

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101166467 B

(45) 授权公告日 2010.05.12

(21) 申请号 200580049430.1

(22) 申请日 2005.07.01

(85) PCT申请进入国家阶段日  
2007.10.10

(86) PCT申请的申请数据  
PCT/US2005/023522 2005.07.01

(87) PCT申请的公布数据  
W02007/005018 EN 2007.01.11

(73) 专利权人 路明尼斯科技公司  
地址 美国田纳西州

(72) 发明人 赫伯特·D·泽曼  
冈纳·勒夫霍伊登 卡洛斯·弗兰肯  
约翰·斯诺德格拉斯  
詹姆斯·A·德朗

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理  
有限公司 11112  
代理人 陈源 张天舒

(51) Int. Cl.

A61B 6/00(2006.01)

(56) 对比文件

CN 1208333 A, 1999.02.17, 全文.  
JP 特开平 8-322821 A, 1996.12.10, 全文.  
US 5772593 A, 1998.06.30, 全文.  
US 4817622, 1989.04.04, 全文.

审查员 杨德智

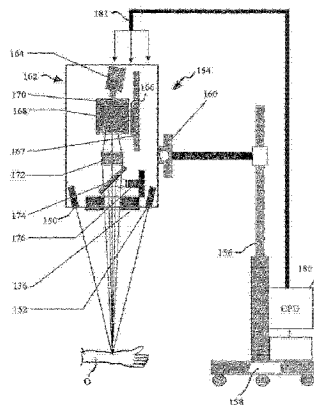
权利要求书 1 页 说明书 16 页 附图 30 页

(54) 发明名称

将表面下结构投影到物体表面的设备和方法  
及该设备的校准方法

(57) 摘要

一种成像系统,利用红外光照射一个物体,以增强该物体表面之下埋藏结构的能见度,并将埋藏结构的可见光图像投影到物体表面。该系统可以包括一个可产生红外光的红外光源以及一个红外光散射结构。该散射结构可包括一层或多层散射材料以用于光散射。该系统还包括一个视频成像装置,用于接收物体反射的红外光,并基于反射的红外光形成埋藏结构的视频图像。该埋藏结构可以是一条皮下血管。本申请案对校准步骤进行了描述,并提供有确保物体在焦点上且距离适当的实施例。



1. 一种增强物体表面之下埋藏结构的能见度的设备,该设备包括:  
成像装置,用于接收物体反射的散射光并生成一幅图像;和  
具有第一发出光束的第一激光器和具有第二发出光束的第二激光器,所述第一发出光束和第二发出光束彼此不平行,并相交于距离所述设备理想的目标距离处,当所述第一发出光束和第二发出光束的交点在物体表面上时,所述埋藏结构在所述成像装置的焦点上。
2. 如权利要求 1 所述的设备,另外包含视频投影器,用于将一幅所述埋藏结构的可见光图像投影到物体表面。
3. 一种对设备进行校准的方法,所述设备用于增强物体表面之下埋藏结构的能见度,所述设备包括:  
成像装置,用于接收物体反射的第一光谱范围之内的散射光并生成一幅图像;和  
视频投影器,用于将一幅埋藏结构在第二光谱范围之内的可见光图像投影到该物体表面,所述第一光谱和第二光谱不重合;  
所述方法包括下列步骤:
  - (a) 将一个所述第二光谱里的间隔开的点的图案投影到一个发出所述第二光谱荧光的荧光屏上;然后
  - (b) 观察所述点的荧光图案的位置;然后
  - (c) 使用所述观察到的位置计算一个用于双线性变换的校准系数;然后
  - (d) 使用所述双线性变换以所述校准系数对随后投影的图像进行校正。
4. 一种增强物体表面之下埋藏结构的能见度的方法,该方法包括下列步骤:
  - (a) 提供一个成像装置,用于接收物体反射的散射光;
  - (b) 生成一个接收图像;然后
  - (c) 从接收图像移去小而暗的假象,同时保留接收图像里较大而暗的物体以产生一个已处理图像;然后
  - (d) 将已处理图像以可见光谱投影到物体的表面。
5. 如权利要求 4 所述的方法,另外包括在生成已处理图像之后并在投影已处理图像之前对已处理图像执行自适应边缘增强的步骤。
6. 一种增强物体表面之下埋藏结构的能见度的设备,该设备包括:  
成像装置,用于接收物体反射的散射光并生成一幅图像;和  
视频投影器,用于将一幅埋藏结构的可见光图像投影到物体表面,所述投影的可见光图像包括一个独立于所述埋藏结构的可识别的附加图案。
7. 如权利要求 6 所述的设备,其中所述附加图案为一个文字边框。

## 将表面下结构投影到物体表面的设备和方法及该设备的校准方法

### 技术领域

[0001] 本发明主要与散射红外光的产生有关。更具体地说,本发明涉及到一种用散射红外光照射物体,并基于反射的红外光产生物体表面之下埋藏结构的视频图像,然后将该埋藏结构的图像投影到物体表面的一种系统。

### 背景技术

[0002] 一些医疗步骤和疗法需要医生在病人的胳膊或其它部位找准血管。这一点可能会比较困难,尤其是当血管比较小和 / 或血管隐藏在较厚的皮下脂肪或其它组织之下的时候。现有的用来帮助找到血管的成像系统之性能是不足的。

[0003] 因此,需要一种增强皮下血管与周围组织间的视觉对比度的系统。

### 发明内容

[0004] 上述的需求和其它需求可以通过一种提供散射光给一个物体,例如一位病人,以增强皮下血管的能见度的设备而得以满足。在一个实施例里,该设备包括一个发光源阵列。每一个发光源都能朝向物体发射一定波长的红外光。一个电源给该阵列供电,当电源接通时,该阵列发射出红外光。该设备还包括一个具有不止一个扩散级的扩散结构。在自该阵列发射出来的红外线穿过扩散结构时,每一扩散级都提供一个级别的红外线扩散。

[0005] 在另一个实施例里,披露了一种可提供散射光给物体的设备。

[0006] 该设备包括一个发光源阵列,每一光源都能朝向物体发射出一定波长的红外光。一个电源给该阵列供电。该设备还包括扩散结构,该结构为该阵列发射出的红外光提供各种级别的扩散。该扩散结构包括一个紧邻该阵列布置的第一扩散层。第一扩散层为阵列射出的光提供第一等级扩散。第二扩散层与第一扩散层隔开,并为阵列射出的光提供第二等级扩散。包括一个起偏器用于将阵列射出的光偏振化。

[0007] 在另一个实施例里,披露了一种可提供散射光给一个物体的设备。该设备包括一个光源,用于将红外光发射到物体。第一扩散层具有一个第一扩散平面,截获来自光源的光,并对光源射出的红外光提供第一数量的散射。该设备包括一个视频成像装置,用于接收自物体反射的光。该视频成像装置基于反射光而提供物体的视频图像。

[0008] 在另一个实施例里,披露了一种可提供散射光给一个物体的设备。以选定的图案排列的发光二极管(LED)组确定了一个LED平面。每一LED都具有一个用于朝物体发射红外光的发射表面和一个用于提供电信号给LED的电输入端。该设备包括一个控制电路以提供用于激活一个选定的LED组中的一个或多个LED的控制信号。放置一个扩散结构以截获和散射发射自一个或多个LED的红外光。

[0009] 使用这里所描述的发明,使在白光或非扩散性红外光下很难或不可能看见的皮下血管在视频图像里很容易看得清,此时皮下血管在周围肉质的较浅背景下呈暗线状。

[0010] 附加的实施例被展示以显示照射源、用于观察被照射物体表面下的埋藏结构的图

像的成像装置、以及用于将处理过的图像投影回物体表面的投影器的多种不同配置。由于本发明不同于现有技术,是将埋藏结构的图像投影回物体表面(而不是远离物体表面的屏幕或监视器上),如果观察者进行离轴观察,则使用本发明的观察者不会出现现有技术装置中会发生的显著的视差。换句话说,由于本发明是投影到物体表面而不是远离物体表面的屏幕,所以当观察者离轴移动时图像仍然停留在物体表面的同样位置。所有实施例的一个重要特征是:成像装置所观察到的埋藏结构的图像基本上应在投影回物体表面的图像的第二光谱之外的第一光谱范围内,从而导致成像装置看不到投影回物体表面的图像。观察到的埋藏结构的图像的光谱与埋藏结构的投影图像的光谱大体上的不重合有效地减弱了投影图像对埋藏结构图像处理的干扰。因为投影图像是在第二光谱,如可见光光谱里,用于成像装置的物体照射是在第一光谱,如红外光谱里,所以保持这两个光谱的基本不重合。在另一个披露的实施例里,物体可用宽光谱环境光照射,而非用主要是第一光谱中的光照射,并且第一光谱带通滤光器被放置在成像装置前面,以移去第一光谱外的所有光谱分量,从而使成像装置只能看见物体反射的宽光谱散射光的第一光谱分量。在本发明的优选实施例里,当用于医疗用途来观察皮下血管时,第一光谱以红外光谱最为优选。

[0011] 本发明描述了两种机构来以镜头与物体之间的适当距离保持成像装置观察到的埋藏结构的图像清晰。本机构的第一个实施例使用一对激光指示器从不同角度指向物体,从而只当目标距离成像装置在恰当的成像距离时,这两个激光指示器才会聚于同一点上。本机构的第二个实施例给投影图像增加了一个可识别的图案,如一个文字边框,从而使目标物体表面上可识别的图案仅在目标距离投影器适当的成像距离时清晰,从而使得目标距离成像装置的成像距离也适当。

