



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101790456 B

(45) 授权公告日 2013. 10. 30

(21) 申请号 200880104735. 1

B32B 27/26 (2006. 01)

(22) 申请日 2008. 08. 18

C08J 3/075 (2006. 01)

(30) 优先权数据

2007-219791 2007. 08. 27 JP

C08F 2/44 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1757662 A, 2006. 04. 12,

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010. 02. 26

审查员 杨建勇

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2008/073451 2008. 08. 18

(87) PCT申请的公布数据

W02009/029436 EN 2009. 03. 05

(73) 专利权人 3M 创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

(72) 发明人 增田祥一 诹访敏宏 鸟海尚之

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 郭国清 樊卫民

(51) Int. Cl.

B32B 27/08 (2006. 01)

B32B 27/00 (2006. 01)

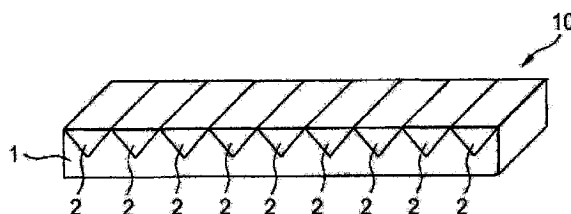
权利要求书2页 说明书14页 附图6页

(54) 发明名称

聚合物凝胶结构及其制备方法

(57) 摘要

一种聚合物凝胶结构,包括:具有至少一个不平坦主表面的第一层,该第一层包含第一聚合物组分;和形成在第一层的主表面上的第二层,该第二层包含第二聚合物组分,其中第二聚合物组分至少部分地穿入第一层,在第一聚合物组分与第二聚合物组分之间形成互穿聚合物网络结构或半互穿聚合物网络结构。



1. 一种聚合物凝胶结构,其包括:

具有至少一个不平坦主表面的第一层,所述第一层包含至少 60wt% 的第一聚合物组分,其中所述第一聚合物组分的制备方式可以是

- 1) 聚合包含至少一个亲水基团的不饱和单体并化学交联所得到的聚合物 ;或
- 2) 聚合包含至少一个亲水基团的不饱和单体并物理交联所得到的聚合物 ;或
- 3) 物理交联包含至少一个亲水基团的聚合物 ;或
- 4) 使包含至少一个亲水基团的不饱和单体与包含至少一个疏水基团的不饱和单体共聚,并化学交联所得到的聚合物 ;或
- 5) 使包含至少一个亲水基团的不饱和单体与包含至少一个疏水基团的不饱和单体共聚,并物理交联所得到的聚合物 ;和

形成在所述第一层的主表面上的第二层,所述第二层包含至少 60wt% 的第二聚合物组分,其中所述第二聚合物组分的制备方式可以是

- 1) 化学交联或物理交联具有至少一个亲水基团的聚合物 ;或
- 2) 聚合具有至少一个亲水基团的不饱和单体 ;或
- 3) 聚合具有至少一个亲水基团的不饱和单体并化学交联或物理交联所得到的聚合物 ;或
- 4) 使具有至少一个亲水基团的不饱和单体与具有至少一个疏水基团的不饱和单体共聚 ;或
- 5) 使具有至少一个亲水基团的不饱和单体与具有至少一个疏水基团的不饱和单体共聚并化学交联或物理交联所得到的聚合物 ;

其中所述第二聚合物组分至少部分地穿入所述第一层,在所述第一聚合物组分与所述第二聚合物组分之间形成互穿聚合物网络结构或半互穿聚合物网络结构。

2. 一种减摩部件,其包括根据权利要求 1 所述的聚合物凝胶结构。

3. 根据权利要求 2 所述的减摩部件,其中所述部件的形式为片、膜或管。

4. 一种制备聚合物凝胶结构的方法,包括:

形成具有至少一个不平坦主表面且包含至少 60wt% 的第一聚合物组分的第一层,其中所述第一聚合物组分的制备方式可以是

- 1) 聚合包含至少一个亲水基团的不饱和单体并化学交联所得到的聚合物 ;或
- 2) 聚合包含至少一个亲水基团的不饱和单体并物理交联所得到的聚合物 ;或
- 3) 物理交联包含至少一个亲水基团的聚合物 ;或
- 4) 使包含至少一个亲水基团的不饱和单体与包含至少一个疏水基团的不饱和单体共聚,并化学交联所得到的聚合物 ;或
- 5) 使包含至少一个亲水基团的不饱和单体与包含至少一个疏水基团的不饱和单体共聚,并物理交联所得到的聚合物 ;以及

形成在所述第一层的不平坦主表面上且包含至少 60wt% 的第二聚合物组分的第二层,其中所述第二聚合物组分的制备方式可以是

- 1) 化学交联或物理交联具有至少一个亲水基团的聚合物 ;
- 2) 聚合具有至少一个亲水基团的不饱和单体 ;
- 3) 聚合具有至少一个亲水基团的不饱和单体并化学交联或物理交联所得到的聚合

物；

4) 使具有至少一个亲水基团的不饱和单体与具有至少一个疏水基团的不饱和单体共聚；或

5) 使具有至少一个亲水基团的不饱和单体与具有至少一个疏水基团的不饱和单体共聚并化学交联或物理交联所得到的聚合物；

其中所述第二聚合物组分至少部分地穿入到所述第一层中，在所述第一聚合物组分与所述第二聚合物组分之间形成互穿聚合物网络结构或半互穿聚合物网络结构。

聚合物凝胶结构及其制备方法

[0001] 相关专利申请的交叉引用

[0002] 本申请要求 2007 年 8 月 27 日提交且目前待审的 2007-219791 号日本专利申请的权益,上述申请的公开内容全文以引用的方式并入本文。

技术领域

[0003] 本发明涉及聚合物凝胶结构及其制备方法。

背景技术

[0004] 浸入液体(例如体液)时具有低摩擦系数(高润滑性)的生物相容性聚合物凝胶是已知的。然而,这种聚合物凝胶的机械强度往往不够理想。为了减少水含量,使亲水单体与适量的疏水单体共聚,由此提高机械强度,这种做法是已知的,然而这种聚合物凝胶的摩擦系数可能增大,因此润滑性可能降低。

[0005] PCT 公开 No. W003/093337 公开了一种形成互穿聚合物网络结构的水凝胶或半互穿聚合物网络结构的水凝胶的方法,其方式是,聚合及交联第一单体以形成网络结构,向该网络结构中引入第二单体,聚合该第二单体并交联(必要时)所得到的聚合物。这种方法提高了机械强度,但水凝胶缺乏足够的润滑性。

[0006] 日本未经审查的专利公布(特开) No. 2002-212452 公开了一种通过使线型聚合物与聚合物凝胶混合或者对聚合物凝胶的表面接枝聚合线型聚合物以形成低摩擦水凝胶的方法。然而这种方法可能会使润滑度减小,因为接枝链或线型聚合物可能会因摩擦或磨损被切断。

[0007] 日本未经审查的专利公开(特开) No. 2003-171686 公开了一种利用聚合物与水的相互作用提供润滑效果的方法,其方式是,制备具有表面不平坦的亲水聚合物凝胶单层的聚合物凝胶以控制接触面积。然而,这种聚合物凝胶也不具有足够的机械性能。

[0008] 还已经采用了这样的方法,其中使用水溶性聚合物为润滑剂,从而减少在水中的摩擦阻力。这种体系不能保持其润滑性,因为水溶性聚合物往往会迁离表面或溶于水。

[0009] 因此,仍有必要寻求一种聚合物凝胶结构,其具有足够的、得到保持的润滑性,同时仍具有足够的机械强度。

发明内容

[0010] 本文公开了一种聚合物凝胶结构,其包括:具有至少一个不平坦主表面的第一层,该第一层包含第一聚合物组分;和形成在所述第一层的主表面上的第二层,该第二层包含第二聚合物组分。该第二聚合物组分至少部分地穿入第一层,在第一聚合物组分与第二聚合物组分之间形成互穿聚合物网络结构或半互穿聚合物网络结构。

[0011] 本文还公开了包括本文中所述的聚合物凝胶结构的减摩部件。

[0012] 本文还公开了制备聚合物凝胶结构的方法,该方法包括形成具有至少一个不平坦主表面且包含第一聚合物组分的第一层;和在第一层的不平坦主表面上形成第二层,该第

二层包含第二聚合物组分。第二聚合物组分至少部分地穿入到第一层中,在第一聚合物组分与第二聚合物组分之间形成互穿聚合物网络结构或半互穿聚合物网络结构。

附图说明

[0013] 参照附图,结合以下对本发明各种实施例的详细描述可以更完全地理解本发明,其中:

[0014] 图 1 是本文中公开的聚合物凝胶结构的一个实施例的示意图;

[0015] 图 2 是本文中公开的聚合物凝胶结构的一个实施例的示意图;

[0016] 图 3 是示出本文中公开的聚合物凝胶结构的互穿聚合物网络结构或半互穿聚合物网络结构的示意图;

[0017] 图 4 是实例中所使用的成膜工具的显微照片;

[0018] 图 5 是实例中所使用的另一种成膜工具的显微照片;

[0019] 图 6 是显示实例 1 中制备的第一层的表面的激光显微照片;

