

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2019 年 2 月 7 日 (07.02.2019)



(10) 国际公布号
WO 2019/024367 A1

(51) 国际专利分类号:
G03B 21/60 (2014.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2017/114726

(22) 国际申请日: 2017 年 12 月 6 日 (06.12.2017)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201710663005.6 2017 年 8 月 4 日 (04.08.2017) CN

(71) 申请人: 深圳市光峰光电技术有限公司 (APPOTRONICS CORPORATION LIMITED)
[CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区粤海街道学府路 63 号高新区联合总部大厦 21 楼、22 楼, Guangdong 518000 (CN)。

(72) 发明人: 王霖(WANG, Lin); 中国广东省深圳市南山区粤海街道学府路 63 号高新区联合总部大厦 21 楼、22 楼, Guangdong 518000 (CN)。 胡飞(HU, Fei); 中国广东省深圳市南山区粤海街道学府路 63 号高新区联合总部大厦 21 楼、22 楼, Guangdong 518000 (CN)。 李屹(LI, Yi); 中国广东省深圳市南山区粤海街道学府路 63 号高新区联合总部大厦 21 楼、22 楼, Guangdong 518000 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,

(54) Title: PROJECTION SCREEN AND PROJECTION SYSTEM

(54) 发明名称: 投影屏幕和投影系统

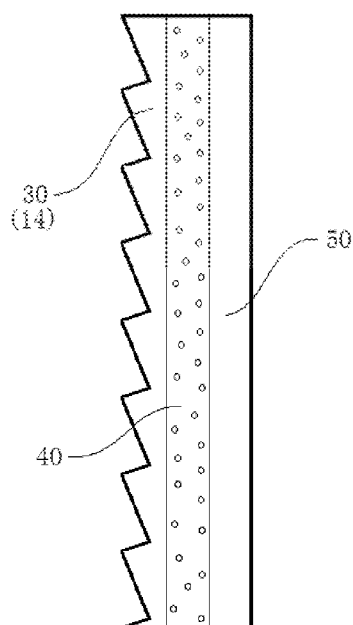


图 2

(57) Abstract: A projection screen (10) and a projection system using the same. The projection screen (10) comprises a surface microstructure layer (14), a light diffusion layer (13) and a light reflection layer (12) arranged sequentially from an incident side of a projected light, wherein the light reflection layer (12) is used for reflecting an incident projected light into the range of a field of view of a viewer, the light diffusion layer (13) is used for increasing a divergence angle of an emergent light, and the surface microstructure layer (14) comprises a plurality of surface microstructure units. The plurality of surface microstructure units is arranged periodically in a plane of the projection screen (10) in a line-symmetrical manner with respect to a vertical central axis of the projection screen (10). Each surface microstructure unit comprises a first oblique surface and a second oblique surface intersecting each other. Due to the angular selective property of the microstructure unit, at least part of lights coming from the projector (20) is reflected while ambient stray lights are substantially not reflected towards a viewing area of a viewer, and therefore a strong resistance to ambient stray lights and an increased contrast of an image are provided.

(57) 摘要: 一种投影屏幕 (10) 和使用屏幕的投影系统, 投影屏幕 (10) 包括从投影光线的入射侧依次布置的表面微结构层 (14)、光扩散层 (13) 和光反射层 (12), 其中, 光反射层 (12) 用于将入射的投影光线反射至观看者的视场范围内, 光扩散层 (13) 用于增大出射的光线的发散角, 并且表面微结构层 (14) 包括多个表面微结构单元, 多个表面微结构单元在投影屏幕 (10) 的平面内相对于投影屏幕 (10) 的垂直中线以线对称的方式周期性排布, 各表面微结构单元包括相交的第一斜面和第二斜面, 微结构单元的角度选择特性反射来自投影机 (20) 的至少部分光线, 同时却基本不朝观看者的观看区域反射环境杂光, 因此具有很强的抗环境光特性, 提高了图像的对比度。

MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,
PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

投影屏幕和投影系统

技术领域

本发明涉及投影屏幕和投影系统。具体地，本发明涉及能够降低屏幕表面的菲涅尔损耗的投影屏幕和使用该屏幕的投影系统。

背景技术

近年来，随着投影机亮度的不断提高，投影显示系统在大尺寸家庭影院应用中的优势开始体现出来。相比于 LCD 电视和 OLED 电视，投影显示系统的尺寸小，便于安装，可以轻松实现大于 100 寸的显示画面，并且整套系统价格相对较低。

传统的投影机被称为长焦投影机，这种投影机在屏幕上投射出 80 寸的画面通常需要 3 米以上的距离，透射光线以较很小的入射角入射在屏幕上，因此也被成为直投投影机。由于室内空间有限，长焦投影机往往难以在室内透射出大的投影画面，于是短焦甚至超短焦投影机应运而生。目前市面上的超短焦投影机能够在 1 米以内的距离透射出 80 寸以上的画面。

对于配合超短焦投影机使用的投影屏幕而言，来自超短焦投影机的投影光线在投影屏幕上的入射角度往往较大，通常在 40~75 度的范围内。图 1 的 a 示出了来自超短焦投影机的投影光线在投影屏幕上的入射角度的示意图，b 示出了投影屏幕上的 9 个测试点，c 示出了 a 中的投影光线在 b 中的 9 个测试点上的入射角度和菲涅尔反射的关系。在大入射角度的情况下，入射光线在屏幕表面上的菲涅尔反射率可能高达 25%。发生菲涅尔反射的这部分投影光线无法进入到观众的视场范围内，而是被屏幕反射到了天花板的方向。从而造成了光的菲涅尔损耗。目前，市面上的配合超短焦投影机使用的投影屏幕的上述菲涅尔损耗可以高达 25%。

此外，在家庭应用环境中，投影显示系统往往被安装在客厅中。客厅通常具有良好的自然采光条件以及明亮的照明光源，因而存在大量的环境杂光。一般的投影机屏幕既能反射投影机的光线也能反射环境光的光线。在这样的环境中，由于受到环境光的影响，经投影屏幕反射的光

线形成的画面的对比度远远低于投影机自身的对比度。为了提高在存在环境光的情况下的屏幕对比度，目前抗环境光的投影屏幕都采用阵列微结构加光反射层或者光吸收层的方法来实现。但由于微结构的尺寸非常的小，间距一般在 25 到 250 微米的范围内，在微结构表面选择性的涂敷光学功能层的工艺非常复杂，成品率低，而且光学效率不高。

发明内容

针对上述问题，本发明的一个方面期望提供一种能够降低屏幕表面的菲涅尔损耗的投影屏幕和投影系统。

此外，本发明的另一个方面还期望提供一种能够在降低屏幕表面的菲涅尔损耗的同时能够抗环境光的投影屏幕和投影系统。

根据本发明的实施例，公开了一种投影屏幕，其能够将来自投影机的投影光线反射至观看者的视场范围内，

所述投影屏幕包括从所述投影光线的入射侧依次布置的表面微结构层、光扩散层和光反射层，其中，

所述光反射层用于将入射的所述投影光线反射至观看者的所述视场范围内，所述光扩散层用于增大出射的光线的发散角，并且

所述表面微结构层包括多个表面微结构单元，多个所述表面微结构单元在所述投影屏幕的平面内相对于所述投影屏幕的垂直中线以线对称的方式周期性排布，各所述表面微结构单元包括相交的第一斜面和第二斜面。根据本发明的另一实施例公开了一种投影系统，所述系统包括如上所述的投影屏幕以及所述投影机。其中，所述投影机优选是位于所述投影屏幕下方的超短焦投影机。

如上所述，根据本发明的投影屏幕和投影系统由于设置有表面微结构层并且表面微结构层具有周期性排布的表面微结构，能够减小大角度入射的投影光线在屏幕上的入射角度，降低了屏幕表面的菲涅尔反射率，从而降低了菲涅尔损耗，提高了光学效率。

此外，更加优选地，根据本发明的投影屏幕和投影系统还能够具有如下优点：

(1) 利用反射层的微结构单元的角度选择特性反射来自投影机的至少部分光线，同时却基本不朝观看者的观看区域反射环境杂光，因此具

有很强的抗环境光特性，提高了图像的对比度。

(2) 微结构利用全反射原理对投影光线进行反射，用于吸收环境杂光的光吸收层整体地设置在微结构的背面，不需要在微结构中涂镀金属反射膜或光吸收层，降低了成本，提高了成品率。

