

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

B32B 7/12

G11B 7/0065



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02818465.3

[43] 公开日 2004 年 12 月 22 日

[11] 公开号 CN 1556750A

[22] 申请日 2002.8.21 [21] 申请号 02818465.3

[30] 优先权

[32] 2001. 8. 22 [33] US [31] 60/314,320

[32] 2002. 1. 11 [33] US [31] 10/043,939

[86] 国际申请 PCT/US2002/026528 2002.8.21

[87] 国际公布 WO2003/018309 英 2003.3.6

[85] 进入国家阶段日期 2004.3.19

[71] 申请人 英法塞技术公司

地址 美国科罗拉多州

[72] 发明人 L·达尔 M·D·迈克尔斯

[74] 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

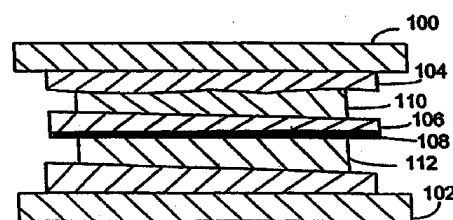
代理人 杨晓光 李 峥

权利要求书 8 页 说明书 21 页 附图 8 页

[54] 发明名称 用于形成多层光学制品的方法和装置

[57] 摘要

一种用于多层光学制品的方法和装置。方法包括用第一夹具(100)和第二夹具(102)形成第一多层制品,所述多层制品具有第一衬底(104),第一粘合剂(110)和第二衬底(106)。方法还包括形成第二多层制品,所述第二多层制品具有第一多层制品,第二粘合剂(112)和第三衬底(114),同时用第一夹具(100)和第二夹具(102)来夹紧第二多层制品。在除去第一夹具(100)和第二夹具(102)之后,第一粘合剂(110)和第二粘合剂(112)使第二多层制品保持处于第二多层制品被第一夹具(100)和第二夹具(102)保持时的姿势,其中第一粘合剂(110)和第二粘合剂(112)包括光聚合物,以便制品能将数据存储在反射式全息数据存储系统中。



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

1. 一种用于制造多层光学制品的方法，包括以下步骤：

提供第一衬底，所述第一衬底具有第一表面和第二表面；

提供第二衬底，所述第二衬底具有第一表面和第二表面；

提供第三衬底，所述第三衬底具有第一表面和第二表面；

用第一夹具夹紧所述第一衬底的第一表面，因而所述第一衬底的第一表面被保持到该第一夹具的内表面上，夹紧应用真空实施；

用第二夹具夹紧所述第二衬底的第一表面，因而所述第二衬底的第一表面被保持到该第二夹具的内表面上，夹紧应用真空实施；

将所述第一和第二夹具的内表面安排成以选定的角度关系彼此面对；

将第一粘合剂设置在从所述第一衬底的第二表面和所述第二衬底的第二表面中选定的一个或多个表面上；

至少部分地固化第一粘合剂，同时第一和第二夹具保持夹紧，及同时第一和第二夹具的内表面处于选定的距离关系和选定的角度关系，以便形成第一多层制品；

从该第一多层制品中松开第一夹具；

用松开的第一夹具将所述第三衬底的第一表面夹紧，因而所述第三衬底的第一表面被保持到第一夹具的内表面上，夹紧通用真空实施；

将第二粘合剂设置在从所述第三衬底的第二表面和形成的多层制品的所述第一衬底的第一表面中选定的一个或多个表面上；

至少部分地固化第二粘合剂，同时第一和第二夹具保持夹紧，及同时第一和第二夹具的内表面处于选定的距离关系和选定的角度关系，以便形成第二多层制品；

其中在除去第一和第二夹具之后，至少部分固化的第一和第二粘合剂使所述第二多层制品保持处于第二多层制品被第一和第二夹具保持时的姿势，其中第一和第二粘合剂包括光聚合物，以使制品能将数据存储在全息数据存储系统中，并且其中第一夹具的内表面和第二夹具的内表面中的至

少之一个对约 0.3 到约 1.6 μm 的波长具有的表面平度约为 0.05 到约 1 波长/cm。

2. 根据权利要求 1 的方法, 其中所述第二多层制品在约 300 纳米到 1600 纳米波长处具有的表面平度约为 0.05 波长/cm 到约 1 波长/cm, 并且通过粘合剂施加在第一、第二、和第三衬里上的力保持表面平度。

3. 根据权利要求 1 的方法, 其中由所述第一衬底的第一表面和所述第二衬底的第一表面所接合的多层制品及由所述第一衬底的第一表面和所述第三衬底的第一表面所接合的制品在约 300 纳米到 1600 纳米波长处各具有透射平度约为 0.05 波长/cm 到约 1 波长/cm。

4. 根据权利要求 1 的方法, 其中所述第一和第二夹具是其中具有至少一个真空通道的玻璃板。

5. 根据权利要求 1 的方法, 其中所述第一和第二多层制品的 Strehl 值为 0.9 或更大。

6. 根据权利要求 1 的方法, 其中所述第一和第二多层制品具有约 10^{-2} 或更小的弓形。

7. 根据权利要求 1 的方法, 其中所述第一、第二和第三衬底是透明的, 并且是从玻璃、蓝宝石、聚碳酸酯、石英、聚甲基丙烯酸甲酯、丙烯酸类化合物、聚烯烃或它们的任何组合中选定的。

8. 根据权利要求 1 的方法, 其中在固化步骤期间, 所述第一夹具和第二夹具中的至少一个能沿 z 轴移动。

9. 根据权利要求 1 的方法, 其中选定的角度关系是平行关系。

10. 根据权利要求 1 的方法, 其中在将夹具的内表面安排成选定的角度关系期间, 实施干涉测量技术。

11. 一种多层光学制品包括:

第一衬底;

第二衬底;

第三衬底;

第一层部分固化的粘合剂, 其中该第一层部分固化的粘合剂设置在所

述第一衬底的第一表面和所述第二衬底之间；及

第二层部分固化的粘合剂，其中该第二层部分固化的粘合剂设置在所述第一衬底的第二表面和第三衬底之间，其中所述第一和第二粘合剂包括光聚合物，以使制品能将数据存储在全息数据存储系统中，并且其中所述多层光学制品在约 300 纳米到 1600 纳米波长处具有的表面平度约为 0.05 波长/cm 到约 1 波长/cm，其中由所述第一衬底的第一表面和所述第二衬底的第一表面所接合的第一层及由所述第一衬底的第一表面和所述第三衬底的第一层所接合的第二层在约 300 纳米到 1600 纳米波长处各具有的透射平度约为 0.05 波长/cm 到约 1 波长/cm。

12. 根据权利要求 11 的多层制品，其中所述衬底由玻璃、硅、聚碳酸酯、聚甲基丙烯酸甲酯、丙烯酸类化合物、聚烯烃或它们的任何组合制成。

13. 根据权利要求 11 的多层制品，其中所述衬底具有至少一个孔用于穿过衬底分配粘合剂。

14. 根据权利要求 11 的多层制品，其中所述衬底的几何形状可以是方形、矩形、圆形或椭圆形。

15. 根据权利要求 11 的多层制品，其中衬底厚度约为 25 微米到约 3 毫米。

16. 根据权利要求 11 的多层制品，其中所述第一或第二或第三衬底的外表面包含表面浮雕图形。

17. 根据权利要求 11 的多层制品，其中所述第一或第二或第三衬底的一个或两个表面包含表面浮雕图形或衍射光栅。

18. 根据权利要求 11 的多层制品，其中所述粘合剂利用热或辐射能固化。

19. 根据权利要求 11 的多层制品，其中所述制品的 Strehl 值为 0.9 或更大。

20. 一种用于制造多层反射式全息存储系统的方法，包括以下步骤：

提供第一衬底，所述第一衬底具有第一表面和第二表面，其中第一表面是反光的；

提供第二衬底，所述第二衬底具有第一表面和第二表面；

提供第三衬底，所述第三衬底具有第一表面和第二表面；

用第一夹具夹紧所述第一衬底的第一表面，因而所述第一衬底的第一表面被保持到该第一夹具的内表面上，夹紧应用真空实施；

用第二夹具夹紧所述第二衬底的第一表面，因而所述第二衬底的第一表面被保持到该第二夹具的内表面上，夹紧应用真空实施；

将第一和第二夹具的内表面安排成以选定的角度关系彼此面对；

将第一粘合剂设置在从所述第一衬底的第二表面和所述第二衬底的第二表面二者中选定的一个或多个表面上；

至少部分地固化第一粘合剂，同时第一和第二夹具保持夹紧，及同时第一和第二夹具的内表面处于选定的距离关系和选定的角度关系，以便形成第一多层制品；

从所述第一多层制品中松开第一夹具；

用松开的第一夹具夹紧所述第三衬底的第一表面，因而所述第三衬底的第一表面被保持到第一夹具的内表面上，夹紧应用真空实施；

将第二粘合剂设置在从所述第三衬底的第二表面和形成的多层制品的反射第一表面中选定的一个或多个表面上；

至少部分地固化第二粘合剂，同时第一和第二夹具保持夹紧，及同时第一和第二夹具的内表面处于选定的距离关系和角度关系，以便形成第二多层制品；

其中在除去第一和第二夹具之后，至少部分固化的第一和第二粘合剂使第二多层制品保持处于第二多层制品被第一和第二夹具保持时的姿势，其中第一和第二粘合剂包括光聚合物，以便制品能把数据存储于反射式全息数据存储系统中，及其中第一夹具的内表面和第二夹具的内表面的至少其中之一对约 0.3 到约 0.7 μm 的波长具有的表面平度约为 0.05 到约 1 波长/cm。

21. 根据权利要求 20 的方法，其中所述第二多层制品在约 300 纳米到 1600 纳米的波长处具有的表面平度约为 0.05 波长/cm 到约 1 波长/cm，并

且通过粘合剂施加在第一、第二和第三衬底上的力保持表面平度。

22. 根据权利要求 20 的方法，其中由所述第一衬底的第一表面和所述第二衬底的第一表面所接合的多层及由第一衬底的第一表面和第三衬底的第一层所接合的多层在约 300 纳米到 1600 纳米的波长下各具有的透射平度约为 0.05 波长/cm 到约 1 波长/cm。

