



[12] 发明专利说明书

G02B 5/124 B29C 33/38
B29C 33/42

[21] ZL 专利号 98808612.3

[43] 授权公告日 2003 年 4 月 16 日

[11] 授权公告号 CN 1105637C

[22] 申请日 1998.6.12 [21] 申请号 98808612.3

[30] 优先权

[32] 1997.7.2 [33] US [31] 08/886,074

[86] 国际申请 PCT/US98/12459 1998.6.12

[87] 国际公布 WO99/01275 英 1999.1.14

[85] 进入国家阶段日期 2000.2.28

[71] 专利权人 美国 3M 公司

地址 美国明尼苏达州

[72] 发明人 R·L·欧文 G·M·本森

K·L·史密斯 D·E·勒特雷尔

[56] 参考文献

1591572 1962.07.06

US4775219 1988.10.04 E01F9/06

WO9642025 1996.12.27 G02B5/124

审查员 周勇毅

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

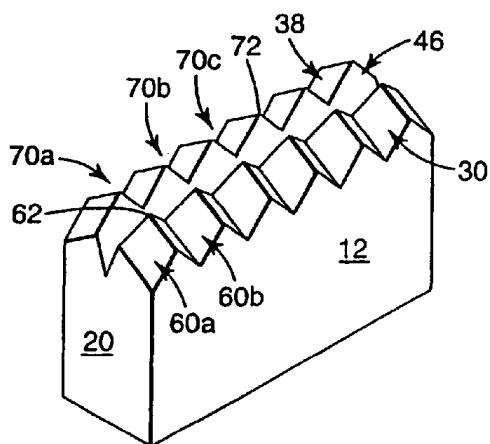
代理人 白益华

权利要求书 3 页 说明书 20 页 附图 10 页

[54] 发明名称 立方角片模具及其制备方法

[57] 摘要

揭示了用于形成逆向反射立方角元件的模具中的薄板及其这些薄板的制备方法。典型的薄板包括以第一取向放置的第一列立方角元件和第二列光学上相对的立方角元件。薄板的工作表面具有多个立方角元件，这些立方角元件是由三个凹槽组所界定的光学面形成的。相对的第一和第二凹槽组形成于薄板的工作表面中。第一凹槽组形成具有第一和第二光学面的多个结构体，这两个光学面位于沿参考边相交的互相垂直的平面内。第二凹槽组在薄板相对的一侧形成相应的多个结构。在薄板的工作表面中沿与第一和第二凹槽组中凹槽的轴大致垂直的轴形成第三凹槽组。第三凹槽的表面与位于互相垂直平面中的多个结构体的表面相交，确定多个立方角元件。多块所述薄板可以集中起来，形成用于制造逆向反射产品（如立方角片）的模具。



1. 一种用于形成逆向反射立方角制品的模具中的薄板(10, 10a, 10b, 10c, 10d, 110, 210, 310, 410)，该薄板具有相对的第一和第二主表面(12, 14)，在两个表面之间界定了第一参考平面(24)，该薄板还包含与第一和第二主表面相连的连接表面(16)，所述连接表面界定了与该面基本平行、与第一参考平面垂直的第二参考平面(26)和与第一参考平面和第二参考平面垂直的第三参考平面(28)，该薄板包含：

5 在薄板连接表面中的第一凹槽组(30)，它包含至少两个平行、相邻的 V 形凹槽(30a, 30b, 30c, A1, A2, A3, A4, A5)，界定了第一凹槽面和第二凹槽面，它们大致垂直地相交，形成第一参考边(36)；

10 该薄板的特征还在于：

在薄板连接表面中的第二凹槽组(38)，它包括至少两个平行、相邻的 V 形凹槽(38a, 38b, 38c, A1, A2, A3, A4, A5)，界定了第三凹槽面和第四凹槽面，它们大致垂直地相交，形成第二参考边(44)；和

15 在薄板连接表面中的第三凹槽组(46)，它包含至少一个凹槽(46)，界定了第五凹槽面和第六凹槽面，第五凹槽面与第一和第二凹槽面大致垂直地相交，形成至少一个沿第一取向放置的第一立方角(60a, 60b, 160a, 160b, 160c, 214, 312a-f)，第六凹槽面与第三和第四凹槽面大致垂直地相交，形成至少一个沿不同于第一取向的第二取向放置的第二立方角(70a, 70b, 70c, 170a, 170b, 170c, 212, 312a-f)。

20 2. 如权利要求 1 所述的薄板，其中所述至少一个第一立方角包含多个不全同的立方角元件。

3. 如权利要求 1 所述的薄板，其中所述第一参考边对第二参考平面的倾斜角为第一角度，所述第二参考边对第二参考平面的倾斜角为不同于第一角度的第二角度。

25 4. 如权利要求 2 所述的薄板，其中第一和第二凹槽组中的至少一组包含在薄板连接表面中的不同深度的多个凹槽。

5. 如权利要求 2 所述的薄板，其中第五和第六凹槽面相交确定的凹槽顶点沿以斜角与第一参考平面相交的轴延伸。

30 6. 如权利要求 1 或 2 所述的薄板，其中第一和第二凹槽面以不同的角度对垂直于第二参考平面的轴倾斜。

7. 如权利要求 1 或 2 所述的薄板，其中第一和第二凹槽组中的至少一组包含具有不同夹角的多个凹槽。

8. 多块权利要求 1 或 2 所述的薄板在模具组件中的应用。

9. 多块权利要求 1 或 2 所述的薄板在直接或间接制造逆向反射片中的应用。

10. 一种制备适用于形成逆向反射立方角制品的模具中的薄板的方法，该薄板具有相对的第一和第二主表面，在两个表面之间界定了第一参考平面，该薄板
5 还包含与第一和第二主表面相连的连接表面，所述连接表面界定了与该面基本平行、与第一参考平面垂直的第二参考平面(26)和与第一参考平面和第二参考平面垂直的第三参考平面(28)，该方法包括：

在薄板的连接表面上形成第一凹槽组，它包含至少两个平行、相邻的 V 形凹槽，界定了第一凹槽面和第二凹槽面，它们大致垂直地相交，形成第一参考边；

10 该方法的特征还在于：

在薄板的连接表面上形成第二凹槽组，它包括至少两个平行、相邻的 V 形凹槽，界定了第三凹槽面和第四凹槽面，它们大致垂直地相交，形成第二参考边；
和

15 在薄板的连接表面上形成第三凹槽组，它包含至少一个凹槽，界定了第五凹槽面和第六凹槽面，第五凹槽面与第一和第二凹槽面大致垂直地相交，形成至少一个沿第一取向放置的第一立方角，第六凹槽面与第三和第四凹槽面大致垂直地相交，形成至少一个沿不同于第一取向的第二立方角。

20 11. 如权利要求 10 所述的方法，其中第一凹槽组是薄板沿第一取向放置而形成的，第二凹槽组是薄板沿第二取向放置而形成的，第三凹槽是薄板沿不同于第一或第二取向的第三取向放置而形成的。

12. 如权利要求 10 所述的方法，其中至少一个形成步骤包括在连接表面上形成具有不同深度的多个凹槽。

25 13. 如权利要求 10 所述的方法，其中形成第一凹槽组的步骤包括形成凹槽以使第一参考边对第二参考平面的倾斜角为第一角度，形成第二凹槽组的步骤包括形成凹槽以使第二参考边对第二参考平面的倾斜角为不同于第一角度的第二角度。

14. 如权利要求 10 所述的方法，该方法还包括直接或间接地复制所述连接表面以形成逆向反射片。

15. 如权利要求 10 所述的方法，其中薄板是多块薄板中的一块，

30 其中形成第一凹槽组的步骤包括定向放置多块薄板，使它们各自的第一参考平面互相平行并与固定参考轴成第一角度放置，然后在每块薄板的连接表面上形成第一凹槽组；

其中形成第二凹槽组的步骤包括定向放置多块薄板，使它们各自的第一参考平面互相平行并与固定参考轴成第二角度放置，然后在每块薄板的连接表面中形成第二凹槽组；和

其中形成第三凹槽组的步骤包括在多块薄板的连接表面中形成第三凹槽组。

5 16. 如权利要求 15 所述的方法，它还包括在形成第三凹槽组步骤之前的定向放置多块薄板，使它们各自的第一参考平面互相平行并与固定参考轴成第三角度放置的步骤。

10 17. 如权利要求 15 所述的方法，其中定向放置多块薄板，使它们各自的第一参考平面互相平行并与固定参考轴成第一角度放置的步骤包括将多块薄板集中放置在合适的夹具中，所述夹具界定了底平面。

18. 如权利要求 15 所述的方法，其中第一角度不同于第二角度。

19. 如权利要求 15 所述的方法，其中形成凹槽组的步骤包括使用材料去除技术除去多块薄板中每块的接近多块薄板连接表面的一部分。

20. 如权利要求 17 所述的方法，其中至少一个形成步骤包括引起相对运动以使刀具平行于夹具界定的底平面运动。

15 21. 如权利要求 17 所述的方法，其中至少一个形成步骤包括引起相对运动以使多块薄板平行于夹具界定的底平面运动。

22. 如权利要求 15 所述的方法，其中至少一个形成步骤包括在薄板连接表面中形成不同深度的多个凹槽。

20 23. 如权利要求 15 所述的方法，其中至少一个形成步骤包括在薄板连接表面中形成具有不均匀凹槽间距的多个凹槽。

24. 如权利要求 15 所述的方法，其中至少一个形成步骤包括快速切削操作。

25. 如权利要求 15 所述的方法，其中至少一个形成步骤包括研磨操作。

26. 如权利要求 15 所述的方法，其中形成第三凹槽组的步骤包括形成第三凹槽组中的每个凹槽，以使第五凹槽面和第六凹槽面沿以斜角与第一参考平面相交的轴相交。

27. 如权利要求 15 所述的方法，该方法还包括将多块薄板的连接表面复制在整块基材中，形成多个立方角元件的负像，它适合用作形成逆向反射制品的模具。

立方角片模具及其制备方法

5

发明的领域

本发明总体涉及适用于形成立方角逆向反射片的模具以及制备该模具的方法。本发明具体涉及由多块薄板形成的模具和制备这些模具的方法。

发明的背景

10 逆向反射材料的特征是能够将入射到该材料上的光线再照射回发光光源。这种能力使得逆向反射片在多种要得到显明性的场合有广泛的用途。逆向反射片通常是施用到平的刚性制品（如路面标志和路障）上；然而它也用于不规则或柔性的表面。例如，逆向反射片可粘贴在卡车拖车的侧面，这需要该逆向反射片从绉纹和突起的铆钉上经过，或者逆向反射片可粘贴在柔性物体部位，如道路工作者
15 的安全服或其它此类安全服装。在下面的表面是不规则或柔性的条件下，希望逆向反射片能够与下面的表面适配而不损失逆向反射性能。另外，逆向反射片通常以料卷形式进行包装和运输，因此要求它具有足够的柔性以卷绕在芯子上。

两种已知类型的逆向反射片是以微球为基的片材和立方角片材。以微球为基的片材（有时被称为“含珠”片材("beaded" sheeting)）使用许多微球，它们通常
20 至少部分嵌入粘合剂层中并含有相关的镜面反射或漫反射材料（如颜料颗粒、金属薄片或蒸气涂层等）以逆向反射入射光。说明性的例子揭示于美国专利3,190,178 (McKenzie)、4,025,159 (McGrath)和 5,066,098 (Kult)。以微球为基的片材的优点是它通常能够粘贴到波纹状或柔性的表面上。此外，由于含珠逆向反射器件的对称性，因此以微球为基的逆向反射片显示的回射光总量在绕垂直于片材
25 表面的轴旋转的各方向上较均匀。因此，这类以微球为基的片材对于片材放在表面上的方向的敏感性较差。然而，这类片材的逆向反射效率通常低于立方角片材。

立方角逆向反射片包含通常具有大致为平面的底面的本体部分和在底面背面的包含多个立方角元件的结构化表面。每个立方角元件包含三个大致互相垂直的光学面，它们相交于一个参考点（即顶点）。立方角元件的底面用作光线透射入
30 立方角元件的孔径。使用时，射到片材底面上的入射光于片材底面处发生折射，透过位于片材上的立方角元件的底面，由三个垂直的立方角光学面的每一面进行反射，再回射向光源。立方角元件的对称轴（也称为光轴）是延伸经过立方角顶

点并与立方角元件的三个光学面成相同角度的轴。当光线大致沿光轴入射到立方角元件的底面上时，它通常显示最高的光学效率。被立方角逆向反射器件逆向反射的光线量随着入射角偏离光轴而降低。

立方角逆向反射片的逆向反射效率的最大值是逆向反射片结构化表面上立方角元件的几何结构的函数。立方角领域中所用的术语“有效面积(active area)”和“有效孔径(effective aperture)”用来表征立方角元件对入射元件底面的光线进行逆向反射的部分。关于确定立方角元件设计的有效孔径的详细说明超出了本说明书的范围。用于确定立方角几何结构的有效孔径的一种方法记载于 Eckhardt, Applied Optics, v. 10, n. 7, 1971 年 7 月, 1559-1566 页。授予 Straubel 的美国专利 835,648 也讨论了有效孔径这一概念。当入射角给定时，将三个立方角面在垂直于经折射入射光的平面上的投影与三次反射的象表面在同一平面上的投影进行拓扑相交，确定有效面积。这样，术语“有效面积百分数”就定义为有效面积除以立方角面投影的总面积。逆向反射片的逆向反射效率与片材上立方角元件的有效面积百分数直接相关。