5 应当理解，本发明的有益效果不限于上述效果，而可以是本文中说明的任何有益效果。

附图说明

图 1 示出了现有技术中的投影光线在屏幕上的入射角度与菲涅尔反射率之间的关系。

10 图 2 是示出了根据本发明的投影屏幕及其表面微结构层的示意图。

图 3 是示出了根据本发明实施例的投影系统的结构示意图。

图 4 是示出了根据本发明实施例的的投影屏幕的反射层的旋转对称结构的示意图。

15 图 5 是示出了根据本发明实施例的投影屏幕的反射层的微结构单元的截面结构示意图。

图 6 是示出了根据本发明实施例的投影屏幕的反射层的微结构单元的光学原理的示意图。

图 7 是示出了根据本发明实施例的投影屏幕的微结构的光学倾角的选择示意图。

20 图 8 是示出了根据本发明实施例的投影屏幕的微结构单元与表面微结构单元的节距对比的示意图。

图 9 是示出了根据本发明实施例的投影屏幕的表面微结构层的表面微结构单元的排布示例的示意图。

25 图 10 是示出了根据本发明实施例的投影屏幕的表面微结构层的表面微结构单元的另一排布示例的示意图。

图 11 是示出了根据本发明实施例的投影屏幕的表面微结构层的表面微结构单元的又一排布示例的示意图。

图 12 示出了投影光线入射在如图 9 至图 11 所示的表面微结构层以及现有技术的屏幕上时入射角度的对比图。

图 13 示出了投影光线入射在固定倾斜角的表面微结构层和变化倾斜角的表面微结构层时入射角度的对比图。

图 14 是示出了根据本发明实施例的投影屏幕的表面微结构层的表面微结构单元的又一排布示例的示意图。

5 图 15 是示出了投影光线入射在不同的表面微结构层时入射角度的对比图。

图 16 是示出了根据本发明实施例的投影屏幕的表面微结构单元与微结构单元之间的关系示意图。

具体实施方式

10 下面，将参照附图详细说明根据本发明的各具体实施例。需要强调的是，附图中的所有尺寸仅是示意性的并且不一定是按照真实比例图示的，因而不具有限定性。例如，应当理解，图示出的屏幕的多层结构中各层的厚度、厚度比例以及角度并不是按照实际的尺寸和比例示出的，仅是为了图示方便。

15 一、投影屏幕和投影系统概述

图 2 示出了根据本发明的投影屏幕的示意图。该投影屏幕由表面微结构层 30、扩散层 40 和反射层 50 形成。其中，扩散层 40 和反射层 50 可以采用任何已知的适合方案。表面微结构层 30 是设置有周期性排布的表面微结构单元的表面微结构层。表面微结构层 30 的具体结构将在下文
20 中详细说明。大角度入射的投影光线入射至表面微结构层 30，周期性布置的表面微结构单元能够降低入射的投影光线在屏幕表面的菲涅尔反射率，使更多的光线透过表面微结构层 30 和扩散层 40 入射至反射层 50。投影光线经过反射层 50 的反射后向着观看者的视场方向出射。扩散层 40 能够增大出射光线的发散角。因此，这样的投影屏幕尤其适用与超短焦
25 投影机配合使用。

此外，虽然根据本发明的投影屏幕的反射层 50 可以采用现有技术中的用于投影屏幕的反射层。但除了降低屏幕表面的菲涅尔反射率之外，本发明的优选实施例还期望能够进一步地提高屏幕的抗环境光能力。因此，在下文中将对根据本发明的投影屏幕的这样的优选实施例进行说明。

30 图 3 是示出了根据本发明的优选实施例的投影系统的结构示意图。

如图 3 中所示, 投影系统包括投影屏幕 10 和投影机 20。投影屏幕 10 包括从投影机的投影光线的入射侧依次层叠布置的表面微结构层 14 (与上文中的表面微结构层 30 对应)、光扩散层 13 (与上文中的扩散层 40 对应)、全反射层 12 (与上文中的反射层 50 对应)。此外, 根据本发明优选实施例的投影屏幕 10 还包括位于全反射层 12 的与投影光线的入射侧相反一侧的光吸收层 11。来自投影机 20 的投影光线透过表面微结构层 14、光扩散层 13 入射至全反射层 12。在下文中, 也将投影屏幕 10 的投影光线的入射侧称为屏幕的外侧 (即, 面向观众一侧), 将光吸收层侧称为屏幕的背侧 (即, 背向观众一侧)。全反射层 12 形成有微结构单元阵列。每个微结构单元包含两个相交的倾斜平面。这两个倾斜平面的倾斜角度经过精确的设计, 使得从屏幕 10 下方入射的投影光线在两个倾斜平面连续发生两次全反射, 最终被反射至观看者的视场范围内, 而来自于屏幕 10 上方的环境杂光无法满足在两个倾斜面上均发生全反射的条件, 透过全反射层 12 而被光吸收层 11 吸收。

如图 4 所示, 全反射层 12 的微结构单元在屏幕平面上具有旋转对称的阵列排布结构。该旋转对称的阵列排布结构的旋转中心 (光学中心) 轴线垂直于屏幕平面且位于屏幕的下方。优选地, 投影机 20 的投影镜头的中心点布置在该旋转中心轴线上。

在全反射层 12 的内侧布置有光吸收层 11, 光吸收层 11 能够吸收入射在其上的光束。例如, 光吸收层 11 是黑色的光吸收层。在全反射层 12 的外侧依次设置有光扩散层 13 和表面微结构层 14。光扩散层 13 用于扩散从全反射层 12 反射出的准直光束, 以使投影屏幕 10 具有更大的可视角度。表面微结构层 14 位于光扩散层 13 的投影光线入射侧的表面 (即, 外表面), 包括周期性排布的多个倾斜表面 (下文中将详细说明), 能够降低大角度入射光线的菲涅尔损失。光扩散层 13 和表面微结构层 14 可以被形成为一体。此外, 在表面微结构层 14 的外侧还可以添加设置保护层以防止刮伤或者化学腐蚀。当然, 还可以根据设计需要设置其它的辅助功能层。

图 5 示出了根据本发明实施例的投影屏幕的全反射层 12 的微结构单元的主截面结构示意图。为了清楚图示, 图 5 中省略了全反射层 12 和光吸收层 11 之外的其它层。所图 5 所示, 全反射层 12 包括透明基材 120、

微结构层 121 和内侧层 122。透明基材 120 位于全反射层 12 的最靠近光扩散层侧并且与光扩散层接触，其中所述透明基材 120 包括 PET、PC 或 PMMA 等透明材料。微结构层 121 设置在透明基材 120 的与光扩散层接触的一侧的相对侧。其中，所述微结构层 121 采用树脂材料，所述树脂通常为环氧树脂胶系、丙烯酸酯胶系、聚酯胶系、聚氨酯胶系或聚酰亚胺胶系等。透明基材 120 和微结构层 121 通过 UV 涂布设备或者热成型设备形成一体。内侧层 122 形成在微结构层 121 的靠近光吸收层侧，并且与光吸收层 11 相接触。形成内侧层 122 的材料的折射率低于形成微结构层 121 的材料的折射率。所述微结构层 121 与内侧层 122 相邻的表面设置有多个微结构单元。在全反射层 12 的每一个微结构单元中，微结构层 121 被形成全反射棱镜并且具有两个倾斜的相交表面 124 和 125。换言之，在全反射层 12 的每一个微结构单元中，微结构层 121 是在透明基材 120 的表面上形成的一排旋转对称的棱镜，相交表面 124 和 125 是微结构层 121 与内侧层 122 这两种不同的材料层（即，第一材料层和第二材料层）之间的界面。例如，这样的棱镜是通过采用对卷涂布树脂和 UV 固化或热固化工工艺加工而成的。图 5 中为了图示清楚，仅示出了两个微结构单元。来自屏幕下方的投影机的入射光线 123 在两个倾斜平面 124 和 125 处连续发生两次全反射，最终反射到观看者的视场范围内。环境杂光 127 主要来自于房间中的顶灯。在绝大部分情况下，顶灯远离屏幕的微结构单元的旋转对称结构的旋转轴线并且环境杂光 127 的入射角远小于投影光线的入射角度。因此，环境杂光 127 无法满足在平面 124 和平面 125 连续发生两次全反射的条件，绝大部分透过了全反射层 12 而被光吸收层 11 吸收。由于光吸收层 11 整体地设置在全反射层 12 的内侧，所以制造工艺简单，且不会导致投影光线损失。

如上所述，根据本发明实施例的投影屏幕 10 利用了全反射层 12 的角度选择性反射特性，使得屏幕能够自动区分投影光线与环境光线。表面微结构层 14 具有周期性排布的多个倾斜表面，能够减小入射光线的入射角，从而降低入射光线在屏幕表面的菲涅尔损耗。此外，用于吸收环境杂光的光吸收层 11 整体地设置在全反射层 12 的内侧。因此，根据本发明实施例的投影屏幕 10 具有较强的抗环境光的能力以及较低的屏幕表面的菲涅尔损耗，提高了屏幕图像的对比度，提高了光学效率，简化了

