重要的。

在美国专利（序列号 No. 09/823,220）中，该申请将薄的、狭窄条状的导电成分涂覆在至少两个柔性电路的导电元件之间，以减小静电电荷的积累以及平衡在所有导电引线之间的电势。这一申请也披露了在保护覆盖层之下所设置的导电聚合体层可以使得最终的 FOS 电路能够通过 HDD 行业的严格离子污染测试。

然而，现在已经发现具有在非关键性区域的柔性电路部分上涂覆薄的导电聚合体涂层的柔性电路可充分地减小测得的表面电压。

发明内容

本发明是一种柔性电路，该电路结合静电电荷（ESD）限制特性并且设计用于计算机所应用的硬盘驱动器的制造。

根据本发明的一个实施例，为了减小可测量表面电压，可以将薄的导电聚合物涂层涂覆在非关键性区域中的部分柔性电路，通过在其所涂覆表面上由摩擦电荷引起的电荷能够流动，使得当导电接地的探头接触时受影响的区域可以较快地放电。导电层因为它固有的电阻率，限制了放电的速率。如果涂层是与导电聚合物带相接触的，则所产生的电荷也会通过与所涂覆的非关键性表面接触的探头放电。最终的电路具有所附加的 ESD 保护，因为通过电荷一旦建立就立即开始放电使得导电表面能够对在其表面上所形成的任何电荷进行放电，因此，通过使能够和控制电压电平的衰减来降低表面的峰值电压。由于当能量是通过敏感的 GMR 传感器耦合时损坏 GMR 磁头的现有能量是与电压电平成正比的，所以总的能量就要减小。

薄的导电薄膜将会明显减小绝缘材料的表面电阻率，可以从大约 10^{11} 欧姆至 10^{14} 欧姆的范围减小至大约 10^4 欧姆至 10^8 欧姆的范围。

正如这里所使用的，这些术语可以具有下列含意：

（1）术语“非关键性区域”是指在电路的驱动器柔性键合区域和万向节区域之间的电路的区域。这是通常在装配过程中用于手持的部分。

（2）术语“层间材料”和“中间层”是指一层材料，例如，设置在电路下面的松弛衬垫材料，可用于通过并合将柔性电路带转移到印刷机构。

附图的简要说明

图 1 是在硬盘驱动器中所使用的柔性电路的剖面图，它具有根据本发明设置在电路非关键性区域中的导电聚合物薄膜层的特征。

图 2 是实现本发明方法的示意图。

图 3 显示了一例已经涂覆在柔性电路带之间的印刷图形的实例。

图 4 显示了在电路表面电阻率与在导电聚合物成分中 NMP 百分比之间的关系。

图 5 显示了在电路表面电阻率与涂覆导电聚合物成分之前使用等离子体处理步骤之间的关系。

具体实施方式

本发明是一种柔性电路 10，它结合了静电放电（ESD）限制特性，正如图 1 所示，并且设计用于硬盘驱动器的制造中。典型的是，HGA 是采用手工装配的。在这种操作过程中，当采用非接地的探头，工具或夹具来接触绝缘、保护的涂层，或者接触诸如橡胶垫之类的其它介质材料时，就会在柔性电路的表面上产生静电电荷。根据本发明的一个实施例，薄的导电聚合物涂层 60 涂覆在非关键性区域 50 中的部分柔性电路 10 上。非关键性区域是在电路 70 的驱动器柔性键合区域 20 和万向节区域之间的电路区域。这是通常在装配过程中用于手持的部分。导电聚合物涂层可以涂覆在选择性沉积保护涂层 40 的上面。由导电聚合物涂层所形成的导电薄膜层可以明显减小材料的表面电阻率，可以从大约 10^{11} 欧姆至 10^{14} 欧姆的范围减小至大约 10^4 欧姆至 10^8 欧姆的范围。在本实施例中，为了保护电路表面免受 ESD，导电聚合物的涂层不一定要接触导电的引线。

