



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101910873 B

(45) 授权公告日 2012. 11. 07

(21) 申请号 200880124073. 4

(22) 申请日 2008. 10. 14

(30) 优先权数据

60/988, 994 2007. 11. 19 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010. 07. 06

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2008/079797 2008. 10. 14

(87) PCT申请的公布数据

W02009/067308 EN 2009. 05. 28

(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 丰田敦志 增田祥一

(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 梁晓广 关兆辉

(51) Int. Cl.

G02B 3/00 (2006. 01)

G02B 5/02 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1661439 A, 2005. 08. 31,

JP 3198003 A, 1991. 08. 29,

CN 1661439 A, 2005. 08. 31,

US 7295374 B2, 2007. 11. 13,

审查员 卢萍

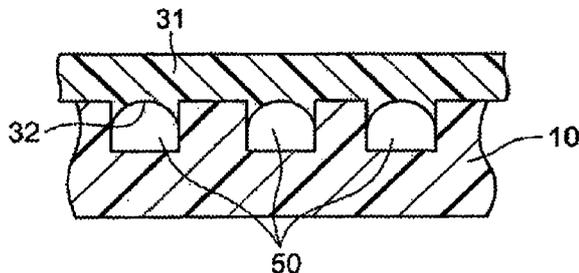
权利要求书 2 页 说明书 29 页 附图 11 页

(54) 发明名称

具有凹面或凸面的制品及其制造方法

(57) 摘要

本发明描述了具有至少一个凸面或至少一个凹面的制品及其制造方法。通过使用包括至少一个气泡的成型表面制备具有至少一个凹面的第一制品。通过使用第一制品作为模具制备具有至少一个凸面的第二制品。



1. 一种制造制品的方法,所述制品具有包括至少一个凹面的表面,所述方法包括
 - (a) 提供具有带凹陷的模具表面的模具;
 - (b) 将可硬化流体施加到所述模具表面的至少一部分上;
 - (c) 在所述模具表面与所述可硬化流体之间将气泡俘获到所述凹陷中;
 - (d) 将所述可硬化流体硬化,以形成其表面上具有凹面的硬化层,其中所述凹面通过所述凹陷中的气泡被赋予到所述表面上。
2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述模具表面具有按照图案排列的多个凹陷;并且其中所述方法进一步包括在所述模具表面与所述可硬化流体之间将多个气泡俘获到所述多个凹陷中;以及将所述可硬化流体硬化,以形成在其表面上具有凹面的排列图案的硬化层,其中所述凹面的排列图案通过所述多个凹陷中的多个气泡被赋予到所述表面上。
3. 根据权利要求 1 所述的方法,还包括将所述硬化层从所述模具去除的步骤。
4. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述可硬化流体是可硬化的聚合物树脂。
5. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述模具包括多层构造,所述多层构造具有带有至少一个开口的第一层和层合到所述第一层的第二层,并且所述气泡位于通过所述第一层中的开口而形成的凹陷中。
6. 根据权利要求 5 所述的方法,其中在将所述可硬化流体硬化后,将所述第二层从所述多层构造上去除。
7. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述模具包括多层构造,所述多层构造具有带有开口的排列图案的第一层和层压到所述第一层的第二层,并且所述多个气泡位于通过所述第一层中开口的排列图案而形成的凹陷的排列图案中。
8. 根据权利要求 7 所述的方法,其中在将所述可硬化流体硬化后,将所述第二层从所述多层构造上去除。
9. 一种制造第二制品的方法,所述第二制品具有包括至少一个凸面的表面,所述方法包括:
 - (a) 提供具有带至少一个凹陷的模具表面的第一模具;
 - (b) 将可硬化流体施加到所述模具表面的至少一部分上;
 - (c) 将至少一个气泡特意地引入到所述模具表面与所述可硬化流体之间;以及
 - (d) 将所述可硬化流体硬化,以形成在其表面上具有至少一个凹面的第一制品,所述至少一个凹面通过所述至少一个气泡被赋予到所述表面上;
 - (e) 将所述第一制品从所述第一模具上去除;
 - (f) 利用具有至少一个凹面的所述第一制品作为第二模具来将所述至少一个凸面赋予到所述第二制品的表面上,其中所述至少一个凸面是所述至少一个凹面的外形的倒置;其中特意引入至少一个气泡的步骤包括将所述至少一个气泡俘获到所述模具的至少一个凹陷中。
10. 根据权利要求 9 所述的方法,其中第一模具的表面具有按照图案排列的多个凹陷,并且其中特意引入至少一个气泡的步骤包括将多个气泡俘获到所述多个凹陷中。
11. 根据权利要求 9 所述的方法,其中所述凸面具有球面曲率。
12. 根据权利要求 9 所述的方法,其中所述第二制品具有凸面的排列图案,并且每个凸

面具有球面曲率。

13. 根据权利要求 9 所述的方法,其中所述第二制品包括透镜或透镜阵列。
14. 一种制品,所述制品通过根据权利要求 1-8 中任一项所述的方法制造。
15. 一种第二制品,所述第二制品通过根据权利要求 9-13 中任一项所述的方法制造。

具有凹面或凸面的制品及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及具有至少一个凹面或凸面的制品及其制造方法。

背景技术

[0002] 在各种工业领域中可以使用具有带一个凹状表面或一个凸状表面之元件的制品、或具有多个凹状表面或多个凸状表面布置其上的制品。在一些应用中,凹状或凸状表面可以用作透镜。例如,具有多个凹状表面或多个凸状表面布置其上的片状制品可以用作透镜阵列,例如微透镜阵列(即,微透镜阵列)。这类可以用作微透镜阵列的片状制品近来已经受到大量的关注。微透镜阵列可以适用于各种光学应用,包括例如显示器、半导体激光器、以及光学纤维。

[0003] 日本专利申请特开平 No. H11-142609 描述了一种使用压痕法来制造微透镜阵列的方法。根据这种制造方法,使用冲压工具,在模具的表面上形成许多压痕。具有不同尺寸的球形头的冲压工具以规则间距反复地冲压该模具的表面。然后,使用其上形成有压痕的模具,通过压模光学级塑料(例如丙烯酸类聚合物)来制造微透镜阵列。但是,由于形成带有许多压痕的模具需要一定的工作,因此使用这种压痕法来制造微透镜阵列的方法需要相当多的时间和成本。

[0004] 日本专利申请特开平 No. H05-134103 描述了一种使用电子束光刻法来制造微透镜阵列的方法。在这种制造方法中,使用电子束可以在基片上形成许多微透镜。与用于制造微透镜阵列的压痕法相似,这种方法需要相当多的时间和成本。例如,其可能需要超过十天至几百天来制造超过一万至几十万微透镜,其中各微透镜具有大约 100 微米(μm)的直径。

[0005] 日本专利申请特开平 No. S62-260104 描述了一种使用激光化学气相沉积(CVD)法来制造微透镜的方法。在这种制造方法中,基底设置在充装有混合气体组合物的容器中,激光束照射在该基底上以分解该气体组合物,并且透镜材料沉积在该基底上以形成微透镜。可以通过改变激光束的能量分布以改变沉积在基底上的材料的量来获得期望的形状。但是,因为是通过细微地改变激光束的能量分布而单独形成每个微透镜,所以这种制造方法速度慢并且成本高。

[0006] 日本专利申请特开平 No. H05-134103 描述了一种制造微透镜阵列的方法,该方法包括制备格状框,将树脂放入格状框内,以及将树脂熔融以通过熔融的树脂的表面张力来形成适于微透镜的曲面。与前述电子束光刻法和激光化学气相沉积法相比,尽管可以用这种制造方法相对方便地制造具有凸状表面的制品,但是在形成微透镜之前,必须使用光致抗蚀剂来制备格状框。制备格状框的方法可能会很复杂。因此,使用这种方法来制造微透镜阵列的总体步骤是耗时和高成本的。另外,因为这种制造方法包括熔融光致抗蚀剂或树脂材料的步骤,所以可以使用的合适材料的范围受到限制。可能难以找到具有合适的熔融特性以及合适的光学特性的材料。

[0007] C. Y. Chang 等人在 *Infrared Physics & Technology*, 48, pp. 163-173 (2006) 中

提出了一种由树脂材料制成的微透镜阵列的制造方法。在这种制造方法中,树脂膜设置在布置在封闭腔内的模具上,并随后被加热。利用高气体压力来将树脂膜挤压入模具的凹坑中,从而形成凸状表面。但是,因为硬化的树脂膜必须被重新加热以形成微透镜,所以可以形成的凸状表面的尺寸和形状受到限制。此外,由于这种方法涉及高温及高气体压力,所以制造成本可能比较高。

[0008] 需要更容易的方法来制造在其表面上具有至少一个凹面或至少一个凸面的制品。更具体地说,需要更容易的方法来制造在其表面上具有至少一个微凹面或至少一个微凸面的制品。

发明内容

[0009] 本发明涉及具有至少一个凹面或凸面的制品及其制造方法。更具体地说,使用包括至少一个气泡的成型表面来制造具有至少一个凹面的制品。这种具有至少一个凹面的制品可以随后用作第二模具,来形成具有至少一个凸面的第二制品。

[0010] 本发明的一方面是一种制造具有包括至少一个凹面的表面的制品的方法。该方法包括利用至少一个特意引入的气泡来将至少一个凹面赋予到制品的表面的步骤。

[0011] 在这种方法的一些实施例中,利用以一定图案布置的多个气泡来将凹面的排列图案赋予到制品的表面。

[0012] 本发明的另一个方面是制造具有包括至少一个凸面的表面的第二制品的方法。该方法包括利用具有至少一个凹面的作为第二模具来将至少一个凸面赋予到第二制品的表面的步骤。在这种方法的一些实施例中,用作第二模具的第一制品具有凹面的排列图案,并且第二制品具有凸面的排列图案。

[0013] 本发明的又一个方面是具有包括凹面的排列图案的表面的制品,其中在所述制品的制造过程中,气泡将凹面的排列图案赋予到制品的表面上。

[0014] 本发明的再一个方面是具有包括凸面的排列图案的表面的第二制品。凸面的排列图案是第二模具的凹面的排列图案的倒置,其中在所述制品的制造过程中,气泡将凹面的排列图案赋予到第二模具的表面上。

附图说明

[0015] 图 1A-图 1D 是例示制造第一制品的方法的一个实施例的示意剖视图,该第一制品具有至少一个凹面;

[0016] 图 1E-图 1G 是例示制造第二制品的方法的一个实施例的示意剖视图,该第二制品具有至少一个凸面;

[0017] 图 2A 是例示具有多个凹陷的模具的一个实施例的示意图;

[0018] 图 2B 是例示具有多个凹陷的模具的另一个实施例的示意图;

[0019] 图 3A 是例示制造第一制品的方法的另一个实施例的示意剖视图,该第一制品具有至少一个凹面;

[0020] 图 3B 是例示另一个制造第二制品的方法的实施例的示意剖视图,该第二制品具有至少一个凸面;

[0021] 图 4 是示出气泡存在于凹陷内模具的表面上(即,该气泡位于模具表面和可硬化

流体之间)的情况的示意剖视图;

[0022] 图 5 是示出在模具的凹陷内的气泡的位置的示意性示图;

[0023] 图 6A-图 6D 是例示制造第二制品的方法的其他实施例的示意剖视图,该第二制品具有至少一个凸面;

[0024] 图 7A-图 7D 是例示制造第一制品的方法的另一个实施例的示意剖视图,该第一制品具有至少一个凹面;

[0025] 图 7E-图 7G 是例示制造第二制品的方法的另一个实施例的示意剖视图,该第二制品具有至少一个凸面;

[0026] 图 8 是示出具有以格状图案布置的凹面的制品的一个实例的示意透视图;

[0027] 图 9 是示出具有以格状图案布置的多个凹陷的第二制品的一个实例的扫描电子显微图;

[0028] 图 10A 和图 10B 是示出具有以格状图案布置的多个凹陷的模具的实例的示意俯视图;

[0029] 图 11 是示出具有以格状图案布置的多个凹面的制品的另一个实例的示意透视图;

[0030] 图 12 是示出具有以格状图案布置的多个凸面的第二制品的另一个实例的扫描电子显微图;

[0031] 图 13 是示出具有以格状图案布置的凹面的制品的又一个实例的示意透视图;

[0032] 图 14 是示出具有以格状图案布置的凸面的第二制品的又一个实例的示意透视图。

具体实施方式

[0033] 提供了具有至少一个凹面或至少一个凸面的制品。还提供了制造这些制品的方法。制品的至少一个凸面或凹面可以用作例如透镜或透镜阵列。在一些实施例中,制品的至少一个凸面或凹面可以用作微透镜或微透镜阵列(即,微透镜阵列)。如本文所用,术语“微透镜”是指尺寸(例如直径)在大约 0.1 微米至大约 1000 微米范围内的透镜。微透镜对应制品表面上的微凸面或微凹面。如本文所用,术语“微凹面”和“微凸面”分别指直径在大约 0.1 微米至大约 1000 微米范围内的凹面或凸面。如本文所用,当指示凹面或凸面时,术语“直径”对应最大的横截面尺寸。

[0034] 根据本发明的一个方面,可以制造具有包括至少一个凹面的表面的制品。在制造过程中,至少一个气泡被特意地引入,以将至少一个凹面赋予到制品的表面。更具体地说,制品利用包括至少一个气泡的成型表面而制造。也就是说,制品可以通过一种方法而制造,该方法包括:(a) 提供可硬化流体;以及 (b) 利用包括气泡的至少一部分外表面的成型表面由可硬化流体模制所述制品。

[0035] 利用包括多个定位在成型表面上不同位置处的气泡的成型表面,可以将多个凹面(以凹面的排列图案)形成在制品的表面上。也就是说,带有凹面的排列图案的制品可以利用一种方法而制造,该方法包括:(a) 提供可硬化流体;以及 (b) 利用包括多个气泡的至少一部分外表面的成型表面来将制品由可硬化流体模制所述制品,其中多个气泡以所述图案排列在所述成型表面上。

[0036] 光滑凹状表面,即气泡的一部分光滑凸状表面的倒置,可被赋予制品。相比于这种相对方便的制造方法,传统上,使用复杂的制造工艺来形成类似的表面。

[0037] 术语“一个”和“所述一个”可以与“至少一个”互换使用,用来表示一个或多个所描述的元件。

[0038] 术语“至少一个凹面”是指单个凹状表面或多个凹状表面。可以使用在成型表面的单一位置处引入的单个气泡,或使用在成型表面的多个位置处引入的多个气泡,来将单个或多个凹状表面赋予到制品。多个凹面可按照随机或任意的的位置布置或排列在制品的表面上,或者按照一定图案排列在制品的表面上。

[0039] 如本文所用,术语“特意地引入”表示为了将其用作制造制品的工艺中的基本工具而引入气泡。也就是说,气泡是成型表面的一部分,其用于将至少一个凹面赋予到制品的表面上。在一些实施例中,术语“特意地引入”表示不去除或俘获任何可能已经存在的气泡。例如,“特意地引入”可以表示,在将可硬化流体施加到一部分模具的过程中,不去除任何可能位于模具的一个或多个凹陷中的气泡。也就是说,“特意地引入”可以表示,在将可硬化流体施加到一部分模具的过程之前,将气泡俘获到模具的凹陷中。所俘获的气泡是接触可硬化流体的成型表面的一部分。

[0040] 在一些实施例中,可以制造具有包括凹面的排列图案的表面的制品。在制造过程中,在多个位置供给气泡,以便将凹面的排列图案赋予到制品的表面。更具体地说,制品利用包括按照对应于赋予到制品的凹面图案的图案排列的多个气泡的成型表面而制造。可以容易地制造具有凹面的排列图案的制品。

[0041] “凹面的排列图案”是按照预定位置排列的多个凹面的图案,其以一定程度的规律性排列,或以任何期望的方式排列。例如,凹面的排列图案可以包括排列的行图案、排列的格状图案(例如排列的方格状图案)、排列的Z字形图案、或排列的放射状图案。凹面的排列图案不需要在整个制品上均匀地形成,而是可以仅在制品的一部分上形成。凹面图案可以在制品的任何部分上进行变化或保持不变。例如,在相同的平面内可以使用类似的或不同的图案。图案内的凹面可以具有相同的尺寸和形状,或者可以具有不同的尺寸和形状。

[0042] 任何合适的气体可以用以形成将凹面赋予到制品的表面的气泡例如,气体可以是空气或者包括氮和氩在内的惰性气体。用以形成制品的成型表面包括至少一个气泡的一部分外表面。包含在与可硬化流体接触的成型表面中的气泡的外形可以倒置地转移到制品上。由于具有从几纳米到超过几厘米范围内的直径的各种形状和尺寸的气泡可被包含在成型表面中,所以可以形成大范围形状和尺寸的凹面。另外,当多个凹面形成在制品中时,多个凹面可以具有相同的尺寸和形状,或可以具有不同的尺寸和形状。也就是说,成型表面可以包括具有不同尺寸和形状或相同尺寸和形状的多个气泡。

[0043] 具有包括至少一个凹面的表面的制品的一个实施例可以根据以下工艺制造:(a) 提供具有模具表面的模具;(b) 将可硬化流体施加到至少一部分模具表面上;(c) 将至少一个气泡特意地引入到模具表面和可硬化流体之间;以及(d) 将可硬化流体硬化,以形成在其表面上具有至少一个凹面的制品,所述至少一个凹面通过气泡被赋予到所述表面上。制品一般从该模具去除。

[0044] 这种方法可以用以在制品表面上形成单一凹面,或在制品表面上形成多个凹面。如果形成了多个凹面,则这些多个凹面可以以任何方式布置在制品表面上。在一些形成了

