



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 112153807 A

(43)申请公布日 2020.12.29

(21)申请号 202010570679.3

(22)申请日 2020.06.19

(30)优先权数据

2019-122330 2019.06.28 JP

(71)申请人 日铁化学材料株式会社

地址 日本东京中央区日本桥一丁目13番1号

(72)发明人 向井大挥 松井弘贵 庄司直幸

(74)专利代理机构 北京同立钧成知识产权代理有限公司 11205

代理人 马爽 臧建明

(51)Int.Cl.

H05K 1/03(2006.01)

H05K 1/02(2006.01)

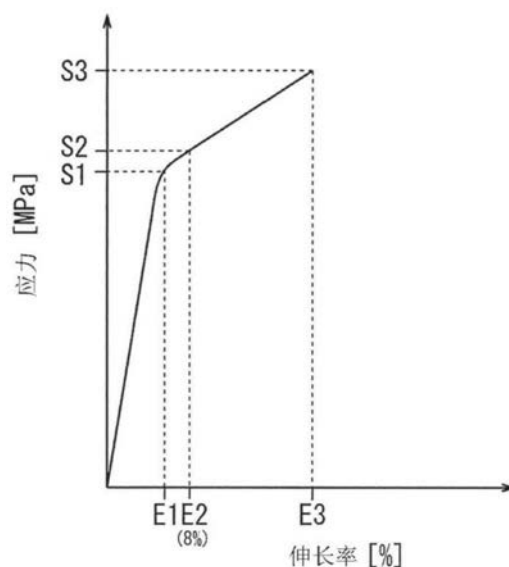
权利要求书1页 说明书13页 附图3页

(54)发明名称

聚酰亚胺膜、覆金属层叠板及柔性电路板

(57)摘要

本发明提供一种聚酰亚胺膜、覆金属层叠板及柔性电路板,通过抑制可折叠装置的铰链部中,在弯折循环中在聚酰亚胺膜的屈曲部前端变形,而具有优异的耐连续弯折性。一种聚酰亚胺膜,用作会反复进行以下动作的柔性电路板的绝缘树脂层,所述动作是以成为包括与平坦的状态相比形状没有变化的第一非屈曲部及第二非屈曲部、以及位于第一非屈曲部与第二非屈曲部之间并弯曲变形的屈曲部的形状的方式,将第二非屈曲部相对于第一非屈曲部翻转180度而弯折,所述聚酰亚胺膜中,应力-应变曲线的塑性变形区域的斜率在1.0MPa/%以上且小于5.0MPa/%的范围内。



1. 一种聚酰亚胺膜, 用作会反复进行以下动作的柔性电路基板的绝缘树脂层, 所述动作是以成为包括与平坦的状态相比形状没有变化的第一非屈曲部及第二非屈曲部、以及位于所述第一非屈曲部与所述第二非屈曲部之间并弯曲变形的屈曲部的形状的方式, 将所述第二非屈曲部相对于所述第一非屈曲部翻转180度而弯折, 所述聚酰亚胺膜的特征在于,

应力-应变曲线的塑性变形区域的斜率在1.0MPa/%以上且小于5.0MPa/%的范围内。

2. 根据权利要求1所述的聚酰亚胺膜, 其特征在于, 在将与所述第一非屈曲部及所述第二非屈曲部的厚度方向平行的轴方向设为Y轴方向, 将与所述Y轴方向正交并且相对于所述柔性电路基板的长度方向平行的轴方向定义为X轴方向时, 在所述X轴方向及所述Y轴方向的二维坐标轴中, 所述屈曲部中的变形区域的所述X轴方向上的最大长度在1.0mm以上且10.0mm以下的范围内, 所述Y轴方向上的最大长度在1.0mm以上且6.0mm以下的范围内。

3. 一种覆金属层叠板, 包括:

绝缘树脂层, 由如权利要求1或2所述的聚酰亚胺膜而形成; 以及
金属层, 层叠于所述绝缘树脂层的至少一个面。

4. 一种柔性电路板, 包括:

绝缘树脂层, 由如权利要求1或2所述的聚酰亚胺膜而形成; 以及
配线层, 形成于所述绝缘树脂层的至少一个面。

5. 根据权利要求4所述的柔性电路板, 其还包括保护所述配线层的覆盖层。

6. 根据权利要求4或5所述的柔性电路板, 其通过反复进行以使所述配线层成为内侧的方式翻转180度而弯折的动作的方法来使用。

聚酰亚胺膜、覆金属层叠板及柔性电路板

技术领域

[0001] 本发明涉及一种聚酰亚胺膜、覆金属层叠板及柔性电路板,详细而言,例如涉及一种可折叠装置(Folderable Device)的铰链部中所使用的柔性电路板、用于其的聚酰亚胺膜及覆金属层叠板。

背景技术

[0002] 近年来,在移动电话机、智能手机、笔记本个人计算机、硬盘装置、光拾取装置、打印机等电子设备中,柔性电路板(Flexible Printed Circuits,FPC)得到广泛利用。FPC即便在有限的空间内也能够进行立体且高密度的封装,因此,其用途正在扩大至例如硬盘驱动器(hard disk drive,HDD)、数字通用光盘(digital versatile disc,DVD)、移动电话、智能手机等电子设备的可动部分的配线、或电缆、连接器等零件。这种FPC需要高的耐屈曲性。

[0003] 在专利文献1中提出了与像以往的移动电话中所见的滑动屈曲部那样的确保一定量的屈曲半径的使用形态对应的FPC,在专利文献2中提出了与像为了收纳至薄的框体而制造折痕进行弯折那样的使用形态对应的柔性覆铜层叠板。

[0004] 而且,利用了触摸屏的智能手机等移动用电子装置在广泛的领域中得到利用,其中,例如正在开始研究在显示器等显示区域内形成铰链部而具有可折叠程度的柔性的电子装置(所谓的可折叠装置)(例如专利文献3、专利文献4等)。

[0005] 在实际组装于电子设备而反复弯折的FPC中,弯折状态的FPC的形状、特别是屈曲部的形状因电子设备而异,因此需要响应这种需求的FPC。为了应对这种需求,本发明人等提出了能够将以往的试验装置无法控制的屈曲部的形状控制成所期望的形状的FPC的耐屈曲性试验装置(日本专利特愿2017-249096)。

[0006] [现有技术文献]

[0007] [专利文献]

[0008] [专利文献1]国际公开W02012/020677号

[0009] [专利文献2]日本专利特开2014-80021号公报

[0010] [专利文献3]日本专利特开2019-12098号公报

[0011] [专利文献4]日本专利特开2019-61194号公报

发明内容

[0012] [发明所要解决的问题]

[0013] 可折叠装置中所使用的FPC与以往的智能手机中所使用的FPC的不同点在于横穿铰链部的弯折轴的苛刻的使用方式,对像这样来使用的FPC要求优异的“耐连续弯折性”。

[0014] 因此,本发明的目的在于提供一种FPC,通过抑制可折叠装置的铰链部中,在弯折循环中在FPC的屈曲部前端变形,而具有优异的耐连续弯折性。

[0015] [解决问题的技术手段]

[0016] 本发明人等进行了深入研究, 结果发现, 通过着眼于可折叠装置中所设想的屈曲条件中, FPC的绝缘树脂层中所使用的聚酰亚胺膜的应力-应变曲线中的塑性变形区域的斜率与应力向屈曲部前端集中的容易度之间的关系, 可提供能够解决所述课题的FPC, 从而完成了本发明。