导电聚合物成分可以采用一滚筒至滚筒的印刷工艺连续涂覆，以形成薄的导电聚合物薄膜元件，其最终的固化厚度在大约 0.2 微米至大约 25 微米的范围内，较佳的是在大约 0.5 微米至大约 5 微米的范围内，它可以涂覆在各种绝缘材料上，例如，聚合物薄膜、塑料表面、陶瓷、玻璃、纤维，以及特别是涂覆在柔性电路上。柔性电路可以是聚酰亚胺也可以是液晶聚合体的介质基片，在介质基片的至少一个表面上至少具有一个导电路径。该导电路径可以通过将光刻胶涂覆在介质基片的至少一个表面上，采用所需要的电路图形对光刻胶进行图形化，以及采用诸如铜、镍、金之类金属对所述电路图形进行附加电镀的方法来形成的。另外，也可以采用减法形成电路的方法来创建柔性电路。可以采用诸如化学蚀刻、激光消融、机械打孔以及其它等等方法在介质薄膜中形成穿孔、盲孔、窗口、介质基片的压紧或者更薄的区域以及其它等等之类的特性。在形成电路之后，保护性聚合物成分可以选择性的涂覆也可以整体性的涂覆在电路上。导电聚合物成分可以随后涂覆在该保护性涂层表面上。

本发明特别涉及一种适用于 HGA 部件的柔性电路, 该 HGA 部件的表面电阻率在大约 10^4 欧姆至 10^8 欧姆的范围内, 以及根据导电聚合体薄膜涂层的表面电阻率, 摩擦电荷小于 50V, 更佳的是小于 15V。

实例

较佳的导电聚合体成分包括导电聚合体、非离子型粘结材料、润湿剂和薄膜生成元素的混合物。

一种较佳的导电聚合体是一种具有由拜耳公司 (Bayer Corporation of Pittsburgh, PA) 出品、商标为 Baytron™P-LS 的混合聚苯乙烯磺酸盐 (polystyrene sulfonate) 的聚 -3-4- 二氧乙炔噻吩 (Poly-3-4-ethylenedioxythiophene) 的水性扩散剂, 它具有低残余离子容量。所提供的导电聚合体悬浮液具有大约为 1% 至 4% 的固体按重量计。

一种较佳的非离子粘结材料是 Rhoplex HA-16, 这是一种由 Rohm 和 Haas 公司 (Rohm and Haas Company of Philadelphia, PA) 出品的自交联丙烯酸粘结剂。

一种较佳的润湿剂是由 Dupont 化学公司 (Dupont Chemical Company, Wilmington, DE) 出品的 Zonyl®FSN。其化学结构为 “ $R_fCH_2CH_2O(CH_2CH_2O)_xH$ ”, 式中 $R_f = F(CF_2CF_2)_y$, 其中, $x=0$ 至大约 25, 以及 $y=1$ 至大约 9。润湿剂可用于以非常低的浓度来改变表面能量, 并且兼容于大多数基于水性或溶剂的溶液。一般, 润湿剂添加的浓度在大约 0.1% 至大约 0.5% 的范围内, 按重量计。

较佳的添加剂是 1-methyl-2-pyrrolidone (NMP)。NMP 的功能是便于从导电聚合体链的主要架构中释放更多的“自由离子”, 以增加导电性。导电性改善的程度主要取决于所添加的 NMP 的数量。所添加的 NMP 在大约 2% 至大约 8% 的范围内, 按重量计, 并且更佳的是在大约 2% 至大约 4% 的范围内, 按重量计。

导电聚合体成分可以通过上述成分的组合来制成。特别是, 提供的 10% 至 90% 导电聚合体扩散剂 (Baytron P-LS), 在该扩散剂中已混入所选用的润湿剂。该扩散剂可以 90% 至 10% 丙烯酸乳状液 (RHOPLEX HA-16) 和 2% 至 8% NMP 的混合物来组合。随后, 最终混合物的 pH 值可以通过添加大约 0.1% 至 1% 的 50% 铵氢氧化物 (NH_4OH) 溶液从大约 3.0 调整至大约 7.0 和 8.5 的范围内。表 1 显示了一组说明的实例。