多个凹面的实例中,多个凹面按照图案排列。

[0045] 一个具有包括凹面的排列图案的表面的制品可以根据以下工艺制造:(a) 提供具有模具表面的模具;(b) 将可硬化流体施加到至少一部分模具表面上;(c) 在模具表面和可硬化流体之间的多个分离的位置处提供气泡,其中所述分离的位置基于排列图案而选择;以及(d) 将可硬化流体硬化,以形成在其表面上具有凹面的排列图案的制品,所述凹面的排列图案通过气泡被赋予到所述表面上。制品一般从该模具去除。

[0046] “模具表面”是模具的实际表面。当气泡引入到模具表面和可硬化流体之间时,可硬化流体在至少一个位置与模具的实际表面直接接触,并在至少一个其他位置与气泡直接接触。实际模具表面和至少一个气泡的表面的结合提供一个成型表面。也就是说,如本文所用,术语“成型表面”是指与可硬化流体直接接触的表面。成型表面的形状(特别是,成型表面的倒置形状)可被赋予到当可硬化流体硬化时成型的制品表面上。制品表面上的凹面对应于硬化工艺中可硬化流体同气泡接触的位置。这样,与可硬化流体接触的气泡的一部分的形状和尺寸可以赋予到硬化后的制品上,以提供一个或多个凹面。

[0047] 任何合适的有机材料、无机材料或有机-无机复合材料都可以用作作用于模具的材料。用于模具的一些示例性材料包括树脂(如,聚合物树脂)、金属、玻璃、陶瓷或黏土。模具可以由一个或多个部件组成。例如,具有多个部件的模具可以由具有至少一个开口的第一层以及层合到该第一层的第二层组成。

[0048] 模具一般具有凹陷。这些凹陷可以与具有多个块体的模具的第一层的开口或者开口的图案对应,或者可以是作为模具的一部分的单个部件。凹陷常用于提供至少一个气泡,该气泡为成型表面的一部分。例如,当可硬化流体施加到模具表面的一部分上时,至少一个气泡可以被俘获到凹陷内。

[0049] 当模具的凹陷用以俘获至少一个气泡时,具有包括至少一个凹面的表面的制品可以根据以下工艺制造:(a) 提供具有带凹陷的模具表面的模具;(b) 将可硬化流体施加到模具表面的至少一部分上;(c) 在模具表面与可硬化流体之间将气泡俘获到凹陷中;(d) 将可硬化流体硬化,以形成在其表面上具有凹面的制品,所述凹面通过凹陷中的气泡被赋予到所述表面上。制品一般从该模具去除。

[0050] 当模具具有多个可以用以俘获气泡的凹陷时,凹陷可以按照图案排列。具有凹陷的排列图案的制品可以根据以下工艺制造:(a) 提供具有带有多个按照图案排列凹陷的模具表面的模具;(b) 将可硬化流体施加到至少一部分模具表面上;(c) 在模具表面与可硬化流体之间将多个气泡俘获到多个凹陷中;以及(d) 将可硬化流体硬化,以形成在其表面上具有凹面的排列图案的制品,所述凹面的排列图案通过多个凹陷内的气泡被赋予到所述表面上。制品一般从该模具去除。

[0051] “可硬化流体”是具有充分流动性以便被施加到模具并且不论硬化方法如何都可以被硬化的流体。合适的可硬化流体包括例如凝胶、糊剂、或液体形式的有机材料、无机材料、或有机-无机复合材料。其他合适的可硬化流体包括通过用合适的溶剂(即,有机溶剂或水基溶剂)稀释有机材料、无机材料、或有机-无机复合材料而获得的溶液、分散液、悬浮液等。本文中,“硬化”是指使可硬化流体足够硬以保持成型表面所赋予的形状的工艺。更具体地说,可硬化流体变得足够硬以保持由至少一个气泡赋予的形状,该气泡是成型表面的一部分;所产生的“硬化层”具有至少一个凹面。硬化层是可硬化流体硬化后形成的产物。

[0052] 当有机材料包含在可硬化流体中时,可以使用树脂材料或树脂材料的前体。例如,可硬化流体可以包括在硬化时被聚合化、固化、或交连的单体或聚合物。任何合适的方法都可以用作“硬化方法”,其包括(但不限于)可聚合树脂的聚合化、将热塑性树脂冷却到至少软化温度、或者干燥溶剂。示例性树脂材料包括(但不限于)活性树脂(例如当用辐射(如,紫外线、可见光或电子束)照射时,可以通过聚合化而硬化的光固化树脂)、通过热取向的聚合化而硬化的热固性树脂、可以通过氧化取向的聚合化而硬化的活性树脂、可以通过还原取向的聚合化而硬化的活性树脂或者可以当冷却到至少软化温度时硬化的热塑性树脂等。

[0053] 在一些应用中,可溶性树脂可以用作可硬化流体。合适的可溶性树脂包括可溶解于水的水溶性树脂、可溶解于有机溶剂的有机溶剂可溶性树脂等。如果这些可溶性树脂被用作模具来形成第二制品,则可通过溶解而将所述树脂从第二制品上去除。

[0054] 当无机材料被用作可硬化流体时,可以使用各种无机材料,例如玻璃、混凝土、石膏、粘固剂、研钵、陶瓷、黏土及金属。这些材料常可以通过加热或去水而硬化。还可以将有机-无机复合材料用作可硬化流体,该有机-无机复合材料可以是任何上述有机材料和无机材料的复合物。

[0055] 将可硬化流体施加到至少一部分模具上表面的步骤可以通过任何公知的方法而实现。在施加可硬化流体的一些方法中,使用具有凹陷的模具,并施加可硬化流体,以便凹陷不被填充或只被部分填充。一些合适的施加方法包括将可硬化流体涂覆、喷涂、注入、刷涂、或倾倒入至少一部分模具表面上。涂覆可以包括例如将可硬化流体添加到表面,并将可硬化流体涂布在该表面的至少一部分上。在许多实例中,施加方法包括涂覆,并且可以使用任何合适的涂覆方法。在一些涂覆方法中,可硬化流体利用刮涂法进行施加。一种最佳的施加方法可以基于可硬化流体的种类、期望的制品形状、期望的制品尺寸等而选择。

[0056] 在提供气泡之前或者在提供气泡的同时,可以将可硬化流体施加到模具表面上。在许多实施例中,当将可硬化流体施加到模具表面上时,存在至少一个气泡。例如,气泡可以存在于模具的凹陷中。在将可硬化流体施加到模具表面的过程中,气泡可以被俘获到凹陷中。常常可以选择和改变提供的气泡的尺寸、形状和位置。例如,如果气泡利用模具中的凹陷而提供,则可以改变这些凹陷的尺寸、形状和位置。

[0057] 可硬化流体与成型表面接触。也就是说,可硬化流体与至少一个位置中的至少一个气泡接触,并与至少一个其他位置中的模具表面接触。当可硬化流体硬化后,至少一个凹面形成在可硬化层的与作为成型表面的一部分的至少一个气泡接触的那部分中。当可硬化层硬化后,至少一个气泡的位置可以受到控制,以便被定位在模具表面和可硬化流体之间的预定位置处。例如,气泡可以限制在模具的凹陷内。凹陷的尺寸和形状可以影响气泡的尺寸和形状,以及硬化层中产生的凹面的尺寸和形状。可以改变凹陷的尺寸和形状,以提供不同尺寸和形状的凹面。例如,多个气泡可以通过使用包含多个凹陷的模具而提供。如果提供多个气泡,则每个气泡的尺寸和形状可相同或不同。

[0058] 上述制造制品的工艺可以在空气中进行。在这个实施例中,具有至少一个凹面或凹面的排列图案的制品可以用简单的设备构造来制造,该简单的设备构造不需要特殊的设备,例如人工环境室。例如,至少一个气泡可以通过被俘获到模具的至少一个凹陷内而被提供。

[0059] 基于所有可以影响其形状的力的平衡,气泡常趋于形成球形表面。这些力包括气泡和可硬化流体之间的分界面能、模具表面和可硬化流体之间的分界面能、以及模具表面和气泡之间的分界面能的总和。除了这些力,在气泡接触可硬化流体的区域附近的其他工艺变量(例如可硬化流体的浮力、重力、以及粘度)可以影响气泡的形状。当大致均匀的力施加到气泡表面,或当大致对称的力施加到气泡的顶部时,气泡不会变型,并具有相对均匀和光滑的凸状表面。这种形状常为适于透镜等的大致球形凸状表面。具有大致球形表面的气泡的外形可以从成型表面倒置转移到通过将可硬化流体硬化而制备的制品上。因此,通过与可硬化流体接触的气泡的一部分赋予的凹面可以包括至少部分具有大致球形表面的凹面。

[0060] 如本文所用,术语“球形表面”表示该表面可以视为球体的一部分,或该表面具有球形曲率。一些球形表面可以视为是圆顶形的或半球形的。其他球形表面可以涵盖比半球形更小或更大的球体部分。如本文所用,术语“大致球形表面”表示该表面通常可以视为是球体的一部分,但可以略微不同于完美的球形表面。所有的大致球形表面可以具有相同或不同的曲率,并可以包括其曲率根据位置而连续变化的混合球形表面。

[0061] 一些凹状表面是非对称表面而不是对称球形表面。具有非对称形状的凹状表面可以利用具有非对称形状的气泡的外表面而赋予到制品上。通过将非均匀的力施加到气泡的凸状表面或者通过将非对称分布的力施加到气泡的凸状表面的顶部,可以形成非对称形状的气泡。

[0062] 具有至少一个凹面的制品可以利用相对简单的工艺来制造。单个凹面可以形成在制品的表面上,或者可以形成随机或按照图案排列的多个凹面。至少一个凹面可以是球形或大致球形的,并可以用作透镜。可以按照简单的工艺制造具有诸如微凹面的凹面的排列图案的制品,与其他公知的用于制造类似制品的工艺相比,所述工艺是耗时少且成本低的。另外,可以更改制造工艺,以便其可以以连续的方式实施,从而可以制备任何期望尺寸的制品。

[0063] 根据本发明的一个实施例,模具可以包括至少一个凹陷,并且在将可硬化流体施加到模具表面的同时,通过将至少一个气泡俘获到模具的至少一个凹陷中而将所述气泡特意地引入到成型表面中。也就是说,气泡被俘获到模具的凹陷中,并被定位在模具表面和可硬化流体之间。与可硬化流体接触的成型表面包括模具表面(即,实际模具表面)和至少一个气泡的组合。

[0064] 例如,模具可以包括多个凹陷的排列图案,并且在将可硬化流体施加到成型表面上的同时,可以通过将多个气泡俘获到模具的多个凹陷的排列图案中而将所述多个气泡特意地引入到成型表面中。也就是说,多个气泡可以被俘获到按照图案排列的模具的多个凹陷中。在模具表面和可硬化流体之间,多个气泡中的每一个可以被俘获到模具的凹陷内。与可硬化流体接触的成型表面包括模具表面(即,实际模具表面)和按照图案排列的多个气泡的组合。

[0065] 在这些实施例中,由于预先在模具中提供了至少一个凹陷或凹陷的排列图案,所以在将可硬化流体施加到成型表面的同时,气泡可以被俘获到模具的至少一个凹陷中。至少一个凹陷的位置对应于至少一个气泡的位置,该气泡是成型表面的一部分。至少一个气泡的位置对应于赋予到制品的凹面的位置,该制品通过将与成型表面接触的可硬化流体硬

化而制备。因此,至少一个凹面可以确定地并容易地定位在制品上的预定位置处。此外,因为凹陷的位置对应于凹面形成在制品中的位置,所以多个具有高位置精度的凹面可以形成在制品上。

[0066] 模具中凹陷的容积影响可以被俘获到可硬化流体和模具表面之间的凹陷内的气体量。如果有多个凹陷,多个凹陷的容积可以是相似的,或者多个凹陷的任一部分可以是相似的。任一凹面的尺寸可以通过改变凹陷的容积而改变,该凹陷俘获引起该特定凹面的气泡。例如,第一组凹面可以具有第一尺寸,其不同于具有第二尺寸的第二组凹面。

[0067] 任何期望的凹陷图案可以包含在模具中。例如,凹陷的排列图案可以包括排列的行图案;排列的格状图案,例如方格状图案(即,格状图案是带有多行、多列、或多行和多列的图案);排列的Z字形图案;或者排列的放射状图案。图案内的凹陷的尺寸和形状可以相同也可以不同。

[0068] 根据上述的实施例,在将可硬化流体施加到至少一部分模具表面的同时,通过将气泡俘获到模具的凹陷中而可以将气泡设置在模具表面和可硬化流体之间。例如,在可硬化流体通过涂覆或注入而施加到模具的同时,存在于模具周围的总气体(如,空气)的一部分可以被俘获到可硬化流体和模具表面之间的空间内。所俘获的气泡可以变为成型表面的一部分,并可以将凹面赋予到硬化层。在这种情况下,如果应用涂覆,则可以使用各种涂覆设备,例如,刮刀式涂布机、刮棒式涂布机、刮板式涂布机以及辊涂机。

[0069] 俘获至少一个气泡可以通过调节诸如可硬化流体的粘度、涂覆速度、可硬化流体与气体和模具间的各种界面张力关系等因素而进行控制。所俘获气泡的状态,例如尺寸、形状和位置,还可以通过上述用于俘获气泡的类似因素进行控制,例如,模具中凹陷的尺寸、形状和位置。整个工艺可以在大气压力下进行,并且不需要抽空。

[0070] 本发明的另一个方面是根据上述制造方法制造的具有包括至少一个凹面(例如,凹面的排列图案)的表面的制品。在制造过程中,一个或多个气泡将至少一个凹面(例如,凹面的排列图案)赋予到制品的表面。

[0071] 在该制品的一个实施例中,至少一个光滑凹状表面可以利用包括至少一个气泡的成型表面而形成。如果形成了多个凹面,则这些多个凹面可以随机地或按照图案布置。凹面的排列图案可以利用包括气泡的排列图案的成型表面而形成。这种气泡的排列图案常对应于模具中凹陷的排列图案。所产生的各个光滑凹状表面是一部分气泡外表面的倒置,该气泡是成型表面的一部分。在许多实例中,气泡具有大致球形表面,并且产生的赋予到制品的凹面具有大致球形表面。

[0072] 如果多个凹面按照图案排列在制品的表面,则所述图案可以被任意设计。例如,排列的图案可以是排列的行图案、排列的格状图案、布置的Z字形样式或布置的放射状样式。凹面都可以具有相似的尺寸和形状,或者凹面的任何部分可以具有相似的尺寸和形状。在具有凹面的排列图案的一些制品中,一些或所有的凹面具有大致球形表面。

[0073] 此外,使用传统机械加工难以形成的具有悬垂形(如,见图3A中32a)的凹面可以形成在制品的表面上。

[0074] 本文所述的制品可以用在各种领域和应用中。特别是,如果制品表面上的至少一个凹面对可见光基本透明或半透明并具有大致球形表面,则该制品可以用在各种光学应用中。例如,凹面可以用作透镜,例如微透镜。对可见光透明或半透明并具有大致球形表面的

多个凹面的排列可以用作透镜阵列,例如微透镜阵列。

[0075] 具有包括至少一个凹面(例如,凹面的排列图案)的第一制品可以用作模具(即,第二模具),来生产在其表面上具有至少一个凸面(例如,凸面的排列图案)的第二制品。在第二制品上的至少一个凸面是在用作第二模具的第一制品上的至少一个凹面的倒置。也就是说,任何存在于第一制品中的凹面都可以赋予到第二制品作为凸面。

[0076] 术语“至少一个凸面”是指单个凸状表面或多个凸状表面。至少一个凸状表面可利用带有至少一个凹状表面的模具被赋予到制品。“凸面的排列图案”是多个排列在预定位置的凸面的图案,其以一定程度的规律性排列,或以任何期望的方式排列。例如,凸面的排列图案可以包括排列的行图案、排列的格状图案(例如布置的方格状图案)、排列的Z字形图案、或排列的放射状图案。凸面的排列图案不需要均匀地形成在整个制品上,而可以只形成在制品的一部分上。凸面图案可以在制品的任一部分上改变或者保持不变。例如,类似的或不同的图案可以在同一平面内使用。图案内的凸面可以具有相同尺寸和形状,或者具有不同的尺寸和形状。

[0077] 借助将第一制品用作第二模具来形成第二制品,与其他形成类似制品的传统方法相比,可以利用相对简单的工艺和相对较短的制造时间来形成具有至少一个凸面(例如,凸面的排列图案)的第二制品。更具体地说,可以利用具有至少一个大致球形凹状表面的第一制品来形成具有至少一个大致球形凸状表面(例如,凸状表面的排列图案)的第二制品。形成在第二制品中的至少一个凸状表面可以是例如微凸面。

[0078] 这样,本发明的另一个方面是具有包括至少一个凸面(例如,凸面的排列图案)的表面的第二制品。该方法包括利用由上述制造方法制造的第一制品作为第二模具来将至少一个凸面(例如,凸面的排列图案)赋予到第二制品的表面上。

[0079] 可以通过使用诸如涂覆或注入之类的施加方法将第二可硬化流体施加到第一制品来制造第二制品。第二可硬化流体施加到包含至少一个凹面的第一制品的表面。合适的第二可硬化流体常为上述可用以制备带有至少一个凹面的第一制品的相同类型的可硬化流体。第二可硬化流体一般选择为与用作第二模具的第一制品相容。更具体地说,第二可硬化流体常被选择为使得其不溶解或改变第二模具的形状和尺寸。第二可硬化流体可以包括凝胶、糊剂、液体、分散液、悬浮液等形式的有机材料、无机材料、或有机-无机复合材料。当可硬化流体已经施加到第二模具之后,但在硬化之前,可以增加排气工艺,以消除所俘获的气泡,例如,被俘获到第二模具的表面和第二可硬化流体之间的气泡。在一些实例中,所俘获的气泡的存在可以造成第二制品的缺陷。

