

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 98814068.3

[43] 公开日 2001 年 5 月 9 日

[11] 公开号 CN 1294674A

[22] 申请日 1998.9.16 [21] 申请号 98814068.3

[30] 优先权

[32] 1998.5.26 [33] US [31] 09/084,842

[86] 国际申请 PCT/US98/19336 1998.9.16

[87] 国际公布 WO99/61875 英 1999.12.2

[85] 进入国家阶段日期 2000.11.24

[71] 申请人 美国 3M 公司

地址 美国明尼苏达州

[72] 发明人 H·辛格

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

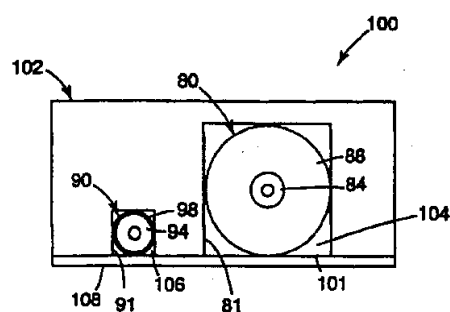
代理人 钱慰民

权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图页数 2 页

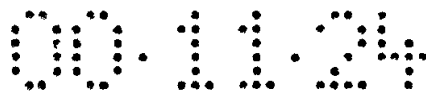
[54] 发明名称 对应变和/或温度敏感的感测带

[57] 摘要

一种安装在工件上的感测带包括一个细长的支撑带和一个粘附在支撑带上的光纤。



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



权 利 要 求 书

1. 一种安装在工件上的感测带，其特征是，所述感测带包括：
一个细长的弹性带；以及
一个由细长带沿带拉长方向支撑的光波导。
2. 根据权利要求 1 所述的感测带，其特征是，光波导为一种光纤。
3. 根据权利要求 2 所述的感测带，其特征是，光纤包括一个布拉格光栅。
4. 根据权利要求 2 所述的感测带，其特征是，光纤包括一外涂层。
5. 根据权利要求 4 所述的感测带，其特征是，外涂层为聚酰胺。
6. 根据权利要求 4 所述的感测带，其特征是，所选外涂层的厚度和弹性可以使光纤基本上与工件隔离。
7. 根据权利要求 4 所述的感测带，其特征是，所选外涂层的厚度和弹性能够实现从工件到光纤的有效应变传输。
8. 根据权利要求 2 所述的感测带，其特征是，光纤包括多个布拉格光栅。
9. 根据权利要求 2 所述的感测带，其特征是，所述带有一个上表面和底面，所述感测带进一步包括所述底面上的粘胶剂。
10. 根据权利要求 2 所述的感测带，其特征是，进一步包括一个带和光纤缠绕于其上的内芯。
11. 一种固定在工件上的感测带，其特征是，所述感测带包括：
一个细长的弹性带；
一个由细长带沿带拉长方向支撑和粘附的第一光波导；以及
一个由细长带沿带拉长方向支撑和粘附的第二光波导。
12. 根据权利要求 11 所述的感测带，其特征是，第一光波导为第一光纤，第二光波导为第二光纤。
13. 根据权利要求 12 所述的感测带，其特征是，第一光纤包括一个布拉格光栅。
14. 根据权利要求 13 所述的感测带，其特征是，第二光纤包括一个布拉格光栅。
15. 根据权利要求 12 所述的感测带，其特征是，第一光纤包括一个第一涂层，第二光纤包括一个第二涂层。
16. 根据权利要求 15 所述的感测带，其特征是，所选第一涂层的厚度和弹

性基本上能够使第一光纤与工件内的应变相隔离。

17. 根据权利要求 15 所述的感测带，其特征是，所选第二涂层的厚度和弹性能够实现从工件到第二光纤的有效应变传输。

18. 根据权利要求 12 所述的感测带，其特征是，所述带有一个上表面和一底面，所述感测带进一步包括在所述底面上的粘胶剂。

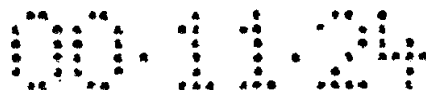
19. 一种生产感测带的方法，其特征是，包括：提供一个被包覆的光纤；用细长带支撑光纤。