表 1

适用于导电聚合体成分和最终导电聚合体薄膜性能的典型公式

	实例 1.1	实例 1.2	实例 1.3	实例 1.4	实例 1.5
BAYTRON P-LS	90wt. %	88.2wt. %	86.4wt. %	82.8wt. %	72wt. %
RHOPLEX HA-16	10wt. %	9.8wt. %	9.6wt. %	9.2wt. %	8wt. %
NMP	0	2wt. %	4wt. %	8wt. %	20wt. %
摩擦电荷	10-50V	10-30V	5-15V	<10V	<10V

注意：所有的导电聚合体成分都包含 0.1%-0.3% 的 Zonyl®FSN。

导电聚合体成分可以采用一滚筒至滚筒的铺垫印刷系统涂覆在 FOS 线路的非关键性区域，铺垫印刷系统包括一个能够处理从大约 70mm 至大约 300mm 宽，较佳的是 70mm 宽的带的自动薄带处理系统，一个印刷台和一个干燥台。该系统的结构和装配如图 2 所示。在保护性涂层涂覆之前或之后，通过移出带处理设备和把印刷台插入到柔性线路生产线中该处理工艺可与 FOS 电路制造予以集成或者此工艺在具有保护涂层的柔性电路的最终带方面用作为单独的工艺。

在铺垫印刷处理工艺中，纸质衬垫或聚合体衬垫可以放在微柔性带的下面，这样可以具有防止墨水流到和扩散到不需要的区域。下带的放置容差可以由链轮齿孔（图 3 所示的 320）控制，该孔设置在柔性电路带 300 的一侧上，并且可以在下带中以 32 间距累计误差为 $\pm 0.254\text{mm}$ 的方式表示。相交的带印刷的容差有时取决于涂覆的电路，但是通常为大约 40 密尔。

自动带处理系统能够处理从大约 70mm 到大约 300mm 宽的带，较佳的是，70mm 宽的带，它包括在印刷台 220 之前的带放开台 205，以及在烘箱 245 之后的带收卷台 260。放松台可以容纳下两滚筒的材料，即，柔性电路 215 的带材和一滚筒的中间层材料 210。中间层材料的目的是有助于在溶剂蒸发之前包含导电聚合体成分。中间层的宽度基本上与柔性电路带的宽度相同。通过控制支配到所传递的电路表面和区域上的导电聚合体成分数量，中间层可以起到允许电路的背面也可以涂覆的附加作用，从而对电路提供其它 ESD 的保护。通常，柔性电路是通过介质基片来开孔的，以便于分离各个部分。通过控制导电聚合体成

分的数量，通过在柔性电路介质基片和中间层材料之间的这些开孔和毛细孔可以将材料涂覆在背面上。中间层材料可以选自一组包含凸状中间层、释放衬底或者 Teflon 中间层的材料。中间层是由滚筒 210 放开。随后，通过柔性电路滚筒，该带以方向 v 和相同速度馈出这些滚筒。几个惰轮用于保持薄膜的适当带的弹性。随后，在中间层上的柔性电路带进入到印刷台 220。

导电聚合体成分涂覆在柔性电路带上的 HDD 电路的非关键性区域。涂覆方法可以使诸如丝网印刷或者衬垫印刷之类的转移印刷技术。举例来说，如图 2 所示的印刷台就是一个衬垫印刷台。当柔性电路材料 215 先进入印刷台时，印刷头 230 装载着导电聚合体成分并且随之压印在通过的带上。印刷头 230 设计成可以将导电聚合体成分沉积在 HDD 电路的非关键性区域上且横跨带的整个宽度（见图 3）。该步骤可以规定的间距重复，使得沿着带长度纵向位置上的 HDD 电路的各行都可以采用类似的方式压印。一滚筒吸收纸可以结合印刷台使用，正如图 2 所示，以便于在溶剂蒸发之前所包含的导电聚合体成分能够保持清洁所需的程度。