此外，逆向反射片的逆向反射图案的光学特性部分地是立方角元件几何结构的函数。因此，立方角元件几何结构的变形会导致逆向反射片光学特点的相应变形。为了防止不希望有的物理变形，制备逆向反射片立方角元件的材料通常具有较高的弹性模量，它足以防止在挠曲或弹性拉伸逆向反射片时立方角元件发生物理形变。如上所述，通常较好的是逆向反射片具有足够的柔性以使其能粘贴在波纹状或本身柔性的底材上，或者使其能卷绕成卷以便贮存和运输。

立方角逆向反射片如下制得：先制备一个母模，它包括所需立方角元件几何结构的负像或正像。可使用电镀镍、化学气相沉积或物理气相沉积来复制该母模，制得用于形成立方角逆向反射片的工具。Prcone 等人的美国专利 5,156,863 对形成用于制造立方角逆向反射片的工具的方法作了说明性的概述。制造母模的已知方法包括针形元件束技术、直接加工技术和层压技术。这些技术中的每一种都有其优点和局限性。

在针形元件束(pin bundling)技术中，将许多根针（每根的一端都具有几何结构）集中放置在一起，形成立方角逆向反射面。美国专利 1,591,572 (Stimson)、3,926,402 (Heenan)、3,541,606 (Heenan 等) 和 3,632,695 (Howell) 给出了说明性的例子。针形元件束技术能够在单个模中制得各种各样的立方角几何结构。然而，针形元件束技术对于制备小型立方角元件（如小于约 1.0 毫米）在经济上和技术上都不能实施。

在直接加工技术中，在一整块基材中形成一系列槽以形成立方角逆向反射面。美国专利 3,712,706 (Stamm)和 4,588,258 (Hooper)给出了说明性的例子。直接加工技术能够精确地加工非常小的立方角元件，这是符合柔性逆向反射片要求的。然而，目前使用直接加工技术还不能制得在低入射角时具有非常高的有效孔径的某些立方角结构。作为例子，美国专利 3,712,706 所述立方角元件几何结构的回射光线总量理论最大值约为 67%。

在层压技术中，将多块薄板（每块薄板的一端具有几何形状）组合形成立方角逆向反射面。德国临时申请(OS) 19 17 292、国际公开号 WO 94/18581 (Bohn 等)、WO 97/04939 (Minura 等)和 WO 97/04940 (Mimura 等) 揭示了模制的逆向反射器件，其中在多块板上形成有槽的表面。然后，将这些板倾斜一定的角度，并横向移动下一块板。该方法得到多个立方角元件，每个元件由第一块板上的两个经加工表面和第二块板上一个侧面形成。授予 Gubela 的德国专利 DE 42 36 799 揭示了一种制备用于制造立方角的具有立方形表面的模具的方法。在带状材料一边的整个长度上沿第一方向研磨或切割倾斜表面。然后在第二方向上形成多个切口，以在带状材料上形成立方角逆向反射器件。最后，在带状材料的侧面垂直地形成多个切口。Gubela 的德国临时专利 44 10 994 C2 是有关此方面的专利。专利 44 10 994 C2 中揭示的逆向反射器件的特征是具有凹曲度的反射表面。

发明的简要概述

本发明涉及提供适用于由多块薄板形成逆向反射片的母模和制备该母模的方法。用本文所揭示的方法制得的母模的优点是能够制得逆向反射效率水平接近 100% 的逆向反射立方角片。为了便于制造柔性逆向反射片，所揭示的方法能够制造宽度为 0.010 毫米或更窄的立方角逆向反射元件。此外，本发明能够制得在至少两个不同方向上显示对称逆向反射性能的立方角逆向反射片。

本发明还揭示了制备由多块薄板形成的模具的效率高且费用低廉的方法。具体而言，揭示的方法是减少在片材中制备给定密度的立方角元件所需的薄板数目，从而节约与制备这些模具相关的时间和费用。

在一个实施方案中，提供了一种用于形成逆向反射立方角制品的模具中的薄板，该薄板具有相对的第一和第二主表面，在两个表面之间界定了第一参考平面，该薄板还包含与第一和第二主表面相连的工作表面，工作表面界定了与该面基本平行、与第一参考平面垂直的第二参考平面和与第一参考平面和第二参考平面垂直的第三参考平面。该薄板包含：(a)在薄板工作表面中的第一凹槽组，它包含

至少两个平行、相邻的 V 形凹槽，每个相邻凹槽界定第一凹槽面和第二凹槽面，它们大致正交地相交，形成第一参考边；(b)在薄板工作表面中的第二凹槽组，它包括至少两个平行、相邻的 V 形凹槽，每个相邻凹槽界定第三凹槽面和第四凹槽面，它们大致正交地相交，形成第二参考边；和(c)在薄板工作表面中的第 5 三凹槽组，它包含至少一个凹槽，该凹槽界定第五凹槽面和第六凹槽面，第五凹槽面与第一和第二凹槽面大致正交地相交，形成至少一个沿第一取向放置的第一立方角，第六凹槽面与第三和第四凹槽面大致正交地相交，形成至少一个沿不同于第一取向的第二取向放置的第二立方角。

在一个实施方案中，形成第一和第二凹槽组，使得它们各自的参考边沿在顶 10 视平面图中看来垂直于第一参考平面的轴延伸。第三凹槽组包括单个凹槽，其顶点沿第三参考平面所包含的轴延伸。在该实施方案中，薄板包含由第一凹槽组的多个凹槽和第三凹槽界定的第一列立方角元件和由第二凹槽组的多个凹槽和第三凹槽界定的第二列立方角元件。

每个立方角元件的三个互相垂直的光学面较好的是形成在单块薄板上。所有 15 三个光学面较好是用加工方法形成以确保有光学质量的表面。在加工阶段和随后的阶段中最好保持相邻的第一和第二主表面之间的界面是平面，以使得由于加工薄板而造成的对准问题和损坏降至最低。

还揭示了一种制备形成逆向反射立方角制品的模具中所用的薄板的方法，该薄板具有相对的第一和第二主表面，在两个表面之间界定了第一参考平面，该薄 20 板还包含与第一和第二主表面相连的工作表面，工作表面界定了与该面基本平行、与第一参考平面垂直的第二参考平面和与第一参考平面和第二参考平面垂直的第三参考平面。该方法包括：(a)在薄板的工作表面中形成第一凹槽组，它包含至少两个平行、相邻的 V 形凹槽，每个相邻凹槽界定第一凹槽面和第二凹槽面，它们大致正交地相交，形成第一参考边；(b)在薄板的工作表面中形成第二凹槽组，它包括至少两个平行、相邻的 V 形凹槽，每个相邻凹槽界定第三凹槽面和第四凹槽面，它们大致正交地相交，形成第二参考边；和(c)在薄板的工作表面中形成第三凹槽组，它包含至少一个凹槽，该凹槽界定第五凹槽面和第六凹槽面，第五凹槽面与第一和第二凹槽面大致正交地相交，形成至少一个沿第一取向放置的第一立方角，第六凹槽面与第三和第四凹槽面大致正交地相交，形成至 25 少一个沿不同于第一取向的第二取向放置的第二立方角。

还揭示了一种模具组件(mold assembly)，它包含多块薄板，该薄板包含相对、平行的第一和第二主表面，在两个表面之间界定了第一参考平面；该薄板还包含

与第一和第二主表面相连的工作表面，工作表面界定了与该面基本平行、与第一参考平面垂直的第二参考平面和与第一参考平面和第二参考平面垂直的第三参考平面。多块薄板的工作表面包含：(a)在每块薄板工作表面中的第一凹槽组，它包含至少两个平行、相邻的 V 形凹槽，每个相邻凹槽界定第一凹槽面和第二凹槽面，它们大致正交地相交，在每块相应的薄板上形成第一参考边；(b)在每块薄板工作表面中的第二凹槽组，它包括至少两个平行、相邻的 V 形凹槽，每个相邻凹槽界定第三凹槽面和第四凹槽面，它们大致正交地相交，在每块相应的薄板上形成第二参考边；和(c)在多块薄板工作表面中的第三凹槽组，它包含至少一个凹槽，每个凹槽界定第五凹槽面和第六凹槽面，第五凹槽面与第一和第二凹槽面大致正交地相交，形成至少一个沿第一取向放置的第一立方角，第六凹槽面与第三和第四凹槽面大致正交地相交，形成至少一个沿不同于第一取向的第二取向放置的第二立方角。

在这种模具组件的一个实施方案中，第一凹槽组基本上延伸越过整个多块薄板的各第一主表面，第二凹槽组基本上延伸越过整个多块薄板的各第二主表面。此外，形成第一和第二凹槽组，使得它们各自的参考边沿在顶视平面图中看来垂直于各自第一参考平面的轴延伸。最后，第三凹槽组包括在每块相应薄板中的单个凹槽，其顶点沿与各薄板第三参考平面平行的轴延伸。根据该实施方案，每块相应的薄板包含由第一凹槽组的多个凹槽和第三凹槽界定的第一列立方角元件和由第二凹槽组的多个凹槽和第三凹槽界定的第二列立方角元件。

还揭示了一种制备形成逆向反射立方角制品的模具中所用的多块薄板的方法，每块薄板具有相对的第一和第二主表面，在两个表面之间界定了第一参考平面，每块薄板还包含与第一和第二主表面相连的工作表面，工作表面界定了与该面基本平行、与第一参考平面垂直的第二参考平面和与第一参考平面和第二参考平面垂直的第三参考平面。该方法包括：(a)定向放置多块薄板，使它们各自的第一参考平面互相平行并与固定参考轴成第一角度放置；(b)在每块薄板的工作表面上形成第一凹槽组，它包含至少两个平行、相邻的 V 形凹槽，每个相邻凹槽界定了第一凹槽面和第二凹槽面，它们大致正交地相交，在每块相应的薄板上形成第一参考边；(c)定向放置所述多块薄板，使它们各自的第一参考平面互相平行并与固定参考轴成第二角度放置；(d)在每块薄板的工作表面上形成第二凹槽组，它包含至少两个平行、相邻的 V 形凹槽，每个相邻的凹槽界定第三凹槽面和第四凹槽面，它们大致正交地相交，在每块相应的薄板上形成第二参考边；和(e)在多块薄板的工作表面上形成第三凹槽组，它包含至少一个凹槽，每个凹

槽界定第五凹槽面和第六凹槽面，第五凹槽面与第一和第二凹槽面大致正交地相交，形成至少一个沿第一取向放置的第一立方角，第六凹槽面与第三和第四凹槽面大致正交地相交，形成至少一个沿不同于第一取向的第二立方角。

5 在一种所揭示的方法中，将多块薄板集中放置在界定了底平面的合适夹具中。该夹具固定所述多块薄板，使它们各自的第一参考平面大致平行并与固定参考轴（它是底平面的法向矢量）成第一角度放置，所述第一角度较好约为 1-85°，更好约为 10-60°。然后，通过使用合适的材料去除技术（如划线、快速切削、磨削(grinding)或研磨）除去多块薄板中每块的接近多块薄板工作表面的一部分来形成第一凹槽组。然后，将多块薄板重新集中放置在夹具中，固定，以使得它们各自的第一参考平面大致平行并与固定参考轴（它是底平面的法向矢量）成第二角度放置，所述第二角度较好约为 1-85°，更好约为 10-60°。然后，使用如上所述的合适的材料去除技术形成第二凹槽组。然后，将多块薄板重新集中放置在夹具中，固定，以使得它们各自的第一参考平面与参考轴大致平行。再使用如上所述的合适的材料去除技术形成第三凹槽组。较好的是，第三凹槽组在每块相应的薄板中界定单个凹槽。
10
15

附图的简要说明

图 1 是适用于所揭示方法的单块薄板的透视图。
20 图 2 是按照第一种加工步骤的单块薄板的端面图。
图 3 是按照第一种加工步骤的单块薄板的侧视图。
图 4 是按照第一种加工步骤的单块薄板的顶视图。
图 5 是按照第二种加工步骤的单块薄板的端面图。
图 6 是按照第二种加工步骤的单块薄板的侧视图。
25 图 7 是按照第二种加工步骤的单块薄板的顶视图。
图 8 是按照第二种加工步骤的单块薄板的透视图。
图 9 是按照第三种加工步骤的单块薄板的端面图。
图 10 是按照第三种加工步骤的单块薄板的侧视图。
图 11 是按照第三种加工步骤的单块薄板的顶视图。
30 图 12 是按照第三种加工步骤的单块薄板的透视图。
图 13 是按照第三种加工步骤的单块薄板另一种实施方案的顶视图。
图 14 是按照第三种加工步骤的单块薄板另一种实施方案的端面图。

