

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

B29D 11/00

B29C 33/42

## [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97182328.6

[45] 授权公告日 2002 年 8 月 14 日

[11] 授权公告号 CN 1089059C

[22] 申请日 1997.11.26

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

[21] 申请号 97182328.6

代理人 顾峻峰

[30] 优先权

[32] 1997.7.2 [33] US [31] 08/886,998

[86] 国际申请 PCT/US97/22164 1997.11.26

[87] 国际公布 WO99/01274 英 1999.1.14

[85] 进入国家阶段日期 2000.1.31

[73] 专利权人 美国 3M 公司

地址 美国明尼苏达州

[72] 发明人 肯纳·L·史密斯

杰拉尔德·M·本森

[56] 参考文献

US3926402

1975.12.16 -

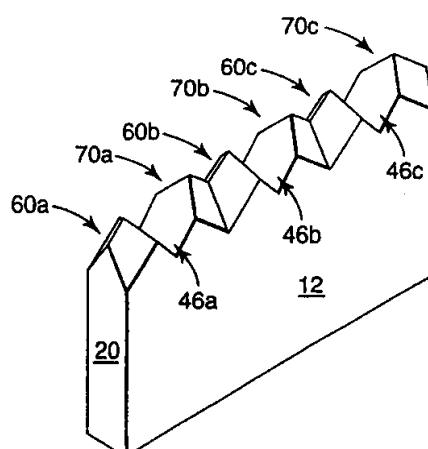
审查员 周勇毅

权利要求书 5 页 说明书 20 页 附图页数 10 页

[54] 发明名称 反光立体角片材的模具、用于形成该模具的层状体和用于制造该层状体的方法

[57] 摘要

本发明揭示了一种用于可形成反光片材的模具中的薄片(12)以及制造该薄片的方法。一具有代表性的薄片(12)包括设置在工作表面上的一排光学相对的立体角单元。在薄片的工作表面上设有多个立体角单元,它们是通过由三个槽组限定的光学表面而形成的。相对槽组的相应表面沿着一基准边基本垂直地相交,从而限定了各立体角单元的第一和第二光学表面(60,70)。各立体角单元的第三光学表面是由第三槽组(46)的一个表面来限定的。



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

# 权 利 要 求 书

---

1. 一种适用于用来形成反光立体角制品的模具中的层状体(10, 410)，所述层状体具有相对的第一和第二主表面(12, 14)，在该两表面之间限定了一第一参考平面(24, 424)，所述层状体还包括一将第一和第二主表面连接起来的工作表面(16)，该工作表面限定了一基本平行于工作表面并垂直于第一参考平面的第二参考平面(26, 426)，以及一垂直于第一参考平面和第二参考平面的第三参考平面(28, 428)，所述层状体包括：

—第一槽组(30)，包括形成在层状体工作表面上的至少一个V形槽(30a, 30b, 30c, 430)，该V形槽限定了一第一槽面(32a, 32b, 32c, 432)和一第二槽面(34b, 34c, 34d)，这两个槽面相交而限定一第一槽顶(33a, 33b, 33c, 433)；

—第二槽组(38)，包括形成在层状体工作表面上的至少一个V形槽(38a, 38b, 38c, 438)，该V形槽限定了一第三槽面(40a, 40b, 40c, 434)和一第四槽面(42b, 42c, 42d)，这两个槽面相交而限定一第二槽顶(41b, 41c, 41d, 441)，其特征在于，第三槽面基本上垂直地相交于第一槽面，从而限定了一第一基准边(44a, 44b, 44c)；以及其特征还在于，

—第三槽组(46)，包括形成在层状体工作表面上的至少两个平行的V形槽(46a, 46b, 46c, 446)，每个这样的V形槽均限定了一第五槽面(48a, 48b, 48c, 448)和一第六槽面(50a, 50b, 50c)，这两个槽面相交而限定一第三槽顶(52a, 52b, 52c)，至少两个平行槽之一的第五槽面基本垂直地相交于第一和第三槽面，从而形成一个取向在第一方向上的第一立体角单元(60a, 60b, 60c, 460)。

2. 如权利要求1所述的层状体(10, 410)，其特征在于，所述第三槽组(46)包括在层状体工作表面上的至少三个相互平行的V形槽(46a, 46b, 46c, 446)，每个这样的V形槽均限定了一第五槽面(48a, 48b, 48c, 448)和一第六槽面(50a, 50b, 50c)，这两个槽面相交而形成了一第三槽顶(52a, 52b, 52c)，至少三个平行槽之一的第五槽面基本上垂直地相交于第一和第三槽面，从而形成第一立体角单元(60a, 60b, 60c, 460)。

3. 如权利要求1所述的层状体(10, 410)，其特征在于，所述第四槽面基本垂直地与第二槽面相交，从而限定一第二基准边(45b, 45c, 45d)，所述至少

两个平行槽中的另一个槽的第六槽面基本垂直地相交于第二和第四槽面，从而在一个取向在不同于第一方向的第二方向上形成第二立体角单元(70a, 70b, 70c)。

4. 如权利要求 1 所述的层状体(10, 410)，其特征在于，所述第一槽顶(433)和第二槽顶(441)被设置在一个平面(456b)内，该平面呈斜角地相交于第一参考平面(424)，并呈直角地相交于第二参考平面(426)。

5. 如权利要求 1 所述的层状体(10, 410)，其特征在于，所述第一槽顶(33a, 33b, 33c, 433)沿着与层状体的第一主表面(12)以及第二参考平面(26, 426)相交的第一轴线延伸，该第一轴线相对于第二参考平面成一角度( $\theta_1$ )，所述第二槽顶(41b, 41c, 41d, 441)沿一与层状体的第二主表面(14)以及第二参考平面相交的第二轴线延伸，所述第二轴线相对于第二参考平面成一角度( $\theta_2$ )，角度( $\theta_1$ )不等于角度( $\theta_2$ )。

6. 如权利要求 1 所述的层状体(10, 410)，其特征在于，所述第三槽顶(52a, 52b, 52c)沿一与层状体第一主表面(12)和层状体第二主表面(14)相交的轴线延伸，并且在工作表面上延伸得比第一和第二槽顶更深。

7. 如权利要求 1 所述的层状体(10, 410)，其特征在于，所述第一基准边(44a, 44b, 44c)沿一以锐角( $\gamma_1$ )相交于第二参考平面(26, 426)的轴线延伸，第五槽面(48a, 48b, 48c, 448)被设置在一以锐角( $\alpha_1 = \gamma_1$ )相交于第三参考平面(28, 428)的平面上。

8. 一种用来形成反光立体角制品的模具，由多个层状体构成，所述的层状体(10, 410)具有相对的第一和第二主表面(12, 14)，在该两表面之间限定了一第一参考平面(24, 424)，所述层状体还包括一将第一和第二主表面连接起来的工作表面(16)，该工作表面限定了一基本平行于工作表面并垂直于第一参考平面的第二参考平面(26, 426)，以及一垂直于第一参考平面和第二参考平面的第三参考平面(28, 428)，所述层状体包括：

—第一槽组(30)，包括形成在层状体工作表面上的至少一个 V 形槽(30a, 30b, 30c, 430)，该 V 形槽限定了一第一槽面(32a, 32b, 32c, 432)和一第二槽面(34b, 34c, 34d)，这两个槽面相交而限定一第一槽顶(33a, 33b, 33c, 433)；

—第二槽组(38)，包括形成在层状体工作表面上的至少一个 V 形槽(38a, 38b, 38c, 438)，该 V 形槽限定了一第三槽面(40a, 40b, 40c, 434)和一第四槽面(42b, 42c, 42d)，这两个槽面相交而限定一第二槽顶(41b, 41c, 41d, 441)，

其特征在于，第三槽面基本上垂直地相交于第一槽面，从而限定了一第一基准边(44a, 44b, 44c)；以及其特征还在于，

一第三槽组(46)，包括形成在层状体工作表面上的至少两个平行的V形槽(46a, 46b, 46c, 446)，每个这样的V形槽均限定了一第五槽面(48a, 48b, 48c, 448)和一第六槽面(50a, 50b, 50c)，这两个槽面相交而限定一第三槽顶(52a, 52b, 52c)，至少两个平行槽之一的第五槽面基本垂直地相交于第一和第三槽面，从而形成一个取向在第一方向上的第一立体角单元(60a, 60b, 60c, 460)。

9. 一种适用于制造用来形成反光立体角制品的模具之层状体的方法，所述层状体具有相对的第一和第二主表面(12, 14, 112, 114)，在该两表面之间限定了一第一参考平面(24, 424)，所述层状体还包括一将第一和第二主表面连接起来的工作表面(16, 116)，该工作表面限定了一基本平行于工作表面并垂直于第一参考平面的第二参考平面(26, 426)，以及一垂直于第一参考平面和第二参考平面的第三参考平面(28, 428)，所述方法包括如下步骤：

形成一第一槽组(30, 130)，它包括形成在层状体工作表面上的至少一个V形槽(30a, 30b, 30c, 130a, 130b, 130c, 430)，该V形槽限定了一第一槽面(32a, 32b, 32c, 132a, 132b, 132c, 432)和一第二槽面(34b, 34c, 34d, 134a, 134b, 134c)，这两个槽面相交而限定一第一槽顶(33a, 33b, 33c, 433)；

形成一第二槽组(38, 138)，它包括形成在层状体工作表面上的至少一个V形槽(38a, 38b, 38c, 138a, 138b, 138c, 438)，该V形槽限定了一第三槽面(40a, 40b, 40c, 140a, 140b, 140c, 434)和一第四槽面(42b, 42c, 42d, 142a, 142b, 142c)，这两个槽面相交而限定一第二槽顶(41b, 41c, 41d, 441)，其特征在于，第三槽面基本上垂直地相交于第一槽面，从而限定了一第一基准边(44a, 44b, 44c, 144b, 144c, 144d)；以及其特征还在于，

形成一第三槽组(46, 146)，包括形成在层状体工作表面上的至少两个平行的V形槽(46a, 46b, 46c, 146b, 146c, 146d, 446)，每个V形槽均限定了一第五槽面(48a, 48b, 48c, 150b, 150c, 150d, 448)和一第六槽面(50a, 50b, 50c, 148a, 148b, 148c)，这两个槽面相交而限定一第三槽顶(52a, 52b, 52c)，至少两个平行槽之一的第五槽面基本垂直地相交于第一和第

三槽面，从而形成一个取向在第一方向上的第一立体角单元(60a, 60b, 60c, 160b, 160c, 160d, 460)。

10. 如权利要求 9 所述的方法，其特征在于，所述第三槽组(46, 146)包括在层状体工作表面上的至少三个相互平行的 V 形槽(46a, 46b, 46c, 146b, 146c, 146d, 446)，每个这样的 V 形槽均限定了一第五槽面(48a, 48b, 48c, 150b, 150c, 150d, 448) 和一第六槽面(50a, 50b, 50c, 148a, 148b, 148c)，这两个槽面相交而形成了一第三槽顶(52a, 52b, 52c)，至少三个平行槽之一的第五槽面基本上垂直地相交于第一和第三槽面，从而形成第一立体角单元(60a, 60b, 60c, 160b, 160c, 160d, 460)。

11. 如权利要求 9 所述的方法，其特征在于，所述形成槽组的步骤包括：利用一材料去除技术将靠近层状体工作表面处的那些部分去除。

12. 如权利要求 9 所述的方法，其特征在于，所述形成步骤中的至少一个包括：使所形成的各槽的槽顶从工作表面的俯视图上看相对于所述第一参考平面成一斜角。

13. 如权利要求 9 所述的方法，其特征在于，还包括如下步骤：将制造好的层状体与其它层状体组合而形成一模具。

14. 一种适用于可形成反光立体角制品的模具中的层状体(110, 410)，所述层状体具有相对的第一和第二主表面(112, 114)，在该两表面之间限定了一第一参考平面(24, 424)，每个层状体还包括一将第一和第二主表面连接起来的工作表面(116)，该工作表面限定了一基本平行于工作表面并垂直于第一参考平面的第二参考平面(26, 426)，以及一垂直于第一参考平面和第二参考平面的第三参考平面(28, 428)，该层状体还包括：

形成在所述工作表面上的多个相邻的几何结构，其特征在于，每个几何结构均包括被布置成一立体角单元(160a, 160b, 160c, 460)的三个光学表面(132a, 132b, 132c, 140a, 140b, 140c, 160b, 160c, 160d, 432, 434, 448)以及至少一个附加的表面(148a, 148b, 148c)；其特征还在于，

一槽组(146)，包括形成在层状体工作表面上的至少两个平行的 V 形槽(146b, 146c, 146d)，每个这样的槽均具有一个几何结构的三个光学表面(160b, 160c, 160d, 448)中的一个和一相邻结合结构的至少一个附加表面(148a, 148b, 148c)来作为槽的侧面。

15. 如权利要求 14 所述的层状体，其特征在于，所述多个相邻的几何结

构被布置在基本上充满工作表面的一个单排内。

16. 如权利要求 14 所述的层状体，其特征在于，所述槽组内的每个槽均从第一主表面向第二主表面延伸。

17. 如权利要求 14 所述的层状体，其特征在于，所述相邻几何结构上的各立体角单元基本上设置成同一取向。

18. 如权利要求 14 所述的层状体，其特征在于，所述层状体具有非对称入射角。

19. 一种用来形成反光立体角制品的模具，由多个层状体构成，所述层状体 (110, 410) 具有相对的第一和第二主表面 (112, 114)，在该两表面之间限定了一第一参考平面 (24, 424)，每个层状体还包括一将第一和第二主表面连接起来的工作表面 (116)，该工作表面限定了一基本平行于工作表面并垂直于第一参考平面的第二参考平面 (26, 426)，以及一垂直于第一参考平面和第二参考平面的第三参考平面 (28, 428)，该层状体还包括：

