

(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
2018 年 5 月 24 日 (24.05.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/090565 A1

(51) 国际专利分类号:
G03H 1/04 (2006.01) **G02B 5/18** (2006.01)
G02B 5/32 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2017/081984

(22) 国际申请日: 2017 年 4 月 26 日 (26.04.2017)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201611033273.1 2016 年 11 月 16 日 (16.11.2016) CN

(71) 申请人: 苏州苏大维格光电科技股份有限公司 (SVG OPTRONICS, CO., LTD.) [CN/CN]; 中国江苏省苏州市苏州工业园区钟南街 478 号, Jiangsu 215026 (CN)。苏州大学 (SOOCHOW UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国江苏省苏州市苏州工业园区仁爱路 199 号, Jiangsu 215123 (CN)。

(72) 发明人: 浦东林 (PU, Donglin); 中国江苏省苏州市苏州工业园区钟南街 478 号, Jiangsu 215026 (CN)。陈林森 (CHEN, Linsen); 中国江苏省苏

州市苏州工业园区钟南街 478 号, Jiangsu 215026 (CN)。朱鹏飞 (ZHU, Pengfei); 中国江苏省苏州市苏州工业园区钟南街 478 号, Jiangsu 215026 (CN)。张瑾 (ZHANG, Jin); 中国江苏省苏州市苏州工业园区钟南街 478 号, Jiangsu 215026 (CN)。

(74) 代理人: 北京集佳知识产权代理有限公司 (UNITALEN ATTORNEYS AT LAW); 中国北京市朝阳区建国门外大街 22 号赛特广场 7 层, Beijing 100004 (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, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, 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,

(54) Title: VOLUME HOLOGRAPHIC ELEMENT, AND MANUFACTURING METHOD AND MANUFACTURING SYSTEM THEREFOR

(54) 发明名称: 一种体全息元件及其制作方法和制作系统

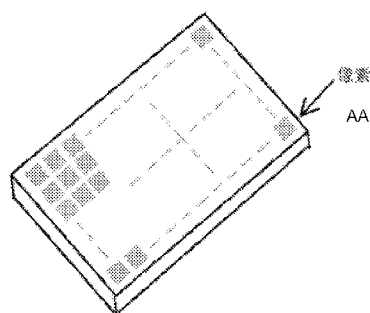


图 1

AA Pixel

(57) Abstract: Disclosed is a volume holographic element, comprising at least one pixelate information layer and at least one substrate layer. The information layer is arranged on the substrate layer, or the information layer is arranged between two adjacent substrate layers. From the profile of the volume holographic element, the information layer has an array-distributed pixelate stripe surface. Each stripe surface in each pixel is periodic, and forms an included angle with a substrate plane. Each pixel is a reflective Bragg volume grating. A manufacturing method and manufacturing system for a pixelate reflective volume holographic element. By regulating and controlling an interference light beam, performing pixelate stitching exposure on a photosensitive layer of a volume holographic recording material, and performing subsequent chemical or physical processing, a pixelate reflective volume holographic optical element with complex optical parameters is formed.

(57) 摘要: 一种体全息元件, 包括至少一像素化的信息层和至少一基材层, 信息层设置于基材层上, 或者信息层设置于相邻的两基材层之间。从体全息元件的剖面看, 信息层具有阵列分布的像素化的条纹面, 每个像素内部的条纹面具有周期性, 并且与基材平面具有夹角, 每个像素为反射布拉格体光栅。一种像素化反射体全息元件的制作方法 and 制作系统, 通过干涉光束调控、在体全息记录材料的感光层上进行像素化拼接曝光, 经后续化学或物理处理, 构成复杂光学参数的像素化的反射体全息光学元件。

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))。

一种体全息元件及其制作方法和制作系统

本申请要求于 2016 年 11 月 16 日提交中国专利局、申请号为 201611033273.1、发明名称为“一种体全息元件及其制作方法和制作系统”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

5 技术领域

本发明涉及一种体全息元件，具体涉及一种像素化反射体全息元件及其制作方法和制作系统。

背景技术

10 全息（Holography）是一种实现光场记录和再现的专业技术，按照全息材料的不同，分为平面全息和体全息技术。

近 20-30 年，平面全息技术在光谱测量用光栅、模压全息等领域实现了广泛的商业化应用，并成功实现了数字化制备，极大推进了该技术的应用范围。

15 体全息技术可以分为两个方向，一是三维体全息照相技术，二是体全息光学元件。

三维体全息照相技术：能够实现逼真的三维显示，美国 Zebra 公司，发明了数字化制备技术，但受制于三维全息图实际应用的局限性（观赏价值），该技术并没有规模化推广和应用。

20 体全息光学元件，当前的制备方法是在光学平台上进行干涉记录，主要应用是体全息光栅。特别是反射体全息元件，具有独特的高衍射效率、具有特定波长的选择性全反射成像和其他波长的透射光学特性。

早在 1978 年，美国专利 US4218111 就披露了飞机全息抬头显示方案。近年来，体全息光学元件在汽车 HUD、增强现实头盔等多领域应用的研究，25 使之再度成为了热点。

博士公司发明了具有全息元件的 HUD（PCT/EP2012/054788，WO2012156124 A1），利用全息光学元件来降低抬头显示器的空间需求，但并未将全息元件应用在挡风玻璃上。

德尔福（Delphi）公司提出了一种采用反射体位相光栅（RVPG）的汽

车 HUD 结构, 描述了用模压的方法制备反射体位相光栅 (EP2469324A1)。

索尼公司发明了虚拟显示装置 (PCT/JP2005/005761), 其中采用波导型反射体全息元件, 提出采用多个全息层的叠置体形式, 满足不同频带(波长)入射的平行光束。

5 美国专利 US20140168735A1, 提出了一种具有角度复用结构体光栅的波导型近眼显示方案, 可扩大视场角。

美国专利 US20100186818A1, 提出了一种太阳能电池的光收集方法, 利用波导布拉格体光栅进行光线收集和在波导结构中传播, 最后达到电池芯片, 同时利用体光栅的优化结构, 该方法可以收集多种角度入射的太阳光。
10

所以, 反射体全息光学元件在光场调制方面的特殊优点, 已经在飞机平显系统推广应用, 并且随着反射体全息元件技术的进一步创新, 将尤其适用于汽车抬头显示器 (Head Up Display)、增强现实显示 (Augmented Reality Display) 和虚拟现实显示等领域然而, 上述现有技术均未涉及反射体全息元件的具体实现方法。
15

现有技术中的全息光学器件的制作, 都采用在光学平台上搭建干涉光路, 在全息记录材料上一次性曝光, 形成整体干涉条纹分布, 经后续工艺处理, 完成全息光学元件的制备。但是该方法可靠性差, 造成制作的良率低, 短焦、多焦点等参数灵活性方面也具有局限性, 所以向更多的创新应用拓展能力不强。
20

发明专利 US20090304331, US7792003B2, CN102652384A 描述了制作体全息光栅的方法, 但都是针对特定器件的方法, 这些方法不具有通用性。

在体全息数字化制备技术方面,

25 Zebra 公司的方法 (Apparatus and method for replicating a hologram using a steerable beam US6266167B1) 是用空间光调制器产生物光, 与固定方向的参考光干涉, 用于数字化三维全息图, 并不能用于体全息光学元件。

上海大学提出了 “一种大幅面数字化全息打印装置和方法” (201510637022.3), 属于全息 3D 显示领域, 与 Zebra 公司的方法属于同一领域。
30

在体全息元件领域，目前未见提出像素化体全息元件的相关方案，现有技术中用光学平台制作体全息光学元件，具有几个方面的缺点：

1) 受光源功率和光学系统口径的限制，幅面无法做大，一般都在200mm以下幅面；

5 2) 光学平台干涉制作，需要长时间曝光，稳定性不足，成品率低；

3) 受光路中光学器件尺寸、焦距等参数的限制，全息光学元件的参数调控困难；

4) 传统光路的元器件固定，全息记录过程不易变化，所以制备短焦距、多焦点、渐变焦距、多波长等特殊的全息光学元件难度更大。

10 上述问题限制了体全息元件的应用，使其优越性得不到充分发挥。

发明内容

为了解决上述技术问题，本发明提供了一种体全息元件及其制作方法和制作系统，通过在体全息感光材料上进行干涉光束调控，像素化拼接曝光制作，最终构成具有复杂光学参数的反射体全息光学元件。本发明提出的这种新型体全息光学元件，将在增强现实、汽车抬头显示等领域具有重要应用价值。