图 15 是按照第三种加工步骤的单块薄板另一种实施方案的侧视图。

图 16 是多块薄板的透视图。

图 17 是沿第一取向定向放置的多块薄板的端面图。

图 18 是按照第一种加工操作的多块薄板的端面图。

5 图 19 是按照第一种加工操作的多块薄板的侧视图。

图 20 是沿第二取向定向放置的多块薄板的端面图。

图 21 是按照第二种加工操作的多块薄板的端面图。

图 22 是按照第二种加工操作的多块薄板的侧视图。

图 23 是按照第三种加工操作的多块薄板的端面图。

10 图 24 是按照第三种加工操作的多块薄板的顶视图。

图 25 是单块薄板的一部分工作表面的顶视平面图。

图 26 是图 25 所示工作表面的侧视图。

图 27 是图 25 所示工作表面的侧视图。

15

较佳实施方案的详细说明

在对各个实施方案的说明中，为了清楚起见使用了特殊的术语。然而，这些技术术语并无限制作用，应该理解，每个选定的术语包括有类似功用的所有技术等价内容。

所揭示的实施方案可利用多种尺寸和形状的完全逆向反射元件(full cube corner elements)。阵列中相邻完全立方角元件的底边并不全在同一个平面上。与此相反，阵列中相邻截顶立方角元件(truncated cube corner elements)的底边通常是共平面的。对于给定的倾斜量，完全立方角元件的回射光线总量(total light return)高于截顶立方角元件，但是完全立方角元件在较高入射角时会更快地丧失回射光线总量。完全立方角元件的一个优点是在低入射角时有较高的回射光线总量，在较高入射角时没有太大的性能损失。

对于一个立方角匹配对阵列，已知有效面积百分数和光线强度，可以计算出预计的回射光线总量(TLR)。对于经逆向反射的光线，光线强度会由于正面损失

和三个立方角面的每一面的反射而降低。回射光线总量定义为有效面积百分数与光线强度的乘积，或者是经过逆向反射的入射光线总量的百分数。直接加工的立方角阵列的回射光线总量的讨论见美国专利 3,712,706 (Stamm)。

现在参考图 1-12 说明薄板的一个实施方案及其制备方法。图 1-2 示出了用于制造适用于形成逆向反射片的模具的典型薄板 10。该薄板 10 包含第一主表面 12 和相对的第二主表面 14。薄板 10 还包含延伸于第一主表面 12 和第二主表面 14 之间的工作表面 16 和相对的底面 18。薄板 10 还包含第一端面 20 和相对的第二端面 22。在一个较佳的实施方案中，薄板 10 可以是各相对表面大致平行的直角正交多面体。然而，应该理解薄板 10 的相对表面无需平行。

为了便于说明，薄板 10 可以通过将笛卡儿坐标系叠加到其结构上而表征于三维空间中。第一参考平面 24 位于主表面 12 和 14 中间。第一参考平面 24 被称为 x-z 平面，具有 y 轴作为其法向矢量。第二参考平面 26 被称为 x-y 平面，与薄板 10 的工作表面 16 大致共平面延伸，具有 z 轴作为法向矢量。第三参考平面 28 被称为 y-z 平面，位于第一端面 20 和第二端面 22 的中间，具有 x 轴作为其法向矢量。为了清楚起见，参考此处所述的笛卡儿参考平面来说明本发明实施方案的各种几何结构特征。但应该理解这些几何结构特征可以使用其它坐标系或参考薄板结构加以说明。

图 2-12 示出了在薄板 10 的工作表面 16 中形成包含多个光学上相对的立方角元件的有结构表面。简要地说，根据较佳实施方案在多块薄板 10 的工作表面 16 中形成第一凹槽组，它包含至少两个平行、相邻的凹槽 30a、30b、30c 等（总体上标记为 30）（图 2-4）。在薄板 10 的工作表面 16 中还形成第二凹槽组，它包含至少两个平行、相邻的凹槽 38a、38b、38c 等（总体上标记为 38）（图 5-7）。较好的是，第一和第二凹槽组大致沿第一参考平面 24 相交，形成包含多个交替的峰和 v 形谷的有结构表面（图 8）。凹槽组 30、38 不必象图 8 所示排列成直线。这些峰和 v 形谷也可以互相偏置，如图 13 所示。

然后，在薄板 10 的工作表面 16 中形成第三凹槽 46（图 9-11）。较好的是，第三凹槽 46 沿大致垂直于第一和第二凹槽组形成方向的轴延伸。第三凹槽 46 的形成在薄板上得到有结构的表面，它包含多个具有三个互相垂直光学面的立方角元件（图 12）。本文中所用术语“凹槽组”是指形成于薄板 10 的工作表面 16 中的所有平行凹槽。

现在更详细地说明实施方案。参考图 2-4，在薄板 10 的工作表面 16 中形成第一凹槽组，它包含至少两个平行、相邻的凹槽 30a、30b、30c 等（总体上标记

为 30）。这些凹槽界定第一凹槽面 32a、32b、32c 等（总体上标记为 32）和第二凹槽面 34b、34c、34d 等（总体上标记为 34），它们相交于凹槽顶点 33b、33c、33d 等（总体上标记为 33）。在薄板的边缘，形成凹槽的操作可形成单个凹槽面 32a。相邻凹槽的凹槽面 32a 和 34b 沿参考边 36a 大致正交地相交。本文中所用的术语“大致正交”或“近似正交”是指各自表面之间的二面角约为 90°；并考虑到授予 Appeldorn 的美国专利 4,775,219 中揭示和要求权利的正交性的轻微变化。类似地，相邻凹槽面 32b 和 34c 沿第一参考边 36b 大致正交地相交。较好的是在薄板 10 的整个工作表面 16 上重复该图案，如图 3-4 所示。各凹槽顶点 33 较好间隔约 0.01-1.0 毫米。

在图 2 的实施方案中，形成凹槽 30，以使得各凹槽顶点 33 和各第一参考边 36 沿与薄板 10 的第一主表面 12 和工作表面 16 相交的轴延伸。在该实施方案中，薄板 10 的工作表面 16 中的一部分在形成多个凹槽 30 后没有发生变化。可以理解，通过形成更深入工作表面 16 的凹槽还可以使得所形成凹槽的各凹槽顶点 33 和第一参考边 36 沿与薄板 10 的第一主表面 12 和第二主表面 14 相交的轴延伸。此外，在图 2-4 的实施方案中，所形成凹槽 30 的每条第一参考边 36 位于与第一参考平面 24 和第二参考平面 26 以直角相交的平面中，因此在图 4 的顶视图中参考边 36 垂直于参考平面 24。

在图 2-4 的实施方案中，所形成凹槽 30 的第一参考边 36 都位于同一平面中，该平面以锐角 θ_1 （约为 27.8°）与第二参考平面 26 相交。或者可以形成凹槽 30，使得参考边 36 与参考平面 26 以不同于 27.8° 的角度相交。一般来说，形成凹槽使其各参考边 36 以约 1-85°（更好约为 10-60°）之间的任何角度与参考平面 26 相交是可行的。

现参见图 5-8，在薄板 10 的工作表面 16 中形成第二凹槽组，它包含至少两个平行、相邻的凹槽 38a、38b、38c 等（总体上标记为 38）。凹槽 38 界定第三凹槽面 40a、40b、40c 等（总体上标记为 40）和第四凹槽面 42b、42c、42d 等（总体上标记为 42），它们相交于凹槽顶点 41b、41c、41d 等（总体上标记为 41），如图所示。在薄板的边缘，形成凹槽的操作可形成单个凹槽面 40a。相邻凹槽的凹槽面 40a 和 42b 沿参考边 44a 大致正交地相交，这在本说明书中是指表面 40a 和 42b 之间的二面角约为 90°。类似地，相邻凹槽面 40b 和 42c 沿第二参考边 44b 大致正交地相交。较好的是在薄板 10 的整个工作表面 16 上重复该图案。凹槽顶点 41 较好间隔约 0.01-0.10 毫米。

具体参见图 5，可见所形成凹槽 38 的参考边 44 沿与薄板 10 的第二主表面 14

和工作表面 16 相交的轴延伸。在该实施方案中，参考边 44（和凹槽顶点 41）以锐角 θ_2 （约为 27.8°）与薄板 10 的第二参考平面 26 相交。如上所述，形成以约 1-85° 之间的任何角度与参考平面 26 相交的凹槽是可行的。

在图 5-8 所述的实施方案中，所形成凹槽 38 的各参考边 44 位于以直角与第一参考平面 24 和第二参考平面 26 相交的平面中，因此在图 7 的顶视图中参考边 44 垂直于第一参考平面 24。此外，具体参见图 7，较好是形成凹槽 38，使得凹槽顶点 41 与凹槽顶点 33 大致共平面，参考边 44 与参考边 36 大致共平面。或者，凹槽顶点 33、41 和参考边 36、44 可以彼此偏移。在另一个实施方案中，凹槽顶点 33、41 的深度可以彼此不同。

图 8 表示在形成凹槽 30 之后各薄板 10 的透视图。薄板 10 包含如上所述形成于薄板的工作表面 16 上的一系列凹槽 30、38。参考边 36、44 大致沿第一参考平面 24 相交，确定多个峰。类似地，凹槽顶点 33、41 大致沿第一参考平面相交，确定多个位于峰之间的谷。

图 9-12 示出了在薄板 10 中形成第三凹槽 46 后的薄板 10 的实施情况。在该实施方案中，第三凹槽 46 确定了第五凹槽面 48 和第六凹槽面 50，它们相交于沿包含于第一参考平面 24 内的轴的方向的凹槽顶点 52。重要的是，形成第三凹槽 46，使得第五凹槽面 48 位于与第一凹槽面 32 和第二凹槽面 34 大致正交的平面内。这可以如下进行：形成第三凹槽 46，使得第五凹槽面 48 与第一参考平面 24 成与 θ_1 相同的角度；同样地，第六凹槽面 50 较好是与第一参考平面 24 成与 θ_2 相同的角度，此处的 θ_1 和 θ_2 就是图 5 中所示的 θ_1 和 θ_2 。第五凹槽面 48 的形成在薄板 10 的工作表面 16 中得到多个立方角元件 60a、60b 等（总体上标记为 60）。每个立方角元件 60 由第一凹槽面 32、第二凹槽面 34 和一部分第五凹槽面 48 界定，这些表面相交于一点，该点定义为立方角尖点，即顶点 62。类似地，第六凹槽面 50 位于与第三凹槽面 40 和第四凹槽面 42 大致正交的平面内，这些平面相交于一点，该点定义为立方角尖点，即顶点 72。第六凹槽面 50 的形成也在薄板 10 的工作表面 16 中形成了多个立方角元件 70a、70b 等（总体上标记为 70）。每个立方角元件 70 由第三凹槽面 40、第四凹槽面 42 和一部分第六凹槽面 50 界定。较好的是，第五凹槽面 48 和第六凹槽面 50 都在薄板 10 的工作表面 16 上形成多个立方角元件。然而应该理解，可以形成第三凹槽 46，以使得只有第五凹槽面 48 或者只有第六凹槽面 50 形成立方角元件。

具体参见图 11 和 12，讨论薄板 10 的多个特征。在所揭示的实施方案中，凹槽 30 和 38 的相对表面所界定的两面角为 90°。第一和第二参考边 36、44 位于

以直角与第一参考平面 24 和第二参考平面 26 相交的平面内。因此，在图 11 的平面图中，参考边 36 和 44 沿大致垂直于第一参考平面 24 的轴延伸。参考边 36 沿与薄板 10 的第一主表面 12 相交并且以约 27.8° 的锐角与第二参考平面 26 相交的轴延伸。同样地，参考边 44 沿与薄板 10 的第二主表面 14 相交并且以约 27.8° 的锐角与第二参考平面 26 相交的轴延伸。第三凹槽 46 的顶点沿大致平行于第一参考平面 24 的轴延伸，第五凹槽面 48 和第六凹槽面 50 之间的两面角约为 55.6° 。

较好的是，使用常规的精密加工工具和技术（如划线、研磨、切槽和快速切削）来形成工作表面 16。在一个实施方案中，可以将薄板 10 的第二主表面 14 对齐成基本上为平面，就象精密加工工具的表面，通过将具有 90° 夹角的 V 形刀具沿与第一工作表面 12 相交并以角度 $\theta_1(27.8^\circ)$ 与第二参考平面 26 相交的轴移动，能够在工作表面 16 中形成第一凹槽组中的每个凹槽 30a、30b 等。在所揭示的实施方案中，每个凹槽 30 在工作表面中的形成深度相同，并且刀具在相邻凹槽之间以相等距离进行横向移动，因此各凹槽基本上是相同的。接着，将薄板 10 的第一主表面 12 对齐成平面，通过将具有 90° 夹角的 V 形刀具沿与第二工作表面 14 相交并以角度 $\theta_2(27.8^\circ)$ 与第二参考平面 26 相交的轴移动，能够在工作表面 16 中形成每个凹槽 38a、38b 等。最后，可以将薄板 10 的底面 18 对齐成平面，通过将具有 55.6° 夹角的 V 形刀具沿大致平行于底面 18 并包含在第一参考平面 24 内的轴移动，能够在工作表面 16 中形成第三凹槽 46。虽然形成三种凹槽的步骤是以特定顺序进行描述的，但是本领域普通技术人员会认识到这些步骤的顺序不是关键；这些步骤可以任何顺序进行。此外，本领域普通技术人员会认识到可以在薄板以一种位置对齐时形成三个凹槽组；本说明书想到了这一方法。此外，固定薄板的具体方式（物理、化学或电磁方式）并不是关键。