[0080] 在一些实例中,至少一个凸面具有大致球形表面,并且所述工艺包括具有至少一个带大致球形表面的凹面的第二模具的使用。第二模具中的至少一个凹面常具有小于1000微米、小于100微米、或小于10微米的直径。形成在第二制品中的至少一个凸面具有与存在于第二模具中的至少一个凹面的直径相当的直径。第二模具利用成型表面中的至少一个气泡(例如,气泡的排列图案)来制备,该气泡将至少一个凹面(例如,凹面的排列图案)赋予到第二模具表面上。

[0081] 在一些示例性第二制品中,至少一个凸面具有大致球形表面。如果这种至少一个凸面在可见区域基本透明或半透明,则第二制品可以用在各种光学领域中。更具体地说,至少一个凸面可以用作透镜,例如微透镜,并且凸面的排列图案可以用作透镜阵列,例如微透

镜阵列。

[0082] 如果第二制品的表面上有超过一个凸面,则所有的或任一部分凸面可以是相似的。例如,可以有具有基本相似的第一组凸面,以及具有基本相似但又不同于第一组凸面的第二组凸面。

[0083] 第二制品的表面可以由用作第二模具的第一制品覆盖。在这种情况下,在制造工艺中,第二制品不从第二制品上去除。这类由第一制品和第二制品组成的组合制品可以用在各种领域中。例如,当具有不同折射率的材料被用来制备第一制品和第二制品时,即使组合制品具有平坦表面,该组合制品也可以用作透镜。

[0084] 在图 1A 至图 10G 中示意性地显示了一种用于制备具有至少一个凹面的第一制品和具有至少一个凸面的第二制品的示例性工艺。更具体地说,图 1A 至图 1D 示意性地显示了用于制造具有包括多个凹面(例如,凹面的排列图案)的表面的制品的制备方法的一个实施例。图 1E 至图 1G 示意性地显示了用于制造具有包括多个凸面(例如,凸面的排列图案)的表面的第二制品的制备方法的一个实施例。

[0085] 图 1A 至图 1D 示意性地显示了一种可以用于制造具有多个凹状表面 32 的制品 31 的示例性制造工艺。图 1A 示出了提供具有多个凹陷 11 的模具 10 的步骤。图 1B 示出了将可硬化流体施加到模具 10 并提供气泡 50 的步骤。气泡 50 被俘获到凹陷 11 中,并被定位在模具表面 12、13 和可硬化流体 30 之间。图 1C 示出了将可硬化流体 30 硬化,以形成在其表面上具有凹面 32 的排列图案的制品 31,所述凹面 32 的排列图案通过气泡 50 赋予到所述表面上。图 1D 示出了将制品 31 从模具 10 去除的步骤。所示出的制品 31 带有三个凹面 32,但是可以形成任何期望数量的凹面。凹状表面 32 形成在与模具中凹陷 11 以及所俘获气泡 50 的位置对应的位置处。气泡 50 的外形被赋予到制品 31,从而形成凹面 32。在模具 10 处于环境条件下的同时可以进行图 1A 至图 1D 中的每个制造工艺。用于制造制品 31 的成型工艺不需要被放置在特别的人工环境室中。

[0086] 在将可硬化流体 30 用涂覆设备施加到模具表面的同时,俘获气泡 50。在许多实施例中,可硬化流体 30 包括可硬化树脂。可硬化流体 30 优选施加到模具中的凹陷上,以便多个凹陷不被可硬化流体 30 填充。也就是说,可硬化流体 30 优选不接触模具表面 13。但是,气泡 50 接触模具表面 12 和 13 以及位于凹陷 11 上的一部分可硬化流体 30。成型表面是与可硬化流体 30 接触的表面,并同时包括与可硬化表面 30 直接接触的气泡 50 的外表面以及任何与可硬化流体 30 直接接触的模具表面的任何部分。例如,凹陷 11 之间的模具部分与可硬化流体 30 直接接触。在施加可硬化流体 30 并将气泡 50 俘获后,可硬化流体 30 硬化并从模具 10 上去除。产生的制品 31 具有多个凹状表面 32,气泡 50 的一部分外形被赋予到所述凹面形状。

[0087] 如果模具包括多个凹陷 11,则这些多个凹陷可以随机地排列,或按照任何期望的图案排列。在一些实施例中,多个凹陷 11 可以以单行或格状图案排列。如本文所用,具有格状凹陷图案的模具意味着模具中有至少两行、至少两列或至少两行及至少两列凹陷 11。例如,一些格状图案是方格状图案,其中行的数量等于列的数量。在其他实施例中,凹陷可按照诸如 Z 字形图案或放射状图案之类的图案排列。

[0088] 在图 1 所示的工艺中,提供了具有多个凹陷 11 的模具 10。多个凹陷 11 可以随机地布置,或基于产生的制品的用途按照任何期望的图案排列。凹陷 11 的位置确定了所俘获

的气泡 50 的位置,所述气泡将至少一个凹面赋予到制品表面。制品 31 表面上凹面 32 的位置可以通过模具 10 上凹陷 11 的排列而选择。

[0089] 任何合适的材料都可以用来制备模具 10。在一些示例性方法中,有机树脂材料,例如聚丙烯、聚乙烯、聚苯乙烯或聚环烯烃,可被用于模具 10。在其他的示例性方法中,可以使用其他合适的有机材料,诸如金属(如镍、铜、或黄铜)、玻璃或陶瓷材料之类的无机材料,或有机-无机复合材料。模具 10 可以是柔性的或硬的。柔性模具 10 通常可以更容易地控制。但是,由诸如金属或结晶聚合物之类的硬材料制成的模具 10 通常可提供提高的尺寸精度。模具 10 可以具有任何合适的尺寸,但该尺寸通常基于涂覆设备 40 的尺寸而选择。一些示例性模具 10 的垂直尺寸在 1 毫米至几千毫米的范围不等内,水平尺寸在 1 毫米至几千毫米的范围内,并且厚度尺寸在 10 微米至超过 10 毫米的范围内。

[0090] 凹陷 11 具有任何合适的形状。从凹陷 11 上方观看的平面形状可以是例如圆形、三角形、方形、矩形、椭圆形、梯形、五边形、六边形或十字形。例如,如图 1A 所示,凹陷 11 可以具有方形或矩形横截面。在这种情况下,凹陷的侧表面 12 和底表面 13 可以被配置为平直形状或弯曲形状。凹陷 11 的形状和气泡 50 的形状之间的关系在后面将进行详细描述。

[0091] 图 2A 是示出从上方观看的另一个示例性模具 10 的示意图,该示例性模具 10 具有带矩形平面状侧部的多个四棱锥凹陷 11。图 2A 中的每个锥体具有尖底。图 2B 是示出从上方观看的又一个示例性模具 10 的示意图,该示例性模具具有带三角形平面状侧边的多个四棱锥凹陷 11。图 2B 中的每个锥体在底部具有边缘线。

[0092] 在其他的实例中,凹陷 11 可以具有三角形横截面,并且这种横截面形状从顶侧向底侧越来越窄。侧表面可以构造有平直形状或弯曲形状。作为模具表面的一部分的凹陷 11 的底部可以构造有例如平坦形状(如图 1A 所示)、尖角形状、直线形状、或圆形形状。在另一些实例中,凹陷 11 可以具有梯形的横截面形状,并且该横截面的宽度可以从顶部到底部变得越来越窄,或从顶部到底部变得越来越宽。侧表面和底表面可以配置有平直形状或弯曲形状。可以使用任何其他适于凹陷 11 的形状。

[0093] 凹陷 11 可以具有任何合适的尺寸。作为凹陷 11 尺寸的实例,深度可以是 $0.1\mu\text{m}$ 或更大、 $1\mu\text{m}$ 或更大或 $10\mu\text{m}$ 或更大。深度通常可以是 100mm 或更小、 10mm 或更小、或 1mm 或更小。凹陷开口的横截面面积可以是 $0.01\mu\text{m}^2$ 或更大、 $0.1\mu\text{m}^2$ 或更大、或 $1\mu\text{m}^2$ 或更大。横截面面积通常可以是 1000mm^2 或更小、 100mm^2 或更小、或 10mm^2 或更小。但是,尺寸不限于这些数值。

[0094] 在图 1B 所示的工艺中,涂覆设备 40 邻近模具 10 设置。涂覆组合物用涂覆设备 40 涂在至少一部分模具 10 上,以形成可硬化流体层 30。可硬化流体层 30 不填充凹陷 11。也就是说,可硬化流体层 30 不会接触模具表面 13。与此同时,气泡 50 位于模具 10 的凹陷 11 中。涂覆工艺可以在正常大气条件下的空气中进行。

[0095] 在图 1B 所示的涂覆工艺的一些实施例中,可硬化流体包括可硬化聚合物树脂。任何合适的聚合物树脂都可以单独使用,或者结合其他聚合物树脂使用。例如,可硬化流体可以是诸如光可固化树脂(如,UV 可固化树脂)或可溶性树脂(如,水溶性或有机溶剂可溶性树脂)之类的聚合物树脂的溶液。如果模具 10 具有足够的耐热性,则聚合物树脂可以是热塑性树脂或热固性树脂。任何聚合物树脂可以包含各种添加剂,例如增稠剂、固化剂、交联剂、引发剂、氧化抑制剂、抗静电剂、稀释剂、清洁剂、颜料或染料。

[0096] 示例性光固化树脂包括（但不限于），光致聚合型单体、低聚物或其混合物。光致聚合型单体包括丙烯酸基单体、甲基丙烯酸基单体和环氧基单体。光致聚合型低聚物包括丙烯酸基低聚物、甲基丙烯酸基低聚物、氨基甲酸酯丙烯酸酯基低聚物、环氧基低聚物、环氧丙烯酸基低聚物和丙烯酸酯基低聚物。光引发剂通常被添加到光可固化树脂中。当使用 UV 可固化树脂时，在未将模具等暴露于高温的情况下，树脂通常可以利用紫外线辐射快速地硬化。

[0097] 可以包含在可硬化流体中的示例性热固性树脂包括（但不限于）丙烯酸基树脂、甲基丙烯酸基树脂、环氧基树脂、酚基树脂、三聚氰胺基树脂、脲基树脂、不饱和酯基树脂、醇酸基树脂、氨基甲酸基树脂或硬橡胶树脂。聚合引发剂通常被添加到热固性树脂中。产生的固化聚合物材料可以具有良好的耐热性和耐溶剂性。此外，如果添加了填料，则产生的固化聚合物材料可以相当坚固。

[0098] 可以包含在可硬化流体中的示例性热塑性树脂包括（但不限于）聚烯烃树脂、聚苯乙烯树脂、聚氯乙烯树脂、聚酰胺树脂或聚酯树脂。

[0099] 可以包含在可硬化流体中的示例性可溶性树脂包括（但不限于）水溶性树脂和有机溶剂可溶性树脂。合适的水溶性树脂包括例如聚乙烯醇、聚丙烯酸、聚丙烯酸酰胺和聚环氧乙烷。

[0100] 可以使用任何合适的硬化方法。硬化方法一般基于可硬化流体的组分而选择。一些硬化方法包括干燥工艺，以除去水分或有机溶剂。其它硬化方法包括将可硬化流体暴露到光化辐射，例如 UV 辐射中。其它硬化方法包括将可硬化流体暴露到热下，或冷却可硬化流体。

[0101] 任何合适的涂覆设备 40 可以用于将可硬化流体层 30 施加到至少一部分模具 10 中。在一些实施例中，涂覆设备 40 是刮刀式涂布机。例如，当热塑性树脂被用作可硬化流体树脂时，可以使用加热到树脂具有充分流动性的温度的刮刀式涂布机。在其他的实施例中，涂覆设备 40 可以是刮棒式涂布机、刮板式涂布机或辊涂机。

[0102] 为了将可硬化流体层 30 施加到至少一部分模具 10 上，可以移动涂覆设备 40 或模具。在一些实例中，模具是静止的，并且涂覆设备可以移动到模具 10 附近。在其他的实例中，涂覆设备 40 可以是静止的，并且模具 10 可以由经过涂覆设备 40 的辊提供。在这些实例中，可以设计连续生产线来形成具有至少一个凹面的制品。

[0103] 参照图 1B，随着涂覆设备 40 沿着箭头 A（从左到右）的方向移动，可硬化流体层 30 被涂覆在模具 10 上。尽管图 1B 示出了可硬化流体层 30 通过涂覆而施加到模具 10，但只要其他涂布方法可以俘获气泡 50，就可以使用这些其他的涂布方法，例如注入。

[0104] 可硬化流体层 30 的平均厚度可以是任何期望的厚度，并可以根据期望的制品而改变。在一些实例中，可硬化流体层 30 的平均厚度是大约 $10\ \mu\text{m}$ 至 100mm 、或 $10\ \mu\text{m}$ 至 10mm 。随着可硬化流体层 30 被施加到模具 10，如箭头 B 所指示，一部分存在于模具 10 周围的空气可以从模具 10 周围的空间推出，并且其他部分的空气可以被俘获到凹陷 11 中。被俘获到凹陷 11 中的空气可以作为气泡 50 接触凹陷 11 的模具表面 12 和 13。

[0105] 例如，可以通过调节诸如可硬化流体层 30 的粘度、涂覆速度、以及可硬化流体层 30、气泡 50 和模具 10 之间的界面张力关系等因素，来控制气泡 50 在凹陷 11 中的俘获。例如，如果涂覆速度快于模具凹陷表面上可硬化流体的自然流速，则气泡可以被俘获到模具

的每个凹陷内。自然流速表示当放置在模具上时可硬化流体的流速,其可以受例如可硬化流体的粘度以及可硬化流体、气体、及模具之间的界面张力关系的影响。如果可硬化流体的粘度较低,则可以通过增加涂覆速度或者通过改变模具的材料来俘获气泡 50。

[0106] 该工艺是被俘获到模具 10 中气体(空气)受控制的位移,并且有利地使得气泡 50 被俘获到模具凹陷 11 中,以便其能用作成型表面的一部分。气泡 50 的尺寸和位置可以通过调节包括涂覆设备 40 的移动速度在内的工艺变量而控制。

[0107] 尽管在图 1B 和图 1C 中气泡 50 位于凹陷 11 内,但并不限于此。也就是说,气泡 50 的外表面可以在凹陷 11 的外部。例如,如图 4 的剖视图所示,气泡 50 的上部(即,上表面)可以从模具 10 的顶表面延伸出。尽管单个气泡 50 可以存在于单个凹陷 11 中,如图 1B 和 1C 所示,但是一个以上的气泡可以存在于单个凹陷 11 内。

[0108] 在图 1C 所示的工艺中,可硬化流体层 30 被硬化,以形成硬化层 31。可以使用与硬化流体 30 相容的任何合适的硬化方法。例如,当可硬化流体是 UV 可固化树脂时,硬化层 31 可以通过用 UV 光源照射可硬化流体层 30 以使树脂聚合而形成。当可硬化流体层包含可溶性树脂时,硬化层 31 可以通过干燥以去除溶剂而形成。当可硬化流体是热塑性树脂时,硬化层 31 可以通过将热塑性树脂冷却到至少软化温度而形成。当可硬化流体是热固性树脂时,硬化涂层 31 可以通过将热固性树脂加热到至少固化温度而形成。

[0109] 如图 1C 所示的硬化层 31 具有由在硬化工艺中接触气泡 50 的外表面而引起的多个凹状表面 32。也就是说,可以具有大致球形表面的气泡 50 的外形可以倒置地转移到硬化层 31 上。也就是说,气泡 50 的外形是与可硬化流体 30 接触的成型表面的一部分。硬化层 31 具有成型表面的倒置形状。

[0110] 气泡 50 是成型表面的一部分,其为与可硬化流体 30 接触的可操作表面。因为气泡 50 是成型表面的一部分,并且气泡 50 常具有大致球形凸状外表面,所以硬化层 31 常具有大致球形凹状表面。形成在硬化层 31 中的凹面可以是微凹面。

[0111] 在图 1D 所示的工艺中,具有多个凹状表面 32(例如,多个微凹面)的制品(即,硬化层)31 可以通过将硬化层 31 从模具 10 去除或分离而获得。在一些实施例中,模具 10 可以用来形成其他硬化层 31。具有至少一个凹面的制品 31 可以用作光学制品,例如透镜或透镜阵列,或者可以用来制备具有至少一个凸面的第二制品。

[0112] 在制品 31 的一些实施例中,制品的第一表面具有多个凹面,并且与第一表面相对的第二表面是平坦的。该平坦表面可以具有粗糙或光滑的涂饰剂。各表面的表面粗糙度可以是例如小于 100 纳米、小于 50 纳米、小于 10 纳米或小于 5 纳米。表面粗糙度可以使用轮廓曲线仪(例如,KLA-Tencor 公司的表面轮廓仪系统 P-16)来测量。

[0113] 图 1A 至图 1D 所示的工艺可以以连续的方式进行,以提供具有至少一个凹面(例如,凹面的排列图案)的制品 31。凹面的任何图案都可以从与可硬化流体 30 接触的成型表面赋予到制品。成型表面包括至少一个气泡 50 的至少一部分。在产生的硬化层中的凹面形成在至少一个气泡 50 的外表面接触可硬化流体 30 的位置。