在印刷之后，柔性电路材料进入到至少一个烘箱中。多余的溶剂可以烘干，并且粘结树脂在烘箱中交联。较佳的烘箱结构允许进行蒸发溶剂的预焙烘步骤和交联树脂和去除任何残剩溶剂的焙烘步骤。烘箱的预焙烘区域可设置在大约 40°C 至大约 90°C 的温度范围内。在预焙烘的电路已经绕上上绕台之后，可以在第二个烘箱中进行在线或者离线的最后焙烘步骤，未示出。最后的焙烘温度可以设置在在大约 120°C 至大约 180°C 范围内。烘箱可以是红外烘箱，也可以是强风对流烘箱。

作为衬垫印刷处理工艺，很重要的是导电聚合体薄膜在涂覆表面或在裸露聚酰亚胺基片上的均匀性。这些表面一般都具有较低的表面能量，其范围在大约 28dyne/cm 至大约 39dyne/cm 。表面能量可以使用包含 Sherman Treaters(UK) 公司出品的标准表面张力溶剂的记号笔来确定。

使用电子显微镜技术，可以确定导电聚合体薄膜的厚度分布范围为大约 0.2 微米至大约 5 微米。可以采用增加涂层或者聚酰亚胺上的表面能量的方式来检测各种常规的表面处理技术步骤，这同样应该改善粘结和薄膜的均匀性。令人惊讶的是，表面阻力的测量显示，与没有采用等离子体处理的表面相比较，等离子体刻蚀提高薄膜的导电性至少 10 倍。电晕处理应该可以产生类似或者更好的效果。

在电路上涂覆导电聚合物配方之前进行等离子体处理。可以使用混合的气体等离子体，包括氩气、氮气和氧气。在温度大约 120℃时，带的速度可设置为大约 3mpm。

涂层的厚度可以变化，通过单次、两次或甚至更多次印刷来增加薄膜的厚度，以及它的导电性。

表面阻力测量可以在单一电路表面上或者在表面上具有导电聚合物薄膜的其它薄膜表面上进行。该测量可以使用具有 HRS 环状探头的 Hiresta UP MCP-HT 260 电阻仪 (Mitsubishi Chemical, Tokyo, Japan) 来进行。

HGA 的 ESD 敏感性与这部分的可放电能量有关，这可以通过读/写磁头的 GMR 元件来指导。如果柔性电路的介质表面与其它介质或者没有接地的导电材料相接触，在不同的材料分开时，就会建立瞬时电压电势，因为存在着来自表面的多余正电荷或负电荷。如果表面具有高的电阻率，该电荷就会保持着，不会释放或者放泄。如果材料是导电的，则电荷将会扩散和形成中性电荷（衰减）。对于电路来说，通常需要好的介质材料，使得摩擦电荷效应变得非常一般。

电压电平直接与电路表面上的电荷点/单元区域的数量有关。一种直接测量表面电压的方法是使用 Isoprobe[®] 静电电压表—Model 244A (Monroe Electronics, Lyndonville, New York)。对于高阻表面，可以测量这部分的峰值电压或者电压范围，以确定表面处理是否减小了所测得的电压电平。

图 4 显示在电路的表面电阻率和导电聚合物成分中的 NMP 百分比之间的关系，其中导电聚合物成分来自于对于给定厚度的导电聚合物薄膜在表 1 所示的实例。该导电性可以通过涂覆较厚的薄膜进一步增加。

图 5 显示在电路的表面电阻率和在涂覆导电聚合物成分之前使用等离子体处理步骤之间的关系。预处理电路的表面电阻与没有进行预处理的电路以及没有 ESD 保护的导电薄膜层的电路相比较。