23. 根据权利要求 20 的方法，其中所述第一和第二夹具是其中具有至少一个真空通道的玻璃板。

24. 根据权利要求 20 的方法，其中所述第一和第二多层制品具有的 Strehl 值为 0.9 或更大。

25. 根据权利要求 20 的方法，其中所述第一和第二多层制品具有约 10^{-2} 或更小的弓形。

26. 根据权利要求 20 的方法，其中所述第一、第二和第三衬底是透明的，并且是从玻璃，蓝宝石，聚碳酸酯，聚甲基丙烯酸甲酯，聚烯烃，或石英中选定的。

27. 根据权利要求 20 的方法，其中在固化步骤期间，所述第一夹具和第二夹具中的至少一个能沿 z 轴移动。

28. 根据权利要求 20 的方法，其中选定的角度关系是平行关系。

29. 根据权利要求 20 的方法，其中在将夹具的内表面安排成选定的角度关系期间，实施干涉测量技术。

30. 一种用于制造多层反射式全息存储系统的方法，包括以下步骤：

用第一夹具夹紧第一衬底的外表面，因而将第一衬底的外表面保持到第一夹具的内表面上，夹紧应用真空实施；

用第二夹具夹紧第二衬底的外表面，因而将第二衬底的外表面保持到第二夹具的内表面上，夹紧应用真空实施；

将第一和第二夹具的内表面安排成以选定的角度关系彼此面对；

将第一粘合剂设置在从第一衬底的内表面和第二衬底的内表面中选定的一个或多个表面上；

至少部分地固化第一粘合剂，同时第一和第二夹具保持夹紧，及同时

第一和第二夹具的内表面处于选定的距离关系和选定的角度关系，以便形成第一多层制品；

从第一多层制品中松开第一夹具和/或第二夹具；

将反射材料设置或涂装在第一多层制品的第一衬底的外表面上，

用松开的第一夹具夹紧第三衬底的外表面，因而第三衬底的外表面被保持到第一夹具的内表面上，夹紧应用真空实施；

将第二粘合剂设置在从第三衬底的内表面和形成的多层制品的第一衬底的反射外表面上中选定的一个或多个表面上；

至少部分地固化第二粘合剂，同时第一和第二夹具保持夹紧，及同时第一和第二夹具的内表面处于选定的距离关系和角度关系，以便形成第二多层制品；其中在除去第一和第二夹具之后，至少部分固化的第一和第二粘合剂使第二多层制品保持处于第二多层制品被第一和第二夹具保持时的姿势，其中第一和第二粘合剂包括光聚合物，以便制品能将数据存储在反射式全息数据存储系统中，并且其中第一夹具的内表面和第二夹具的内表面中的至少一个对约 0.3 到约 1.6 μm 的波长具有的表面平度约为 0.05 到约 1 波长/cm。

31. 根据权利要求 30 的方法，其中所述第二多层制品在约 300 纳米到 1600 纳米的波长处具有的表面平度约为 0.05 波长/cm 到约 1 波长/cm，并且通过粘合剂施加在所述第一、第二和第三衬底上的力保持表面平度。

32. 根据权利要求 30 的方法，其中由所述第一衬底的第一表面和所述第二衬底的第一表面所接合的多层及由所述第一衬底的第一表面和所述第三衬底的第一层所接合的多层在约 300 纳米到 1600 纳米波长处各具有的透射平度约为 0.05 波长/cm 到约 1 波长/cm。

33. 根据权利要求 30 的方法，其中所述第一和第二夹具是其中具有至少一个真空通道的玻璃板。

34. 根据权利要求 30 的方法，其中所述第一和第二多层制品具有的 Strehl 值为 0.9 或更大。

35. 根据权利要求 30 的方法，其中所述第一和第二多层制品具有约为

10^{-2} 或更小的弓形。

36. 根据权利要求 30 的方法，其中所述第一、第二和第三衬底是透明的，并且是从玻璃，蓝宝石、聚碳酸酯，聚甲基丙烯酸甲酯，聚烯烃，石英中选定的。

37. 根据权利要求 30 的方法，其中在固化步骤期间，所述第一夹具和所述第二夹具中的至少一个能沿 z 轴移动。

38. 根据权利要求 30 的方法，其中选定的角度关系是平行关系。

39. 根据权利要求 30 的方法，其中在将夹具的内表面安排成选定的角度关系期间，实施干涉测定技术。

40. 一种多层反射式全息存储系统包括：

第一衬底；所述第一衬底具有第一和第二表面，其中第一表面是反光的；

第二衬底；

第三衬底；

第一层部分固化的粘合剂，其中该第一层部分固化的粘合剂设置在所述第一衬底的第一表面和所述第二衬底之间；及

第二层部分固化的粘合剂，其中第二层部分固化的粘合剂设置在所述第一衬底的第二表面和所述第三衬底之间，

其中第一和第二粘合剂包括光聚合物，以便制品能将数据存储于反射式全息数据存储系统中，并且其中多层存储系统在约 300 纳米到 1600 纳米波长处具有的表面平度约为 0.05 波长/cm 到约 1 波长/cm，其中由所述第一衬底的第一表面和所述第二衬底的第一表面二者所接合的多层和由所述第一衬底的第一表面和所述第三衬底的第一层所接合的表面在约 300 纳米到 1600 纳米波长处各具有的透射平度约为 0.05 波长/cm 到约 1 波长/cm。

41. 根据权利要求 40 的多层制品，其中衬底由玻璃、硅、聚碳酸酯、聚甲基丙烯酸甲酯、丙烯酸类化合物、聚烯烃或任何它们的组合制成。

42. 根据权利要求 40 的多层制品，其中衬底具有至少一个孔用于穿过衬底分配粘合剂。

43. 根据权利要求 40 的多层制品, 其中衬底的形状可以是方形、矩形、圆形或椭圆形。

44. 根据权利要求 40 的多层制品, 其中衬底的厚度约为 250 微米到约 3 毫米。

45. 根据权利要求 40 的多层制品, 其中所述第一或第二或第三衬底的外表面包含表面浮雕图形。

46. 根据权利要求 40 的多层制品, 其中所述第一或第二或第三衬底的内表面包含表面浮雕图形或衍射光栅。

47. 根据权利要求 40 的多层制品, 其中所述粘合剂是利用热或辐射能固化。

48. 根据权利要求 40 的多层制品, 其中所述制品具有的 Strehl 值为 0.9 或更大。

用于形成多层光学制品的方法和装置

相关申请的交叉引用

本申请要求在 2001 年 8 月 22 日提交的，题为 “Optically Flat, Multilayer Articles” 的美国临时申请 60/314,320 的权益，上述申请被整体引入作为参考。

技术领域

本发明涉及光学制品。更具体地说，本发明涉及形成具有改进的光学性能的多层光学制品。

背景技术

许多光学系统要求各种装置具有特定的光学性能，尤其是表面平度，厚度均匀性，和/或弓形。制品的表面平度通过测量制品的表面偏离特定的表面轮廓（轮廓例如可以是某种弓形）的变化情况确定。厚度均匀性通过制品偏离特定的厚度或轮廓（比如平行或楔形）的变化度量。这两个参数通常用每单位横向距离光波偏离规定轮廓的变化为单位，比如波长/cm 来进行度量，这里波长是比如用于测量或最终使用的特定光的规定波长。当在此使用时，单位波长/cm 表示在预定具有所希望的光学特性的制品区域上的平均量度。弓形是一种物理量度，由图 1 所示确定。在预定具有所希望的光学特性的制品区域上的平均量度。约去单位（比如 $B \text{ cm} / (Y/2) \text{ cm}$ ）以得到无单位的值。用于形成制品的方法在题为 “用于制造多层光学制品的方法” 的美国专利 5,932,045，和题为 “用于制造多层光学制品的方法及具有多层光学制品的系统” 的美国专利 6,156,415 中已有论述，二者被结合在此作为参考。

对光学元件的应用，当人们关心在制品对通过其的光产生影响时，通常不依赖于实际厚度均匀性。。相反，通过测量光程长度（下面说明）与预先选定的轮廓的偏差确定透射平度，并且图 2 示出了这种用于希望具有均匀厚度的构造（比如，平行的表面）的测量。透射平度也用波长/cm 表示，并且正如本领域技术人员已知的，透射平度也可以用 rms（均方根）波长/cm 或 Strehl 值表示，如在 J. W. Goodman 所著所著的 Introduction to Fourier Optics（McGraw Hill, 1968）中所述。图 2 示出了穿过一个多层制品的两条路径，这两条路径横跨该制品彼此相距一个距离 Z。距离 z 的实际路径长度差为|1'到 1|，而精确厚度均匀性的变化为 |1'到 1|/Z，上述变化通常用微米/cm 量度。实际路径长度不受或者不考虑各层 10、12、14 的折射率或所用光的波长的影响。

光程长度（OPL）是用于透射平度的有关参数，并由下式表示：

$$OPL = \sum_j n_j L_j ,$$

式中：

n_j 是 j 层的折射率，和

L_j 是通过 j 层的实际路径长度。

与实际路径长度相反，OPL 取决于折射率。例如，在如图 2 所示的多层制品中，OPL 取决于层 10，12，和 14 的折射率。具体地说，跨过图 2 制品的 OPL 差（ ΔOPL ）等于：

$$|(n_{10}L_{10} + n_{12}L_{12} + n_{14}L_{14}) - (n_{10}L'_{10} + n_{12}L'_{12} + n_{14}L'_{14})|$$

该方程表明，在目的是小 OPL 差的地方，如果衬底具有比较大的单个厚度变化，但总厚度变化比较小，则它适用于接近的衬底的折射率。如图 2 所示，假定希望一种平行构造，则透射平度因此是 $\Delta OPL/Z$ 。对光学元件应用，很显然，从 OPL 中选定的外形变化比每横向单位的实际路径长度的改变更有意义。

透射平度值和表面平度值都用波长/cm 表示，此处所给出的值是用于规定的波长。这里使用这种波长/cm 表明，这种值是用于与实际路径长度不同的光程长度。为本申请的目的，以波长/cm 表示的值至少可用于约 0.3

到约 0.9 微米范围的波长，但本发明的思想扩大到这个范围之外。

对于通常在光学应用中所用的衬底，有三种基本类型的厚度变化影响表面平度和透射平度。第一种类型是在衬底的表面上从低到高的线性厚度变化，因而衬底基本上取楔形形式。这种衬底每单位长度的厚度变化比较恒定。第二种类型变化是一种渐次的、波动的、或随机的变化，此处厚度例如是跨过衬底从低到高，从高到低再从低到高渐次变化。这种衬底每单位长度的厚度变化比较恒定，但衬底不采取楔形形式。第三种类型变化是尖草皮层（sharp divots）或峰。这些草皮层或峰通常在沿着衬底的不同位置处进行厚度测量时引起快速变化，并因此可能扭曲了 rms 测量。具有这三种类型变化的结构通常用刮痕和擦痕测量，如本领域中已知的那样。显然，当试图形成具有低表面光滑度变化、低厚度均匀性变化、和/或低弓形的各种组合的结构时，这些特性常常造成无数的困难。