形成在所述工作表面上的多个相邻的几何结构，其特征在于，每个几何结构均包括被布置成一立体角单元 (160a, 160b, 160c, 460) 的三个光学表面 (132a, 132b, 132c, 140a, 140b, 140c, 160b, 160c, 160d, 432, 434, 448) 以及至少一个附加的表面 (148a, 148b, 148c)；其特征还在于，

一槽组 (146)，包括形成在层状体工作表面上的至少两个平行的 V 形槽 (146b, 146c, 146d)，每个这样的槽均具有一个几何结构的三个光学表面 (160b, 160c, 160d, 448) 中的一个和一相邻结合结构的至少一个附加表面 (148a, 148b, 148c) 来作为槽的侧面。

20. 如权利要求 13 所述的方法，其特征在于，还包括如下步骤：用所述模具来形成反光片材。

# 说 明 书

## 反光立体角片材的模具、用于形成该模具的层状体和用于制造该层状体的方法

### 发明领域

本发明总的涉及适用于形成立体角反光片材的模具、用于制造该模具的方法以及用这些模具形成的反光片材。特别是，本发明涉及由多个层状体材形成的模具以及制造该模具的方法。

### 发明背景

反光材料的特征是，能将入射到材料上的光线向后朝着原始光源反射。这一特性使反光片材能被广泛地应用于各种需要引起人们注意的场合。反光片材经常用于平的、刚性的制品，例如道路标记和路障。然而，它们也可以用于不规则的或柔性的表面，例如，可以将反光片材粘附于需要片材从波纹状和突出的铆钉上方通过的卡车拖车的侧部，或者可以将片材粘附于诸如道路工的安全背心或其它安全衣物之类的柔性体部分。在下层表面为不规则的或柔性的情况下，反光片材最好是能与下层表面相吻合，并且不会牺牲反光性能。此外，反光片材经常需要成卷地包装和运输，因而需要片材有足够的柔性以卷绕到一芯轴上。

两种已知类型的反光片材是微球型片材和立体角片材。微球型片材有时又称作“珠形片材”，它采用多个微球体，这些微球体一般至少部分地嵌入一粘结剂层，并具有镜面或漫反射材料（例如，颜料颗粒、金属层状体或蒸镀层等）以反射入射光线。美国专利 3,190,178 (McKenzie)、4,025,159 (McGrath) 和 5,066,098 (Kult) 揭示了这样的例子。有利的是，通常可以将微球型片材粘附于波纹状的或柔性的表面。还有，由于珠形反光片具有对称的几何结构，当围绕一垂直于微球型片材表面的轴线旋转时，该片材可显示取向相对均匀的总的返回光。因此，这样的微球型片材对片材置放在一表面上的取向的敏感程度相对较低。然而，总的来说，与立体角片材相比，这种片材的反光效率较低。

立体角反光片材包括一本体部分和一结构化的表面，前者具有一基本上平

的底面，后者包括与底面相对的多个立体角单元。每个立体角单元包括三个基本上相互垂直的光学表面，它们相交在一单个的基准点或顶点上。立体角单元的底部可作为让光线传入立体角单元的孔径。使用时，入射到片材底面上的光线在片材的底面上折射，同时透射过设置在片材上的立体角单元，并且在立体角单元的三个垂直的立体角光学面中的每一个面上发生反射，重新射向光源。立体角单元的对称轴线（又称作光轴）是穿过立体角顶点延伸的轴线，它与立体角单元的三个光学面形成相等的角度。立体角单元可相应于大致沿光轴入射到单元底部的光线而显示最高的光学效率。由一立体角反射件向后反射的光线数量会随着入射角度偏离光轴而变少。

立体角反光片材的最大反光效率是在片材结构化表面的各立体角单元之几何结构的函数。在立体角技术中，用术语“有效面积”和“有效孔径”来表征可将入射到立体角单元底部的光线向后反射的单元的那一部分。关于如何确定一立体角单元的有效孔径的问题不在本发明的范围之内。1971年7月7日的《Eckhardt, Applied Optics》v. 10, n. 7 第 1559—1566 页上描述了一种可用来确定立体角几何结构的有效孔径的方法，授予 Straubel 的美国专利 835,648 也揭示了有效孔径的概念。在某一给定的入射角度，可以这样来确定有效面积，即用将三个立体角面在一垂直于折射光的平面上的投影与第三反射图象表面在同一平面上的投影拓扑相交来确定有效面积。术语“有效面积百分比”是有效面积除以立体角表面之投影的总面积。反光片材的反光效率直接与片材上的立体角单元的有效面积百分比相关。

另外，反光片材的反光图案的光学特性部分地是各立体角单元的几何结构的函数。因此，立体角单元的扭曲变形会导致片材的光学特性也发生相应的扭曲变形。为了抑制不希望有的物理变形，反光片材的立体角单元通常是用具有相对较高的弹性模量的材料制成，该材料的弹性模量足以抑制各立体角单元在片材挠曲或弹性拉伸的过程中所发生的物理变形。如上所述，人们希望反光片材的柔性足以允许它粘附于一波纹状的或本身为柔性的基体上，或者允许反光片材卷成一卷以便于保存和运输。

立体角反光片材传统上是这样制造的，即，先制造一个母模，它包括一种由所需的立体角单元的几何结构所形成的图案，图案可以是阴的或阳的。可以采用镍的电镀、化学蒸汽沉积或物理蒸汽沉积的方法来复制该母模，以便产生用于形成立体角反光片材的工具，授予 Pricone 等人的美国专利 5,156,863 综

述了用于形成立体角反光片材制造工具的方法。已知的用于制造该母模的方法包括诸如模块拼合(pin-bundling)技术、直接机加工技术和层压技术。每一种技术都有其优点和缺点。

在模块拼合技术中，是将多个小模块组装在一起而形成一立体角反光表面，每个小模块都有一个具有一定几何结构的端部。美国专利 1,591,572 (Stimson)、3,926,402(Heenan)、3,541,606(Heenan 等) 和 3,632,695 号 (Howell) 描述了这样的例子。模块拼合技术可以在一个模具内形成多种立体角几何结构。然而，对制造小型立体角单元（例如小于大约 1.0 毫米）而言，显得不太经济，而且在技术上不太实用。

在直接机加工技术中，是在单一基片上形成一系列的槽以构成若干个立体角反射表面，美国专利 3,712,706 (Stamm) 和 4,588,258 (Hooper) 揭示了这样的例子。直接机加工技术能精确地机加工非常小的立体角单元，这些单元可与柔性反光片材相容。然而，目前采用直接机加工技术不可能产生在较小入射角情况下具有很高有效孔径的立体角几何结构。例如，在美国专利 3,712,706 中，立体角几何结构的理论最大总返回光是大约 67%。

在层压技术中，是将多个层状体组合起来而形成一立体角反光表面，每个层状体都有一个具有一定几何形状的端部。德国临时公告 (OS) 1917292、国际公告 WO94/18581(Bohn 等人)、WO97/04939(Mimura 等人) 和 WO97/04949(Mimura 等人) 都揭示了模制的反光件，其中在多个薄板上形成一开槽表面。随后将这些薄板倾斜某一角度，并使每一第二板横向地移动。该过程将产生多个立体角单元，每个单元都由板的两个被机加工面和一个侧面构成。授予 Gubela 的德国专利 DE4236799 揭示了一种用于生产模制工具的方法，该模制工具具有一用于生产高效立体角的立体角表面。在一条带一边的整个长度方向上，沿第一方向磨削或切削出一个斜面。随后，沿第二方向形成多个凹槽，从而在该条带上形成立体角反射器。最后，在条带的两侧垂直地形成多个凹槽。授予 Gubela 的德国临时专利 4410994 C2 就是一个相关的专利。

## 发明概要

本申请揭示了一种适于形成反光片材的、从多个层状体获得的母模以及制造该模具的方法。有利的是，根据本发明的教导制造出来的母模能使反光立体角片材显示出几乎为 100% 的反光效率。为便于制造柔性的反光片材，利用本

发明所揭示的方法能制造出宽度仅为 0.010 毫米的立体角反光单元。此外，本发明还揭示了如何制造出能在至少两个不同的方向上显示对称的反光性能的立体角片材。还揭示了用于从多个层状体来制造模具的有效的、低成本的方法。

一个实施例涉及一种用于形成反光立体角制品的模具中的层状体，所述层状体具有相对的第一和第二主表面，在该两表面之间限定了一第一参考平面，所述层状体还包括一将第一和第二主表面连接起来的工作或加工表面，该工作表面限定了一基本平行于工作表面并垂直于第一参考平面的第二参考平面，以及一垂直于第一参考平面和第二参考平面的第三参考平面。该层状体包括：(a)一第一槽组，包括形成在层状体工作表面上的至少一个 V 形槽，该 V 形槽限定了一第一槽面和一第二槽面，这两个槽面相交而限定一第一槽顶；(b)一第二槽组，包括形成在层状体工作表面上的至少一个 V 形槽，该 V 形槽限定了一第三槽面和一第四槽面，这两个槽面相交而限定一第二槽顶，第三槽面基本上垂直地相交于第一槽面，从而限定了一第一基准边；以及(c)一第三槽组，包括形成在层状体工作表面上的至少两个平行且相邻的 V 形槽，每个 V 形槽均限定了一第五槽面和一第六槽面，这两个槽面相交而限定一第三槽顶，第五槽面基本上垂直地相交于第一和第三槽面，从而形成一个取向在第一方向上的至少一个立体角单元。

在一个实施例中，将第一和第二槽组形成得使它们各自的第一和第三槽面基本上垂直地相交而限定各基准边，并使它们的第二和第四槽面基本上垂直地相交而限定大致平行于第一参考平面的基准边。最后，第三槽组包括多个槽，这些槽的槽顶沿一垂直于第一参考平面的轴线延伸。在该实施例中，层状体包括设置在层状体工作表面上的一排光学相对的立体角单元。

在一单个层状体上形成每个立体角单元的三个相互垂直的光学表面。所有三个光学表面最好是通过机加工工艺形成，以确保获得光学合格的表面。在机加工阶段和随后的阶段最好是能在相邻层状体间维持一个平的界面，以便使由于层状体搬动而造成的对准和损害问题减至最少。

还揭示了一种用于形成反光立体角制品的模具中的层状体的制造方法，该层状体具有相对的第一和第二主表面，在该两表面之间限定了一第一参考平面，所述层状体还包括一将第一和第二主表面连接起来的工作表面，该工作表面限定了一基本平行于工作表面并垂直于第一参考平面的第二参考平面，以及一垂直于第一参考平面和第二参考平面的第三参考平面。所述方法包括如下步

骤：(a)形成一第一槽组，它包括形成在层状体工作表面上的至少一个V形槽，该V形槽限定了一第一槽面和一第二槽面，这两个槽面相交而限定一第一槽顶；(b)形成一第二槽组，它包括形成在层状体工作表面上的至少一个V形槽，该V形槽限定了一第三槽面和一第四槽面，这两个槽面相交而限定一第二槽顶，第三槽面基本上垂直地相交于第一槽面，从而限定了一第一基准边；以及(c)形成一第三槽组，包括形成在层状体工作表面上的至少两个平行且相邻的V形槽，每个V形槽均限定了一第五槽面和一第六槽面，这两个槽面相交而限定一第三槽顶，两个平行槽之一的第五槽面基本垂直地相交于第一和第三槽面，从而形成至少一个取向在第一方向上的一个立体角单元。

一种较佳的模具组件包括多个层状体，所述层状体包括相对且平行的第一和第二主表面，在该两表面之间限定了一第一参考平面，每个层状体还包括一将第一和第二主表面连接起来的工作表面，该工作表面限定了一基本平行于工作表面并垂直于第一参考平面的第二参考平面，以及一垂直于第一参考平面和第二参考平面的第三参考平面。所述多个层状体的工作表面包括：(a)一第一槽组，包括形成在每个层状体工作表面上的至少两个平行且相邻的V形槽，多个这样的相邻V形槽限定了一第一槽面和一第二槽面，这两个槽面相交而限定一第一槽顶；(b)一第二槽组，包括形成在每一层状体工作表面上的至少两个平行且相邻的V形槽，多个这样的相邻V形槽限定了一第三槽面和一第四槽面，这两个槽面相交而限定一第二槽顶，第三槽面基本上垂直地相交于第一槽面，从而限定了一第一基准边；以及(c)一第三槽组，包括形成在层状体工作表面上的至少两个平行且相邻的V形槽，第三槽组限定了一第五槽面和一第六槽面，这两个槽面相交而限定一第三槽顶，所述第五槽面基本垂直地相交于第一和第三槽面，从而形成至少一个沿第一方向设置的立体角单元。

在一个实施例中，第一和第二槽组形成得使它们的槽顶沿着垂直于第一参考平面的轴线（在一俯视平面图中）延伸。最后，第三槽组包括多个槽，其槽顶沿着垂直于第一参考平面的轴线延伸。在该实施例中，每个层状体均包括设置在层状体工作表面上的一排光学相对的立体角单元。