[0020] 图 7 是显示实例 1 中制备的聚合物凝胶结构的表面的激光显微照片;以及

[0021] 图 8 是从实例 2 和比较例 2 的结构测出的摩擦力图。

[0022] 附图不一定是按照比例绘制的。图中同样的数字代表同样的部件。然而,应当理解的是,在某张图中使用某个数字指代某个部件并不意味着对另一张图中相同数字所代表的部件有限制。

具体实施方式

[0023] 在以下的描述中参考了所述一组附图,这些附图构成本发明的一部分,其中通过举例说明的方式显示了若干具体的实施例。应该理解的是,在不偏离本发明范围或实质的情况下可以设想并作出其它的实施例。因此以下的详细描述不应理解为具有限制的意义。本文中提供的定义是为了便于理解本文中经常使用的某些术语,不意味着限定本发明的范围。

[0024] 除另指出外,说明书和权利要求书中用来表述形体(feature)尺寸、数量和物理特性的所有数字应理解为在所有情况下都由术语“约”来修饰。因此,除非有相反的指示,否则在前述的说明书和所附权利要求书中给出的数值参数均为近似值,这些近似值可以根据本领域技术人员利用本文所公开的教导内容寻求获得的特性而变。

[0025] 通过端点表述的数值范围包括该范围内所包含的所有数值(如,1至5包括1、1.5、2、2.75、3、3.80、4和5)以及该范围内的任何范围。

[0026] 除所述内容明确指出不同的情况外,本说明书以及所附权利要求书中所使用的单数形式“一”、“一个”和“所述”涵盖具有复数指代物的实施例。除所述内容明确指出不同的情况外,本说明书以及所附权利要求书中所使用的术语“或”一般以包括“和/或”在内的意思使用。

[0027] 本说明书中所使用的短语“互穿聚合物网络结构”是指这样的结构,其中两种或更多种聚合物发生缠结,不打破网络结构中的化学键就不能使缠结的聚合物分开。可以由第一聚合物组分(在第一层中)和第二聚合物组分(在第二层中)形成互穿聚合物网络结构,其中在交联之前,第二聚合物组分已至少部分地穿入到第一聚合物组分中。短语“半互穿聚合

物网络结构”是指这样的结构,其中两种或更多种聚合物发生缠结,不打破化学键也可以使缠结的聚合物分开。半互穿网络结构中的聚合物通常是线型或支化的聚合物。可以由已交联的第一聚合物组分(在第一层中)和已穿入到第一层中并且已聚合但没有交联的第二聚合物组分(在第二层中)形成半互穿聚合物网络结构。

[0028] 本说明书中所用的“交联”包括化学交联和物理交联两者。一般来说,“以化学方式交联”和“化学交联”是指通过化学键(共价键)产生凝胶网络结构。实施化学交联的示例性方法包括(但不限于):(1) 通过缩聚反应或自由基反应同时进行交联和聚合,和(2) 首先合成线型聚合物,然后在合成以后通过化学反应进行交联。一般来说,“以物理方式交联”和“物理交联”是指例如通过聚合物之间的氢键、离子键、配位键、螺旋或疏水键产生凝胶网络结构。

[0029] 可以通过下式确定本说明书中所用的凝胶结构的“溶胀百分比”,其中 W_w 是凝胶湿重或在 25°C 溶液中达到溶胀平衡时的重量; D_w 是凝胶干重或在 80°C 下干燥 4 小时后的重量:

[0030] 溶胀 (%) = $100 \times \{(W_w) - (D_w)\} / (W_w)$ 。

[0031] 可以通过下式确定本说明书中所用的聚合物的“交联度”,其中 CA 是交联剂的摩尔浓度; M^1 是单体的摩尔浓度:

[0032] 交联度 (%) = $100 \times (CA/M^1)$

[0033] 本文中公开的聚合物凝胶结构包括具有至少一个不平坦主表面的第一层和形成在第一层的主表面上的第二层,第一层包含第一聚合物组分,第二层包含第二聚合物组分。第二聚合物组分至少部分地穿入到第一层中,从而在第一聚合物组分与第二聚合物组分之间形成互穿聚合物网络结构或半互穿聚合物网络结构。

[0034] 本文中公开了形成聚合物凝胶结构的方法。一种方法的实施例包括形成具有至少一个不平坦主表面的第一层,该第一层包含第一聚合物组分;和在第一层的不平坦主表面上形成第二层,该第二层包含第二聚合物组分。第二聚合物组分至少部分地穿入到第一层中,从而在第一聚合物组分与第二聚合物组分之间形成互穿聚合物网络结构或半互穿聚合物网络结构。

[0035] 在一个实施例中,本文公开的聚合物凝胶结构具有足够的机械强度,并且摩擦性减小。在一个实施例中,在第一聚合物组分与第二聚合物组分之间形成的互穿聚合物网络结构或半互穿聚合物网络结构可以提供机械强度提高的优点。第一层的所述至少一个不平坦表面使得可以把第一层和第二层交替地布置在该表面上或者整体聚合物凝胶结构的表面附近。这种结构可以因内含第二聚合物组分而保持低摩擦阻力。因为第一层提供高机械强度,所以低摩擦阻力可随时间推移得到保持。

[0036] 图 1 和 2 是本文中公开的聚合物凝胶结构的实施例的示意图。聚合物凝胶结构 10 包括含第一聚合物组分的第一层 1。在一个实施例中,第一层 1 主要包含第一聚合物组分。例如,第一层的至少 60 重量%、至少 70 重量%、至少 80 重量%、至少 90 重量%、至少 95 重量%或至少 98 重量%为第一聚合物组分。聚合物凝胶结构还包括含第二聚合物组分的第二层 2。在一个实施例中,第二层主要包含第二聚合物组分。例如,第二层的至少 60 重量%、至少 70 重量%、至少 80 重量%、至少 90 重量%、至少 95 重量%或至少 98 重量%为第二聚合物组分。

[0037] 第一层 1 具有至少一个不平坦表面。在聚合物凝胶结构为膜或板的实施例中，第一层 1 可以在其一面上具有不平坦主表面，如图 1 所示，或者可以在其两面上均具有不平坦表面，如图 2 所示。所公开的聚合物凝胶结构也可以是一种三维结构。在其为三维结构的实施例中，不平坦表面可以位于该结构的至少一部分上。该结构的最外表面通常包括第二层 2。虽然图 1 和图 2 中都包括具有三角形横截面的不平坦表面，但可以采用任何不平坦表面。不平坦表面的形式可以为规则的重复模式，如图 1 和图 2 中所示，或者可以为非重复和无规则的。

[0038] 可以通过本领域技术人员已知的任何方法形成包含第一聚合物组分的第一层。在一个实施例中，可以通过聚合及化学交联形成第一聚合物组分。例如，可以利用具有不平坦结构的模具。在一个实施例中，可以由可聚合的溶液形成第一聚合物组分，所述可聚合的溶液可以包含形成第一聚合物组分的第一单体。在一个实施例中，可聚合的溶液可以包含单体、聚合引发剂和交联剂。可以把可聚合的溶液施加到模具中，然后进行聚合及交联。

[0039] 在一个实施例中，可以通过物理交联形成第一聚合物组分。例如，可以利用具有不平坦结构的模具。更具体地说，可以把第一聚合物组分施加到模具中，并通过例如聚合物之间的氢键、离子键、螯合物的形成、螺旋的形成或疏水键的形成进行交联。能够通过物理交联形成的聚合物组分的例子包括(但不限于)诸如琼脂或明胶的天然聚合物。

[0040] 当利用模具时，第一聚合物组分通常是作为层获得，所述层(以相反方式)与模具的不平坦表面相对应。也可以不使用模具而形成具有至少一个不平坦表面的第一层。例如，可以在平的第一聚合物组分的表面进行物理处理方法。可以利用的物理处理的类型包括(但不限于)切削处理。

[0041] 本文公开的聚合物凝胶结构还包括含第二聚合物组分的第二层，其位于或者形成在第一层的所述至少一个不平坦主表面上。一般来说，第二聚合物组分覆盖或者填充所述第一层的至少一个不平坦表面。第二聚合物组分至少部分地穿入到第一层中，从而在第一聚合物组分与第二聚合物组分之间形成互穿聚合物网络结构或半互穿聚合物网络结构。可以通过在第一层的不平坦主表面上形成第二层来制备这种互穿聚合物网络结构或半互穿聚合物网络结构。第二层包含可以至少部分地穿入到第一层中，从而在第一聚合物组分与第二聚合物组分之间形成互穿聚合物网络结构或半互穿聚合物网络结构的第二聚合物组分。

[0042] 在一个实施例中，通过对第一层施加含第二聚合物组分或第二聚合物组分的前体的溶液(称第二溶液)使第二聚合物组分至少部分地穿入到第一聚合物组分中。可以通过已知的方法完成第二溶液的施加，如通过涂布、通过将第一层浸泡在第二溶液中或者通过前两者的组合来施加。