[0012] 本发明还披露了图像处理以将不想要的小的假象,如表面毛发和其它特征,在投影到物体表面之前从观察到的埋藏结构的图像上去除。

[0013] 本发明描述了一个校准步骤,其中投影器将绿色目标图案投影到荧光屏上,然后荧光屏将投影的绿色目标图案转化成红外成像装置可见的深红色光。一个计算机程序纪录观察到的图案的位置,并计算用于双线性变换的校准系数,以校正成像装置和投影器之间的放大倍率、旋转和偏移。

[0014] 技术层面

[0015] 从技术观点来讲,本发明提出了一种情形,就是某些医疗步骤和疗法需要医生在病人的胳膊或其它部位找准血管。在现有技术里,这一点可能会比较困难,尤其是当血管隐藏在厚厚的皮下脂肪之下时。用来帮助找到血管的现有的成像系统的性能是不足的。因此,本发明要解决的技术问题在于提供一种设备和方法增强皮下血管和周围组织之间的视觉对比度。

[0016] 该问题可通过一种增强物体表面下埋藏结构的能见度的设备来解决。该医疗设备包含一个用于接收物体反射的散射光并成像的成像装置和一个用于将埋藏结构的可见光图像投影到物体表面的视频投影器。

[0017] 本发明的技术设想是一种概念上的转变,其使埋藏结构成像,并使用了具有第一发出光束的第一激光器和具有第二发出光束的第二激光器,所述的第一发出光束和第二发出光束彼此不平行,而且它们相交于距所述设备的期望目标距离处,当所述第一发出光束和第二发出光束的交点位于物体表面上时,所述埋藏结构位于所述成像装置的焦点上。结

果,在病人的胳膊或其它部位上找准血管这一艰巨的任务变得容易许多,因为图像投影到皮肤上时血管变得可见了。

[0018] 优选的,该设备还包括视频投影机,通过将可见光图像投影到物体表面来显示埋藏结构。

[0019] 根据另一方面,本发明涉及一种对增强物体表面下埋藏结构的能见度的设备的校准方法。该设备包括:一个成像装置,用于接收物体反射的第一光谱范围内的散射光并产生图像;和视频投影机,用于将埋藏结构在第二光谱范围内的可见光图像投影到物体表面,而所述第一光谱和第二光谱基本上不重合。该方法包括如下步骤:将所述第二光谱里的间隔开的点的图案投影到在所述第二光谱里发出荧光的荧光屏上;观察所述点的荧光图案的位置;使用所述观察到的位置计算用于双线性变换的校准系数;然后用所述双线性变换以所述校准系数校正接下来投影的图像。

[0020] 根据另一方面,本发明涉及一种增强物体表面下埋藏结构的能见度的方法。该方法包括下列步骤:提供一种成像装置,用于接收物体反射的散射光;产生接收图像;然后从接收图像移去细小的黑暗假象,同时保留接收图像里较大的黑暗物体以产生已处理图像;然后以可见光谱将已处理图像投影到物体的表面。

[0021] 优选地,该方法还包括:在产生已处理图像之后并在投影已处理图像之前,对已处理图像执行自适应边缘增强。

[0022] 根据另一方面,本发明涉及一种增强物体表面下埋藏结构的能见度的设备。该设备包括:一个成像装置,用于接收物体反射的散射光并产生图像;和一个视频投影机,用于将埋藏结构的可见光图像投

[0023] 影到物体表面,所述投影可见光图像包括一个独立于所述埋藏结构的

[0024] 可识别的附加图案。

[0025] 优选地,该附加图案是一个文字边框。

[0026] 根据另一方面,本发明涉及另一种增强物体表面下埋藏结构的

[0027] 能见度的设备。该设备包括:一个成像装置,用于接收物体反射的散

[0028] 射光并成像;一个视频投影机,用于将埋藏结构的可见光图像投影到

[0029] 物体表面;和一个红外滤光器,位于所述的成像装置和物体之间。

[0030] 根据另一方面,本发明涉及第三种增强物体表面下埋藏结构的

[0031] 能见度的设备。该设备包括:一个成像装置,用于接收物体反射的散

[0032] 射光并成像;一个视频投影机,用于将埋藏结构的可见光图像投影到

[0033] 物体表面;和一个照射源,用于照射埋藏结构。

[0034] 优选地,所述设备中所述成像装置只接收第一光谱范围内的所述散射光,且投影到物体表面的所述可见光图像具有一个基本上与所述第一光谱不重合的第二光谱。

[0035] 在一个优选实施例里,该装置还包括一个位于所述成像装置和物体之间的红外滤光器。

[0036] 根据另一方面,本发明涉及第四种增强物体表面下埋藏结构的

[0037] 能见度的设备,其中所述埋藏结构被四周环境光线照射。该设备包括:

[0038] 一个成像装置,用于接收物体反射的散射光并成像;视频投影机,用

[0039] 于将埋藏结构的可见光图像投影到物体表面;和一个红外滤光器,位

[0040] 于所述成像装置和所述物体之间。

#### 附图说明

[0041] 通过参考优选实施例中详尽的描述,并连同非按比例附图一

[0042] 起考虑时,本发明的其它优点将变得明显,其中相似的参考符号在下

[0043] 列附图里指定代表相似或相近的元件;

[0044] 图 1 描述了根据本发明的一个优选实施例用于观察红外光照射

[0045] 下的物体的一种成像系统;

[0046] 图 2a 和图 2b 为根据本发明的一个优选实施例使用散射红外光的一种成像系统的透视图;

[0047] 图 3 和图 4 为根据本发明的一个优选实施例的成像系统的横断面视图;

[0048] 图 5 为根据本发明的一个优选实施例的成像系统的功能框图;

[0049] 图 6a 为根据本发明的一个优选实施例使用散射红外光的一种成像系统的透视图;

[0050] 图 6b 为图 6a 的成像系统的横断面视图;

[0051] 图 7a 为根据本发明的另一个实施例使用散射红外光的一种成像系统的透视图;

[0052] 图 7b 为图 7a 的成像系统的横断面视图;

[0053] 图 8 为一种成像系统的另一方面的等距视图;

[0054] 图 9 为依照图 8 之线 A-A 的箭头方向观察到的一部分成像系统的前视图;

[0055] 图 10 为依照图 9 之线 B-B 的横断面侧视图;和

[0056] 图 11 为一种成像系统的框图。

[0057] 图 12 为本发明的第三种成像系统的内部透视图。

[0058] 图 13 为本发明的第四种成像系统的内部视图,为便于解释,一些部分合在一起显示。

[0059] 图 14 为本发明的第四种成像系统的图解视图。

[0060] 图 15 为本发明的第五种成像系统的内部视图,该成像系统使用环境光照射被观察的物体。

[0061] 图 16a 和 16b,依次合在一起,是为接收图像进行去除假象的图像处理的程序列表。

[0062] 图 17a、17b、17c、17d 和 17f,依次合在一起,是接收图像进行去除假象图像处理的 C++ 编程语言程序列表。

[0063] 图 18 为图解透视图,显示一对激光指示器是怎样被用于定位要观察的物体的。

[0064] 图 19 为图解透视图,显示本发明的成像系统的校准步骤。

[0065] 图 20a、20b 和 20c 为皮下血管投影到覆盖血管的身体组织之上的处理过的图像的照片。

[0066] 图 21 为周围有文字边框的投影图像的照片。

[0067] 图 22 为周围有文字边框的投影图像的另一张照片,其与图 21 类似,但图 22 里观察到的物体已经移位,用来显示文字边框是如何偏离焦点以显示该物体的定位不当。

[0068] 图 23 显示的是一个文字边框图像,该图像与一个投影图像结合,一同投影到物体

上以确保定位正确。

[0069] 图 24 为通过本发明将表面下血管投影到一只手上的处理过的图像,类似于图 20(省去了文字边框)和图 21,但显示了文字边框是如何偏离焦点以显示该物体的定位不当。

[0070] 图 25a 和图 25b 为计算机列表,显示了本发明的成像系统的双线性变换的校准系数解决方法。

[0071] 图 26 为 C++ 编程语言程序列表,使用校准过程中决定的系数对观察到的物体图像进行运行时校正。

## 具体实施方式

[0072] 皮肤和一些其它身体组织反射大约 700 到 900 毫微米的近红外光范围的红外光,而血液则会吸收此范围内的辐射。因此,在红外照射下的身体组织的视频图像里,血管在周围肉质的较亮背景下看似一条条的暗线。但由于皮下脂肪的反射本性,隐藏在厚厚的皮下脂肪下的血管在直射光的照射下(也就是说,光一般从单方向入射)将很难或不可能看得清。

[0073] 发明人已经确定,当具有厚厚的皮下脂肪的一块身体组织在近红外光范围内在高散射红外光的照射下成像时,血管和周围肉质之间的对比度要比在直射红外光照射下观察到的要明显得多。尽管本发明不应被任何特殊操作理论所局限,但看起来皮下脂肪反射的散射红外光的大部分都朝着远离观察的方向。因而,当高散射红外光被用于照射组织时,血管和周围肉质之间要求的视觉对比度能得以保持。

[0074] 图 1 所示是一个成像系统 2,用于使用高散射红外光照射物体 32,例如身体组织等,以及在物体 32 反射的红外光的基础上产生物体 32 的视频图像。如这里详细描述的那样,当物体 32 为身体组织时,隐藏在组织里皮下脂肪下的血管在系统 2 所产生的视频图像里清晰可见。

[0075] 成像系统 2 包括一个照射系统 10,其使用来自多个不同照射方向的红外光照射物体 32。系统 10 包括多个红外光源 10a-10f,每一光源都从不同的照射方向提供红外光给物体 32。红外光从每一光源 10a-10f 入射的方向在图 1 中通过射线 4a-4f 来描述。如图 1 所示,红外光的入射方向从垂直于或近似垂直于物体 32 表面到平行于或近似平行于物体 32 表面的范围之间变动。由于红外线入射到物体 32 的方向范围很广,因而红外照射为高散射的。