还揭示了一种适用于反光立体角制品之模具中的多个层状体的制造方法，每个层状体均具有相对的第一和第二主表面，在该两表面之间限定了一第一参考平面，所述层状体还包括一将第一和第二主表面连接起来的工作表面，该工作表面限定了一基本平行于工作表面并垂直于第一参考平面的第二参考平面，

以及具有一垂直于第一参考平面和第二参考平面的第三参考平面。该方法包括如下步骤：(a)将多个层状体取向得使它们各自的第一参考平面相互平行，并且设置成相对于一固定的参考轴线成第一角度；(b)形成一第一槽组，它包括形成在层状体工作表面上的多个V形槽，这些V形槽限定了一第一槽面和一第二槽面，这两个槽面相交而限定一第一槽顶；(c)将多个层状体取向得使它们各自的第一参考平面相互平行，并设置成相对于所述固定的参考轴线成第二角度；(d)形成一第二槽组，它包括形成在层状体工作表面上的多个V形槽，这些V形槽限定了一第三槽面和一第四槽面，这两个槽面相交而限定一第二槽顶，第三槽面基本上垂直地相交于第一槽面，从而限定了第一基准边；以及(e)形成一第三槽组，包括形成在层状体工作表面上的多个平行的V形槽，每个V形槽均限定了一第五槽面和一第六槽面，这两个槽面相交而限定一第三槽顶，所述第五槽面基本垂直地相交于第一和第三槽面，从而形成至少一个沿第一方向设置的立体角单元。

在所揭示的一个方法中，将多个层状体组装在一个可限定一基础平面的合适的夹具中。较佳的是，该夹具可固定这些层状体，使它们的第一参考平面基本上平行，并相对于一固定参考轴线（基础平面的法向矢量）成第一角度，第一角度较佳的是在大约45°到90°之间，最好是在大约45°到60°之间。随后，利用一合适的材料去除技术，例如刻线、快速切削、磨削或铣削等，将多个层状体中每个层状体靠近工作表面的部分去除。然后将多个层状体重新组装在一夹具内，并固定成使它们的第一参考平面基本上相互平行，并设置成相对于一固定的参考轴线（基础平面法向矢量）呈大约45°到90°的第二角度。随后，用如上所述的合适的材料去除技术来形成第二槽组。随后，将多个层状体重新组装到夹具内，并固定成使它们的第一参考平面基本垂直于所述参考轴线。接着用如上所述的合适的材料去除技术来形成第三槽组。

#### 附图简要说明

图1是一适用于本发明所揭示方法的单个层状体的立体图；

图2是单个层状体在第一机加工步骤之后的端部视图；

图3是单个层状体在第一机加工步骤之后的侧视图；

图4是单个层状体在第一机加工步骤之后的俯视图；

图5是单个层状体在第二机加工步骤之后的端部视图；

- 图 6 是单个层状体在第二机加工步骤之后的侧视图；  
图 7 是单个层状体在第二机加工步骤之后的俯视图；  
图 8 是单个层状体在第二机加工步骤之后的立体图；  
图 9 是单个层状体在第三机加工步骤之后的端部视图；  
图 10 是单个层状体在第三机加工步骤之后的侧视图；  
图 11 是单个层状体在第三机加工步骤之后的俯视图；  
图 12 是单个层状体在第三机加工步骤之后的立体图；  
图 13 是适用于本发明方法的多个层状体的立体图；  
图 14 是取向在第一方向上的多个层状体的端部视图；  
图 15 是多个层状体在第一机加工步骤之后的端部视图；  
图 16 是多个层状体在第一机加工步骤之后的侧视图；  
图 17 是取向在第二方向上的多个层状体的端部视图；  
图 18 是多个层状体在第二机加工步骤之后的端部视图；  
图 19 是多个层状体在第二机加工步骤之后的侧视图；  
图 20 是多个层状体在第三机加工步骤之后的侧视图；  
图 21 是多个层状体在第三机加工步骤之后的俯视图；  
图 22 是单个层状体在根据一变化型实施例的第一机加工步骤之后的端部视图；  
图 23 是图 22 所示实施例的侧视图；  
图 24 是图 22 所示层状体的俯视平面图；  
图 25 是单个层状体在根据另一变化型实施例的第二机加工步骤之后的端部视图；  
图 26 是图 25 所示实施例的侧视图；  
图 27 是图 25 所示层状体的俯视平面图；  
图 28 是单个层状体在根据另一变化型实施例的第二机加工步骤之后的侧视图；  
图 29 是图 28 所示实施例的端部视图；  
图 30 是图 28 所示层状体的俯视平面图；  
图 31 是单个层状体的工作表面的一部分的俯视平面图；  
图 32 是图 31 所示工作表面的侧视图。

### 较佳实施例的详细描述

在将要描述的各实施例中，为清楚起见，采用了专门的术语。然而，这些术语并不具有任何限制的意味，应该理解，所选用的每个术语都包括所有功能类似的技术。与本申请在同一天提出的相关申请包括：“立体角片材的模具和制造该模具的方法”（美国专利 6,253,442）；“立体角反光片材、模具和用于制造模具的方法”（美国专利 6,302,992）；“由高度倾斜的立体角单元构成的倾斜型反光片材”（美国专利 5,898,523）；“反光立体角片材的模具和制造该模具的方法”（美国专利 6,253,442）；和“双向反光片材”（美国专利 5,936,770）。

文中揭示的实施例可采用具有多种尺寸和形状的全立体角单元。在一个阵列内的相邻全立体角单元的底边并不都在同一平面上。而一个阵列中的相邻的截头立体角单元的底边通常是共平面的。与有一定倾斜量的截头立体角单元相比，全立体角单元的总返回光较高，但在入射角较高的情况下，全立体角损失的总返回光也比较高。全立体角单元的优点是，它在入射角较低的情况下具有较高的总返回光，而在入射角较高的情况下其性能也没有太大的损失。

一立体角匹配对阵列的预期总返回光 (TLR) 可以由已知的有效面积和光线强度来推算。光线强度可由于前表面损失以及由于对一向后反射光线而言的三个立体角表面中的每个表面的反射而被削弱。总返回光被定义成：有效面积百分比与光线强度的乘积，或者是被向后反射的总入射光线的百分比。美国专利 3,712,706 (Stamm) 中对直接机加工的立体角阵列的总返回光进行了讨论。

下面将结合图 1—图 12 来描述关于一层状体的实施例以及制造该层状体的方法。请参见图 1，其中示出了一个可用来制造适于形成反光片的模具的具有代表性的层状体 10。层状体 10 包括一第一主表面 12 和一与之相对的第二主表面 14。层状体 10 还包括一工作表面或称加工面 16 以及一在第一主表面 12 与第二主表面 14 之间延伸的相对的底面 18。层状体 10 还包括一第一端面 20 和一与之相对的第二端面 22。在一较佳实施例中，层状体 10 是一个正矩形的多面体，其相对的各表面基本平行。然而，应该理解，层状体 10 的各相对表面并不一定要相互平行。

为描述起见，可以对层状体 10 施加一个笛卡尔坐标系。第一参考平面 24 处在第一主表面 12 和第二主表面 14 之间的中间位置。被称作 X-Z 平面的第一

参考平面 24 将 Y 轴作为其法向矢量。被称作 X-Y 平面的第二参考平面 26 基本上与工作表面 16 同平面地延伸，并将 Z 轴作为其法向矢量。被称作 Y-Z 平面的第三参考平面 28 处在第一端面 20 和第二端面 22 之间的中间位置，并将 X 轴作为其法向矢量。为清楚起见，以下将结合该笛卡尔坐标系来描述本发明的各种几何结构特征。然而，应该理解，这些特征也可以用其它的坐标系来描述，或者结合层状体的结构来描述。

该层状体最好是用尺寸稳定的、能保持精确容差的材料来形成，如可机加工的塑料（例如，聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚甲基丙烯酸甲酯和聚碳酸酯）或金属（例如黄铜、镍、铜或铝）。层状体的实际尺寸主要取决于机加工限制条件。该层状体最好是其厚度至少为 0.1 毫米，其高度最好是 5.0 至 100.0 毫米，其宽度最好是 10 至 500 毫米。这些数据都是为了举例说明起见而提供的，绝不具有任何限制的意味。

图 2—图 12 示出了一个结构化表面，它是由层状体 10 的工作表面 16 上的多个光学相对的立体角单元构成的。简言之，如图 2—4 所示，在层状体 10 的工作表面 16 上形成有一由多个平行且相邻的槽 30a、30b、30c 等组成的第一槽组（总的称作 30）。槽组 30 限定了第一槽面 32a、32b、32c 等以及第二槽面 34b、34c、34d 等。如图 5—7 所示，在层状体 10 的工作表面 16 上还形成有一由至少一个最好多个平行且相邻的槽 38a、38b、38c 等组成第二槽组（总的称作 38）。槽组 38 限定了第三槽面 40a、40b、40c 等以及第四槽面 42b、42c、42d 等。重要的是，第一槽面 32a、32b、32c 等分别与相应的第三槽面 40a、40b、40c 基本上垂直地相交，从而限定了相应的第一基准边 44a、44b、44c 等，第二槽面 34b、34c、34d 等基本上与相应的第四槽面 42b、42c、42d 等垂直相交从而限定了相应的第二基准边 45b、45c、45d 等。在本文中，术语“基本上垂直”或“大致垂直”意味着相应表面之间的两面角大约为 90°；如授予 Appeldorn 的美国专利 4,775,219 所揭示的那样，在垂直度方面允许略有偏差。随后，如图 9—11 所示，在层状体 10 的工作表面 16 上形成由多个平行且相邻的槽 46a、46b、46c 等组成第三槽组。第三槽组的各槽分别限定了第五槽面 48a、48b、48c 等以及第六槽面 50a、50b、50c 等。重要的是，相应的第五槽面 48a、48b、48c 等基本上垂直地与相应的第五槽面 32a、32b、32c 等和第三槽面 40a、40b、40c 等相交，从而形成多个立体角单元。另外，第六槽面 50a、50b、50c 等基本上垂直地相交于相应的第二槽面 34b、34c、34d 等和第四槽面

42b、42c、42d 等，从而形成多个立体角单元。在本文中，术语“槽组”是指形成在层状体 10 的工作表面 16 上的多个平行槽（不一定是共平面的）。

现请参见图 2—4，在层状体 10 的工作表面 16 上形成有一由至少一个，最好是多个平行且相邻的槽 30a、30b、30c 等组成的第一槽组（总的称作 30）。槽组 30 限定了第一槽面 32a、32b、32c 等（总的称作 32）以及第二槽面 34b、34c、34d 等（总的称作 34），如图所示，它们在槽顶 33a、33b、33c、33d 等（总的称作 33）和沿边缘 36a、36b、36c 等相交。在层状体的边缘，通过开槽作业可以形成单个的槽面，例如 32a、34d。较佳的是，如图 2—4 所示，这一图案最好能在层状体 10 的整个工作表面 16 上重复。槽顶 33 的间隔距离最好是在大约 0.01 毫米到 1.0 毫米之间。但本发明并不限于这些尺寸。

特别请参见图 2，槽 30 是形成得使各槽顶 33 沿着一与第一主表面 12、第二主表面 14 和第二参考平面 26 相交的轴线延伸。在图 2—4 所示的实施例中，槽 30 形成得使每个槽顶 33 都位于和第一参考平面 24 以及第二参考平面 26 垂直相交的平面内，因而在图 4 这个俯视图中，槽顶 33 垂直于第一参考平面 24。

在图 2—4 中，各槽顶 33 与第二参考平面 26 相交的角度是锐角  $\theta_1$ ，其大小为大约 54.74°。然而，应该理解，槽 30 也可以形成得使槽顶 33 与第二参考平面的夹角不是 54.74°。总的来说，槽顶 33 与第二参考平面的夹角在大约 45° 和大约 90° 之间的任何角度都是可以的。此外，在图 2—4 所示的实施例中，各槽 30 的两个相对面（例如 34b 和 32b）的之间的两面角是 120°。通常，这个夹角可以是在 90° 至 180° 之间。

现请参见图 5—8，在层状体 10 的工作表面 16 上还形成有一由至少两个平行且相邻的槽 38a、38b、38c 等组成的第二槽组（总的称作 38）。该槽组限定了第三槽面 40a、40b、40c 等（总的称作 40）以及第四槽面 42b、42c、42d 等（总的称作 42），它们在槽顶 41b、41c、41d 等（总的称作 41）和边缘 47a、47b、47c 等处相交。在层状体的边缘处，开槽作业可以形成单个的槽面，例如 40a、42d。槽 38a 形成得使槽面 32a 和 40a 沿第一基准边 44a 大致垂直地相交。类似地，槽 38b 形成得使槽面 34b 和 42b 沿第二基准边 45b 大致垂直地相交，并使槽面 32b 和 40b 沿一基准边 44b 大致垂直地相交。较佳的是，该图案可以在层状体 10 的整个工作表面 16 上加以重复。各槽顶 41 的间隔距离最好是在大约 0.01 毫米到大约 1.0 毫米之间，但本发明并不限于这些尺寸。