加工工艺，提高了成品率。

二、微结构单元的光学原理及角度选择

图6图示了根据本发明实施例的投影屏幕的微结构单元的光学原理。如图6所示，微结构层121的折射率为 n_1 和内侧层122的折射率为 n_2 ，微结构单元的两个倾斜平面124和125与屏幕平面（即，垂直方向）的夹角分别为 θ_1 和 θ_2 （单位为度，下同）。入射光线和反射光线与水平方向的夹角分别为 α 和 β （单位为度，下同）。其中，当反射光线水平出射时， β 显然为0度，并且设定：当反射光线在水平线以下（即，偏向地面）时 β 为负值，当反射光线在水平线以上（即，偏向天花板）时 β 为正值。为了使来自投影机20的入射光线在两个倾斜面上发生两次全反射后向着观看者的眼睛方向出射，根据几何光学原理和光学全反射条件，必须要满足如下的公式（1）~（3）：

$$\theta_1 + \theta_2 = \frac{180 - (\alpha + \beta)}{2} \quad (1)$$

$$\cos(\theta_1 + \alpha) < \sqrt{1 - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2} \quad (2)$$

$$\cos(\theta_2 + \beta) < \sqrt{1 - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2} \quad (3)$$

基于上述公式（1）~（3）并不能完全确定 θ_1 和 θ_2 的值，还留有一定的设计自由度。假设入射光线和出射光线之间的中间光线与屏幕平面（即，垂直方向）的夹角为 γ ，并且设定当中间光线偏向观众侧时 γ 为正值，当中间光线偏向观众侧时 γ 为负值。则根据几何光学原理和光学全反射条件可以计算出：

$$\theta_1 = \frac{90 - \alpha - \gamma}{2} \quad (4)$$

$$\theta_2 = \frac{90 - \beta + \gamma}{2} \quad (5)$$

由公式（4）和（5）可知，只要确定了入射光线、出射光线和中间光线的光路（即，确定了 α 、 β 和 γ ），就可以完全确定微结构的两个相交平面的倾斜角度 θ_1 和 θ_2 。

此外，由公式（4）和（5）还可知，即便在确定了入射光线、出射

光线的光路的情况下，还可以根据根据不同的应用需求，通过调整中间光线的光路（即，调整 γ 的取值）在一定范围内对 θ_1 和 θ_2 的取值进行选择。例如，在超短焦投影的应用中，投影机位于屏幕的下方，所以 $\alpha > 0$ 总是成立；且观众的眼睛位于投影机的上方所以 $\alpha + \beta > 0$ 也总是成立；在此情况下，由公式（1）可以得到：

$$\theta_1 + \theta_2 < 90 \quad (6)$$

由公式(6)可知，在超短焦投影的应用中，根据本发明的投影屏幕的微结构单元的两个倾斜面之间的夹角必须为钝角。

另外，由上述分析可知，存在这样一种优选的情况：来自超短焦投影机的投影光线 123 在经过微结构单元的两个倾斜平面 124 和 125 的连续两次全反射后沿着与屏幕平面垂直的方向（水平方向）出射，即， $\beta = 0$ 度。此时，根据光学原理，两次全反射之间在微结构层 121 中行进的中
间光线沿着平行于屏幕平面的方向（垂直方向）行进，即 $\gamma = 0$ 度且 $\theta_2 = 45$ 度， $\theta_1 < 45$ 度，即 $\theta_1 < \theta_2$ 。

另外，如上所述，根据本发明的投影屏幕 10 具有旋转对称结构，且包含多个微结构单元。因此，每个微结构单元的角度设计可以是相同的或不同的。例如，图 7 图示了根据本发明的投影屏幕的微结构单元的光学角度的模拟实例。图 7 的 a 所示的投影屏幕的焦点位于无穷远处，也即是说，在全反射层 12 的所有微结构单元中，出射光线均水平地射向观看者的方向，所以 $\beta = 0$ 度且 $\theta_2 = 45$ 度一直成立。根据模拟结果可知，微结构单元的 θ_1 随着靠近屏幕的上方而逐渐减小，且 $\theta_1 < \theta_2$ ，因而满足上述公式（6）。在图 7 的 b 所示的示例中，投影屏幕的焦点不再位于无穷远处。在此情况下，沿着从屏幕下方到屏幕上方的方向，全反射层 12 的微结构单元的 θ_1 的取值不断减小而 θ_2 的取值不断增大。

三、微结构单元的折射率选择

除了 θ_1 和 θ_2 的取值之外，由光学全反射公式可知，满足两次全反射的微结构单元还受到微结构层 121 的折射率 n_1 和内侧层 122 的折射率 n_2 的影响。根据本发明的投影屏幕的微结构层 121 通常是由透明树脂材料制成的，其折射率在 1.3~1.7 的范围内。或者，微结构层 121 也可以使用具有类似折射率的其它材料制成。另外，还可以在制成微结构层 121 的

材料中掺杂散射离子或吸收材料等。因而，为了满足全反射的条件，需要考虑内侧层 122 的折射率 n_2 的选择。例如，入射光线 V 可以表示成 (V_x, V_y, V_z) ，其中 z 轴垂直于屏幕，而 X, Y 轴平行于屏幕。显然，入射光线的全反射区域取决于 V_x 和 V_y 的取值范围。 V_z 满足：

$$V_z = \sqrt{1 - V_x^2 - V_y^2} \quad (7)$$

假定出射光线朝向观看者的眼睛且微结构层 121 的折射率 n_1 为 1.6，根据上述公式 (2) 和 (3) 可以获得满足全反射条件的入射光线的分量 (V_x, V_y) 的取值范围随内侧层 122 的折射率 n_2 的变化趋势。随着 n_2 的增大，满足在全反射层 12 的微结构单元的两个倾斜平面连续发生两次全反射的入射光线的区域不断减少。换言之，随着 n_2 的增大，从超短焦投影机发出的光线无法在全反射层 12 的微结构单元的两个倾斜平面连续发生两次全反射的几率增大。因此，为了保证一定的屏幕反射效率，需要使 n_1 和 n_2 满足：

$$n_2 < n_1 - 0.2 \quad (8)$$

应当理解，在满足上述条件的情况下，内侧层 122 可以是空气层。在此情况下，微结构层 121 的两个斜面的尖端直接粘接至光吸收层 11。

四、表面微结构层的详细说明

如上所述，为了减小来自超短焦投影机的投影光线在投影屏幕上的入射角度，投影屏幕 10 的投影光线入射侧表面设置有表面微结构层 14。表面微结构层 14 具有多个连续布置的表面微结构单元。各表面微结构单元包括第一斜面和第二斜面，其中，第一斜面是面向超短焦投影机的斜面，而第二斜面是背向超短焦投影机的斜面。减少投影光线在投影屏幕上的入射角的功能主要依靠面向投影机的第一斜面，而背向投影机的倾斜斜面没有光学作用。因此，通过设置和调整第一斜面相对于屏幕平面的倾斜角 δ ，能够减小投影光线在投影屏幕上的实际入射角度，从而投影屏幕的降低菲涅尔损耗。通常，第一斜面的倾斜角小于第二斜面的倾斜角是优选的。

由于超短焦投影机一般位于投影屏幕的下方正中间位置，所以表面微结构层 14 的连续多个表面微结构单元被设置为相对于屏幕的垂直中线对称地连续排布。表面微结构层 14 的周期性排布多个表面微结构单元

和上述的全反射层 12 的周期性排布的多个微结构单元的排布方式不一定相同，并且如图 8 所示，表面微结构单元和微结构单元的布置节距可以相同或不同。此外，由图 8 和图 16 可知，入射角度和 ε ，倾斜角度 δ 的关系为：

5 入射角度 = $\varepsilon - \delta$;

因此, 倾斜角 δ 越大, 投影光线在投影屏幕上的实际入射角就越小。

图 9 至图 11 中图示了表面微结构层 14 的表面微结构单元的排布方式的示例。如图 9 所示, 表面微结构层 14 的表面微结构单元沿着垂直方向延伸, 并且多个表面微结构单元在水平方向上相对于屏幕的垂直中线线对称地连续排布, 其中, 图 9 的 a 示出了表面微结构层 14 的平面图, 图 9 的 b 示出了立体示意图以及第一斜面和第二斜面的放大示意图。如图 10 中所示, 表面微结构层 14 的表面微结构单元沿着倾斜方向延伸, 并且多个表面微结构单元在与延伸方向垂直的方向上相对于屏幕的垂直中线线对称地连续排布, 其中, 图 10 的 a 示出了表面微结构层 14 的平面图, 图 10 的 b 示出了立体示意图以及第一斜面和第二斜面的放大示意图。如图 11 中所示, 表面微结构层 14 的表面微结构单元沿着水平方向延伸, 并且多个表面微结构单元在垂直方向上相对于屏幕的垂直中线线对称地连续排布, 其中, 图 11 的 a 示出了表面微结构层 14 的平面图, 图 11 的 b 示出了立体示意图以及第一斜面和第二斜面的放大示意图。

图 9 至图 11 中所示的表面微结构层 14 的表面微结构单元均采用了容易设计和加工的线性排布方式。图 12 中示出了来自相同投影机的投影光线在采用上述三种表面微结构层 14 的屏幕表面以及传统的不含有倾斜平面的屏幕表面的入射角度的对比。测试点的位置与图 1 中所示的位置相同,并且上述三种表面微结构层 14 的第一斜面的倾斜角度均设置为 10 度。由图 12 可知,采用上述三种结构的表面微结构层 14 相比于传统的平面屏幕,均能够减小投影光线的入射角度。