[0076] 如下文所详细描述的那样,光源 10a-10f 优选地为光反射表面,该表面将光从单光源引导到物体 32。在其它实施例里,光源 10a-10f 为单个光源或光源和反射器的组合。

[0077] 成像系统 2 还包括一个成像装置 38,例如一个摄像机,用于观察物体 32。成像装置 38 从图 1 中箭头 6 所示方向观察物体 32。成像装置 38 接收物体 32 反射的散射红外光,并在反射红外光的基础上产生物体 32 的电子视频图像。

[0078] 图 2a 和 2b 所示为照射系统 10 的一个优选实施例。图 3 描绘的是对应于图 2a 和 2b 所示断面 A-A 的系统 10 的横断面视图。系统 10 在优选实施例里包括一个将光发射到光扩散结构 14 一端的光源 12。光扩散结构 14 包括一个具有反射内表面的延伸外壳 16。在优选实施例里,延伸外壳 16 的内表面为白色。或者,这些反射表面为镜面,或白色和镜面的

混合。正对光源 12 的光扩散结构 14 的端部为一个中空导光管 22。如下文会详细描述的那样,导光管 22 用作散射光的输出孔。

[0079] 延伸外壳 16 包括第一和第二部件 16a 和 16b,每一部件都具有一个大端和一个小端。更理想地,第一和第二部件 16a 和 16b 大体上为金字塔形,每一个都有四个梯形面。在较优选实施例里,它们的四个梯面相同,从而在 16a 和 16b 的每一端都形成一个方形孔。如图 2a 和 2b 所示,第一和第二部件 16a 和 16b 的较大端连在一起形成外壳 16。

[0080] 第一部件 16a 的小端为一个输入孔 18,由部件 16a 的四个梯面的四条短边形成。光源 12 优选地在输入孔 18 连接到第一部件 16a 的小端。因此,光源 12 产生的光在输入孔 18 进入延伸外壳 16,照射外壳 16 的内表面。

[0081] 第二部件 16b 的小端为一个输出孔径 20,由部件 16b 的四个梯面的四条短边形成。连接在输出孔 20 上的是一个中空导光管 22 的一端。导光管 22 在优选实施例里为白色反射内表面,与外壳 16 的内表面相似。

[0082] 系统 10 还包括一个延伸的内反射器 24,其被放置在外壳 16 里,且最好与外壳 16 同轴。为清晰起见,内反射器 24 在图 2b 里显示为从外壳 16 中移去。在优选实施例里,内反射器 24 由一个方筒形部件 24a 连接到一个金字塔形部件 24b 的方底形成。更理想地,金字塔形部件 24b 有四个面呈塔状逐渐接近相交于顶点。如图 3 所示,金字塔形部件 24b 的顶点靠近外壳 16 的输入孔 18。内反射器 24 具有白色的反射外表面,类似于外壳 16 的内表面。

[0083] 结构 14 的光扩散特性借助于图 3 可很好理解。光源 12 里面是一个灯 26,例如一个石英卤素灯泡和 Gilway 制造的型号为 L517A-G 的镀金反射器。当通电时,灯 26 发出白光,产生电磁辐射。

[0084] 为了更好地描述,灯 26 可以被想象成一个点光源,发出多个方向的光线,如示例射线 28 和 30 所表现的那样。如图 3 所示,射线 28 从外壳 16 的部件 16b 的内表面反射。然后,射线 28 穿过输出孔 20,进入导光管 22,然后经过导光管 22 的内表面的多次反射后,从出口孔 23 射出。射线 30 自光源 12 处以不同于射线 28 的角度射出,经过内反射器 24 反射。射线 30 经外壳 16 的部件 16b 的内表面反射,然后穿过输出孔 20,进入导光管 22。经过导光管 22 的内表面的多次反射之后,射线 30 从出口孔 23 射出,但角度与射线 28 的不同。

[0085] 当物体 32 被放置在出口孔 23 附近时,射线 28 和 30 从不同角度射入物体 32。最理想的是,从光源 12 处射出的光线可以被描述为无数条从内反射器 24 和外壳 16 的内表面以无数个不同角度反射的射线。因此,从出口孔 23 射出的光线从许多不同角度射到物体 32,成为高散射光。这些射入的角度从近似垂直直到近似平行于出口孔 23 的平面的范围之间变动。由于扩散结构 14 为三维的,光也可从外壳 16 和内反射器 24 的其它表面反射,例如与图 3 所示表面垂直的表面。因而,从照射系统 10 的出口孔 23 射出的光线为高散射光,看似是从许多不同的光源发出。

[0086] 由于外壳 16 的反射内表面和内反射器 24 的反射外表面的排列,扩散结构 14 有效地将灯 26 射出的光线传递到出口孔 23。因此,灯 26 射出的相当大一部分的光线都到达物体 32,光能浪费很少。

[0087] 如下文详细描述的那样,照射系统 10 可被用于提供医学成像所用的散射光。但是,本发明的范围不仅仅局限于医疗用途。系统 10 也可以被用作一个散射光源,用于一般



的摄影目的。

[0088] 在一个优选实施例里,如图 3 所描绘的那样,光源 12 包含一个冷光反射镜 34,其被置于灯 26 和外壳 16 的输入孔 18 之间。冷光反射镜 34 大体上反射波长在选择红外线波长范围之外的所有光线。优选的是,所选择的范围包括 700 到 1000 毫微米的波长。紧靠着冷光反射镜 34,置于冷光反射镜 34 和输入孔 18 之间的是一个红外透过滤光器 36,该滤光器进一步减弱波长在所选择的红外范围之外的光线,而让波长在所选择的红外范围之内内的光线通过。因此,穿过冷光反射镜 34 和滤光器 36 继而进入外壳 16 的光线为波长在所选择的红外范围之内内的红外光。

[0089] 应该注意的是其它方式亦可以用来将光源 12 设定为产生红外光。例如,光源 12 可包含一个红外发光二极管(LED) 或一个红外发光二极管的阵列。因此,图 3 所示和上面所描述的光源 12 的配置只是一个优选实施例,本发明对光源 12 的任何特殊配置均没有限制。

[0090] 图 4 描述的是照射系统 10 的一个优选实施例的尺寸规格。如图 4 所示,光扩散结构 14 的总长度大约是 34.82 英寸。第一和第二部件 16a 和 16b 的接合点处的外壳 16 的高度和宽度大约是 10.04 英寸。导光管 22 的优选长度大约是 14.00 英寸,高度和宽度大约是 5.08 英寸。在优选实施例里,内反射器 24 的总长度大约是 15.86 英寸。内反射器 24 的管状部件 24a 的优选长度大约是 7.93 英寸。管状部件 24a 的高度和宽度大约是 3.5 英寸。光源 12 的高度和宽度大约是 2.11 英寸。

[0091] 如图 4 所示,本发明的一个优选实施例包括一个基于物体 32 反射的散射光连同视频成像装置 38 一起产生视频图像的镜头 40。该实施例的成像装置 38 优选地为一个电荷耦合器件(CCD) 摄像机 38,由 Cohu 制造,型号为 631520010000。而该优选实施例的镜头 40 是一个 25 毫米的 f-0.95 电影摄影机镜头,由 Angenieux 制造。

[0092] 优选实施例的摄像机 38 和镜头 40 置于内反射器 24 的管状部件 24a 内。如图 4 所示,管状部件 24a 的开口端形成了一个孔,而摄像机 38 和镜头 40 须对准该孔。这样的话,中空导光管 22 大体上位于摄像机 38 的视野中央。因此,摄像机 38 接收物体 32 反射的光线,该光线进入导光管 22,穿过外壳 16,继而进入部件 24a 的开口端。

[0093] 如图 4 所示,本发明的优选实施例包括一个红外透过滤光器 42,其置于管状部件 24a 的开口端。该滤光器 42 接收物体 32 反射的光线以及任何其它可以进入外壳 16 的光线,且大致上排除了波长在约 700 到 1000 毫微米的红外线范围之外的所有光线。在优选实施例里,滤光器 42 大体上排除了波长约在 800 到 850 毫微米的所选红外线范围之外的光线。因此,穿过滤光器 42 进入镜头 40 的光线为所选择的波长范围之内内的红外光。因而,摄像机 38 主要接收来自于照射系统 10 的红外光和物体 32 所反射的红外光。

[0094] 基于物体 32 反射的光线,摄像机 38 产生了一个以电子视频信号的形式表达的物体 32 的视频图像。如图 5 所示,该视频信号优选地被提供给一个图像增强板 44,如 DigiVision 制造的型号为 ICE-3000 的板。板 44 基于来自摄像机 38 的视频信号产生一个增强的视频图像信号。该增强的视频图像信号被提供给一个视频采集显卡 46,如 Miro 制造的一个型号为 20-TD 的 Live 卡。卡 46 仍采集来自图像信号的可能被以数字格式存储在一个数字存储设备上的静态图像。卡 46 也可以对视频图像信号进行格式编排以便在视频监视器 48 上进行实时显示。

[0095] 照射系统 10 可以使用其它方法产生根据本发明的散射红外光。例如,图 1 的光源 10a-10f 可通过环形闪光灯实现。或者,可以使用一个圆形阵列的发光二极管来照射置于物体 32 表面附近的一个塑料扩散器。在后面的实施例里,光源 10a-10f 对应该阵列里的单个发光二极管。