为了达到上述目的，本发明的技术方案如下：

20 一种体全息元件，包括至少一像素化的信息层和至少一基材层，信息层设置于上述基材层上。

进一步地，上述体全息元件的信息层剖面具有像素化的条纹面，条纹面具有周期性，并且条纹面与基材层所在的平面具有夹角。

进一步地，上述条纹面与基材层所在的平面的夹角为0-85度之间。

进一步地，每个上述条纹面的周期范围为130nm~5 μ m。

25 进一步地，上述基材层设置有两层，上述信息层设置于两上述基材层之间。

进一步地，还包括基片，上述信息层和上述基材层设置于基片上。

进一步地，上述体全息元件还包括保护层，保护层设置于基材层和信息层相对于基片的另一侧。

进一步地，上述基材层为薄膜或玻璃。

进一步地，上述信息层为光致聚合物、重铬酸明胶、卤化银材料或者光折变玻璃基片的任意一种体全息材料。

进一步地，上述体全息材料的厚度 10um-150um，可感光范围
5 400nm-650nm。

本发明还公开了一种上述体全息元件制作方法，通过至少两束细光束从体全息记录材料的两面分别入射，形成干涉区域，记录体光栅像素，材料与像素步进移动，通过二维拼接记录，完成具有一定幅面的反射体全息元件制作。

10 进一步地，入射的光束有两个角度参数，一是入射光束与材料表面法线的夹角 θ ，二是入射光束的方向角 α ，入射光路的入射点为 o ， θ 和 α 这两个参数确定了入射光束的方向，第一入射光束和第二入射光束的入射角度参数分别为 $\theta 1$ 、 $\alpha 1$ 和 $\theta 2$ 、 $\alpha 2$ ， $\theta 1$ 、 $\alpha 1$ 和 $\theta 2$ 、 $\alpha 2$ ，结合体光栅像素的坐标 x 、 y ，形成了六个独立变量，根据预先设计的数据规律量化这
15 些变量之间的对应关系，将体光栅像素拼接记录。

进一步地，上述体全息记录材料为银盐乳剂、重铬酸盐明胶、光折变玻璃、光折变晶体或光致聚合物的任意一种。

本发明还公开了一种上述体全息元件的制作系统，制作系统包括：

光源；

20 外光路，用于实现反射、分束、扩束基本功能的光路结构；

至少两光束调控单元，用于实现全息记录光束的角度的调节，并且在调控过程中保持记录点位置不变；

载物台，用于放置体全息记录材料，作步进运动，实现像素拼接功能；

控制单元，根据预先给定的数据，发出相应的调控指令；

25 驱动单元，接收控制单元的指令，实现驱动作用。

进一步地，上述光源为激光器。

进一步地，上述光束调控单元包括光学零件和精密运动零件，实现入射光束与材料表面法线的夹角和入射光束的方向角的调节，通过驱动位相光学元件在光路上位置和旋转角度，在记录面像素内部形成不同取向的干涉条纹面。
30

本发明提供的体全息元件及其制作方法和制作系统，通过专门设计的光机电一体化系统，进行干涉光束调控，在体全息感光材料上进行像素化拼接曝光，经后续处理，最终构成具有复杂光学参数的像素化反射体全息光学元件，本发明提出了一种新的体全息光学元件，将在增强现实、汽车

5 抬头显示等领域具有重要应用价值。建立数字化反射全息干涉直写系统，通过角度和方向可调控的相干光束，在体全息材料内部形成具有不同周期和取向的像素化干涉条纹面分布和像素化阵列分布，构成反射体全息元件。通过上述技术手段，本发明具有如下优点：设计指定的反射成像功能、可以有更高的均匀性、更短焦距、更大幅面，一个及以上的成像焦点、一种

10 及以上的颜色反射成像、可以同轴也可离轴反射成像和同时其他波长光全透射，几乎对特定波长的全反射成像效率和其它波长的几乎全透射功能。

附图说明

- 图 1 为本发明实施例中像素结构反射体全息元件示意图。
- 15 图 2 为本发明实施例中反射体全息元件剖面示意图。
- 图 3 为本发明实施例中一种实施方式下像素化反射体全息元件的结构示意图。
- 图 4 为本发明实施例中另一种实施方式下像素化反射体全息元件的结构示意图。
- 20 图 5 为本发明实施例中另一种实施方式下像素化反射体全息元件的结构示意图。
- 图 6 为本发明实施例中另一种实施方式下像素化反射体全息元件的结构示意图。
- 图 7 为本发明实施例中光束的入射示意图 1。
- 25 图 8 为本发明实施例中光束的入射示意图 2。
- 图 9 为本发明实施例中光束的入射示意图 3。
- 图 10 为本发明实施例中光束的入射示意图 4。
- 图 11 为本发明实施例中光束的入射示意图 5。
- 图 12 为本发明实施例中一种实施方式下像素化反射体全息制作系统

的结构示意图。

图 13 为本发明实施例中另一种实施方式下像素化反射体全息制作系统的结构示意图。

图 14 为本发明实施例中另一种实施方式下像素化反射体全息制作系
5 统的结构示意图。

图 15 为本发明实施例中一种实施方式下体全息记录材料的入射示意图。

图 16 为本发明实施例中另一种实施方式下体全息记录材料的入射示意图。

10 图 17 为本发明实施例中另一种实施方式下体全息记录材料的入射示意图。

图 18 为本发明实施例中像素化反射体全息元件的光线调制示意图。

图 19 为本发明实施例中一种实施方式下亚像素化反射体全息元件的光线调制示意图。

15 图 20 为本发明实施例中另一种实施方式下亚像素化反射体全息元件的光线调制示意图。

图 21 为本发明实施例中一种实施方式下体全息光学元件的人眼视网膜成像示意图。

20 图 22 为本发明实施例中另一种实施方式下体全息光学元件的人眼视网膜成像示意图。

图 23 为本发明实施例中另一种实施方式下体全息光学元件的人眼视网膜成像示意图。

具体实施方式

25 下面结合附图详细说明本发明的优选实施方式。

本实施例主要描述了一种像素化反射体全息元件，形成具有上述功能的反射成像和前方光的透射功能。该像素化反射体全息元件由基材、基材上的体全息信息层组成，在信息层内部的反射全息像素阵列，像素单元中含有一系列干涉条纹面，干涉条纹面平行或与基材表面有夹角，这些阵列

分布的、具有不同参数的像素单元，不但可以实现传统体全息元件的功能，还可实现复杂焦距、多焦点等光学参数的调控，夹角变化和分布取决于反射体全息元件的成像特性需求。

5 本发明同时提出上述像素化反射体全息元件的制备方法，建立数字化反射全息干涉直写系统，通过角度和方向可调控的相干光束，在体全息材料内部形成具有不同周期和取向的像素化干涉条纹面分布和像素化阵列分布，构成反射体全息元件。

通过上述全息元件结构和制备方法，具有如下优点：设计指定的反射成像功能、可以有更高的均匀性、更短焦距、更大幅面，一个及以上的成像焦点、一种及以上的颜色反射成像、可以同轴也可离轴反射成像和同时
10 其他波长光全透射，几乎对特定波长的全反射成像效率和其它波长的几乎全透射功能，给反射体全息元件设计和应用带来灵活性。

下面将通过具体实施例，加以详细描述。

1) 像素化反射体全息元件结构

15 如图 1-2 所示，本实施例提出像素化体全息元件的结构，整个反射体全息元件由阵列像素化的条纹面构成，每个像素条纹面具有特定的周期，并且与基片平面呈一定的角度。

每个像素即反射布拉格光栅，具有满足体全息布拉格条件的光线调制功能，每个条纹面的周期和角度参数根据体全息元件的具体使用需求参数
20 进行像素量化计算，这些阵列光栅的组合，满足体全息元件的总体使用要求。

反射体全息元件由基材层和信息层组成。

基材优选聚酯薄膜，具有良好的光学透过率，一般地>92%。

25 基材也可以选择光学玻璃，在波导应用时，基材优选是玻璃，具有良好的波导功能。

信息层原材料为光致聚合物材料、重铬酸明胶、卤化银材料或者光折变玻璃基片的任意一种体全息感光材料。优选为光致聚合物材料，感光层厚度 10um-150um，可感光范围 400nm-650nm。

30 如果基材为软性薄膜基材，反射体全息元件一般会与硬质的玻璃基片等贴合使用。

该类反射体全息元件一般与透明基片贴合使用，反射体全息元件对特定的窄带波长范围进行调制，其他光透明，这种器件具有在可见光区的总透过率大于 70%。一般地，像素内部的干涉条纹面与基片平面的夹角变化范围：0 度-85 度。干涉条纹面的最小周期间隔为记录光波长的二分之一，