请重新参见图 5—图 8，槽 38 形成得使各槽顶 41 沿着一与第二主表面 14

和第二参考平面 26 相交的轴线延伸。类似地，槽 38 形成得使各槽顶 41 设置在与第一参考平面 24 和第二参考平面 26 垂直相交的各平面内，从而，在俯视图图 7 中，各槽顶 41 垂直于第一参考平面 24。此外，特别请参见图 7，可以看到，第二槽组内的各槽 38 最好是形成得使其各槽顶 41a、41b、41c 基本上与第一槽组 30 的槽顶 33a、33b、33c 处在同一平面上。然而，应该理解，相对的槽顶（例如 33、41）不一定非要处在同一平面上。

槽顶 41 与第二参考平面 26 相交的锐角  $\theta_2$  是在  $54.74^\circ$  左右。然而，应该理解，槽 38 与第二参考平面 26 相交的角度也可以不是  $54.74^\circ$ 。此外，虽然在该实施例中  $\theta_1$  等于  $\theta_2$ ，但这两个角度也可以是不相等的。角度  $\theta_1$  和  $\theta_2$  的关系将在下文中详细描述。总的来说，可以将各槽形成得使各槽顶 41 与第二参考平面 26 相交的角度是大约  $45^\circ$  至  $90^\circ$  之间，最好是将各槽形成得使  $\theta_1$  等于  $\theta_2$ ，并且最好是在大约  $45^\circ$  至  $60^\circ$  之间。在该实施例中，槽 38 的两个相对表面（例如 42b 和 40b）所成的两面角是  $120^\circ$ 。因此，基准边 44、45 与第二参考平面 26 的夹角  $\gamma_1$  和  $\gamma_2$  是大约  $45^\circ$ 。

图 8 是第二槽组的槽 38 形成之后的层状体 10 的立体图。层状体 10 包括如上所述的一系列形成在工作表面 16 上的槽 30、38。各槽顶大致沿第一参考平面 24 相交，从而在层状体 10 的工作表面 16 上形成了多个基本呈 V 形的槽谷。

图 9—图 12 示出了在层状体 10 上形成了由多个槽 46a、46b、46c 等组成第三槽组之后的实施例。在该实施例中，第三槽组 46 分别限定了第五槽面 48a、48b、48c 等和第六槽面 50a、50b、50c 等，它们分别在槽顶 52a、52b、52c 处相交。槽 46 形成得使各槽顶 52 沿着一基本垂直于第一参考平面 24 的轴线延伸。第三槽组 46 形成得使各第五槽面 48 处在基本垂直于第一槽面 32 和第三槽面 40 的平面内，并使相应的第六槽面 50 处在基本垂直于第二槽面 34 和第四槽面 42 的平面内。在该实施例中，第三槽组 46 形成得使各槽面 48、50 与垂直于第二参考平面 26 的轴线 28 的夹角  $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$  都是  $45^\circ$ 。更具体地说， $\alpha_1$  等于  $\gamma_1$ ， $\alpha_2$  等于  $\gamma_2$ 。

通过形成根据本发明的第五槽面 48，就可以在层状体 10 的工作表面 16 上获得多个立体角单元 60a、60b 等（总的称作 60），这些立体角单元具有相互垂直的三个光学表面。每个立体角单元 60 都是由相应的第一槽面 32a、32b、32c 等、相应的第三槽面 40a、40b、40c 等以及相应的第五槽面 48a、48b、48c

等来限定的，这些槽面相交在一个点上，从而限定了一个立体角峰点或顶点 62a、62b、62c 等。类似地，形成第六槽面 50 也可以在层状体 10 的工作表面 16 上获得多个立体角单元 70a、70b、70c 等（总的称作 70）。每个立体角单元 70 都是由相应的第二槽面 34a、34b、34c 等、相应的第四槽面 42a、42b、42c 等以及相应的第六槽面 50a、50b、50c 等来限定的，这些槽面相交在一个点上，从而限定了一个立体角峰点或顶点 63a、63b、63c 等。较佳的是，第五槽面 48 和第六槽面 50 在层状体 10 的工作表面 16 上形成了多个立体角单元。然而，应该理解，在变化型实施例中，第三槽组 46 可以形成得只让第五槽面 48 或第六槽面 50 形成立体角单元。

较佳的是，工作表面 16 是利用传统的精密机加工工具和技术来形成的。用来在层状体 10 上形成槽的适当的材料削除技术包括例如：刻线、铣削、开槽和快速切削。在一实施例中，可以将层状体 10 的第二主表面 14 与一基本上平的表面（例如一精密机加工的夹具的表面）对准，通过移动 V 形切刀而在工作表面 16 上形成槽 30a、30b、30c 等，所述刀具沿着一与第一主表面 12 相交的轴线具有一  $120^\circ$  的夹角，而与第一参考平面 24 的夹角是大约  $35.26^\circ$  ( $90^\circ - \theta_1$ )。

在该实施例中，每个槽 30 形成在工作表面 126 内的深度是一样的，而且切削刀具在相邻各槽之间横向移动的距离也相同，因而各槽基本上是一样的。接着，将层状体 10 的第一主表面 12 对准所述平面，通过移动一 V 形切刀而在工作表面 16 上形成槽 38a、38b、38c，该切刀沿着一与第二主表面 14 相交的轴线具有一  $120^\circ$  的夹角，与第一参考平面 24 的夹角是大约  $35.26^\circ$  ( $90^\circ - \theta_1$ )。最后，通过移动一 V 形切刀而在工作表面 16 上形成第三槽 46a、46b、46c，所述切刀沿着一基本垂直于第一参考平面 24 的轴线具有一大约  $90^\circ$  的夹角。

虽然上面揭示了以特定的顺序形成了三个槽组的步骤，但熟悉本技术领域的人员可以认识到，这些步骤的顺序并不是关键的，可以用任何顺序来实现这些步骤。此外，熟悉本技术领域的人员可以认识到，这三个槽组可以在层状体对准某一个位置时形成；本发明的揭示内容也可以采用这样一种方法。另外，用于将层状体固定于精密机加工夹具的机构也不是关键因素，可以采用物理的、化学的和电磁机构来固定层状体。

为了形成一个适于形成反光制品的模具，可以将分别具有工作表面 16 并且在这些表面上具有如上所述的立体角单元 60、70 的多个层状体 10 在一合适

的传统夹具上组合起来。随后，利用精密复制技术（例如镍电镀）来复制工作表面 16，藉以形成工作表面 16 的一个阴的复制品。电镀技术对熟悉反光技术的普通人员而言是众所周知的，例如可参见授予 Pricone 等人的美国专利 4,478,769 和 5,156,863。随后，可以将工作表面 16 的阴复制品用作形成反光制品的模具，所述反光制品就是工作表面 16 的阳复制品。更通常的做法是，形成电成型的多代复制品，并将它们组装成为一个较大的模具。应该注意的是，还可以将层状体 10 的原始工作表面 16 或其阳复制品用作一形成反光片材的模压工具。请参见日本专利 8-309851 和美国专利 4,601,861 (Pricone)。熟悉反光技术的普通人员可以认识到，各层状体 10 的工作表面 16 可以独立地充当一反光器。因此，在模具中的各相邻层状体之间不必有精确的角度或距离。

图 13—图 21 示出了用于形成反光制品的模具中的多个层状体的另一种方法。如图 13—图 21 所示，在多个层状体的工作表面上形成多个立体角单元，同时，各层状体固定在一个组件内，而不是独立的。多个层状体 10 最好是组合成使它们各自的工作表面 16 基本上处在同一平面上。简言之，多个层状体 10 取向得使它们的主表面相对于一固定的参考轴线 82 (参见图 14) 所成的第一角为  $\theta_1$ 。较佳的是，在多个层状体 10 的工作表面 16 上形成由多个平行且相邻的 V 形槽构成的第一槽组 (请参见图 15—16)。随后，将多个层状体取向得使它们各自的主表面相对于参考轴线 82 (参见图 17) 成第二角  $\theta_2$ 。在多个层状体 10 的工作表面 16 上形成由多个平行且相邻的 V 形槽构成的第二槽组 (请参见图 18—19)。随后，将多个层状体取向成使它们各自的第一参考平面基本上平行于所述参考轴线，并在每个层状体 10 的工作表面 16 上形成由多个 V 形槽组成第三槽组 (请参见图 20)。通过形成第三槽组，就可以在多个层状体的工作表面上形成一个包括多个立体角单元的结构化表面 (请参见图 21)。

下面将更详细地描述图 13—21 中的实施例。请参见图 13，其中示出了多个层状体 10，它们组合在一起，一个层状体 10 的第一主表面 12 邻接于相邻层状体 10 的第二主表面 14。较佳的是，这些层状体 10 组装在一个能固定多个相邻层状体的传统的夹具内。夹具的细节并不重要。然而，为描述起见，夹具最好是限定了一基础平面 80，在一较佳实施例中，当把层状体 10 如图 13 那样定位时，基础平面 80 基本上平行于层状体 10 的底面 18。多个层状体 10 可以用如上所述的笛卡尔坐标系中的三维空间来表征。较佳的是，当层状体被定位成使它们的第一参考平面 24 垂直于基础平面 80 时，多个层状体 10 的工作表面

16 基本上处在同一平面上。

请参见图 14，多个层状体 10 取向成使它们各自的第一参考平面 24 与垂直于基础平面 80 的固定参考轴线 82 成第一角 $\theta_1$ 。在一实施例中，角 $\theta_1$  是大约 54.74°。理论上， $\theta_1$  可以是大约 45°到 90°之间，但实际上 $\theta_1$  通常是在大约 45° 到 60° 之间。请参见图 15—图 16，在多个层状体 10 的各工作表面 16 上形成由多个平行且相邻的 V 形槽 30a、30b、30c 等组成的第一槽组（总的称作 30），各层状体设置的角度为 $\theta_1$ 。槽 30 可限定相应的第一槽面 32a、32b、32c 等（总的称作 32）和相应的第二槽面 34a、34b、34c 等（总的称作 34），它们在槽顶 33b、33c、33d（总的称作标号 33）等处相交。应该注意的是，在层状体的边缘处，成槽作业可以形成一个单个槽面，例如 32b、34d。较佳的是，该槽图案在多个层状体 10 的整个工作表面 16 上重复出现。

槽 30 是通过利用范围很广的材料去除技术来除去工作表面 16 的一部分而形成的，所述技术包括诸如铣削、刻线和快速切削等精密机加工技术、或化学腐蚀技术、或激光切除等技术。根据本发明的一个实施例，第一槽组的槽 30 是用高精度机加工形成的，其中，一具有 120° 夹角的钻石切刀在多个层状体 10 的工作表面 16 上沿着一基本平行于基础平面 80 的轴线方向反复地横向移动。然而，应该理解，所述钻石切刀也可以沿着不平行于基础平面 80 的轴线移动，从而使刀具在多个层状体 10 中切削的深度不一样。还应该理解，机加工刀具也可以固定不动，而使个层状体移动；在本发明的揭示内容中，主要采用多个层状体 10 和机加工刀具之间的相对运动。

在图 15—图 16 的实施例中，第一槽组的各槽 30 形成得使各槽顶 33 与每个层状体的第一主表面 12 和第二主表面 14 相交。于是，在端部视图图 15 中，槽顶 33 形成了沿平行于基础平面 80 的轴线延伸的诸连续线。另外，槽 30 形成得使槽顶 33 和边缘 36 位于和第一参考平面 24 及第二参考平面 26 垂直相交的平面内。于是，在类似于图 4 的俯视平面图中，各槽顶垂直于多个层状体 10 的相应的第一参考平面 24。然而，槽 30 也可以形成得具有较浅的深度或沿不同的轴线形成。

参见图 17—19，随后将多个层状体 10 取向得使它们各自的第一参考平面 24 与垂直于基础平面 80 的固定参考轴线 82 成第二角 $\theta_2$ ，并且在多个层状体 10 的工作表面 16 上形成由多个平行且相邻的 V 形槽 38b、38c 等（总的称作 38）组成的第二槽组。在该实施例中，角 $\theta_2$  约为 54.74°。如上所述，理论上， $\theta_2$  可

以取  $45^{\circ}$  至  $90^{\circ}$  之间的任何角度，但实际上  $\theta_2$  最好是在大约  $45^{\circ}$  至  $60^{\circ}$  之间。为了使多个层状体 10 取向为  $\theta_2$ ，最好是将层状体从夹具上取下，并在它们的第一参考平面的取角为  $\theta_2$  的情况下重新组合。槽 38 限定了相应的第三槽面 40a、40b、40c 等（总的称作 40）和相应的第四槽面 42a、42b、42c 等（总的称作 42），它们在槽顶 41b、41c、41d 等（总的称作 41）处相交并沿着边缘 47a、47b、47c 等。应该注意但是，在层状体的边缘处，通过槽的成形作业可以形成一个单独的槽面，例如 40a、42d。较佳的是，该槽图案在多个层状体 10 的整个工作表面 16 上重复出现。

第二槽组的各槽 38 也最好通过高精度机加工作业来形成，其中，一具有  $120^{\circ}$  夹角的钻石切刀在多个层状体 10 的工作表面 16 上沿着一基本平行于基础平面 80 的轴线反复地横向移动。与第一槽组一样，槽 38 最好是在多个层状体 10 的工作表面 16 上形成几乎相同的深度。此外，第二槽组的各槽 38 最好是形成得使各槽顶（例如 41a、41b 等）基本上与第一槽组的各槽 30 的相应槽顶（例如 33a、33b 等）处在同一平面上。在形成了第二槽组的槽 38 之后，每个层状体 10 最好看起来基本上与图 8 所示的层状体一样。