理想的是，在实际应用中所用的制品的表面和透射平度为 0.1 波长/cm 或更好。希望平行表面透射应用的制品理想的是具有 10^{-2} 或更低的弓形（低意味着数字小），而希望是平行表面反射应用的制品理想的是具有 10^{-5} 或更低的弓形。难以制备或得到具有这些性能的衬底或多层制品。例如，打算用于平面显示的高品质玻璃（本文称之为显示器玻璃）将具有的表面平度和透射平度值在约 0.25 到约 0.4 波长/cm 范围内。为了得到更好和更一致的平度值，必须得到一种厚玻璃片，并将玻璃抛光到所希望的平度。然而，这种化学/机械抛光是费钱而耗时间，并且可能仍然不足以用于制备具有上述性能的衬底和制品。希望有一些更方便和花钱更少的方法来改善衬底的光学平度和用于形成各种光学制品，比如具有一定弓形、厚度均匀性和表面平度的制品，尤其是用于曾经具有不适当的表面平度、厚度均匀性、或弓形预先形成的光学制品。

根据本发明制造的单元也可以用于全息存储。用于全息数据存储系统的存储单元例如在 H. 到 Y. Li 等的“三维全息光盘”，Appl. Opt, 33, pp. 3764 到 3774（1994），和 A. Pu 等的“用于在光聚合物膜中全息数据存储的新方法”，IEEE/IEOS/1994 讨论会论文集，pp. 433 到 435 中已有论述，

它们公开的内容都被结合在此作为参考。理想情况是，上述存储单元具有的表面和透射平度均约为 0.25 波长/cm 或更好及弓形约 10^{-2} 或更小。常规用于将光聚合物设置在衬底之间的方法不提供这些性能。因此，需要全息存储单元具有这些性能。此外，需要用于全息数据存储系统的存储单元具有增加的存储能力。

发明概述

本发明通过一种用于制造多层全息存储单元的方法和装置，提供满足上述需要的解决方案。

在本发明的一个实施例中，提供一种用于制造多层光学制品的方法，所述方法包括以下步骤：提供第一衬底，所述第一衬底具有第一表面和第二表面；提供第二衬底，所述第二衬底具有第一表面和第二表面；及提供第三衬底，所述第三衬底具有第一表面和第二表面。所述第一衬底的第一表面用第一夹具夹紧，这里所述第一衬底的第一表面被保持到该第一夹具的内表面上。所述第二衬底的第一表面用第二夹具夹紧，这里所述第二衬底的第一表面被保持到该第二夹具的内表面上。第一和第二夹具二者的内表面被安排成以选定的角度关系彼此面对。将第一粘合剂设置在从所述第一衬底的第二表面和所述第二衬底的第二表面二者中选定的一个或多个表面上。所述第一粘合剂至少部分地固化，同时所述第一和第二夹具保持夹紧，同时所述第一和第二夹具二者的内表面处于选定的距离关系和选定的角度关系，以便形成第一多层制品。

将所述第一夹具从第一多层制品中松开，并用松开的第一夹具夹紧第三衬底的第一表面，因而第三衬底的第一表面被保持到第一夹具的内表面上。将第二粘合剂设置在从第三衬底的第二表面和形成的多层制品第一衬底的第一表面二者中选定的一个或多个表面上。然后，将第二粘合剂至少部分地固化，同时第一和第二夹具保持夹紧，及同时第一和第二夹具二者的内表面处于选定的距离关系和角度关系，以便形成第二多层制品。在除去第一和第二夹具之后，至少部分固化的第一和第二粘合剂使第二多层制

品保持处于第二多层制品被第一和第二夹具保持时的姿势，其中第一和第二粘合剂包括光聚合物，以便制品能将数据存储在全息数据存储系统中，及其中第一夹具的内表面和第二夹具的内表面二者的至少一个对约 0.3 到约 1.6 μm 的波长的表面平度约为 0.05 到约 1 波长/cm。

本发明的一个实施例提出一种多层制品，所述多层制品包括第一衬底、第二衬底和第三衬底。第一层部分固化的粘合剂设置在所述第一衬底的第一表面和所述第二衬底之间，而第二层部分固化的粘合剂设置在所述第一衬底的第二表面和所述第三衬底之间。所述第一和第二粘合剂都包括光聚合物，以便制品能将数据存储在全息数据存储系统中。在约 300 纳米到 1600 纳米的波长处，多层光学制品的表面平度约为 0.05 波长/cm 到约 1 波长/cm，而在约 300 纳米到 1600 纳米波长处，由第一衬底的第一表面和第二衬底的第一表面所接合的第一层及由第一衬底的第一表面和第三衬底的第一表面所接合的第二层各具有的透射平度约为 0.05 波长/cm 到约 1 波长/cm。

本发明的一个实施例提供一种用于制造多层反射式全息存储单元的方法。第一实施例包括用第一夹具夹紧第一衬底的第一表面，因而第一衬底的第一表面被保持到第一夹具的内表面上。第一衬底的第一表面涂装有反光材料。第二衬底的第一表面用第二夹具夹紧，因而第二衬底的第一表面被保持到第二夹具的内表面上。第一和第二夹具二者的内表面被安排成以选定的角度关系彼此面对。将粘合剂设置在从第一衬底的第二表面和第二衬底的第二表面二者中选定的一个或多个表面上。第一粘合剂至少部分地固化，同时第一和第二夹具保持夹紧，及同时第一和第二夹具二者的内表面处于选定的距离关系和选定的角度关系，以便形成第一多层制品。将第一多层制品从第一夹具中松开。然后，用松开的第一夹具将第三衬底的第一表面夹紧，因而第三衬底的第一表面被保持到第一夹具的内表面上。然后将第二粘合剂设置在从第三衬底的第二表面和形成第一多层制品的第一衬底反射或第一表面二者中选定的一个或多个表面上。然后，使第二粘合剂至少部分地固化，而同时第一和第二夹具保持它们的夹紧，及同时第一和第二夹具二者的内表面处于选定的距离关系和角度关系，以便形成一个

第二多层制品。在除去第一和第二夹具之后，至少部分固化的第一和第二粘合剂使第二多层制品保持处于第二多层制品被第一和第二夹具保持时的姿势，其中第一和第二粘合剂包括一种光聚合物，以便制品能将数据存储在反射式全息数据存储系统中，及其中第一夹具的内表面和第二夹具的内表面二者至少之一对约 0.3 到约 1.6 μm 的波长具有的表面平度约为 0.05 到约 1 波长/cm。在本发明的另一个实施例中，在形成第一多层制品之后，将反光层设置在第一多层制品第一衬底的外表面上。

本发明的另一个实施例提出一种多层反射式全息存储系统，所述多层反射式全息存储系统包括第一衬底、第二衬底和第三衬底，上述第一衬底具有一反光表面。第一层部分固化的粘合剂设置在所述第一衬底的第一表面和第二衬底之间。第二层部分固化的粘合剂设置在所述第一衬底的第二表面和第三衬底之间。第一和第二层粘合剂是光聚合物材料，以便制品能将数据存储在反射式全息数据存储系统中。制品在约 300 纳米到 1600 纳米波长下具有的表面平度约为 0.05 波长/cm 到约 1 波长/cm，并且粘合剂施加在第一、第二和第三衬底上的力保持表面平度。由第一衬底的第一表面和第二衬底的第一表面所接合的多层及由第一衬底的第一表面和第三衬底的第一表面所接合的多层在约 300 纳米到 1600 纳米波长下各具有的透射平度约为 0.05 波长/cm 到约 1 波长/cm。

通过下面的详细说明，对本领域的技术人员来说，本发明的其它实施例将变得显而易见。其中只举例说明了实施本发明的最佳方式的一些实施例。正如可以理解的，本发明能以各种明显的方式进行修改，这些修改都不脱离本发明的精神和范围。因此，附图和详细说明实际上只是示例性的和非限制性的。

附图说明

本发明的系统和方法的特点和优点从下面说明将是显而易见的，其中：

图 1 示出制品中的弓形；

图 2 示出穿过多层制品的实际路径长度和光程长度；

图 3a 示出本发明一个实施例中的夹具的内表面；
图 3b 示出图 3a 夹具的沿着线路 a 到 a' 的截面图；
图 4a 示出本发明另一个实施例的夹具的内表面；
图 4b 示出图 4a 的夹具沿着线段 b 到 b' 的截面图；
图 5a 和 5b 示出一种反射式多层全息存储单元的实施例；
图 6a 到 6f 示出在另一个实施例中本发明方法的步骤；
图 7 和 8 示出了为保持根据本发明所制造的制品的光学性能所需的力。
图 9 示出了本发明的多层全息存储单元的干涉图。

具体实施方式

本发明涉及多层光学制品及用于制造多层光学制品的方法。在一个实施例中，本发明的方法包括以下步骤：

提供第一衬底，所述第一衬底具有第一表面和第二表面；

提供第二衬底，所述第二衬底具有第一表面和第二表面；

提供第三衬底，所述第三衬底具有第一表面和第二表面；

用第一夹具夹紧所述第一衬底的第一表面，因而所述第一衬底的第一表面被保持到第一夹具的内表面上，夹紧应用真空进行；

用第二夹具夹紧所述第二衬底的第一表面，因而所述第二衬底的第一表面被保持到第二夹具的内表面上，夹紧应用真空进行；

将第一和第二夹具二者的内表面安排成以选定的角度关系彼此面对；

将第一粘合剂设置在从所述第一衬底的第二表面和所述第二衬底的第二表面二者中选定的一个或多个表面上；

至少部分地固化第一粘合剂，同时第一和第二夹具保持夹紧，及同时第一和第二夹具的二者内表面处于选定的距离关系和选定的角度关系，以便形成第一多层制品；

从所述第一多层制品松开第一夹具；

用松开的第一夹具夹紧所述第三衬底的第一表面，因而所述第三衬底的第一表面被保持到第一夹具的内表面上，夹紧应用真空进行；

将第二粘合剂设置在从第三衬底的第二表面和所形成的多层制品的第一衬底的反射的第一表面二者中选定的一个或多个表面上;