为了形成适用于形成逆向反射制品的模具，可以将多块薄板 10 集中起来放置在合适的夹具中，所述薄板 10 具有包含如上所述形成的立方角元件 60、70 的工作表面 16。然后，使用精确的复制技术来复制工作表面 16，例如用镍电镀形成工作表面 16 的负像。电镀技术是逆向反射领域普通技术人员已知的。例如参看授予 Pricone 等人的美国专利 4,478,769 和 5,156,863。然后，将工作表面 16 的负像作为模具，用来形成具有工作表面 16 正像的逆向反射制品。更普通的是，形成其它几代电成型的复制品，并集中起来形成较大的模具。会注意到，原始的薄板 10 工作表面 16 或其正像也可以用作压花工具形成逆向反射制品。参看 JP 8-309851 和美国专利 4,601,861 (Pricone)。普通技术人员会认识到，每块薄板 10 的工作表面 16 独立地用作逆向反射器件。因此，模具中相邻薄板不必以精确角

度或相互间的精确距离进行放置。

图 16-24 表示适用于形成逆向反射制品的模具中所适用的多块薄板的另一种形成方法。在图 16-24 的实施方案中，是当薄板组装在一起时而不是如上所述在分开时，在多块薄板的工作表面中形成多个立方角元件。多块薄板 10 较好的是 5 集中放置以使得它们的工作表面 16 基本上是共平面的。简而言之，定向放置薄板 10 使它们各自的第一参考平面与固定参考轴 82 成第一角度 β_1 放置（图 17）。在多块薄板 10 的工作表面 16 中形成第一凹槽组，它包括至少两个 V 形凹槽（图 18-19）。然后，定向放置薄板使它们各自的第一参考平面与参考轴 82 成第二角度 β_2 放置（图 20）。在多块薄板 10 的工作表面 16 中形成第二凹槽组，它包括 10 至少两个 V 形凹槽（图 21-22）。还在每块薄板 10 的工作表面 16 中形成第三凹槽组，它较好地包括至少一个 V 形凹槽（图 23）。第三凹槽组的形成在多块薄板 10 的工作表面上得到了包括多个立方角元件的有结构表面（图 24）。

现在更详细地说明图 16-24。在图 16 中，将多块薄板 10 集中放置在一起以使一块薄板 10 的第一主表面 12 与相邻薄板 10 的第二主表面 14 相邻。较好的是 15 将薄板 10 集中在能够确保多块薄板互相邻接的常规夹具中。该夹具的详细情况并不重要。然而，夹具界定一底平面 80，较好是当薄板 10 如图 16 所示放置时底平面 80 与薄板 10 的底面 18 大致平行。多块薄板 10 可以用上述笛卡儿坐标系来表征。较好的是当多块薄板 10 放置得使它们各自的第一参考平面 24 垂直于底平面 80 时，这些薄板的工作表面 16 基本上是共平面的。

20 在图 17 中，定向放置薄板 10，使它们各自的第一参考平面 24 与垂直底平面 80 的固定参考轴 82 成第一角度 β_1 。在一个实施方案中， β_1 大约为 27.8° 。然而 β_1 也可以约为 1° - 85° ，更好约为 10° - 60° 。

参见图 18-19，在多块成角度 β_1 放置的薄板 10 的工作表面 16 中形成第一凹槽组，它包括多个平行、相邻的 V 形凹槽 30a、30b、30c 等（总体上标记为 30）。25 在多块薄板 10 的工作表面 16 中至少形成两个相邻的凹槽 30。凹槽 30 界定了第一凹槽面 32a、32b、32c 等（总体上标记为 32）和第二凹槽面 34b、34c、34d 等（总体上标记为 34），它们如图所示相交于凹槽顶点 33b、33c、33d 等（总体上标记为 33）。在薄板的边缘，形成凹槽的操作可形成单个凹槽面 32a。有重要意义的是，相邻凹槽的凹槽面 32a 和 34b 沿参考边 36a 大致正交地相交。类似地，30 相邻凹槽面 32b 和 34c 沿参考边 36b 大致正交地相交。较好的是在薄板 10 的整个工作表面 16 上重复该图案。

凹槽 30 可使用多种材料去除技术（包括精密机械加工技术；如研磨、划线、

切槽和快速切削，以及化学蚀刻或激光烧蚀技术）去除多块薄板的部分工作表面 16 而形成的。在一个实施方案中，在高度精确的加工操作中形成凹槽 30，在该操作中将具有 90° 夹角的金刚石刀具沿与底平面 80 大致平行的轴在多块薄板 10 的整个工作表面 16 上横向反复运动。金刚石刀具也可以沿与底平面 80 不平行的 5 轴运动，以使得刀具在多块薄板 10 上切割出不同的深度。还可以认识到，可将加工工具保持固定，而使多块薄板运动；任何形式的薄板 10 与加工工具之间的相对运动都是可以设想的。

在图 18-19 的实施方案中，凹槽 30 的形成深度是使得各第一参考边 36 与每块薄板的第一主表面 12 和第二主表面 14 相交。因此，在图 18 所示的端面图中，10 参考边 36 和凹槽顶点 33 形成沿平行于底平面 80 的轴延伸的基本连续的线。此外，形成凹槽 30 使得各参考边 36 位于以直角与各第一参考平面 24 和第二参考平面 26 相交的平面上。因此，在类似于图 4 的顶面图中，第一参考边 36 垂直于各第一参考平面 24。然而，还可以以较浅的深度形成凹槽 30，如图 2-4 所示，或者沿不同的轴形成凹槽 30。

15 在图 20 中，接着将薄板 10 定向放置，使得它们各自的第一参考平面 24 与垂直于底平面 80 的固定参考轴 82 成第二角度 β_2 。在一个实施方案中， β_2 约为 27.8° 。然而， β_2 还可以约为 1° - 85° ，更好约为 10° - 60° 。角度 β_2 与角度 β_1 无关，无需与 β_1 相等。为了以角度 β_2 定向放置多块薄板 10，最好将薄板 10 从夹具中取出，重新集中起来，它们各自的第一参考平面成角度 β_2 。

20 在图 21-22 中，在成角度 β_2 放置的薄板 10 的工作表面 16 中形成第二凹槽组，它包括多个平行、相邻的 V 形凹槽 38b、38c 等（总体上标记为 38）。在多块薄板 10 的工作表面 16 中至少形成两个相邻的凹槽 38。凹槽 38 界定了第三凹槽面 40a、40b、40c 等（总体上标记为 40）和第四凹槽面 42b、42c、42d 等（总体上标记为 42），它们如图所示相交于凹槽顶点 41b、41c、41d 等（总体上标记为 41）。
25 在薄板的边缘，形成凹槽的操作可形成单个凹槽面 40a。有重要意义的是，相邻凹槽的凹槽面 40a 和 42b 沿参考边 44a 大致正交地相交。凹槽面 40b 和 42c 同样沿参考边 44b 大致正交地相交。较好的是在多块薄板 10 的整个工作表面 16 上重复该图案。

30 凹槽 38 也较好通过高度精确的加工操作来形成，在该操作中将具有 90° 夹角的金刚石刀具沿与底平面 80 大致平行的切割轴在多块薄板 10 的整个工作表面 16 上横向反复运动。重要的是，相邻凹槽 38 的表面沿参考边 44 相交形成正交二面角。每个凹槽的夹角可以不同于 90° ，如下文联系图 15 的讨论所述。较好的

是，凹槽 38 在多块薄板 10 的工作表面 16 中形成的深度大致与第一凹槽组中的凹槽 30 相同。此外，较好的是形成凹槽 38，以使得凹槽顶点 41 基本上与凹槽顶点 33 共平面，参考边 44 基本上与参考边 36 共平面。在形成凹槽 38 之后，每块薄板 10 较好的是如图 8 所示。

5 在图 23-24 中，在多块薄板 10 的工作表面 16 中形成第三凹槽组，它宜在每块薄板 10 中包括至少一个凹槽 46。在所揭示的实施方案中，第三凹槽 46a、46b、46c 等（总体上标记为 46）界定了第五凹槽面 48a、48b、48c 等（总体上标记为 48）和第六凹槽面 50a、50b、50c 等（总体上标记为 50），它们相交于沿平行于各第一参考平面 24 的轴的方向的凹槽顶点 52a、52b、52c 等（总体上标记为 52）。
10 有重要意义的是，形成第三凹槽 46，以使得各第五凹槽面 48 位于与各第一凹槽面 32 和各第二凹槽面 34 基本上正交的平面内。第五凹槽面 48 的形成在相应薄板 10 的工作表面 16 中得到多个立方角元件 60a、60b 等（总体上标记为 60）。

15 每个立方角元件 60 由第一凹槽面 32、第二凹槽面 34 和一部分第五凹槽面 48 界定，这些表面相交于一点，该点定义为立方角尖点，即顶点 62。类似地，第六凹槽面 50 位于与第三凹槽面 40 和第四凹槽面 42 基本上正交的平面内。第六凹槽面 50 的形成也在薄板 10 的工作表面 16 中得到了多个立方角元件 70a、70b 等（总体上标记为 70）。每个立方角元件 70 由第三凹槽面 40、第四凹槽面 42 和一部分第六凹槽面 50 界定，这些表面相交于一点，该点被定义为立方角尖点，即顶点 72。较好的是，第五凹槽面 48 和第六凹槽面 50 都在薄板 10 的工作表面
20 16 上形成多个立方角元件。然而，还可以形成第三凹槽 46，以使得只有第五凹槽面 48 或者只有第六凹槽面 50 形成立方角元件。

25 每个立方角元件 60、70 各自的三个互相垂直的光学面 32、40、48 和 34、42、50 较好的是形成在单块薄板上。所有三个光学面较好是用加工方法形成以确保有光学质量的表面。在加工阶段和随后的阶段中最好保持相邻薄板之间的界面是平面 12、14，以使得由于加工薄板而造成的对准问题和损坏降至最低。

在较佳的方法中，在形成多个凹槽 46 之前，将多块薄板 10 重新定向以使它们各自的第一参考平面 24 放置得大致平行于参考轴 82。然而，也可以在薄板定向以使它们各自的第一参考平面放置地与参考轴 82 成一角度的情况下形成凹槽 46。具体而言，在一些实施方案中，在各薄板 10 成角度 β_2 放置的情况下形成各
30 第三凹槽 46 是有利的，这样能够避免制造过程中额外的取向步骤。较好的是，凹槽 46 也用高度精确的加工操作来形成。在所揭示的实施方案中，将具有约 55.6° 夹角的金刚石刀具在每块薄板 10 的工作表面 16 上沿基本包含于薄板 10 的第一

参考平面 24 内且平行于底平面 80 的轴来回运动。较好的是形成凹槽 46，以使得各凹槽顶点 52 比第一和第二凹槽组中的凹槽顶点稍深。凹槽 46 的形成得到具有大致如图 12 所示的结构表面的多块薄板 10。

工作表面 16 具有多个作为逆向反射制品所需的特点。形成于薄板 10 的工作 5 表面 16 的立方角元件几何结构可以表征为“完全”或“高效率”立方角元件几何结构，因为该几何结构显示的有效孔径最大值接近 100%。因此，作为工作表面 16 的复制品形成的逆向反射制品对于大致沿立方角元件对称轴入射到逆向反射制品上的光线，显示高光学效率的响应。此外，立方角元件 60 和 70 可以相背的位置进行放置，并对于第一参考平面 24 对称，它对于以高入射角射到逆向 10 反射制品上的入射光，具有对称的逆向反射性能。然而，并不要求立方角元件对于参考平面是对称的。

在图 1-12 和 16-24 所示的实施方案中，是使用一致的凹槽间距、深度和工具角度加工工作表面而形成薄板的，其中立方角元件是大致相同的。然而，可以变化这些因素来制得具有不同尺寸、形状和取向的立方角元件的工作表面。图 15 13-15 示出了在本说明书范围内制得的薄板的另一种实施方案。

图 13 示出了薄板 110，它包括一列以第一取向放置的立方角元件 160a、160b、160c 等（总体上称为 160）和一列以第二取向放置的立方角元件 170a、170b、170c 等（总体上称为 170）。图 13 的薄板 110 的特点是各凹槽组是成角度形成的，在平面图中不垂直于参考平面 24。如上所述，薄板 110 可以单独形成或者作为 20 组件的一部分来形成，其制法是形成第一和第二凹槽组，使它们各自的参考边位于以斜角 ϕ_1 与第三参考平面 28 相交且以直角与第二参考平面 26 相交的平面内。类似地，沿以斜角 ϕ_1 与第一参考平面 24 相交的轴形成第三凹槽。此外，在薄板 110 上立方角元件 160 与立方角元件 170 不在一条直线上。薄板 110 包含具有不同尺寸和形状的孔径的多个立方角元件。孔径尺寸和形状上的这一变化是实现某些光学目的所需要的，例如增强以薄板 110 复制品形成的逆向反射制品的逆向 25 反射图案的均匀性。

图 14 示出了薄板 210，其中沿平行于第一参考平面 24 但从该平面移位的轴 216 形成第三凹槽 246。此外，角度 θ_1 和 θ_2 互不相同，以使得各相对立方角元件 214 和 216 的对称轴与第二参考平面 26 成不同的倾斜角度。

30 图 15 示出了薄板 310，其中用不同夹角的工具形成第一和/或第二凹槽组中的凹槽 A₁、A₂、A₃、A₄、A₅，得到具有不同尺寸和不同夹角的多个立方角元件 312a、312b、312c、312d、312e 和 312f 的结构表面。例如，凹槽 A₁、A₄、A₅ 的

角度为 90°，而凹槽 A₂ 为 105°，凹槽 A₃ 为 75°。此外，立方角元件 312 的各峰和顶点所处的位置离开薄板 310 的底面 318 的距离不同。