[0096] 在图 6a 和 6b 所描述的本发明的另一实施例里,成像系统 2 包括一个视频投影器 50,用于用物体 32 的图像照射物体 32,以增强物体 32 较亮区域和较暗区域之间的视觉对比度。如美国专利编号为 5,969,754,名称为对比度增强照射装置 (Contrast Enhancing Illuminator) 的专利(内容并入本文参考)所描述的那样,当物体的投影可见光图像的部分与物体相应的部分重叠时,该物体的特征对于观察者来讲在视觉上增强了。重叠的可见光图像使得该物体较亮的部分看起来更亮,而较暗的区域则没有变化。

[0097] 图 6a 和 6b 所示的本发明的实施例以类似于之前描述的方式将散射红外光(以射线 52 表示)提供给物体 32。然而,在图 6a 和 6b 所示的实施例里,照射光的路径被折叠,导光管 22 的出口孔 23 相对于图 1-3 所示出口孔旋转 90 度。

[0098] 如图 6b 所示,一个分光器,如一个热镜 54,接收来自光扩散结构 14 内部的红外光 52,并将红外光 52 反射到导光管 22 里并朝向物体 32。热镜 54 也接收物体 32 的一个红外光图像(以射线 56 表示),并将其反射到摄像机 38。热镜 54 接收来自投影器 50 的可见光图像(以射线 58 表示),并将其传输到导光管 22 里并朝向物体 32。

[0099] 如美国专利编号为 5,969,754 的专利里更加详细的描述那样,来自摄像机 38 的视频输出信号被当作视频输入信号提供给投影器 50。基于视频输入信号,投影器 50 将物体 32 的可见光图像 58 投影到热镜 54。热镜 54 接收可见光图像 58,并将其传输到导光管 22 里朝向物体 32。通过适当地调准来自投影器 50 的投影可见光图像 58 和通过摄像机 38 所检测到的物体 32 的红外线图像 56,投影的可见光图像 58 的部分与物体 32 相应的部分重叠。

[0100] 当物体 32 为身体组织时,本发明被用于找准身体组织里的皮下血管,该血管在投影的可见光图像 58 里看起来像是一条条的暗线。因此,当可见光图像 58 被投影到身体组织上时,皮下血管直接位于投影可见光图像 58 里的暗线之下。如此一来,本发明大大提高了医生找准皮下血管的能力,同时将病人的不适感降到最低。

[0101] 图 7a 和 7b 描述的是本发明的另一个实施例以作为一个对比度增强照射装置使用。图 7a 和 7b 的实施例按与图 6a 和 6b 的实施例类似的方式操作。但是,在图 7a 和 7b 的实施例里,摄像机 38 置于光扩散结构 14 的外面。为适应摄像机 38 的不同位置,图 7a 和 7b 所示热镜 54 相对于图 6a 和 6b 中热镜的位置顺时针旋转 90 度。另外,热镜 54 具有与上面所描述的根据图 6a 和 6b 的功能相似的功能。为适应不同的摄像机位置,红外透过滤光器 42 被安装在导光管 22 的壁上。本实施例提供有一个反射面板 60,以进一步将光从光源 12 传输到导光管 22 里和出口孔 23 处。在优选实施例里,面板 60 为一个具有一个孔的扁平反射片以允许光线在物体 32 和摄像机 38 以及投影器 50 之间通过。

[0102] 一个相对小型且可靠的成像系统 70 的一个优选实施例在图 8-11 里有描述。成像系统 70 优选地被配置为用于照射物体 71,如身体组织之类,并基于物体 71 反射的红外光产生物体 71 的视频图像。成像系统 70 在优选实施例里包括一个将系统 70 的成像部件含在內的机架 72。

[0103] 如图 8 所示,机架 72 最好具有一个大体为矩形的构造。机架 72 在优选实施例里长

度大约在 3 到 5 英寸之间,宽度大约为 3.5 英寸。所属领域的技术人员会联想到成像系统 70 可以以多种方式配置,而且本发明不应受任何特殊例子或这里讨论的实施例所限制。例如,在图 8 里,机架被描述成矩形,但是,圆形、多边形和其它几何结构和大小也是可行的。

[0104] 成像装置 74(比如一台配有镜头 75 的摄影机)和视频处理组件都处在机架 72 内。成像装置 74 和视频处理组件能够检测红外光,并处理来自物体 71 的被检测红外光。成像系统 74 基于物体 71 所反射的被检测红外光生成一个图像,如同这里描述的一样。如图 8 与 9 所示,成像装置 74 优选地安装于安装壁 78 的一个孔 76 之内,镜头 75 伸入机架内部 77,如以下进一步描述。更具体地说,摄像机 74 最好是在中央并且平行地安装于机架 72 之内。该优选的摄像机对称位置旨在将摄像机所检测的光的量减少到最小,改善系统 70 所生成的图像,从而改善分布在身体组织内皮下脂肪之下的血管的照射。

[0105] 在最佳实施例中,机架 72 包含多个能够将来自系统 70 的散射光传输到物体 71 的组件。箭头 80 代表系统 70 所传输的散射光。箭头 82 代表物体 71 所反射的散射光。如图 9 所示,以沿图 8 断面线 A-A 的箭头方向观测,壁 78 包含多个分布于 LED 阵列 85 中的用于发出红外光的红外发光二极管(LED)84。LED 阵列 85 定义了一个 LED 参照面。通电之后,每一个 LED 84 优选地以大约 740 毫微米(nm)的波长传输光。在优选实施例中,每一个 LED 84 由奥地利的 RoithnerLasertechnik 制造,型号为 ELD-740-524。

[0106] 如图 10 所示,并根据优选实施例,LED 84 被安装于一个靠近壁 78 的电路板 86 上。如图 9 所示,在最佳实施例中,共有八组 LED 84 的组 92、94,同心地布置在成像系统 74 周围。LED 的同心布置旨在保证来自系统 70 的散射光的最大散透射。更佳的,每一 LED 84 的组 92、94 至少包含十个 LED 84。但是,根据系统 70 的一个实施要求,在某一组内也能包括更多或较少数量的 LED。而且,系统 70 能在 LED 阵列 85 内包括更多或较少的 LED 组。

[0107] 继续参照图 9,在 LED 阵列 85 的角区 96 处共有四个 LED 84 的组 92。在最佳实施例中,LED 阵列 85 的每一个角区 96 内至少布置了 15 个 LED 84。在 LED 阵列 85 的侧区 98 内优选地布置有四个 LED 84 的组 94。每一个侧区 98 大体上位于每一个角区 94 之间。在最佳实施例中,LED 阵列 85 的每一个侧区 98 内至少布置 10 个 LED 84。

[0108] 如上所描述的,在最佳实施例中,LED 阵列 85 布置在电路板 86 之上。结合控制系统 90,电路板 86 包括控制电路,其控制在 LED 阵列 85 内的 LED 84 的某一组或几组 92、94 内的一个或多个 LED 84 的激活状态。如图 11 中框图所示,一电源 88 和一控制系统 90(比如一台微处理器或类似控制装置)被电连接到电路板 86 上。另外,亦可以不使用控制系统 90 来控制 LED,也就是可以将电源 88 切换到“开”或“关”,以激活或关闭 LED 阵列 85。此外,脉冲调制技术也可结合到电源 88 来根据需要的占空比激活或关闭 LED 阵列 85 内的一个或多个 LED 84。

[0109] 如图 11 的框图所示,在成像系统 70 的一个优选实施例中,LED 阵列 85 通过电路板 86 电连接至电源 88 和控制系统 90。控制系统 90 包括控制 LED 阵列 85 将红外光发至物体 71 的控制部件。如这里所述,控制系统 90 能够激活一组或多组 LED 阵列 85 内的一个或多个 LED 84 来持续或间歇地发出光。也就是能够选择并控制一个 LED 84 或多个 LED 84 向物体 71 持续或间歇地发出红外光。因此,系统 70 可被配置为从各种排列和组合的 LED 84 和 / 或 LED 组 92、94 的 LED 阵列来传输红外光。

[0110] 现在请参照图 10,第一散射层 100 布置在邻近 LED 阵列 85 内的 LED 84 的发光

面 102 处。根据一个优选实施例,第一散射层 100 用例如已知的粘合剂等粘合到 LED 阵列 85 的发光面 102 之上,从而将 LED 阵列 85 内一个或多个 LED 84 所发出的光扩散。在最佳实施例中,第一散射层 100 为一个全息 20 度散射体,比如由加利福尼亚托兰斯的 Physical Optics Corporation 制造的、标识码为 LSD20PC10-F10x10/PSA 的产品。在最佳实施例中,第一散射层 100 长度大约为 3.5 英寸,宽度大约为 3.5 英寸,厚度大约为 0.10 英寸。当激活 LED 阵列 85 内的一个或多个 LED 84 时,第一散射层 100 扩散来自 LED 阵列 85 的红外光,从而向所发红外光提供第一散射量。

[0111] 图 10 所示为机架 72 的内表面 104。在最佳实施例中,内表面 104 涂覆有反射涂层,比如白色油漆或类似产品等,以反射和进一步扩散第一散射层 100 所生成的已散射的光。继续参照图 10,第二散射层 106 与第一散射层间隔距离 LDD。在最佳实施例中,第一和第二散射层 100 和 106 之间的距离 LDD 大约为 3 英寸。在最佳实施例中,第二散射层 106 为一全息 20 度散射体,与如上描述的第一散射层 100 相似或相同。第二散射层 106 的优选长度大约为 3.5 英寸,宽度大约为 3.5 英寸,厚度大约为 0.10 英寸。

[0112] 第二散射层 106 进一步扩散内表面 104 所反射和第一散射层 100 所提供的已散射光。如图 8 所示,第一和第二散射层大体上是平面的,即每一个层 100 和 106 都定义了一个平面几何形状。根据最佳实施例,第一和第二散射层 100 和 106 所定义的平面大体上是相互平行的。散射层 100、106 的优选平行平面布置旨在当激活一个或多个 LED 84 时,促进从系统 70 发射出可计量和统一数量的散射光。