至少部分地固化第二粘合剂, 而同时第一和第二夹具保持夹紧, 第一和第二夹具二者内表面处于选定的距离关系和选定的角度关系, 以便形成第二多层制品;

其中在除去第一和第二夹具之后, 至少部分固化的第一和第二粘合剂使第二多层制品保持处于被第一和第二夹具保持时的姿势, 其中第一和第二粘合剂包括光聚合物, 以使制品能将数据存储在反射式全息数据存储系统中, 及其中第一夹具的内表面和第二夹具的内表面二者中的至少一个对约 0.1 到约 1.6 μm 的波长具有的表面平度约为 0.05 到约 1 波长/cm。

为了保持表面平度、透射平度和/或弓形, 一个或多个夹具的内表面必须包括连续的表面部分, 至少一部分衬底基本上与上述连续的表面部分一致。如这里所用的, 术语夹具是用来限定包括这种连续的表面部分的制品。连续的表面部分不允许与衬底不一致的不连续性(对连续的表面部分来说, 能有较小的不连续, 比如小孔, 只要这些不连续不允许这种不一致就行)。对连续的表面部分来说, 可以通过一个施加夹紧力的区域, 如: 真空槽(如图 3a 和 3b 中所示), 进行接合, 也可以在围绕连续的表面部分和/或在连续的表面部分之内的一个以上区域处施加夹紧力, 比如几个真空槽(如图 4a 和 4b 中所示)或几个真空孔处。也可例如利用电磁性材料在整个连续的表面部分施加夹紧力。平度和/或弓形是在整个连续的表面部分上保持的。

图 3a 和 3b 示出了一种适合本发明用的夹具 60, 所述夹具 60 包含这一种连续的表面部分。(图 3b 是沿着图 3a 的线段 a 到 a' 的截面图)。夹具 60 包含真空通道 62, 所述真空通道 62 连接到真空装置(未示出)上。真空通道 62 接合连续的表面 64, 在应用真空时, 衬底基本上与上述连续的表面 64 一致。夹具 60 的表面 66 是在真空通道 62 的外部, 并且不是连续的表面部分的一部分。在应用真空时, 不会迫使衬底基本上与表面 66 一致。

图 4a 和 4b 示出了适于本发明的另一种夹具 70。（图 4b 是沿着图 4a 的线段 b 到 b' 的截面图。）夹具 70 包含两个真空通道，外真空通道 72 和内真空通道 74。连续表面 76 位于真空通道 72 和 74 之间。表面 78（位于外真空通道 72 的外部）不是连续的表面部分的一部分。另外，如图 4a 和 4b 中所示，夹具 70 可以具有一个孔，所述孔位于表面 80 的区域处，在这种情况下，表面 80 也不是连续的表面部分的一部分。

在夹具用电磁力夹紧衬底的情况下，连续表面部分能把力施加在其整体上，或是连续表面部分能具有在其中施加力的特定区域，所述特定区域指围绕在它的比如环形或方形形状的周边的区域。在后面的实施例中，在施加力的环形或方形之上和之内将保持衬底的姿势。

与上述夹具实施例相反，真空环不构成根据本发明的夹具，因为环的真空通道不接合一个连续的表面部分，即在环中央的间隙提供一种允许衬底不一致的不连续性。

本发明的各夹具内表面具有一种光学上理想的形状和/或表面。有利的是，夹具的内表面具有一表面平度约为 0.05 到约 1 波长/cm。还有利的是，夹具的内表面尤其是对预定供透射应用的制品具有约为 10^{-2} 或更好的弓形，而对预定供反射应用的制品，弓形约为 10^{-5} 或更好是有利的。这些实施例的步骤可以按与上述顺序不同的顺序进行。

有利的是，本发明的多层制品具有约 0.05 到约 1 波长/cm 的表面平度和透射平度值。这些数值适用于至少约 0.3 到约 1.6 μm 的波长，尽管本发明的思想扩展到这个范围之外。还有利的是，制品具有一弓形约为 10^{-2} 或更小，而更有利的是约 10^{-5} 或更小（尤其是供反射应用）。

有利的是，各夹具内表面之间选定的角度关系是平行关系，这意味着两个夹具内表面（可供选择的是整个内表面）的连续表面部分之间的距离改变大于约 1 波长/cm。具有平行衬底的多层制品有利的是表面平度和透射平度均约为 0.05 到约 1 波长/cm，Strehl 值为 0.5 或更大（更有利的是 0.9 或更大）及约为 10^{-2} 或更小的弓形。

粘合剂有利的是以连续的层设置。主要是在粘合剂接触衬底的区域中

达到衬底或多层制品改善的平度和/或弓形。粘合剂的区域通常是在夹具的连续表面部分区域内。通过粘合剂区域，尤其是通过连续的表面部分的区域延伸的衬底的一部分，在除去夹具之后，往往会返回它们的初始状态。在讨论衬底或制品的平度、Strehl 值和弓形时，所涉及的平度、Strehl 值或弓弧形是这个区域的，在所述这个区域粘合剂保持衬底的平度和/或弓形或多层制品的平度和/或弓形。

本发明的一个实施例涉及一种系统，比如一种光学系统，所述系统包含一种多层制品，所述多层制品包括两个衬底和一个具有反射表面的第三衬底及多层至少部分固化的粘合到一个或多个衬底上的粘合剂，其中所述制品的表面平度和透射平度的值约为 0.05 到约 1 波长/cm，优选的是约 0.05 到约 0.5 波长/cm，并且其中由粘合剂施加到各衬底上的力保持这个平度。制品还具有约为 10^{-2} 或更小（有利的是供反射应用为 10^{-5} 或更小）的弓形，并且在这些应用中，由粘合剂施加在各衬底上的力同样保持上述弓形。上述系统可以是全息存储系统，尤其是数字全息数据存储系统。全息存储系统的各元件，例如在上述论文和 S. Pappu 的 “Holographic memories; a critical review”，Int. J. Optoelect., 5, pp. 251 到 292 (1990)，L. Hesselink 等的 “Optical memories implemented with photorefractive media”，Opt. Quant. Elect., §§ 611 到 661 (1993)，以及 D. Psaltis 等的 “Holographic memories”，Scientific American, November 1995 等文章中已作了论述，它们公开的内容被结合在此作为参考。

根据本发明的一个实施例，在图 5a 中示出了一种反射式多层全息存储单元。反射式全息存储单元包括外衬底 504 和 514 及内衬底 506。内衬底 506 在衬底的一侧上具有反射表面 508。在可供选择的实施例中，内衬底 506 没有反射表面 508。反射式多层全息存储单元具有两层粘合剂。粘合剂 510 位于衬底 504 和 506 之间。粘合剂 512 位于衬底 514 和 506 之间。两层粘合剂 510 和 512 是能在固化后将数据存储在全息数据存储系统中的光聚合物。利用带反射材料层 508 的衬底 506 的全息存储单元允许在粘合剂层 510 和 512 中单独存储全息数据。

在可供选择的实施例中，外衬底 504 和 514 及内衬底 506 可以涂装透明材料、部分透明材料、部分反射材料和反射材料的组合，或者是以图案的方式涂装这些材料。

参见图 5a，图中示出了粘合剂层 510 和 512 中的全息记录。信号光束 518 与光聚合物粘合剂层 510 中的基准光束 516 相干涉，以便形成全息图。信号光束 518 和基准光束 516 从同一侧进入粘合剂 510，并反射离开衬底 506 的反射材料 508，因而防止信号光束和基准光束与粘合剂 512 相互作用。全息图可以通过基准光束 520 与信号光束 522 的交集记录在粘合剂 512 中。信号光束 522 和基准光束 520 反射离开衬底 506 的反射材料 508，因而防止信号光束 522 和基准光束 520 进入粘合剂 510。

参见图 5b，图中示出了存储在反射式多层全息存储单元中的全息图的检索。通过将探测光束 524 从同一侧以记录全息图时的同一角度投射到粘合剂 510，检索记录在粘合剂 510 中的全息图。重构的全息图反射离开衬底 506 的反射层 508，同时形成重构光束 526。同样，通过探测光束 524 从粘合剂 512 读出全息图，同时产生反射离开衬底 506 反射材料 508 的重构光束 526。

利用本发明方法的一个实施例，衬底 506 的反射层 508 具有的表面平度约为 0.05 到约 1 波长/cm，更有利的是，约 0.05 到约 0.5 波长/cm。此外，内层在约 300 纳米到 1600 纳米的波长处还具有约为 0.05 波长/cm 到约 1 波长/cm 的透射平度。参见图 5b，由内衬底 506 的表面 528 和衬底 504 的外表面 530 所接合的多层在约 300 纳米到 1600 纳米波长处具有约为 0.05 波长/cm 到约 1 波长/cm 的透射平度。由内衬底 506 的表面 528 和外衬底 514 的外表面 532 所接合的多层在约 300 纳米到 1600 纳米波长处具有约为 0.05 波长/cm 到约 1 波长/cm 的透射平度。这种表面和透射平度防止探测和重构光束 524 和 526 在进入媒体和重构全息图时被存储，同时能通过检测器阵列（未示出）检测更精确的图像和检测重构光束 526。

在形成多层反射式全息存储单元时，有利的是采用三个衬底，并且三个衬底有利的是用相同的材料。衬底有利的是从玻璃，蓝宝石，聚碳酸酯，

和石英中选定。任何对全息存储系统中所用的波长是透明的并对存储单元具有足够机械性能的材料也可以用作衬底。衬底有利的是约 0.1 到约 1 mm 厚。初始衬底通常具有的表面和透射平度值约为 0.1 到约 10 波长/cm, 约 0.1 或更小的弓形。市售的显示器玻璃显示出这些性能, 并且通常没有显著的草皮层和峰, 这意味着刮痕和擦痕为 40/100 或更好。可供选择地, 也可以用由聚碳酸酯, 聚甲基丙烯酸甲酯, 聚烯烃或其它普通塑料材料制成的衬底。这些玻璃和塑料衬底适合于制造存储单元。在衬底上两层粘合剂之间所形成的反射材料可以与波长有关, 反射某些激光的波长而透射另一些波长。反射层可以是铝、金、铜或任何其它合适的材料。反射材料可以通过真空蒸发, 真空沉积, 物理汽相沉积或其它合适的技术沉积在衬底上。