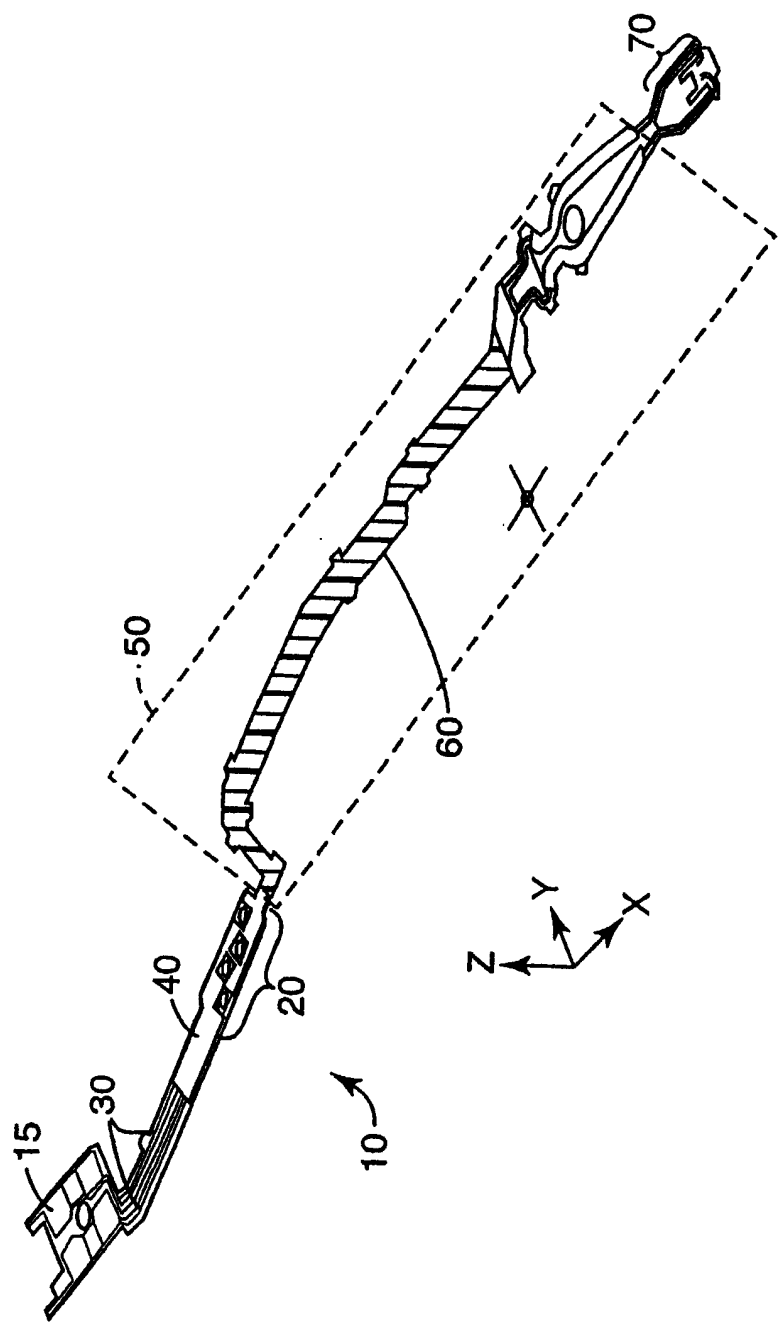


图 1