[0114] 通过图 1A 至图 1D 步骤的工艺而制造的制品 31 具有用以形成制品的成型表面的倒置的表面。更具体地说,制品 31 具有通过气泡 50 的外表面的部分而赋予的凹面。通常,凹面 32 的形状是大致球形表面的倒置,该大致球形表面具有由气泡 50 的尺寸确定的曲率。根据制品 31 的用途,凹面可以具有任何合适的尺寸。一些示例性凹面在底部部分具有大约

0.01 μm^2 或更大、0.1² 或更大或 1 μm^2 或更大的横截面面积。所述横截面面积通常为 100mm² 或更小、10mm² 或更小或者 1mm² 或更小。凹面 32 的高度通常为 0.1 μm 或更大、10 μm 或更大或者 10 μm 或更大。例如,所述高度可以为 100mm 或更小、10mm 或更小或者 1mm 或更小。

[0115] 图 3A 示出了与图 1D 所示工艺对应的另一个制造工艺。图 3A 示出了可以用来获得制品 31 的工艺,该制品 31 具有带悬垂部分 32A 的凹状表面 32。悬垂部分通常可以使用带有例如三棱锥、四棱锥、圆锥等锥形形状的凹陷(即,其形状朝着一点缩小的凹陷)的模具来形成。此外,悬垂部可以具有锋利或尖的边缘。可以方便地制造带有包括悬垂部的凹状表面的制品;这些类型的结构利用诸如机械加工等方法可能非常难以形成。

[0116] 图 3A 和图 1D 示出了可以如何选择凹陷的形状以改变形成在制品表面上的至少一个凹面的形状。除了凹陷 11 的形状,其他变量也可以用来改变当可硬化流体 30 被硬化到制品 31 上所形成的凹面的形状。也就是说,与可硬化流体 30 接触的成型表面可以通过改变凹陷的尺寸和形状以及其他工艺变量而改变。

[0117] 由于凹状表面 32 通过将气泡 50 俘获进在模具 10 中排列的各个凹陷 11 内而形成,因此,如果凹陷具有基本相同的形状,则多个凹状表面 32 可以具有基本相同的形状。也就是说,制造凹状表面工艺的重复性可以通过控制所俘获的气泡而控制。更具体地说,通过控制所俘获的气泡 50 的尺寸、形状及位置,可以控制凹状表面 32 的尺寸、曲率及位置。

[0118] 气泡 50 的尺寸(如体积、直径或横截面面积)可以通过以下方式控制,例如:(a) 调节模具 10 的凹陷 11 的尺寸和形状,(b) 调节施加到模具 10 的可硬化流体 30 的粘度,(c) 调节将可硬化流体 30 施加到模具 10 的速度,(d) 调节可硬化流体 30、模具 10 和气泡 50 之间的界面张力,(e) 调节从可硬化流体 30 的涂覆至其硬化的时间,(f) 调节气泡 50 的温度,以及 (h) 调节将要施加到气泡 50 的压力。以上述方式可调节的气泡 50 的特定尺寸可以具有例如在 0.1 μm 至 100mm 的范围内的直径。各种调节将在下面进一步描述。

[0119] 凹陷 11 的尺寸和形状可以用来调节气泡 50 的尺寸。凹陷 11 内的气泡 50 受在气泡 50 接触可硬化流体 30 的区域中气泡 50 与可硬化流体 30 之间的界面张力的显著影响。在气泡 50 接触可硬化流体的区域附近,气泡 50 还受气泡 50 与凹陷 11 的模具表面之间的界面张力以及可硬化流体与凹陷 11 的模具表面之间的界面张力的影响。气泡 50 通常在气泡 50 接触可硬化流体的区域中形成光滑的大致球形凸状表面,同时该凸状表面的曲率和形状受凹陷 11 的尺寸和形状的影响。

[0120] 凹陷 11 的尺寸和构造影响气泡 50 的曲率和形状,气泡的曲率和形状被随后赋予到成型的制品。虽然凹陷 11 可以具有各种平面形状,但是如果产生的凹面将用作透镜,则凹陷 11 的平面形状通常优选为对称形状(点对称或线对称),或者与对称形状相似的形状。也就是说,当凹陷 11 按照使得气泡 50 的凸状表面的顶点达到近似对称的平面形状的中心的方式排列时,气泡 50 可以具有光滑的凸状表面,该凸状表面几乎没有变形。随着模具 10 被水平放置,浮力和重力可以均匀地施加到凸状表面上,使得气泡 50 可以具有大致球形凸状表面。

[0121] 可硬化流体的粘度可以被调节以控制气泡 50 的尺寸。例如,在图 1B 示意性示出的工艺中,所俘获的气泡 50 的尺寸可以通过调节施加到模具 10 的可硬化流体 30 的粘度而进行控制。具体地说,气泡 50 的尺寸可以通过增加可硬化流体的粘度而加大,同时气泡 50 的尺寸可以通过降低可硬化流体的粘度而减小。可硬化流体的粘度未受限制,但通常为 1

毫帕·秒或更大、10 毫帕·秒或更大或者 100 毫帕·秒或更大。可硬化流体的粘度可以为不超过 100000 毫帕·秒、10000 毫帕·秒或更小或者 1000 毫帕·秒或更小。粘度的调节可以通过调节可硬化流体（可以添加或除去溶剂）的浓度或通过添加增稠剂而实现。

[0122] 涂覆速度可以进行调节，以控制气泡 50 的尺寸。在图 1B 示意性示出的工艺中，所俘获的气泡 50 的尺寸可以通过调节将可硬化流体 30 涂覆到模具 10 上的速度而进行控制。如果模具是静止的，则移动涂覆设备 40 的速度可以进行调节。或者，如果涂覆设备 40 是静止的，则移动模具的速度可以进行调节。如图 1B 所例示，涂覆设备 40 的移动用箭头 A 指示。如果刮刀式涂布机被用作涂覆设备 40，则涂覆速度可以由移动刮刀刃的速度限定。具体地说，气泡 50 的尺寸可以通过增加涂覆速度而加大，而气泡 50 的尺寸可以通过降低涂覆速度而减小。虽然可以采用任何合适的涂覆速度，但一些示例性涂覆速度在 0.01 至 1000 厘米 / 秒的范围内、在 0.5 至 100 厘米 / 秒的范围内、在 1 至 50 厘米 / 秒的范围内或在 1 至 25 厘米 / 秒的范围内。

[0123] 在图 1B 所示的工艺中，所俘获的气泡 50 的尺寸还可以通过调节可硬化流体 30 与模具 10 的成型表面之间的界面张力、可硬化流体 30 与气泡 50 之间的界面张力以及气泡 50 与模具 10 的表面之间的界面张力而控制。具体地说，例如，气泡 50 的尺寸可以通过增大可硬化流体 30 与模具 10 的表面之间的接触角（降低润湿性）而加大，同时气泡 50 的尺寸可以通过减小可硬化流体 30 与模具 10 的表面之间的接触角（增加润湿性）而减小。

[0124] 在图 1B 和图 1C 所示的工艺中，所俘获的气泡 50 的尺寸可以通过调节从可硬化流体 30 的涂覆到其硬化的时间而控制。具体地说，气泡 50 的尺寸可以通过缩短从可硬化流体 30 的涂覆到其硬化的时间而增大，同时气泡 50 的尺寸可以通过延长从可硬化流体 30 的涂覆到其硬化的时间而减小。

[0125] 在图 1B 和图 1C 所示的工艺中，所俘获的气泡 50 的尺寸还可以通过调节在涂覆可硬化流体 30 后但在可硬化流体 30 硬化之前或期间调节气泡的温度而控制。具体地说，气泡 50 的尺寸可以通过升高气泡 50 的温度而增大，同时气泡 50 的尺寸可以通过降低气泡 50 的温度而减小。气泡 50 的温度调节是可以在气泡 50 被俘获后改变气泡 50 尺寸的控制方法中的一种。

[0126] 所俘获的气泡 50 的尺寸可以通过在涂覆可硬化流体 30 后但在可硬化流体 30 硬化之前或期间调节施加到气泡 50 的压力而控制。具体地说，气泡 50 的尺寸可以通过增加施加到气泡 50 的压力而增大，同时气泡 50 的尺寸可以通过降低施加到气泡 50 的压力而减小。气泡 50 压力的调节是可以在气泡 50 被俘获后改变气泡 50 的尺寸的另一种控制方法。

[0127] 例如，气泡 50 的位置可以通过调节液态树脂与模具 10 的成型表面之间的界面张力而控制。所述位置还可以通过调节液态树脂的粘度以及从可硬化流体的涂覆到其硬化的时间长度而控制。

[0128] 在图 1B 所示的工艺中，气泡 50 应该保持在气泡 50 接触凹陷 11 的表面 12 和 13 的位置，直到气泡 50 俘获后液态树脂被硬化为止。如图 4 所示，气泡 50 是否保持与凹陷内的模具表面的接触可以受可硬化流体 30 与模具 10 的模具表面 12 之间的界面张力 f_1 、可硬化流体 30 与气泡 50 之间的界面张力 f_2 以及气泡 50 与模具 10 的模具表面 12 之间的界面张力 f_3 的影响。凹陷内气泡的位置还可以受重力和浮力的影响。

[0129] 在这些工艺变量中，气泡 50 的位置和形状尤其可以通过调节可硬化流体与模具

10 的模具表面 12 间的界面张力 f_1 而控制。即使可硬化流体 30 与模具之间的接触角相对较大,如果可硬化流体的粘度足够大,则气泡 50 仍可以保持在凹陷 11 中。同样地,即使可硬化流体 30 与模具之间的接触角相对较大,但当可硬化流体 30 被快速硬化(如,UV 可固化树脂可以在涂覆后立即用高强度 UV 辐射照射),气泡 50 仍可以保持其位置足够长的时间,以用作成型表面的一部分,并可以将其形状赋予到产生的硬化层。

[0130] 可以使用本领域公知的任何其他手段来控制气泡的形状。例如,诸如重力、电磁力、或振动(包括超声波振动)之类的手段可以用来控制气泡的形状。

[0131] 在另一个方面,提供一种用于从具有至少一个凹面的制品来制备具有至少一个凸面的第二制品的方法。具有至少一个凹面的制品被用作模具(第二模具)来形成第二制品。图 1E 至图 1G 说明了第二制品的制造方法的一个实施例。在该实施例中,如图 1A 至图 1D 所示制造的制品 31 可以用作第二模具。第二可硬化流体 60 施加到第二模具 31,并被硬化以形成具有多个凸状表面 62 的第二制品 61。图 1E 至图 1G 是示出制造具有多个凸状表面 62 的第二制品 61 的各个制造工艺的示意剖视图。

[0132] 与在图 1A 至图 1D 示意性示出的制造工艺类似,图 1E 至图 1G 所示的制造工艺也可以在空气中进行。在图 1E 中,提供具有多个凹状表面 32 的第二模具 31。在图 1F 中,第二可硬化流体 60 被施加到第二模具 31。第二可硬化流体 60 被硬化为第二硬化层 61。在图 1G 中,第二硬化层 61 从第二模具 31 上去除,以获得具有多个凸状表面 62 的第二制品。凸面 62 的形状与用于将凹面赋予到第二模具 31 的气泡 50 的形状对应。

[0133] 在图 1E 中,提供可以使用图 1A 至图 1D 中示意性示出的工艺来制造的第二模具(第一制品)31。在一些实例中,第二模具 31 由选自例如 UV 可固化树脂、可溶性树脂、热塑性树脂、热固性树脂等的可硬化流体 30 而制备。任何上述的可硬化流体可以被硬化,以形成第二模具 31。

[0134] 在图 1F 中,第二可硬化流体 60 被施加到第二模具 31 上。尽管可以使用任何合适的施加方法,但可硬化流体 60 常利用涂覆工艺施加到第二模具 31 上。但是,与图 B 示意性示出的工艺相比,在图 1F 所示的工艺中,气泡一般不被特意地俘获。在图 1B 的工艺中可能难于使用的方法可以在图 1F 的工艺中使用。例如,诸如注入、热压、或电铸等工艺可以用于将第二可硬化流体 60 施加到第二模具 31 上。

[0135] 第二可硬化流体 60 可以是上述用作可硬化流体 30 的任何材料。在一些实例中,第二可硬化流体 60 可以选择为 UV 可固化树脂或可溶性树脂。当第二模具 31 具有足够的耐热性时,热塑性树脂或热固性树脂还可以用于第二可硬化流体 60。第二可硬化流体 60 可以包括添加剂,例如,增稠剂、固化剂、交联剂、引发剂、氧化抑制剂、抗静电剂、稀释剂、清洁剂、颜料或染料。

[0136] 在至少一个凸面将被用作透镜的一些应用中,第二可硬化流体 60 是导致具有良好光学特性的硬化层的形成的聚合物树脂。例如,聚合物树脂可以是包括聚碳酸酯、丙烯酸树脂、聚酯、环氧树脂、聚氨酯、聚酰胺、聚烯烃或有机硅(包括诸如有机硅聚脲之类的改性有机硅)或类似材料的聚合物树脂。

[0137] 尽管可以使用其他合适的施加方法,但可硬化流体 60 常利用涂覆方法而施加到第二模具 31。合适的涂覆设备包括(但不限于)刮刀式涂布机、刮棒式涂布机、刮板式涂布机以及辊涂机。如果使用涂覆方法,则在涂覆可硬化流体 60 之前或之后,可以增加排气工

艺,以去除任何可能造成第二制品缺陷的气泡或空气。合适的排气工艺通常包括抽空步骤。排气工艺通常可以移除第二可硬化流体 60 中的、或位于第二可硬化流体 60 与第二模具 31 之间的气泡或空气。

[0138] 第二可硬化流体 60 被硬化以形成第二可硬化表面 61。当第二可硬化流体是 UV 可固化树脂时,第二硬化层 61 可以通过用紫外线照射而形成。当第二可硬化流体 60 是可溶性树脂的溶液时,第二硬化层 61 可以通过除去溶剂例如干燥而形成。当第二可硬化流体 60 是热塑性树脂时,第二硬化层 61 可以通过将树脂冷却到至少软化温度而形成。当第二可硬化流体 60 是热固性树脂时,第二硬化层 61 可以通过将树脂加热到至少硬化温度而形成。

[0139] 通过图 1F 所示的工艺,可以形成具有多个凸状表面 62 的第二硬化层 61。凸状表面 62 是第二模具 31 的凹状表面 32 的外形的倒置。具体地说,形成在第二硬化层 61 上的凸状表面 62 可以是类似与用于将凹面赋予到第二模具 31 的气泡 50 的外形的大致球形凸状表面。因此,可以制备具有至少一个大致球形凸状表面(例如,大致球形凸状表面的排列图案)的第二制品。

[0140] 在制品 61 的一些实施例中,制品的第一表面具有多个凸面,并且与第一表面相对的第二表面是平坦的。该平坦表面可以具有粗糙的或光滑的涂饰剂。各表面的表面粗糙度可以是例如小于 100 纳米、小于 50 纳米、小于 10 纳米或小于 5 纳米。

[0141] 在图 1G 所示的工艺中,具有多个凸状表面 62 的第二制品 61 可以通过将按照图 1F 所示的工艺形成的硬化层 61 从第二模具 31 去除而获得。还可以将另外的树脂材料等涂覆在所制造的第二制品 61 的凸状表面 62 上。

[0142] 可以使用连续的制造工艺来制备第二制品。通过反复地将附加的第二模具 31 提供到涂覆设备 31,第二可硬化流体 60 可以反复地施加到每个附加的第二模具 31。每个附加的可硬化流体 60 可以被硬化,以形成具有至少一个凸面的第二制品 61。通过重复图 1A 至图 1D 所示的工艺以及图 1E 至图 1G 所示的工艺,可以连续地制造各自具有多个凹状表面 32 的制品 31 和各自具有多个凸状表面 62 的第二制品 61。

[0143] 与图 1A 至图 1G 所示工艺类似的工艺可以用来提供在第一表面上以及在与第一表面相对的第二表面上具有至少一个凸面的制品。在这样一个工艺中,可以制备具有至少一个凸面的第二制品。随后可以通过将第二制品与可硬化流体层接触而制备第三制品。例如,完成的第二制品可以层合到图 1F 所示的可硬化流体层 60 上。也就是说,可硬化流体层 60 可以位于完成的第二制品与第二模具之间。当可硬化流体层 60 硬化后,第二制品将粘附,并且产生的第三制品在两个相对表面上可以具有凸面。第二模具随后可以被去除,以提供第三制品。在另一个工艺中,两个完成的第二制品可以利用定位在这两个第二制品之间的硬化流体层 60 来进行层合。硬化流体层将面对这两个第二制品的平坦表面。

[0144] 或者,可硬化流体层可以定位在两个第二模具 31 之间。可硬化流体层将面对这两个第二模具的平坦表面。一旦可硬化流体层硬化,产生的第三制品就将在两个相对表面上具有凹面。

[0145] 粘合层可以定位在第一制品与第二制品之间、在第一制品与另一第一制品之间、或在第二制品与另一第二制品之间,以提供在多个表面具有凹面或凸面的制品。在这些实施例中,粘合层将面对第一制品的平坦表面以及第二制品的平坦表面。

[0146] 就图 1F 和图 1G 所示的工艺而言,可以使用其他的传统成型工艺。例如,可以使用

美国专利 No. 6, 761, 607 或美国专利 6, 758, 992 中描述的成型工艺。

[0147] 图 3B 示出了一种与图 1G 所示的工艺类似的工艺。图 3B 说明了可以用来获得具有凸状表面 62 的第二制品 61 的示例性工艺, 其中通过将第二硬化层 61 从具有带有 (与图 1G 所示的对应凹面相比) 更锋利边缘的悬垂部 32a 的凹面 32 的第二模具 31 去除而获得第二制品 61。如果在图 3B 所示的工艺中第二模具 31 和第二硬化层 61 都是硬的, 则在不破坏硬化层 61 的情况下, 难以分离第二模具 31。