[0017] 即, 本发明的聚酰亚胺膜是用作会反复进行以下动作的柔性电路基板的绝缘树脂层的聚酰亚胺膜, 所述动作是以成为包括与平坦的状态相比形状没有变化的第一非屈曲部及第二非屈曲部、以及位于所述第一非屈曲部与所述第二非屈曲部之间并弯曲变形的屈曲部的形状的方式, 将所述第二非屈曲部相对于所述第一非屈曲部翻转180度而弯折。

[0018] 并且, 本发明的聚酰亚胺膜, 应力-应变曲线的塑性变形区域的斜率在1.0MPa/%以上且小于5.0MPa/%的范围内。

[0019] 本发明的聚酰亚胺膜可以为: 在将与所述第一非屈曲部及所述第二非屈曲部的厚度方向平行的轴方向设为Y轴方向, 将与其正交并且相对于所述柔性电路基板的长度方向平行的轴方向定义为X轴方向时, 在所述X轴方向及所述Y轴方向的二维坐标轴中, 所述屈曲部中的变形区域的所述X轴方向上的最大长度在1.0mm以上且10.0mm以下的范围内, 所述Y轴方向上的最大长度在1.0mm以上且6.0mm以下的范围内。

[0020] 本发明的覆金属层叠板包括: 绝缘树脂层, 由所述任一聚酰亚胺膜而形成; 以及金属层, 层叠于所述绝缘树脂层的至少一个面。

[0021] 本发明的柔性电路板包括: 绝缘树脂层, 由所述任一聚酰亚胺膜而形成; 以及配线层, 形成于所述绝缘树脂层的至少一个面。

[0022] 本发明的柔性电路板可还包括保护所述配线层的覆盖层。

[0023] 本发明的柔性电路板可通过反复进行以使所述配线层成为内侧的方式翻转180度而弯折的动作的方法来使用。

[0024] [发明的效果]

[0025] 将本发明的聚酰亚胺膜用于绝缘树脂层的FPC显示出高的耐连续弯折性, 因此例如可适宜地用于可折叠装置的铰链部等需要耐连续弯折性的电子零件。

附图说明

[0026] 图1是用于说明FPC的使用方式的侧视图。

[0027] 图2是说明将图1的FPC弯折后的状态的侧视图。

[0028] 图3是表示聚酰亚胺膜在拉伸试验中的应力-应变曲线的附图。

[0029] 图4是中立面位置的计算方法的说明中使用的层叠体模型的剖面图。

[0030] 图5是表示连续弯折试验中使用的试验片的铜配线的样子的平面说明图。

[0031] 图6是供于说明连续弯折试验的附图, 是安装试验片后的状态的说明图。

[0032] 图7是供于说明连续弯折试验的附图, 是将试验片弯折后的状态的说明图。

[0033] [符号的说明]

[0034] 100: FPC

[0035] 101: 第一面

[0036] 102: 第二面

[0037] 110: 第一非屈曲部

- [0038] 120:第二非屈曲部
- [0039] 130:屈曲部
- [0040] 200:试验片
- [0041] 201:铜配线
- [0042] 202:U字部
- [0043] 220、230:试样台
- [0044] B:电路配线层
- [0045] E1:应力为S1时的屈服点的应变
- [0046] E2:应力为S2时的应变
- [0047] E3:应力为S3时的断裂点的应变
- [0048] G:距离(间隙)
- [0049] h_i :第i层的中央面与基准面的距离
- [0050] L_x :X轴方向上的最大长度
- [0051] L_y :Y轴方向上的最大长度
- [0052] NP:层叠体的中立面
- [0053] [NP]:中立面位置
- [0054] P1、P2:拐点
- [0055] S:距离
- [0056] S1~S3:应力
- [0057] SP:基准面
- [0058] t_i :第i层的厚度
- [0059] X、Y:方向。

具体实施方式

[0060] 接着,适当参照附图来对本发明的实施方式进行说明。

[0061] [聚酰亚胺膜]

[0062] 首先,针对可将本实施方式的聚酰亚胺膜应用作绝缘树脂层的FPC的使用方式进行说明。图1及图2为呈长条的薄的膜状的FPC 100的侧视图。在图1及图2中,针对绝缘树脂层、电路配线层等层结构,省略了图示。FPC 100包括形成有电路配线层侧的第一面101及第一面101的相反侧的第二面102。另外,也可以在第二面102上形成电路配线层。而且,在第一面101、第二面102上,也可以层叠于电路配线层而形成覆盖层。

[0063] FPC 100在使用时,会反复进行以使形成有电路配线层侧的第一面101成为内侧的方式进行弯折的动作。在弯折后的状态下,如图2所示,第一面101彼此相向,成为包括与FPC 100整体平坦的展开状态(图1)相比形状没有变化的第一非屈曲部110及第二非屈曲部120、以及位于第一非屈曲部110与第二非屈曲部120之间并弯曲变形的屈曲部130的形状。即,在图2所示的弯折状态下,弯折成以屈曲部130为界,第二非屈曲部120相对于第一非屈曲部110相对翻转180度的状态。例如,在应用于可折叠装置的铰链部的情况下,通过反复进行显示区域的展开与折叠,FPC 100在图1的展开状态与图2的弯折状态之间(也有时保持在它们的中间位置)反复进行展开动作与弯折动作。

[0064] 在图1及图2中,将与FPC 100中的第一非屈曲部110及第二非屈曲部120的厚度方向平行的轴方向设为Y轴方向,将与其正交并且与FPC 100的长度方向平行的轴方向定义为X轴方向。此时,作为FPC 100的使用方式,优选为在X轴方向及Y轴方向的二维坐标轴中,屈曲部130中的变形区域的X轴方向上的最大长度 L_x 在1.0mm以上且10.0mm以下的范围内,Y轴方向上的最大长度 L_y 在1.0mm以上且6.0mm以下的范围内的使用方式。此情况下,图2中的第一非屈曲部110的外侧的面(即第二面102)与第二非屈曲部120的外侧的面(即第二面102)之间的距离(间隙)G例如在1.0mm~3.0mm的范围内。特别是,本实施方式的FPC 100在像变形区域的X轴方向上的最大长度 L_x 为1.0mm~3.0mm、且Y轴方向上的最大长度 L_y 为1.0mm~3.0mm、间隙G被限定在1.0mm~2.0mm的范围内那样的比较狭窄的设置空间下的屈曲方面发挥优异的耐连续弯折性。这种使用方式的代表例是像FPC 100横穿可折叠装置的铰链部那样的使用方法。

[0065] 另外,“变形区域”是指将FPC 100弯折至图2所示的弯折状态时,与图1的展开状态相比变形的区域,更具体而言,可定义为作为第一非屈曲部110与屈曲部130的边界的拐点P1跟作为第二非屈曲部120与屈曲部130的边界的拐点P2之间的区域。

[0066] 而且,Y轴方向也可以定义为与穿过作为第一非屈曲部110与屈曲部130的边界的拐点P1、跟作为第二非屈曲部120与屈曲部130的边界的拐点P2的直线平行的轴方向。

[0067] 如上所述,本实施方式的聚酰亚胺膜例如可优选地应用作可折叠装置的铰链部中所使用的FPC的绝缘树脂层。并且,本实施方式的聚酰亚胺膜中,应力-应变曲线(后述)的塑性变形区域的斜率在1.0MPa/%以上且小于5.0MPa/%的范围内,优选在2.0MPa/%以上且小于5.0MPa/%的范围内,更优选在2.0MPa/%以上且小于3.0MPa/%的范围内。通过使塑性变形区域的斜率在所述范围内,在塑性变形后也可维持比较大的刚性,因此在用作可折叠装置中所使用的FPC 100的绝缘树脂层的情况下,可防止连续屈曲时的断线。其理由如下。

[0068] 可折叠装置中所使用的FPC 100与以往的手机中所使用的FPC的不同点在于横穿铰链部的弯折轴的苛刻的使用方式。因此,对可折叠装置中所使用的FPC 100要求优异的“耐连续弯折性”。