如上所述, 粘合剂的折射率接近于衬底的折射率是有利的, 因为整个多层制品接近均匀的折射率将减少 OPL 的变化。

在制造数字全息法用的全息存储单元时, 有利的是第一衬底的折射率与第二衬底的折射率相等到小数点后两位, 而粘合剂的折射率与第一和第二衬底折射率的平均值相等到小数点后两位。

还有利的是将全息单元中的粘合剂待涂布成连续层, 并且粘合剂是光聚合物, 亦即在固化之后能将数据存储在全息数据存储系统中。现已发现, 如上所述的光聚合物是根据本发明制造的全息存储单元有用的粘合剂, 因为这些材料起粘合剂和光敏记录媒体双重作用。在固化之后, 存储单元中粘合剂的厚度有利的是约 0.2 到约 2 mm。固化后的存储单元有利的是表面平度和透射平度值约为 0.05 到约 1 波长/cm, 更优选的是约 0.05 到 0.25 波长/cm, 和 10^{-2} 或更小的弓形。存储单元还有利的是 Strehl 值约为 0.9 或更大。如上所述, 这些性能涉及在夹具内表面的连续表面部分区域内多层制品的区域, 并且主要是在粘合剂接触衬底的地方。衬底延伸通过粘合剂接触区的区域通常将不显示出这些性能。

用于评价根据本发明方法制造的存储单元性能的有用品质因素或 Q, 是 Strehl 值除以波长/cm 均方根 (rms) 透射平度, 如在预定的区域, 如 50 mm 直径的圆上测得的。有利的是, 根据本发明方法制造的存储单元的

Q 大于 1, 而更优选的是大于 4。作为比较, 显示器玻璃通常具有的 Q 约为 0.5, 窗玻璃具有的 Q 约为 0.05。在没有本发明的夹紧衬底的步骤以使它们基本上至少与夹具内表面的连续表面一致时, 由用粘合剂设置在它们之间的两个衬底组成的单元具有的 Q 约为 0.08, 这主要是由于玻璃的初始 Strehl 值、夹具变形和粘合剂收缩引起的。

根据本发明形成如图 6a 到 6f 所示的反射或多层全息单元的一个实施例, 使两个夹具 100, 102 形成选定的角度关系 (在这个实施例中, 是平行关系), 上述两个夹具 100, 102 具有比较低弓形的内表面。为了简化起见, 未示出夹具 100, 102 内表面的连续表面部分。例如, 夹具 100, 102 可以具有图 3a 和 3b 或图 4a 和 4b 的构造。在这个实施例中, 将两个夹具 100, 102 安排成它们使其处于平行关系, 并彼此相对移动。例如, 夹具 102 可以附接到朝俯仰和偏转方向 (亦即绕其 X 轴和 Y 轴) 旋转的万向接头上, 而夹具 100 附接到夹具 102 上方的一个装置上, 以使夹具 100 固定在俯仰-偏转 (亦即 X 到 Y) 平面中, 但能沿着 Z 轴运动。可以用如在 E. Hecht 所著的“光学” Addison-Wesley Publishing, 1987 中所述的 Fizeau 干涉法, 或者该技术中已知的类似方法来量度夹具 100, 102 内表面的平行度, 并允许适当的校正。这些方法也能量度夹具之间任何选定的角度关系。

一旦夹具 100, 102 被安排成平行关系, 就把衬底 104, 106 安放到夹具 100, 102 上, 上述夹具 100, 102 用下述几种方法之一保持衬底 104, 106 的外表面。在反射式多层全息存储单元的应用中, 衬底 106 在其外表面上具有一层反射材料 108。 (在本发明的其它实施例中, 夹具可以在方法中的稍后阶段处, 比如在衬底 104, 106 安放到夹具 100, 102 上之后形成平行关系)。图 6a 示出了在衬底 104, 106 被保持到夹具 100, 102 的表面上之前的夹具 100, 102 和衬底 104, 106。所示衬底 104 具有渐次的波浪形厚度变化, 而所示衬底 106 有楔形变化。

如图 6b 所示, 力或吸引力使衬底 104, 106 的外表面基本上与夹具 100, 102 的连续表面部分 (未示出) 一致。衬底 104, 106 的外表面可以通过真空、静电或磁力、或通过临时的化合接合如粘合剂保持。在采用临时接

合或静电引力的情况下,如在采用薄的挠性衬底的情况下,必须将衬底 104, 106 与夹具 100, 102 的一致地压在夹具 100, 102 上。一种这样的方法是利用一个棍。一旦衬底 104, 106 被保持到夹具 100, 102 的内表面上, 如果衬底 104, 106 是能用 Fizeau 或类似方法的透明材料, 则所述 Fizeau 或类似方法可以确认夹具 100, 102 内表面的平行度。例如, 如果衬底 104, 106 是透明的, 并在接触夹具的这一侧上具有抗反膜, 则可以成功地使用 Fizeau 法。如上所述, 夹具 100, 102 的内表面包含连续的表面部分。

根据本发明的这个实施例, 在衬底 104, 106 被保持成与夹具 100, 102 的平表面一致的情况下, 将粘合剂 110 涂布到衬底 106 的内表面上。也可以在方法的较前阶段中涂布粘合剂。夹具 100 和 102 定位成选定的距离关系。夹具 100 使衬底 104 的内表面接触粘合剂 110, 而同时夹具 100, 102 的内表面(及因此第一和第二衬底 104, 106 的外表面)保持处于平行关系, 如图 6c 中所示。夹具 100, 102 应当用足够的力将衬底 104, 106 压在一起, 以便在衬底 104, 106 之间得到理想的粘合剂 110 分布和/或在粘合剂 110 和衬底 104, 106 之间得到理想的接触程度。当夹具 100, 102 夹紧衬底 104, 106 并用粘合剂 110 将衬底 104, 106 压在一起, 并在固化粘合剂 110 之前实施 Fizeau 或类似方法来确认平行度是有用的。

然后, 使粘合剂 110 至少部分地固化, 以便当除去夹具 100, 102 时, 通过粘合剂 110 施加在衬底 104, 106 内表面上的刚度或力保持基本上平行的关系(亦即低弓形)及赋予衬底 104, 106 外表面的表面和平度。将弓形和平度保持在夹具 100, 102 的连续表面部分区域内, 并且主要是保持在粘合剂 110 所接触的区域中, 如上所述。保持这种关系时所涉及的力在下面说明。

如图 6d 所示, 将夹具 102 从衬底 106 的反射表面 108 松开。赋予外表面 108 的表面平度通过部分固化的粘合剂 110 保持。如图 6e 所示, 然后将第三衬底 114 插在夹具 102 和衬底 106 之间。力或引力使衬底 114 的外表面基本上与夹具 102 的连续表面部分(未示出)一致。力或引力可以通过真空、静电或磁引力, 或通过临时化学接合如粘合剂产生。一旦将衬底 114

的外表面保持到夹具 102 的内表面上, 如果衬底 104, 114 是能用 Fizeau 或类似方法的透明材料, 则 Fizeau 或类似方法能确认夹具 100, 102 内表面的平行度。根据本发明的一个实施例, 在衬底 114 被保持成与夹具 102 的平表面一致的情况下, 将粘合剂 112 涂布到衬底 114 的内表面上。夹具 102 使衬底 114 的内表面接触粘合剂 112, 而同时夹具 100, 102 的内表面 (及因此衬底 104 和 114 的外表面和衬底 106 的表面 108) 保持处于平行关系, 如图 6f 中所示。夹具 100 和 102 应当用足够的力把衬底 104 和衬底 106 的外表面 108 压在一起, 以便在衬底 114 和衬底 106 之间得到理想的粘合剂 112 分布。然后, 将粘合剂至少部分地固化, 以便当除去夹具 100 和 102 时, 通过粘合剂 112 施加在衬底 114 内表面和衬底 106 的表面 108 上的刚度或力维持赋予衬底 104 和衬底 114 的外表面的基本平行的关系和表面平度, 如图 6f 所示。

为便于讨论, 在这个实施例中将夹具 100, 102 说成是分开的夹具。然而, 夹具可以是一个整体部件的两个部分。在可供选择的实施例中, 衬底 106 没有预先沉积的反射材料层。相反, 在形成两衬底制品之后, 将反射材料沉积在两衬底多层制品中的一个衬底的外表面上。然后, 用上述方法加入第三衬底和第二层粘合剂。

本发明的方法有利的是在洁净室环境中进行。其中, 洁净室有助于防止污染物如尘粒沉积聚在夹具、衬底和/或粘合剂之间。在厚度变化以波长计的情况下, 显然, 即使单个尘粒 (通常直径约为 1 到 10 波长) 也影响整个制品的平度。

将粘合剂用任何合适的方法设置到一个或多个衬底上, 并以液体或固体形式使用。粘合剂包括任何足够粘合和/或向一个或多个衬底提供刚度的材料, 以便在除去各夹具时, 衬底或多层制品保持处于它被夹具保持时的姿势。

尽管未将本发明限制到任何特定的模型或理论, 但可以认为, 对单一衬底和两个衬底的两种情况, 用于保持姿势所需的力可以用下面简化的模型表示。也参见 L. D. Landau 等的“弹性理论”, Pergamon Press, Oxford,

英文第三版，1986，尤其是第 44 页。对下面方程，衬底是圆形并起初具有球面弓形，并且目标是达到弓形为零。对单一衬底 50，如图 7 中所示，为产生一致性（亦即使弓形减小到零）所必需的跨过衬底的压力差 P 由下式给出：

$$P = \left(\frac{256}{3} \right) \left(\frac{bh^3}{d^4} \right) \left(\frac{E}{(1-\sigma)(5+\sigma)} \right)$$

式中：

h =衬底厚度

b =衬底弓形在中心的高度

d =衬底直径

P_1 =衬底自由表面上的空气压力

P_2 =衬底真空平表面上的空气压力

$P=P_1$ 到 P_2 =跨过衬底的压力差

σ' =衬底的泊松比

E =衬底的杨氏模量

在图 8 的三层制品中，将存在残留弓形高度 b' ，因为衬底 52，54（每个都具有如上所述的初始弓形高度 b ）试图返回到它们的原始形式并因而推压粘合剂层 56。这个模型的附加参数是：

b' =三层制品中的残留弓形高度

t =接合层厚度（ $t > b'$ ）

σ' =粘合剂层的泊松比

E' =粘合剂层的杨氏模量

对这种简化的模型，最终单元表面弓形高度与单元直径的比值由下式给出：

$$\left(\frac{b'}{d} \right) = \left(\frac{128}{3} \right) \left(\frac{E}{E'} \right) \left(\frac{bh^3t}{d^5} \right) \left(\frac{(1+\sigma')(1-2\sigma')}{(1-\sigma')(1-\sigma')(5+\sigma')} \right)$$