[0148] 在图 6A 和图 6B 的横截面图中, 一种破坏硬化层 61 的移除工艺被描述为情况 1。图 6A 中的第二模具是由不易溶于水或有机溶剂的材料制成。当硬化层 61 从模具 31 去除后, 硬化层 61 与第二模具 31 的悬垂部 32a 干涉。如果硬化层 61 和第二模具 31 都是硬的而不是柔性的, 则破坏也是可能的。图 6B 示出了硬化层 61 和第二模具 31 均可以被破坏。悬垂部 32b 从模具 31 折断。

[0149] 在不破坏硬化层 61 的前提下将硬化层 61 从第二模具 31 去除的一种方法被描述为情况 2 在用于情况 2, 图 6C 和图 6D 横截面图针对情况 2。在图 6C 中, 第二模具由诸如水溶性树脂之类的可溶性材料形成。在图 6D 中, 第二模具通过溶解而去除。由于第二模具 31 被水溶解, 所以硬化涂层 61 可以在不被破坏的情况下从第二模具 31 去除。尽管图 6C 中的第二模具 31 是水溶性树脂, 但是类似的工艺可以与可以用另外类型的溶剂 (例如, 有机溶剂或包含酸或碱的溶液) 溶解的任何其他模具材料一起使用。

[0150] 在其他实例中, 当热固性树脂被用于硬化层 61 并且热塑性树脂被用于第二模具 31 时, 第二模具 31 可以容易地从硬化层 61 分离。第二模具可以加热到至少软化温度, 以在不破坏硬化层 61 的情况下将其从硬化层 61 容易地去除。

[0151] 所制造的第二制品 61 是具有至少一个凸状表面 62 的制品。一些第二制品具有凸面的排列图案, 例如格状图案。凸状表面 62 通常为大致球形凸状表面, 该大致球形凸状表面与用以在第二模具 31 中形成凹面的气泡 50 的外表面相对应。通过基部的横截面面积测量的凸状表面 62 的尺寸通常在 0.01mm^2 至 1000mm^2 的范围内。凸状表面 62 的高度通常在 0.1mm 至 100mm 的范围内。还可以制备在此范围外的凸面, 并且其尺寸取决与为制品选定的特定用途。

[0152] 在一些第二制品 61 中, 有多个按照图案排列的凸面。一些排列图案按照格状图案排列, 例如排列的方格状图案。此外, 一些制品具有大体一致的凸状表面 62。当凸状表面 62 是球形, 并且大体透明或半透明时, 其可以用作透镜或透镜阵列。一些凸面 62 可以用作微透镜或微透镜阵列。

[0153] 此外, 第二制品 61 可以具有涂覆在凸状表面 62 上的另一材料层。在这种情况下, 如果凸状表面 62 被用作透镜, 则涂层可以用作保护层或者可以用于调节折射率。具有宽范围的折射率的透镜可以通过将具有各种折射率的材料涂覆为透镜的最外层而获得。

[0154] 当利用第一制品 31 作为模具形成第二制品 61 时, 第一制品 31 不需要从第二制品 61 去除。也就是说, 第一制品 31 可以保持在第二制品 61 的附近; 例如, 第二制品 61 可以层合到第一制品 31 上。另一单涂层或多涂层可以形成在第二制品 61 上。在这种情况下, 保持在第二制品 61 上的第一制品 31 或任何额外的涂层都可以用作用于第二制品 61 的保护层, 或者用作用于调节第二制品 61 的光学特性的层。

[0155] 如图 1G 所示, 因为第二模具 31 具有每个凹状表面 32 被槽状部分 33 包围的形状,

所以制造的第二制品 61 可以具有每个凸状表面 62 被水平壁 63 包围的形状。因为第二制品 61 的形状是制品 31 的倒置,所以第二制品 61 具有与第二模具 31 的槽状部分 33 相对应的水平壁 63。参见图 8 和图 9,图 8 示意性示出了一种示例性三维制品 131;图 9 示出了一种示例性的三维制品 161。一种处理具有每个凸状表面 62 被水平壁 63 包围的形狀的第二制品 61 的方法正是将水平壁 63 正向地用作光学元件,例如棱柱。

[0156] 在其他实施例中,第二制品 61 在凹面 62 之间不具有水平壁 63。水平壁 63 通过后处理而从所制造的第二制品 61 上去除。如果不期望地形成了水平壁 63,则其可以使用任何合适的机械、物理、或化学手段来移除。例如,当具有凸状表面 62 的第二制品 61 适应于透镜构件时,可以通过去除形成在第二制品 61 的邻近凸状表面 62 之间的水平壁 63 而提供微透镜,其中具有球形表面的透镜部分排列在薄片上。此外,曲率还可以通过进一步处理凸状表面 62 的弯曲表面部分而改变。可以制造制品,其中局部切除的凸状表面通过切除多个凸状表面 62 的每个的给定部分而形成。

[0157] 或者,第二制品可以使用不形成水平壁 63 的模具而制备。更具体地说,在第二模具的邻近凹状表面之间的槽状部分可以被去除。例如,如图 7A 至图 7D 所示意性显示的,可以制造一个这样的第二模具 31。如图 7E 至图 7G 所示,制造具有其中每个凹状表面 162 不被壁包围的形狀的第二制品 161。图 11 示出了对应制品 131' A 的三维实例,并且图 12 示出相对第二制品 161 的三维实例。

[0158] 图 7A 至图 7D 所示的制造工艺类似于图 1A 至图 1D 所示的工艺;但是,使用两半式模具,而非一体式模具。第一半模具是具有至少一个开口(例如,开口的图案)的第一层。第二半模具层合到第一层上。产生的两半式模具可以具有由第一层的开口和第二层的表面所组成的凹陷。

[0159] 图 7A 的两半式模具 110 具有对应上述第一层的侧壁部分 110a,以及对应上述第二层的底部部分 110b。第一层和第二层是彼此可分离的,因此,如图 7D 所示,侧壁部分 110a 可以与硬化层 131 一起从底部部分 110b 上去除。

[0160] 两半式模具 110 可以由上述用于模具 10 的任何材料制备。例如,可以使用有机树脂材料,例如聚酰亚胺、聚丙烯、聚乙烯、聚苯乙烯或聚环烯烃。或者,可以使用其他有机材料、无机材料(包括诸如镍、铜、或黄铜之类的金属、玻璃或陶瓷)、或有机-无机复合材料。优选地,选择的用于侧壁部分 110a(第一层)的材料可以不同于选择的用于底部部分 110b(第二层)的材料。例如,有机树脂材料可以用于侧壁部分 110a,并且诸如金属、玻璃或陶瓷之类的无机材料可以用于底部部分 110b。

[0161] 两半式模具可以通过以下工艺制造。首先,可以制备分层薄片,其具有第一层和层合在该第一层上的第二层。随后,可以使用任何合适的方法在第一层中形成开口。在形成开口的一些方法中,可以使用例如激光烧蚀的干刻蚀法或者利用掩膜的湿蚀刻法。如果第一层材料不同于第二层材料,则开口图案可只形成在第一层中。

[0162] 合适的分层薄片可从市场购得,但是也可以通过以下工艺制造。可以制备第一层,并且随后可以提供第二层以接触该第一层。第二层可以使用任何方法(包括例如涂覆、沉积、电铸等)形成在第一层上。例如,聚合物树脂可以制备为第一层。然后第二层可以通过化学沉积、物理沉积、或电铸金属而形成在该第一层上。

[0163] 在图 7D 所示的工艺中,通过图 7C 所示工艺而形成的硬化层 131 和侧壁部分 110a

可以从模具 110 的底部部分 110b 去除。一旦从模具的底部部分 110b 去除后,硬化层 131 和侧壁部分 110a 连接在一起,以获得制品 131'。制品 131' 被构造为使得每个凹状表面 132 被侧壁部分 110a 包围。换句话说,没有任何槽状部分存在于邻近的凹状表面 132 之间。

[0164] 图 7D 所示的去除工艺可以通过选择蚀刻模具 110 的底部部分 110b 而执行。例如,如果底部部分 110b 是由诸如铜或镍之类的金属制成,并且侧壁部分 110a 是由诸如聚酰亚胺之类的聚合物树脂制成,则底部部分 110b 可以通过例如选择性蚀刻而去除。例如,金属可以用酸性溶液来溶解。

[0165] 图 7E 至图 7G 所示的制造工艺类似于图 1E 至图 1G 所示的工艺。但是,第二制品 161 是使用具有其中没有任何槽状部分存在于邻近凹状表面 132 间的形状的第二模具 131' 来制造的。因此,如图 7G 所示,制造了具有其中每个凸状表面 162 不被水平壁包围的形狀的第二制品 161。在其他地方,图 7E 至图 7G 所示的工艺类似于图 1E 至图 1G 所示的工艺。

[0166] 其中每个凸状表面 162 不被水平壁包围的第二制品 161 可以通过使用其中邻近凹状表面 132 之间不存在槽状部分的第二模具 131' 而获得。例如,当具有不被水平壁包围的凸状表面 162 的第二制品 161 适用于透镜构件时,第二制品具有不带棱柱或肋部的构造。因为第二制品 161 的邻近凸状表面 162(相当于透镜部分)之间没有水平壁,所以这类制品可以很好地适于透镜,例如微透镜。图 13 是第二模具 131' B 的三维图示,图 14 是第二制品 161B 的三维图示。

[0167] 除了第一制品或第二制品作为透镜或透镜阵列的用途外,第一制品或第二制品可以用作模具。例如,第一制品或第二制品可以用来制备金属压模。在一个示例性工艺中,第一金属层例如铬或铜可以沉积在第一制品的表面上或第二制品的表面上。然后,第二金属层例如镍金属层可以沉积在第一金属层上。第二金属层随后可以移除,从而形成具有与第一制品或第二制品相同的形状的第二金属压模,例如镍金属压模。

[0168] 制造具有包括至少一个凹面或凹面的排列图案的表面的第一制品的方法的实施例、利用第一制品作为第二模具来制造第二制品的方法的实施例、第一制品以及第二制品均不限于上面的描述,并且各种其他实施例都落在本发明的范围内。

[0169] 实例

[0170] 这些实例用于进行示意性的说明,并且不意味着限制权利要求的范围。制造和测验第一制品和第二制品的实例。这些实例参照附图进行描述。

[0171] 实例 1-1 至 1-9

[0172] 研究可硬化流体与模具表面之间的界面张力的影响。准备了九种带有平坦表面的试验板,并且测量了试验板的平坦表面上可硬化流体(如,液态树脂)的接触角。另外,根据图 1A 至图 1D 所示的制造工艺,试验制品分别利用九种由相同试验模具材料制成的试验模具而制造。

[0173] 液态树脂:UV 可固化树脂被用作可硬化流体。UV 可固化树脂的组合物包含 90 重量份 (pbw) 的 UV 可硬化丙烯酸酯,其为聚酯基氨基甲酸酯丙烯酸酯(以商品名为 EBECRYL 8402 可从 DAICEL-CYTEC 有限公司商购获得),10pbw 的不饱和脂肪酸羟基烷基酯改性物 e-己内酯 (unsaturated aliphatic acid hydroxylalkylester modifiere-carprolactone)(以商品名为 PLACEL FA2D 可从 Daicel 化学工业有限公司商购获得),以及 1pbw 的光聚合引发剂(以商品名为 IRGACURE2959 可从 Ciba Specialty

Chemicals 公司商购获得)。

[0174] 试验板 :每个九种试验板具有平坦表面。用于试验板的材料在下面进行描述。

[0175] 试验模具 :所有试验模具具有四棱锥形状的凹陷,该四棱锥形状具有 50 μm 的深度、90 度的顶角、以及方形底部形状。方形底部的各边为 100 μm 。凹陷以 100 μm 间距的方格状图案排列。用于试验模具的材料在下面进行描述。

[0176] 用于试验板及试验模具的材料 :

[0177] 试验板 1 和试验模具 1 由双组分室温可硫化 (RTV) 硅橡胶制备 (以商品名为 ELASTOSIL RT 601 可从 Wacker Asahikasei Silicone 有限公司商购获得)。

[0178] 试验板 2 和试验模具 2 由双组分 RTV 硅橡胶制备 (以商品名为 ELASTOSIL M4470 可从 Wacker Asahikasei Silicone 有限公司商购获得)。

[0179] 试验板 3 和试验模具 3 由聚丙烯制备 (以商品名为 NOVATECMA-3 可从日本 Polypropylene 有限公司商购获得)。

[0180] 试验板 4 和试验模具 4 由聚苯乙烯制备 (以商品名为 GPPS G9401 可从日本 Polystyrene 公司商购获得)。

[0181] 试验板 5 和试验模具 5 由聚乙烯制备 (以商品名为 HY-430 可从日本 Polyethylene 有限公司商购获得)。

[0182] 试验板 6 和试验模具 6 由聚碳酸酯制备 (以商品名为 IUPILONH-3000R 可从 Mitsubishi Engineering-Plastics 有限公司商购获得)。

[0183] 试验板 7 和试验模具 7 由聚丙烯制备 (以商品名为 POLYPR03445 可从 Exxon Mobil 公司商购获得)。

[0184] 试验板 8 和试验模具 8 由聚甲基丙烯酸甲酯制备 (以商品名为 LG35 可从 Sumitomo Chemical 有限公司商购获得)。

[0185] 试验板 9 和试验模具 9 由使用电铸法制造的镍板制备。

[0186] 可硬化流体,即 UV 可固化树脂,利用刮刀式涂布机涂覆在各试验模具的表面上,以形成涂层。涂覆设备是具有 150mm 宽度的刮刀式涂布机。PET 膜定位在 UV 可固化树脂上,以便 UV 可固化树脂位于试验板与 PET 膜之间。UV 可固化树脂的涂覆厚度是 150mm。在涂覆后,涂层利用从 Ushio 公司获得的 UV 灯的 3450mJ/cm² 的紫外线辐射而固化。硬化树脂随后从试验模具上去除。

[0187] 表 1

[0188]

实例	试验板号及试验模具号	试验板上液态树脂的接触角 [度] (10 个样本的平均值)	利用图 5 所示的试验模具制造的制品
1-1	1	63.4	A
1-2	2	60.9	A
1-3	3	59.5	B
1-4	4	41	C

1-5	5	57.3	C
1-6	6	34.5	C
1-7	7	64	B
1-8	8	33.4	C
1-9	9	38.2	C

[0189] 在上述试验条件下, UV 树脂与模具之间的接触角通过改变试验板的材料来改变。研究 (UV 树脂与试验板之间的) 接触角与被俘获到试验模具凹陷中气泡 50 的位置和形状之间的关系。表 1 示出了液态树脂 (UV 可固化树脂) 与试验板之间接触角的测量值的平均值。十次测量的平均值在表 1 中给出。

[0190] 静态接触角使用以商品名为 DROPMASER 700 可从 KyowaInterface 有限公司商购获得的测试仪来测量, 并且该静态接触角在室温下通过静滴法来测量。

[0191] 图 5 是例示接触角与模具凹陷内气泡的位置和形状之间关系的图示。更具体地说, 图 5 示出了由使用试验模具的制造工艺制造的 A 至 C 三种代表类型的凹面。图 5 中, 所制造制品的透视图 (左)、侧面剖视图 (中央)、以及平面图 (右)。

[0192] 对应大于 60 度的接触角, 使用试验模具 1 和 2 制造的制品是气泡不会保持在凹陷中的类型 A。也就是说, 没有气泡保留在凹陷中。使用试验模具 3 和 7 制造的制品是类型 B。气泡保留在四棱锥凹陷的顶部上, 并且气泡凸状表面的曲率相对较小 (直径相对较大)。从四棱锥的顶侧或底侧观察, 气泡的外形是大致球形的。使用试验模具 4-6、8 和 9 制造的制品是类型 C。气泡保留在四棱锥凹陷的顶部, 并且气泡凸状表面的曲率大于类型 B (直径小于类型 B)。从四棱锥的顶侧或底侧观察, 气泡的外形几乎变成四叶形。

[0193] 根据试验结果, 气泡的位置和形状可以通过调节 UV 树脂与模具表面之间的界面张力 (接触角) 而至少部分地控制。诸如 UV 树脂的粘度、从 UV 树脂涂覆到硬化的时间等各种其他变量也可以影响气泡的位置和形状。例如, 即使 UV 树脂与模具之间的接触角超过 60 度, 但如果 UV 树脂的粘度足够高, 则气泡仍可以保持在凹陷中。同样地, 即使液态树脂与模具之间的接触角超过 60 度, 但当 UV 树脂在涂覆后的短时间内用高强度的紫外线辐射硬化时, 气泡可以保留足够用于 UV 树脂硬化的时间。

[0194] 实例 2-1

[0195] 在实例 2-1 中, 制备了聚丙烯模具。起初, 凹陷使用切割机而制造在铜板的表面上。然后铜板的表面通过将铜板浸入氧化剂而被氧化。镍层通过电镀形成在铜板的氧化表面上。电镀后, 镍层从铜板上去除。聚丙烯 (以商品名为 POLYPRO3445 可从 Exxon Mobil 公司商购获得) 在 200 至 250℃ 下被溶入镍模具, 并随后被冷却至室温 (20 至 25℃)。硬化聚丙烯模具从镍模具上去除。产生的模具 (片) 具有方格状的凹陷图案。凹陷是具有 50 μm 的深度、90 度的顶角和方形底部形状的四棱锥凹面。方形底部的各边为 100 μm, 并且棱锥以 100 μm 的间距排列。图 2A 中的平面图例示出四棱锥凹陷的形状。