[0069] 而且,由于可折叠装置的铰链部为窄间隙,因此设想FPC 100中使用的绝缘树脂层在应力-应变曲线的塑性变形区域中可动。在这样的屈曲条件下,认为当绝缘树脂层在塑性变形区域中的刚性低时,由于屈曲部130的前端部(即,图2中与拐点P1、拐点P2在X轴方向为相反侧的弯曲部分的端部)的形状成为锐角,因此局部地产生大的应力,导致断线的风险变高。

[0070] 与此相对,通过使作为FPC 100的绝缘树脂层的聚酰亚胺膜在塑性变形区域的斜率在1.0MPa/%以上且小于5.0MPa/%的范围内,不易发生塑性变形,并且弯折形状被维持为圆弧状,因此认为可分散屈曲时的应力,带来高屈曲寿命。更具体而言,在弯折时,可使图2中的屈曲部130弯曲变形为向第一非屈曲部110及第二非屈曲部120的厚度方向(Y轴方向)鼓起的形状。即,通过使塑性变形区域的斜率在1.0MPa/%以上且小于5.0MPa/%的范围内,可维持像屈曲部130的Y轴方向上的最大长度 L_y 大于间隙G($L_y > G$)那样的弯曲形状,因此屈曲时应力向前端部的集中得到避免,而耐连续弯折性提高。

[0071] <塑性变形区域的斜率的算法>

[0072] 接着,参照图3对塑性变形区域及其斜率进行说明。图3示出了本实施方式的聚酰

亚胺膜在拉伸试验中的应力-应变曲线,纵轴为应力(MPa),横轴为应变(伸长率;%)。横轴中的E1是指应力为S1时的屈服点的应变,E2是指应力为S2时的应变(=8%),E3是指应力为S3时的断裂点的应变。“塑性变形区域”是指在拉伸试验中的聚酰亚胺膜的应力-应变曲线中,从屈服点到断裂点的应变区域(E1~E3)。

[0073] 聚酰亚胺膜在拉伸试验中的屈服点的应变虽然因材质而异,但不会超过8%,而且,在塑性变形区域中,应力-应变曲线几乎成为线性,因此在本发明中,将图3的应力-应变曲线中应变从“8%(E2)”到“断裂应变(E3)”之间的斜率作为“塑性变形区域的斜率”。“塑性变形区域的斜率”可通过以下的计算式(a)而求出。

[0074] 另外,“塑性变形的难度”是指在塑性变形区域中,应力大幅增加。“塑性变形的难度”可以说是塑性变形区域中的斜率的大小。

[0075] 塑性变形区域的斜率 = $(S3-S2) / (E3-E2) \cdots (a)$

[0076] S2:8%应变时应力

[0077] S3:断裂应力

[0078] E2:8%应变

[0079] E3:断裂应变

[0080] 作为本实施方式的聚酰亚胺膜,也可以直接使用市售的聚酰亚胺膜,但从厚度或物性的控制的容易度而言,优选通过在铜箔等基材上涂布聚酰胺酸溶液后,利用热处理进行干燥、硬化的所谓浇铸(涂布)法而形成者。在使聚酰亚胺膜为多层的情况下,可在包含某种构成成分的聚酰胺酸溶液上依次涂布包含不同的构成成分的其他聚酰胺酸溶液而形成。在为浇铸法的情况下,聚酰亚胺膜可通过从基材上剥离或将基材蚀刻而得到。

[0081] 本实施方式的聚酰亚胺膜的拉伸弹性模量、厚度、层叠结构、原料、热膨胀系数等与后述的FPC中的聚酰亚胺绝缘层(A)相同,因此参照聚酰亚胺绝缘层(A)的说明,而省略说明。

[0082] [FPC]

[0083] 接着,针对将所述聚酰亚胺膜应用于绝缘树脂层的本发明一实施方式的FPC进行说明。另外,本实施方式的FPC的构成与图1及图2中所示的FPC 100相同,因此,对相同的构成标注相同的符号来进行说明。FPC 100包括作为绝缘树脂层的聚酰亚胺绝缘层(A)、及设置于此聚酰亚胺绝缘层(A)的单面或双面的电路配线层(B)。FPC 100还可以包括层叠于电路配线层(B)的覆盖层(C)。

[0084] <聚酰亚胺绝缘层(A)>

[0085] 聚酰亚胺绝缘层(A)与所述聚酰亚胺膜同样地,拉伸试验中的应力-应变曲线的塑性变形区域的斜率为1.0MPa/%以上且小于5.0MPa/%,优选为2.0MPa/%以上且小于5.0MPa/%,更优选为2.0MPa/%以上且小于3.0MPa/%的范围内。如果塑性变形区域的斜率为1.0MPa/%以上且小于5.0MPa/%,则在将层叠有覆盖层(C)的FPC 100屈曲时,主要对电路配线层(B)施加压缩应力,因此存在不易产生配线的缩颈(necking)(局部变细)的倾向。其结果,FPC 100的屈曲部130的前端形状在屈曲循环中容易得到维持,应力不易集中于前端部。另一方面,如果塑性变形区域的斜率小于1.0MPa/%,则主要对电路配线层(B)施加拉伸应力,因此存在容易产生配线的缩颈的倾向。其结果,FPC 100的屈曲部130的前端形状在屈曲循环中容易变形为锐角,应力容易集中于前端部。

[0086] 聚酰亚胺绝缘层(A)的拉伸弹性模量例如优选在4GPa~10GPa的范围内,更优选在6GPa~8GPa的范围内。当拉伸弹性模量小于下限值时,FPC 100的屈曲部130的前端部容易变形为锐角,因此容易在屈曲部130的前端部产生应力集中,存在耐连续弯折性下降的情况。如果超过上限值,则在弯折FPC 100时,会对电路配线层(B)施加更大的应力,从而存在其耐连续弯折性下降的情况。

[0087] 聚酰亚胺绝缘层(A)的厚度在12 μm ~35 μm 的范围内,优选在17 μm ~32 μm 的范围内,更优选在23 μm ~27 μm 的范围内。当聚酰亚胺绝缘层(A)的厚度小于12 μm 时,FPC 100的屈曲部130的前端部容易变形为锐角,因此容易在屈曲部130的前端部产生应力集中,存在导致耐连续弯折性下降的情况。而且,如果聚酰亚胺绝缘层(A)的厚度超过35 μm ,则在弯折FPC 100时,会对电路配线层(B)施加更大的应力,从而存在其耐连续弯折性下降的情况。

[0088] 聚酰亚胺绝缘层(A)中可直接使用市售的聚酰亚胺膜,但从绝缘层的厚度或物性的控制的容易度而言,优选通过在铜箔上直接涂布聚酰胺酸溶液后,利用热处理进行干燥、硬化的所谓浇铸(涂布)法而形成者。而且,聚酰亚胺绝缘层(A)也可以仅由单层形成,但如果考虑到聚酰亚胺绝缘层(A)与电路配线层(B)的粘接性等,则优选包括多层。在使聚酰亚胺绝缘层(A)为多层的情况下,可在包含某种构成成分的聚酰胺酸溶液上依次涂布包含不同构成成分的其他聚酰胺酸溶液而形成。在聚酰亚胺绝缘层(A)包括多层的情况下,可以将同一构成的聚酰亚胺酸溶液使用两次以上。