粘合剂层和衬底之间的粘合强度因此需要超过压力差 P ，所述压力差 P 是位移无论哪一个衬底（ b 到 b' ）的量所要求的。例如，对于 $b' < 0.1$ 微

米(大约 0.2 微米), d 等于 50 mm, t 等于 1 mm, E/E' 等于 2, σ' 等于大约 0.25, σ' 等于大约为零, 及 $h=1$ mm, 初始衬底弓形的极限 ($2b/d$) 为小于 1/4。

粘合剂可以是光可固化的或用别的方法可固化的, 比如热或化学可固化的。粘合剂也可以是经受相变比如液体变成固体来达到所需粘合力的材料。如这里所用的, 术语固化和可固化定义包括通过任何这类方法胶凝或固化的材料。光可固化的粘合剂包括暴露于任何波长的光下固化的那些材料, 上述任何波长包括可见光、紫外 (UV) 光和 X 射线。也可以用通过电子束或粒子束可固化的粘合剂。有用的粘合剂包括光敏的(称之为光聚合物)光可固化粘合剂, 术语光敏的意是指随着暴露于光源(比如选择性的局部暴露)改变其物理和/或化学特性的材料。这类光敏粘合剂包括但不限于某些光敏的丙烯酸类和乙烯基单体。光敏粘合剂是有用的, 因为它们起粘合剂和记录媒体双重作用。某些粘合剂, 如基于环氧化物的粘合剂也是有用的。有用的光聚合物的一个例子是丙烯酸异冰片酯—聚四氢呋喃二丙烯酸二氨基甲酸乙酯基体, 其中分散有 n -乙烯基吡唑(这里称为 NVC)。

粘合剂可以包括添加剂, 如粘合力促进剂、光引发剂或吸收材料。固化后的粘合剂的厚度将取决于几个因素而改变, 所述因素包括所用的粘合剂、涂布方法、所涂布的粘合剂量及由衬底施加在粘合剂上的力。对不同的应用将希望有不同的厚度。所需的固化程度由所用的特定粘合剂和为保持衬底或多层制品处于夹具所赋予的位置所需的力确定。对于光可固化、热可固化或化学可固化的材料, 合适的固化可以是在百分之几到 100% 范围内。对经历完全相变, 如液体变到固体得到所需粘合力的材料, 完全相变可以认为是为此应用目的的完全固化。

有利的是, 粘合剂在至少部分地固化之后具有接近衬底折射率的折射率。具有接近均匀的折射率的多层制品是有利的, 因为如在上述 OPL 讨论中所表明的, 穿过制品中某些区域的接近均匀的折射率将减少那些区域中 OPL 的变化。换句话说, 如果填充或补偿这种变化的粘合剂具有接近衬底本身的折射率的折射率, 则衬底中的厚度变化将对 Δ OPL 没有大的影响。

例如，在两个衬底各具有 5 波长/cm（亦即总共 10 波长/cm）厚度变化的地方，折射率理想的是在各衬底的平均折射率 1%（0.01）范围内，以便保持透射平度为 0.1 波长/cm。在使用两个衬底的地方，各衬底有利的是具有折射率相等到小数点后两位，而粘合剂的折射率有利的是与第一和第二衬底折射率平均值相等到小数点后两位。在某些应用中，粘合剂有利的是具有高光学品质，比如均匀性、无气泡和低散射。

夹具在其内表面上具有连续的表面部分，一个或多个衬底基本上与上述内表面一致，如上所述。各夹具有利的是真空吸盘，意味着一个平的表面，其中夹具的内表面具有一个或多个通道，通过一个或多个通道加真空到衬底上而形成夹紧力。可供选择地，夹紧步骤是通过用静电或磁引力，或是通过临时化学接合（比如粘合剂）进行。夹紧力或临时接合力将衬底保持贴着夹具的内表面，从而达到尤其是在内表面的连续表面部分上实际一致，如上所述。所需的力将根据所用特定衬底的参数，例如：组成、厚度、初始平度、挠性等而变化。在使用两个夹具的实施例，以任何能达到选定的角度关系的方式安排夹具，例如上述实施例所规定的安排。

有利的是，在两个夹具的构造中，至少一个夹具附接到一个机构上，所述机构使夹具能在固化步骤期间，在很小阻力情况下，沿着其 z 轴移动。（x 轴和 y 轴限定粘合剂设置于其上的平面，而 z 轴是余下的轴）。例如，夹具可以附接到一个活塞机构上，所述活塞机构均衡由夹具和衬底的重量所产生的向下压力，因而使夹具几乎沿着 z 轴浮动，而在俯仰和偏转方向仍然固定。提供这种机构是有利的，因为在固化期间某些粘合剂将收缩，并且，如果两个夹具在固化期间不活动式固定，则这种收缩作用可能有害地影响粘合剂和衬底之间的粘合及夹具之间的角度关系。

夹具可以用任何保持平表面并能将夹紧力加到衬底上或维持足够临时化学接合的材料构成。在光可固化粘合剂的情况下，如上所述，夹具有利的是玻璃或其它材料，该材料让足够的光透射以便得到充分的固化的材料，并能利用 Fizeau 或类似方法来确认夹具的平行度。在粘合剂不要求光固化的情况下，可以用不透明的材料，但必须用其它方法来确认这类材料的角

度关系。选择用于夹具的材料还取决于夹紧力或所用临时接合的类型，比如，粘合剂接合或磁引力，并取决于制造的多层制品或衬底的预定用途。

根据形成的制品或衬底的预定用途，衬底可以是相同或不同的材料，并用陶瓷（包括玻璃）、金属或塑料制成。另外，如上关于夹具所述，衬底可以是整个部件的两部分。衬底可以是任何所需要的形状。有利的是衬底没有这样高的平度变化，以致施加夹紧力不能达到在不损坏衬底的情况下与夹具表面实际一致。除了自支撑式衬底，如玻璃板之外，衬底可以是喷涂到夹具上的聚合物材料、薄聚合物膜，如 Mylar®、或聚合物板，如聚碳酸酯。聚合物材料或薄膜也可以与自支撑式材料，如玻璃板结合以便形成整体衬底

这类两层衬底的材料或薄膜可以是光敏材料，并且本发明的方法在改善这类衬底的光学性能方面是有用的。

重要的是设计 Fizeau 方法来确认衬底外表面的平度和性能。例如，有利的是利用平面波照明和楔形夹具，上述楔形夹具在两面是光学平面。此外，衬底上的抗反膜（AR）由于几个原因是有利的。在没有 AR 涂层情况下，在衬底表面和夹具的表面之间没有界面反射存在，同时使它难以利用干涉测量法来确定所选择的角度关系。此外，在衬底和夹具之间的范德华力和残留真空力使衬底与夹具难以分开，而抗反膜减少了这些力。另外，抗反膜增加了光通过量并减少了多层衬底内的内部反射。有利的是，只有衬底接触夹具的一侧具有 AR 涂层。在粘合剂沉积于其上的衬底一侧上的 AR 涂层，能导致不良的粘附作用和/或造成粘合剂和衬底之间不想要的附加反射。然而，在某些构造中，有利的是把其它涂层，如粘附促进剂沉积在粘合剂沉积于其上的衬底一侧上。这些涂层有利的是不厚于 500Å。

本发明使其能补偿楔型厚度变化。因为夹具的内表面把选定的角度关系赋予衬底的外表面，并且衬底中的楔形变化被转移到制品内部，此处粘合剂补偿变化而同时保持角度关系。粘合剂同样通过这些变化中的 f_c 补偿各衬底内表面上急剧或渐次的波形变化。如果（a）方法这样实施，以使与夹具一致的衬底侧上至少某些渐次的波形变化透射到衬底的相对侧上，和

(b) 粘合剂填入或覆盖衬底相对侧上的透射的变化, 则能够补偿粘合剂没有沉积于其上的衬底这一侧上的渐次的波形变化。此外, 如果这种多层制品中的粘合剂具有后固化的折射率, 所述后固化的折射率接近衬底的折射率, 则在包含粘合剂的区域内将达到接近均匀的折射率, 并因此将减少跨过制品这些区域的光程长度变化。

除了全息存储单元之外, 本发明的方法适于形成各种其它类型的制品, 尤其适用于各种光学系统, 包括高品质镜面、平面、窗、棱镜、分光器、波光片和透镜。

实验结果

一种多层光学制品用 3" 方玻璃衬底制品。得到两个表面平度为 0.005 波长/cm 的直径为 10 cm、厚约 1.9 cm 的玻璃平板, 并将约 3.2 mm 宽 × 约 1.6 mm 深的圆形真空用通道刻到每个玻璃平板中, 通道具有约 6.4 mm 的内径。用丙酮, 然后用甲醇通过滴刮法清洗夹具。用同样方法清洗显示器玻璃的方形玻璃衬底, 该玻璃衬底在一侧上具有抗反膜, 尺寸为 75 mm × 75 mm × 约 1.1 mm, 表面平度和透射平度值约为 1 波长/cm。夹具这样被安装到设备中, 以使它们一个位于另一个之上, 并且它们的真空通道附接到一个约在 0.1 大气压力下的真空装置 (house vacuum) 上。夹具这样安装, 以使底部夹具可以在俯仰和偏转方向上旋转, 但不能沿着 z 轴移动, 而顶部夹具在俯仰和偏转方向上固定, 但沿着 z 轴垂直移动。为了测量夹具的平行度, 将一个扩展准直式 HeNe 激光束从上面成一个微小角度对准夹具的中心部分。当夹具几乎接触时从夹具两个内表面的反射表示各夹具的平行度。将底部夹具调至干涉反射显示条形图案, 所述条形图案表明平行关系是在 0.05 波长/cm 之内。

一旦确定了平行度, 就将顶部夹具向上移动, 启动真空泵, 并将衬底安放到各夹具的内表面上, 以使衬底具有抗反膜的一侧接触夹具。真空力 (约 0.1 大气压) 使衬底和夹具的表面主要是在被真空通道包围并包括真空通道的区域上实际一致。将约 0.4 mL 紫外线可固化粘合剂用注射器和皮下针头加在底部衬底的内表面上, 直至 UV 粘合剂形成一个小液池时为止。