[0113] 继续参照图 10,一基底材料 108,比如以 LUCITE 商标销售的由威尔明顿的 DuPont 制造的 LUCITE(卢塞特树脂)材料,布置成与第二散射层 106 相邻。在最佳实施例中,基底材料厚度大约为 0.125 英寸。一可见偏光器 110 布置成与基底材料 108 相邻。可见偏光器 110 最好为位于伊利诺斯州弗农山的 Visual Pursuits 制造的产品,部件号为 VP-GS-12U,厚度大约为 0.075 英寸。

[0114] 因此,随着发射光穿过第一散射层 100,在第一隔室 72a 的内表面 104 反射,并继续穿过第二散射层 106、基底材料 108 和偏光器 110,系统 70 可产生不同等级的扩散。因此,所发出光通过第一散射层 100 之后就会产生一个散射等级。从第一隔室 72a 的内表面 104 反射第一散射层 100 所提供的散射光时就会产生另一个散射等级。而在散射光通过第二散射层 106 之后就会再产生一个散射等级。

[0115] 如图 8 所示,可见偏光器 110 优选地能包括一个中心部分 112,该中心部分 112 优选的是直径大约为 1 英寸的圆形。中心部分 112 在最佳实施例中与摄像机镜头 75 的形状和尺寸是一致的。优选的情况下,中心部分 112 的偏光相对于偏光器 110 的周边区域 114 的偏光大约旋转 90 度。在优选实施例中,镜头 75 接触到基底材料 108。如图 8 所示,镜头 75 在机架 70 中的位置优选地与偏光器 110 的中心部分 112 一致或与之共中心轴。偏光器 110 的中心部分 112 与镜头 75 的正面一致,该中心部分 112 旨在去掉所生成的摄像机图像中的任何表面眩光(“镜面反射”)。

[0116] 如图 10 所示,基底材料 108 和可见偏光器 110 具有平坦表面,其优选地包括相对于第一和第二散射层 100、106 定义的平面的类似的平面取向。根据一个最佳实施例,第一散射层 100、内表面 104、第二散射层 106、基底材料 108 和可见偏光器 110 确定了一个向物体 71 提供散射光的散射系统 116(图 10)。所述扩散结构也可包括更多或更少数量的组件,

且本发明不限于这里所披露的特定例子或实施例。比如,散射系统 116 可包括第一或第二散射层 100、106 之一而具有或不具有偏光器 110,或者可包括第一和第二散射层 100、106 二者但不具有偏光器 110。

[0117] 一旦激活,系统 70 会向物体 71 输送散射光 80,并使用成像系统 74 生成物体 71 的视频图像,如上述的那样。更具体的,一旦电源 88 被启动,LED 阵列 85 内的一个或多个 LED 84 会从发光面 102 发出红外光。第一散射层 100 向所发出的红外光提供第一数量的散射。内表面 104 进一步扩散从第一散射层 100 发出的散射光。第二散射层 106 进一步扩散所述已散射光,该已散射光在照射物体 71 之前将穿过基底材料 108 和偏光器。如上所描述的,物体 71 反射所发出的散射光 80 来生成被成像系统 74 所捕获的被散射的反射光 82。然后,成像系统 74 生成物体 71 的视频图像。因此,根据一个特殊散射提供系统 70 发出的散射光,系统 70 帮助在物体 71 的不同材料特性之间进行定位和区分,比如在血管和组织之间。

[0118] 从先前的描述和附图中,所属领域的技术人员可以很容易知晓,在本发明的各个实施例中可以作一些修改和/或改变。比如,可以调整第一或第二散射层 100 和 106 定义的平面使其不互相平行,从而提供来自系统 70 的不同等级的散射光。而且,LED 阵列 85 所确定的平面在最佳实施例中大体与第一散射层 100 所定义的平面相平行。但是,可以变更 LED 阵列 85 与第一散射层 100 所定义的平面以适应不同的工作条件,而所属领域的技术人员应了解这一点。相应地,希望强调的是先前的描述和附图仅对各个优选实施例进行解释说明,但并不限于这些。本发明真正精神和范围应参照附上的权利要求来确定。

[0119] 图 20a、20b 和 20c 是测试对象的图片,显示皮下血管的处理图像被投影到覆盖所观测血管的每一个对象的身体组织的表面之上。

[0120] 现在将描述其他的附加实施例,显示照射源、观测被照射物体表面之下埋藏结构图像的成像装置、以及将处理图像投影到物体表面之上的投影器的各种配置。本发明的所有实施例都有很多相同的结构特征,只有构造之间的不同之处需要详细讨论,因此,所有实施例的类似结构特征都具有类似的功能。所属领域的技术人员应很容易就能认识到出现在本发明的所有实施例中的类似结构特征。

[0121] 因为本发明与现有技术不同之处在于将埋藏结构的图像投影到物体的表面之上(而非投影到远离物体表面的屏幕或显示器之上),所以如果观察者从离轴的角度进行观察,则使用本发明的观察者不会出现现有技术装置将会产生的显著的视差。所有实施例的一个重要的特征是:成像装置所观察到的埋藏结构的图像大体上应在投影回物体表面的图像的第二光谱之外的第一光谱范围内,从而导致成像装置看不到投影回物体表面的图像。观察到的埋藏结构的图像的光谱与埋藏结构的投影图像的光谱的大体上不重合有效地减弱了投影图像对埋藏结构图像处理的干扰。因为投影图像是在可见光谱内,用于成像装置的物体照射是在红外光谱内,因此保持这两个光谱的实质不重合。在另一个披露的实施例里,与使用主要在红外光谱中的光照射物体不同的是,可以用宽光谱环境光照射物体,并将红外滤光器放置在成像装置前面,用于移去红外光谱外的所有光谱分量,从而使成像装置只能看见物体反射的宽光谱散射光的红外分量。

[0122] 成像系统的第三个优选实施例 130 如图 12 所示。如同在所有实施例中一样,这里使用了近红外光来照射公知的带镜头 132 的 CCD 摄像机作为成像装置。如之前对早先实施例所描述的那样,第二偏振滤光器 134 介于 CCD 摄像机和被观测物体的反射光之间,从而

减少从物体表面的镜面反射。在下文对如图 13 和 14 所示的成像系统的第四个实施例的讨论中,对通常全部位于 136 的照射源、第一偏振滤光器、全息照射散射环以及光中性玻璃盖板进行最佳的说明,而它们都具有如横截面中所示的相同结构 136。

[0123] 如同所有实施例一样,第三个优选实施例包括一个众所周知的视频投影机 138 或所谓的“光引擎”,在检查时将可见图像投影到物体 0 之上。视频投影机 138 的一个理想特征在于高输出光强度,因为投影器的光输出强度是在正常室内照射下观测投影图像效果的决定性因数。视频投影机 138 包括一个高强度绿色 LED 光源,将光射入众所周知的棱镜组件 142,从而通过棱镜组件 142 的内反射造成发出光的折叠,并向后引向众所周知的数字光处理 (DLP) 装置 144,亦叫做数字微镜器件 (DMD),其具有一紧密的小型微镜阵列,能个别地转换反射光束的方向,以使光束通过众所周知的投影镜头 146 导向目标物体,或使光束不能导向目标物体,从而以所属领域的技术人员众所周知的方式逐像素地转变发出光束的方向。应了解到,棱镜组件 142 容许成像系统的各个实施例采用更紧凑的设备,视频投影机所属领域的技术人员都了解此种棱镜组件的使用。

[0124] 如同先前描述的实施例,一个众所周知的所谓的“热镜”148 以 45 度布置,以截取被观测物体所反射的红外光,并将红外光向下反射到摄像机 132。“热镜”148 针对较长波长的光(比如红外光)用作反射镜,而对于较高频率的光(比如来自投影机 138 的绿色光)则没有反射地通过并朝向被观测物体。

[0125] 成像系统 130 还有第一和第二激光器 150、152,以确保正确定位目标,以便摄像机 132 聚焦观测,如下文所描述的那样。

[0126] 现在参照图 13 和 14,对本发明的成像系统的第四个实施例 154 进行解释。

[0127] 第四实施例 154 被安装在一个从一移动式手推车 158 向上延伸的柱子 156 上,以保证成像系统 154 能够容易运送。一精确调焦平台 160 保证成像系统 154 能够被升高或降低以在目标物体 0 上准确定位。如同所有实施例中一样,视频投影机 162 配有一个 525nm 绿色 LED 照射源(“光子引擎”)164,用作照射 DMD/DLP 芯片 166。第四实施例所使用的一台合适光子引擎 164 是 Teledyne Lighting 型号为 PE09-G 的照射器,输出强度为 85 流明。DMD 芯片 166 可以是 Texas Instruments 部件号 0.7SVGA SDR 的 DMD 芯片,分辨率为 848×600 像素,镜面倾斜角度为 10 度,帧频为 30Hz。众所周知的棱镜组件 168,在内部将来自光子引擎 164 的光反射到 DMD 芯片,并随后朝向物体 0。DMD 芯片 166 受一个众所周知的驱动电子板 167 的控制,该驱动电子板可由 Optical Sciences Corporation 制造。