[0089] 针对聚酰亚胺绝缘层(A)进行更详细的说明。如上所述,聚酰亚胺绝缘层(A)优选设为多层,作为其具体例,优选使聚酰亚胺绝缘层(A)为包括低热膨胀性的聚酰亚胺层(i)与高热膨胀性的聚酰亚胺层(ii)的层叠结构。更优选的是,聚酰亚胺绝缘层(A)采用在低热膨胀性的聚酰亚胺层(i)的至少一侧、优选为其两侧具有高热膨胀性的聚酰亚胺层(ii)的层叠结构,使高热膨胀性的聚酰亚胺层(ii)直接与电路配线层(B)相接。此处,“低热膨胀性的聚酰亚胺层(i)”是指热膨胀系数小于 $30 \times 10^{-6}/\text{K}$ 、优选为 $1 \times 10^{-6}/\text{K} \sim 25 \times 10^{-6}/\text{K}$ 的范围内、特别优选为 $3 \times 10^{-6}/\text{K} \sim 20 \times 10^{-6}/\text{K}$ 的范围内的聚酰亚胺层。而且,“高热膨胀性的聚酰亚胺层(ii)”是指热膨胀系数为 $30 \times 10^{-6}/\text{K}$ 以上的聚酰亚胺层,是指优选为 $30 \times 10^{-6}/\text{K} \sim 80 \times 10^{-6}/\text{K}$ 的范围内、特别优选为 $30 \times 10^{-6}/\text{K} \sim 70 \times 10^{-6}/\text{K}$ 的范围内的聚酰亚胺层。这种聚酰亚胺层可以通过适当改变所使用的原料的组合、厚度、干燥/硬化条件而制成具有所期望的热膨胀系数的聚酰亚胺层。

[0090] 提供所述聚酰亚胺绝缘层(A)的聚酰胺酸溶液可通过将公知的二胺与酸酐在溶剂的存在下聚合来制造。此时,通过聚合而得到的聚酰胺酸溶液的粘度例如优选设为500cps以上且35,000cps以下的范围内。

[0091] 作为用作聚酰亚胺的原料的二胺,例如可列举4,6-二甲基间苯二胺、2,5-二甲基对苯二胺、2,4-二氨基-1,3,5-三甲苯、4,4'-亚甲基二-邻甲苯胺、4,4'-亚甲基二-2,6-二甲苯胺、4,4'-亚甲基二-2,6-二乙基苯胺、2,4-甲苯二胺、间苯二胺、对苯二胺、4,4'-二氨基二苯基丙烷、3,3'-二氨基二苯基丙烷、4,4'-二氨基二苯基乙烷、3,3'-二氨基二苯基乙烷、4,4'-二氨基二苯基甲烷、3,3'-二氨基二苯基甲烷、2,2'-双[4-(4-氨基苯氧基)苯基]丙烷、4,4'-二氨基二苯基硫醚、3,3'-二氨基二苯基硫醚、4,4'-二氨基二苯基砷、3,3'-二氨基二苯基砷、4,4'-二氨基二苯基醚、3,3'-二氨基二苯基醚、1,3-双(3-氨基苯氧基)苯、1,3-双(4-氨基苯氧基)苯、1,4-双(4-氨基苯氧基)苯、联苯胺、3,3'-二氨基联苯、3,3'-二甲基-

4,4'-二氨基联苯、3,3'-二甲氧基联苯胺、4,4'-二氨基-对三联苯、3,3'-二氨基-对三联苯、双(对-氨基环己基)甲烷、双(对 β -氨基-叔丁基苯基)醚、双(对 β -甲基- δ -氨基戊基)苯、对双(2-甲基-4-氨基戊基)苯、对双(1,1-二甲基-5-氨基戊基)苯、1,5-二氨基萘、2,6-二氨基萘、2,4-双(β -氨基-叔丁基)甲苯、2,4-二氨基甲苯、间二甲苯-2,5-二胺、对二甲苯-2,5-二胺、间苯二甲胺、对苯二甲胺、2,6-二氨基吡啶、2,5-二氨基吡啶、2,5-二氨基-1,3,4-噁二唑、哌嗪、2,2'-二甲基-4,4'-二氨基联苯、2-甲氧基-4,4'-二氨基苯甲酰苯胺、3,7-二氨基二苯并呋喃、1,5-二氨基苈、二苯并-对二噁英-2,7-二胺、4,4'-二氨基苯偶酰等。

[0092] 而且,作为用作聚酰亚胺的原料的酸酐,例如可列举均苯四甲酸二酐、3,3',4,4'-二苯甲酮四羧酸二酐、2,2',3,3'-二苯甲酮四羧酸二酐、2,3,3',4'-二苯甲酮四羧酸二酐、3,3',4,4'-二苯基砒四羧酸二酐、萘-1,2,5,6-四羧酸二酐、萘-1,2,4,5-四羧酸二酐、萘-1,4,5,8-四羧酸二酐、萘-1,2,6,7-四羧酸二酐、4,8-二甲基-1,2,3,5,6,7-六氢萘-1,2,5,6-四羧酸二酐、4,8-二甲基-1,2,3,5,6,7-六氢萘-2,3,6,7-四羧酸二酐、2,6-二氯萘-1,4,5,8-四羧酸二酐、2,7-二氯萘-1,4,5,8-四羧酸二酐、2,3,6,7-四氯萘-1,4,5,8-四羧酸二酐、1,4,5,8-四氯萘-2,3,6,7-四羧酸二酐、3,3',4,4'-联苯四羧酸二酐、2,2',3,3'-联苯四羧酸二酐、2,3,3',4'-联苯四羧酸二酐、3,3'',4,4''-对三联苯四羧酸二酐、2,2'',3,3''-对三联苯四羧酸二酐、2,3,3'',4''-对三联苯四羧酸二酐、2,2-双(2,3-二羧基苯基)-丙烷二酐、2,2-双(3,4-二羧基苯基)-丙烷二酐、双(2,3-二羧基苯基)醚二酐、双(2,3-二羧基苯基)甲烷二酐、双(3,4-二羧基苯基)甲烷二酐、双(2,3-二羧基苯基)砒二酐、双(3,4-二羧基苯基)砒二酐、1,1-双(2,3-二羧基苯基)乙烷二酐、1,1-双(3,4-二羧基苯基)乙烷二酐、茱-2,3,8,9-四羧酸二酐、茱-3,4,9,10-四羧酸二酐、茱-4,5,10,11-四羧酸二酐、茱-5,6,11,12-四羧酸二酐、菲-1,2,7,8-四羧酸二酐、菲-1,2,6,7-四羧酸二酐、菲-1,2,9,10-四羧酸二酐、环戊烷-1,2,3,4-四羧酸二酐、吡嗪-2,3,5,6-四羧酸二酐、吡咯烷-2,3,4,5-四羧酸二酐、噻吩-3,4,5-四羧酸二酐、4,4'-氧基二邻苯二甲酸二酐、2,3,6,7-萘四羧酸二酐等。

[0093] 所述二胺及酸酐分别可以仅使用一种,也可以并用两种以上。而且,聚合中所使用的溶剂可列举二甲基乙酰胺、N-甲基吡咯烷酮、2-丁酮、二乙二醇二甲醚、二甲苯等,可使用一种或也可并用两种以上来使用。

[0094] 在本实施方式中,为了形成热膨胀系数小于 $30 \times 10^{-6}/K$ 的低热膨胀性的聚酰亚胺层(i),例如,可使用均苯四甲酸二酐、3,3',4,4'-联苯四羧酸二酐作为成为原料的酸酐成分,并使用2,2'-二甲基-4,4'-二氨基联苯、2-甲氧基-4,4'-二氨基苯甲酰苯胺作为成为原料的二胺成分,特别优选的是将均苯四甲酸二酐及2,2'-二甲基-4,4'-二氨基联苯作为原料各成分的主成分。