5 一般地，条纹面的周期范围 130nm~300nm，对应的波长范围：263nm-632.8nm，反射全息具有良好的波长选择性和角度选择性，在可见光范围内的光谱带宽 2nm-30nm。一般地，在满足再现条件下的反射全息元件的衍射效率>90%。这种薄膜具有像素化单色反射成像功能、也可具有像素化彩色反射成像功能；

- 10 像素排列形成元件，像素内部干涉条纹面的尺度在 130 纳米~5 微米。具有单一反射成像焦点、也可多个反射焦点（视点）；

反射全息元件由像素阵列构成，根据设计，通过不同夹角变化的像素的排列可形成不同反射成像特性和透射特性，如对特定波长具有反射成像功能，同时对其他波长全透射，反射成像透镜的焦比 $1/F < 1/1 \sim 1/100$ 。

- 15 像素的尺寸根据实际需求的调制精度，一般从 10 μm 至 1mm。

如图 3-6 所示，本实施例体全息光学元件，根据实际应用情况，可以分成两类，第一类是空气入射型，第二类是波导入射型。

空气入射型，入射光线在空气中入射到体全息光学元件，入射光线受到调制衍射。

- 20 在具体使用时，可以有三种实施方案，第一种方案是如图 3 示，信息层可与入射光直接接触，基片、基材层、信息层以此层叠。第二种方案如图 4 所示，是在第一种方案的基础上增加保护层，即基片、基材层、信息层的表面设置有保护层，基片、基材层、感光层、保护层以此层叠，保护层与入射光线直接接触。第三种方案是如图 5 所示，感光层与基片贴合，
- 25 基片、信息层、基材层依次层叠，基材层与入射光线接触。在基片为透明的情况下，空气入射型体全息光学元件可用于汽车增强现实 HUD 等领域。

波导入射型，入射光在基片中通过波导传播方式入射，这种情况入射角度较大，一般大于 42 度，如图 6 所示。在具体应用时，波导方式的光路结构紧凑，适合近眼显示如 AR 眼镜、头盔等应用。

- 30 在本发明的其他实施例中，基材层具体可以选择设置有两层，信息层

设置于两基材层之间。

2) 数字化体全息元件记录方法与系统

同时, 本发明提出一种新型的双光束干涉直写系统, 两束光在记录材料两面分别入射, 在材料内部进行像素化干涉, 形成像素化布拉格体光栅, 相对于材料表面法线方向, 两入射光与法线的夹角、入射光的方向角都分别可调节, 从而实现了像素化体光栅周期和光栅方向的可调控, 该干涉直写系统, 根据预定的数据格式, 通过像素拼接的方法, 完成体全息光学元件的制备。具体说明如下:

(1) 体全息记录的原理

如图 7-8 所示, 两束相干激光分别从材料的两边入射到记录材料上, 在体全息记录材料内部将形成干涉条纹 (或者是干涉条纹的潜影, 根据记录材料的具体工艺要求), 这类体全息记录材料主要有银盐乳剂、重铬酸盐明胶、光折变玻璃、光折变晶体、光致聚合物。在空间上, 干涉条纹呈页状, 在体全息材料内容分层分布, 示意图如下图所示。干涉条纹的周期 d 、双光束夹角 2θ 、激光波长 λ , n 为介质折射率, 满足以下关系:

$$2 \cdot n \cdot d \cdot \sin \theta = \lambda$$

(2) 本发明双光束干涉方案

如图 9-11 所示, 本发明提出像素化的反射体全息制作方案, 具体是通过两束细光束 (光束 1 和光束 2), 从体全息记录材料的两面分别入射, 形成干涉区域, 记录体光栅像素, 材料与干涉像素步进移动, 通过二维拼接记录, 完成具有一定幅面的反射体全息元件制作。

一般来说, 光束 1 和光束 2 不具有对称性, 具备不同的入射角度参数, 光束入射角度说明如下。

入射的光束有两个角度参数, 一是入射光束与材料表面法线的夹角 θ , 二是入射光束的方向角 α , 入射光路的入射点为 o 。 θ 和 α 这两个参数确定了入射光束的方向。

入射光束 1 和入射光束 2 的入射角度参数分别为 $\theta 1$ 、 $\alpha 1$ 和 $\theta 2$ 、 $\alpha 2$, 这 4 个参数的决定了像素体光栅的周期和光栅方向, 这四个变量独立调节, 就实现了像素体光栅的任意调控。

$\theta 1$ 、 $\alpha 1$ 和 $\theta 2$ 、 $\alpha 2$, 结合体光栅像素的位置坐标 x 、 y , 形成了 6

个独立变量，根据预先设计的数据规律量化这些变量之间的对应关系，将体光栅像素拼接记录，就形成了数字化反射体光栅元件的制备方案。

特殊的，如 $\theta 1$ 、 $\alpha 1$ 和 $\theta 2$ 、 $\alpha 2$ 均为固定值，即相当于两束平行光干涉，制备形成反射体全息光栅，具有窄带波段反射功能。

5 如 $\theta 1$ 、 $\alpha 1$ 和 $\theta 2$ 、 $\alpha 2$ 为点光源与 xy 坐标的对应量化值，制备形成反射体全息透镜，同时具备窄带波段反射和成像功能。

如 $\theta 1$ 、 $\alpha 1$ 和 $\theta 2$ 、 $\alpha 2$ 为多点光源或者线光源与 xy 坐标的对应量化值，制备形成多焦点或者渐变焦点反射全息透镜。

10 如 $\theta 1$ 、 $\alpha 1$ 为实物的物光量化， $\theta 2$ 、 $\alpha 2$ 为平行光，将制备形成数字化的反射全息图。

(3) 数字化体全息光学元件制备系统

如图 12 所示，为了实现上述 6 个独立变量的控制，本发明提出了数字化反射体全息光学元件的通用制备系统，主要由以下几个部分组成：

15 激光器，为具有一定相干长度的单色光源，需要满足全息曝光的条件。这一类激光器的类型一般有氩离子气体激光器、氦隔气体激光器、单纵模半导体激光器等。

外光路，为实现反射、分束、扩束等基本功能的光路结构。

20 光束 1 调控单元、光束 2 调控单元，为本系统的核心组成部分，该调控单元可以实现全息记录光束的 θ 和 α 值调节，并且在调控过程中保持记录点位置不变。该调控单元可由光学零件和精密运动零件组成，实现 θ 和 α 值调节。具体技术方案这里不做详细描述，可采用含有位相光学元件的变标度傅里叶变换系统和投影系统组成可调制光线角度光学装置。通过驱动位相光学元件在光路上位置和旋转角度，在记录面像素上内部形成不同取向的干涉条纹面。

25 镂空载物台和运动平台，用于放置体全息记录材料，作 XY 步进运动，用于实现像素拼接功能。

控制单元，为系统的控制中心，根据预先给定的（如 $\theta 1$ 、 $\alpha 1$ 、 $\theta 2$ 、 $\alpha 2$ 、 x 、 y 6 个独立变量）数据，发出相应的调控指令。

驱动单元，接收控制单元的指令，驱动激光器、电机等部件。

30 上述部分，结合控制软件，组成完整的数字化体全息光学元件制备系

统。在使用时，平台移动、光束调制、激光控制协调工作，进行像素化直写曝光，若干像素组合构成了数字化反射体全息元件。

(4) 其他光刻系统结构

如图 13 所示，如果 θ_1 、 α_1 、 θ_2 、 α_2 四个变量中， $\theta_1 = \theta_2$ 、 $\alpha_1 = \alpha_2$ ，属于对称结构的反射体全息光学元件，可以制备系统可以简化为如下单光束结构，在体全息材料和载物台之间放置一镜面反射器件，这种反射器件可以是反射膜或者反射镜，入射光束和反射光束形成干涉，其体光栅的结构与材料表面平行。

如图 14 所示，更加一般的情况，激光器采用多个不同波长的组合，可以制备适用于多波长的反射体全息元件，例如，红、绿、蓝三色激光器的组合，实现全彩色体全息元件的制备。

需要指出的是，体全息材料都具备复用记录特性，具有强大的信息存储能力，所以反射体全息像素的拼接方案，可以充分利用该特性，做角度和波长复用记录。

15 折射率匹配的浸入式直写方式：（制作波导型器件）

我们知道，由折射定律的限定（ $n_1/n_2 = \sin(\theta_2)/\sin(\theta_1)$ ， n_1 为光疏介质， n_2 为光密介质， θ_1 为入射角， θ_2 为折射角），当光由光疏介质进入光密介质时，折射角不会超过全反射角，所以上述直写系统在空气中进行器件制备时，器件的条纹面空间频率受到了限制，不能够满足波导型反射全息器件的要求。