请参见图 20—21，在多个层状体 10 的工作表面上形成了由多个平行且相邻的 V 形槽 46a、46b、46c 等（总的称作 46）组成第三槽组。第三槽 46a、46b、46c 等（总的称作 46）限定相应的第五槽面 48a、48b、48c 等（总的称作 48）和相应的第六槽面 50a、50b、50c 等（总的称作 50），它们在相应的槽顶 52a、52b、52c 等（总的称作 52）处相交。重要的是，第三槽组 46 形成得使第五槽面（例如 48a、48b、48c 等）基本上垂直于相应的第一槽面（例如 32a、32b 等）和相应的第三槽面（例如 40a、40b、40c 等）。

通过形成所述的第五槽面 48，就可以在各层状体 10 的工作表面 16 上形成多个立体角单元（例如 60a、60b、60c 等），这些立体角单元总的由标号 60 来表示。每个立体角单元 60 都是由相交在一个点上从而限定了一立体角峰点或顶点 62 的第一槽面 32、第三槽面 40 和第五槽面 48 组成。类似地，第六槽面（例如 50a、50b、50c 等）基本上垂直正交于第二槽面（例如 34a、34b、34c 等）和第四槽面（42a、42b、42c 等）。通过形成第六槽面 50 也可以在层状体 10 的工作表面 16 上形成多个立体角单元 70a、70b 等（总的称作 70）。每个立体角单元 70 都是由相交在一个点上从而限定立体角峰点或顶点 72 的第二槽面 34、第四槽面 42 和第六槽面 50 组成。较佳的是，第五槽面 48 和第六槽面

50 都能在层状体 10 的工作表面 16 上形成多个光学相对的立体角单元。然而，应该理解，第三槽组 46 可以形成为只让第五槽面 48 或第六槽面 50 中的一个来形成立体角单元。

最好是能在单个层状体上形成立体角单元 60、70 的阵列，立体角单元 60、70 分别具有三个相互垂直的光学表面 32、40、48 和 34、42、50。所有三个光学表面最好都是通过机加工工艺形成，以确保具有光学质量的表面。在机加工阶段和紧随其后的阶段，在相邻层状体之间最好是能维持一平的界面 12、14，以尽量减少由于搬动层状体而造成的对准和损伤的问题。

在一较佳的方法中，在形成多个槽 46 之前，将多个层状体 10 重新取向以使它们各自的主平面 24 基本上平行于参考轴线 82。在一较佳实施例中，一具有 90°夹角的钻石切刀在多个层状体 10 的工作表面 16 上沿着一基本平行于基础平面 80 的轴线方向反复地横向移动。然而，槽 46 也可以在各层状体的主平面相对于参考轴线 82 成一定角度的情况下形成。槽 46 最好是形成得使各槽顶 52 略深于第一和第二槽组之槽的槽顶。通过形成槽 46，可以使层状体 10 具有如图 12 所示的结构化表面。

工作表面 16 显示了它作为一反光器的若干个较佳特性。形成在层状体 10 的工作表面 16 上的立体角单元的几何结构的特点是“全”或“高效率”，这是因为该几何结构具有达到 100% 的最大有效孔径（只要立体角顶点基本位于立体角单元的中点）。熟悉反光技术的普通人员应该理解，可以将各立体角单元设计成使它们各自的顶点偏离中心，以解决宽入射角性能或其它问题。因此，作为工作表面 16 之复制品的反光件可以对大致沿着立体角单元的对称轴线入射的光线显示非常高的光学效率。另外，立体角单元 60 和 70 是沿相对的方向设置的，相对于第一参考平面 24 对称，因此可对以高入射角射入到反光件上的光线显示对称反射特性。

图 22-30 示出了另一个变化型实施例，其中单个层状体上的多个立体角单元的取向不是光学相对的。图 22-30 中的各立体角单元基本上为同一取向。因此，作为图 22-30 所示层状体的复制品的反光片材可显示高度的非对称入射角性能。这对于单向反光应用场合，例如路障标记或某些人行道标记是比较理想的。以下将特别结合单个层状体来描述这样一种层状体的形成方法。然而，应该理解，采用上面针对图 13-21 所描述的机加工技术同样能有效地生产多个层状体。

简言之，在层状体 110 的工作表面 116 上形成由多个平行且相邻的槽 130a、130b、130c 等（总的称作 130）组成的第一槽组（请参见图 22—24）。第一槽组的各槽限定相应的第一槽面 132a、132b、132c 等和相应的第二槽面 134a、134b、134c 等。在层状体 110 的工作表面 116 上还形成有一由至少一个、最好由多个平行且相邻的槽 138a、138b、138c 等（总的称作 138）组成的第二槽组（请参见图 25—27）。第二槽组的各槽限定了相应的第三槽面 140a、140b、140c 等和第四槽面 142a、142b、142c 等。重要的是，第一槽面 132a、132b、132c 等基本垂直地相交于第三槽面 140a、140b、140c 等，从而限定了第一基准边 144a、144b、144c、144d 等。在该实施例中，第二槽面 134a、134b、134c 等基本上与第四槽面 142a、142b、142c 处在同一平面上。随后，在层状体 110 的工作表面 116 上形成一由多个平行且相邻的槽 146a、146b、146c 等组成第三槽组（请参见图 28—30）。第三槽组限定了第五槽面 150a、150b、150c 等，它们与第一槽面 132a、132b、132c 等以及第三槽面 140a、140b、140c 等基本垂直地相交在顶点 162a、162b、162c 等处，从而形成了以相同的取向设置在层状体 110 上的多个立体角单元 160a、160b、160c 等。

图 21—30 所示的层状体最好是用如上所述的精密机加工技术来形成。根据一实施例，层状体可以利用一切刀沿着与第二参考平面 26 相交成  $\theta_1$ （大约是 50.7°）的轴线进行切削来加工第一槽组 130，所述刀具围绕其垂直轴线是不对称的，并具有大约 66.1°的夹角。类似地，第二槽组 138 也可通过一围绕其垂直轴线非对称、具有大约 66.1°夹角的切削刀具沿着与第二参考平面 26 相交成  $\theta_2$ （大约是 50.7°）的轴线进行切削来加工成形。最后，最好是通过用一个具有大约 35°的夹角的半角刀具沿着基本上垂直于第一参考平面 24 的轴线来加工形成第三槽组 146。边缘 144a、144b、144c 与第二参考平面 26 的夹角  $\gamma_1$  是大约 35°。在图 28 的实施例中， $\alpha = \gamma_1$ 。

前述讨论内容已经描述了几个实施例的立体角单元的几何结构和形成该结构所需的加工方式。本说明书中所揭示的方法可以通过改变槽角（例如  $\alpha_1$  和  $\alpha_2$ ）以及层状体倾斜的角度（例如  $\theta_1$  和  $\theta_2$ ）而改变各立体角单元在层状体工作表面上的取向来产生多种立体角单元几何结构。另外还有作为该层状体复制品制造的制品。前述讨论内容揭示了立体角几何结构的若干个实施例。在以下段落中总的描述立体角单元的各表面之间的角度关系，以便让熟悉本技术领域的人员能生产出种种立体角单元的几何结构。

图 31—32 是一具有单个立体角单元 460 的层状体 410 的俯视平面图和侧视图。层状体 410 具有以第一、第二和第三参考平面 424、426 和 428 为特征的三维空间。为描述起见，可以将立体角单元 460 定义为由三个基本上相互垂直的光学表面 432、434、448 组成的单元。光学表面 432 是由形成在层状体 410 的工作表面上的第一槽 430 构成的，而光学表面 434 是由形成在层状体 410 的工作表面上的第二槽 438 构成的。光学表面 448 是由槽 446 的一个表面形成的。参考平面 456a 平行于槽 446 的槽顶，并垂直于第二参考平面 426。类似地，参考平面 456b 平行于槽 446 的槽顶，并垂直于第二参考平面。参考平面 456a 和 456b 相对于第三参考平面 428 成一角度 $\phi_3$ 。角度 $\phi_3$  对应于立体角单元在层状体表面上的旋转角度。视机加工的限制而定，角度 $\phi_3$  可以从 0°（各槽组沿着基本上与参考平面 424 和 428 相重合的轴线形成）至 90°。较佳的是，角度 $\phi_3$  在 0° 到 45° 之间。

光学表面 448 设置成与参考平面 456a 成角度 $\alpha_1$ 。类似地，光学表面 432 设置成与参考平面 456b 成角度 $\alpha_2$ ，光学表面 434 设置成与参考平面 456b 成角度 $\alpha_3$ 。较佳的是，该立体角单元 460 是利用传统的机加工技术加工而成的，角度 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$  分别对应于用来形成限定该立体角单元 460 的各槽的切削刀具的夹角。

图 32 是沿线 31—31 剖取的立体角单元 460 的侧视图。槽 430 的槽顶 433 设置成相对于第二参考平面 426 成锐角 $\beta_1$ 。类似地，槽 438 的槽顶 441 设置成相对于第二参考平面 426 成锐角 $\beta_2$ 。光学表面 432 在空间内的取向是槽角 $\alpha_1$  和角 $\beta_1$  的函数。类似地，光学表面 434 的空间取向是槽角 $\alpha_2$  和角 $\beta_2$  的函数。

可以将形成立体角单元 460 的各槽顶当作参考轴线来建立第二笛卡尔坐标系。具体地说，可以将 X 轴线 472 建立为平行于平面 456a 和第二参考平面 426 的交线，将 Y 轴 474 建立为平行于第二参考平面 426 并垂直于 X 轴线，而 Z 轴线 476 则垂直于第二参考平面 426 延伸。采用该坐标系，可以为立体角单元的表面 448、432 和 434 定义出下列单元法向矢量  $N_1$ 、 $N_2$  和  $N_3$ ：

$$N_1 = \cos(\alpha_1) j + \sin(\alpha_1) k$$

$$N_2 = \sin(\alpha_2) \sin(\beta_1) i - \cos(\alpha_2) j + \cos(\beta_1) \sin(\alpha_2) k$$

$$N_3 = -\sin(\beta_2) \sin(\alpha_3) i - \cos(\alpha_3) j + \cos(\beta_2) \sin(\alpha_3) k$$

光学表面 432、434 和 448 必须相互垂直。因此，法向矢量的点积为零。

$$N_1 \bullet N_2 = N_2 \bullet N_3 = N_1 \bullet N_3 = 0$$

因此，下列条件成立：

$$\tan(\alpha_1) \tan(\alpha_2) \cos(\beta_1) = 1$$

$$\tan(\alpha_1) \tan(\alpha_2) \cos(\beta_2) = 1$$

$$\tan(\alpha_1) \tan(\beta_2) = 1 + \tan^2(\alpha_1)$$

这些等式限定了立体角单元 460 的几何约束。熟悉立体角技术的普通人员可以将这个普遍适用的方法来实现不同的取向，例如立体角 460。

在制造诸如反光片材之类的反光制品时，将多个层状体的结构化表面作为母模，采用电成形技术或其它传统的复制技术来进行复制。多个层状体可以包括基本上相同的立体角单元，或者可以包括具有不同尺寸、几何结构或取向的种种立体角单元。复制品的结构化表面（在本技术领域中称作“压模（stamper）”）包含各立体角单元的阴或负图像。可以将该复制品用作形成反光器的模具。然而，更通常的是，将很多个阳的或阴的复制品组合在一起而形成一个大得足以用来形成反光片材的模具。反光片材可以作为一整体材料来制造，即，用上述的立体角单元阵列对一预成型的片材进行模压，或者将流体材料注入一模具。或者，可以相对于一预成型的薄膜来模制各立体角单元，从而将反光片材制造成分层的产品，如 PCT 申请 WO95/11464 和美国专利 3,648,348 所述，或者将预成型的薄膜层压到预成型的立体角单元上。例如，可以利用一镍模具来制造这样的片材，该镍模具是通过将镍电沉积到一母模上而形成的。可以将电成型模具用作压模，以将模具的图案模压到大约  $500\mu\text{m}$  厚、折射率约为 1.59 的聚碳酸酯薄膜上。还可以将该模具用于压机中，在大约 175° 至 200°C 下进行压制。

可用来制造这些反光片材的材料最好是尺寸稳定、耐用、耐气候和能方便地成形为所需构造的材料。合适材料的例子包括丙烯酸类树脂（其折射率通常为大约 1.5），如来自 Rohm 和 Haas 的有机玻璃（Plexiglas）树脂；热固性的（最好是辐射固化的）丙烯酸酯和环氧丙烯酸酯、聚碳酸酯，它们的折射率约为 1.6；基于聚乙烯的离聚物（商品名为“SURLYN”）；聚酯；乙酸丁酸纤维。总的来说，可以采用一般在受热和受压情况下可成形的任何透光材料。授予 Smith 等人的美国专利 5,450,235 揭示了用于成形反光片材的其它合适的材料。片材还可包括着色剂、染料、UV 吸收剂或其它需要的添加剂。