此外，有图 12 也可以看出，由于超短焦投影机通常位于投影屏幕的下方正中间位置，所以来自于同一投影机的投影光线实际上在屏幕的不同位置的入射角度是有区别的。容易得知：投影光线在屏幕上方的入射角小于在屏幕下方的入射角；投影光线在屏幕边缘的入射角小于在屏幕

中央的入射角。因此，采用上述三种线性排布方式，虽然可以整体上减小投影光线的入射角，但由于屏幕表面的不同位置处的菲涅尔反射率不同，所以屏幕表面的亮度可能会不均匀。为了使屏幕表面的亮度更加均匀，可以采用以下更加优选的排布方式。

例如，当表面微结构层 14 的表面微结构单元采用如图 10 和图 11 所示的倾斜或水平微结构单元时，各表面微结构单元中第一斜面的倾斜角 δ 可以随着从屏幕下方至屏幕上方而逐渐增大。即，位于屏幕上方的表面微结构单元中的第一斜面的倾斜角 δ 大于位于屏幕下方的表面微结构单元中的第一斜面的倾斜角 δ 。当表面微结构层 14 的表面微结构单元采用如图 8 所示的垂直微结构单元时，各表面微结构单元中第一斜面的倾斜角 δ 可以随着从屏幕中心向屏幕两侧而逐渐增大。即，位于屏幕外侧的表面微结构单元中的第一斜面的倾斜角 δ 大于位于屏幕内侧的表面微结构单元中的第一斜面的倾斜角 δ 。图 13 示出了各表面微结构层的第一斜面的倾斜角 δ 固定为 0 度、10 度、20 度时以及 δ 如上所述地变化时投影光线的入射角度的对比。

此外，更加优选地，如图 14 所示，表面微结构层 14 的表面微结构单元也可以采用与前述全反射层的微结构单元类似的旋转对称结构。当表面微结构层 14 的表面微结构单元采用相对于经过投影机的中心并垂直于屏幕表面的对称轴线旋转对称的结构，所以对于同一个表面微结构单元而言，投影光线的入射角度是不变的。图 15 中图示了在第一斜面均设定为 20 度的情况下，如图 11 中所示的水平表面微结构单元与图 14 中所示的旋转对称表面微结构单元对入射角度影响的对比（测试点的编号如图 1 中所示）。由图 15 可以看出，在位于屏幕的水平对称中心的点 1、2 和 3 处，两者减小投影光线的入射角度相同，但是随着测试点靠近屏幕外侧，旋转对称表面微结构单元的效果明显好于水平表面微结构单元。为了获得更好的效果，也可以使旋转对称的各表面微结构单元中第一斜面的倾斜角 δ 随着距离对称轴线的距离的增大而逐渐增大。

此外，来自超短焦投影机的投影光线透过表面微结构层 14 入射至全反射层 12，经和全反射层 12 的反射后，再透过表面微结构层 14 出射。因此，表面微结构单元的第一斜面的上述倾斜角度 δ 显然会影响微结构单元中的两个倾斜平面的倾斜角度的设定。如图 16 所示，假定表面微结

构单元的第一斜面相对于屏幕平面的倾斜角度 δ 不变，入射的投影光线和出射的投影光线与水平方向的夹角分别为 ε 和 η ，屏幕外部的介质（一般情况下，空气）折射率为 n_0 。在此情况下，容易推导出表面微结构单元的第一斜面的表面法线与水平方向的夹角也为 δ 。此外，根据光学原理和表面折射公式可以计算出在折射率为 n_1 的上述微结构层 121 中的如前文中所述的入射光线和反射光线与水平方向的夹角 α 和 β 与 δ 、 ε 和 η 之间的关系满足如下公式：

$$\alpha = \delta + \sin^{-1}\left(\frac{n_0 \sin(\varepsilon - \delta)}{n_1}\right) \quad (9)$$

$$\beta = \delta + \sin^{-1}\left(\frac{n_0 \sin(\eta - \delta)}{n_1}\right) \quad (10)$$

根据上述公式（9）和（10）可知，为了不对全反射层 12 的倾斜平面的设置产生不利影响，倾斜角 δ 的取值范围应当在 $0 < \delta < 50^\circ$ 的范围内。

此外，可以对表面微结构单元的第一斜面和第二斜面通过喷砂、化学腐蚀或其它的工艺进行表面粗糙化，从而使表面微结构层 14 能够在降低屏幕表面的菲涅尔损耗的同时，兼具扩大屏幕的视场范围的功能。

需要说明的是，在本文此部分中详细说明的表面微结构层 14 不仅适用于上述的设置，有全反射层 12 的根据本发明优选实施例的投影屏幕 10，而是如前文所述地，可以适用于使用现有技术中的反射层的投影屏幕。换言之，本发明的最主要的发明目的在于减小大入射角入射的投影光线在投影屏幕表面的菲涅尔反射率，从而提高屏幕的光学效率。

尽管在上面已经参照附图说明了根据本发明的发光设备，但是本发明不限于此，且本领域技术人员应理解，在不偏离本发明随附权利要求书限定的实质或范围的情况下，可以做出各种改变、组合、次组合以及变型。

权利要求书

1. 一种投影屏幕，其能够将来自投影机的投影光线反射至观看者的视场范围内，其特征在于，

5 所述投影屏幕包括从所述投影光线的入射侧依次布置的表面微结构层、光扩散层和光反射层，其中，

 所述光反射层用于将入射的所述投影光线反射至观看者的所述视场范围内，所述光扩散层用于增大出射的光线的发散角，并且

10 所述表面微结构层包括多个表面微结构单元，多个所述表面微结构单元在所述投影屏幕的平面内相对于所述投影屏幕的垂直中线以线对称的方式周期性排布，各所述表面微结构单元包括相交的第一斜面和第二斜面。

15 2. 根据权利要求 1 所述的投影屏幕，其特征在于，所述第一斜面相对于与所述投影屏幕平行的平面的倾斜角小于或等于所述第二斜面相对于与所述投影屏幕平行的平面的倾斜角。

20 3. 根据权利要求 1 所述的投影屏幕，其特征在于，所述第一斜面相对于与所述投影屏幕平行的平面的倾斜角 δ 的范围为 $0 < \delta < 50$ 。

20

 4. 根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的投影屏幕，其特征在于，所述第一斜面 and 所述第二斜面沿着水平方向延伸，并且各所述表面微结构单元沿着垂直方向周期性排布。

25 5. 根据权利要求 4 所述的投影屏幕，其特征在于，位于屏幕上方的所述表面微结构单元的所述第一斜面的所述倾斜角大于位于屏幕下方的所述表面微结构单元的所述第一斜面的所述倾斜角。

30 6. 根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的投影屏幕，其特征在于，所述第一斜面 and 所述第二斜面沿着垂直方向延伸，并且各所述表面微结构

单元沿着水平方向周期性排布。

7. 根据权利要求 6 所述的投影屏幕，其特征在于，位于屏幕外侧的所述表面微结构单元的所述第一斜面的所述倾斜角大于位于屏幕内侧的所述表面微结构单元的所述第一斜面的所述倾斜角。

8. 根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的投影屏幕，其特征在于，各所述表面微结构单元是以旋转对称的方式布置的，并且各所述表面微结构单元的旋转中心轴线垂直于所述投影屏幕的平面且经过所述投影机的镜头的中心点。

9. 根据权利要求 8 所述的投影屏幕，其特征在于，各所述表面微结构单元中的所述第一斜面的所述倾斜角随着到所述旋转中心轴线的距离增大而逐渐增大。

10. 根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的投影屏幕，其特征在于，所述第一斜面 and 所述第二斜面经过表面粗糙化处理。

11. 根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的投影屏幕，其特征在于，所述反射层至少包括位于所述光扩散层侧的微结构层和位于所述光吸收层侧的内侧层，所述微结构层的折射率大于所述内侧层的折射率，所述微结构层上设置多个微结构单元，多个所述微结构单元在所述反射层的平面内连续延伸并且旋转对称，各所述微结构单元，其中每个微结构单元包括的两个相交平面被设置为使得所述投影光线连续在所述两个相交平面处发生全反射。

12. 根据权利要求 11 所述的投影屏幕，其特征在于，各所述微结构单元的所述微结构层设置成旋转对称的全反射棱镜，所述两个相交平面与平行于所述投影屏幕的平面的夹角分别为 θ_1 和 θ_2 ，且 θ_1 和 θ_2 满足关系： $\theta_1 + \theta_2 < 90^\circ$ 。