鉴于上述情况，本发明提出，采用折射率匹配的直写方式来满足波导型器件的制作要求。如图 15 所示，入射光束无折射率匹配时，在记录材料内部的折射角有限制；如图 16 所示，匹配液体的折射率与体全息记录材料的折射率相同或相近，入射光束可以超过全反射角进入体全息记录材料，实现可以满足波导入射条件的条纹面记录。根据实际波导器件的使用情况，记录材料两边的双光束，一束应使用折射率匹配方案，另一束可不使用折射率匹配方案。

多衍射视角的反射体全息元件的直写方式：

传统反射体全息元件内部为单一规律的干涉条纹面，在作成像应用时只有一个视角，如果反射体全息元件具有多个反射视角，对于 3D 和增大

视角具有重要意义。数字化反射体全息制作方案，使制作多视角反射体全息元件成为可能。

本发明提出采用多光束干涉的方法制备具有多视角的反射体全息像素，具体是一束光通过其中一个光束调控单元后，可以分成多束照射到记录材料上，与另外一束光进行多光束干涉，从而形成多条纹面分布。如图 17 所示。

多光束的具体实现手段，可以采用达曼光栅、二元光学等分束器件，配合傅里叶光学系统，最后多光束会聚到记录材料上。

3) 像素化体全息元件应用实施例:

10 反射全息元件: 如图 18 所示, 像素排列和内部干涉条纹面的结构按照全息透镜的分布排列, 形成具有选择成像特性的反射全息透镜, 透镜的焦距取决于干涉光学系统的最大角度变化。

15 反射全息元件: 如图 19 所示, 按照亚像素阵列排列, 每组亚像素阵列的结构分布按照上述要求排列, 形成具有不同焦距的多焦点透镜, 焦点的位置和角度, 可以根据要求设定。

反射全息元件: 如图 20 所示, 按照亚像素阵列排列, 其中部分亚像素阵列的结构分布按照上述要求排列, 其他亚像素阵列的结构分布可以空白, 形成具有具有抽样特点的透镜。可调整反射图像的亮度与透射景观的对比度。

20 反射全息元件在抬头显示器的应用: 如图 21 所示, 以薄膜形式贴合在挡风玻璃上, 将来自下方或者上方的投影光学图像选择性反射成像, 在驾驶员的眼镜上形成虚像, 汽车前方的景象全透射。

25 全息 HUD 的优点: 与传统液晶透镜系统相比, 全息光学系统的光能损失小, 采用小功率光源, 预期能够实现 10000nit 高亮度图像的输出; 可以设计多焦点成像薄膜, 实现驾驶员前方不同距离的投影; 实现大视角图像, 预期达到 30 度以上, 从而真正实现增强现实 HUD, 投射信息与实物融合。

30 反射全息元件在增强现实头盔上的应用: 如图 22 所示, 以单层或多层薄膜形式贴合玻璃镜片上, 将来自上方的微投影光学图像通过波导形成选择性反射, 在人眼视网膜上形成虚像, 前方景象全透射。

如图 23 所示，波导应用，波导型光学系统，具有结构紧凑的优点，在增强现实眼镜或头盔具有重要应用前景，光学图像投影进入波导结构，在反射体全息元件上衍射，透过波导进入人眼。附图投影光线进入波导采用了体全息元件耦合方案描述，实际也可使用棱镜耦合等其他方案。波导型器件的制备，使用上述的浸入式直写方案是优选方法。

以上所述的仅是本发明的优选实施方式，应当指出，对于本领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明创造构思的前提下，还可以做出若干变形和改进，这些都属于本发明的保护范围。

权 利 要 求

1、一种体全息元件，其特征在于，包括至少一像素化的信息层和至少一基材层，所述信息层设置于所述基材层上。

2、根据权利要求 1 所述的体全息元件，其特征在于，所述体全息元件的信息层剖面具有像素化的条纹面，所述条纹面具有周期性，并且条纹面与基材层所在的平面具有夹角。

3、根据权利要求 2 所述的体全息元件，其特征在于，所述条纹面与基材层所在的平面的夹角为 0-85 度之间。

4、根据权利要求 2 所述的体全息元件，其特征在于，每个所述条纹面的周期范围为 130nm~5um。

5、根据权利要求 1 所述的体全息元件，其特征在于，所述基材层设置有两层，所述信息层设置于两所述基材层之间。

6、根据权利要求 1 所述的体全息元件，其特征在于，还包括基片，所述信息层和所述基材层设置于所述基片上。

7、根据权利要求 6 所述的体全息元件，其特征在于，所述体全息元件还包括保护层，所述保护层设置于基材层和信息层相对于基片的另一侧。

8、根据权利要求 1 所述的体全息元件，其特征在于，所述基材层为薄膜或玻璃。

9、根据权利要求 1 所述的体全息元件，其特征在于，所述信息层为光致聚合物、重铬酸明胶、卤化银材料或者光折变玻璃基片的任意一种全息感光材料。

10、根据权利要求 9 所述的体全息元件，其特征在于，所述信息层的厚度 10um-150um，其体全息记录材料的可感光范围 400nm-650nm。

11、一种如权利要求 1 所述的体全息元件制作方法，其特征在于，通过至少两束细光束从体全息记录材料的两面分别入射，形成干涉区域，记录体光栅像素，材料与像素步进移动，通过二维拼接记录，完成具有一定幅面的反射体全息元件制作。

12、根据权利要求 11 所述的体全息元件制作方法，其特征在于，入射的光束有两个角度参数，一是入射光束与材料表面法线的夹角 θ ，二是入

射光束的方向角 α ，入射光路的入射点为 o ， θ 和 α 这两个参数确定了入射光束的方向，第一入射光束和第二入射光束的入射角度参数分别为 $\theta 1$ 、 $\alpha 1$ 和 $\theta 2$ 、 $\alpha 2$ ， $\theta 1$ 、 $\alpha 1$ 和 $\theta 2$ 、 $\alpha 2$ ，结合体光栅像素的坐标 x 、 y ，形成了六个独立变量，根据预先设计的数据规律量化这些变量之间的对应关系，将体光栅像素拼接记录。

13、根据权利要求 11 所述的体全息元件制作方法，其特征在于，所述体全息记录材料为银盐乳剂、重铬酸盐明胶、光折变玻璃、光折变晶体或光致聚合物的任意一种。

14、一种如权利要求 1 所述体全息元件的制作系统，其特征在于，包括：

光源；

外光路，用于实现反射、分束、扩束基本功能的光路结构；

至少两光束调控单元，用于实现全息记录光束的角度的调节，并且在调控过程中保持记录点位置不变；

15 载物台，用于放置体全息记录材料，作步进运动，实现像素拼接功能；
控制单元，根据预先给定的数据，发出相应的调控指令；
驱动单元，接收控制单元的指令，实现驱动作用。

15、根据权利要求 14 所述的体全息元件制作系统，其特征在于，所述光源为激光器。

20 16、根据权利要求 14 所述的体全息元件制作系统，其特征在于，所述光束调控单元包括光学零件和精密运动零件，实现入射光束与材料表面法线的夹角和入射光束的方向角的调节，通过驱动位相光学元件在光路上位置和旋转角度，在记录面像素内部形成不同取向的干涉条纹面。