[0128] 布置在光子引擎 164 和棱镜组件 168 之间的是一聚光透镜 170,比如 BK7Bioconvex 透镜,其部件号为 013-2790-A55,由 OptoSigma 销售,其具有针对 425-675nm 光的 BBAR/AR 表面涂层。投影器的光来自棱镜组件 168,通过众所周知的投影透镜 172,即 Besler 部件号为 8680 的介质格式放大器镜头,然后穿过众所周知的“热镜”(高通滤光器)174,其将来自物体 0 的接收红外光图像反射入第二偏振滤光器 178,然后到达摄像机 176。一合适的摄像机 176 是 Firefly 摄像机,其由 Point Grey Research 销售且部件号为 FIRE-BW-XX,其使用部件号为索尼 ICX084AL 的 640×480 CCD 芯片,它能够通过一个 IEEE-1394(“火线”)接口将图像传送到计算机(“CPU”)180。应注意,计算机 180 有很多接口信号 181,可以以所属领域的技术人员众所周知的方式与成像系统通信。如第三实施例简要提及的那样,第四实施例也有第一和第二激光器 150、152,确保准确定位目标 0,以便摄像机 176 聚焦观测。

[0129] 如同图 12 所示的第三实施例 130, 并参照图 12、13 与 14, 第四实施例 154 有一个组件 136, 其包括红外光照射源 182、第一偏振滤光器 184(其为有一中心孔的环形, 从而不会影响来自投影机 162 的投影图像或物体的观测图像)、全息照射散射环 186(同样有一中心孔, 以便来自投影机 162 的投影图像或物体的观测图像通过, 并扩散来自 LED190 的光)、以及光中性玻璃盖板 188。红外光照射源 182 是优选地布置成一个特定式样的一组 LED, 比如一个有一中心孔以便投影图像和被观测物体的图像通过的圆环。LED 优选的是照射物体 0 的 740nm 近红外 LED190, 研究已经证明, 这种结构为物体 0 的良好照射提供了充足的散射红外光。

[0130] 参照图 15, 现在解释本发明的成像系统的第五个实施例 192。第五实施例与其他实施例的重大区别在于, 第五实施例没有提供一个照射物体的整体散射红外光源(比如, 带 LED 190 环的照射源 182), 但是却观测由光谱比之前披露的整体散射红外光照射源更宽的环境光 L(或太阳光 S) 所照射的物体。虽然环境光有一些红外光谱分量并且相当的分散, 这些红外光谱分量的强度通常比之前披露的散射照射光源所生成的红外光更低。因此, 本实施例要求更好(即更灵敏)的图像装置摄像机, 光学性能要比之前描述的实施例更佳。

[0131] 就像其他实施例, 第五实施例 192 包括视频投影机 162, 其包括一个绿色“光子引擎”164、棱镜组件 168、投影透镜 172 以及 DMD 芯片 166。为允许紧凑的设计, 如同其他实施例, 第五实施例 192 包括一个折镜 194, 其能在投影机内在光子引擎 164 和棱镜组件 168 之间以直角折叠光束。如同其他实施例, 第五实施例 192 包括一个“热镜”174。

[0132] 第五实施例 192 也有一个红外滤光器 196, 其被插在成像装置(摄像机 198)和物体 0 之间的光路中, 以滤掉除摄像机 198 所观测的图像的红外分量以外的全部分量。摄像机 198 优选的是 Basler CMOS 摄像机, 型号为 A600-HDR, 由德国 Basler Vision Technologies 制造, 其有一个 IEEE 1394(“火线”)接口, 能保证捕获高达 112dB 动态范围的图像。第五实施例的一个优点在于, 它能够(并且应该)用于光亮照明的室内。

[0133] 实验测试显示, 有些人的手臂或腿被表面毛发覆盖, 以致难于清楚地看到被投影到皮肤表面之上的投影皮下构造。调查显示, 所有的毛发, 甚至是白发, 在近红外光中看起来也是黑色的。因此, 对所接收的图像进行图像处理, 以便去掉小而暗的假象, 比如毛发, 同时保留接收图像里较大的黑暗物体, 以保持静脉的能见度。图 16a 与 16b 依次合在一起, 是接收图像进行去除假象图像处理的程序列表。执行同样的假象去除程序两次, 然后执行一个众所周知的适应性边缘改善程序, 比如模糊掩盖锐化处理, 再接下来平滑处理由毛发去除所生成的图像假象。程序列表已被很好的注释, 能向所属领域的技术人员解释用于图像的图像处理步骤。

[0134] 在范围 (0...255) 内具有整数像素值的接收图像被转换为 0.0 和 1.0 之间(含)的浮点值。然后, 使用具有 8 像素的西格马的高斯卷积将结果图像转换为平滑(模糊)图像。这是相当小的西格玛值, 在平滑的结果图像中留下一些小特征, 比如细毛发。一个“差值图像”被生成, 其系原始图像减去高斯法平滑图像得到的, 从而生成一个从 -1.0 到 1.0 的零中心值集。毛发, 甚至是白发, 在近红外光中看起来也是黑色的, 所以像素负值显示是毛发, 这些负值像素因此被来自高斯法平滑图像的相应像素替换。这是接收图像处理的第一步骤。其次, 创建一个值阵列, 将原始“差值图像”为负值所在的所有像素位置(“毛发”位置)设置为 1.0, 所有其他像素位置设置为零, 从而创建一个由 0.0 或 1.0 值组成的阵列, 而

每一个“毛发像素”有一个值 1.0,所有其他像素具有一个零值。原始图像 (“图像 1”),其有从 0.0 到 1.0 的像素值,在每一个“毛发像素”位置增加 0.015。因为这是一种高度非线性操作,因此如果相当小,增加量只有 1.5%。

[0135] 再次执行同样的操作设置 (用 8 像素的西格马进行高斯法平滑、创建一个差值图像、确认负值像素的位置、并增加负值像素所在位置的图像),然后使用具有 64 像素的西格马的高斯卷积再次平滑结果图像。创建第三差值图像,其系原始图像减去高斯法平滑图像所得;在第三差值图像内创建一个从每一个像素的绝对值开始形成的图像。然后,使用具有 64 像素的西格马的高斯卷积再次平滑生成的绝对值图像;然后,用平滑绝对值图像分割第三个差值图像,使用具有 4 像素的西格马的高斯卷积平滑结果分割图像。

[0136] 前述的假象去除算法允许以皮下静脉的对比度 (感兴趣的表面下组织) 来设置对比度,忽视假象 (毛发),从而为自适应模糊掩盖边缘增强而准备图像,以设置最终图像的对比度。参数例如西格玛值、阈值等可能根据对象的年龄和色素沉着程度等会有所变化。

[0137] 图 17a、17b、17c、17d 和 17f,依次合在一起,为接收图像去除假象图像处理的 C++ 编程语言程序列表,其基于图 16a 和图 16b 所示的研究 / 调查程序之上,但使用英特尔图像处理库以更快地执行数学操作。

[0138] 本发明的任何或全部实施例应包括一个保持成像装置所观测到的埋藏结构图像以合适的成像距离与图像装置摄像机焦点对准的机械装置。如图 18 所示,这个机械装置的第一实施例使用一对激光器 150、152,每一个激光器相应地发出光束 200、202,而光束 200、202 互不平行,因此从不同的角度导向物体;当目标处在距离成像装置的合适成像距离时,这两条激光光束只能会聚在相同点 204 并相交,如交叉面 206 的位置所示。如果目标比合适的成像距离更靠近设备,如平面 208 所示,或者如果目标比合适的成像距离更远离设备,如平面 210 所示,这两条光束就不会在单一点相交,而会作为第一对可见点 212、214 (平面 208 的) 或作为第二对可见点 216、218 (平面 210 的) 出现在物体表面,从而显示埋藏结构并没有位于图像装置摄像机的焦点,而从物体到设备的距离应当被改变,来将埋藏结构的观测图像带入焦距。激光器 150 和 152 也可以在图 12、13 和 14 中看到。本发明所用的适宜激光器为由奥地利维也纳的 Roithner Lasertechnik 制造、型号为 LM-03 的激光模块。

[0139] 目标定位机械装置的第二个实施例给投影图像添加了一个独立于被观测埋藏结构的可识别可见光图案,比如文字边框,以进行相互投影。只有在当目标处在距离投影器的理想距离时,被投影的可识别图案聚焦在目标物体的表面上才能被观测者识别出来,从而使目标表面之下的埋藏结构也处在距离成像装置的合适成像距离处。如果需要的话,可以提供对小孩子有吸引力的卡通图案,用来鼓励孩子将身体部位放好,以便观测皮下血管,或者可以将医院或诊所的标识或名称用作图案。虽然埋藏结构的投影图像经常因为去除假象的图像处理去除而有些模糊,但人们能够迅速地通过一个众所周知或可识别的可见光图案是否脱离焦距来确认。目标定位机械装置,即可识别可见光图案的投影而非激光器的使用的该第二实施例的一个优点在于如果使用激光器时没有采用合适的安全防范措施,可能会有造成伤害的危险,比如失明。

[0140] 图 21 的照片显示的是周围有文字边框的投影图像。

[0141] 图 22 是周围有文字边框的投影图像的另一张照片,与图 21 类似,但图 22 里被观察的物体已经移位,用来显示文字边框是如何偏离焦点以说明该物体相对于图像装置摄像



机定位不当。

[0142] 图 23 显示的是一个文字边框图像,该图像与一个投影图像结合,一同投影到物体上以确保定位正确。由于如以上所描述的那样,当图像反射在棱镜结构之内时,本发明的有些实施例中会出现图像反转的现象,该文字边框是反转显示的,但是,当被投影时,看起来就没有反转了。投影图像在与文字边框结合之前得到良好的修剪,因此投影时文字边框仍然明显且清楚。

[0143] 图 24 为通过本发明将表面下血管投影到一只手上的处理过的图像,类似于图 20(省去了文字边框)和图 21,但显示了文字边框是如何偏离焦点以说明该手的定位不当。