[0043] 在一个实施例中，第二溶液包含第二单体材料。在一个实施例中，第二溶液包含形成第二聚合物组分的第二单体材料、聚合引发剂和交联剂。可以用第二溶液涂布第一层。可以将可为凝胶形式的第一层浸泡在第二溶液中。将第一层浸到第二溶液中可以使第二聚合物组分的单体材料渗透到第一层的第一聚合物组分中。第一层可以在第二溶液中浸泡任意所需的时间。可以通过观察凝胶的溶胀程度或溶胀率确定第二溶液已渗透的程度。为了达到平衡溶胀，往往把凝胶在第二溶液中浸泡数小时或更长的时间。

[0044] 然后可以通过聚合及交联第二单体材料形成第二层。可将第一层从第二溶液取出

后再聚合及交联第二单体材料。可以采用任何交联的方法。例如,化学交联和物理交联方法都可以采用。在一个实施例中,可以使用紫外线 (UV) 固化型树脂作为第二单体材料并利用 UV 辐射固化。在一个实施例中,可以使用热聚合型的可聚合单体材料作为第二单体材料,可以提供必要数量的热量以形成第二聚合物组分。在将渗透的第二聚合物组分进行交联的实施例中,可形成互穿聚合物网络结构。在聚合后不交联第二聚合物组分的实施例中,可形成半互穿聚合物网络结构。

[0045] 在形成互穿聚合物网络结构的示例性实施例中,机械强度可得到显著提高。可以通过第一层浸入含第二单体的溶液时的溶胀度或者通过聚合第二单体之后机械强度的提高,确认所形成的是互穿聚合物网络结构还是半互穿聚合物网络结构。

[0046] 图 3 是示出本文公开的聚合物凝胶结构的互穿聚合物网络结构或半互穿聚合物网络结构的示意图。第一层 1 主要包含第一聚合物组分(图 3 中显示为较粗的线 3)。第二聚合物组分(图 3 中显示为较细的线 4)已穿入到第一层 1 中,并且第一聚合物组分中的至少一条聚合物链 3 与第二聚合物组分中的至少一条聚合物链 4 缠结形成网络结构。这样,穿入的第二聚合物组分可提高第一聚合物组分的强度。包含第二聚合物组分的第二层 2 填充或覆盖第一层的凹部的至少一部分。这样,聚合物凝胶结构 10 具有完全用第二聚合物组分覆盖的表面。因此,在第二聚合物组分为高润滑度聚合物的实施例中,整体表面的摩擦阻力可得以减少。第一层的凸部还可以起到减少凹部中的第二聚合物组分磨损的作用,因此润滑度的提高可得到保持。

[0047] 通常可以对第一聚合物组分加以选择,使其能够在第一聚合物组分与第二聚合物组分之间形成互穿聚合物网络结构或半互穿聚合物网络结构,并且还具有所需的机械强度。在一个实施例中,第一聚合物组分的制备方式可以是 1) 聚合包含至少一个亲水基团的不饱和单体并化学交联所得到的聚合物;2) 聚合包含至少一个亲水基团的不饱和单体并物理交联所得到的聚合物;3) 物理交联包含至少一个亲水基团的聚合物;4) 使包含至少一个亲水基团的不饱和单体与包含至少一个疏水基团的不饱和单体共聚,并化学交联所得到的聚合物;或者 5) 使包含至少一个亲水基团的不饱和单体与包含至少一个疏水基团的不饱和单体共聚,并物理交联所得到的聚合物。

[0048] 包含至少一个亲水基团的示例性不饱和单体包括(但不限于)例如丙烯酸、甲基丙烯酸、2-丙烯酰胺基-2-甲基丙烷磺酸、丙烯酰胺、N,N-二甲基丙烯酰胺、N-异丙基丙烯酰胺、丙烯酸 2-羟乙酯、甲基丙烯酸 2-羟乙酯、丙烯酸羟丙酯、丙烯酸 2-甲氧基乙酯、N-乙烯基吡咯烷酮、乙酸乙烯酯、丁二醇单丙烯酸酯、丙烯酸-N,N-二甲氨基乙酯、丙烯酸-N,N-二乙氨基乙酯、丙烯酸-2-乙氧基乙酯、丙烯酸-2-(二甲氨基)甲基乙酯、透明质酸、丙烯酸-N,N-二甲氨基乙酯、丙烯酸钠、N-丙烯酰氨基乙氧基乙醇、N-丙烯酰氨基丙醇、丙烯酰氧基丙烷磺酸酯、马来酸酐、乙撑亚胺、环氧乙烷、环氧丙烷、1,3-二氧戊环、2-甲基-1,3-二氧戊环、4-甲基-1,3-二氧戊环、2,2'-二乙基-1,3-二氧戊环、二甲氨基丙基丙烯酰胺、吡啶、乙烯基甲基醚、环氧丙烷和 N-羟甲基丙烯酰胺。

[0049] 包含至少一个疏水基团的示例性不饱和单体包括(但不限于)例如甲基丙烯酸乙酯、甲基丙烯酸甲酯、丙烯酸-2,2,2-三氟乙基甲酯、甲基丙烯酸-2,2,3,3,3-五氟丙酯、甲基丙烯酸-3-(全氟丁基)-2-羟丙酯、甲基丙烯酸-1H,1H,9H-六氟壬酯、丙烯酸-2,2,2-三氟乙酯、2,3,4,5,6-五氟苯乙烯和偏二氟乙烯。

[0050] 在一个实施例中,可以利用具有能产生电荷的亲水基团的不饱和单体(例如包含酸基团的不饱和单体,如(甲基)丙烯酸)形成第一聚合物组分,从而进一步提高结构的机械强度。在这种实施例中,可以利用包含至少一个疏水基团的不饱和单体(如(甲基)丙烯酸烷基酯,例如甲基丙烯酸乙酯等)作为共聚单体。

[0051] 包含至少一个亲水基团的示例性聚合物包括(但不限于)例如琼脂糖、琼脂胶、淀粉酶、阿拉伯树胶、阿拉伯聚糖、藻酸、藻酸钠、藻酸丙二醇酯、胰岛素、乙基纤维素、羟乙基纤维素、凝胶多糖、酪蛋白、卡拉胶、羧基羧甲基纤维素、琼脂、黄原胶、甲壳质、壳聚糖、瓜耳胶、温柏树籽、葡甘露聚糖、红藻淀粉、酵母甘露聚糖、胶原、结冷胶(gellan gum)、西索菲兰、明胶、纤维素、象牙果甘露聚糖、罗望子胶、淀粉、黑曲霉多糖、羟乙基纤维素、羟丙基纤维素、12-羟基硬脂酸、石耳素、海萝聚糖、分解木葡聚糖、HM果胶、LM果胶、聚丙烯酸钠、聚丙烯腈、聚脒、聚乙烯醇、聚全氟碳磺酸、聚甲基丙烯酸-聚乙二醇共聚物、紫菜聚糖、甲基纤维素、甲基淀粉、香菇多糖和刺槐豆胶。

[0052] 通常可对第二聚合物组分加以选择,使其能够在第一聚合物组分与第二聚合物组分之间形成互穿聚合物网络结构或半互穿聚合物网络结构。另外,通常可将第二聚合物组分选择成能给聚合物凝胶结构提供所需的表面性能。例如,在水中理想地具有优良润滑性的聚合物凝胶结构可包含具有至少一个亲水基团的第二聚合物组分。在一个实施例中,聚合但不交联第二聚合物组分(如,不使用交联剂进行聚合)。在另一实施例中,第二聚合物组分具有的交联度低于第一聚合物组分的交联度。在特别期望保持结构强度的实施例中,可以交联第二聚合物组分。在一个实施例中,第二聚合物组分可以通过聚合包含至少一个亲水基团的不饱和单体并化学交联或物理交联所述聚合物制备的聚合物组分。在一个实施例中,可以通过使包含至少一个亲水基团的不饱和单体与包含至少一个疏水基团的不饱和单体共聚并化学交联或物理交联所述共聚物来制备第二聚合物组分。第二聚合物组分的制备方式还可以是化学交联或物理交联具有至少一个亲水基团的聚合物;或聚合具有至少一个亲水基团的不饱和单体;或使具有至少一个亲水基团的不饱和单体与具有至少一个疏水基团的不饱和单体共聚。

[0053] 也可以使用上文针对第一聚合物组分讨论过的包含至少一个亲水基团的示例性不饱和单体和包含至少一个疏水基团的不饱和单体,来形成第二聚合物组分。

[0054] 可以采用本领域中已知的交联方法化学交联第一聚合物组分、第二聚合物组分或它们的组合。实施化学交联的方法可以包括:(1)通过缩聚反应或自由基反应在聚合的同时进行交联的方法,和(2)合成线型聚合物并随后通过化学反应交联的方法。在通过自由基反应同时进行交联与聚合的实施例中,可以对可聚合的单体添加多官能丙烯酸单体或低聚物用于交联。

[0055] 可以利用的多官能丙烯酸单体包括(但不限于)例如二丙烯酸乙二醇酯、二甲基丙烯酸乙二醇酯、二丙烯酸二乙二醇酯、二甲基丙烯酸二乙二醇酯、二丙烯酸三乙二醇酯、二甲基丙烯酸三乙二醇酯、三羟甲基丙烷三丙烯酸酯、三甲基丙烷三甲基丙烯酸酯、丙烯酸烯丙酯、甲基丙烯酸烯丙酯、马来酸二烯丙酯、邻苯二甲酸二烯丙酯、间苯二甲酸二烯丙酯、三烯丙基异氰酸酯和N,N'-亚甲基双丙烯酰胺。