13. 根据权利要求 12 所述的投影屏幕，其特征在于，在多个所述微结构单元中，所述 θ_1 具有不同的角度且所述 θ_2 均等于 45 度。

5 14. 根据权利要求 12 所述的投影屏幕，其特征在于，在多个所述微结构单元中，所述 θ_1 具有不同的角度，并且所述 θ_2 也具有不同的角度。

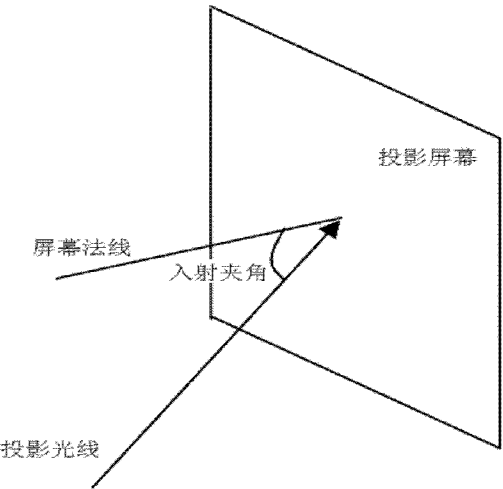
15. 根据权利要求 11 所述的投影屏幕，其特征在于，所述第一材料层的折射率 n_1 和所述内侧层的折射率 n_2 满足关系： $n_2 < n_1 - 0.2$ 。

10 16. 根据权利要求 11 所述的投影屏幕，其特征在于，所述投影屏幕还包括位于所述光反射层的背侧的光吸收层。

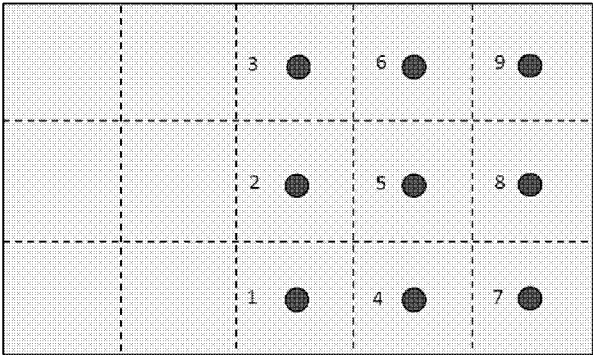
17. 一种投影系统，所述系统包括如权利要求 1 至 16 中任一项所述的投影屏幕以及所述投影机。

15

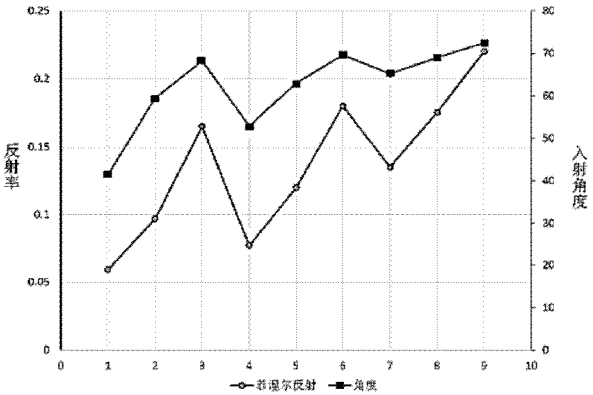
18. 如权利要求 17 所述的投影系统，其特征在于，所述投影机是位于所述投影屏幕下方的超短焦投影机。