[0144] 如图 19 所示,提供了一个校准方法,其中,视频投影器 138(或 162,或者本发明的任何投影器)将一绿色目标图案 220 投影到荧光屏 222 上,然后荧光屏将投影的四点绿色目标图案 220 转化成红外成像装置 132 可见的深红色光。一个计算机程序在直角坐标系即  $(x_1, y_1)$ 、 $(x_2, y_2)$ 、 $(x_3, y_3)$  与  $(x_4, y_4)$  中纪录了四个投影点 P1、P2、P3 和 P4 的观测图案,如果正确排列时,相对于各个点的理想或“真实”位置即  $(X_1, Y_1)$ 、 $(X_2, Y_2)$ 、 $(X_3, Y_3)$  与  $(X_4, Y_4)$ ,并计算了用于双线性变换等式(图 25a 和图 25b 中对于“解”函数的自变量)的校准系数  $(a, b, c, d, g, h, k, f)$ ,以校正成像装置和投影器之间的放大倍率、旋转和偏移。图 25a 和图 25b 显示使用 MAPLE 9 计算机解方程程序将双线性变换系数作为校准过程中测定的各个值的一个函数。这些校准系数在装置运作过程中用于将图像  $(x, y)$  的坐标系变换为校正的坐标系  $(X, Y)$ ,以生成一个校准过的图像。图 26 显示的是这些坐标在校准过程中完成计算后如何用作集成电路公司 Intel 为匹配其处理器的使用而提供的一个众所周知的图像处理库数学程序的参数,以使用双线性变换等式达到高性能图像对准校正。这些运行时计算使用双线性变换等式而非浮点算术完成,以便对图像进行更迅速的处理。

[0145] 校准程序将一个测试图案 220 投影到荧光屏之上,其由四个点 P1、P2、P3 和 P4 组成,分别在一个  $320 \times 240$  像素矩形尺寸(如成像装置摄像机观测)的矩形的各个端角处,每一个点有一个 25 像素的半径(从成像装置摄像机观测)。例如,摄像机 132 的分辨率可能是  $640 \times 480$  像素,而投影器 138 的分辨率可能是  $1024 \times 780$  像素。点半径从 4 到 50 像素变化的实验测试显示,100 个样品的标准偏差迅速地从 5 像素的点半径降低到大约 25 像素,然后再较缓慢地降低到 50 像素的半径。

[0146] 要实施本发明的校准方法时,较理想的是使用绿光在第一光谱内将一个有四个间隔开的点 P1、P2、P3 和 P4 的测试图案投影到荧光屏 222 上,之后,该荧光屏发出荧光并生成第二光谱里的光,较理想的是临近或处在红外光谱里的光,比如红光,其能为图像装置摄像机 132 所见,甚至是通过图像装置摄像机可以通过它来观测到目标物体的红外光传输滤光器。之后,校准软件测量这四个点的观测位置,计算双线性变换等式的校正系数  $(a, b, c, d, g, h, k, f)$ ,然后使用这些系数作为双线性变换的参数,通过在投影之前扭曲图像校正图像装置摄像机和投影器之间的未对准误差(旋转、偏移和放大),从而校正投影图像。应注意,该程序允许对在水平和垂直方向不同的放大倍率误差的校正,也允许对在水平和垂直方向不同的偏移误差的校正。

[0147] 测试显示,该校准程序能够校正该图像摄像机大概一半像素尺寸内高达  $\pm 25.4\text{mm}$  的未对准误差。靠近测试图案的四个点的图像部分的对准效果最佳,但对整个图像的对准效果也非常之好。

[0148] 应理解到,任何这些实施例的一个特征都可以以在前述的披露之后能够理解的方式与另一个特征一起使用。比如,任何实施例都能选择在环境照射里的红外分量照射物体,而非提供一个独立的散射红外光源,和/或可在一个激光目标定位器和一个结合埋藏结构的投影图像的可识别图案之间选择,以保持图像装置摄像机到物体的理想距离。