[0056] 在打算利用物理交联的实施例中,可以采用已知的物理交联方法来交联第一聚合物组分、第二聚合物组分或它们的组合。示例性的方法包括(但不限于)通过冷冻-解冻方

法或冷冻-干燥方法形成氢键;通过在适当条件下混合具有相反电荷的两种聚合物电解液形成聚离子络合物凝胶;通过混合高酸性聚合物与碱土金属形成凝胶;通过加热形成凝胶而产生溶胶-凝胶;和通过平衡疏水相互作用与离子斥力形成凝胶。

[0057] 本文公开的聚合物凝胶结构可以还包含第三聚合物组分。第三聚合物组分可以但不一定要能够提高整体聚合物凝胶结构的机械强度和润滑度。第三聚合物组分可以包含在第一层、第二层或这两层的至少一部分中。第三聚合物组分可以与第一聚合物组分和/或第二聚合物组分相同或不同。可将第三聚合物组分随先前的步骤同时掺入到相关的一层或多层中(如,在形成第一层、第二层或这两层的溶液中包含第三聚合物组分)。作为另外的选择,可以采取另外的步骤把第三聚合物组分掺入到相关的一层或多层中(用包含第三聚合物组分的溶液浸泡或涂布第一层、第二层或这两层)。本领域技术人员也会理解,也可以采取这些步骤的任意组合。

[0058] 本领域技术人员会知道,第一层和第二层还可任选地包含各种添加剂。例如,可以加入添加剂,包括(但不限于)增稠剂、固化剂、抗氧化剂、颜料以及它们的组合。

[0059] 对第一层的不平坦形体的形状和尺寸没有任何方式的限制,可以根据聚合物凝胶结构的最终应用加以选择。例如,第一层可以包括棱锥形、半球形、半椭球形、球形、平行布置了许多具有三角形或半圆形截面的槽的系统化形状、非系统化不规则形状(如砂纸的表面)或它们的某种组合。

[0060] 对第一层的不平坦形体的尺寸通常没有限制。不平坦表面的形体越小,处理就会变得越困难。例如,随着单个凹部的体积变小,可能更加难以用第二聚合物组分完全填充凹进处。不平坦表面的形体越大,第一层就越有可能促成第二聚合物组分的磨损。然而,可在第二层中对应于第一层的凹部形成的凹处可有利于防止整体结构的平滑化。在一个实施例中,不平坦形体的尺寸可以为约 0.5mm(微米)至约 1cm(厘米)。

[0061] 对第一层的不平坦形体的间距(从一个形体到下一个形体的距离)通常也没有限制。在一个实施例中,不平坦形体可以具有约 10 μm 或更大的间距。在一个实施例中,不平坦形体可以具有约 50 μm 或更大的间距。在一个实施例中,不平坦形体可以具有 5m(毫米)或更小的间距。在一个实施例中,不平坦形体可以具有约 1mm 更小的间距。

[0062] 对不平坦形体的凹部深度通常也没有限制。在一个实施例中,不平坦形体的凹部深度可以为约 0.1 μm 至约 7mm。在一个实施例中,不平坦形体的凹部深度可以为约 1 μm 或以上。在一个实施例中,不平坦形体的凹部深度可以为约 10 μm 或以上。在一个实施例中,不平坦形体的凹部深度可以为约 1mm 或以下。在一个实施例中,不平坦形体的凹部深度可以为约 100 μm 或以下。

[0063] 对第二层的厚度通常没有限制,但其一般至少一定程度上受制于第一层的凹部深度。

[0064] 本文公开的结构可独立使用,或者可以与其它材料相结合。所述结构可以用在任何制品的外部上。在一个实施例中,所述结构在膜、片或管的外部上。单独的基材可以与膜、片或管联用。例如,当把具有本文中公开的结构膜、片或管附接于(例如)内窥镜或导管的外表面时,可以使向患者体内插入所述装置过程中的摩擦阻力减小。这样将会减少患者的疼痛和不适感觉。作为另一种示例性的应用,如果把本文中公开的聚合物凝胶结构应用于隐形眼镜,则该隐形眼睛与没有本文中公开的结构隐形眼镜相比所产生的不适减少。眼

内透镜和人造关节是可受益于由本文公开的结构提供的优点的其它应用。

[0065] 实例

[0066] 通过下文提供的实例的阐述可以获得对本发明各方面的理解,然而本发明并不因此受限制。

[0067] 实例 1:聚合物凝胶结构的制备

[0068] 制备第一聚合物组分:

[0069] 通过混合 10 克丙烯酸(AAc,日本大阪的和光纯药工业株式会社)、20 克蒸馏水、0.4 克 NK 酯 A-400(日本福井的新中村化学工业株式会社)与 0.014 克 IRGACURE2959(瑞士巴塞尔的汽巴精化公司的商品名)制备 UV 固化型单体的水溶液(即,第一单体溶液或第一溶液)。NK-酯 A-400 指的是平均分子量约 400 的聚乙二醇的二丙烯酸酯。IRGACURE2959 指的是用于 UV 固化的光引发剂 1-[4-(2-羟乙氧基)-苯基]-2-羟基-2-甲基-1-丙烷-1-酮。用氮气(N₂)吹扫第一溶液,然后涂布到成膜工具上。

[0070] 成膜工具为聚丙烯制成的棱锥形凹模。成膜工具中的棱锥形状具有 100 μm 的长度和 63 μm 的深度。成膜工具的显微图像可参见图 4。成膜工具是通过将聚丙烯粒料(日本聚丙烯株式会社(日本ポリプロ株式会社)商购,商品名 NOVATEC-PP)对着具有所需表面结构的镍工具进行热压制成的。保持镍工具在 200℃,对聚丙烯施加 320kN/cm² 的压紧力。热压后将所得到的聚丙烯膜与镍工具在接触的状态下冷却到室温。然后从镍工具上取下聚丙烯膜,从而得到成膜工具。

[0071] 然后将经涂布的成膜工具(即,涂以第一单体溶液的成膜工具)层合至 50 μm 厚的经脱模剂处理的聚酯(PET)膜。本文中所使用的术语“经脱模剂处理的”膜是指用有机硅脱模剂处理过的膜。将该层合结构其为成膜工具、第一单体溶液形成的涂层和经脱模剂处理的 PET 膜的组合,用在 45,000mJ/cm² 下操作的 UV 光照射其 PET 一侧上。UV 灯是由美国加利福尼亚州赛普里斯的 USHIO 公司生产的高压汞蒸气灯。然后从成膜工具上取下所得到的第一聚合物组分,从而得到具有不平坦表面的第一层。第一层的厚度(凸部的顶点至背面的表面)为 200 μm。取下经脱模剂处理的 PET 膜。

[0072] 聚合物凝胶结构的制备:

[0073] 通过混合 10 克丙烯酰胺(AAm,日本大阪的和光纯药工业株式会社)、90 克蒸馏水、0.02 克 N-亚甲基双丙烯酰胺(MBAA,日本大阪的和光纯药工业株式会社)与 0.03 克 IRGACURE2959(瑞士巴塞尔的汽巴精化公司的商品名)制备 UV 固化型单体的水溶液(即,第二单体溶液或第二溶液)。然后用 N₂ 气体吹扫第二溶液。在室温下将上述制备的第一层在此第二溶液中浸泡过夜,使单体渗透到第一聚合物组分中。然后从第二溶液中取出经渗透的第一层,并层合至经脱模剂处理的 50 μm 的 PET 膜。层合之前不对被第二溶液渗透的第一层进行干燥。同样用 45,000mJ/cm² UV 光照射层合体的 PET 一侧。然后将 PET 膜剥离层合体,并通过在蒸馏水中浸泡洗涤所得到的结构。样品留在蒸馏水中形成聚合物凝胶结构。术语“聚合物凝胶”是指包含第一聚合物组分和第二聚合物组分两者的互穿或半互穿聚合物网络结构。此聚合物凝胶结构在蒸馏水中的溶胀百分比经确定为 72%。

[0074] 实例 2:添加聚乙二醇

[0075] 第一聚合物组分的制备:

[0076] 通过混合 1.8 克 2-丙烯酰胺基-2-甲基丙烷磺酸(AMPS,日本东京的东亚合成社,

东亚合成株式会社)、10.8 克蒸馏水、0.088 克 N,N-亚甲基双丙烯酰胺(MBAA,日本大阪的和光纯药工业株式会社)与 0.014 克 IRGACURE2959 (瑞士巴塞尔的汽巴精化公司的商品名)制备 UV 固化型单体的水溶液。为了增加水溶液的粘度,还添加 0.4 克聚乙二醇(PEG,平均分子量 =500,000,日本大阪的和光纯药工业株式会社)。用 N₂ 气体吹扫第二溶液。然后把第二溶液涂布到成膜工具上,层合至 PET 膜,并如实例 1 中所述进行 UV 处理。然后从成膜工具上取下第一聚合物组分,从而得到厚度(测量如实例 1)为 200 μm 的第一层。