在某些情况下，希望能为反光片材提供一背衬层。背衬层对于按照总内反射原理来反射光线的反光片材特别有用。合适的背衬层可以用透明或不透明的

材料（包括着色材料）制作，只要这些材料可以与所揭示的反光片材有效地配合。合适的背衬材料包括铝片、电镀钢材、聚合物材料（例如聚甲基丙烯酸甲酯、聚酯、聚酰胺、聚氟乙烯、聚碳酸酯、聚氯乙烯、聚氨基甲酸乙酯）、以及很宽范围的用这些和其它材料制成的层状体。

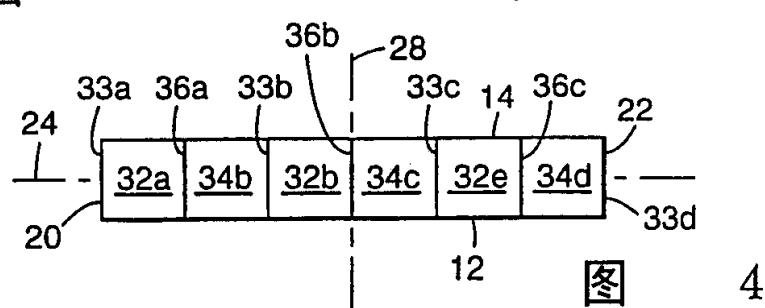
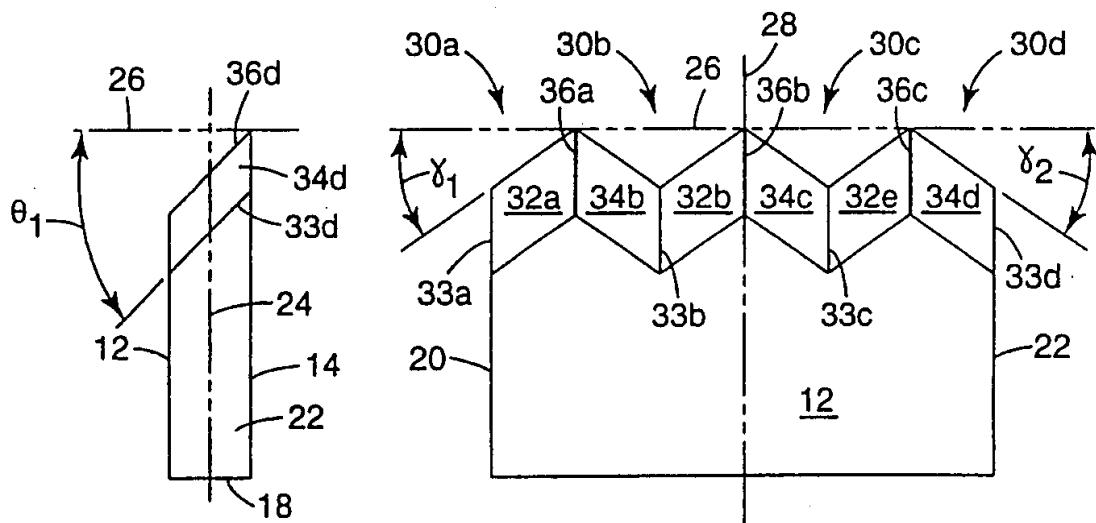
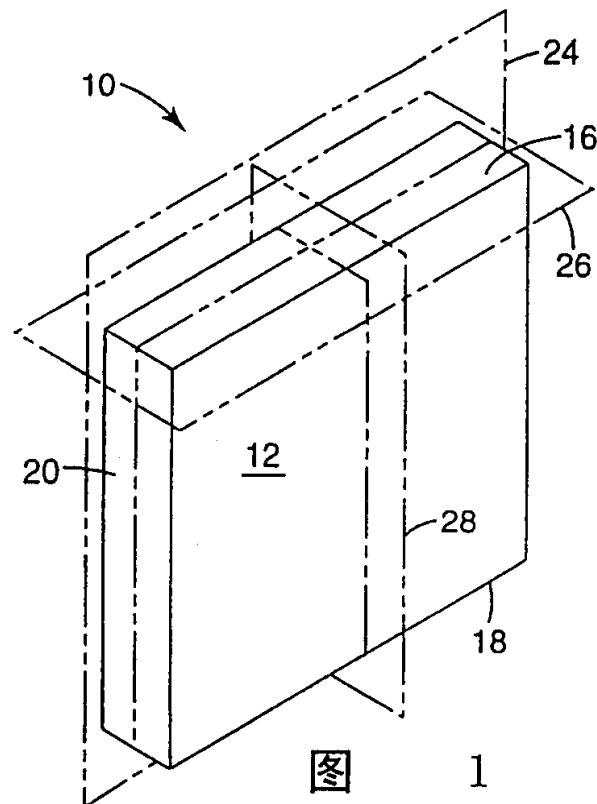
背衬层或片材可以被密封在一个格子图案或适用于反光单元的其它任何构造内。密封可以用很多方法来实施，包括在反光单元阵列的离散点上进行超声波焊接、粘合剂粘结或热封（请参见美国专利 3,924,928）。密封有利于防止污染物（如尘土和/或水分）进入，并且可以在立体角单元的反光表面附近保留空气空间。

如果该复合物需要增加强度或韧性，可以采用由聚碳酸酯、聚丁酸盐（polybutryate）或纤维加强的塑料制成的背衬片材。根据所获得的反光材料的柔性的不同，可以将材料卷起或切割成条或其它合适的样式。还可以为反光材料背衬一粘合剂以及一防粘片，以便能直接施加于各种基体而无需另行涂覆粘合剂或采用其它紧固装置。

文中所揭示的各立体角单元可以单独制成，以便使由制品反射的光线分布成一个合适的图案或发散形状，如美国专利 4,775,219 所述。通常，所导致的槽半角误差小于 $\pm 20$  弧度分，经常是小于 $\pm 5$  弧度分。

文中提及的所有专利和专利申请，包括在本发明背景技术中描述的那些，都援引在本发明中以作参考。上面已经结合若干个实施例对本发明进行了描述。熟悉本技术领域的人员应该可以在不偏离本发明范围的情况下根据所述实施例作出很多变化。因此，本发明的范围不应限于所述的较佳结构和方法，而应由范围更广的权利要求书来限定。