[0196] 四棱锥模具 (片) 被切割来制造粘附到具有 50 μm 厚度的聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET) 膜 (15cm 宽和 30cm 长) 上的小块 (8cm 宽和 10cm 长), 以便制造片状模具。PET 膜可

以商品名 TEIJIN TETRONFILM A31 从 Teijin Dupon Films 日本有限公司商购获得。聚丙烯模具（片）使用双面胶带（以商品名为 3M SCOTCH TAPE 可从 3M 公司商购获得）粘附到 PET 膜。

[0197] 具有几十微米厚度的另一 PET 膜（15cm 宽和 30 厘米长）被制备为透明覆盖片。PET 膜与上述的相同。

[0198] 大约 10cc 的 UV 可固化树脂滴落到片状模具的表面上，其中 UV 可固化树脂沿着具有凹陷区域的一侧而提供。在这个实例中使用的 UV 可固化树脂与实例 1 中使用的 UV 树脂相同，并且其粘度为大约 10,000mPas（由 B 型粘度计测量）。

[0199] 覆盖片的一侧放置于片状模具上，但是覆盖片的其他部分与片状模具保持分离。其次，片状模具套的一侧以及覆盖片（薄片套）放置在具有 150mm 宽的刮刀刃的刮刀式涂布机上。然后薄片套在刮刀刃下以 16cm/秒的速度（“涂覆速度”）移动，并且 UV 可固化树脂在薄片之间以 200 μm 的厚度涂开，并涂遍片状模具的凹陷，同时模具周围的空气被俘获到每个凹陷中。涂覆工艺在室温（大约 20 至 25 摄氏度）下的空气中进行。

[0200] 然后，具有 3450mJ/cm² 紫外线的紫外光（Ushio 公司）被用来通过透明的 PET 覆盖片照射模具片上的 UV 可固化树脂。使用紫外光计（ORC 制造有限公司的 UV-350），在 UV 树脂层的表面测量辐射强度。UV 可固化树脂聚合，并形成硬化层。在聚合后，透明 PET 覆盖片从模具片取下。硬化层用手从聚丙烯模具上去除。用这种方式，具有凹状表面的制品（具有凹面的排列格状图案的制品）从 UV 可固化树脂获得。

[0201] 实例 2-2

[0202] 可硬化流体包含 20 重量百分比的作为水溶性树脂的聚乙烯醇（以商品名为 KURARY POVAL PVA-217 可从 Kurary 有限公司商购获得）以及 80 重量百分比的蒸馏水。也就是说，可硬化流体在水性混合物中包含 20 重量百分比的 PVA-217。使用在实例 2-1 中制造的具有凹状表面的制品作为第二模具，可硬化流体滴落在第二模具上，以覆盖凹面，然后使用排气工艺来防止形成气泡缺陷。大气压被降至低于 1000 帕，保持 15 分钟。在排气后，可硬化流体利用刮刀式涂布机来涂开并设置为 200 微米的厚度。然后，硬化层通过在 60 摄氏度的烘箱中干燥涂层两个小时而获得，并随后在室温下过夜。在干燥后，硬化层从第二模具上去除。产生的由聚乙烯醇树脂制成的制品具有凸状表面（制品具有凸面的排列格状图案）。

[0203] 实例 2-3

[0204] 使用与实例 2-1 中所使用的类似的制造方法，具有凹状表面的制品通过改变从 UV 可固化树脂的涂覆到其硬化的时间而获得。硬化的开始时间，即涂覆至硬化之间的时间长度，是 0 分钟、30 分钟、或 60 分钟。在涂覆到硬化之间的任何时间段中，样本储存在环境光下。

[0205] 产生的具有凹状表面的制品使用扫描电子显微镜（SEM）（Keyence 有限公司的 VE-7800）来成像。获得的图像在下文中称作“SEM 图像”。在大体垂直俯视的凹状表面部分的 SEM 图像中，凹状表面的最大直径在五个位置进行测量。测量的平均值被确定为凹状表面的平均直径。

[0206] 下面的表 2 示出了该实例涂覆至硬化的时间与凹状表面的平均直径之间的关系。

[0207] 表 2

[0208]

UV 可固化 树脂	干燥温度, ℃	浓度, 重量百分比	粘度, 毫帕·秒	涂覆至硬化的时间, 分钟	平均直径, 微米
PVA-217	60	20	60000	0	78.7
				30	78.4
				60	78.0

[0209] 实例 2-4

[0210] 除了模具改变外,制品如实例 2-1 所描述地制备。更具体地说,使用镍模具,并且模具中所提供的凹陷的形状从四棱锥变为方柱。方柱各具有方形底部形状,所述方形底部形状的方形各边为 $115\ \mu\text{m}$ 。凹陷以 $140\ \mu\text{m}$ 间距的方格状图案排列。镍模具由铜板制备。凹陷使用切割机制造在铜板的表面上。然后铜板的表面通过将铜板浸入氧化剂而被氧化。然后,镍层通过电镀形成在铜板的氧化表面上。在电镀后,镍层从铜板去除。

[0211] 图 8 示出了获得的具有凹状表面 32A 的制品 31A 的透视图。制品 31A 具有凹面的排列图案。各凹状表面具有大体相同的形状,并且被槽状部分包围。

[0212] 在与实例 2-2 相同的条件下,具有凸状表面的制品使用所获得的具有凸状表面的制品 31 作为第二模具而获得。图 9 示出了所获得的具有凸状表面 62A 的制品 61A (具有凸面的排列图案的制品) 的透视图。各凸状表面具有大体相同的形状,并被壁 63A 包围。

[0213] 实例 2-5

[0214] 除了具有不同的模具,具有凸状表面的制品使用类似于用来制备实例 2-1 的工艺来制备。模具中的凹陷从四棱锥变为四棱台。模具的材料是由 Wacker Asahikasei Silicone 有限公司的 ELASTSIL M4470 制成的有机硅树脂片。四棱台凹陷各自具有方形底部各边为 $25\ \mu\text{m}$ 的方形底部形状,以及方形顶部各边为 $50\ \mu\text{m}$ 的方形顶部形状。凹陷以 $50\ \mu\text{m}$ 间距的方格状图案排列。具有凹状表面的制品 (具有凹面的排列格状图案的制品) 得以制造。

[0215] 除了第二可硬化树脂不同,这种制品随后在类似于实例 2-2 的条件下被用作第二模具。对此实例而言,15 重量百分比的作为水溶性树脂的聚乙烯醇 (Kurary 有限公司的 KURARY POVAL™ PVA-205) 以及 85 重量百分比的蒸馏水被混合。这种 15 重量百分比的 PVA-205 水性混合物被涂覆在第二模具上。由聚乙烯醇树脂制成的具有凸状表面的制品 (具有凸面的排列图案的制品) 得以制备。

[0216] 比较例 1

[0217] 除了在 UV 可固化树脂涂覆后,UV 可固化树脂保持在真空下 15 分钟,以消除涂覆时俘获的气泡之外,制品通过进行类似于实例 2-1 的工艺而获得。气泡的外形未被赋予到产生的制品。相反,模具表面 (包括凹陷) 的形状被赋予到制品。

[0218] 实例 3-1

[0219] 可硬化流体包含 20 重量百分比的聚乙烯醇 (以商品名为 KURARYPOVAL PVA-205 可从 Kurary 有限公司商购获得),以及 80 重量百分比的蒸馏水。这种可硬化流体是水溶性

树脂。与实例 2-1 中使用的薄片相同,聚丙烯片被用作模具。

[0220] 除了是液态树脂,涂覆工艺如实例 2-1 所述地进行。更具体地说,水溶性树脂利用刮刀式涂布机涂覆到模具上,从而形成 200 μm 厚度的涂层。涂覆速度为 16cm/ 秒,并且空气被俘获到模具周围。

[0221] 涂层随后在 60 摄氏度的烘箱中干燥两个小时。涂层进一步在室温下干燥过夜,以形成硬化层。硬化层从聚丙烯模具去除,从而获得由水溶性树脂制成的具有凹状表面的制品(制品具有凹面的排列图案)。凹状表面的曲率小于实例 2-1。

[0222] 实例 3-2

[0223] 使用实例 3-1 中所制造的具有凹状表面的制品作为第二模具,与实例 2-1 中所使用的 UV 可固化树脂相同的 UV 可固化树脂被涂覆在第二模具上,其厚度为 200 μm 。UV 可固化树脂层放置与 50 μm PET 膜接触。排气工艺以与实例 2-2 相同的方式通过降低大气压力而进行。然后,硬化层通过利用与实例 2-1 中所使用的相同的紫外灯用 3450mJ/cm² 的紫外线从 PET 膜侧照射 UV 可固化树脂而形成。在聚合后,硬化层从第二模具去除,以获得由 UV 可固化树脂制成的具有凸状表面的制品(制品具有凸面的排列图案)。

[0224] 实例 3-3

[0225] 除了可硬化层流体中聚乙烯醇的浓度不同,制品使用类似于实例 3-1 中所描述的工艺而制备。聚乙烯醇以商品名为 KURARAY POVALPVA-205 可从 Kurary 有限公司商购获得。蒸馏水与聚乙烯醇混合来制备分别具有 5 重量%的 PVA-205、10 重量%的 PVA-205、15 重量%的 PVA-205、25 重量%的 PVA-205 和 30 重量%的 PVA-205 的水性混合物。在可硬化流体组合物制备后,各样本使用 16cm/ 秒的涂覆速度以 200 μm 的厚度涂覆在图 2A 所示的聚丙烯模具上。

[0226] 各涂层在 60 摄氏度的烘箱中干燥两个小时,并进一步在室温(大约 25 摄氏度)下干燥过夜,以形成硬化层。此后,各硬化层从聚丙烯模具去除,从而获得由聚乙烯醇制成的具有凹状表面的制品。

[0227] 在凹状表面上大体垂直俯视的 SEM 图像中,凹状表面部分的最大直径在五个位置进行测量。测量的平均值确定为凹状表面的平均直径。

[0228] 表 3 示出了此实施例中水溶性树脂的粘度(浓度)与凹状表面的平均直径之间的关系。

[0229] 表 3

可固化树脂	干燥温度, °C	浓度, 重量百分比	粘度, 毫帕·秒	涂覆速度, cm/秒	平均直径, 微米
[0230] PVA-205	60 至 25	5	9	16	72.05
		10	40		77.20
		15	180		83.33
		20	500		89.09
		25	3000		90.48
		30	7000		87.94

[0231] 实例 3-4

[0232] 使用类似于实例 3-1 的制造工艺。制备 20 重量百分比的聚乙烯醇水溶性树脂 (Kurary 有限公司的 KURARY POVALPVA-205) 的水性混合物。使用如实例 2-1 所述的聚丙烯模具, 六个样本通过将水溶性树脂用 16cm/ 秒的速度以 200 μm 的厚度涂覆到模具而制备。

[0233] 第一样本在 25 摄氏度的烘箱中干燥两个小时, 第二样本在 60 摄氏度的烘箱中干燥两个小时, 第三样本在 80 摄氏度的烘箱中干燥两个小时, 第四样本在 100 摄氏度的烘箱中干燥两个小时, 第五样本在 120 摄氏度的烘箱中干燥两个小时, 以及第六样本在 140 摄氏度的烘箱中干燥两个小时。然后, 六个样本在室温下干燥过夜, 从而形成硬化层。此后, 硬化层从聚丙烯模具去除, 从而获得六个由水溶性树脂制成的具有凹状表面的制品。

[0234] 在大体垂直俯视的凹状表面部分的 SEM 图像中, 凹状表面部分的最大直径 (在样本在不小于 120 摄氏度下干燥的情况下的对角线距离) 其形状在五个位置进行测量。测量的平均值确定为凹状表面的平均直径。

[0235] 表 4 示出了本发明的一个实施例中干燥温度与凹状表面的平均直径之间的关系。

[0236] 表 4

[0237]

固化树脂	干燥温度, °C	浓度, 重量百分比	涂覆速度, cm/秒	平均直径, 微米
PVA-205	25	20	16	63.84
	60			91.80
	80			97.12
	100			95.84
	120			105.18
	140			105.70

[0238] 实例 3-5

[0239] 如在实例 3-1 中, 制备 20 重量百分比的作为水溶性树脂 (Kurary 有限公司的

KURARY POVAL PVA-205) 的聚乙烯醇的含水混合物。然后,在将空气被俘获到模具周围的同时,该溶液以 1.44cm/ 秒、4.03cm/ 秒、及 23.36cm/ 秒的速度涂覆在模具上。

[0240] 然后,三个涂层在 60 摄氏度的烘箱中干燥两个小时,并进一步在室温下干燥过夜,从而形成硬化层。此后,所以硬化层从聚丙烯模具去除,从而获得由水溶性树脂制成的具有凹状表面的制品(具有凹面的排列图案的制品)。

[0241] 在大体垂直俯视的凹状表面部分的 SEM 图像中,凹状表面部分的最大直径在五个位置进行测量。测量的平均值确定为凹状表面的平均直径。

[0242] 表 5 示出了在本发明的一个实施例中用于水溶性树脂混合物的涂覆速度与凹状表面的平均直径之间的关系。

[0243] 表 5

[0244]	可固化 树脂	干燥温度, ℃	浓度, 重量百分比	涂覆速度, cm/秒	平均直径, 微米
	PVA-205	60 至 25	20	23.36	95.13
				4.03	94.44
				1.44	90.55

[0245] 实例 4-1

[0246] 本实例中,热塑性树脂被用作可硬化流体。更具体地说,热塑性树脂是聚乙烯(以商品名为 LDPEC 13 可从 Easman Chemical 日本有限公司商购获得)。具有方格状四棱锥凹陷样式的镍片被用作模具。这些四棱锥凹陷宽 25 μm,具有 90 度的顶角,以及方形底部形状。方形底部的各边为 50 μm,并且凸面以 50 μm 间距布置。镍片如实例 2-4 所述地制备。

[0247] 热塑性树脂利用加热刮刀式涂布机而涂覆在模具上,从而形成涂层。更具体地说,热塑性树脂被加热到树脂将具有充分流动性的温度(140 摄氏度),并在将空气被俘获到模具周围的同时,用 16cm/ 秒的涂覆速度以 200 μm 的厚度涂覆到模具上。

[0248] 然后,涂层被冷却到室温,从而形成硬化层。此后,硬化层从镍模具上去除,从而获得由热塑性树脂制成的具有凹状表面的制品(制品具有凹面的排列图案)。

[0249] 实例 4-2

[0250] 使用实例 4-1 中制造的具有凹状表面的制品作为第二模具,与实例 2-1 中所使用的 UV 可固化树脂相同的 UV 可固化树脂以 200 μm 的厚度涂覆到第二模具上。50 μm PET 膜被放置与 UV 可固化树脂接触,并随后用辊滚压。排气工艺以与实例 2-2 相同的方式通过降低大气压力而进行。然后,与实例 2-1 中所使用的相同的紫外灯被用来用 3450mJ/cm² 的紫外线从 PET 膜侧照射 UV 树脂。UV 可固化树脂聚合,以形成硬化层。在聚合后,硬化层从第二模具去除,从而获得由 UV 可固化树脂制成的具有凸状表面的制品(具有凸面的排列图案的制品)。

[0251] 实例 5-1

[0252] 具有 5 μm 厚度铜层的多层膜提供在具有 75 μm 厚度聚酰亚胺片上。该膜以商品名为 TWO LAYER COPPER CLAD SUBSTRATE 可从日本 Interconnection System 有限公司商购获得。激光束照射在产生的多层膜的聚酰亚胺侧,以形成凹陷,从而制造模具。在图 7A

中,聚酰亚胺层对应侧壁部分(第一层 110a),并且铜层对应底部部分(第二层 110b)。

[0253] 更具体地说,Beam 公司(日本东京)制备聚酰亚胺层中的开口。激态激光束利用掩膜照射在聚酰亚胺层侧,以仅在聚酰亚胺层中形成开口阵列图案,并且铜层的表面暴露在各开口的底部,从而制造具有以方格状图案排列的凹陷的模具。每个凹陷具有柱状凹面。在这种情况下,如表 6 所示,具有不同布置图案的模具 #1 和模具 #2 通过两种掩膜而制备。

[0254] 表 6

[0255]

模具	间距, 微米	开口直径,微米		聚酰亚胺层厚度, 微米	Cu 层 厚度, 微米
		顶- 聚酰亚胺侧	底- Cu 侧		
#1	250	151.63	137.01	75	5
#2	80	50.54	36.34	75	5

[0256] 模具 #1 具有 100 个柱状凹面形式的凹陷(10×10 格),其中柱状凹面以 250 μm 间距形成,并且各柱状凹面具有在顶面侧直径为 151.63 μm 且在底面侧(铜层侧)直径为 137.01 μm 的剖面形状。模具 #2 具有 100 个柱状凹面形式的凹陷(10×10 格),其中柱状凹面以 80 μm 间距形成,并且各柱状凹面具有在顶面侧直径为 50.54 μm 且在底面侧(铜层侧)直径为 36.34 μm 的剖面形状。

[0257] 图 10A 是示出具有开口 115A 的模具 #1(110A) 的俯视平面图,并且图 10B 是示出具有开口 115B 的模具 #2(110B) 的俯视平面图。

[0258] 实例 5-2

[0259] 具有凹状表面的制品使用上述模具 #1 而制造。通过混合 90 重量份的 UV 可硬化低聚物,即聚酯基氨基甲酸酯丙烯酸酯(以商品名为 EBECRYL8402 可从 DAICEL-CYTEC 有限公司商购获得),10 重量份的不饱和脂肪酸羟基烷基酯改性物 e-己内酯(以商品名为 PLACELFA2D 可从 Daicel 化学工业有限公司商购获得),以及 1 重量份的光聚合引发剂(以商品名为 IRGACURE2959 可从 CIBA Specialty Chemicals 公司商购获得),来制备作为本实例可硬化流体的 UV 可固化树脂。