上述方法能够制造宽范围的立方角几何结构。形成于多块薄板表面上的立方角元件的尺寸、定向和倾斜角度可以变化。制品可以作为薄板的复制品而制得。

5 以上讨论揭示了数种立方角几何结构的实施方案。以下几段给出立方角元件各表面之间的角度关系的概述，以使得本领域普通技术人员能够制得宽范围的立方角元件的几何结构。

图 25-27 示出了薄板 410 的工作表面的顶面图和侧视图，该工作表面具有形成于其中的相对的一对立方角元件 460 和 470。如上所述，薄板 410 可以用参考平面 424、426 和 428 在三维空间中表示。为了说明起见，立方角元件 460 可以定义为具有三个大致互相垂直的光学面 432、434、448 的单位立方体。光学面 432 和 434 由平行凹槽 430a 和 430b 的相对表面形成，这两个凹槽沿参考边 436 相交。光学面 448 由凹槽 446 的一个表面形成。凹槽 430a 和 430b 具有各自的顶点 433a 和 433b，它们沿以任意角度 ϕ_1 与第三参考平面相交的轴延伸。类似地，凹槽 446 沿以任意角度 ϕ_1 与第一参考平面相交的轴延伸。角度 ϕ_1 对应于立方角元件在薄板表面上旋转的程度。受到加工的限制，角度 ϕ 可以在 0° 至接近 90° 内变化，其中 ϕ 为 0° 时凹槽组是沿与参考平面 424 和 428 基本重合的轴形成的。然而， ϕ 较好的是 0°-45°。

图 26 示出了沿线 26-26 观察的单位立方体 460 的侧视图。参考平面 456 与凹槽 446 的顶点重合，并垂直于第二参考平面 426。角度 α_1 定义为立方面 448 和参考平面 456 之间的锐角。凹槽 433a 和 433b 与第二参考平面 426 成锐角 θ 放置。图 27 示出了沿线 27-27 观测的单位立方体 460 的侧视图。平面 450a 和 450b 分别与顶点 433a 和 433b 重合。角度 α_2 定义为立方面 432 和参考平面 450a 之间的锐角。类似地，角度 α_3 定义为立方面 434 和参考平面 450b 之间的锐角。

25 使用形成单位立方体 460 的凹槽顶点作为参考轴可以建立第二套笛卡儿坐标系。具体来说，平行于平面 456 和第二参考平面 426 的交线可以建立 x 轴，平行于平面 450b 和第二参考平面 426 的交线可以建立 y 轴，而 z 轴垂直于第二参考平面 426 延伸。采用这一坐标系，对于单位立方体表面 448、432 和 434，各自的单位法向矢量 N₁、N₂ 和 N₃ 可以如下定义：

$$30 \quad N_1 = \cos(\alpha_1)j + \sin(\alpha_1)k$$

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

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

表面 432、434 和 448 必须是大致互相垂直的。因此，这些法向矢量的标量积等于零。

$$\mathbf{N}_1 \cdot \mathbf{N}_2 = \mathbf{N}_2 \cdot \mathbf{N}_3 = \mathbf{N}_1 \cdot \mathbf{N}_3 = 0$$

因此，保持以下条件：

5 $\alpha_1 = \theta$ ；且

$$\tan(\alpha_2)\tan(\alpha_3) = 1$$

任意一套满足这一标准的角度 α_1 、 α_2 、 α_3 和 θ 都会形成逆向反射立方角元件。在实践中，逆向反射立方角片的制造者可以选择角度 α_1 的值，以使立方角元件的光轴与作为模具复制品制得的逆向反射片的底面成所需角度定向放置。如上所述，本说明书设想了对精确正交性作较小偏离的方案，以改变逆向反射光图案的特性。

薄板较好的是由能够保持精确公差的尺寸稳定的材料形成，如可加工的塑料（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（如黄铜、镍、铜或铝）。薄板的物理尺寸主要受到加工极限的局限。薄板的尺寸较好是厚度至少为 0.1 毫米，高约 5.0-100.0 毫米，宽约 10-500 毫米。这些尺寸只是用于说明，并不起限制作用。

在逆向反射制品（如逆向反射片）的制造过程中，将多块薄板的结构表面用作母模，它可以用电成型技术或其它常规复制工艺进行复制。多块薄板可以包括基本相同的立方角元件，也可以包括具有不同尺寸、结构或取向的立方角元件。20 复制品（本领域中称为“模压物(stamper)”）的结构表面包含立方角元件的负像。该复制品可用作形成逆向反射器件的模具。然而，更通常的是将大量正的或负的复制品组合起来形成一个足够大以用于形成逆向反射片的模具。这样，逆向反射片可以制成一个整体材料，例如用上述立方角元件阵列刻压预成型片，或者通过将流体材料浇铸到模具中。或者，可以通过将立方角元件浇铸到预成型膜上将逆25 向反射片制成多层产品（如 PCT 申请 WO 95/11464 和美国专利 3,648,348 所述）或者通过将预成型膜与预成型立方角元件层合来制成多层产品。例如，该片材可以使用镍模具制得，该镍模具是将镍电解沉积在母模上形成的。电成型的模具可用作模压物将模具的图案压在聚碳酸酯膜上，该聚碳酸酯膜厚约 500 微米，折射率约为 1.59。模具可在压机中使用，在约 175-200°C 进行压制。

30 可用于制备该反射片的材料较好的是那些尺寸稳定、耐久、耐天候且易于成形为所需结构的材料。合适材料的例子包括丙烯酸类聚合物，其折射率通常约为 1.5，如购自 Rohm and Haas 的 Plexiglas 树脂；热固性丙烯酸酯类和环氧丙烯酸

酯类，较好的是辐射固化的，聚碳酸酯，其折射率约为 1.6；以聚乙烯为基的离聚物（市场名称为"URLYN"）；聚酯和乙酸丁酸纤维素。通常可使用任何可成形（一般在热压下可成形）的透光性材料。其它用于形成逆向反射片的合适材料揭示于 Smith 等的美国专利 5,450,235。该片材还可包括着色剂、染料、UV 吸收剂或其它需要的添加剂。

在一些情况下需要为逆向反射片提供一层背衬层。背衬层对于根据全内反射原理反射光线的逆向反射片特别有用。合适的背衬层可以由任何能有效地用于所揭示的逆向反射片的透明或不透明的材料制得，包括着色材料。合适的背衬材料包括铝片材、镀锌钢、聚合物材料（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、聚氨酯），以及由这些和其它材料制得的多种薄板。

背衬层或片材可以格子图案或任何其它的合适于反射元件的结构封合。封合可使用多种方法进行，包括超声焊接、粘合剂或者在反射元件阵列上离散位置的热封合（参看美国专利 3,924,928）。封合是阻止污染物（如土和/或湿气）进入并保留邻近立方角元件反射表面的空气空间所需要的。

如果复合物需要增加强度或韧度，可以使用聚碳酸酯、聚丁酸酯或纤维增强的塑料的背衬。根据所得逆向反射材料的柔性程度，该材料可以被辊压或切割成条状或其它合适的式样。逆向反射材料还可以背衬有粘合剂和剥离片，以使其可施用于任何底材，而无需施涂粘合剂或使用其它紧固方式的额外步骤。

可以个别定制本文所揭示的立方角元件，以将经制品逆向反射的光按所需图案或发散剖面分布，如美国专利 4,775,219 所述。引入的凹槽半角误差一般低于 ± 20 弧分，通常低于 ± 5 弧分。

实施例

将约 25 块薄板（尺寸为长 127.0 毫米×高 25.4 毫米×厚 0.508 毫米）组成的组件集中放置在夹具中，大致如图 16 所示。该薄板由 70/30 黄铜制成，多块薄板的第一和第二主表面被抛光至表面粗糙度约为 0.005-0.025 微米。用具有精确形成的倾斜表面（该表面与垂直于夹具底面的参考轴成 27.8° 的角度放置）的楔块保持该组件处于固定位置，以使得各多块薄板的第一参考平面与参考轴成 27.8° 的角度放置。通过将金刚石加工工具沿与薄板主表面大致垂直的轴在整个多块薄板上横向运动而形成第一凹槽组。凹槽一致地形成深度约为 0.154 毫米，凹槽顶点的间隔距离约为 0.308 毫米。

然后，将多块薄板从夹具中取出，重新放置使得多块薄板的第一参考平面与

参考轴成 27.8° 的角度。通过将金刚石加工工具沿与薄板主表面大致垂直的轴在整个多块薄板上横向运动而形成第二凹槽组。凹槽一致地形成深度约为 0.154 毫米, 凹槽顶点的间隔距离约为 0.308 毫米。此外, 这些凹槽是沿与第一凹槽组中相应凹槽的轴大致共平面的轴形成的。

- 5 再从夹具中取出所述多块薄板, 重新放置以使得薄板各自的第一参考平面大致垂直于夹具的底面。然后通过将具有 55.6° 夹角的金刚石加工工具沿与该组件中每块薄板的第一参考平面大致重合的轴移动, 形成第三凹槽组。这些加工步骤得到包含光学相对的立方角元件阵列正像的工作表面, 如图 24 大致所示。

- 然后, 从组件中取出薄板, 清洁, 再重新集中放置在夹具中, 形成标准工具。
10 使用化学气相沉积镍由标准工具的表面形成镍模具。镍镜面对白炽灯的反射系数约为 0.62-0.64。在镍模予以定向角约为 0° 、入射角约为 -4° 放置时, 测量回射光线百分率。对回射光线百分率数据进行调整, 使其对应于直径约为 26.99 毫米 (1.0625 英寸)的圆形区域。下表 1 列出了对于不同观察角的回射光线的增量百分率和累积百分率。

15

表 1

观察角增量	增量百分率	累积百分率
0-0.1	4.764	4.76
0.1-0.2	8.438	13.20
0.2-0.3	3.500	16.70
0.3-0.4	0.639	17.34
0.4-0.5	0.592	17.93
0.5-0.6	0.359	18.29
0.6-0.7	0.259	18.55
0.7-0.8	0.209	18.76
0.8-0.9	0.181	18.9
0.9-1.0	0.167	19.1

- 为了比较, 测量了一个镍模具的回射光线百分率, 该模具是用来制备具有美国专利 4,588,258 (Hoopman)的截顶立方角元件(它具有约 70° - 55° - 55° 的底面三角形)的逆向反射片的。将模具以定向角约为 180° 且入射角约为 -4° 进行放置。回射光线百分率数据是对于直径约为 26.99 毫米(1.0625 英寸)的圆形区域的。下表 2
20

列出了对于不同观察角的回射光线的增量百分率和累积百分率。

表 2

观察角增量	增量百分率	累积百分率
0-0.1	1.369	1.369
0.1-0.2	3.115	4.484
0.2-0.3	3.197	7.681
0.3-0.4	0.938	8.618
0.4-0.5	0.911	9.530
0.5-0.6	0.434	9.964
0.6-0.7	0.229	10.193
0.7-0.8	0.143	10.335
0.8-0.9	0.103	10.439
0.9-1.0	0.078	10.517

5 以上参考了数个实施方案来说明本发明。在不偏离本发明范围的情况下本领域技术人员显然可以对这些实施方案作出许多变化。因此，本发明的范围不受本文所述的较佳结构和方法的限制，而是受到较宽的权利要求书范围的限制。