[0077] 聚合物凝胶结构的制备:

[0078] 按与实例 1 中所述相同的程序制备第二单体溶液并用于形成聚合物凝胶结构。

[0079] 实例 3:第一聚合物组分为共聚物

[0080] 第一聚合物组分的制备:

[0081] 通过混合 6 克丙烯酸(AAc,日本大阪的和光纯药工业株式会社)、3 克 2-羟乙基-2-甲基丙烯酸酯(HEMA,日本大阪的和光纯药工业株式会社)、20 克蒸馏水、0.4 克 NK 酯 A-400 (日本福井的新中村化学工业株式会社)与 0.014 克 IRGACURE2959 (瑞士巴塞尔的汽巴精化公司的商品名)制备 UV 固化型单体的水溶液(即,第一单体溶液或第一溶液)。用 N₂ 气体吹扫第一溶液。然后把第一溶液涂布到成膜工具上,层合至 PET 膜,并如实例 1 中所述进行 UV 处理。然后从成膜工具上取下第一聚合物组分,从而得到厚度(测量如实例 1)为 200 μm 的第一层。

[0082] 聚合物凝胶结构的制备:

[0083] 按与实例 1 中所述相同的程序制备第二单体溶液并用于形成聚合物凝胶结构。

[0084] 实例 4:水以外的溶剂

[0085] 第一聚合物组分的制备:

[0086] 通过混合 4 克丙烯酸(AAc,日本大阪的和光纯药工业株式会社)、4 克 2-甲基丙烯酸-2-羟乙酯(HEMA,日本大阪的和光纯药工业株式会社)、1 克 N,N-二甲基丙烯酰胺(DMAAm,日本大阪的和光纯药工业株式会社)、1 克甲基丙烯酸乙酯(EMA,日本大阪的和光纯药工业株式会社)、20 克三乙二醇(TEG,美国密苏里州圣路易斯的西格玛奥德里奇公司)、0.8 克三羟甲基丙烷三丙烯酸酯(TMPTA,日本东京的日本化药株式会社)与 0.014 克 DAROCUR1173 (2-羟基-2-甲基-苯基丙-1-酮,瑞士巴塞尔的汽巴精化公司的商品名)制备 UV 固化型单体溶液(即,第一单体溶液或第一溶液)。然后用 N₂ 气体吹扫第一溶液。然后把第一溶液涂布到成膜工具上,层合至 PET 膜,并如实例 1 中所述进行 UV 处理。然后从成膜工具上取下第一聚合物组分,从而得到厚度(测量如实例 1)为 200 μm 的第一层。

[0087] 聚合物凝胶结构的制备:

[0088] 通过混合 10 克 N,N-二甲基丙烯酰胺(DMAAm,日本大阪的和光纯药工业株式会社)、90 克三乙二醇(TEG,美国密苏里州圣路易斯的西格玛奥德里奇公司)、0.02 克三羟甲基丙烷三丙烯酸酯(TMPTA,日本东京的日本化药株式会社)与 0.03 克 DAROCUR1173(瑞士巴塞尔的汽巴精化公司的商品名)制备 UV 固化型单体溶液(即,第二单体溶液或第二溶液)。然后用 N₂ 气体吹扫第二溶液。然后把上述制备的第一层浸泡在第二溶液中,层合至 PET 膜,并如实例 1 第二部分中所述进行照射。然后将 PET 膜剥离层合体,通过在蒸馏水中浸泡洗涤所得到的结构,从而用水取代 TEG。让该结构溶胀至平衡。

[0089] 实例 5:提高第二聚合物组分的交联密度

[0090] 第一聚合物组分的制备

[0091] 通过混合 4 克丙烯酸(AAc, 日本大阪的和光纯药工业株式会社)、4 克 2- 甲基丙烯酸-2- 羟乙酯(HEMA, 日本大阪的和光纯药工业株式会社)、1 克 N, N- 二甲基丙烯酰胺(DMAAm, 日本大阪的和光纯药工业株式会社)、1 克甲基丙烯酸乙酯(EMA, 日本大阪的和光纯药工业株式会社)、20 克三乙二醇(TEG, 美国密苏里州圣路易斯的西格玛奥德里奇公司)、0.5 克三羟甲基丙烷三丙烯酸酯(TMPTA, 日本东京的日本化药株式会社)与 0.014 克 DAROCUR1173 (瑞士巴塞尔的汽巴精化公司的商品名) 制备 UV 固化型单体溶液(即, 第一单体溶液或第一溶液)。用 N₂ 气体吹扫第一溶液。然后把第一溶液涂布到成膜工具上, 层合至 PET 膜并如实例 1 中所述进行 UV 处理。然后从成膜工具上取下第一聚合物组分, 从而得到厚度(测量如实例 1) 为 200 μm 的第一层。

[0092] 聚合物凝胶结构的制备:

[0093] 通过混合 10 克丙烯酸(AAc, 日本大阪的和光纯药工业株式会社)、90 克三乙二醇(TEG, 美国密苏里州圣路易斯的西格玛奥德里奇公司)、0.8 克三羟甲基丙烷三丙烯酸酯(TMPTA, 日本东京的日本化药株式会社)与 0.03 克 DAROCUR1173 (瑞士巴塞尔的汽巴精化公司的商品名) 制备 UV 固化型单体溶液(即, 第二单体溶液或第二溶液)。然后用 N₂ 气体吹扫第二溶液。然后把上述制备的第一层浸泡在第二溶液中, 层合至 PET 膜, 并如实例 1 第二部分中所述进行照射。然后将 PET 膜剥离层合体, 通过在蒸馏水中浸泡洗涤所得到的结构, 从而用水取代 TEG, 并让其溶胀至平衡。

[0094] 实例 6: 不平坦表面为随机的形状

[0095] 除了使用具有压印的随机结构图案的聚丙烯成膜工具外, 采用实例 1 的方法及材料。此成膜工具的显微图参见图 5。除了使用的是不同的镍工具外, 成膜工具的制备方法与实例 1 中所述的类似。

[0096] 实例 7: 热聚合型第一聚合物组分**[0097] 第一聚合物组分的制备**

[0098] 通过混合 1.8 克 2- 丙烯酰胺基-2- 甲基丙烷磺酸(AMPS, 日本东京的东亚合成社, 东亚合成株式会社)、10.8 克蒸馏水、0.088 克 N, N- 亚甲基双丙烯酰胺(MBAA, 日本大阪的和光纯药工业株式会社)与 0.014 克 V-50 (2, 2'- 偶氮二 (2- 甲基丙脒) 二盐酸盐, 日本大阪的和光纯药工业株式会社) 制备热固化型单体的水溶液(即, 第一单体溶液或第一溶液)。为了增加水溶液粘度, 添加 0.4 克聚乙二醇(PEG, 平均分子量=500,000, 日本大阪的和光纯药工业株式会社), 并用 N₂ 气体吹扫溶液。把该溶液涂布到成膜工具上, 并如实例 1 中所述用 PET 膜进行层合。成膜工具与实例 1 中所使用的相同。然后将层合体在 56℃烘箱中加热 14 小时, 从而得到第一聚合物组分。从成膜工具上取下第一聚合物组分, 从而形成厚度(测量如实例 1) 为 200 μm 的第一层。PET 膜也取下。

[0099] 聚合物凝胶结构的制备:

[0100] 如实例 1 中所述制备第二单体溶液并用于形成聚合物凝胶结构。

[0101] 实例 8: 物理交联第一聚合物组分**[0102] 第一聚合物组分的制备**

[0103] 通过混合 3 克琼脂粉(日本大阪的和光纯药工业株式会社)与 97 克蒸馏水, 并在水浴中搅拌下加热到 90℃使琼脂粉充分溶解, 制备亲水聚合物水溶液(即, 第一溶液)。把第

一溶液涂布到实例 1 的成膜工具上,并在 4℃的冰箱中冷却 12 小时,从而形成第一聚合物组分。从成膜工具上取下第一聚合物组分,从而形成厚度(测量如实例 1)为 200 μm 的第一层。

[0104] 聚合物凝胶结构的制备:

[0105] 如实例 1 中所述制备第二单体溶液并用于形成聚合物凝胶结构。

[0106] 实例 9:第一聚合物组分为热塑性吸水树脂

[0107] 第一聚合物组分的制备

[0108] 通过在硅橡胶成膜工具上涂布 3 克 AQUACALK(TWA 产品等级,日本住友精化株式会社)制备第一聚合物组分,所述成膜工具与实例 1 中所述的成膜工具的形状和尺寸相同。然后从成膜工具上取下第一聚合物组分,从而形成厚度(测量如实例 1)为 200 μm 的第一层。

[0109] 用于形成第一聚合物组分的硅橡胶成膜工具的制备程序与实例 1 中制备聚丙烯成膜工具的程序类似,不同的是用硅橡胶代替聚丙烯。硅橡胶可按商品名 ELASTSIL M44770 从瓦克-旭化成有机硅有限公司(Wacker-Asahikasei Silicone Co.,LTD)商购。该硅橡胶是通过混合包含主要组分和硬化剂的两部分组合物来制备。使用热压机(N5020-00,日本埼玉的 NPA 系统株式会社)在 150℃和 10kN 的条件下使硅橡胶紧压着镍工具。硅橡胶在镍工具上固化,然后在保持压力的同时进行冷却。