a



b



c

图 1

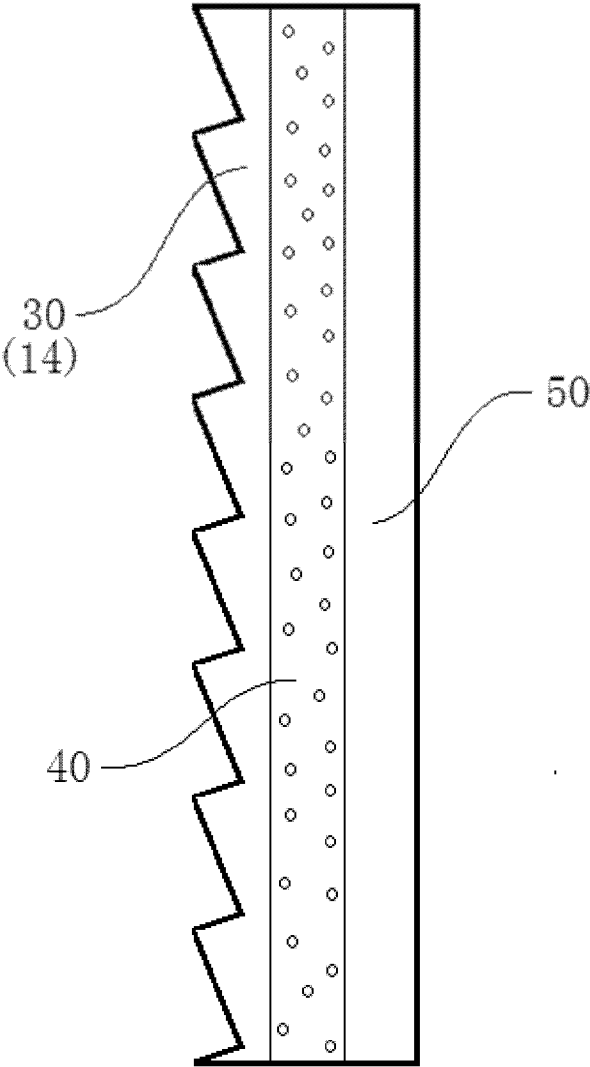


图 2

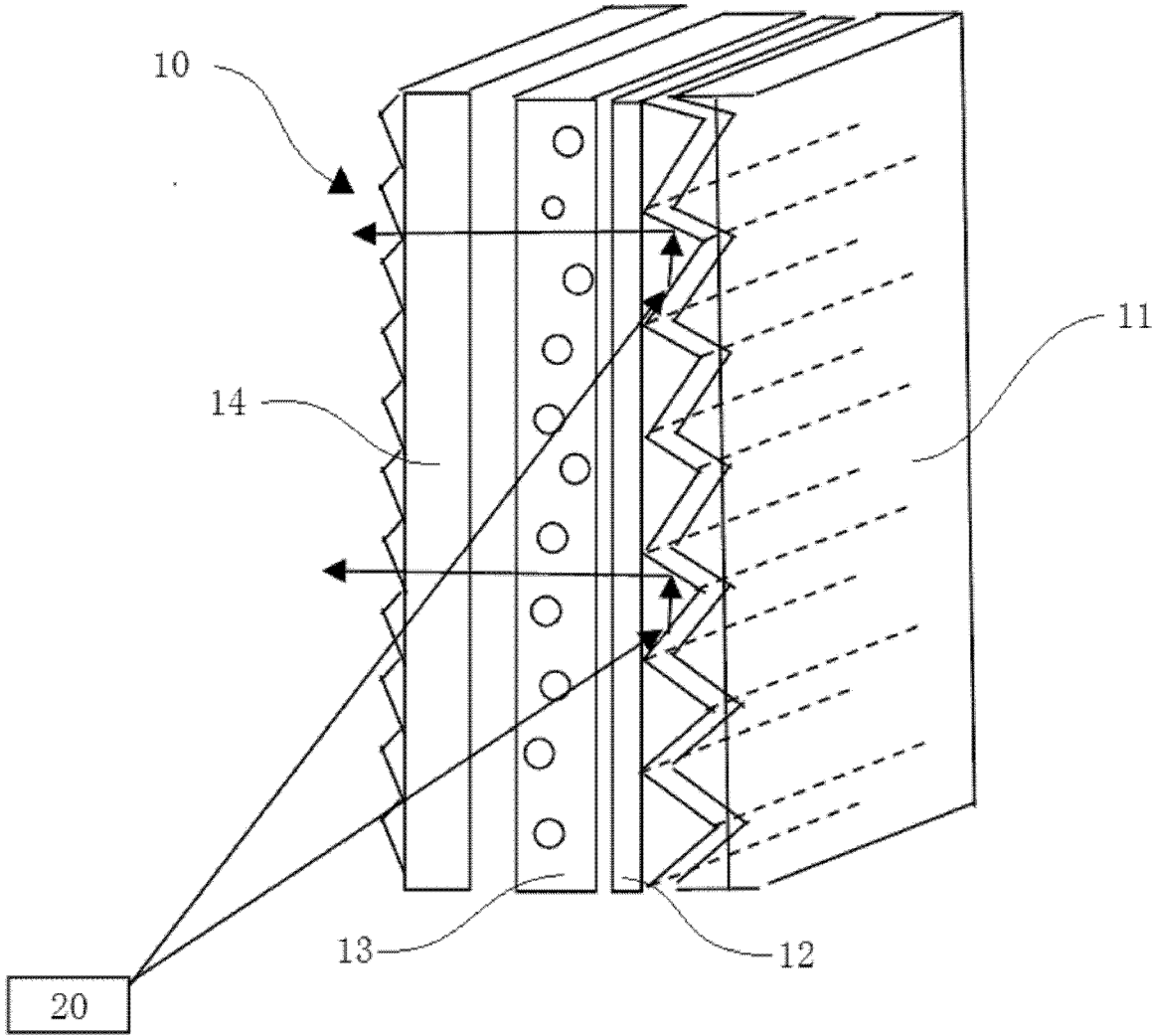


图 3

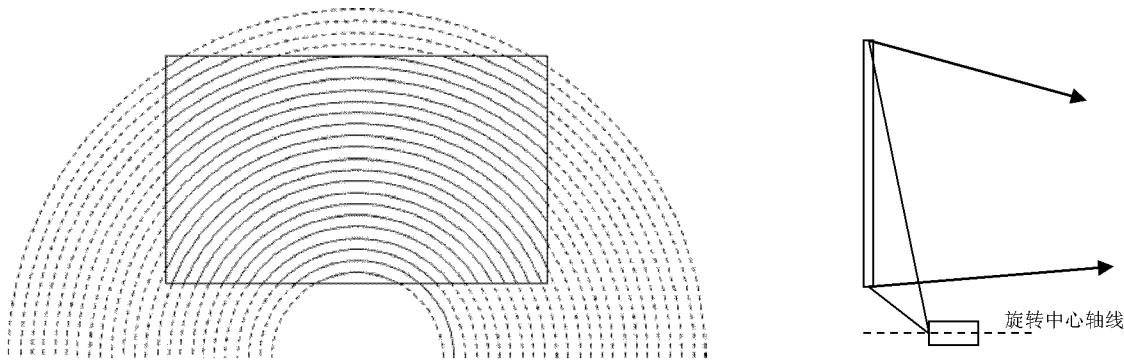


图 4

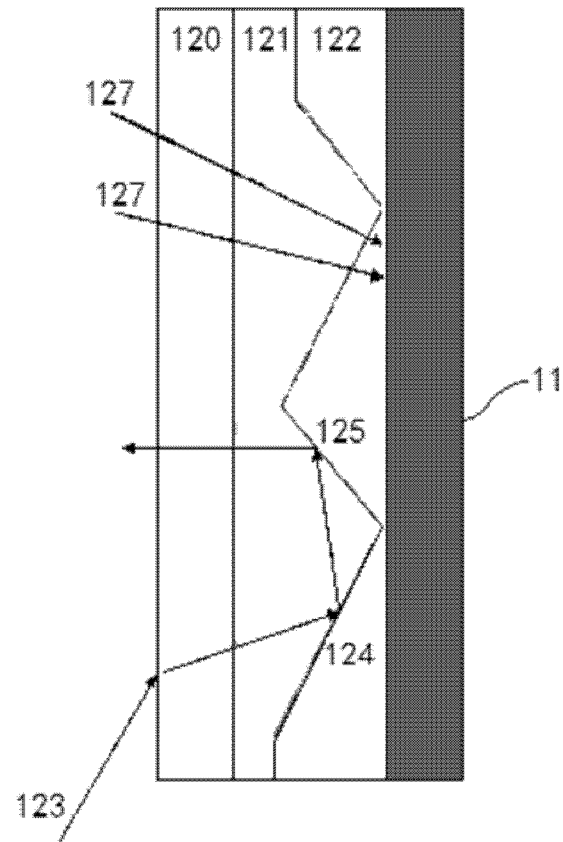


图 5

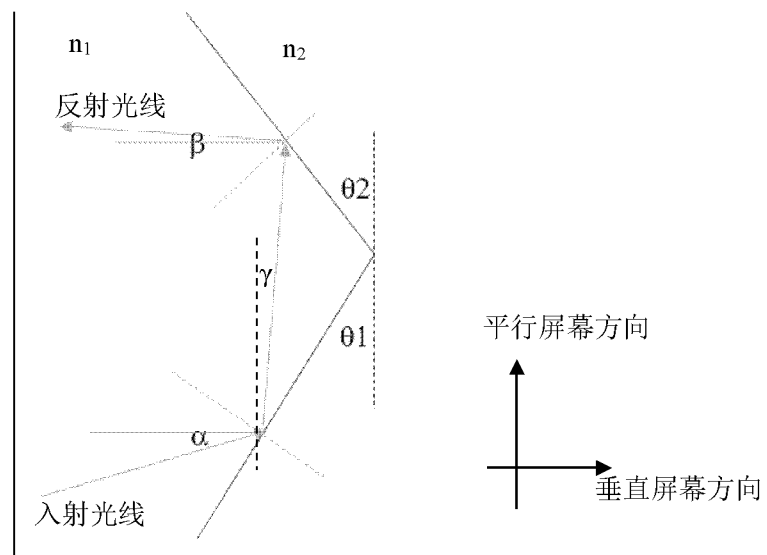
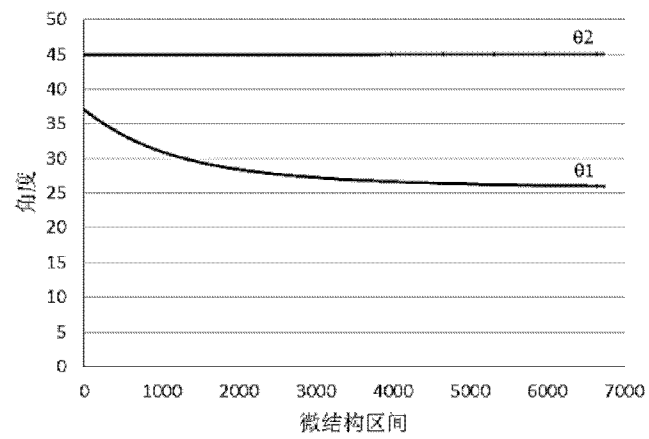
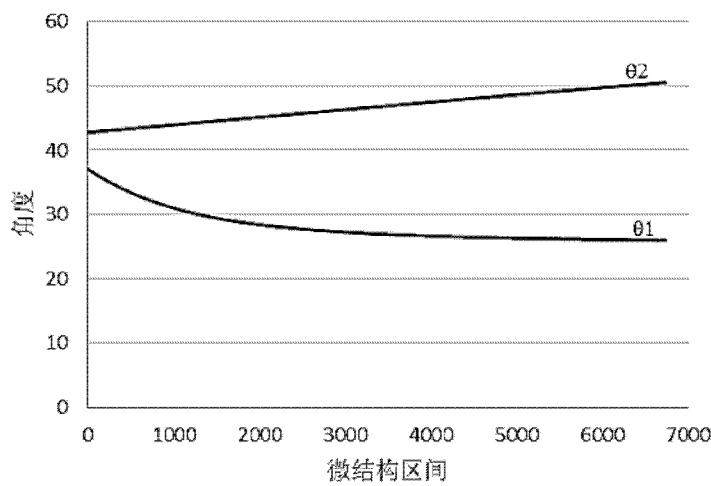