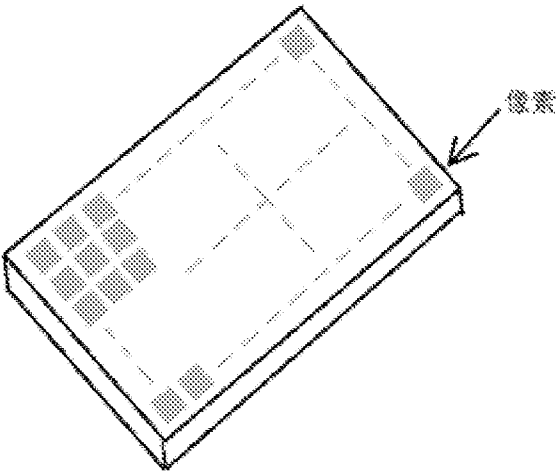


图 1

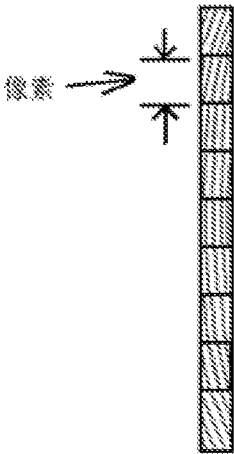


图 2

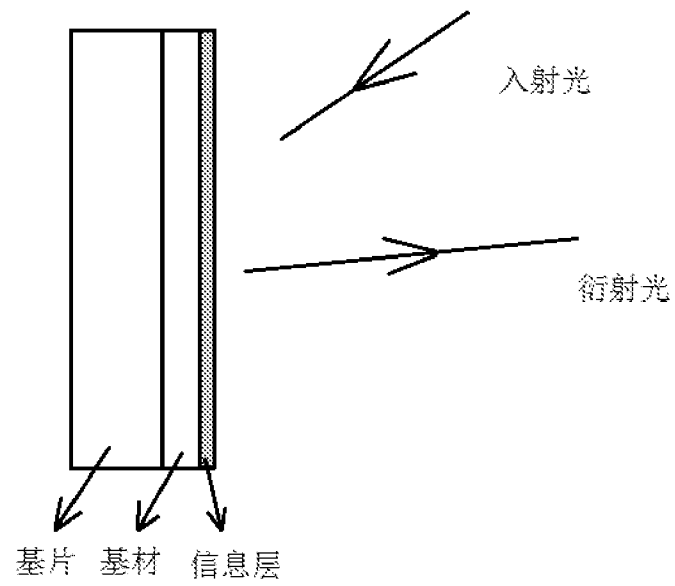


图 3

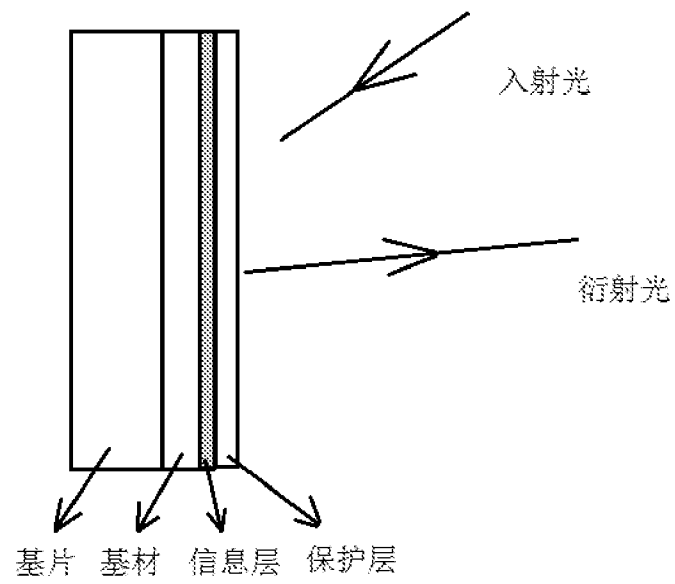


图 4

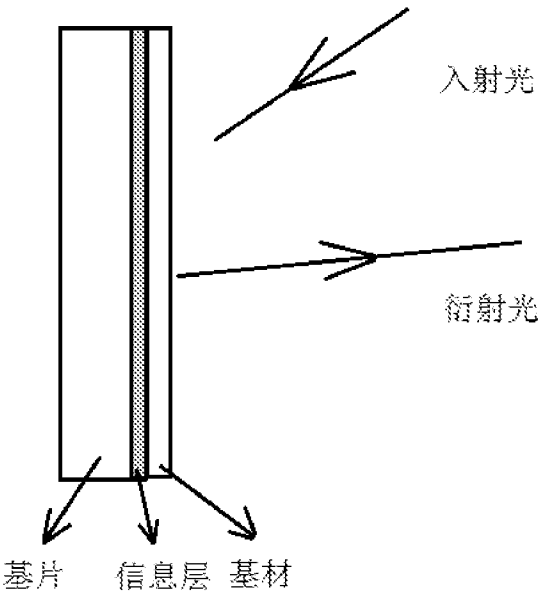


图 5

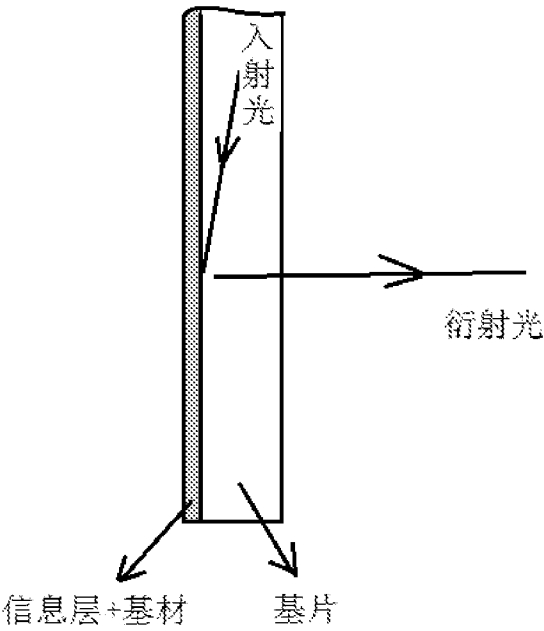


图 6

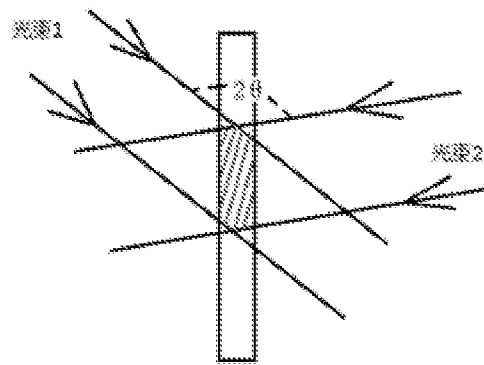


图 7

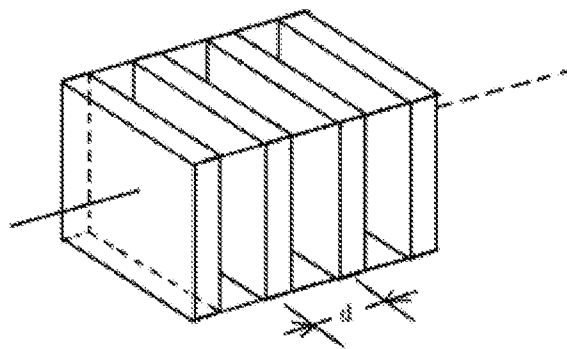


图 8

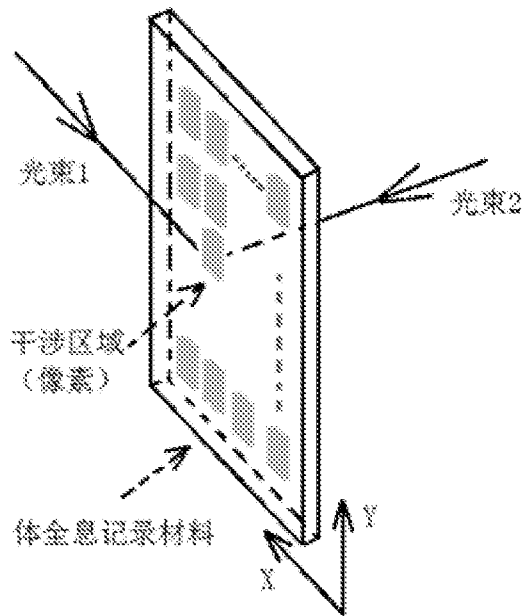


图 9

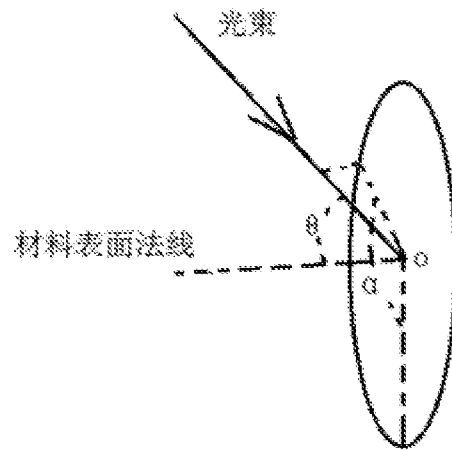