[0095] 而且,为了形成热膨胀系数为 $30 \times 10^{-6}/K$ 以上的高热膨胀性的聚酰亚胺层(ii),例如,可使用均苯四甲酸二酐、3,3',4,4'-联苯四羧酸二酐、3,3',4,4'-二苯甲酮四羧酸二酐、3,3',4,4'-二苯基砒四羧酸二酐作为成为原料的酸酐成分,并使用2,2'-双[4-(4-氨基苯氧基)苯基]丙烷、4,4'-二氨基二苯基醚、1,3-双(4-氨基苯氧基)苯作为成为原料的二胺成分,特别优选的是将均苯四甲酸二酐及2,2'-双[4-(4-氨基苯氧基)苯基]丙烷作为原料各成分的主成分。另外,这样得到的高热膨胀性的聚酰亚胺层(ii)的优选玻璃化转变温度在 $300^{\circ}C \sim 400^{\circ}C$ 的范围内。

[0096] 而且,在使聚酰亚胺绝缘层(A)为低热膨胀性的聚酰亚胺层(i)与高热膨胀性的聚

酰亚胺层(ii)的层叠结构的情况下,优选低热膨胀性的聚酰亚胺层(i)与高热膨胀性的聚酰亚胺层(ii)的厚度比(低热膨胀性的聚酰亚胺层(i)/高热膨胀性的聚酰亚胺层(ii))为2~15的范围内,更优选为8~11的范围内。如果此比的值不足2,则相对于聚酰亚胺绝缘层(A)整体而言,低热膨胀性的聚酰亚胺层(i)变薄,因此聚酰亚胺绝缘层(A)的尺寸特性的控制变得困难,对铜箔进行蚀刻而形成电路配线层(B)时的尺寸变化率变大,如果超过15,则高热膨胀性的聚酰亚胺层(ii)变薄,因此聚酰亚胺绝缘层(A)与电路配线层(B)的粘接可靠性下降。

[0097] <电路配线层(B)>

[0098] 在本实施方式的FPC 100中,电路配线层(B)例如包括将铜箔作为原料的铜配线。电路配线层(B)中使用的铜箔没有特别限定,可以使用市售的压延铜箔与电解铜箔中的任一者。

[0099] 关于构成电路配线层(B)的铜配线的厚度,例如优选使用 $10\mu\text{m}\sim 14\mu\text{m}$ 的范围内者。当构成电路配线层(B)的铜配线的厚度小于 $10\mu\text{m}$ 时,覆铜层叠板的刚性下降,存在制造FPC 100时的处理性恶化的倾向,如果超过 $14\mu\text{m}$,则由于弯折FPC 100时施加至铜配线的应力变大,而存在耐连续弯折性下降的倾向。

[0100] <覆盖层(C)>

[0101] 在本实施方式的FPC 100中,覆盖层(C)优选厚度在 $35\mu\text{m}\sim 40\mu\text{m}$ 的范围内,并优选使用拉伸弹性模量在 $2.0\text{GPa}\sim 3.5\text{GPa}$ 的范围内者。作为这种覆盖层(C),可使用市售品。作为其具体例,可列举有泽制作所公司制造的CEA0525(商品名)等。

[0102] 本实施方式的FPC 100中,其整体的厚度{即,在层叠聚酰亚胺绝缘层(A)、电路配线层(B)及根据需要的覆盖层(C)的情况下,是加入了覆盖层(C)的厚度(其中,是指配线填充后的厚度(参照后述表1))的合计厚度}可在 $63\mu\text{m}\sim 73\mu\text{m}$ 的范围内。此时,聚酰亚胺绝缘层(A)与电路配线层(B)的厚度比(聚酰亚胺绝缘层(A)/电路配线层(B))优选处于1.5~2.5的范围。如果在此厚度比的范围内,则在弯折时,聚酰亚胺绝缘层(A)的物性的影响变得优越,因此耐连续弯折性变得良好。如果此比的值不足1.5,则FPC 100的屈曲部130的前端部容易变形为锐角,由此容易在屈曲部130的前端部产生应力集中,存在耐连续弯折性下降的情况。而且,如果此比的值超过2.5,则在弯折FPC 100时,会对电路配线层(B)施加更大的应力,从而存在其耐连续弯折性下降的情况。

[0103] 而且,聚酰亚胺绝缘层(A)与电路配线层(B)的厚度比优选考虑以下说明的配线部的中立面位置即 $[\text{NP}]_{\text{Line}}$ 来决定。 $[\text{NP}]_{\text{Line}}$ 越接近电路配线层(B)的中央,屈曲时对电路配线层(B)施加的应力越小,越存在耐连续弯折性提高的倾向。

[0104] <中立面位置计算的层叠体模型>

[0105] 针对FPC 100的中立面位置的计算方法,参照图4进行详细说明。图4是中立面位置的计算方法的说明中使用的层叠体的模型的剖面图。为了方便,图4中示出了层叠体为两层的模型,但以下的说明适合于层叠体为两层以上的全部情况。此处,将层叠体的层的数量设为 n (n 为2以上的整数)。而且,将构成此层叠体的各层中从下数第 i ($i=1,2,\dots,n$)的层称为第 i 层。在图4中,符号 B 表示层叠体的宽度。另外,此处所说的宽度是指与第一层的下表面平行且与层叠体的长度方向垂直的方向的尺寸。

[0106] 本实施方式中的FPC 100包括聚酰亚胺绝缘层(A)、电路配线层(B)及覆盖层(C),

但从电路配线层(B)侧观察除去了覆盖层(C)的状态时,有存在铜配线的部分及不存在铜配线的部分。此处,将存在铜配线的部分称为配线部(Line),将不存在铜配线的部分称为空间部(Space)。配线部与空间部的构成不同。因此,根据需要而将配线部与空间部分开来考虑。

[0107] <中立面位置的计算>

[0108] 此处,将第一层的下表面作为基准面SP。以下,针对以使基准面SP向图4中的下侧成为凸形状的方式使层叠体屈曲的情况来进行考虑。在图4中,符号NP表示层叠体的中立面。此处,将中立面NP与基准面SP的距离设为中立面位置[NP],在配线部与空间部分别计算此中立面位置[NP]。中立面位置[NP]通过以下的式(1)来算出。

[0109] $[NP] = \sum_{i=1}^n E_i B_i h_i t_i / \sum_{i=1}^n E_i B_i t_i \cdots (1)$

[0110] 此处, E_i 是构成第*i*层的材料的弹性模量。此弹性模量 E_i 对应于各层中应力与应变的关系。 B_i 是第*i*层的宽度,相当于图4中示出的宽度B。在求配线部的中立面位置[NP]的情况下,使用线宽(line width)的值作为 B_i ,在求空间部的中立面位置[NP]的情况下,使用线间宽(space width)的值作为 B_i 。 h_i 是第*i*层的中央面与基准面SP的距离。另外,第*i*层的中央面是位于第*i*层的厚度方向的中央的假想的面。 t_i 是第*i*层的厚度。而且,符号“ $\sum_{i=1}^n$ ”表示*i*从1到n的总和。以下,将配线部的中立面位置记为 $[NP]_{Line}$ 。

[0111] $[NP]_{Line}$ 越接近电路配线层(B)的中央面,屈曲时对电路配线层(B)施加的应力越小,越存在耐连续弯折性提高的倾向。例如,当聚酰亚胺绝缘层(A)的厚度在 $23\mu\text{m} \sim 27\mu\text{m}$ 的范围内、电路配线层(B)的厚度在 $10\mu\text{m} \sim 14\mu\text{m}$ 的范围内、覆盖层(C)的厚度在 $35\mu\text{m} \sim 40\mu\text{m}$ 的范围内、它们的合计厚度在 $63\mu\text{m} \sim 73\mu\text{m}$ 的范围内时, $[NP]_{Line}$ 优选在 $28\mu\text{m} \sim 32\mu\text{m}$ 的范围内。