(形成 65mm 直径的池所需的粘合剂液体量为每 250 微米层厚约 1mL。)将偏振材料安放到底部衬底在 UV 粘合剂池上方的内表面上。另外将约 0.4mL 紫外线粘合剂用注射器和皮下针头加到偏振材料的内表面上,直至 UV 粘合剂形成一个小液体池时为止。使上面的衬底向下接触粘合剂,而衬底之间的力使粘合剂跨过夹在衬底之间的偏振材料的内表面成圆形图形分布。

平行度可以用 Fizeau 法确认。存储单元用均匀强度的可见光探照灯从上面照射约 90 秒,以保证光聚合物材料固化。成品单元的粘合剂接触衬底的区域是在由夹具真空通道所限定的连续表面部分之内,上述区域的 rms 表面和透射平度值均优于 0.16 波形/cm, Strehl 值为 0.96。这些参数用 Zygo. RTM. Fizeau 干涉仪测量。

然后解除顶部夹具上的真空,并将第三衬底这样安放在顶部夹具的内表面上,以使第三衬底具有抗反膜的一侧接触夹具。真空力(约 0.1 大气压)使衬底主要是在被真空通道围绕并包括真空通道的区域上,与夹具的表面基本一致。用注射器和皮下针头将约 0.4 mL 全息记录中所用的光聚合物加到第一次制得的存储单元露出的表面上,直至光聚合物形成一个小液池时为止。(为形成 65 mm 直径液池所需的粘合剂液体量约为每 250 μm 层厚 1 mL)。使上面衬底向下接触光聚合物,并且衬底之间的力使粘合剂跨过衬底的表面成圆形分布。

平行度可以用 Fizeau 法确认。用均匀的可见光探照灯从上面照射存储单元约 90 秒,以保证光聚合物材料固化。成品单元中粘合剂接触衬底的区域是在由夹具真空通道所限定的连续表面部分之内,上述区域的 rms 表面和透射平度值均为优于 0.16 波长/cm, Strehl 值为 0.9。这些参数用 Zygo. RTM. Fizeau 干涉仪测量。干涉图在图 9 中示出,图中白色的圆表示表面和透射平度及 Strehl 值通过其测量的区域的边界。

图1

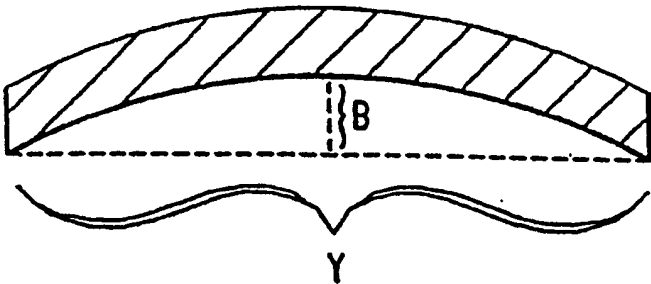


图2

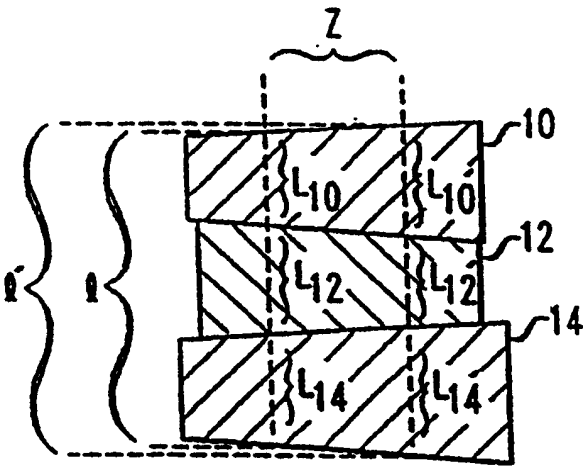


图3A

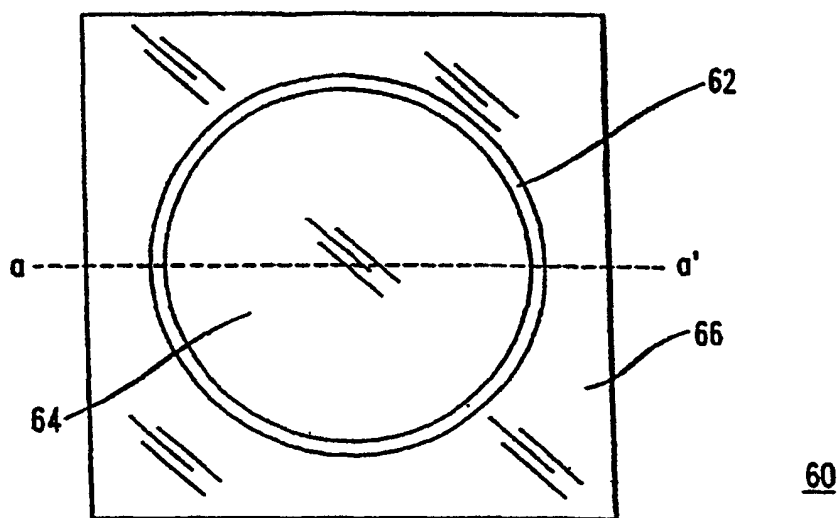


图3B

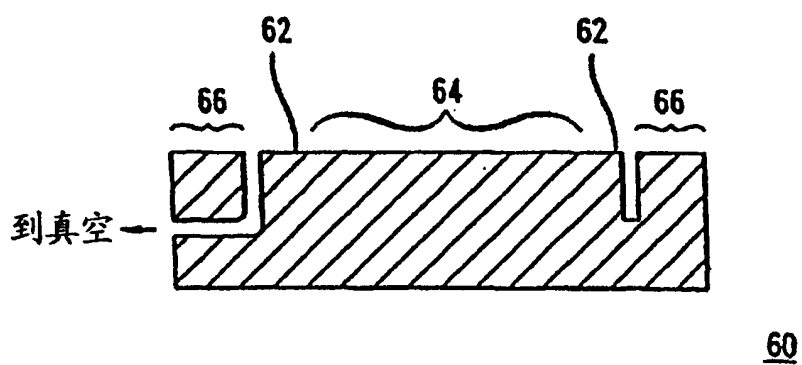


图4A

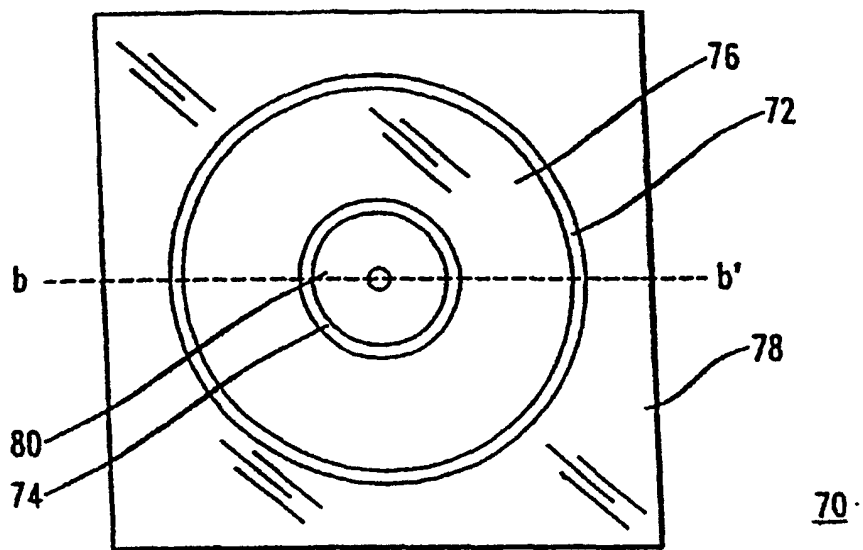
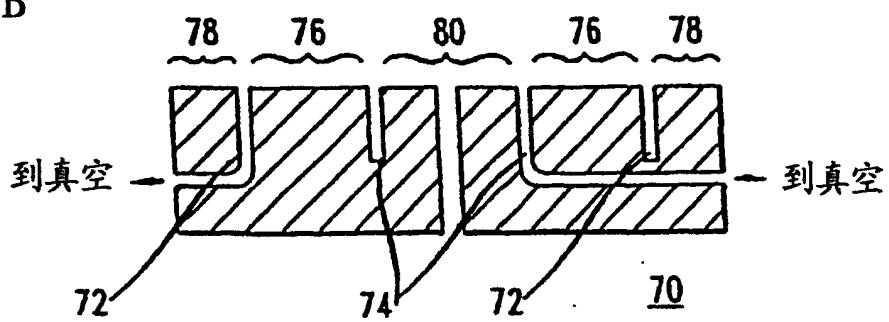