图 10

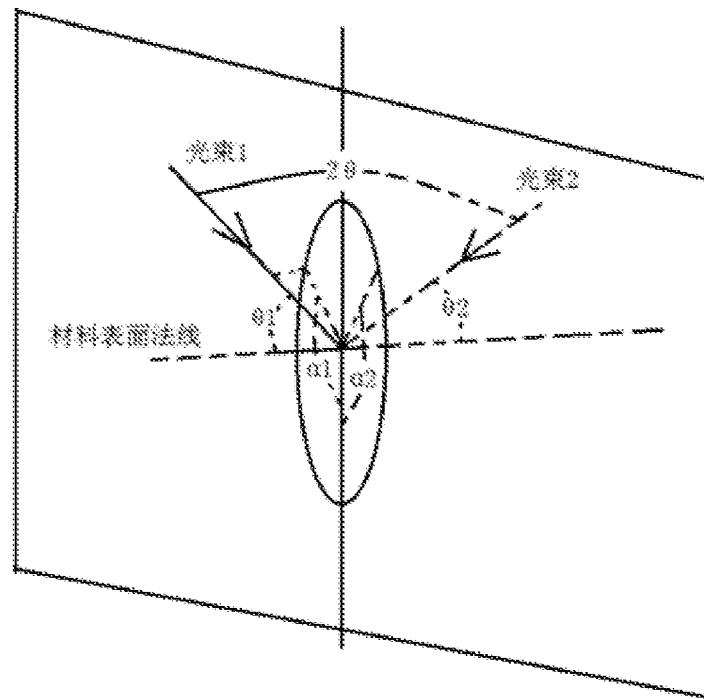


图 11

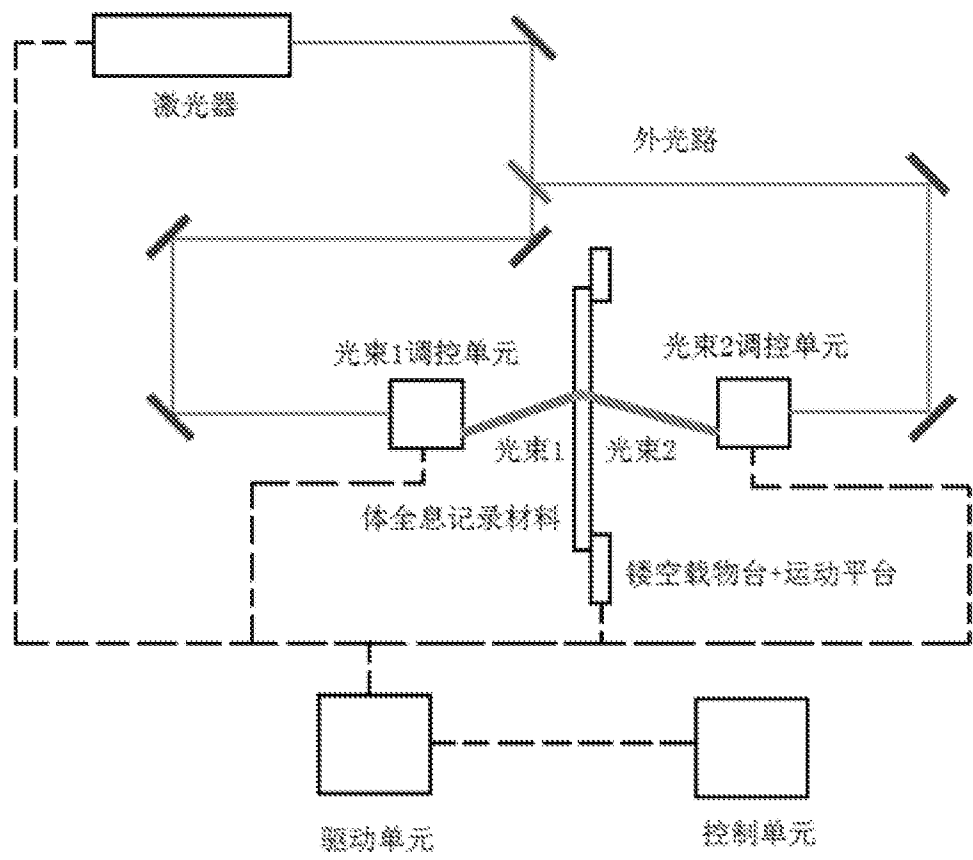


图 12

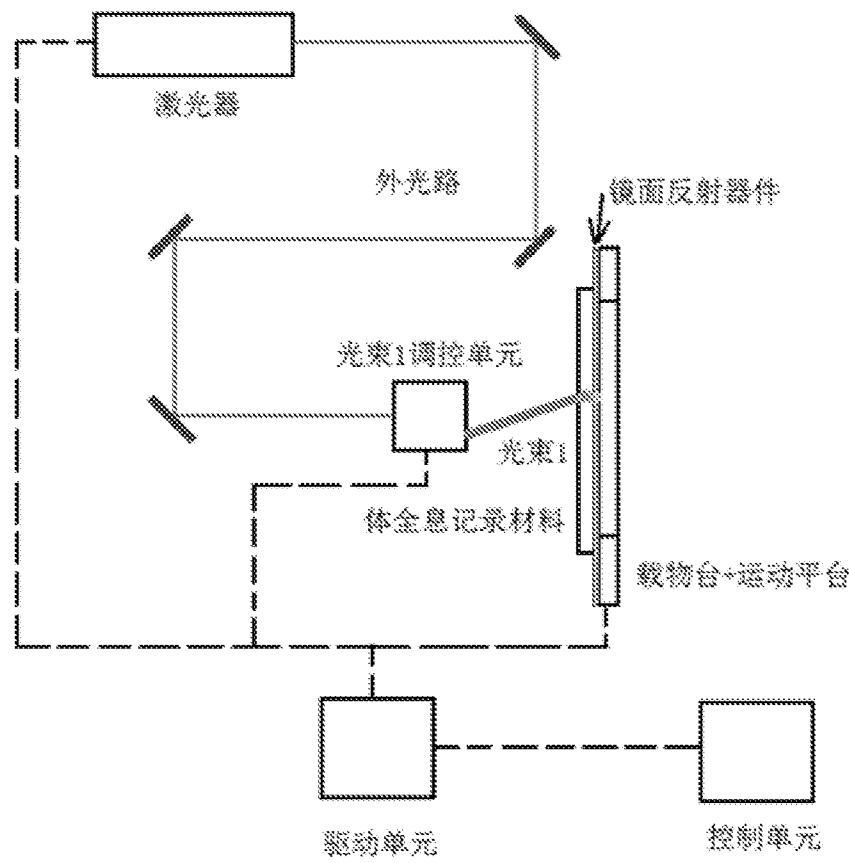


图 13

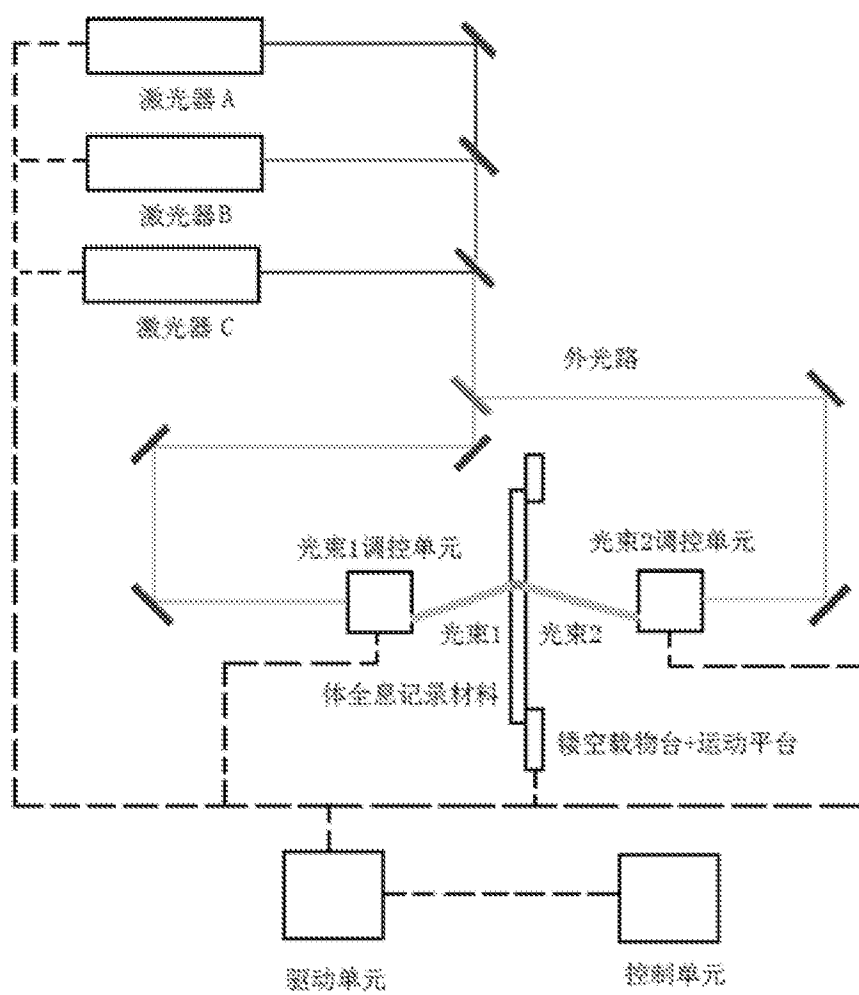


图 14

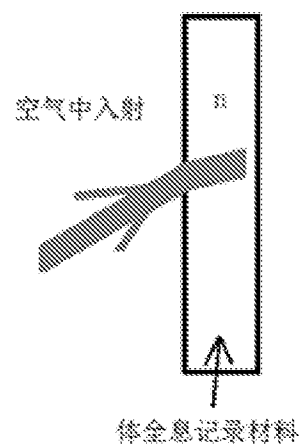


图 15

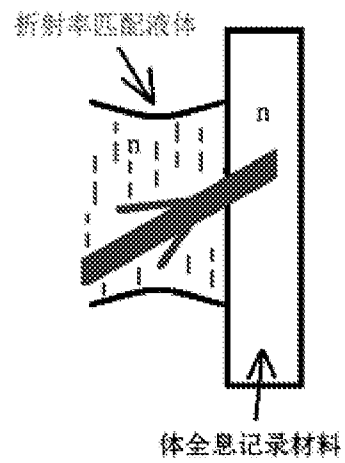


图 16

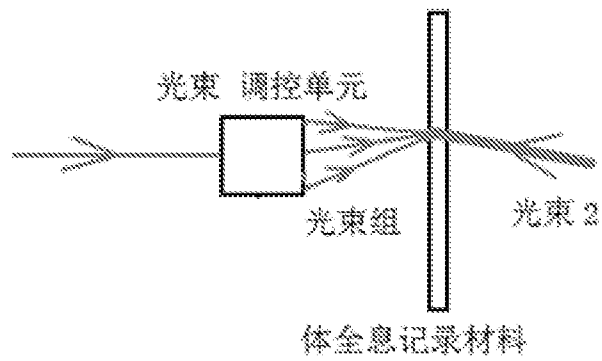


图 17

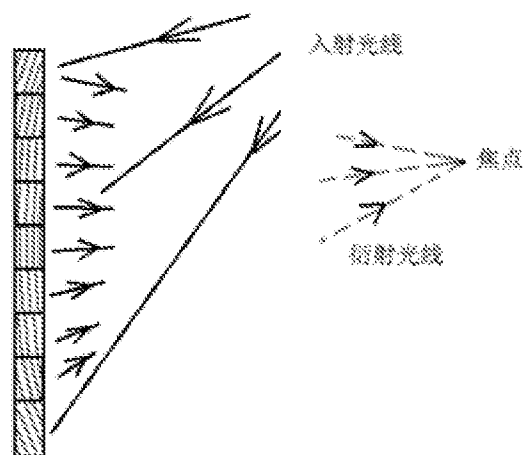


图 18

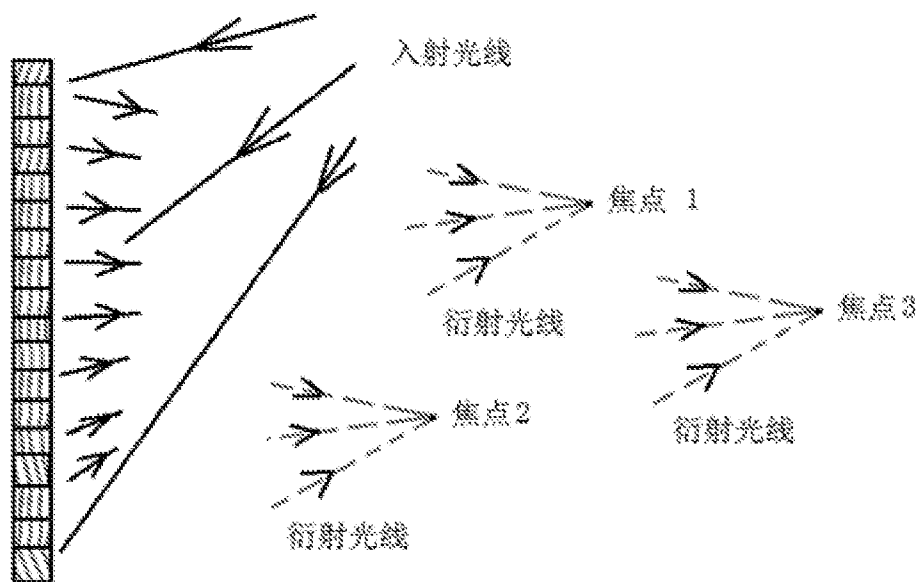


图 19