20. 根据权利要求 19 所述的方法，其特征是，支撑光纤的步骤包括将光纤沿细长带拉长方向固定的步骤。

21. 根据权利要求 19 所述的方法，其特征是，提供被包覆光纤的步骤包括用涂层包覆光纤的步骤。

22. 根据权利要求 2 所述的感测带，其特征是，所述光波导粘附在细长带上。

23. 根据权利要求 2 所述的感测带，其特征是，所述带沿其长度方向有一个中空的区域，且所述光纤位于所述中空区域内。



说明书

对应变和/或温度敏感的感测带

本发明背景

本发明通常涉及到光波导，尤其涉及光纤。

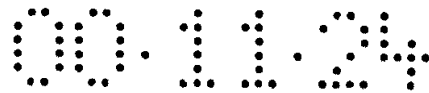
光纤常常用于传导光，这种光典型的是一种在电信或传感应用中的光学信号。某些光纤可以被描述为光传输介质的一条细电缆。光纤一般包括一层内芯和有效折射率小于内芯的一层外涂层。某些光纤具有由多层外芯或外涂层包裹内芯的复杂结构，各层折射率都不同。有效折射率的差别产生了内部反射强迫光沿内芯传播，同时防止其从光纤内泄漏。

某些光纤包括布拉格光栅(BG)。布拉格光栅是在内芯折射率上产生一系列扰动而形成的。穿过外涂层将内芯暴露于两束射向光纤的紫外线产生的干涉图样，这样产生出扰动。扰动的间隔形成了光栅具有光不再以中心波长传播穿过光纤的特征。不同扰动间隔的布拉格光栅的中心波长也不同。通常将布拉格光栅分为短周期光栅或长周期光栅。长周期光栅的扰动间隔比输入光的波长至少 10 倍。在 700 到 1500nm 范围内的中心波长来说，典型的周期值在 15~1500 μm 。此外长周期光栅的扰动间距可以延伸几个 cm。另一方面，短周期光栅的间距为几百微米到几个厘米，且对 600~2100nm 的中心波长来说，周期为 0.2~0.7 μm 。

布拉格光栅常常用于光纤，在需要从光学信号中过滤出所选波长，例如类似陷波滤波器。当光学信号传播穿过内芯，遇到短周期光栅时，对应光栅中心波长或谐振的特定波长的光沿内芯反射回来。当光学信号遇到长周期光栅，光栅的中心波长从内芯的导向方式转变成外涂层的非导向方式。导向方式传播穿过光纤内芯。外涂层的非导向方式穿过外涂层产生损耗，且不会传播穿过光纤。中心波长反射或从导向方式到非导向方式的转化是布拉格光栅扰动间隔的一种功能。布拉格光栅的中心波长对应变和温度敏感。应变变化和/或温度变化引起中心波长偏移。通常对长周期光栅，每 100°C 温度变化中心波长偏移约 1~1.5nm，应变的每 100 微应变中心波长偏移约 0.12nm。

本发明综述

在一个方面，本发明的特征通常在于感测带被固定在工件上。该感测带包括



一个细长带和细长带支承的一个光波导(例如光纤)。

沿被细长带拉长的方向固定光纤。该光纤包括一个布拉格光栅和一个外涂层。选用外涂层厚度与弹性以使光纤与工件基本绝缘。所选外涂层的厚度和弹性实现应变从工件到光纤的有效传输。外涂层可以是聚酰胺。光纤还包括多个布拉格光栅。

在另一个方面,本发明的特征在于将感测带固定在工件上。该感测带包括一个细长带,一个由细长带支承的第一光纤,以及由被细长带支承的第二光纤。

第一和第二光纤都沿被细长带的拉长方向固定。第一和第二光纤包括布拉格光栅。第一光纤还包括一个第一外涂层。所选第一外涂层的厚度和弹性基本上可以使第一光纤与工件相隔离。第二光纤还包括第二涂层。所选第二外涂层的厚度和弹性可以将应变从工件传输到第二光纤。

在另一个方面,本发明的特征在于一种生产感测带的方法。该方法包括提供一种被包覆的光纤和用一个细长带支承该光纤。

支承光纤的步骤包括沿被细长带的拉长方向固定光纤步骤。提供一个被包覆光纤的步骤包括对光纤用外涂层进行包覆的步骤。

通过将被包覆光纤埋入支承带中,本发明提供一种感测带。该感测带容易附设到支承结构体,以监示应变和/或温度。通过将磁带简单缠绕在卷盘上,包装简便,在安装和/或使用的时候,从卷盘上展开所需数量感测带。