[0112] <FPC的制造>

[0113] FPC 100例如通过如下方式制造,即:对包括聚酰亚胺绝缘层与铜箔层的柔性覆铜层叠板的铜箔层进行蚀刻等而加工成图案状,形成配线层,并在其上根据需要贴附覆盖层。

[0114] [覆金属层叠板]

[0115] 用于制造本实施方式的FPC 100的覆金属层叠板包括加工成FPC 100时成为聚酰亚胺绝缘层(A)的聚酰亚胺层、与成为电路配线层(B)的金属层。聚酰亚胺层的构成与FPC 100中的聚酰亚胺绝缘层(A)相同。除了未进行电路加工的方面以外,金属层的构成与FPC 100中的电路配线层(B)相同。

[0116] 作为覆金属层叠板的优选方式的柔性覆铜层叠板例如可如下制造,即:在成为电路配线层(B)的原料的铜箔的表面涂敷聚酰亚胺前体树脂溶液(也称为聚酰胺酸溶液),继而经过进行干燥、硬化的热处理工序来制造。热处理工序中的热处理通过如下方式来进行,即:将所涂敷的聚酰胺酸溶液在小于 160°C 的温度下加热,而将聚酰胺酸中的溶剂干燥除去后,进而在 150°C 至 400°C 的温度范围内阶段性地升温,使其硬化。为了将这样得到的单面柔性覆铜层叠板制成双面覆铜层叠板,可列举将所述单面柔性覆铜层叠板和与其分开准备的铜箔在 $300^\circ\text{C} \sim 400^\circ\text{C}$ 下进行热压接的方法。

[0117] [实施例]

[0118] 以下示出实施例,对本发明的特征进行更具体的说明。其中,本发明的范围不限于实施例。另外,在以下的实施例中,只要没有特别说明,则各种测定、评价是依据下述内容。

[0119] [应力-应变曲线的制作]

[0120] 在聚酰亚胺的应力-应变曲线的制作中,使用了对柔性覆铜层叠板进行蚀刻而完全去除了铜箔的聚酰亚胺膜。对于这样得到的材料,使用东洋精机制作所股份有限公司制造的斯特罗格拉夫(STROGRAPH) R-1,在温度23℃、相对湿度50%的环境下进行拉伸试验,制作应力-应变曲线,并基于所述计算式(a),求出塑性变形区域的斜率。

[0121] [连续弯折试验]

[0122] 使用与日本专利特愿2017-249096同样的耐屈曲性试验装置来进行。首先,对覆铜层叠板的铜箔进行蚀刻加工,沿着其长度方向,如图5所示,制作形成有线宽100 μm 、线间宽100 μm 、长度110mm的16行铜配线201的试验片(试验电路板片)200。图5仅表示试验片200中的铜配线201,并且仅图式了16行中的9行。所述试验片200中的16行铜配线201经由U字部202而全部连续地相连,并在其两端设置有电阻值测定用的电极部分(未图示)。

[0123] 在除了试验片200的电极部分外,将厚度37.5 μm 的覆盖层压接后,如图6所示,固定在可对折的试样台220及试样台230上。接着,连接未图示的电阻值测定用的配线,开始电阻值的监视。弯折试验是通过如下方式来进行,即:针对16行的铜配线201,以使铜配线201成为内侧而相对的方式弯折,如图7所示,形成第一非屈曲部、第二非屈曲部及屈曲部。另外,为了便于说明,在图7中,与图2同样地用符号110表示第一非屈曲部,用符号120表示第二非屈曲部,用符号130表示屈曲部。

[0124] 在将试验片200弯折后的状态下,屈曲部130的变形区域中的X轴方向及Y轴方向的长度分别可根据非屈曲时的试样台220、试样台230间的距离S与从非屈曲时屈曲180度时的试样台220、试样台230间的间隙G来任意设定。在本试验中,使X轴方向及Y轴方向的长度变化为表2(后述)所示的3个阶段。

[0125] 弯折试验以弯折次数20万次为上限来实施,将在此之前,电阻值从弯折试验前的值上升了10%以上的时刻判断为故障,将此时反复进行的弯折次数作为测定值。而且,弯折次数20万次时未发生故障的情况下,将20万次作为测定值。

[0126] [拉伸弹性模量的测定]

[0127] 使用东洋精机制作所制造的斯特罗格拉夫(STROGRAPH) R-1,在温度23℃、相对湿度50%的环境下测定拉伸弹性模量的值。

[0128] 试验片尺寸:长度;160mm×宽度;12.7mm

[0129] 夹具间距离:101.6mm

[0130] 拉伸速度:10mm/min(铜箔测定时)、50mm/min(聚酰亚胺膜测定时)

[0131] [热膨胀系数(coefficient of thermal expansion,CTE)的测定]

[0132] 使用精工仪器(Seiko Instruments)制造的热机械分析仪(Thermo Mechanical Analyzer),升温至250℃,进而在所述温度下保持10分钟后,以5℃/分钟的速度进行冷却,求出240℃至100℃的平均热膨胀系数(线热膨胀系数)。

[0133] [聚酰胺酸溶液的合成]

[0134] (合成例1)

[0135] 在具备热电偶及搅拌机并且能够导入氮的反应容器中放入N,N-二甲基乙酰胺,进而向此反应容器中投入2,2-双[4-(4-氨基苯氧基)苯基]丙烷(2,2-bis[4-(4-aminophenoxy)phenyl]propane,BAPP),一边在容器中搅拌一边使其溶解。接着,以使单体的投入总量成为12wt%的方式投入均苯四甲酸二酐(Pyromellitic dianhydride,PMDA)。

其后,继续搅拌3小时进行聚合反应,得到聚酰胺酸a的树脂溶液。由聚酰胺酸a形成的厚度25 μm 的聚酰亚胺膜的热膨胀系数(CTE)为 $55 \times 10^{-6}/\text{K}$ 。

[0136] (合成例2)

[0137] 在具备热电偶及搅拌机并且能够导入氮的反应容器中,放入N,N-二甲基乙酰胺,进而向此反应容器中投入2,2'-二甲基-4,4'-二氨基联苯(2,2'-dimethyl-4,4'-diaminobiphenyl,m-TB),一边在容器中搅拌一边使其溶解。接着,投入3,3',4,4'-联苯四羧酸二酐(3,3',4,4'-biphenyltetracarboxylic dianhydride,BPDA)及均苯四甲酸二酐(PMDA),使单体的投入总量成为15wt%、各酸酐的摩尔比率(BPDA:PMDA)成为20:80。其后,继续搅拌3小时进行聚合反应,得到聚酰胺酸b的树脂溶液。由聚酰胺酸b形成的厚度25 μm 的聚酰亚胺膜的热膨胀系数(CTE)为 $22 \times 10^{-6}/\text{K}$ 。

[0138] [中立面位置]

[0139] 表1中示出实施例1~实施例3、比较例1~比较例2的中立面位置([NP]_{Line})。中立面位置的计算通过将表1中记载的聚酰亚胺层、铜箔层、覆盖层各自的厚度、拉伸弹性模量、中央面与基准面的距离代入所述式(1)来计算。

[0140] [实施例1]