[0260] 用于在形成硬化涂层后去除铜层的腐蚀剂通过混合 6.4 重量份的过氧化氢、18 重量份的浓硫酸、33 重量份的硫酸铜以及 42.6 重量份的蒸馏水而制备。

[0261] UV 可固化树脂利用刮刀式涂布机而涂覆在模具上,从而形成涂层。更具体地说,在将空气以与实例 2-1 相同的方式被俘获到模具周围的同时,UV 可固化树脂用 16cm/秒的涂覆速度以 200 μm 的厚度涂覆在模具上。然后,UV 可固化树脂利用实例 2-1 的紫外灯用 3450mJ/cm² 的紫外线来照射。UV 可固化树脂被硬化(如,聚合并固化)。

[0262] 在硬化后,铜层(底部部分)利用加热到 40 摄氏度的腐蚀剂而去除。产生的制品用蒸馏水清洗。制品具有凹状表面(制品具有凹面的排列图案)。图 11 示出了所获得的具有凹状表面 132A 的制品 131' A 的透视图。

[0263] 由于聚酰亚胺部分不存在于以方格状图案排列在制品中的邻近凹状表面之间,所以可以获得制品,该制品具有其中没有任何槽状部分存在于邻近凹状表面之间的凹状表

面。

[0264] 具有凸状表面的制品利用制造有凹状表面的制品而制造。固化树脂是混合物,其包含 20 重量百分比的作为水溶性树脂的聚乙烯醇(以商品名 KURARY POVAL PVA-217 可从 Kurary 有限公司商购获得)和 80 重量百分比的蒸馏水。使用实例 5-1 制造的具有凹状表面的制品作为第二模具,20 重量百分比的 PVA-217 水性混合物利用刮刀式涂布机涂覆到第二模具上,其厚度为 200 μ m。排气工艺以与实例 2-2 相同的方式通过降低大气压力而进行。

[0265] 硬化层通过在 60 摄氏度的烘箱中干燥涂层两个小时,并在室温下(大约 25 摄氏度)干燥过夜而获得。在干燥后,硬化层从第二模具去除,从而获得由聚乙烯醇制成的具有凸状表面的制品(制品具有凸面的排列图案)。图 12 示出了所获得的具有凸状表面 162A 的制品 161A 的透视图。

[0266] 制品的各凸状表面不被槽状部分包围。也就是说,获得了具有不被水平壁包围的凸状表面的第二制品。

[0267] 实例 5-3

[0268] 具有凹状表面的制品利用模具 #2 代替模具 #1 进行制造。在这种情况下,除了模具之外,制品利用与实例 5-2 相同的条件进行制造。

[0269] 图 13 示出了所获得的具有凹状表面 132B 的制品 131' B 的透视图。与实例 5-2 中制备的制品一样,获得了具有邻近凹状表面之间没有槽状部分的凹状表面的制品。

[0270] 具有凸状表面的制品使用如上所述制造的制品作为第二模具而制造。在这种情况下,除了第二模具之外,第二制品在与上述实例 5-2 相同的条件下制造。

[0271] 图 14 示出了所获得的具有凸状表面 162B 的制品 161B 的透视图。由于第二模具的每个凹状表面不被槽状部分包围,所以第二制品具有不被水平壁包围的凸状表面。

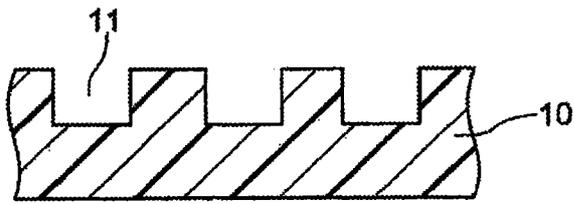


图 1A

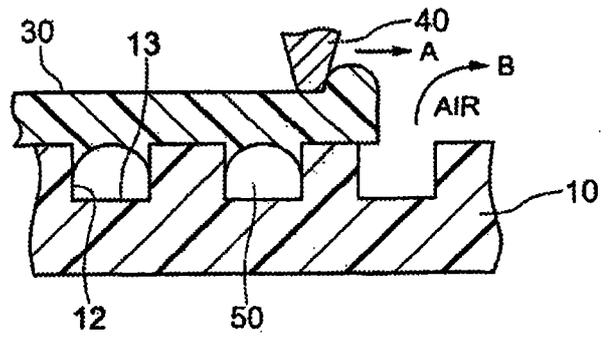


图 1B

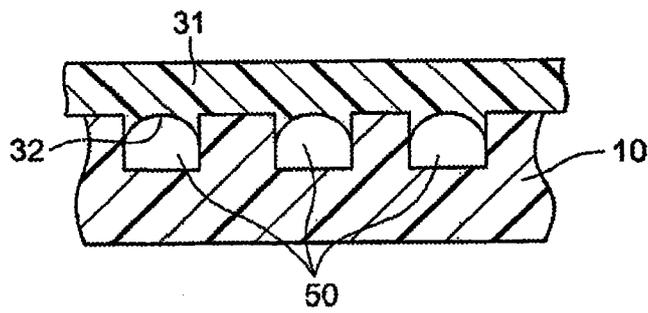


图 1C

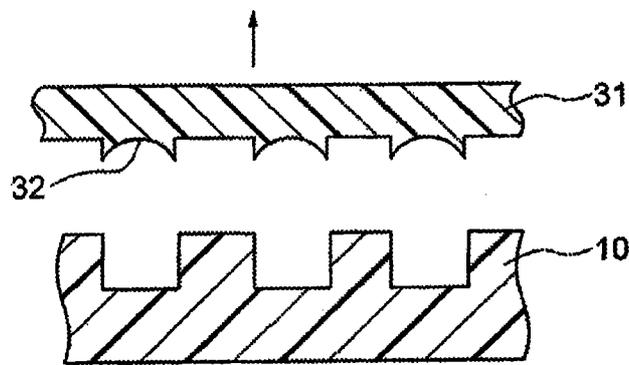


图 1D



图 1E

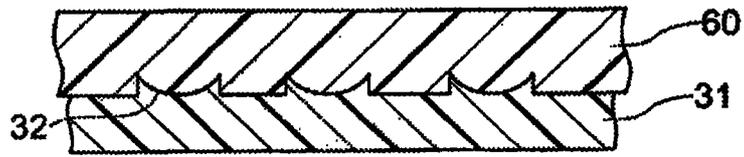


图 1F

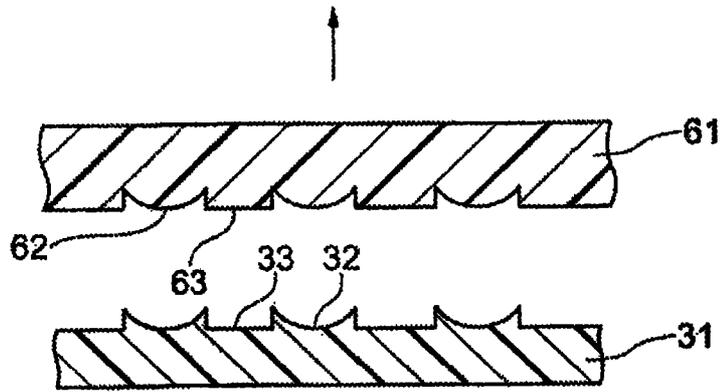


图 1G

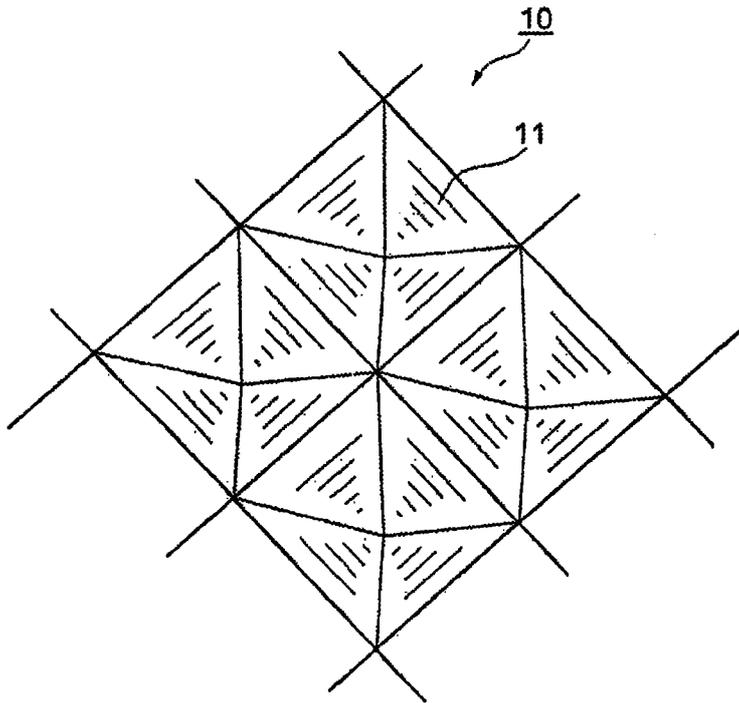


图 2A

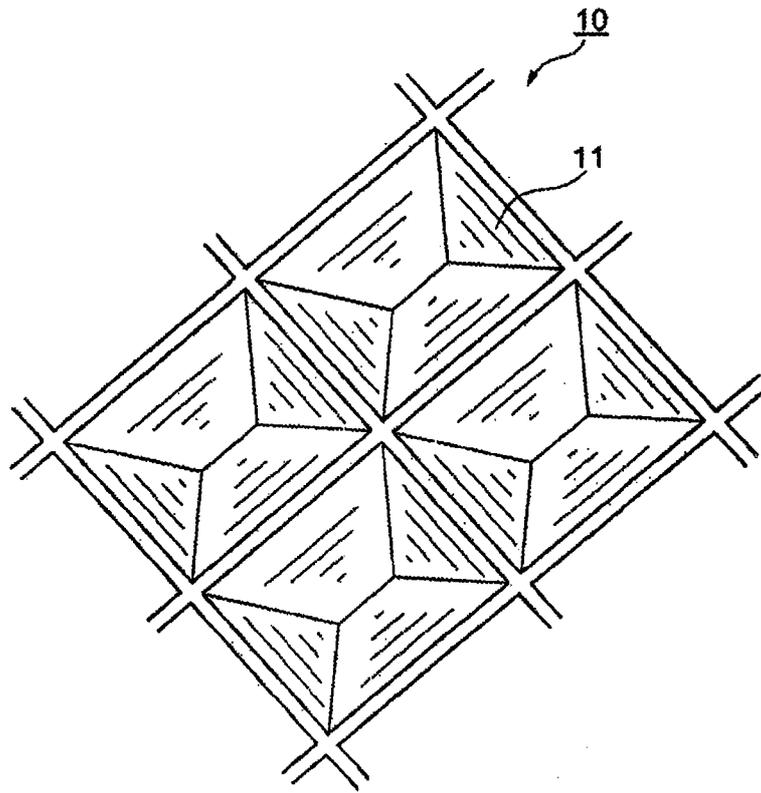


图 2B

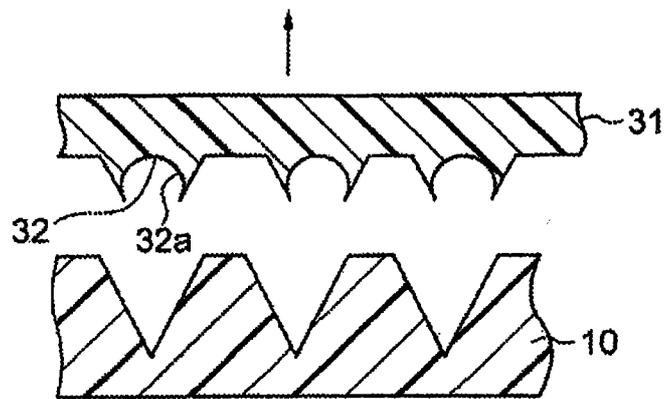


图 3A

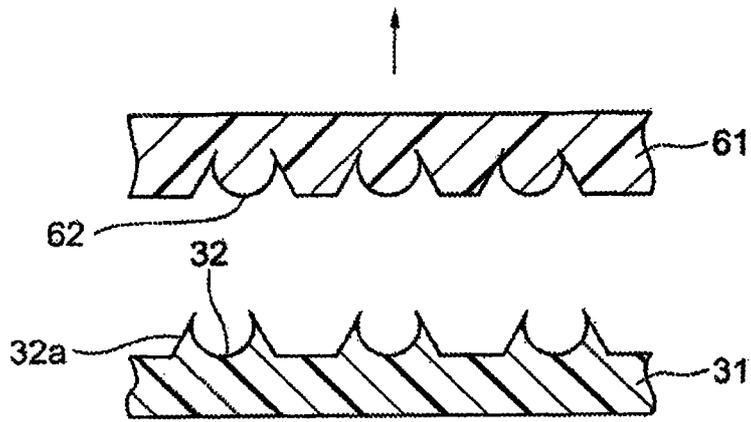


图 3B

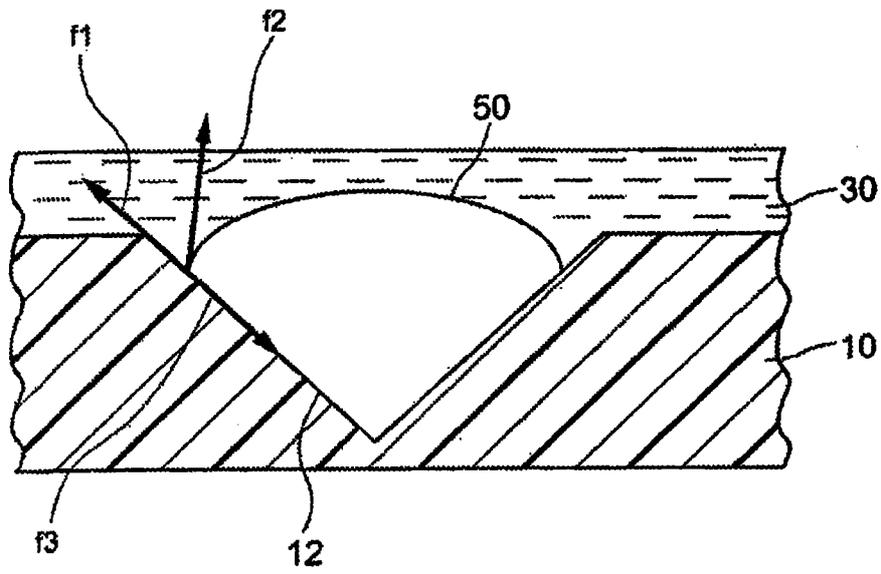
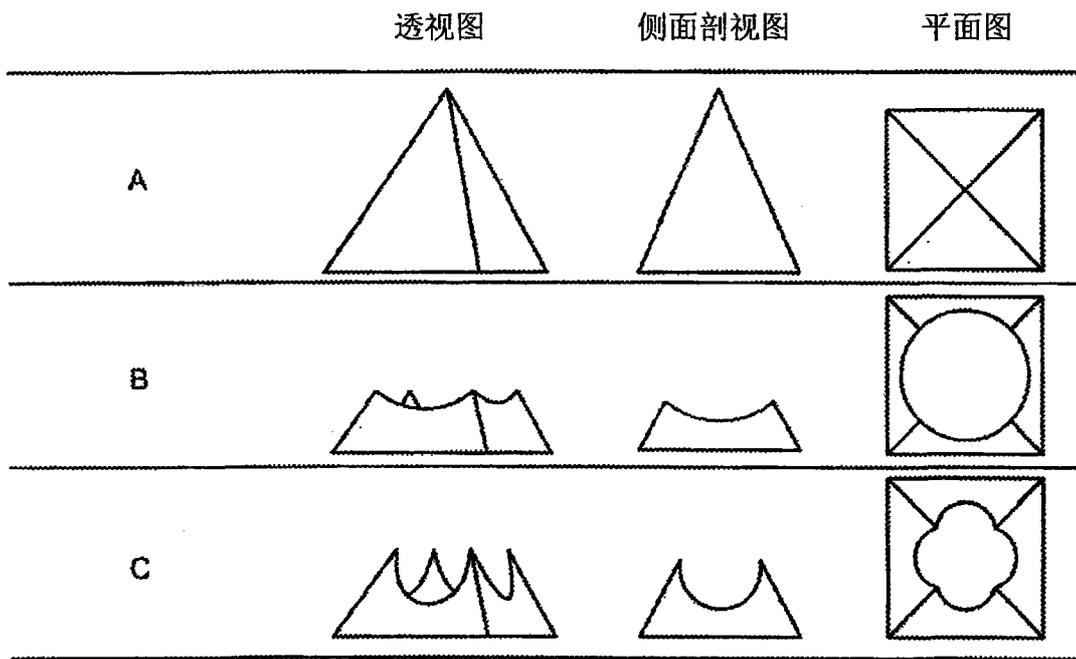