附图简要说明

图 1 表示测量应变和温度的感测带。

图 2 表示测温的感测带。

图 3 表示测量应变的感测带; 以及

图 4 表示缠绕在支承结构上的感测带。

较佳实施例的说明

这里所讨论的感测带常常用于监控或检测应变和/或温度中的变化。感测带一般包括一个埋入或安装在细长的弹性支承带上的光纤。

参考图 1, 对温度和应变进行感测的感测带 40 包括一个光纤 50, 用环氧 64, 例如位于马萨诸塞州的 Bedford 生产的 TRABond-F118 环氧剂将光纤 50 安装在支承带 60 的纵向槽 61 内。光纤 50 包括一外涂层 54 和具有布拉格光栅(未画出)的

一内芯 52。外涂层 54 涂有设计为可以使有效应变从支承带 60 传输到光纤 50 的涂层 58。应变的这种有效传输是该涂层厚度和弹性的一个函数。涂层弹性的特点在于弹性模量。用于应变和温度感测的典型感测带包括一种具有较薄非弹性聚合物涂层的光纤，例如涂有 25 微米厚聚酰胺的光纤，115 微米厚的玻璃涂层，例如 SiO_2 ，以及 10 微米厚的玻璃内芯，例如 SiO_2 。内芯还可以掺杂其他材料，例如锗。该涂层材料由类似材料制成，例如厚度和弹性适宜的聚合物。一般的说，较厚涂层的材料衰减的被传输应变量高于较薄涂层的相同材料衰减的量。实际上，涂层材料可以设计为较薄且非弹性，这样通过环氧剂 64 传输到光纤 50 的有效应变基本上不被衰减。例如，涂层的选择要能够使应变传输衰减低于 5%。粘结层 66 盖有一个支承带 60 的沟槽侧 63，用于将感测带 40 与待监控结构体，例如飞机机翼或桥梁支撑梁相连接。

一旦固定在一结构体上，应变和温度的变化从该结构体传输到光纤 50，即通过连接环氧剂 64 传输到光纤 50。传输到光纤的应变和温度变化使布拉格光栅的中心波长发生偏移。布拉格光栅中心波长的偏移是应变和温度变化的函数。因此，从支承结构体传输到光纤的应变和温度变化可以通过监控中心波长的偏移而加以检测出。

方程式 1 表示中心波长的响应：

$$\Delta \lambda = \lambda (\eta \epsilon + \xi \Delta T) \quad (1)$$

其中 $\Delta \lambda$ 为应变 (ϵ) 和温度变化 (ΔT) 引起的波长变化。 λ 是室温和应变为零时的光栅中心波长。 η 是应变光学系数， ξ 是温度系数。应变光学系数和温度系数的取值都与制造光纤所采用的形状和材料有关。每个光纤都有一组特有的应变光学系数和温度系数。对由 SiO_2 制成的单模式光纤来说， η 是的典型值为 $0.75-0.80$ 微应变 $^{-1}$ ， ξ 的典型值为约 $6-8 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 。

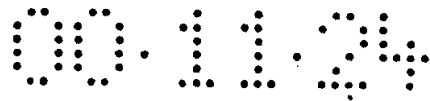
如果感测带 40 置于一个温度恒定的环境中，中心波长的变化可以只归因于应变。即，因为 $\Delta T=0$ ，方程式 1 右侧的第二项， $\lambda \xi \Delta T$ 也为 0，这样方程式 1 可以写成：

$$\Delta \lambda = \lambda \eta \epsilon \quad (2)$$

相反，如果感测带 40 置于一个没有应变的环境下，中心波长变化可以只归因于 $\Delta \lambda$ 。即因 $\epsilon=0$ ，方程式 1 的右边第一项 $\lambda \eta \epsilon$ 也为 0，方程式 1 为：

$$\Delta \lambda = \lambda \xi \Delta T \quad (3)$$

在某些感测应用中，同时存在应变和温度变化，可能只需要对温度变化进行



感测。参考图 2，只能感测温度变化的感测带 10，含有一用环氧剂 34 安装在支承带 32 的纵向槽 31 内的光纤 20，例如基于硅橡胶的软环氧剂，例如 DowCorning 公司的低强度密封胶。在此之前，光学 20 包括一外涂层 24 和具有布拉格光栅的一内芯 21(未画出)。外涂层 24 涂有设计成基本上能使光纤 20 与支承带 32 所固定的结构体受到的应变相隔离的涂层 28。隔离量以及应变传输给光纤的衰减量由涂层 28 的厚度和弹性决定。涂层如果越厚且越有弹性，这种隔离就越有效。这样，可以看出光纤内的变化将是根据温度引起而不是与被监示结构体有关应变引起的。