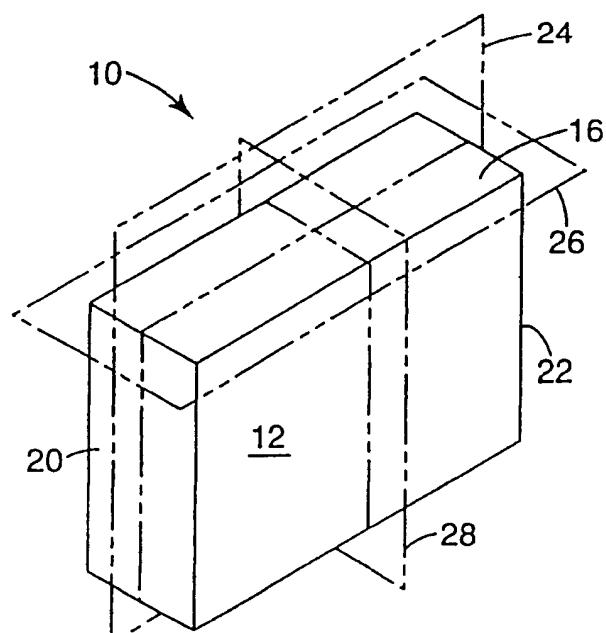


图 1

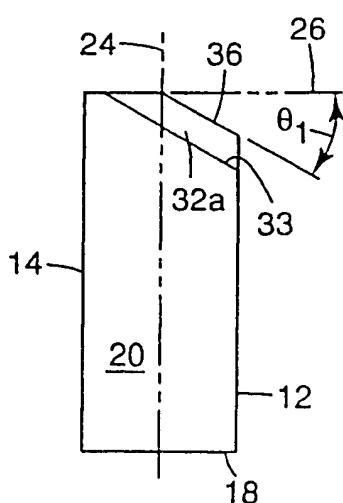


图 2

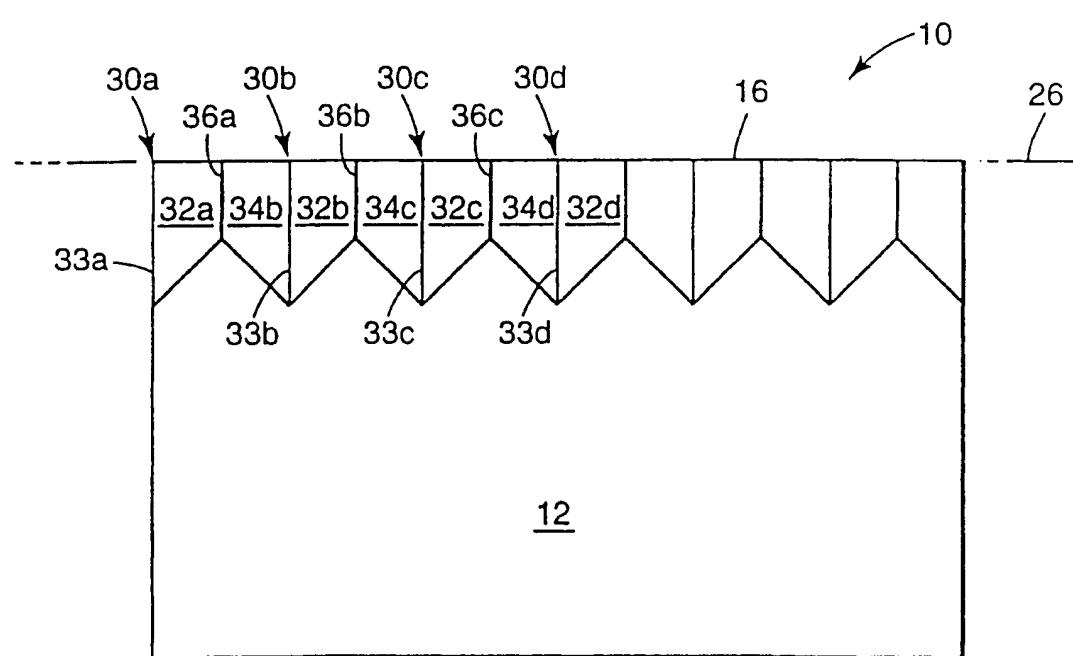


图 3

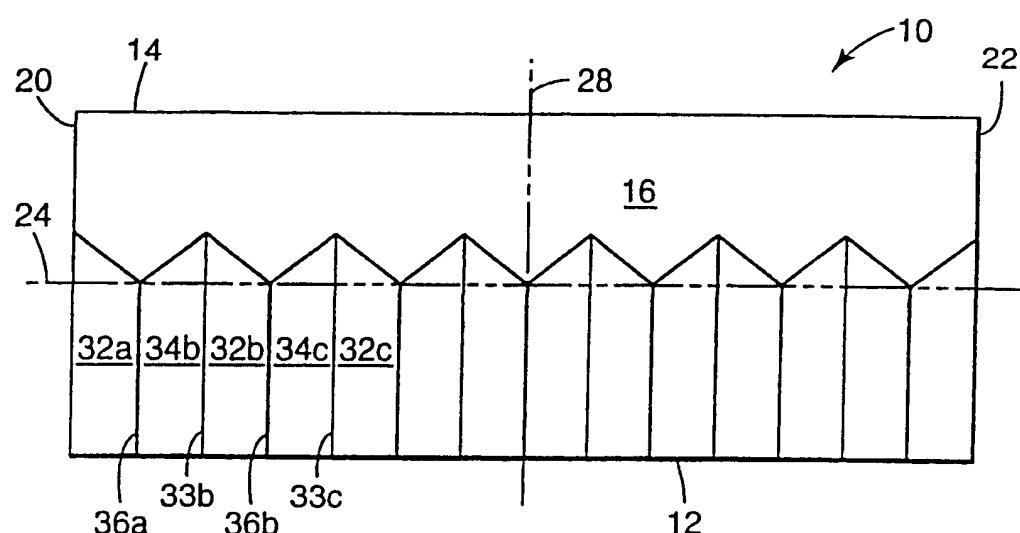


图 4

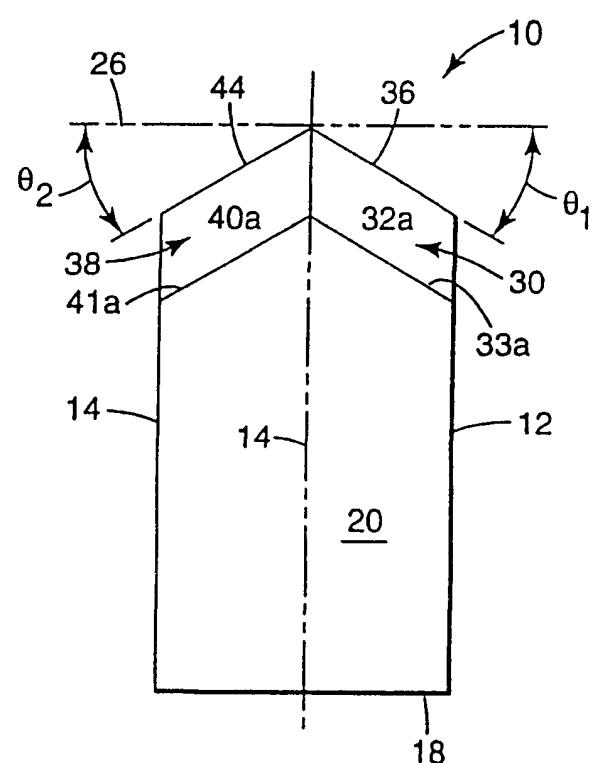


图 5

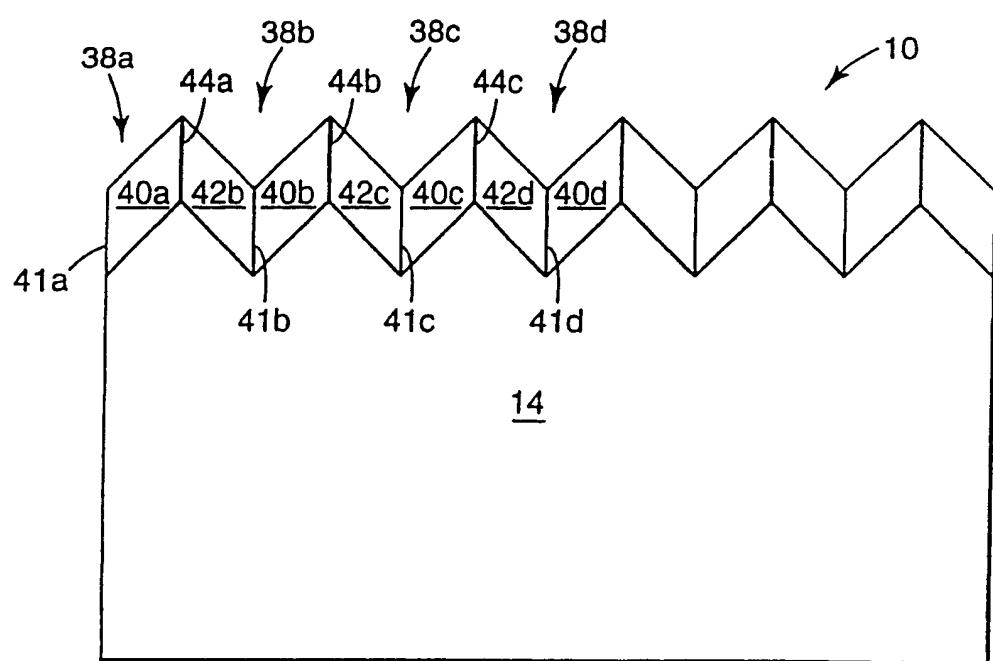


图 6

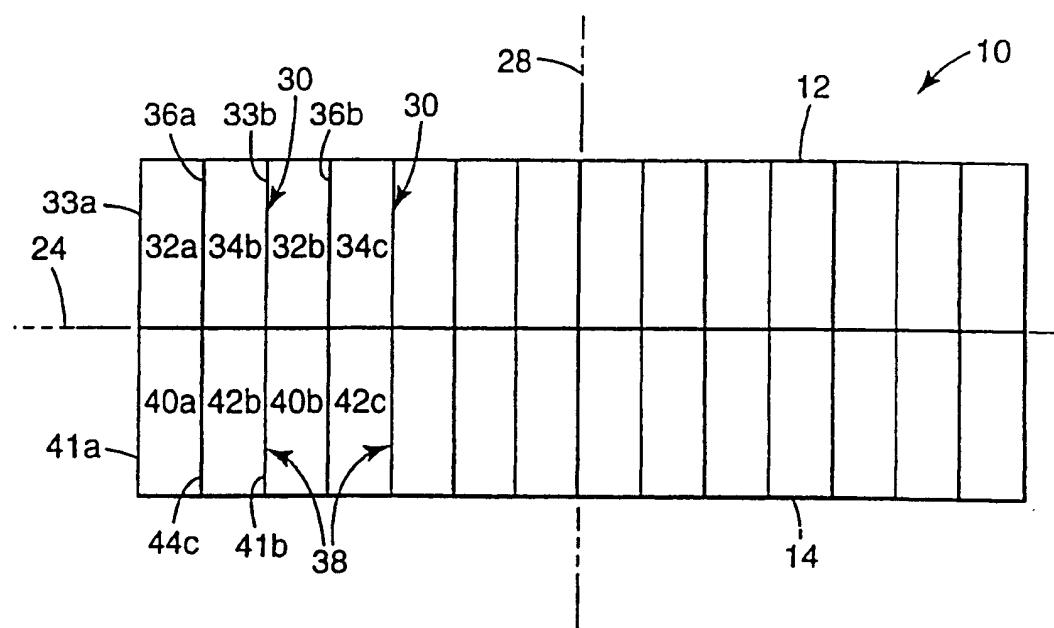
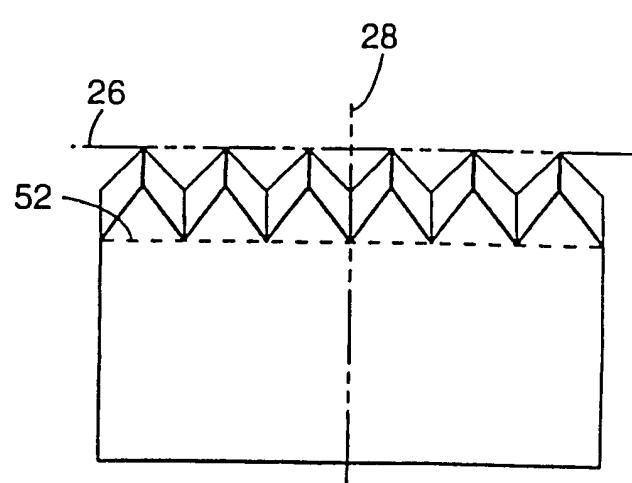
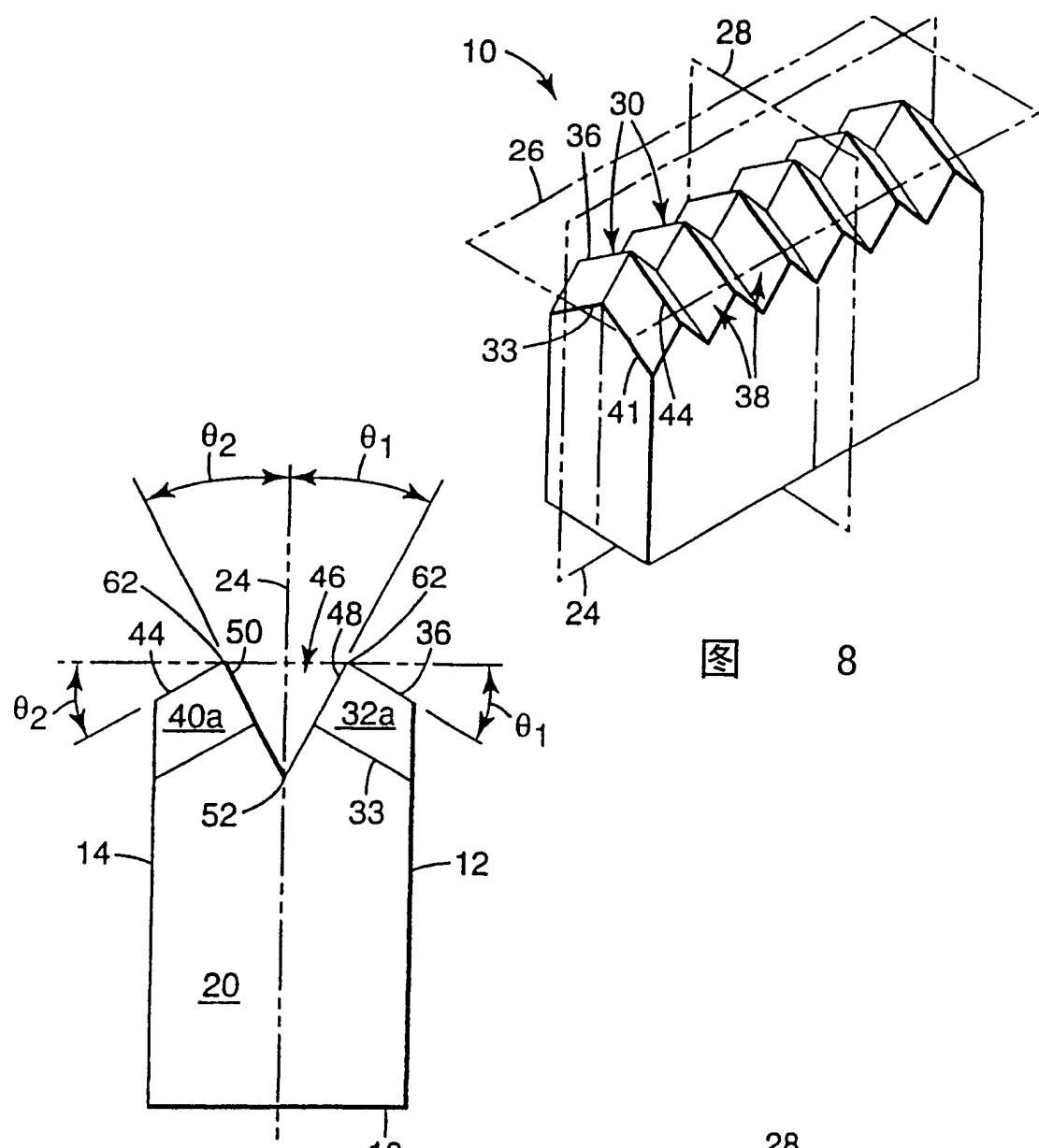