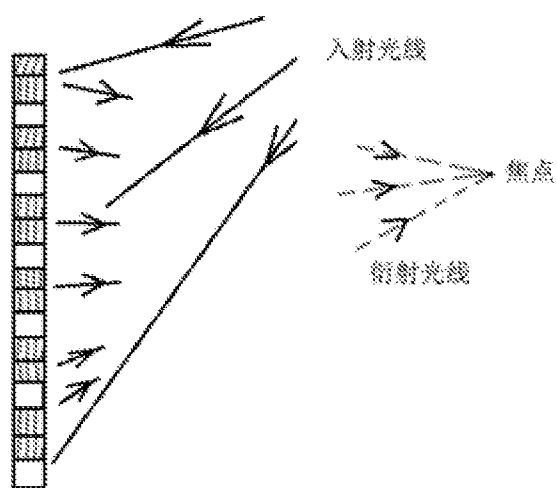


图 20

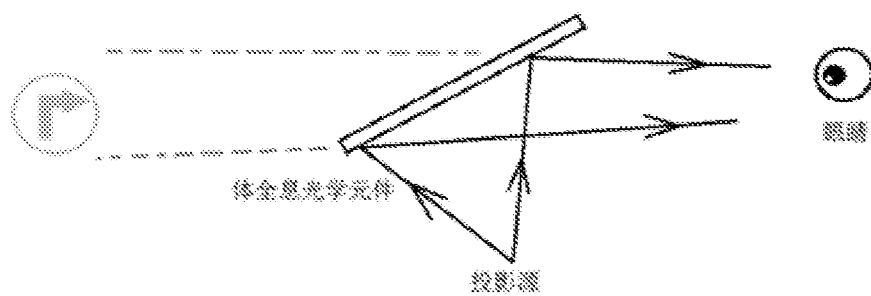


图 21

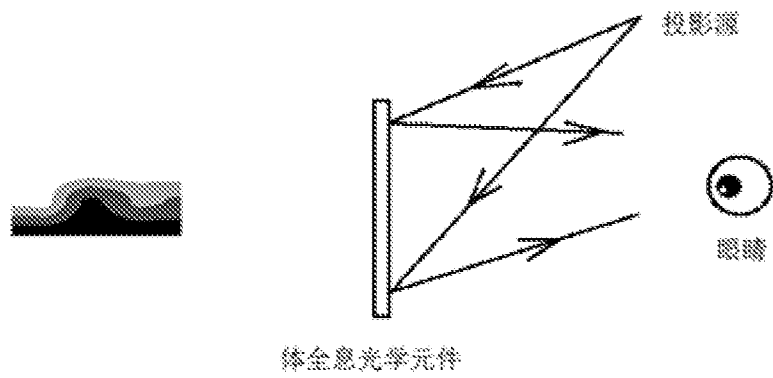


图 22

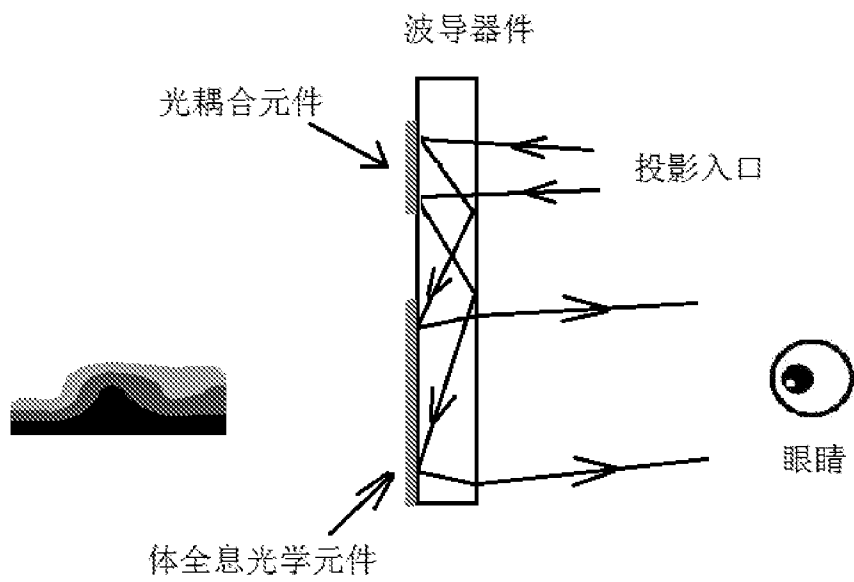


图 23

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/081984

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G03H 1/04 (2006.01) i; G02B 5/32 (2006.01) i; G02B 5/18 (2006.01) 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)
G03H 1, G02B 5/32, G02B 5/18