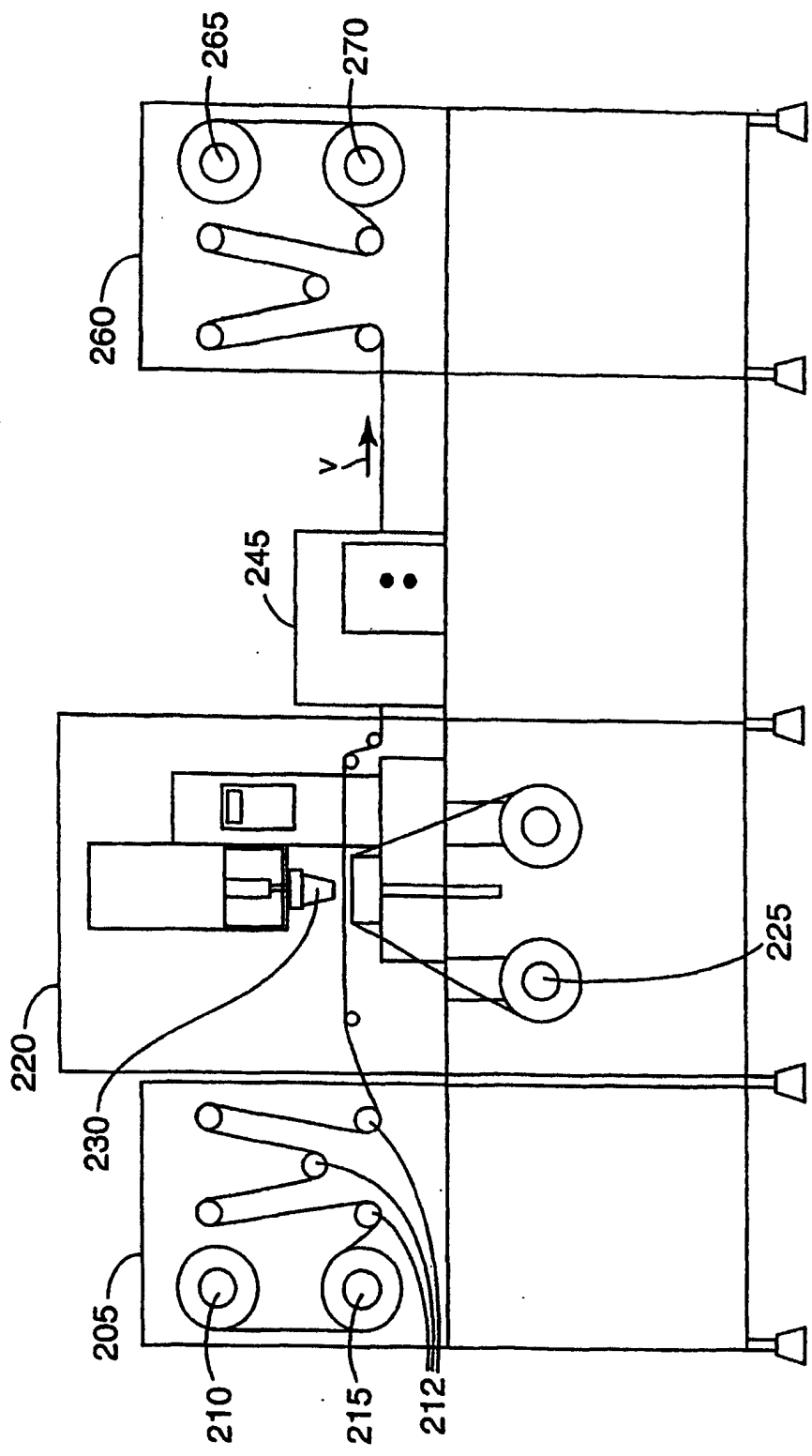


图 2

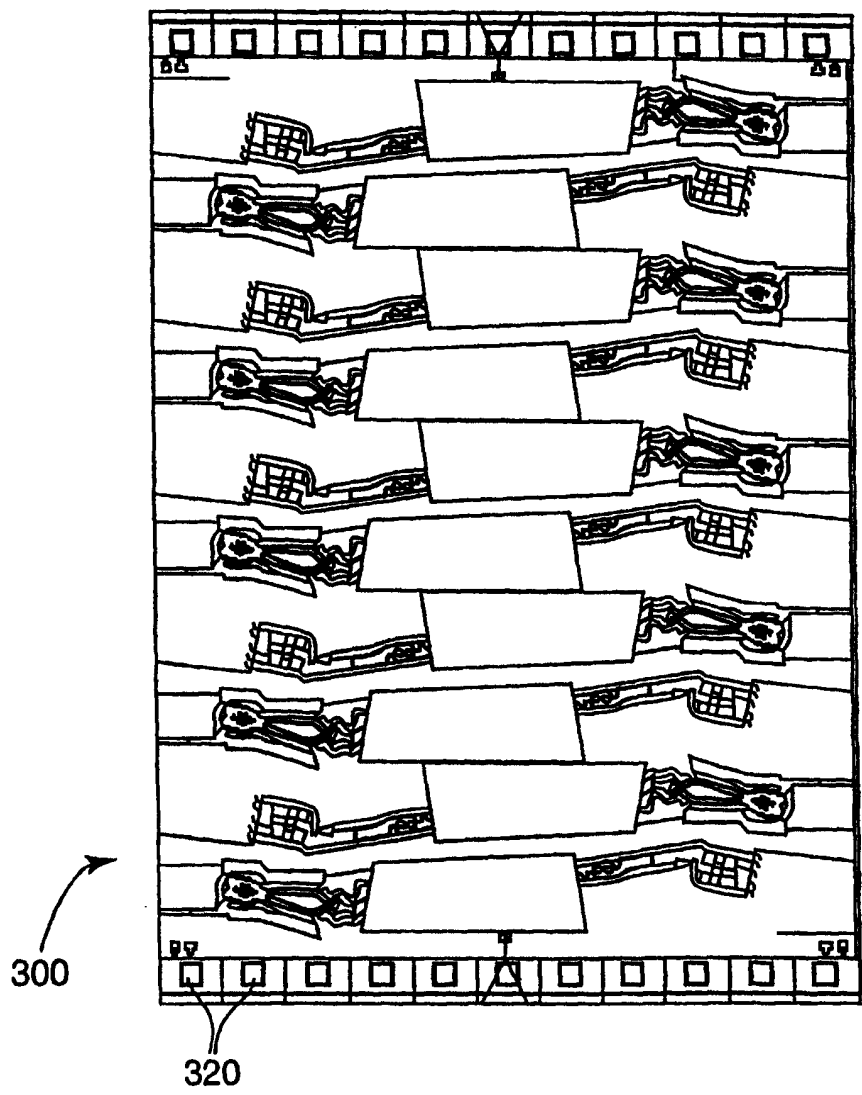