图 7



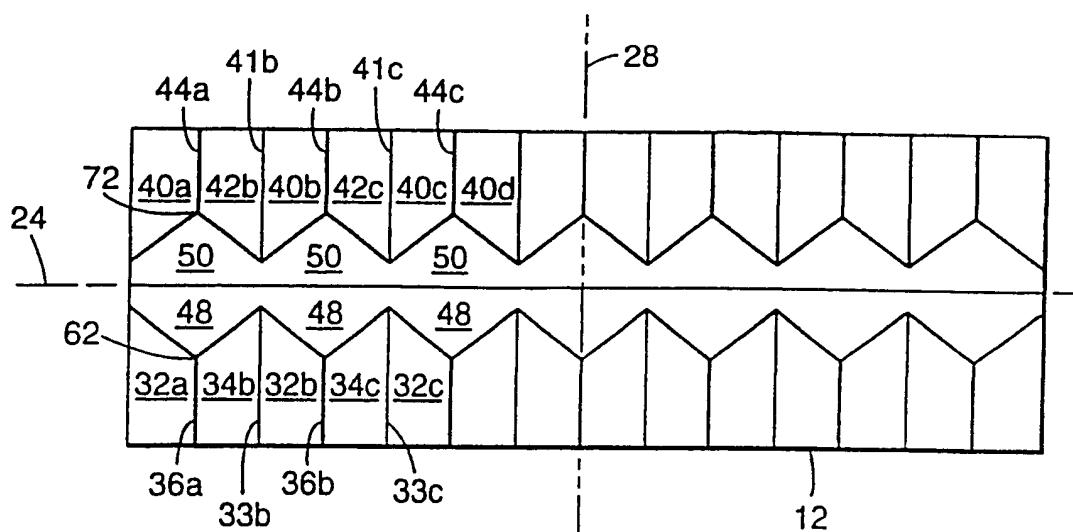


图 11

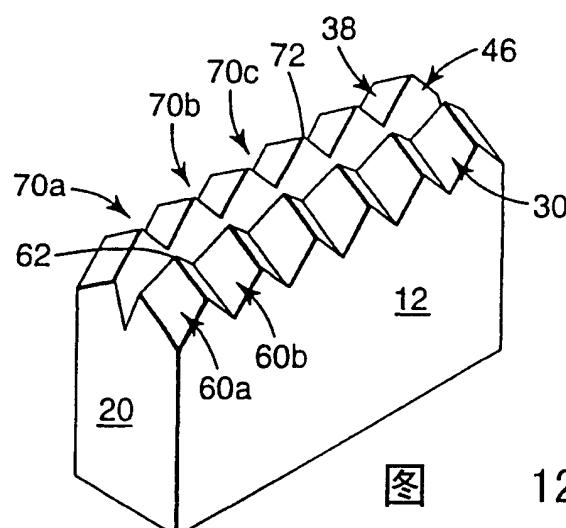


图 12

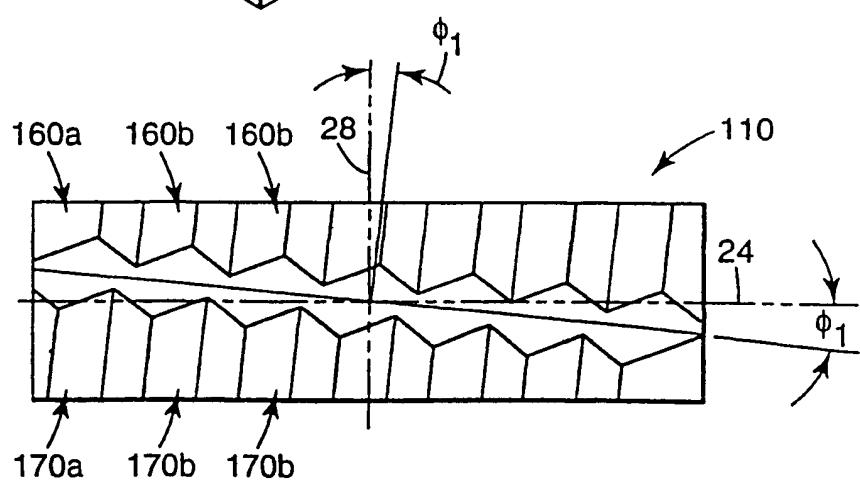


图 13

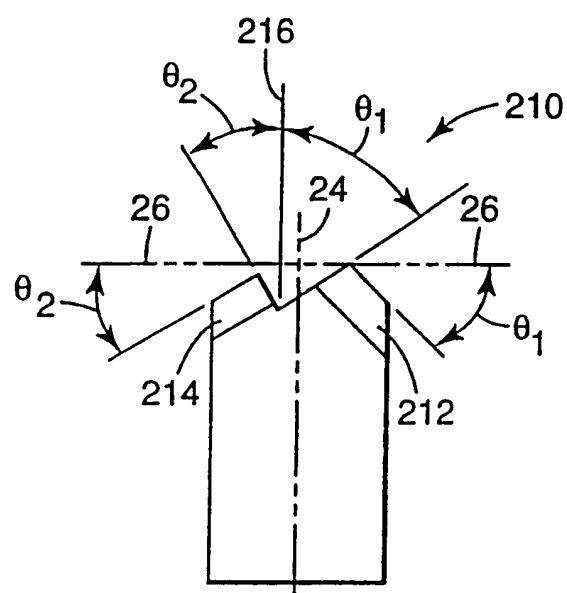


图 14

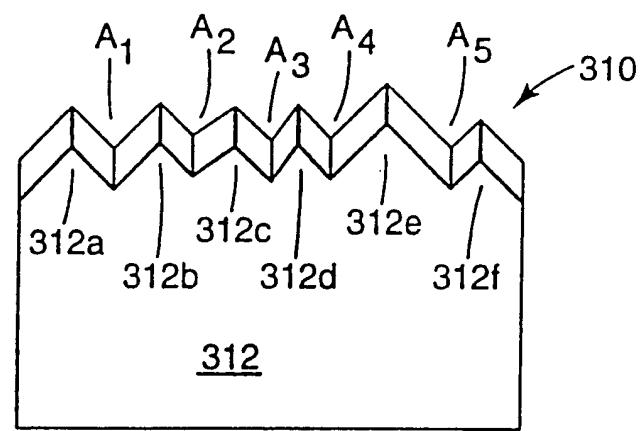


图 15

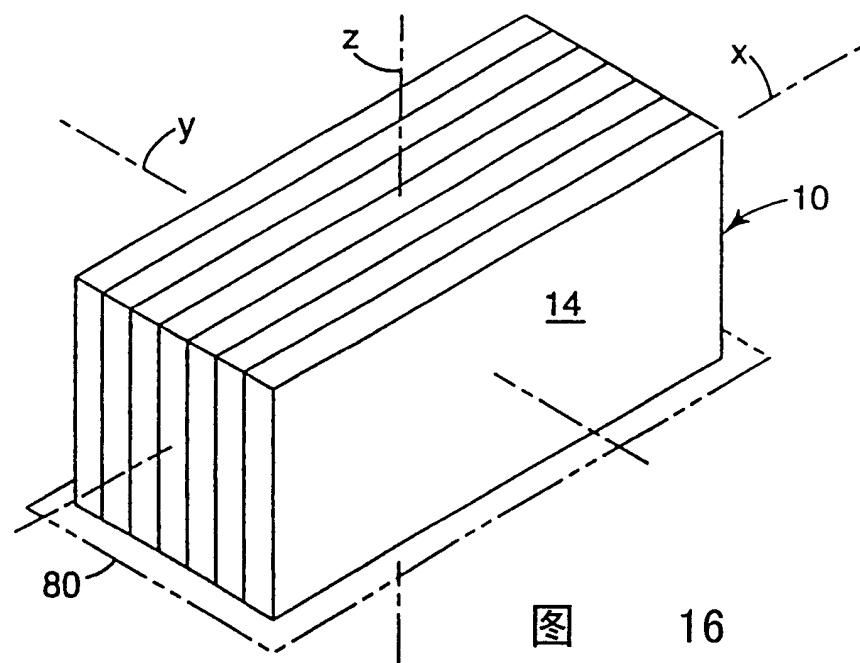


图 16

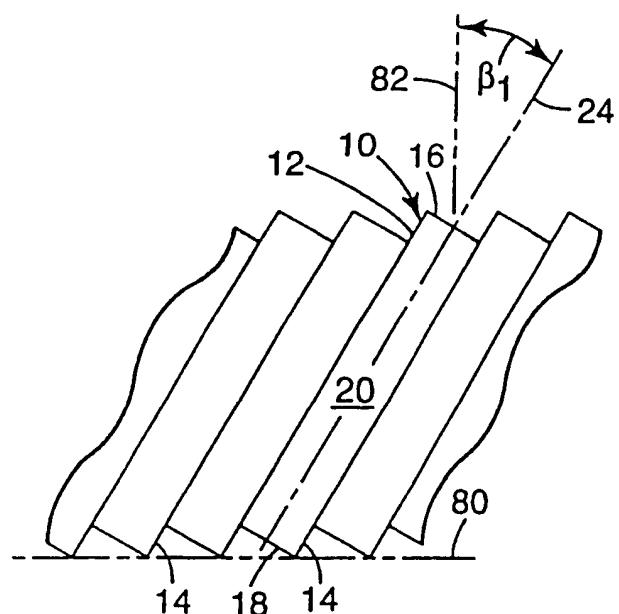


图 17

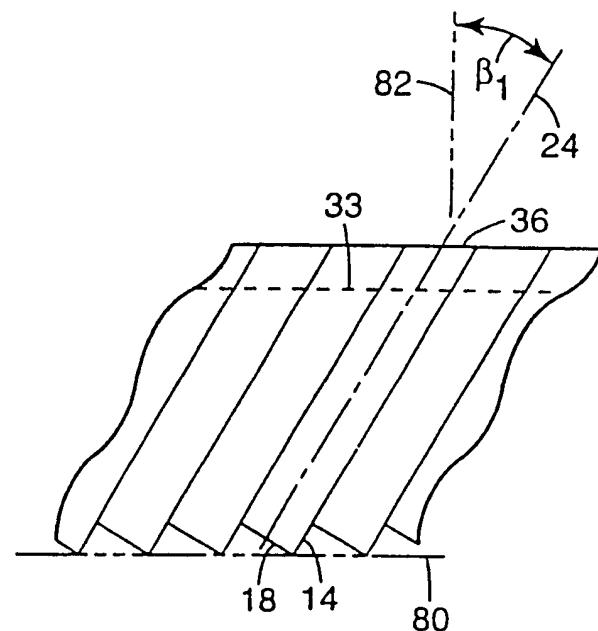