说 明 书 附 图



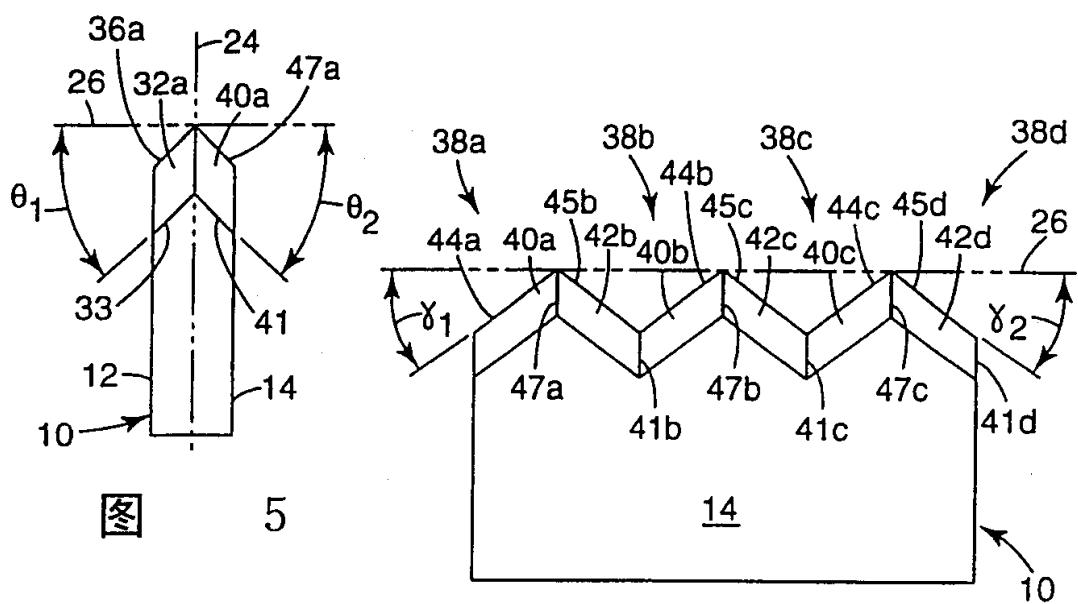


图  
5

图  
6

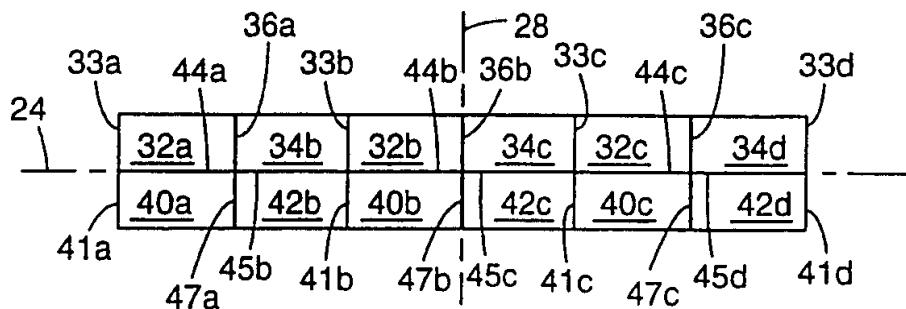


图  
7

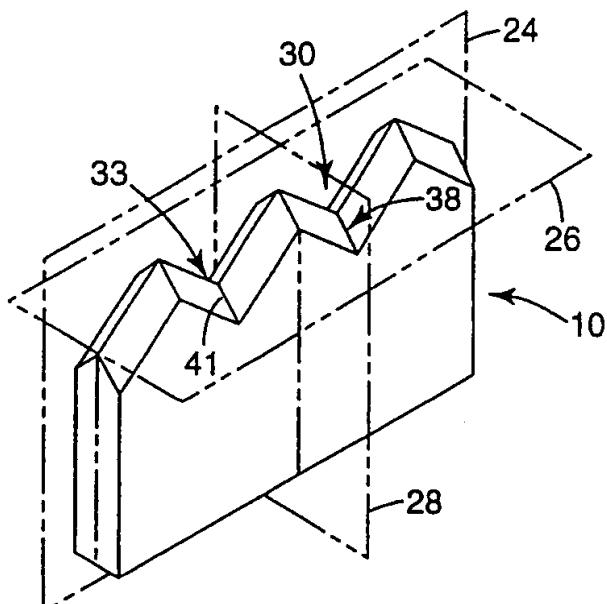


图  
8

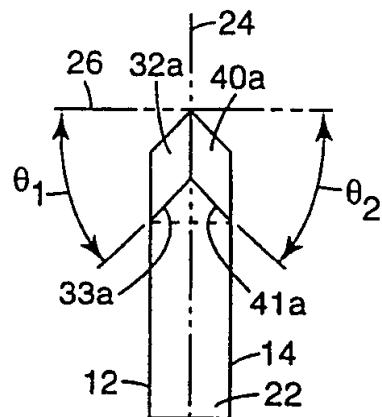


图  
9

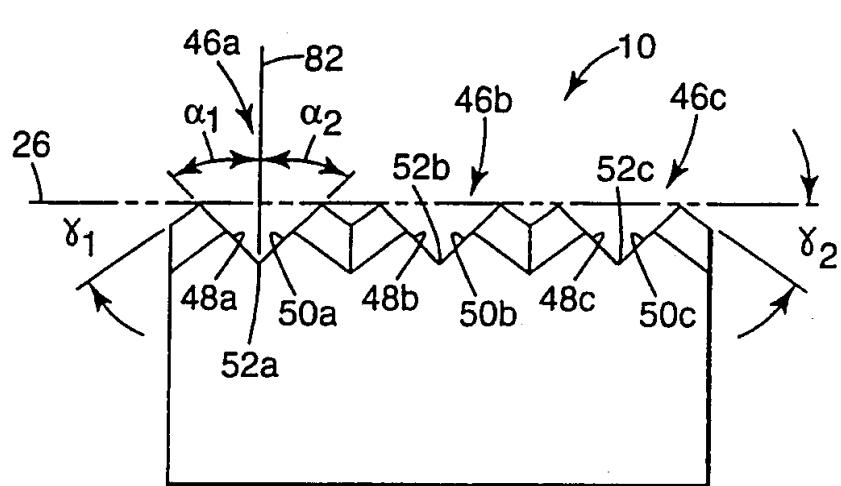


图 1 0

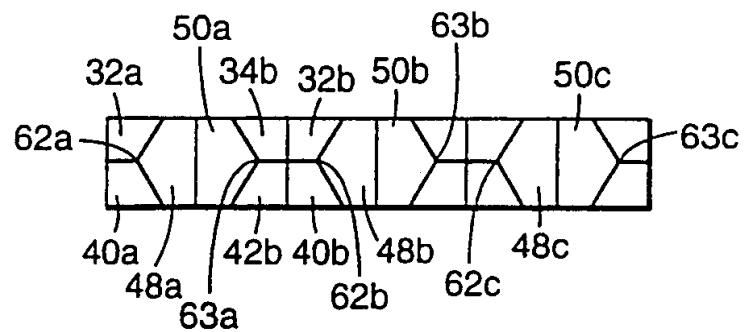


图 1 1

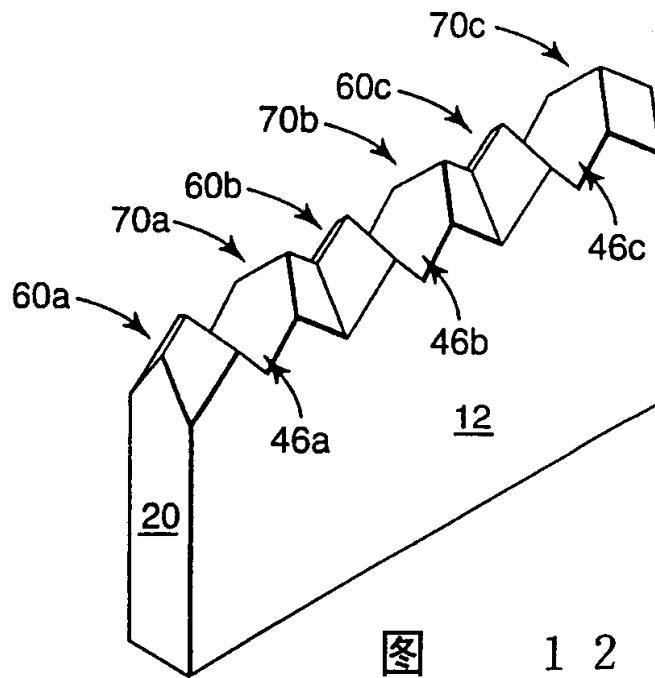


图 1 2

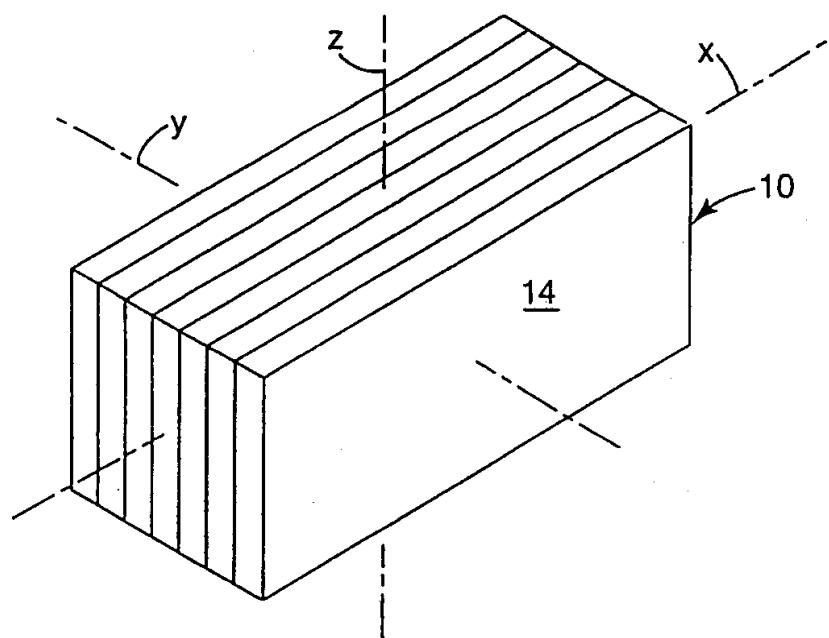


图 1 3

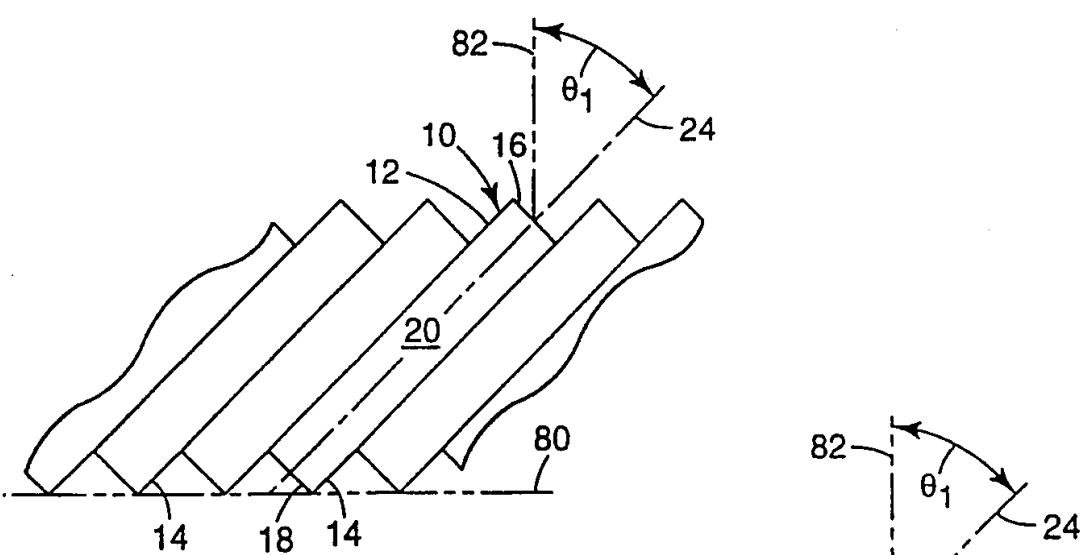


图 1 4

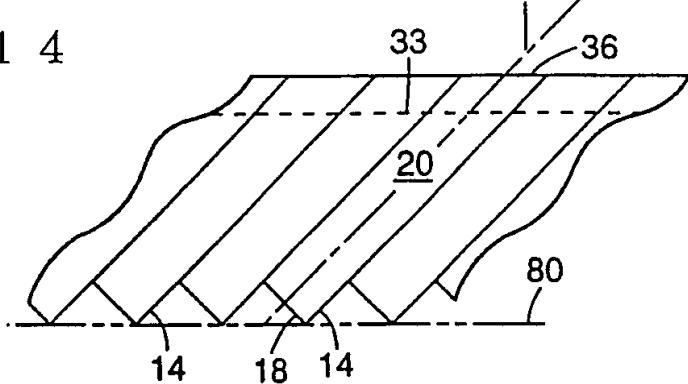


图 1 5

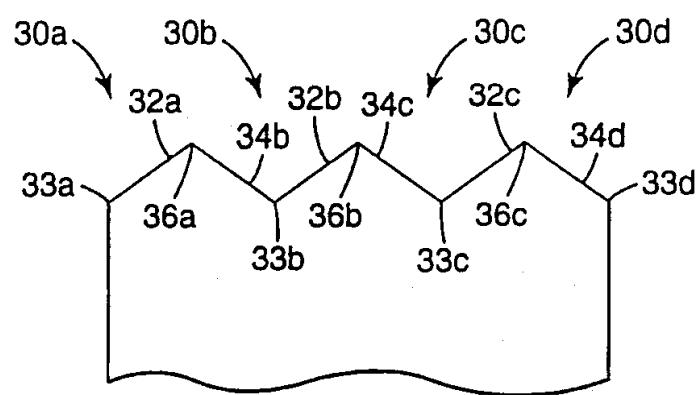


图 16

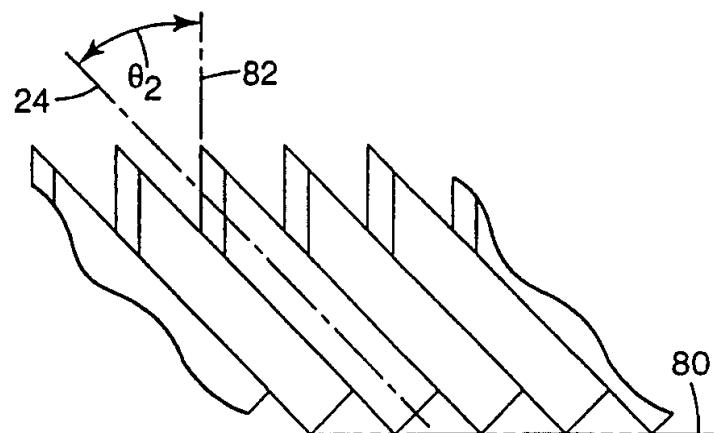


图 17

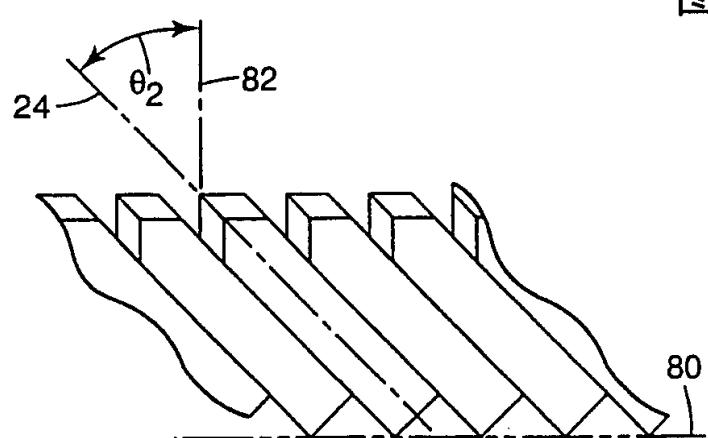


图 18

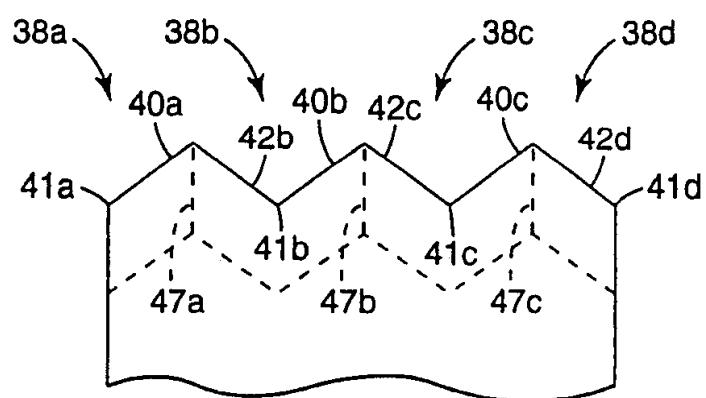
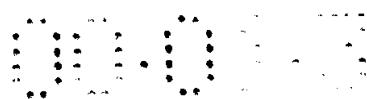