[0110] 聚合物凝胶结构的制备:

[0111] 如实例 1 中所述制备第二单体溶液并用于形成聚合物凝胶结构。

[0112] 实例 10:不交联第二聚合物组分

[0113] 如实例 1 中所述制备第一聚合物组分。除了不使用交联剂外,如实例 1 中所述制备第二聚合物组分。

[0114] 表 1

[0115]

实施例 序号	层	单体(g)				聚合物(g)			溶剂(g)		PEG (g)	交联剂(g)			引发剂 (g)			交联度 (摩尔%)
		AAc	Amps	HEMA	DMAA	AAm	EMA	琼脂	AQUA+ CALC	H ₂ O	TEG	NS 酯 A-400	TMPTA	MBAA	2959	1173	V-50	
1	第一层	10								20		0.4			0.014			0.567
	第二层					10				90				0.02	0.03			0.092
2	第一层		1.8							10.8				0.088				6.572
	第二层					10				90				0.02				0.092
3	第一层	6		3						20		0.4						0.741
	第二层					10				90		0.02						0.028
4	第一层	4		4	1		1				20		0.8			0.014		2.569
	第二层				10						90		0.02			0.03		0.067
5	第一层	4		4	1		1				20		0.5			0.014		1.606
	第二层										90		0.8			0.03		1.945
6	第一层	10								20		0.4						5.765
	第二层					10				90				0.02				0.092
7	第一层		1.8							10.8				0.088			0.014	6.572
	第二层					10				90				0.02				0.092
8	第一层							3		97								0.092
	第二层					10				90				0.02				0.092
9	第一层								3									0.092
	第二层									90				0.03				0.092
10	第一层	10								20		0.4		0.014				0.567
	第二层					10				90				0.03				0.567

[0116] NS 酯 A-400 :聚乙二醇二丙烯酸酯,平均分子量 =508

[0117] 1173 :2- 羟基 -2- 甲基 -1- 苯基 -1- 丙酮

[0118] 2959 :2- 羟基 -1-[4-(2- 羟乙氧基) 苯基]-2- 甲基 -1- 丙酮

[0119] V50 :2, 2'- 偶氮二 (2- 甲基丙脒) 二盐酸盐比较例 1 至 10

[0120] 按类似于实例 1 至 10

[0121] 的第一层的方式进行没有第二层的比较例 1 至 10 的制备, 不同的是, 用经脱模剂处理的 50 μm 的 PET 膜代替成膜工具。

[0122] 比较例 11

[0123] 通过混合 10 克丙烯酸(AAc, 日本大阪的和光纯药工业株式会社)、20 克蒸馏水、0.4 克 NK 酯 A-400 (聚乙二醇 400 二丙烯酸酯, 日本福井的新中村化学工业株式会社) 与 0.014 克 IRGACURE2959 (瑞士巴塞尔的汽巴精化公司的商品名) 制备 UV 固化型单体的水溶液。用 N_2 气体吹扫水溶液。然后把水溶液嵌在两个经脱模剂处理的 50 μm 的 PET 膜之间, 并使用如实例 1 中所述的 UV 灯, 从膜的一侧以 45,000 mJ/cm^2 的 UV 光进行照射。

[0124] 与实例 1 第一组分的组成相同的平坦膜具有 200 μm 的厚度。接下来从第一聚合物组分上取下 PET 脱模膜, 把第一聚合物组分过夜浸泡在蒸馏水中以溶胀至平衡。

[0125] 比较例 12

[0126] 通过混合 10 克丙烯酰胺(AAm, 日本大阪的和光纯药工业株式会社)、90 克蒸馏水、0.02 克 N, N- 亚甲基双丙烯酰胺(MBAA, 日本大阪的和光纯药工业株式会社) 与 0.03 克 DAROCUR1173 (瑞士巴塞尔的汽巴精化公司的商品名) 制备 UV 固化型单体的水溶液。然后用 N_2 气体吹扫水溶液。把水溶液嵌在两个经脱模剂处理的 50 μm 的 PET 膜之间, 并使用如实例 1 中所述的 UV 灯, 从膜的一侧以 45,000 mJ/cm^2 的 UV 光进行照射。

[0127] 于是, 与实例 1 第二聚合物组分的组成相同的平坦膜具有 200mm 的厚度。接下来从第二聚合物组分上取下 PET 脱模膜, 把第二聚合物组分过夜浸泡在蒸馏水中以溶胀至平衡。

[0128] 分析方法

[0129] 使用激光显微镜(日本大阪的 KEYENCE 株式会社生产的 VK-9500GII) 拍摄实例 1 中形成的第一层的表面。100 放大率的显微照片示于图 6。也使用相同的激光显微镜拍摄实例 1 中的第二聚合物组分的表面。100 放大率的显微照片示于图 7。从图 6 和 7 可见, 第二聚合物组分的第二层填充在第一层的表面的凹部中。

[0130] 在蒸馏水中用手指磨擦在实例 1 至 10 和比较例 1 至 10 中制备的结构, 用以测试所述结构在水中的润滑性。评价润滑性并确定为优(太光滑, 难以用手指抓住)、良好(光滑, 但还可以用手指抓住)、不良(不是很光滑, 可用手指轻松地抓住)和差(一点也不光滑)。

[0131] 表 2

[0132]

实例号	润滑性	比较例号	润滑性
1	优	1	不良
2	优	2	不良
3	优	3	不良

4	优	4	不良
5	良好	5	差
6	优	6	不良
7	优	7	不良
8	优	8	不良
9	优	9	不良
10	优	10	不良

[0133] 使用日本东京力世科株式会社的摩擦试验仪 FPR-2100 测量在实例 2 和比较例 2 中制备的结构的表面上来回移动产生的摩擦力。该测量是在室温 (25℃) 下以直线往复移动的模式进行的。切割所述结构形成 5cm×5cm 的样品并固定于离子交换水中的测量台架上。滑动速率为 100 毫米 / 分钟, 负荷重量为 100 克的重量, 摩擦材料为面积 45mm² 的钢 (SUJ-2) 制成的夹具。测量的结果示于图 8。从图 8 可以看出, 实例 2 的摩擦力为比较例 2 摩擦力的约一半或三分之一。

[0134] 使实例 1 以及比较例 10 和 11 的聚合结构在水中溶胀至平衡。把溶胀结构的样品切成 5cm×5cm 并固定于平的测量台架上。用顶端表面约 5mm² 的探头对凝胶结构的中心部分施加 1,000g/cm² 的负荷达 20 秒 (25℃)。使所述结构被负荷破碎, 并记录使结构破碎所需的压力。结果示于表 3。

[0135] 表 3

[0136]

实例号	破碎压力 (g/cm ²)
1	> 10 ³
比较例 10	< 10 ³
比较例 11	< 10 ³

[0137] 由此公开了聚合物凝胶结构及其制备方法的实施例。上述实施方式以及其他的实施方式均在以下权利要求书的范围以内。本领域技术人员将会知道, 可以通过本发明所公开的那些实施例之外的实施例实施本发明。所给出的公开实施例目的在于举例说明而非在于限制。