图 6



a



b

图 7

5

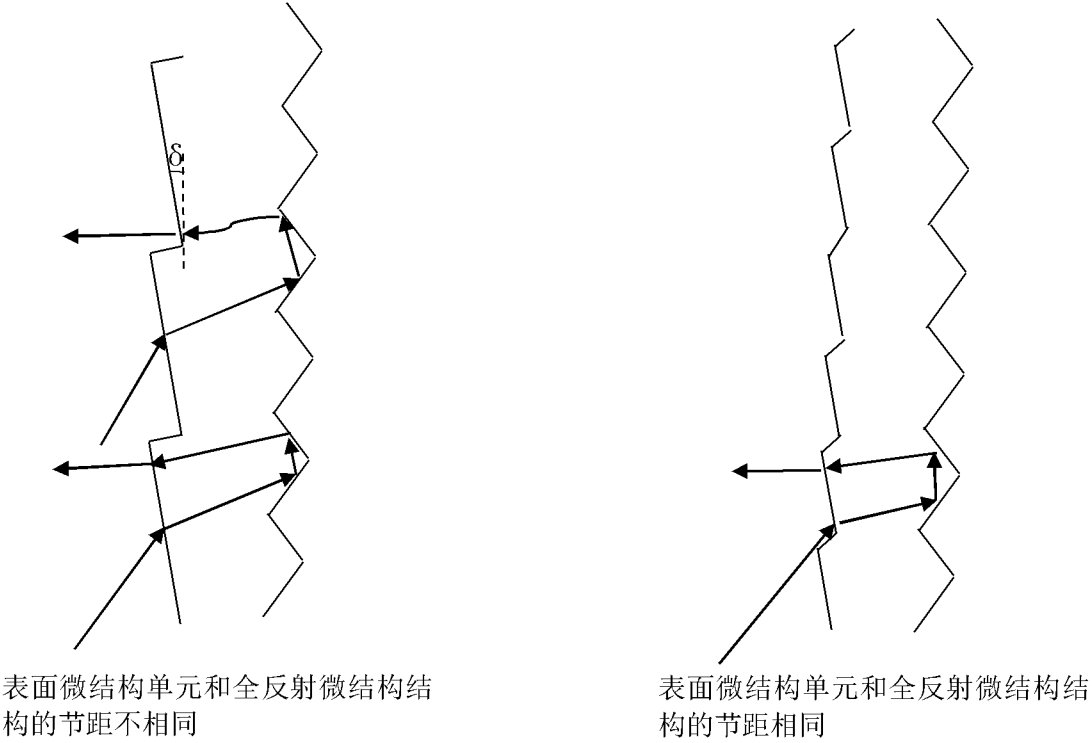


图 8

5

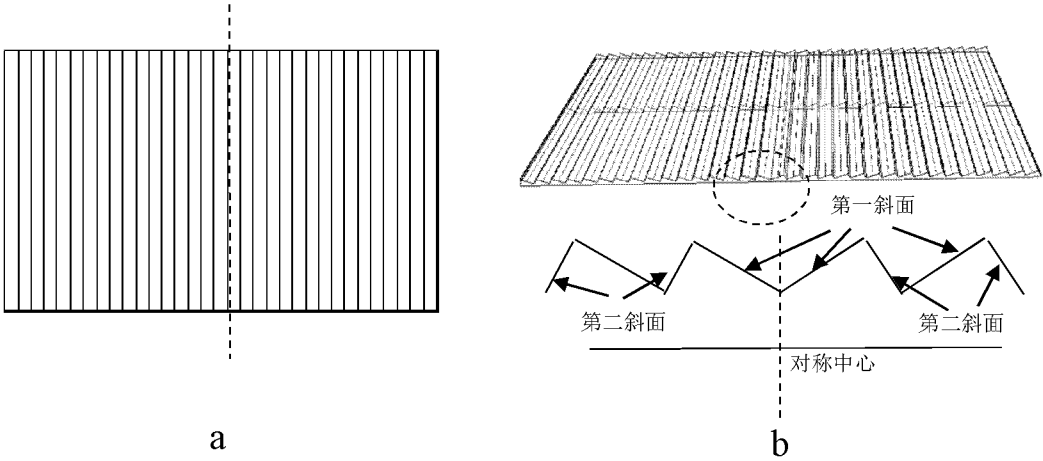


图 9

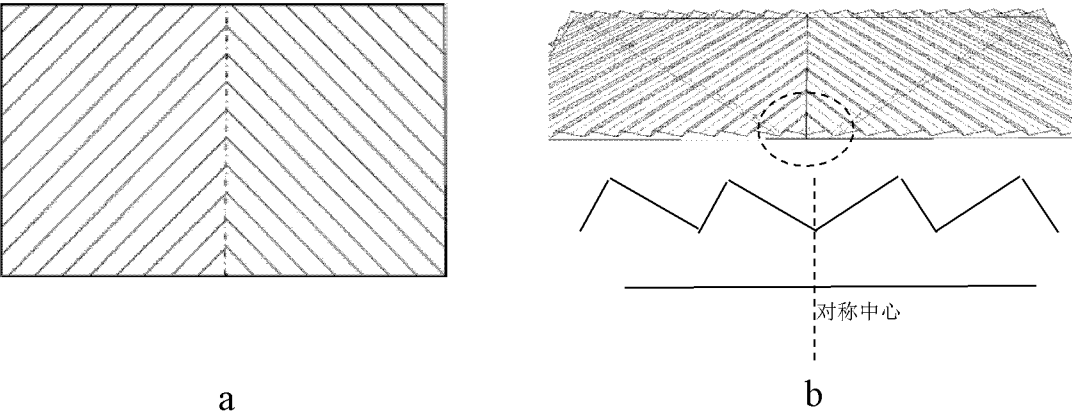


图 10

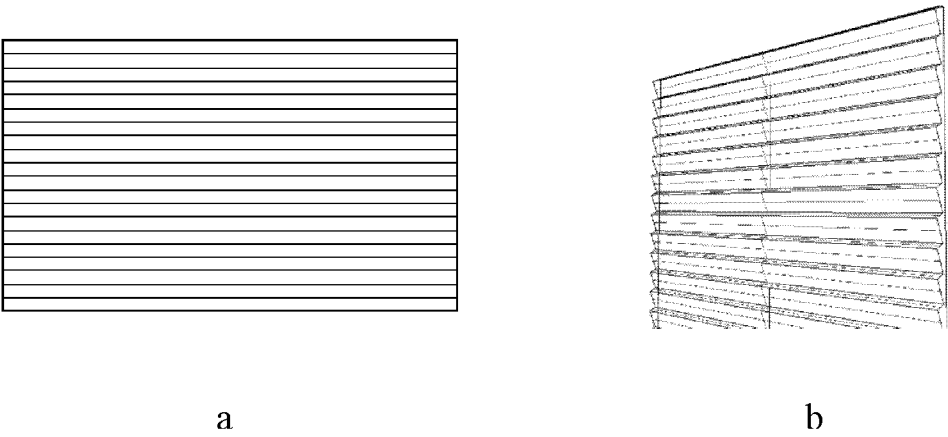


图 11

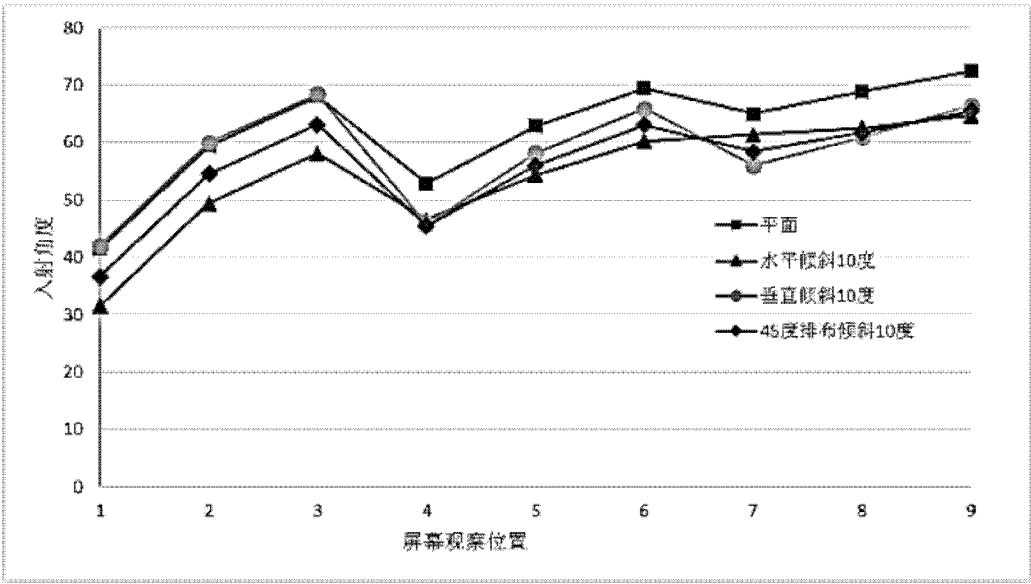


图 12

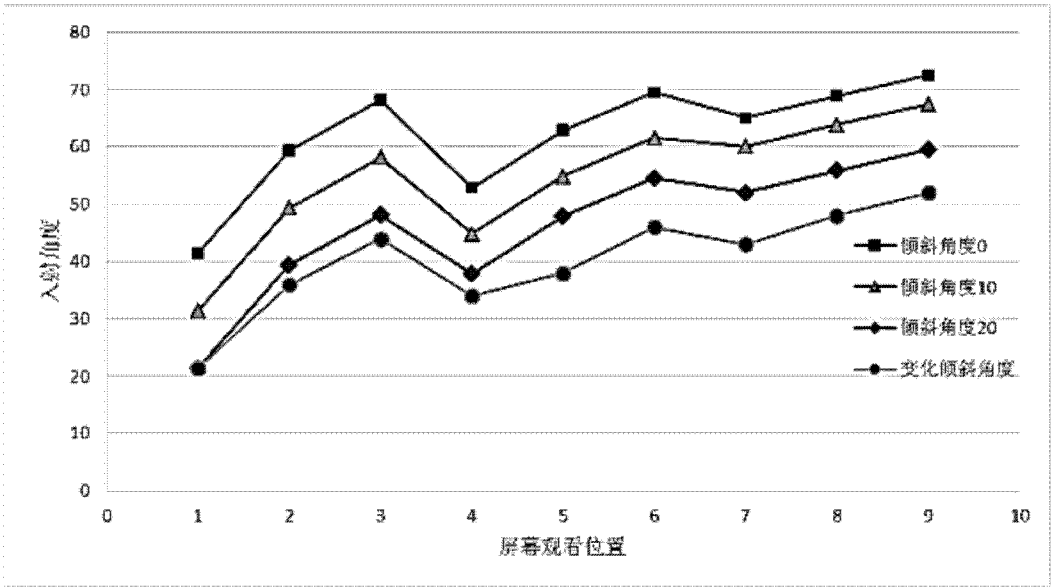


图 13

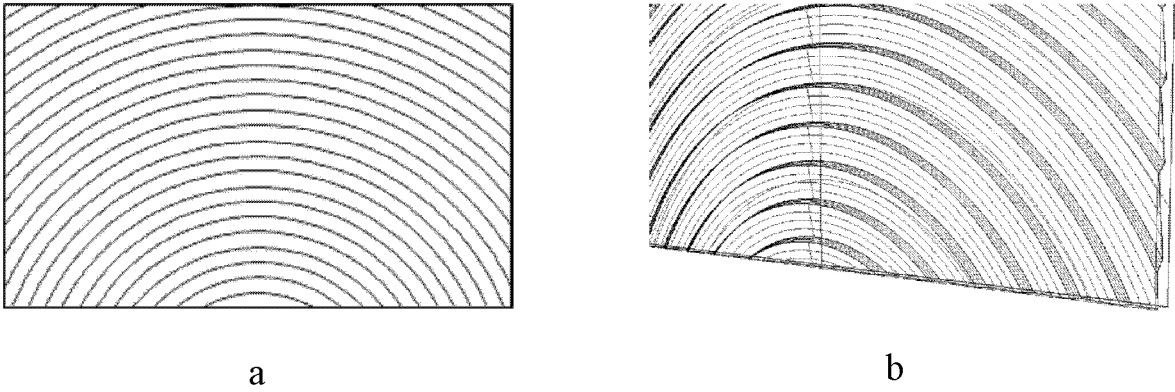


图 14

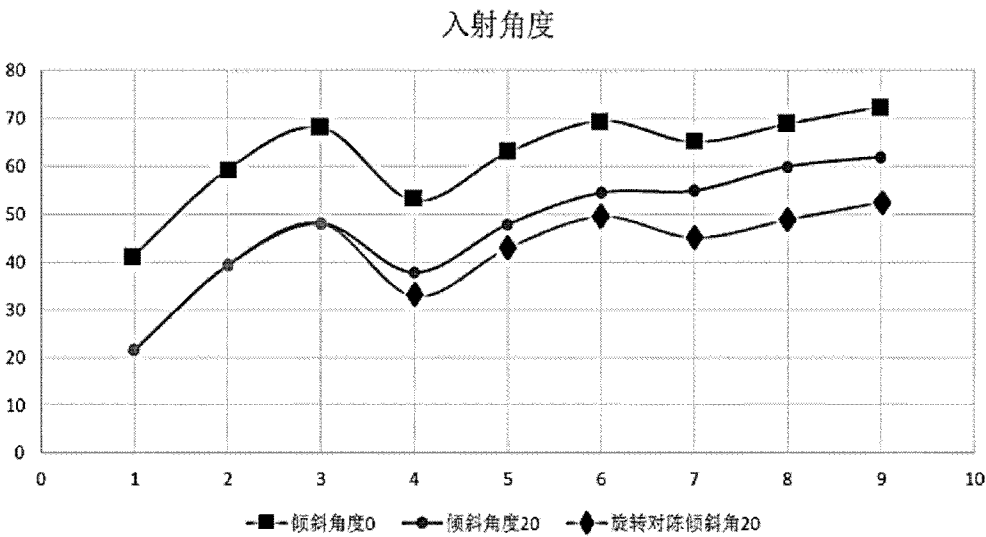


图 15

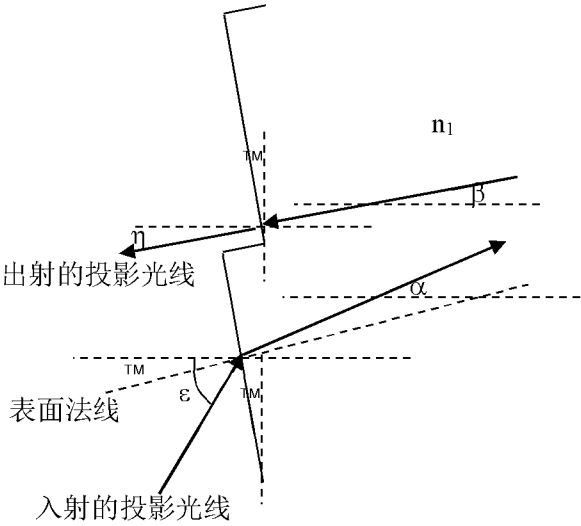


图 16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/114726

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G03B 21/60 (2014.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G03B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, EPODOC, WPI: 投影, 屏幕, 反射, 扩散, 散射, 角, 发散, 微结构, 周期, 排布, 斜面, project, screen, reflection, diffusion, scatter, angle, micro, structure, incline

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2013050646 A (DAINIPPON PRINTING CO., LTD.) 14 March 2013 (14.03.2013), description, paragraphs [0015]-[0037], and figures 1-3	1-18
X	JP 3736476 B2 (VICTOR CO. OF JAPAN) 18 January 2006 (18.01.2006), description, paragraphs [0010]-[0018], and figure 1	1-18
X	CN 104111580 A (WU, Xiaoping et al.) 22 October 2014 (22.10.2014), description, paragraphs [0010]-[0014], and figures 1-3	1-18
A	JP 2008139914 A (KYOCERA CORP.) 05 August 2010 (05.08.2010), entire document	1-18
A	JP 2012252269 A (DAINIPPON PRINTING CO., LTD.) 20 December 2012 (20.12.2012), entire document	1-18

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 19 April 2018	Date of mailing of the international search report 08 May 2018
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer YAO, Yuzhan Telephone No. (86-10) 53962564

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/114726

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 105204282 A (CORETRONIC CORPORATION) 30 December 2015 (30.12.2015), entire document	1-18
A	JP 2008076523 A (TOPPAN PRINTING CO., LTD.) 03 April 2008 (03.04.2008), entire document	1-18
A	JP 5828227 B2 (DAINIPPON PRINTING CO., LTD.) 02 December 2015 (02.12.2015), entire document	1-18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/114726

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2013050646 A	14 March 2013	None	
JP 3736476 B2	18 January 2006	JP 2003255468 A	10 September 2003
CN 104111580 A	22 October 2014	None	
JP 2008139914 A	05 August 2010	JP 4743540 B2	10 August 2011