图 18

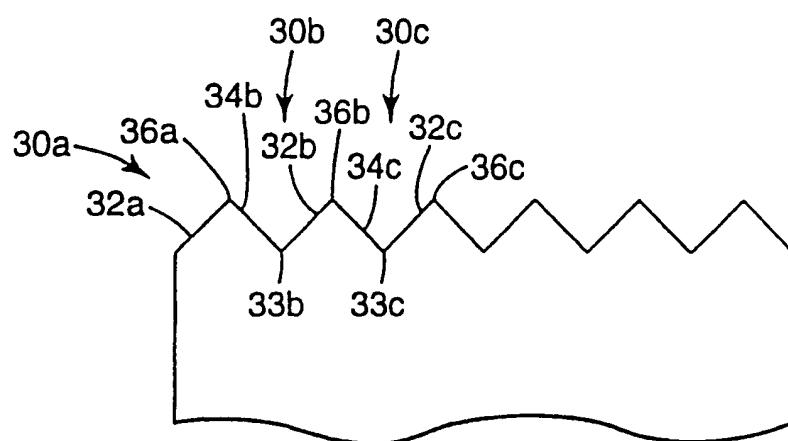


图 19

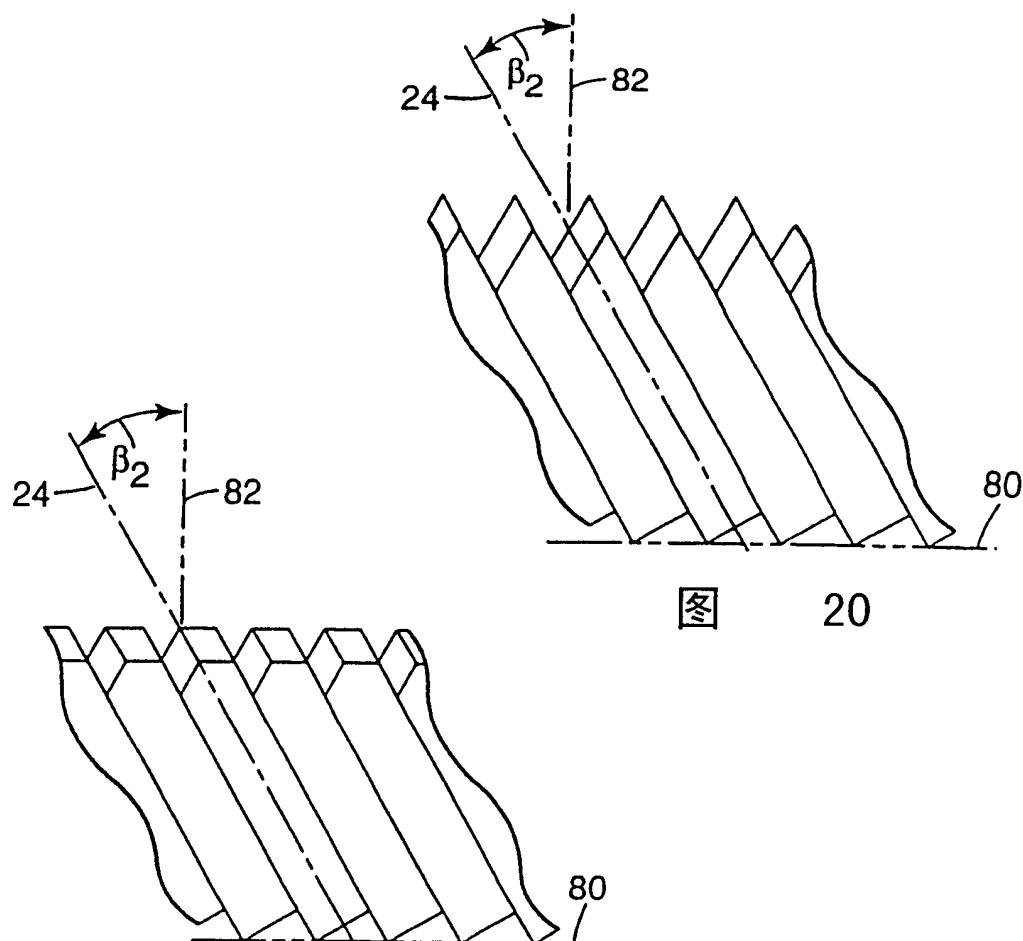


图 21

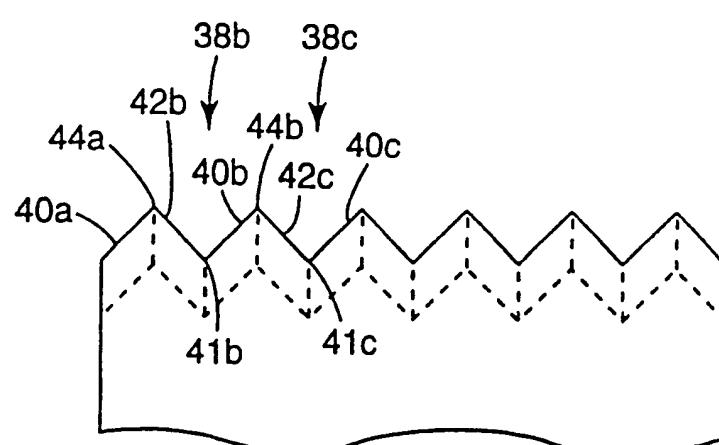


图 22

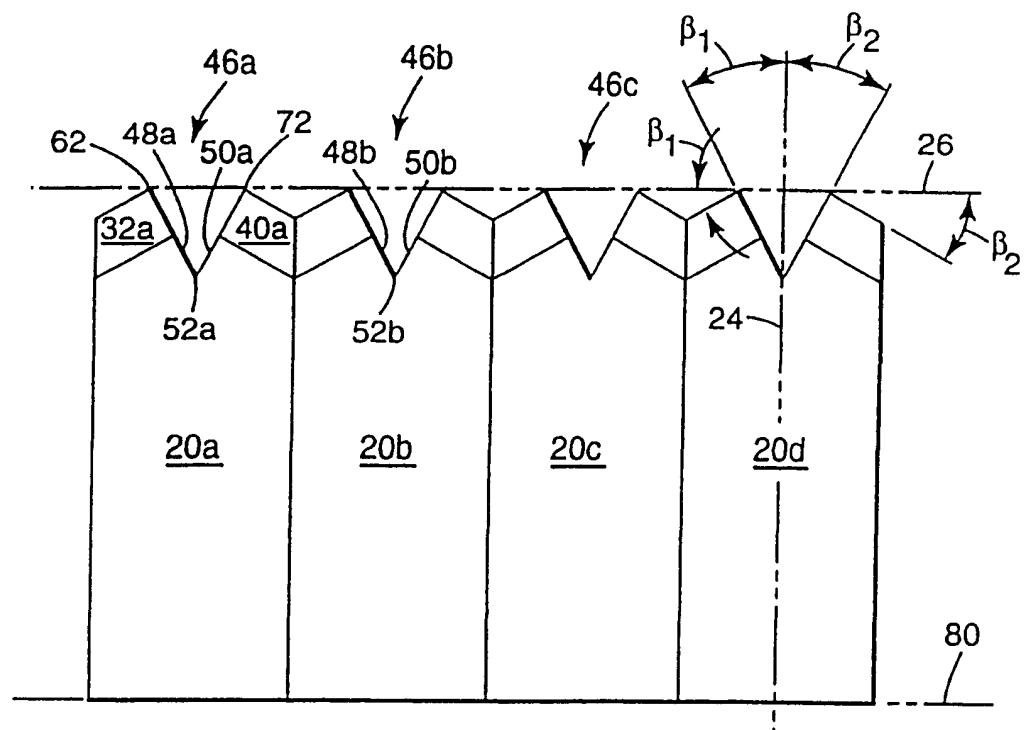


图 23

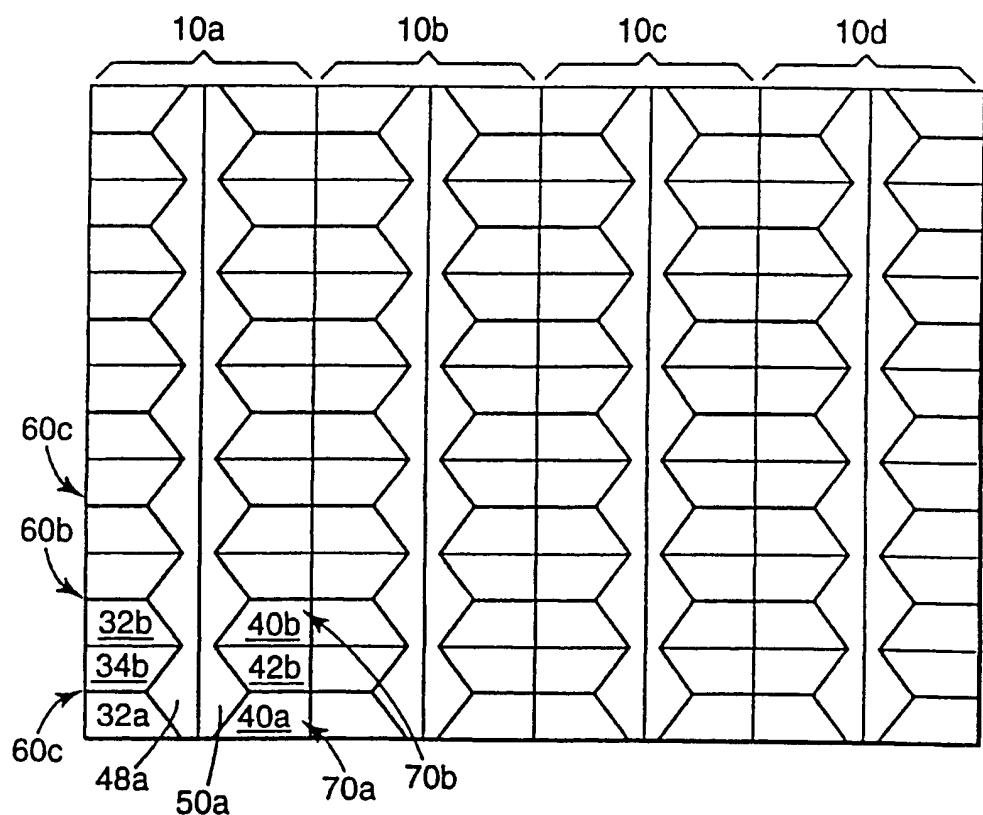


图 24

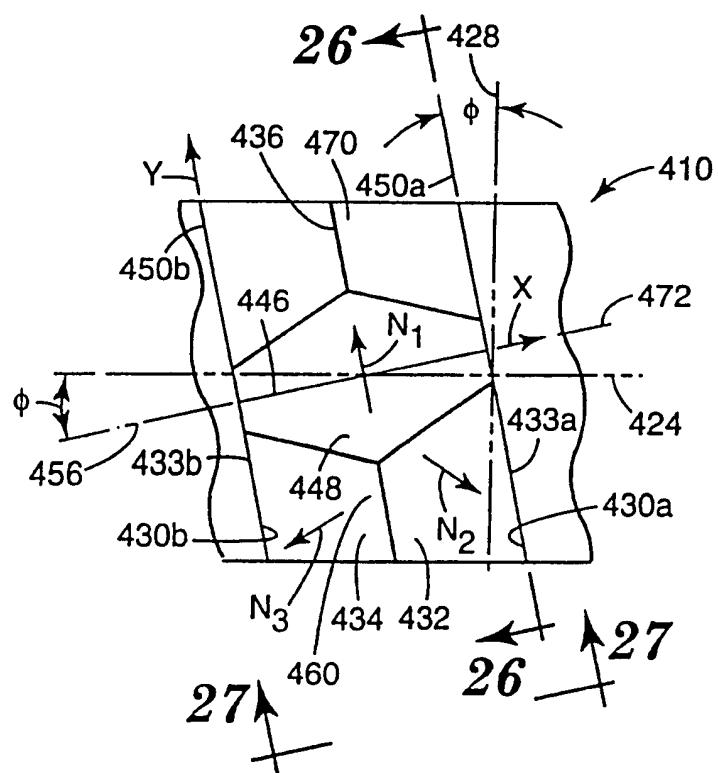
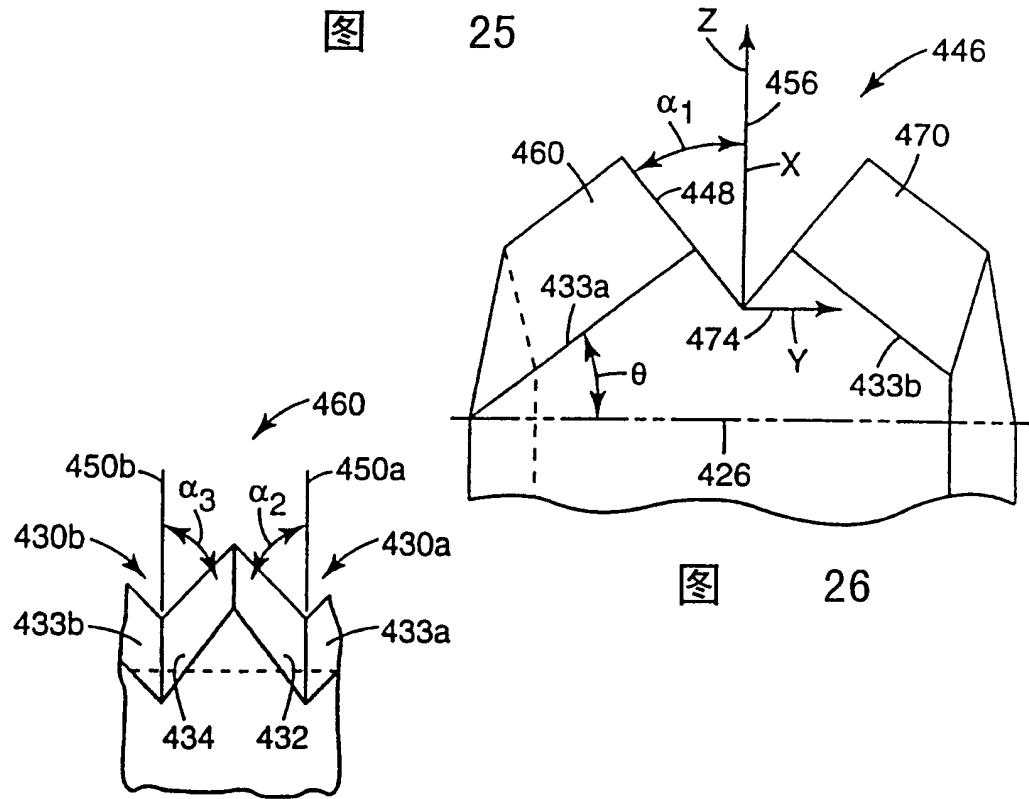


图 25

25



图

26

图 27