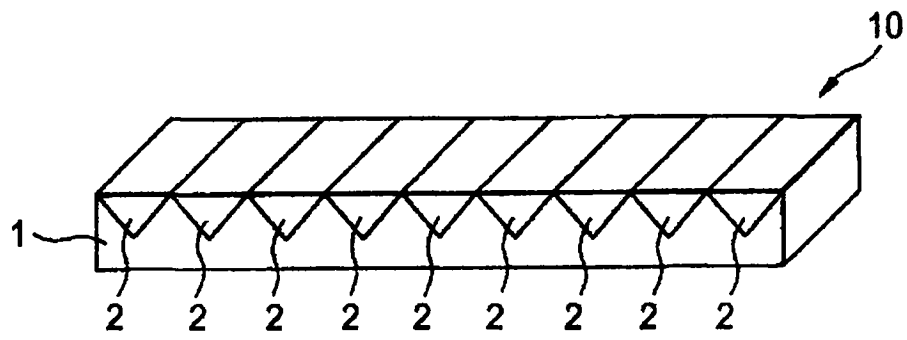


图 1

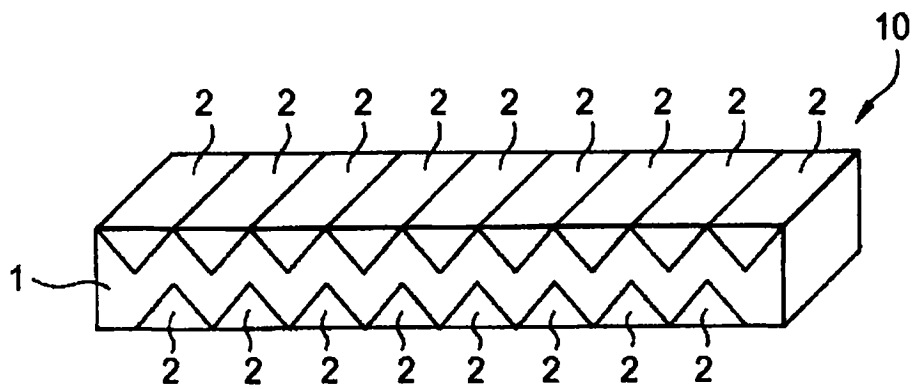


图 2

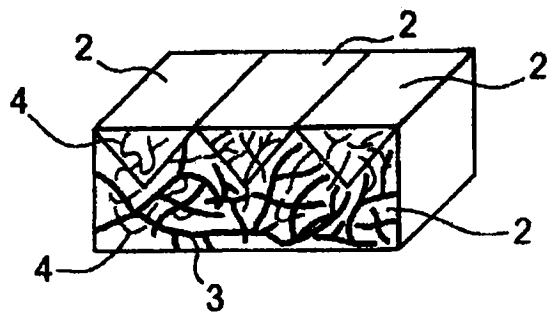


图 3

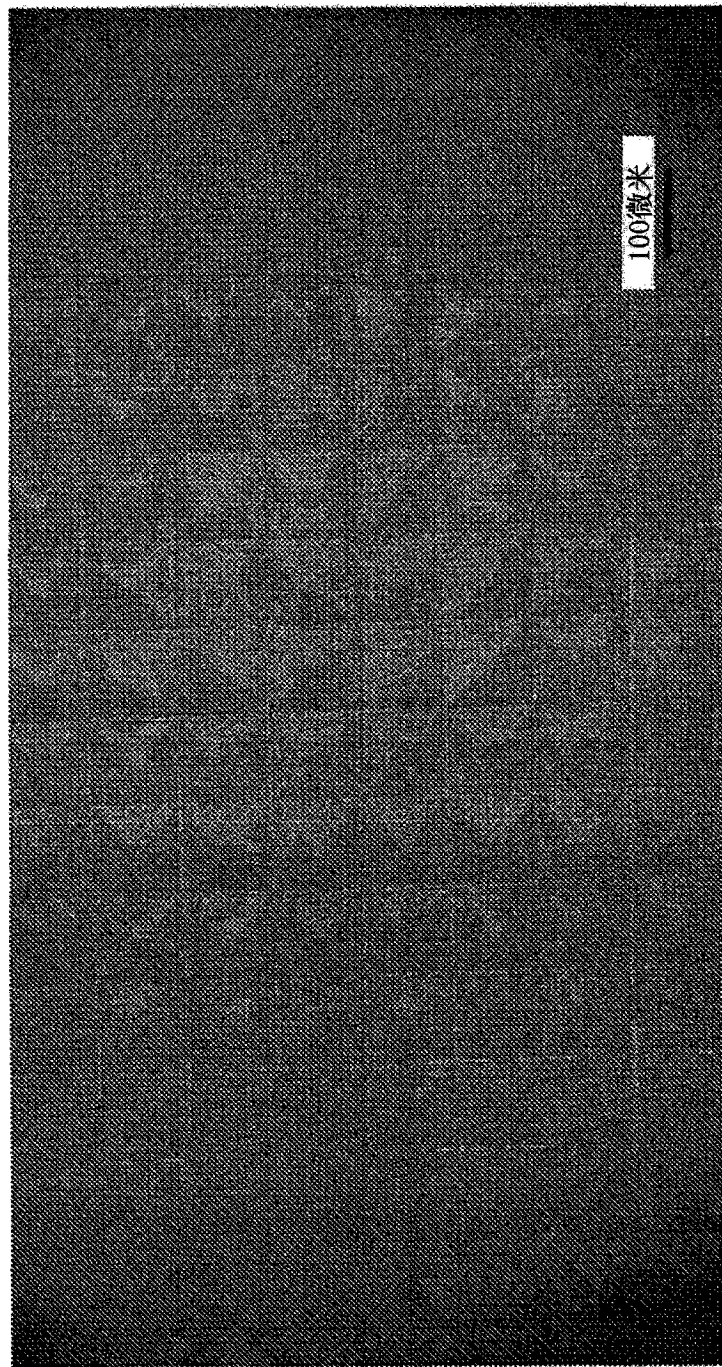


图 4