图 4



接触角和气泡位置之间的关系

图 5

情况1

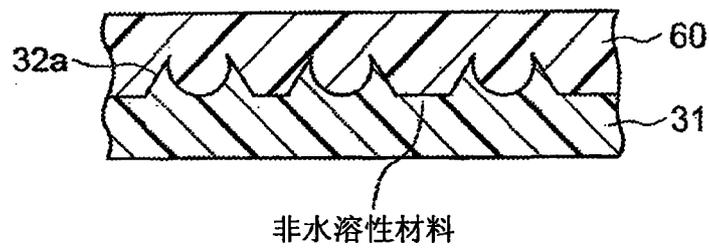


图 6A

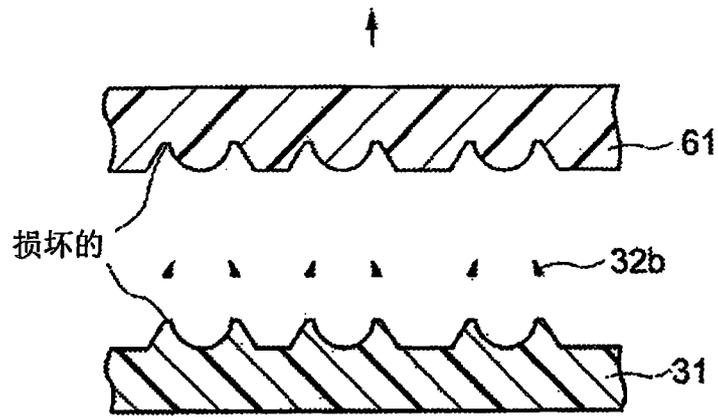


图 6B

情况2

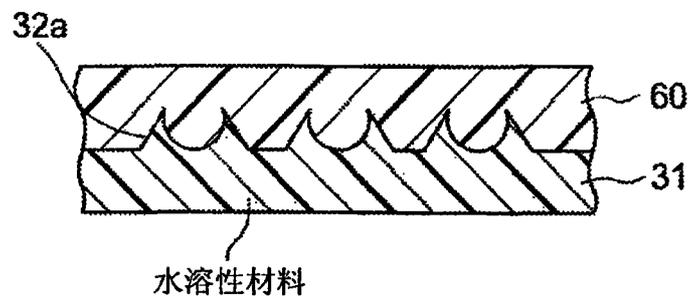


图 6C



未损坏的

图 6D

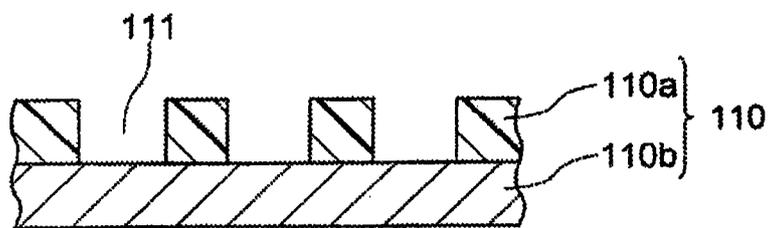


图 7A

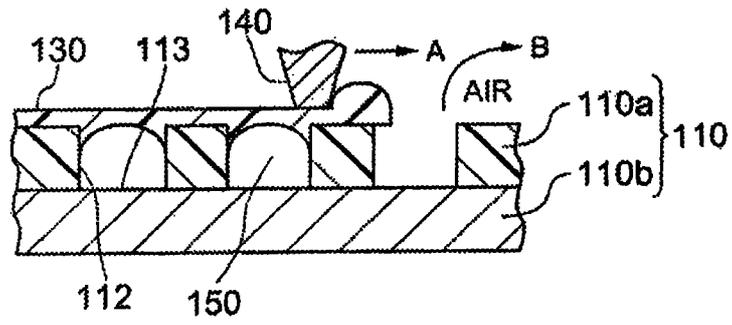


图 7B

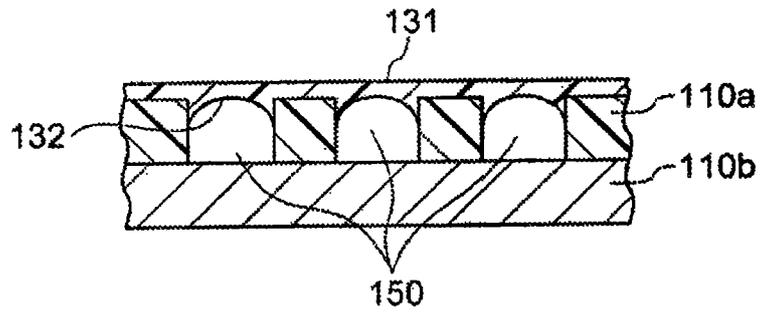


图 7C

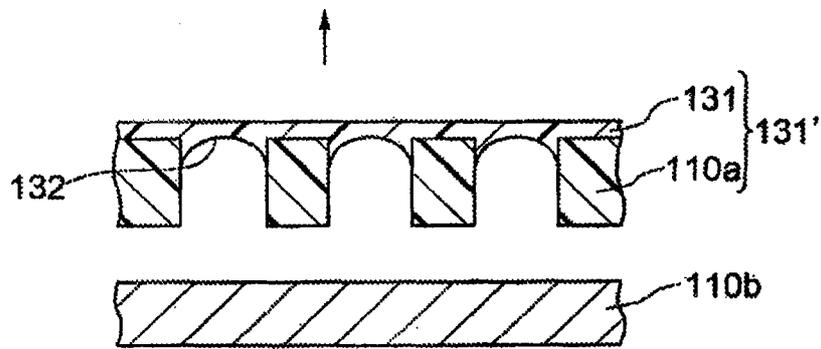


图 7D

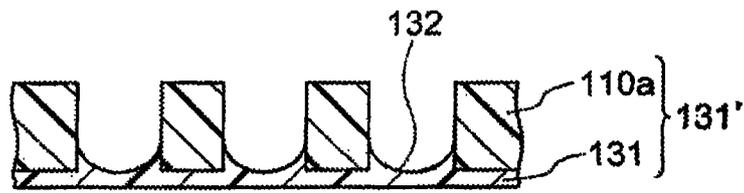


图 7E

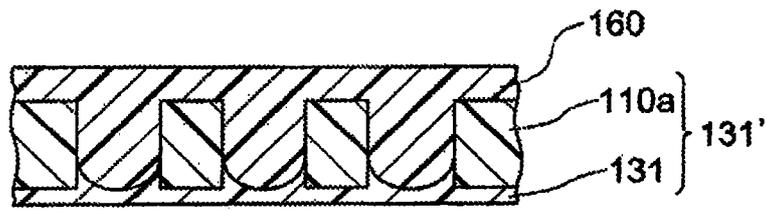


图 7F

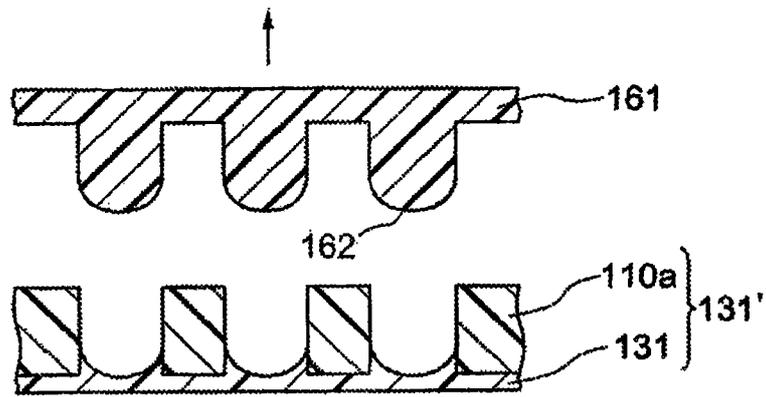


图 7G

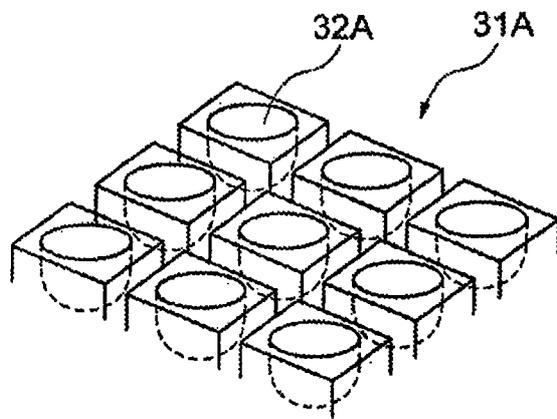


图 8

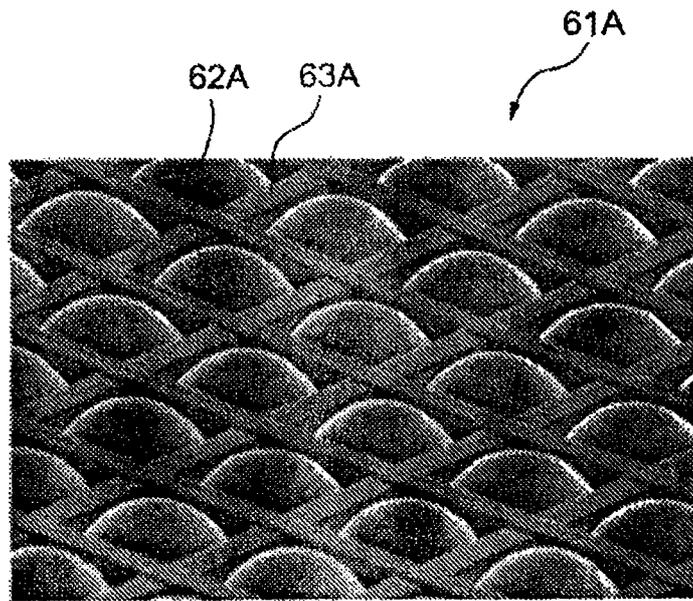


图 9

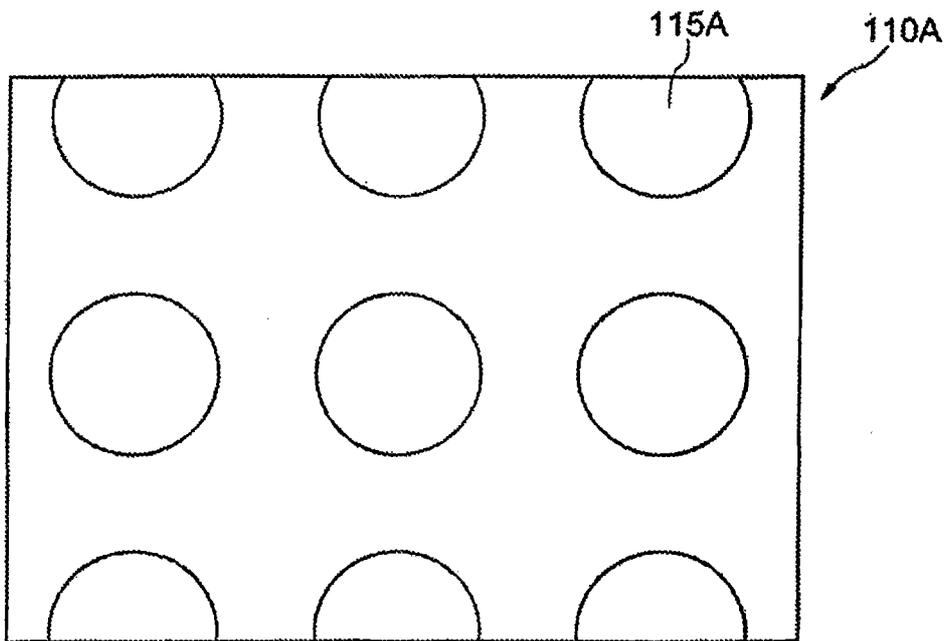


图 10A

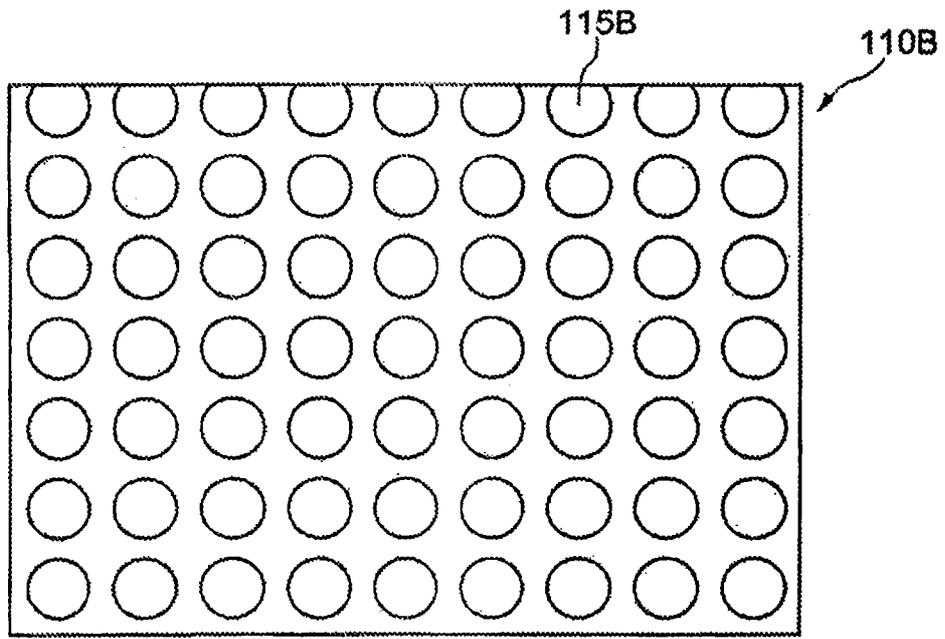


图 10B

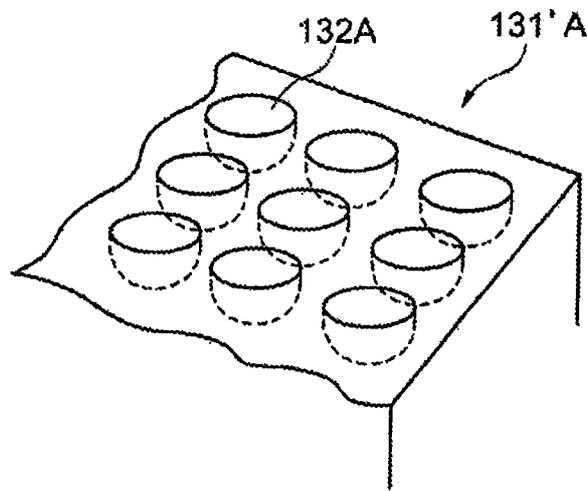


图 11

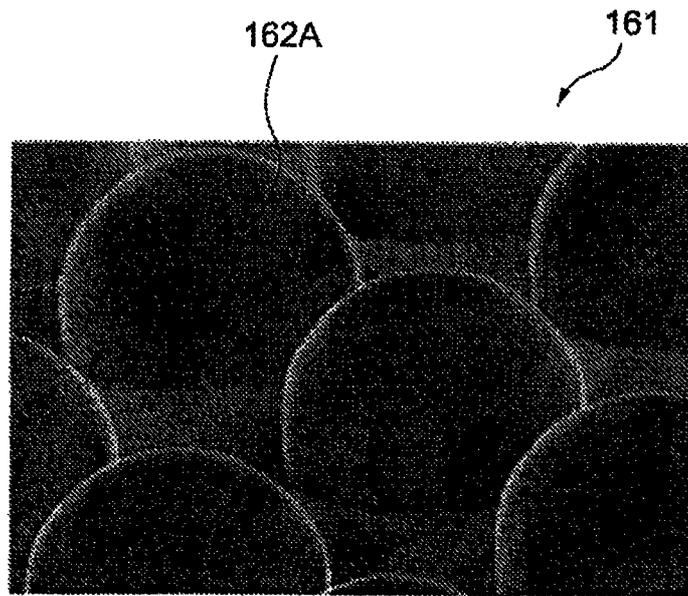


图 12

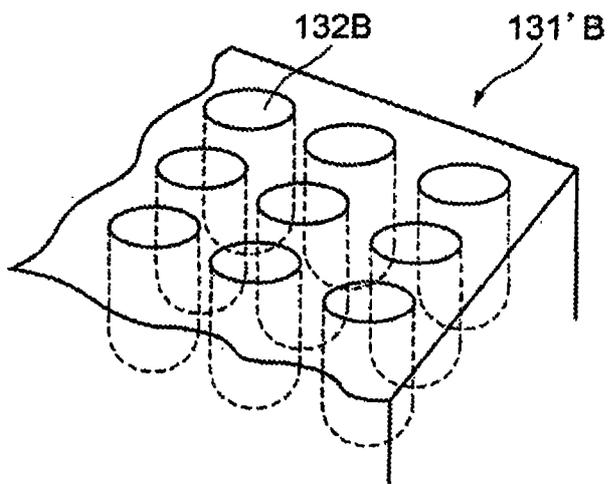


图 13

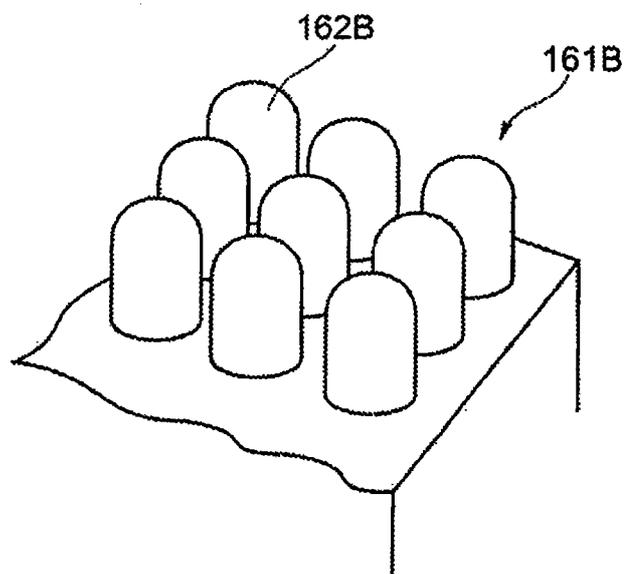


图 14