[0141] 在铜箔1(压延铜箔、长条状、厚度;12 μm)之上,以使硬化后的厚度成为2.5 μm 的方式均匀地涂布合成例1中制备的聚酰胺酸a的树脂溶液后,在130 $^{\circ}\text{C}$ 下进行加热干燥,除去溶剂。接着,在所述涂布面侧以使硬化后的厚度成为20.0 μm 的方式均匀地涂布合成例2中制备的聚酰胺酸b的树脂溶液,并在120 $^{\circ}\text{C}$ 下进行加热干燥,除去溶剂。进而,在所述涂布面侧以使硬化后的厚度成为2.5 μm 的方式均匀地涂布聚酰胺酸a的树脂溶液,并在130 $^{\circ}\text{C}$ 下进行加热干燥,除去溶剂。将此长条状的层叠体1从130 $^{\circ}\text{C}$ 阶段性地热处理至360 $^{\circ}\text{C}$,得到单面柔性覆铜层叠板1(聚酰亚胺层的厚度;25 μm 、聚酰亚胺层的拉伸弹性模量;7.5GPa)。通过在300 $^{\circ}\text{C}$ ~400 $^{\circ}\text{C}$ 下将铜箔1热压接在单面柔性覆铜层叠板1中的聚酰亚胺层的面上,得到双面柔性覆铜层叠板1。在将双面柔性覆铜层叠板1的涂布面侧的铜箔层蚀刻除去,并对另一压接面侧的铜箔层(拉伸弹性模量;19GPa)进行配线电路加工而形成铜配线后,贴附覆盖层A(厚度;37.5 μm 、拉伸弹性模量;3.3GPa),得到FPC 1。将所得到的FPC 1的聚酰亚胺层、铜箔层及覆盖层的各层的厚度、拉伸弹性模量及中央面与基准面的距离以及中央面位置示于表1,将聚酰亚胺层的应力-应变曲线中的塑性变形区域的斜率与耐连续弯折性的评价结果示于表2。

[0142] [实施例2]

[0143] 除了使用铜箔2(电解铜箔、长条状、厚度;12 μm)代替实施例1中的铜箔1以外,与实施例1同样地制备单面柔性覆铜层叠板2、双面柔性覆铜层叠板2(压接面侧的铜箔层的拉伸弹性模量;29GPa)及FPC 2。将所得到的FPC 2的聚酰亚胺层、铜箔层及覆盖层的各层的厚度、拉伸弹性模量及中央面与基准面的距离以及中央面位置示于表1,将聚酰亚胺层的应力-应变曲线中的塑性变形区域的斜率与耐连续弯折性的评价结果示于表2。

[0144] [实施例3]

[0145] 在将市售的双面柔性覆铜层叠板3(铜箔的厚度;12 μm 、聚酰亚胺层的厚度;25 μm 、聚酰亚胺层的拉伸弹性模量;4.5GPa)的单面的铜箔层蚀刻除去,并对另一面侧的铜箔层(拉伸弹性模量;29GPa)进行配线电路加工而形成铜配线后,贴附覆盖层A,得到FPC 3。将所

得到的FPC 3的聚酰亚胺层、铜箔层及覆盖层的各层的厚度、拉伸弹性模量及中央面与基准面的距离以及中央面位置示于表1,将聚酰亚胺层的应力-应变曲线中的塑性变形区域的斜率与耐连续弯折性的评价结果示于表2。

[0146] 比较例1

[0147] 在将市售的双面柔性覆铜层叠板4(铜箔的厚度;12 μm 、聚酰亚胺层的厚度;25 μm 、聚酰亚胺层的拉伸弹性模量;5.0GPa)的单面的铜箔层蚀刻除去,并对另一面侧的铜箔层(拉伸弹性模量;19GPa)进行配线电路加工而形成铜配线后,贴附覆盖层A,得到FPC 4。将所得到的FPC 4的聚酰亚胺层、铜箔层及覆盖层的各层的厚度、拉伸弹性模量及中央面与基准面的距离以及中央面位置示于表1,将聚酰亚胺层的应力-应变曲线中的塑性变形区域的斜率与耐连续弯折性的评价结果示于表2。

[0148] 比较例2

[0149] 在将市售的双面柔性覆铜层叠板5(铜箔的厚度;12 μm 、聚酰亚胺层的厚度;25 μm 、聚酰亚胺层的拉伸弹性模量;5.0GPa)的单面的铜箔层蚀刻除去,并对另一面侧的铜箔层(拉伸弹性模量;23GPa)进行配线电路加工而形成铜配线后,贴附覆盖层A,得到FPC 5。将所得到的FPC 5的聚酰亚胺层、铜箔层以及覆盖层的各层的厚度、拉伸弹性模量及中央面与基准面的距离以及中央面位置示于表1,将聚酰亚胺层的应力-应变曲线中的塑性变形区域的斜率与耐连续弯折性的评价结果示于表2。

[0150] 将以上的结果示于表1及表2。在表2中,“应力-应变曲线的斜率(聚酰亚胺层)”的单位为MPa/%,“故障率”是指相对于试验次数(5次)而言,发生故障的次数。

[0151] [表1]

	聚酰亚胺层			铜箔层			覆盖层			[NP] _{Line}	
	厚度	拉伸弹性模量	中央面与基准面的距离	厚度	拉伸弹性模量	中央面与基准面的距离	厚度	厚度(配线充填后)	拉伸弹性模量		中央面与基准面的距离
	μm	GPa	μm	μm	GPa	μm	μm	μm	GPa		μm
[0152] 实施例1	25	7.5	12.5	12	19	31.0	37.5	31.5	3.3	52.8	28.9
实施例2	25	7.5	12.5	12	29	31.0	37.5	31.5	3.3	52.8	29.3
实施例3	25	4.5	12.5	12	29	31.0	37.5	31.5	3.3	52.8	31.6
比较例1	25	5.0	12.5	12	19	31.0	37.5	31.5	3.3	52.8	31.2
比较例2	25	5.0	12.5	12	23	31.0	37.5	31.5	3.3	52.8	31.2

[0153] [表2]

	应力-应变 曲线的斜率 (聚酰亚胺 层)	X=4.6 mm,Y=3.2 mm		X=2.9 mm,Y=2.2 mm		X=1.4 mm,Y=1.2 mm	
		故障率	平均屈曲次 数	故障率	平均屈曲次 数	故障率	平均屈曲次 数
[0154] 实施例 1	2.7	0/5	200,000	0/5	200,000	3/5	151,400
实施例 2	2.7	0/5	200,000	0/5	200,000	3/5	166,300
实施例 3	4.7	-	-	-	-	0/5	200,000
比较例 1	0.2	0/5	200,000	2/5	176,600	4/5	109,900
比较例 2	0.2	0/5	200,000	1/5	192,300	5/5	69,800