图 19

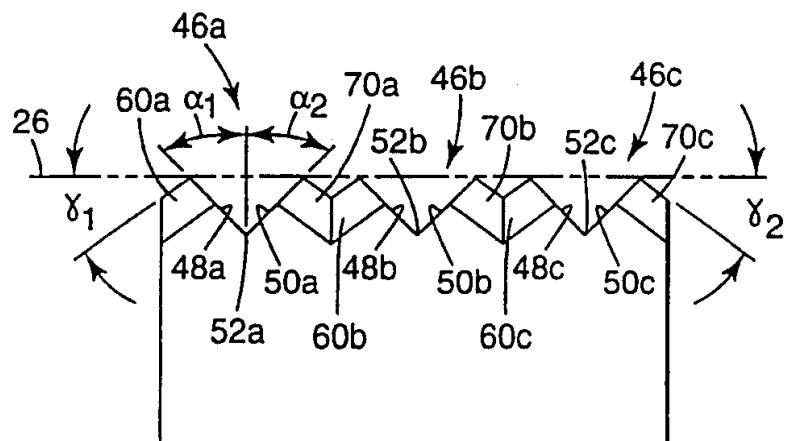


图 20

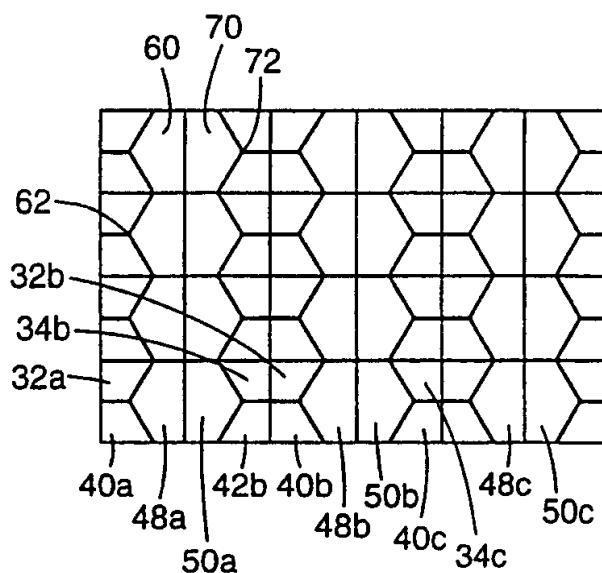


图 21

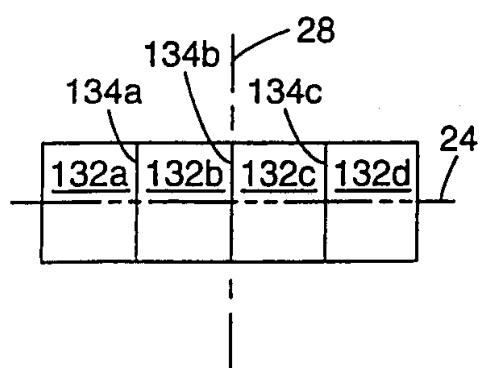


图 2 4

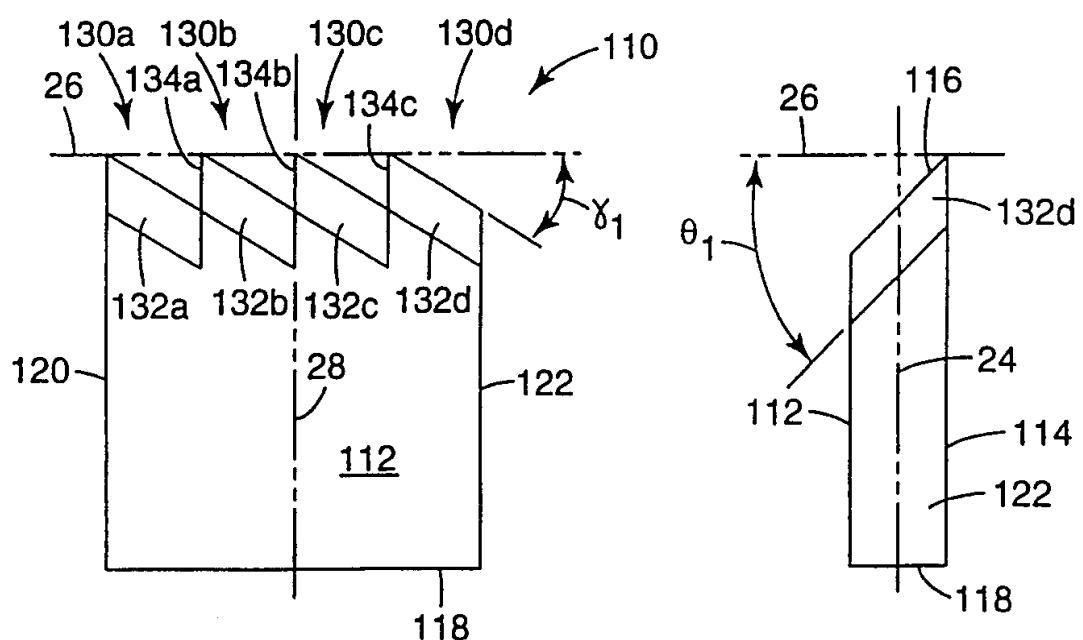


图 2 3

图 2 2

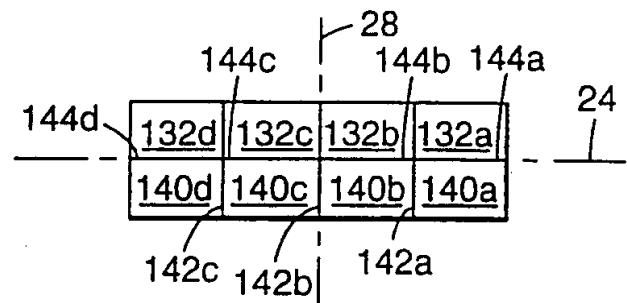


图 2 7

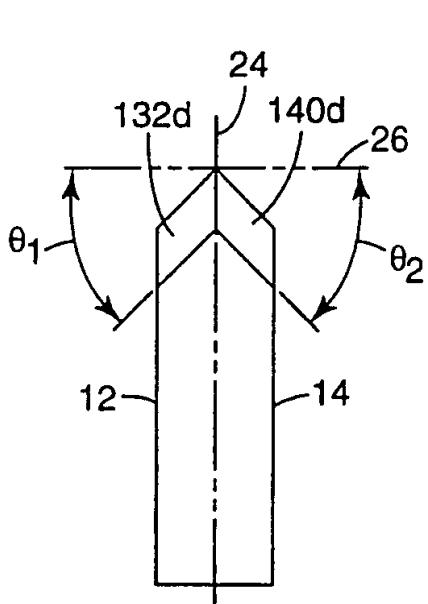


图 2 5

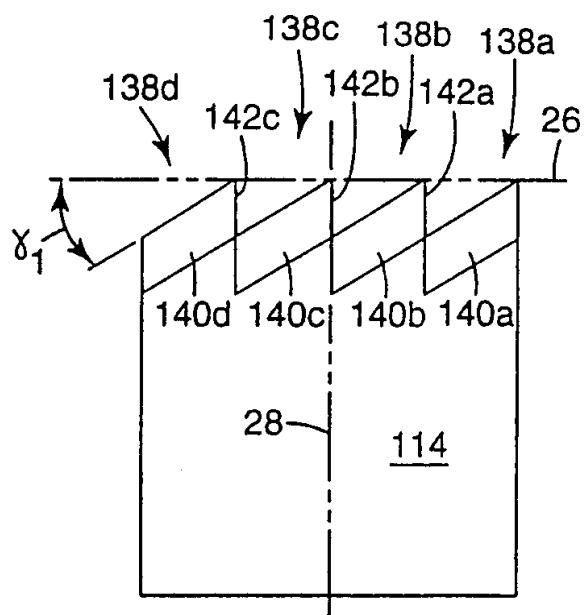


图 2 6

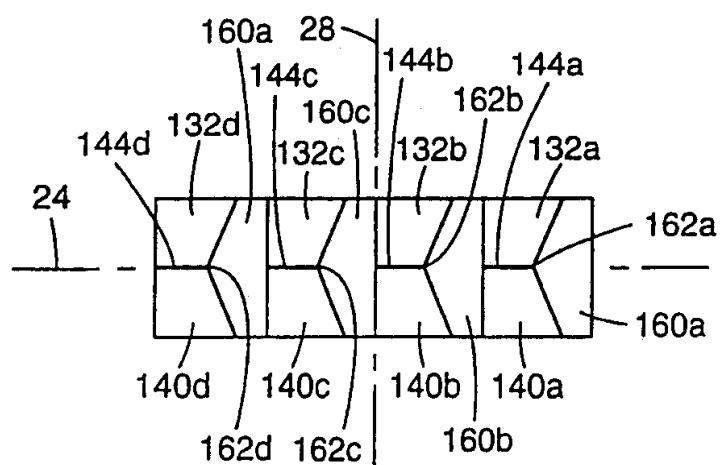


图 30

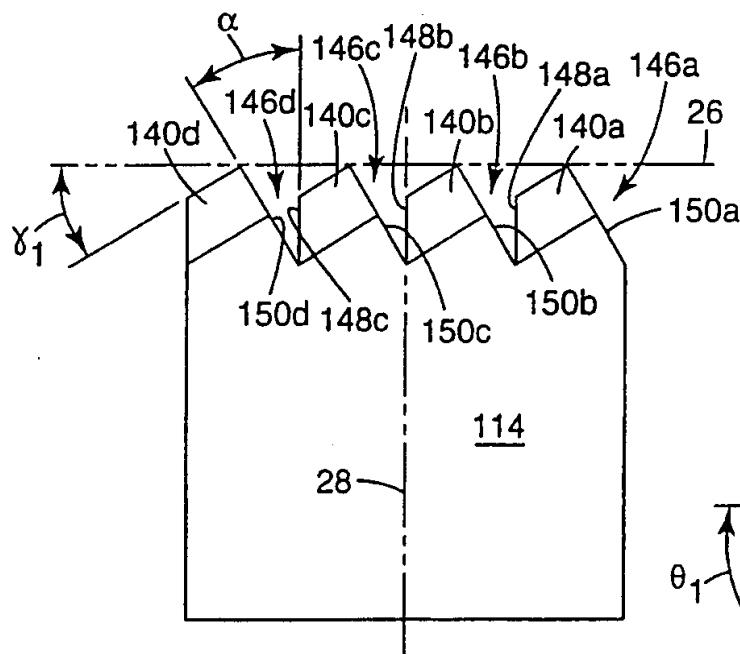


图 28

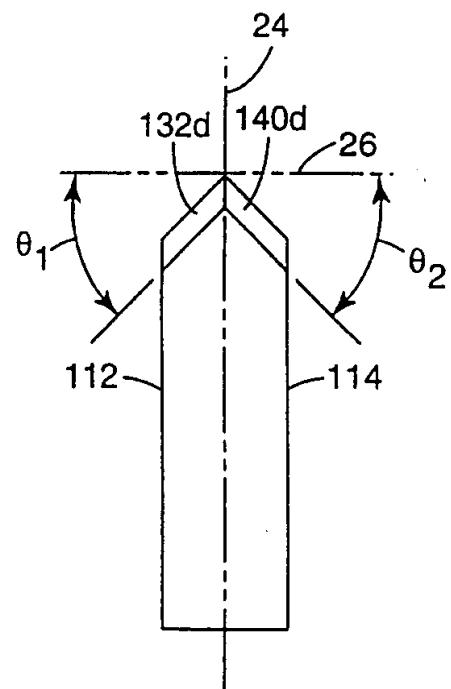


图 29

00·01·01

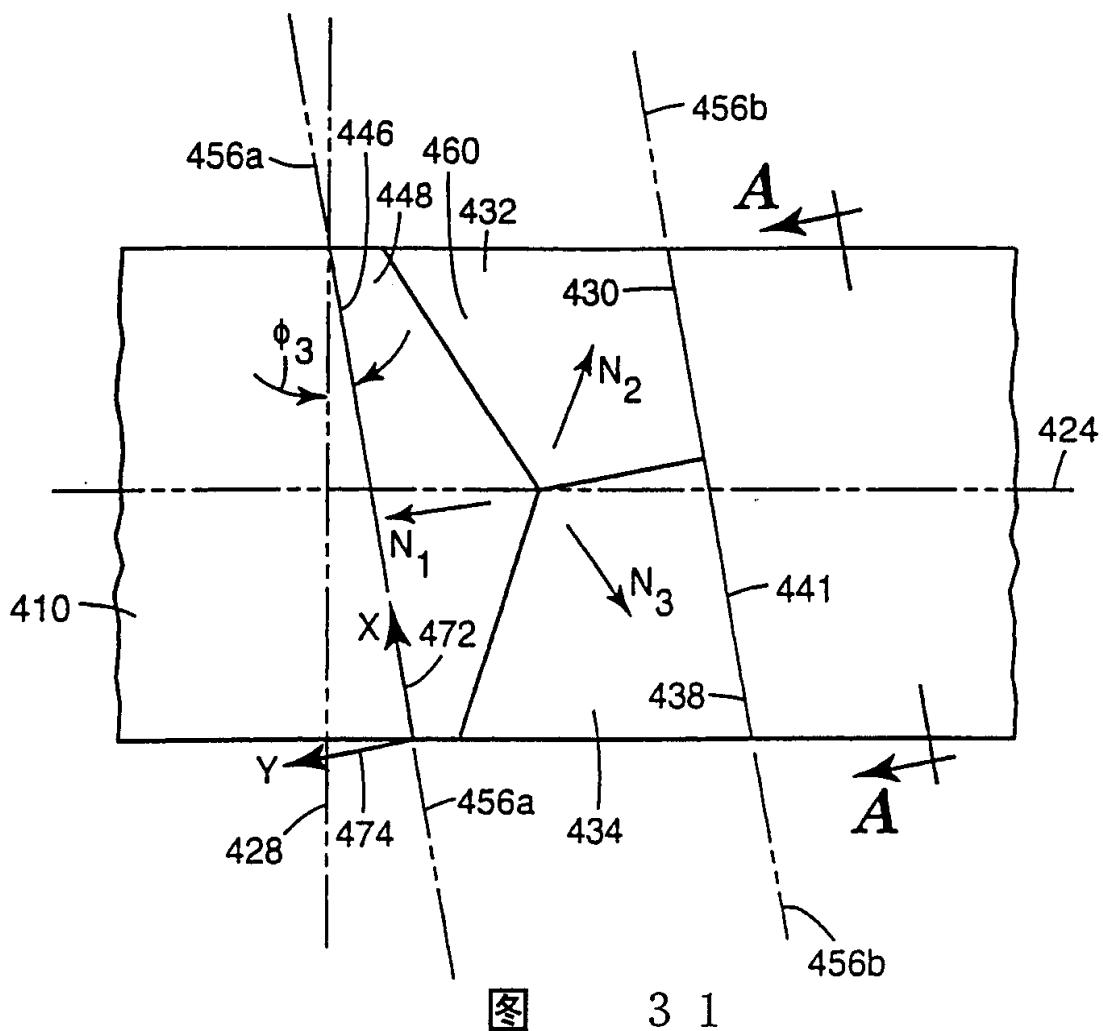


图 3 1

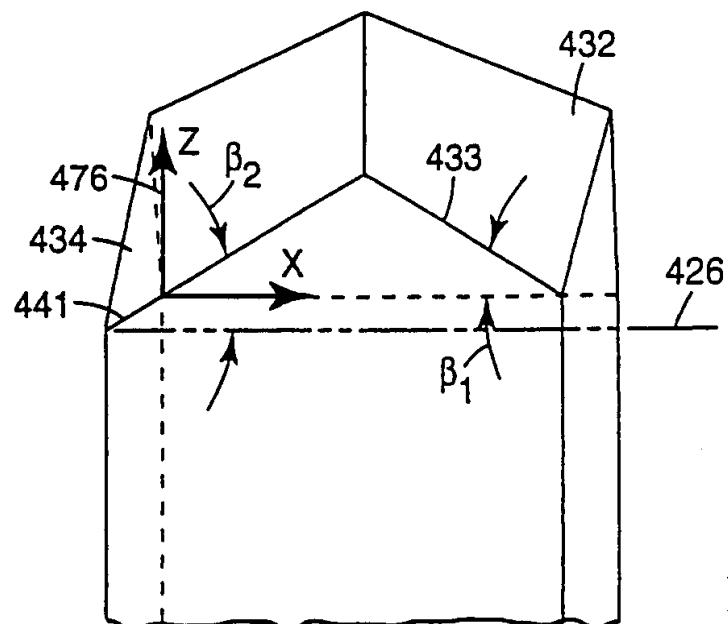


图 3 2