用于感测温度变化的典型感测带采用一个弹性聚合体厚涂层，例如一 600 微米的丙烯酸酯涂层。如上所述，该涂层可以采用众多材料制成。通常，需要选取涂层的厚度和弹性，这样基本衰减通过环氧剂 34 传输到光纤 20 的应变，所观察到中心波长的变化是由被监示结构体的温度变化而引起的。例如，对该涂层的厚度和弹性进行选择，从而衰减应变传输至少到 $1/10$ 。实际上，需要用来衰减应变的因子与所监示的结构体上受到的应变变化幅度有关。例如在应变存在较大变化的感测应用中，所选涂层的厚度和弹性衰减应变传输到比 $1/10$ 还要小。

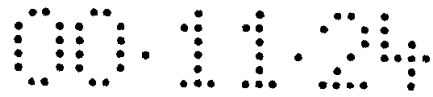
参考图 2，密封层 38 对支承带 30 的沟槽侧 33 进行密封，以防止外物，例如空气，生物体，和化学体干扰涂层 28。连接层 36 盖住密封层 38 并用来将温度感测带 10 与支承结构体 1 相连接。

通过适当选取环氧剂的厚度和弹性，连接层和支承带成为一体，可以进一步防止光纤出现污损。

如图 1 所示，如果应变传输受到极大衰减，这样 $\lambda \eta \epsilon$ 近似为 0，所观测中心波长的变化将可归因于方程式 3 所示的主要由温度引起的变化。

在另一个感测应用中，同时存在应变和温度变化，需要只对应变进行感测。参考图 3，用以感测应变变化的感测带 100 包括两个光纤 80, 90。光纤 90 类似图 1 中所示的光纤，包括一涂层 98 和一外涂层 94。光纤 80 类似图 2 所示的光纤，包括一涂层 88 和一外涂层 84。光纤 80 用环氧剂 104 安装在支承带 102 的第一个纵向沟槽 81 内。光纤 90 用环氧剂 106 安装在支承带 102 的第二纵向沟槽 91 内。连接层 108 盖住支承带 102 的沟槽侧。

如上所述，光纤 80 上的较厚且具有弹性的涂层使传输到光纤 80 的应变 $\lambda (\eta \epsilon)$ 降为最小值，这样布拉格光栅的中心波长偏移主要对温度产生响应， $\Delta \lambda = \lambda \xi \Delta T$ 。光纤 90 上的较薄且非弹性涂层可以实现应变传输，这样



布拉格光栅的中心波长对应变和温度的合成量进行响应， $\lambda (\eta \varepsilon + \xi \Delta T)$ 。光纤 80 的中心波长偏移为温度变化的测量值， $\Delta \lambda_{80} = \lambda \xi \Delta T$ ，光纤 90 的中心波长偏移为应变和温度变化的测量值， $\Delta \lambda_{90} = \lambda (\eta \varepsilon + \xi \Delta T)$ 。被控中心波长变化的差值只是应变的直接测值，如下式所示：

$$\Delta \lambda_{90} - \Delta \lambda_{80} = \lambda \eta \varepsilon \quad (4)$$

上述感测带可在许多感测应用中用到。例如，温度感测带可以用于恒温环境，例如，用来检测石油和水井的探针，以监示或检测声信号。此外，具有活性涂层的感测带用于检测化学或生物种类的存在。化学物质能与涂层进行反应引起涂层弹性的变化。涂层的弹性变化对传输到光纤的应变量产生影响，转而又对应变改变的中心波长偏移的灵敏度产生影响。

感测带内用到的光纤包括单模式光纤，串联标准光纤，固有的法布里—珀罗光纤，或具光学性能的任何光纤，例如，受应变和/或温度变化影响的中心波长偏移或相位偏移。此外，光纤还包括多个布拉格光栅，各个布拉格光栅的中心波长或者相同或者不同。通常，每个布拉格光栅间隔 2 英寸～数百米。每个光栅的典型间隔从 0.5mm～数米。