图 3

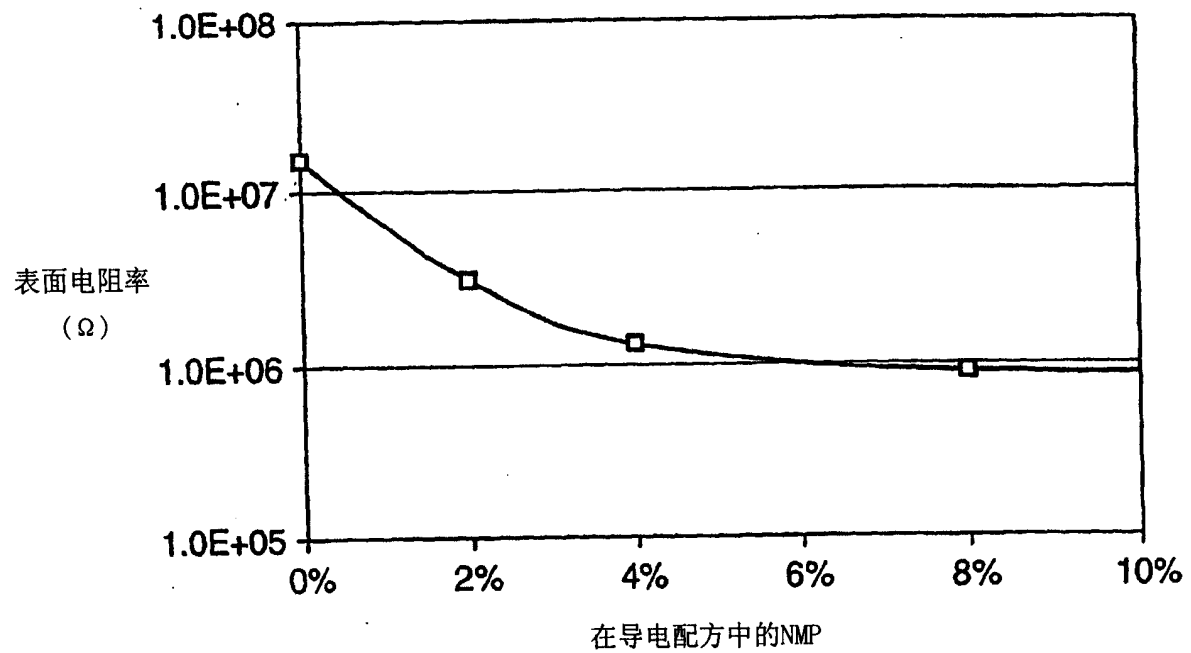