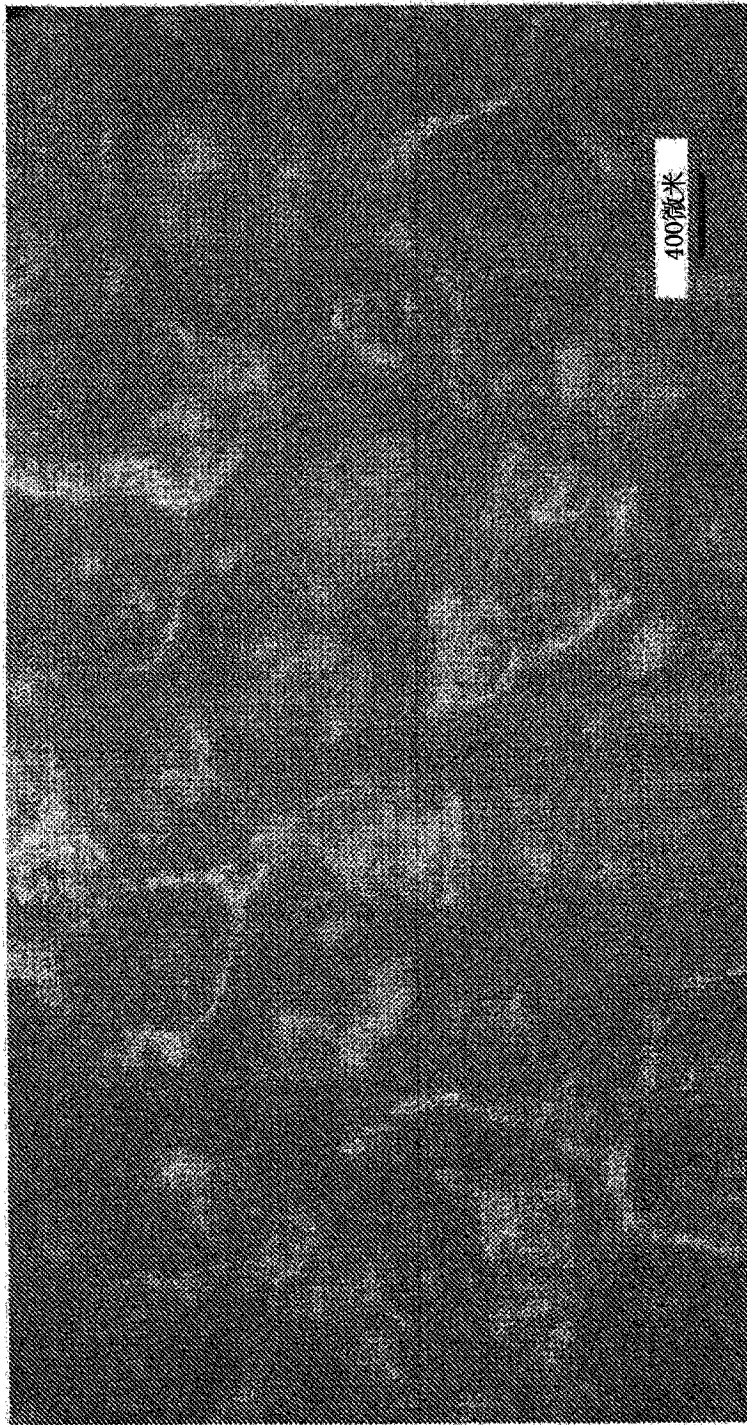


图 5

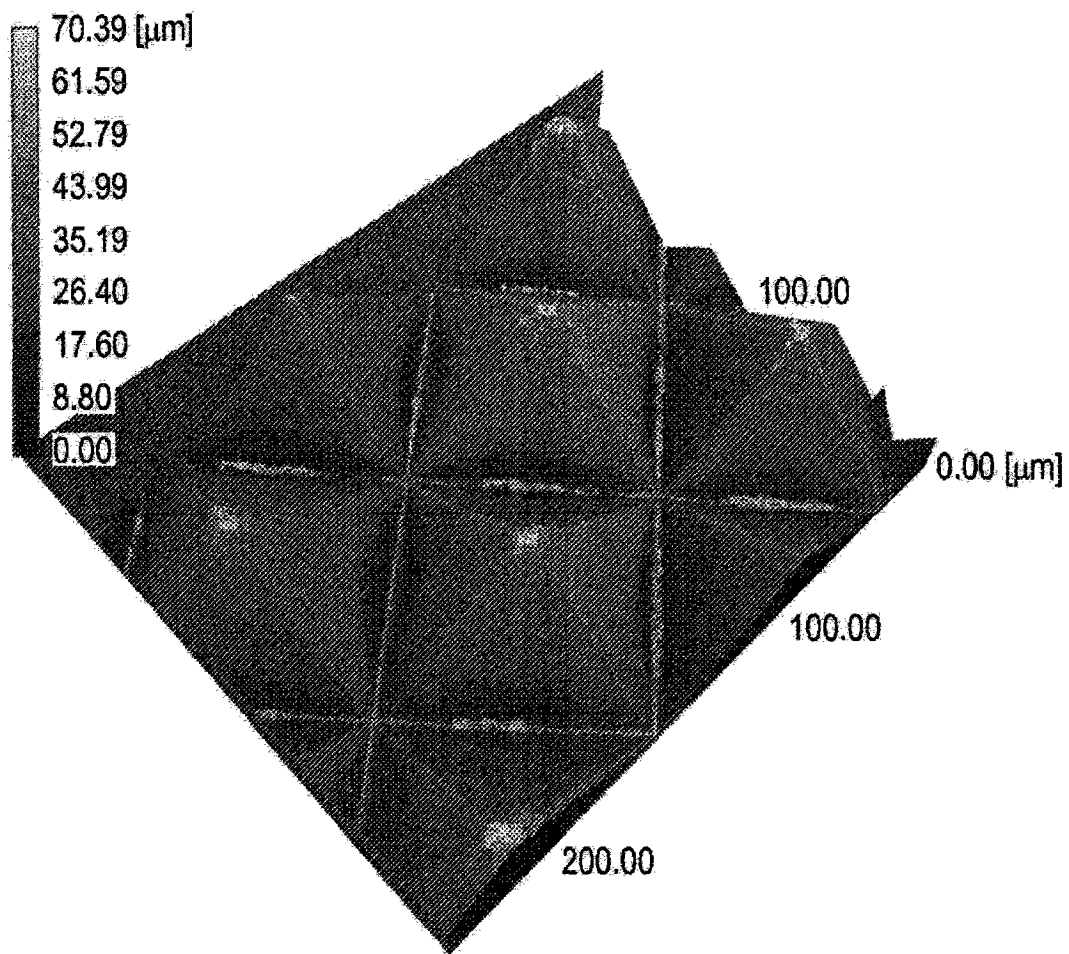


图 6

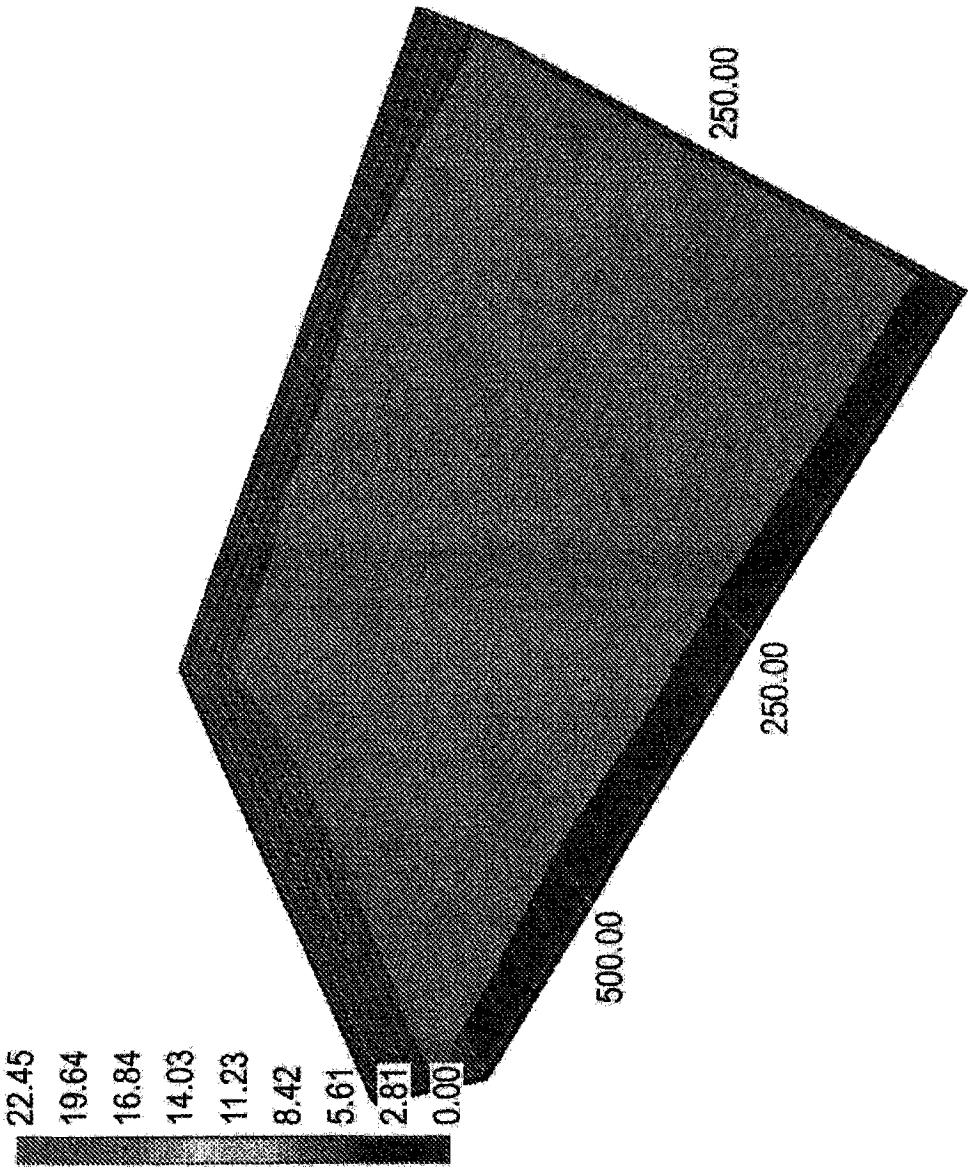


图 7

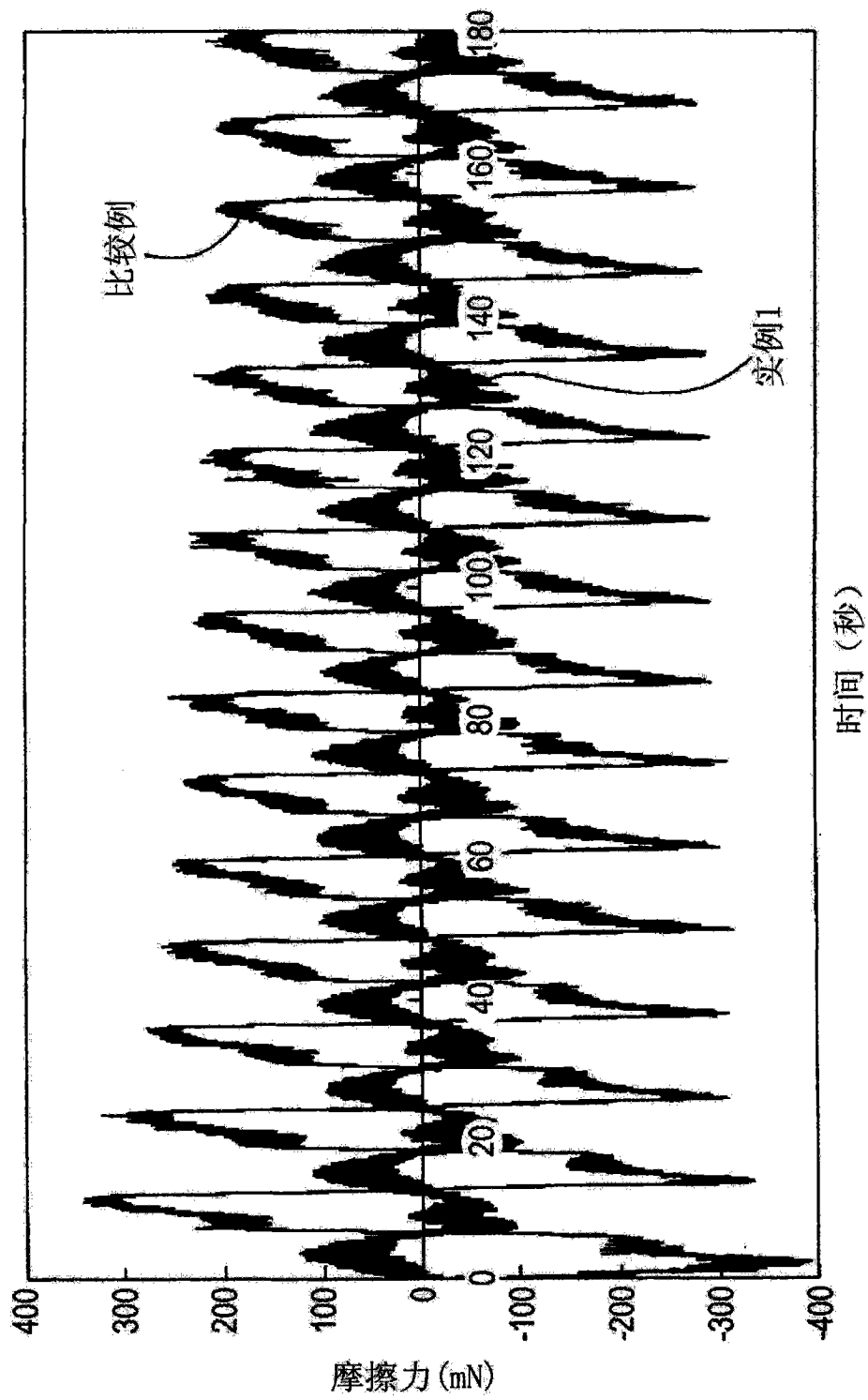


图 8