JP 2012252269 A	20 December 2012	None	
CN 105204282 A	30 December 2015	TW I494681 B	01 August 2015
		JP 6081500 B2	15 February 2017
		US 2015362832 A1	17 December 2015
		JP 2016004268 A	12 January 2016
		US 9395616 B2	19 July 2016
		TW 201600917 A	01 January 2016
		CN 105204282 B	10 May 2017
JP 2008076523 A	03 April 2008	None	
JP 5828227 B2	02 December 2015	JP 2012252096 A	20 December 2012

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/114726

A. 主题的分类

G03B 21/60(2014.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G03B

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNPAT, CNKI, EPDOC, WPI: 投影, 屏幕, 反射, 扩散, 散射, 角, 发散, 微结构, 周期, 排布, 斜面, project, screen, reflection, diffusion, scatter, angle, micro, structure, incline

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	JP 2013050646 A (DAINIPPON PRINTING CO., LTD.) 2013年 3月 14日 (2013 - 03 - 14) 说明书第[0015]-[0037]段、附图1-3	1-18
X	JP 3736476 B2 (VICTOR CO. OF JAPAN) 2006年 1月 18日 (2006 - 01 - 18) 说明书第[0010]-[0018]段、附图1	1-18
X	CN 104111580 A (吴小平 等) 2014年 10月 22日 (2014 - 10 - 22) 说明书第[0010]-[0014]段、附图1-3	1-18
A	JP 2008139914 A (KYOCERA CORP.) 2010年 8月 5日 (2010 - 08 - 05) 全文	1-18
A	JP 2012252269 A (DAINIPPON PRINTING CO., LTD.) 2012年 12月 20日 (2012 - 12 - 20) 全文	1-18
A	CN 105204282 A (中强光电股份有限公司) 2015年 12月 30日 (2015 - 12 - 30) 全文	1-18
A	JP 2008076523 A (TOPPAN PRINTING CO., LTD.) 2008年 4月 3日 (2008 - 04 - 03) 全文	1-18

☒ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2018年 4月 19日

国际检索报告邮寄日期

2018年 5月 8日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

姚宇鹤

电话号码 86-(10)-53962564

C. 相关文件		
类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	JP 5828227 B2 (DAINIPPON PRINTING CO., LTD.) 2015年 12月 2日 (2015 - 12 - 02) 全文	1-18

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/114726

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
JP	2013050646	A	2013年 3月 14日	无			
JP	3736476	B2	2006年 1月 18日	JP	2003255468	A	2003年 9月 10日
CN	104111580	A	2014年 10月 22日	无			
JP	2008139914	A	2010年 8月 5日	JP	4743540	B2	2011年 8月 10日
JP	2012252269	A	2012年 12月 20日	无			
CN	105204282	A	2015年 12月 30日	TW	I494681	B	2015年 8月 1日
				JP	6081500	B2	2017年 2月 15日
				US	2015362832	A1	2015年 12月 17日
				JP	2016004268	A	2016年 1月 12日
				US	9395616	B2	2016年 7月 19日
				TW	201600917	A	2016年 1月 1日
				CN	105204282	B	2017年 5月 10日
JP	2008076523	A	2008年 4月 3日	无			
JP	5828227	B2	2015年 12月 2日	JP	2012252096	A	2012年 12月 20日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)