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)
CPRSABS; CNABS; CNTXT; VEN; USTXT; EPTXT; WOTXT: 苏大维格, 苏州大学, 浦东林, 陈林森, 朱鹏飞, 张瑾, 体全息, 体积全息, 像素, 象素, 点阵, 点群, 矩阵, 阵列, volume, holography, pixel, dot, matrix, array

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0821293 A2 (DAINIPPON PRINTING CO., LTD.), 28 January 1998 (28.01.1998), description, column 5, line 22 to column 31, line 22, and figures 6 and 10-23	1-16
X	JP 2002148717 A (DAINIPPON PRINTING CO., LTD.), 22 May 2002 (22.05.2002), description, paragraphs 5-35, and figures 1-9	1-16
X	US 2005174917 A1 (HAYASE, R. et al.), 11 August 2005 (11.08.2005), description, paragraphs 12-175, and figures 1-32	1-16
X	US 6127066 A (DAINIPPON PRINTING CO., LTD.), 03 October 2000 (03.10.2000), description, column 4, line 25 to column 5, line 50 and column 11, line 35 to column 18, line 37, and figures 15-30	1-16
X	WO 0151966 A1 (HONEYWELL INT INC.), 19 July 2001 (19.07.2001), description, page 7, line 22 to page 13, line 21, and figures 3-10	1-16
X	WO 2010054611 A1 (HOLOGRAM IND RES GMBH), 20 May 2010 (20.05.2010), description, paragraphs 22-32, and figures 1-6	1-16
PX	CN 106406061 A (SVG OPTRONICS, CO., LTD. et al.), 15 February 2017 (15.02.2017), description, paragraphs 25-137, claims 1-16, and figures 1-23	1-16

☐ 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	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 24 May 2017	Date of mailing of the international search report 31 May 2017
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 NIE, Zefeng Telephone No. (86-10) 62085596

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/081984

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
EP 0821293 A2	28 January 1998	EP 0821293 A3	18 November 1998
		EP 1801666 A3	21 November 2007
		EP 2254001 A1	24 November 2010
		EP 1801666 A2	27 June 2007
		EP 2254002 A1	24 November 2010
		EP 0821293 B1	08 June 2011
		EP 1801666 B1	15 June 2011
		EP 2254001 B1	08 February 2012
		JP H1039725 A	13 February 1998
		JP 3781214 B2	31 May 2006
		JP H1040726 A	13 February 1998
		JP 3888648 B2	07 March 2007
JP 2002148717 A	22 May 2002	JP 4666543 B2	06 April 2011
US 2005174917 A1	11 August 2005	JP 2005208426 A	04 August 2005
US 6127066 A	03 October 2000	US 2007115522 A1	24 May 2007
		US 7727680 B2	01 June 2010
		US 2007115521 A1	24 May 2007
		US 6340540 B1	22 January 2002
		US 7579119 B2	25 August 2009
		US 7479354 B2	20 January 2009
		US 7132200 B1	07 November 2006
		US 7618750 B2	17 November 2009
		US 2006222960 A1	05 October 2006
		US 2006292453 A1	28 December 2006
		JP H06167917 A	14 June 1994
		JP 2003228269 A	15 August 2003
		JP 3412875 B2	03 June 2003
		JP 3452326 B2	29 September 2003
		JP H0792890 A	07 April 1995
WO 0151966 A1	19 July 2001	US 2001030778 A1	18 October 2001
		US 2002063914 A1	30 May 2002
		JP 2005502901 A	27 January 2005
		US 6509982 B2	21 January 2003
		AU 3084901 A	24 July 2001
		JP 4766815 B2	07 September 2011
		EP 1244925 A1	02 October 2002
		US 6421148 B2	16 July 2002
		US 2003063340 A1	03 April 2003
		US 6714328 B2	30 March 2004
WO 2010054611 A1	20 May 2010	DE 102008057485 A1	20 May 2010
CN 106406061 A	15 February 2017	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/081984

A. 主题的分类

G03H 1/04(2006.01)i; G02B 5/32(2006.01)i; G02B 5/18(2006.01)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)

G03H 1, G02B 5/32, G02B 5/18

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))

CPRSABS;CNABS;CNTXT;VEN;USTXT;EPTXT;WOTXT: 苏大维格, 苏州大学, 浦东林, 陈林森, 朱鹏飞, 张瑾, 体全息, 体积全息, 像素, 象素, 点阵, 点群, 矩阵, 阵列, volume, holography, pixel, dot, matrix, array

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	EP 0821293 A2 (DAINIPPON PRINTING CO LTD) 1998年 1月 28日 (1998 - 01 - 28) 说明书第5栏第22行至第31栏第22行、图6, 10-23	1-16
X	JP 2002148717 A (DAINIPPON PRINTING CO LTD) 2002年 5月 22日 (2002 - 05 - 22) 说明书第5-35段、图1-9	1-16
X	US 2005174917 A1 (HAYASE R 等) 2005年 8月 11日 (2005 - 08 - 11) 说明书第12-175段、图1-32	1-16
X	US 6127066 A (DAINIPPON PRINTING CO LTD) 2000年 10月 3日 (2000 - 10 - 03) 说明书第4栏第25行至第5栏第50行, 第11栏第35行至第18栏第37行、图15-30	1-16
X	WO 0151966 A1 (HONEYWELL INT INC) 2001年 7月 19日 (2001 - 07 - 19) 说明书第7页第22行至第13页第21行、图3-10	1-10
X	WO 2010054611 A1 (HOLOGRAM IND RES GMBH) 2010年 5月 20日 (2010 - 05 - 20) 说明书第22-32段、图1-6	1-10
PX	CN 106406061 A (苏州苏大维格光电科技股份有限公司 等) 2017年 2月 15日 (2017 - 02 - 15) 说明书第25-137段、权利要求1-16、图1-23	1-16

☐ 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

2017年 5月 24日

国际检索报告邮寄日期

2017年 5月 31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

聂泽锋

电话号码 (86-10)62085596

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/081984

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)
EP	0821293	A2	1998年 1月 28日	EP	0821293	A3	1998年 11月 18日
				EP	1801666	A3	2007年 11月 21日
				EP	2254001	A1	2010年 11月 24日
				EP	1801666	A2	2007年 6月 27日
				EP	2254002	A1	2010年 11月 24日
				EP	0821293	B1	2011年 6月 8日
				EP	1801666	B1	2011年 6月 15日
				EP	2254001	B1	2012年 2月 8日
				JP	H1039725	A	1998年 2月 13日
				JP	3781214	B2	2006年 5月 31日
				JP	H1040726	A	1998年 2月 13日
				JP	3888648	B2	2007年 3月 7日
JP	2002148717	A	2002年 5月 22日	JP	4666543	B2	2011年 4月 6日
US	2005174917	A1	2005年 8月 11日	JP	2005208426	A	2005年 8月 4日
US	6127066	A	2000年 10月 3日	US	2007115522	A1	2007年 5月 24日
				US	7727680	B2	2010年 6月 1日
				US	2007115521	A1	2007年 5月 24日
				US	6340540	B1	2002年 1月 22日
				US	7579119	B2	2009年 8月 25日
				US	7479354	B2	2009年 1月 20日
				US	7132200	B1	2006年 11月 7日
				US	7618750	B2	2009年 11月 17日
				US	2006222960	A1	2006年 10月 5日
				US	2006292453	A1	2006年 12月 28日
				JP	H06167917	A	1994年 6月 14日
				JP	2003228269	A	2003年 8月 15日
				JP	3412875	B2	2003年 6月 3日
				JP	3452326	B2	2003年 9月 29日
				JP	H0792890	A	1995年 4月 7日
WO	0151966	A1	2001年 7月 19日	US	2001030778	A1	2001年 10月 18日
				US	2002063914	A1	2002年 5月 30日
				JP	2005502901	A	2005年 1月 27日
				US	6509982	B2	2003年 1月 21日
				AU	3084901	A	2001年 7月 24日
				JP	4766815	B2	2011年 9月 7日
				EP	1244925	A1	2002年 10月 2日
				US	6421148	B2	2002年 7月 16日
				US	2003063340	A1	2003年 4月 3日
				US	6714328	B2	2004年 3月 30日
WO	2010054611	A1	2010年 5月 20日	DE	102008057485	A1	2010年 5月 20日
CN	106406061	A	2017年 2月 15日	无			

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)