采用本领域熟悉的任一种方法，将光纤沿支承带长度方向固定。例如，光纤可以埋在两个支承带之间。此外，光纤和支承带可以同时共同压制，从而形成埋入带内的光纤。此外，光纤可固定在支承带的上端。该支承带还可以绕成螺旋线状，例如，象弹簧。在支承带绕成螺旋线状之前或之后，光纤还可以沿支承带细长带的方向固定。此外，可以通过将带绕光纤缠成螺旋状，使光纤被支承带支撑。此时，因为光纤没有固定在支撑带上，所以应变不会从支撑带传输到光纤。支撑带可以是任意形状，例如平板状或圆形。例如，支撑带可以是特富隆圆管。将光纤带插入并固定在特富隆管的中央钻孔内。此外，特富隆管可以围绕光纤构成。通过将光纤插入该管的中央孔使特富隆管支撑光纤。此时，由于光纤还没有与特富隆管固定，应变无法从特富隆管传输到光纤。支撑带还包括一个表示布拉格光栅所处位置的标记。一旦连接到支撑带或埋入支撑带，感测带可以保存在一个卷轴上。安装过程中，该支撑带展开并按所需长度剪切。

支撑带还包括用来将带与支撑结构体相连的附加粘胶剂，例如，在加压和加热条件下进行固化处理的石墨复合环氧剂。此外，支撑带还包括一个连接层使用的纸质背衬。安装过程中，去掉纸质背衬，通过连接层将感测带与

支撑结构体相连。

参考图 4，感测带 300 包装和/或存储的传统方法是将其绕在一个内芯 302 上(例如一个圆柱形构件)，从而形成一个紧凑的卷带(例如类似通常办公室供应排出口所用的粘胶带)。如果感测带需用于特殊场合，仅仅从卷子或芯轴展开来使用。未使用的感测带仍然方便地绕在内芯轴上。

另一些实施例也在下面的权利要求内。例如，虽然我们已经对将光纤与带结构体内结合或在带结构体上的感测带做了说明，本发明涉及到带结构体上任何光纤波导，包括，例如塑料光纤。根据本发明构成的感测带还用于其他感测以外的用途。即本发明打算将光波导完全盖入带结构体或任何包括仅提高应用便利或将波导与工件连接。还有，感应带可以形成具有粘胶剂表面或在将感测带应用到工件上的同时，提供粘胶剂。