图4B



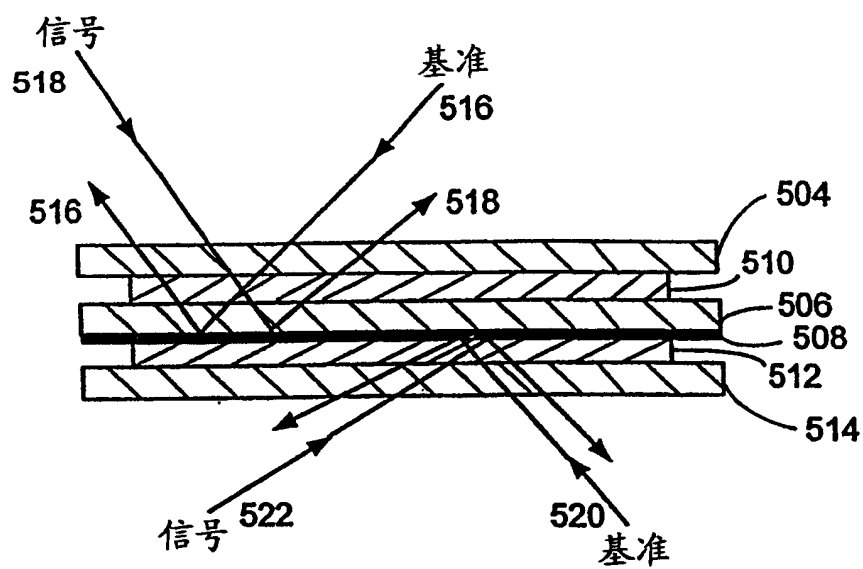


图5a

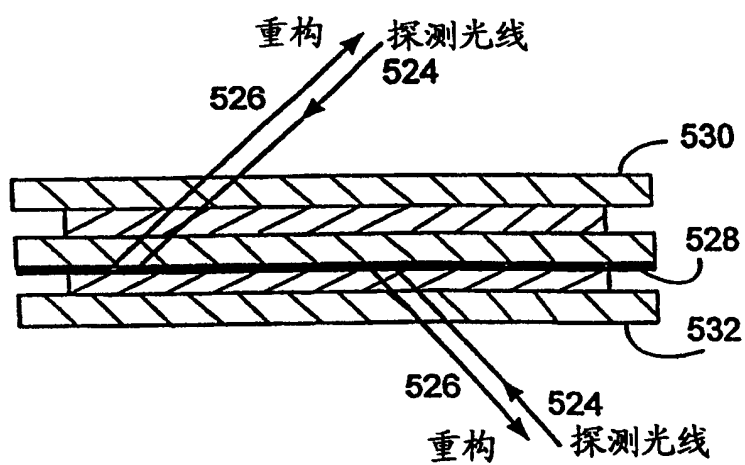


图5b

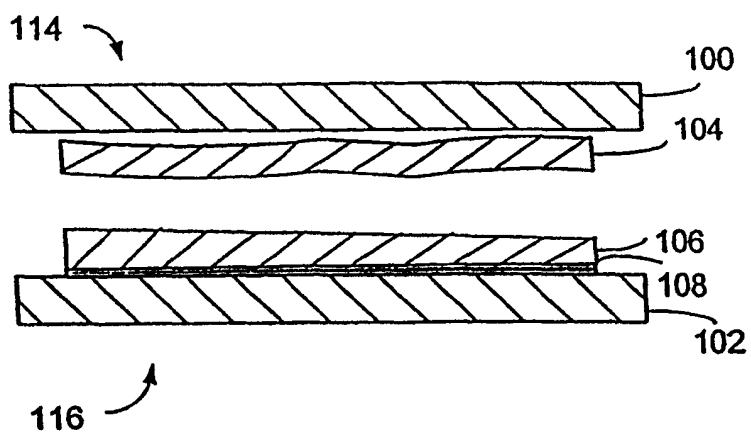


图6a

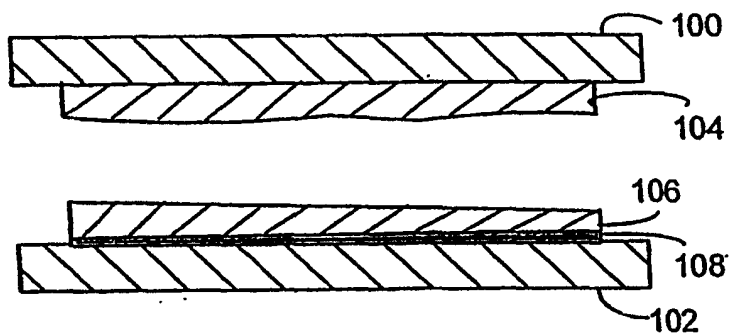


图6b

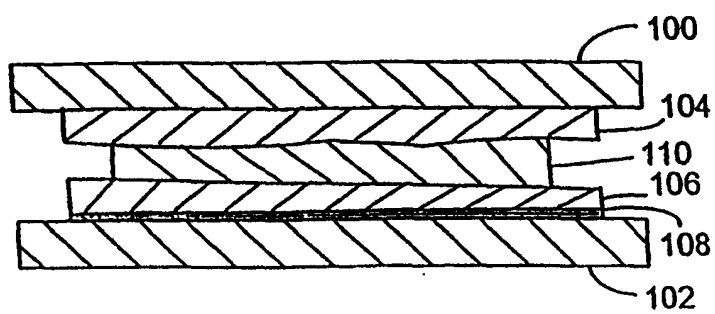


图6c

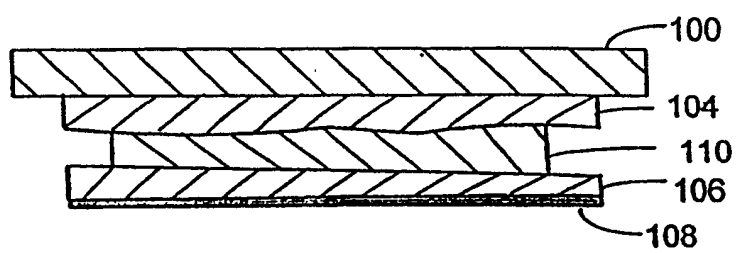


图6d

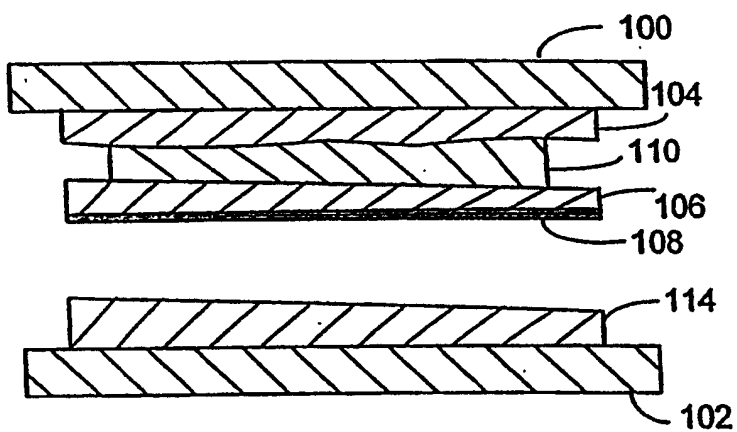
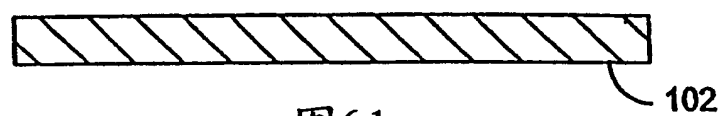


图6e

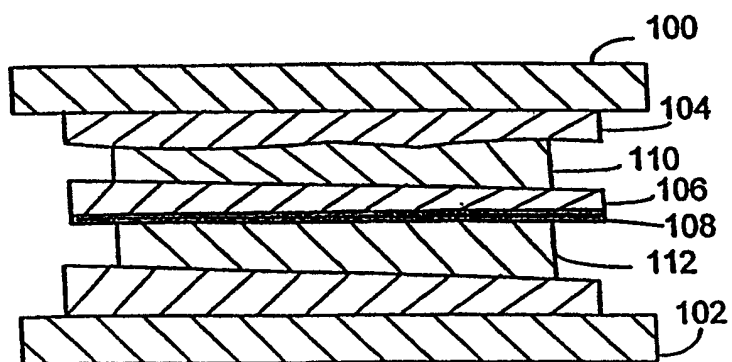


图6f

图7

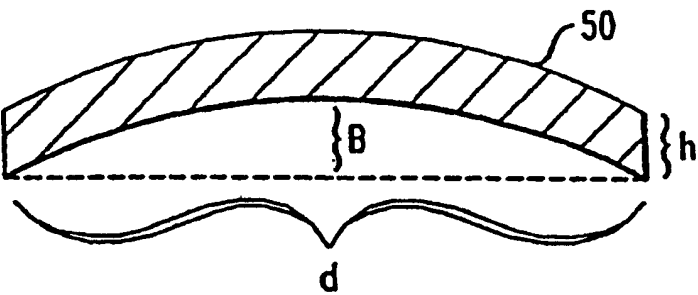
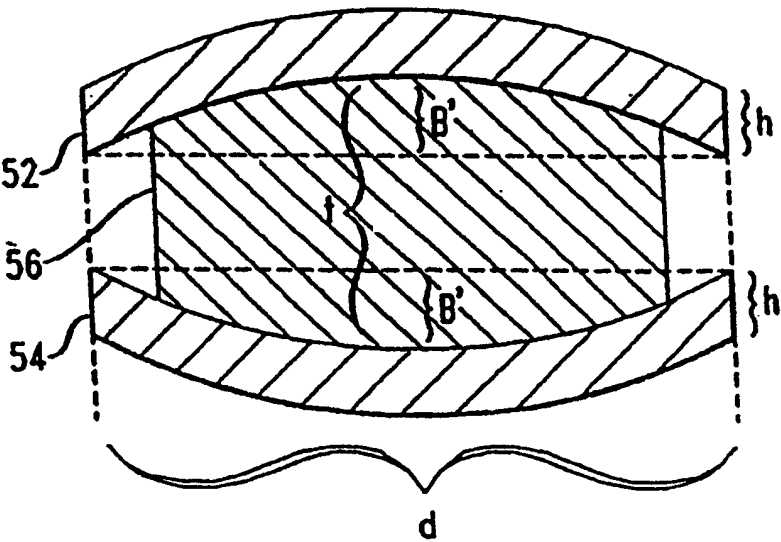


图8



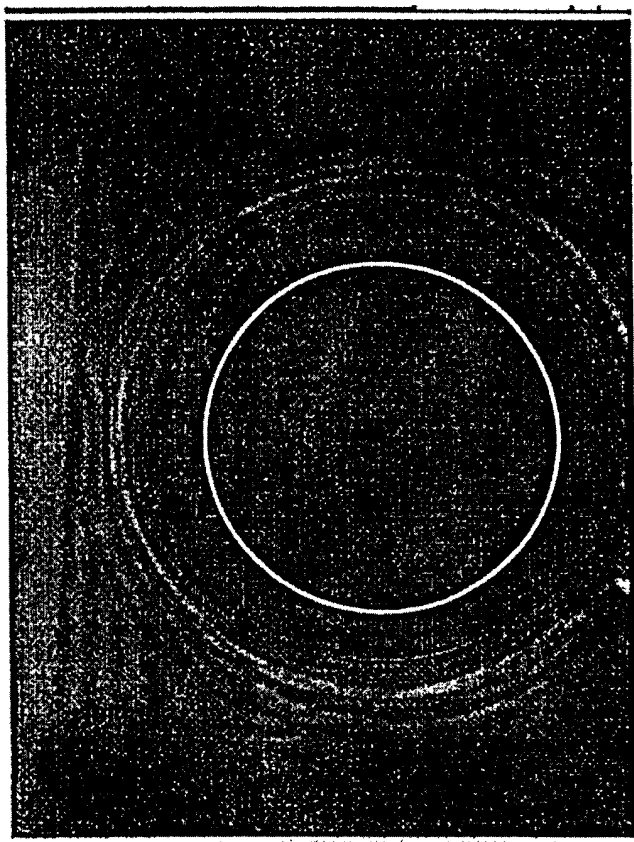


图9