图 4

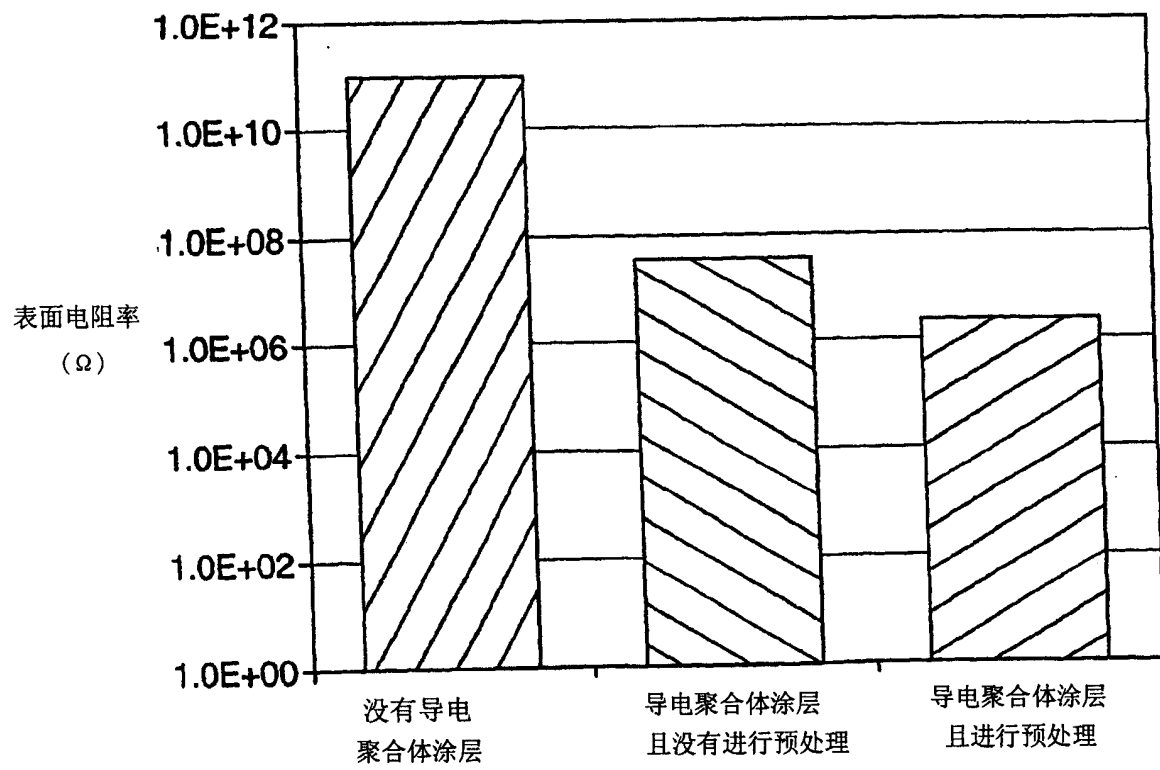


图 5