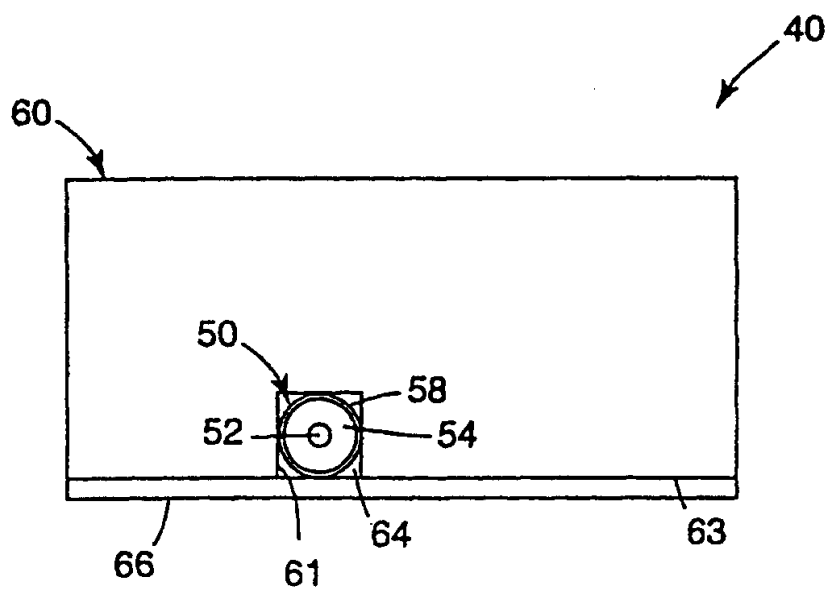


图 1

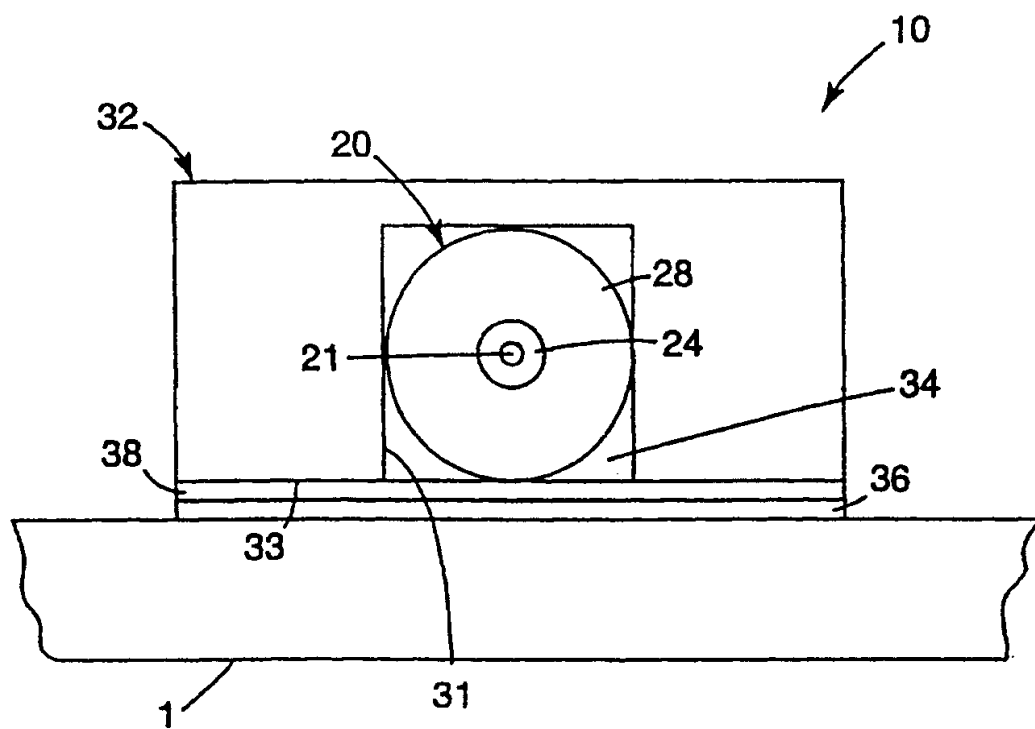


图 2

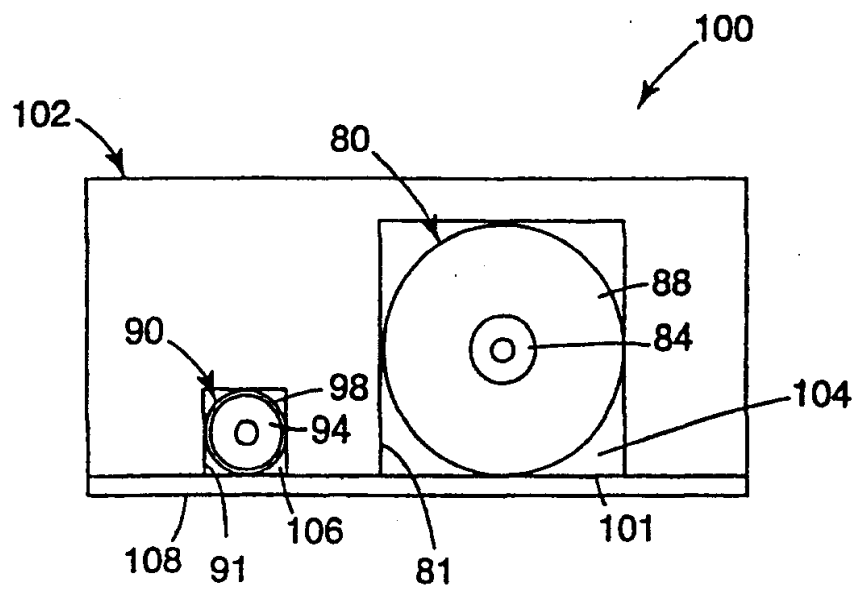


图 3

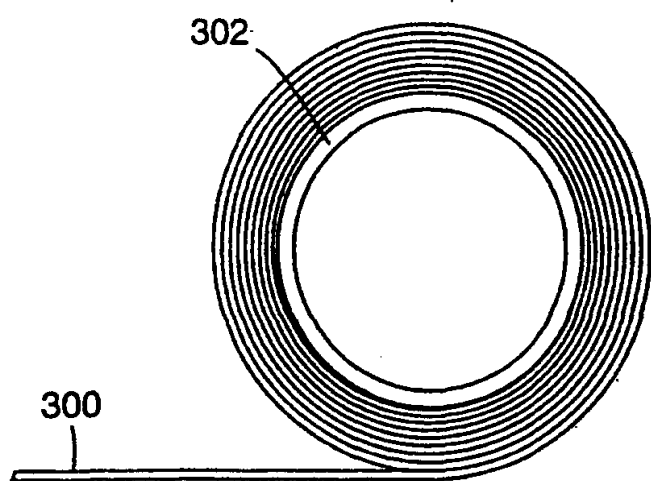


图 4