[0155] 以上,出于例示的目的详细地说明了本发明的实施方式,但本发明并不受所述实施方式的制约,能够进行各种变形。

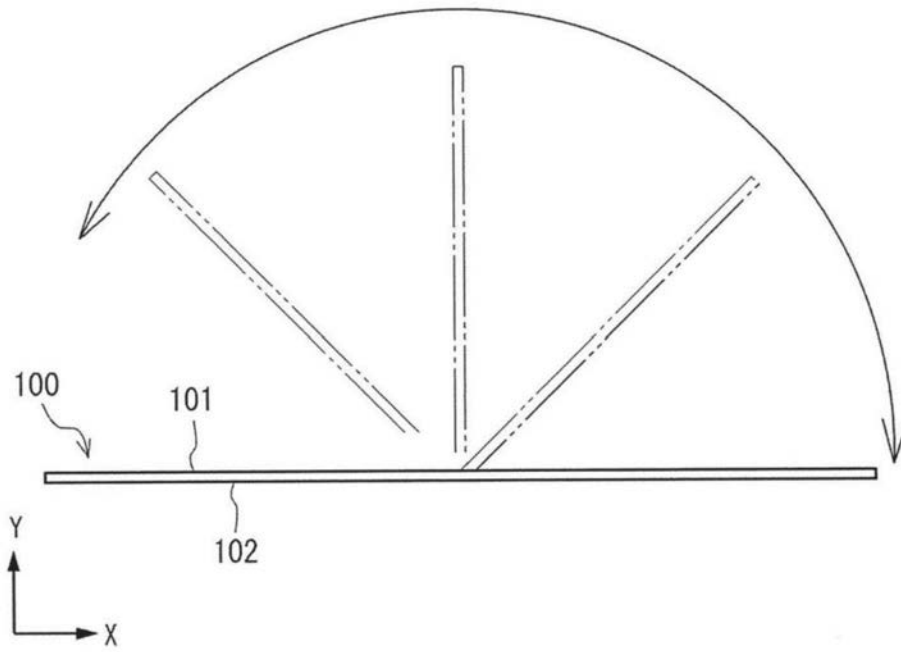


图1

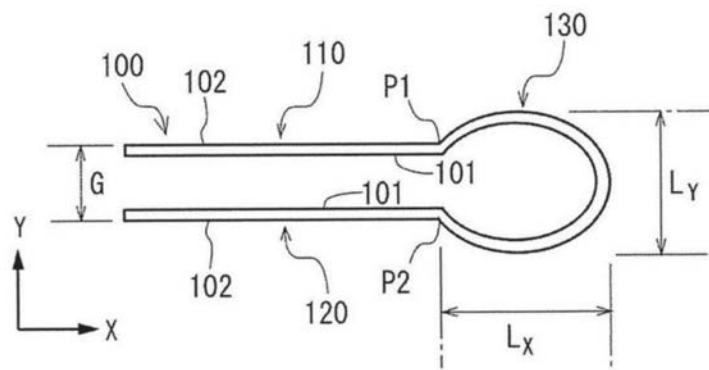


图2

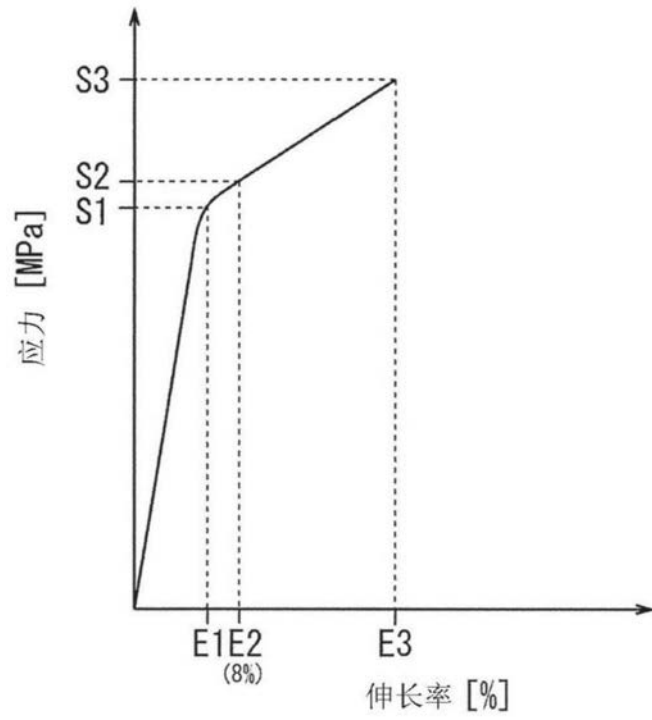


图3

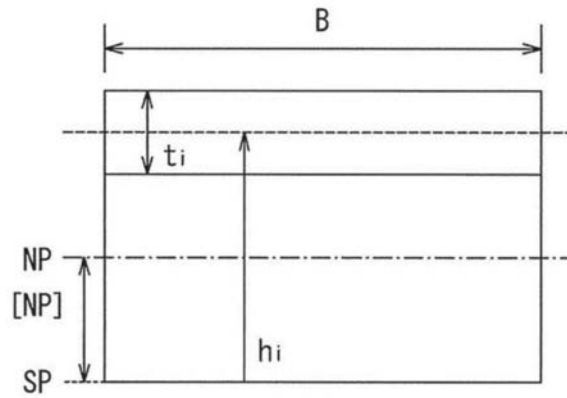


图4

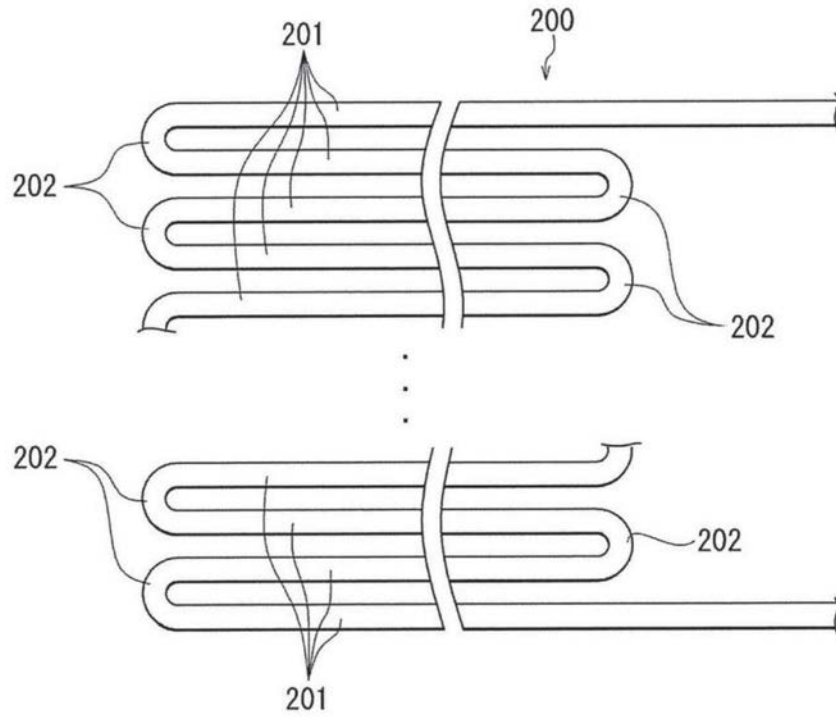


图5

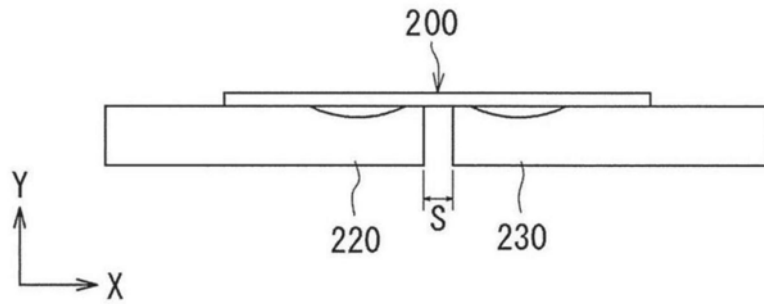


图6

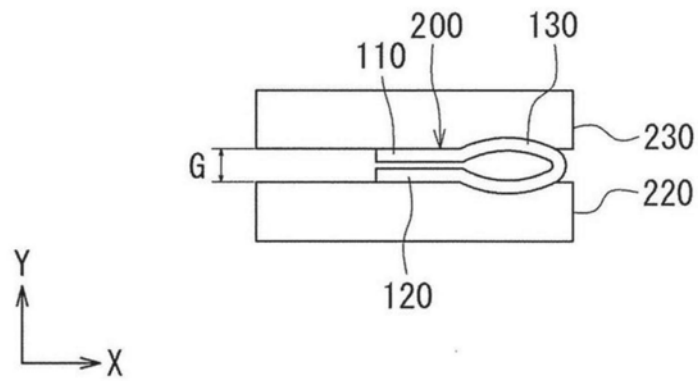


图7