[0149] 虽然已对本发明进行描述并对照一个实施例和一个较佳用途进行例证,但不仅限于这些内容,因为在本发明的全面设计范围内可以出现某些修改和更改。

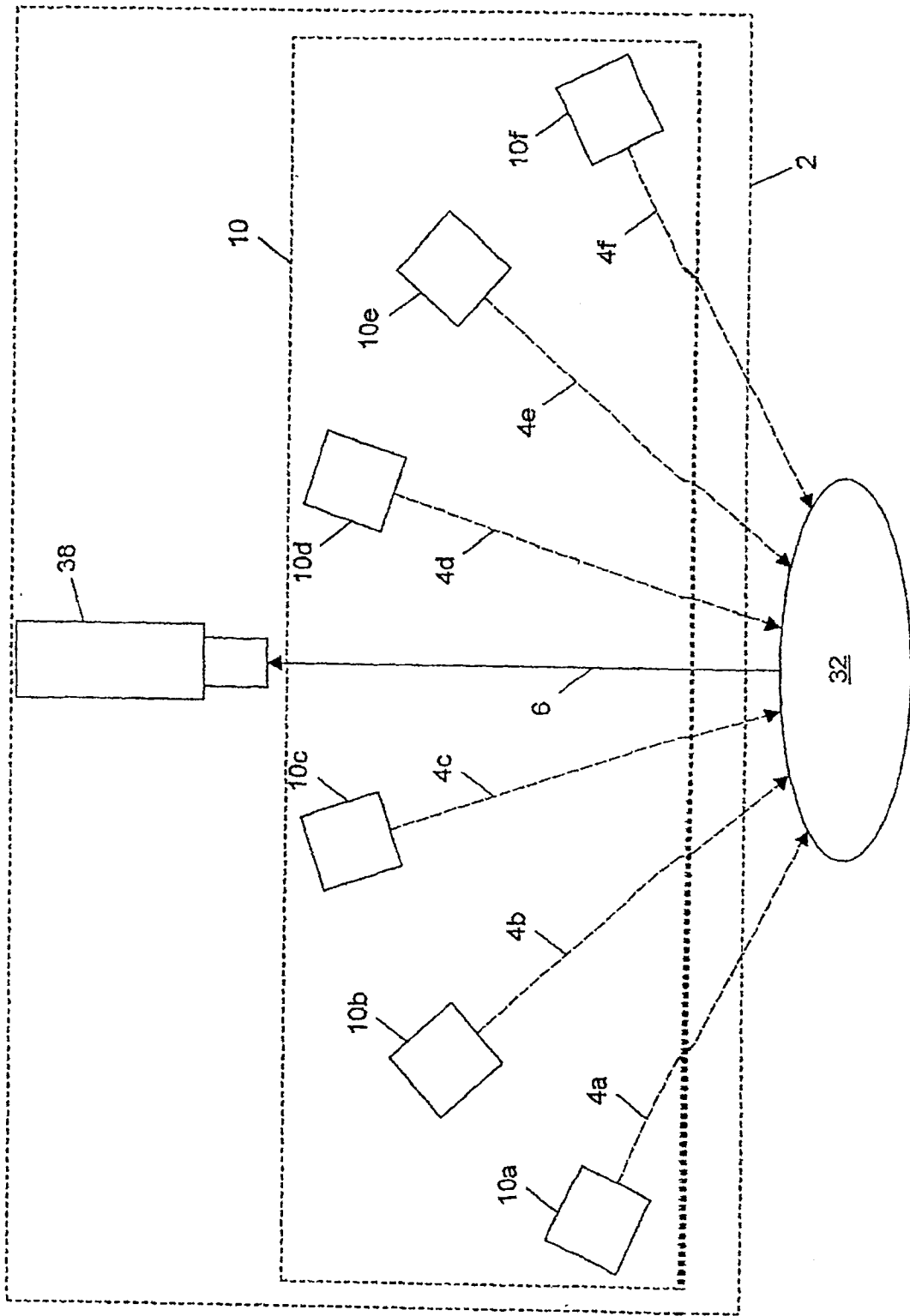


图 1

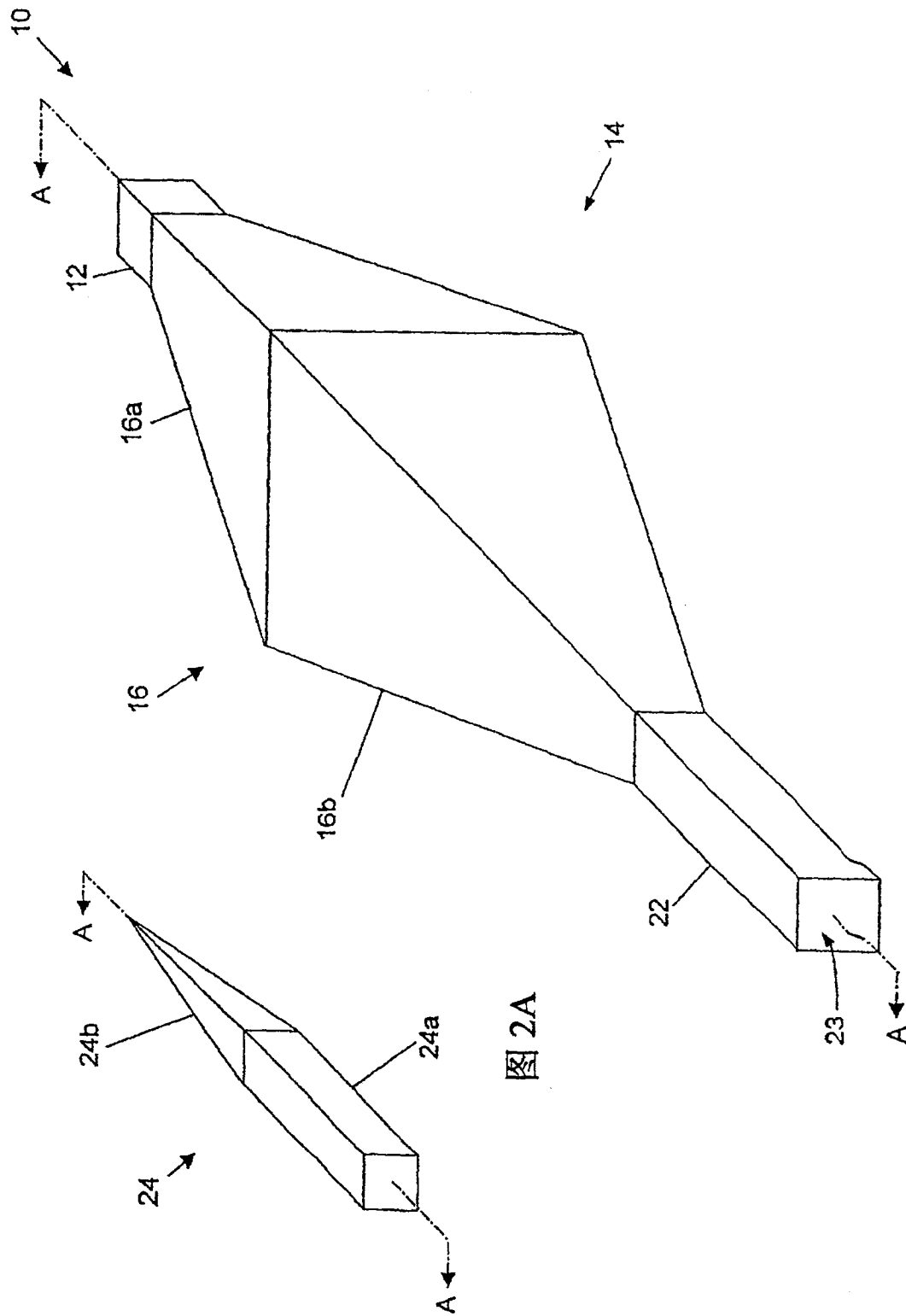


图 2B

图 2A

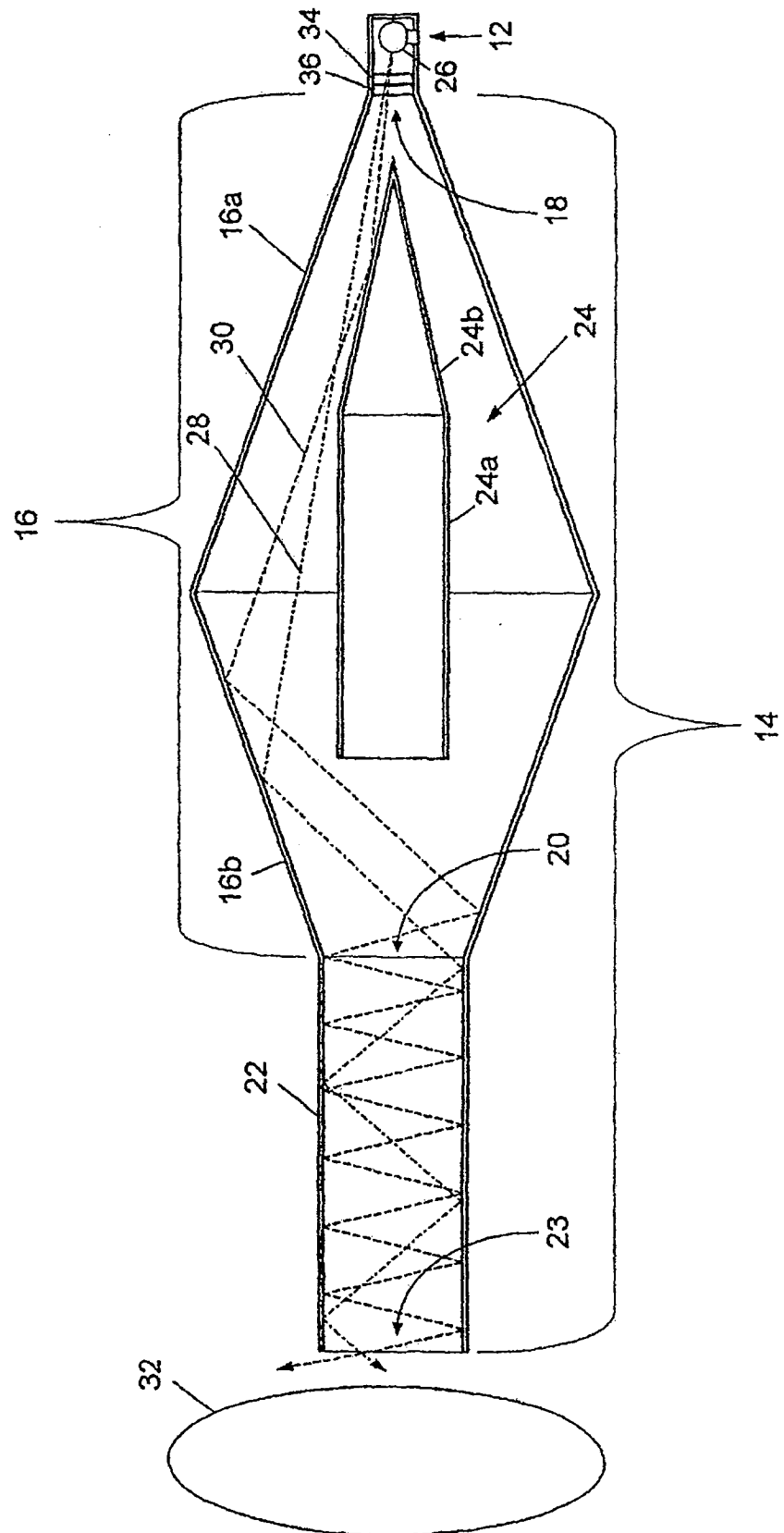


图 3

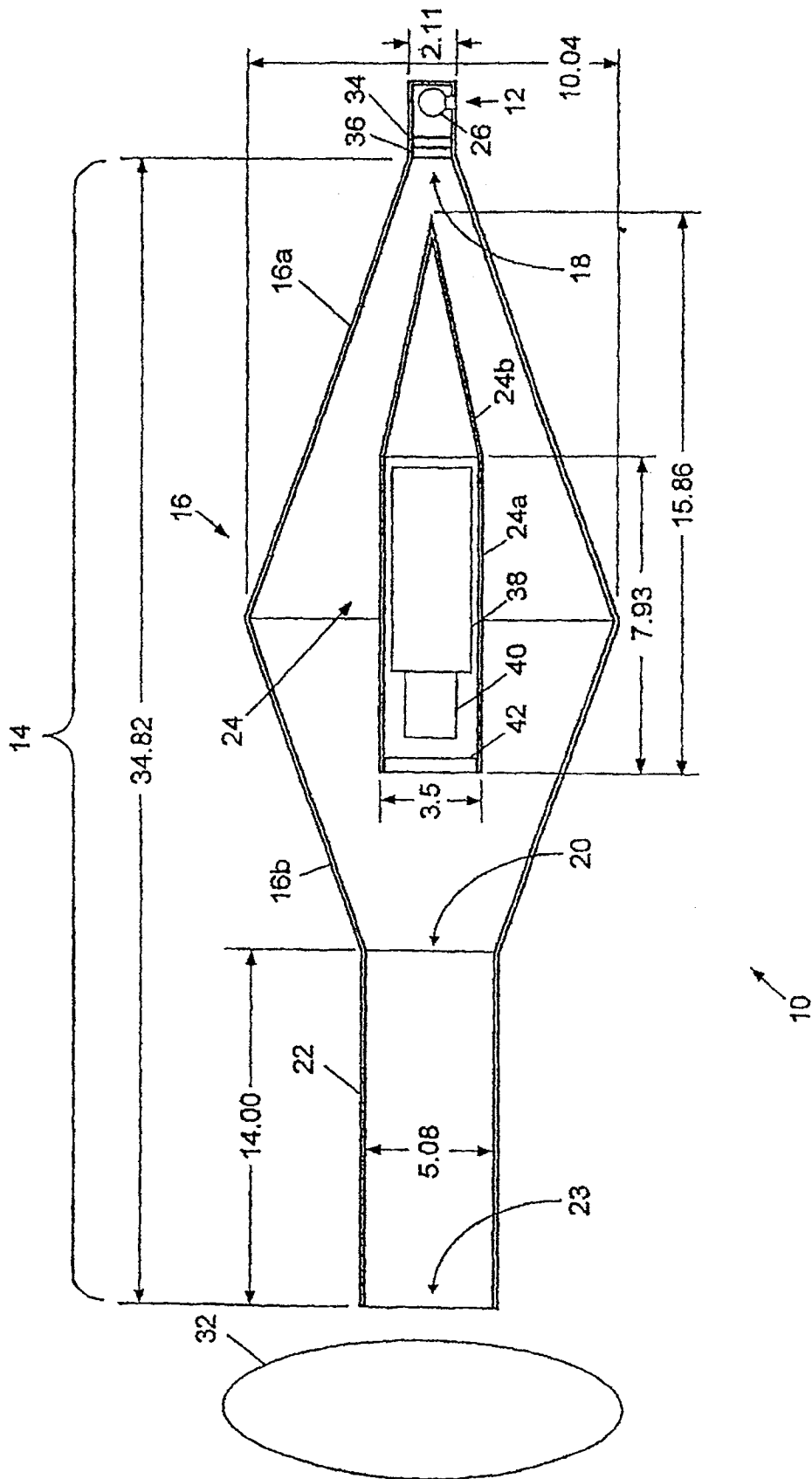


图 4

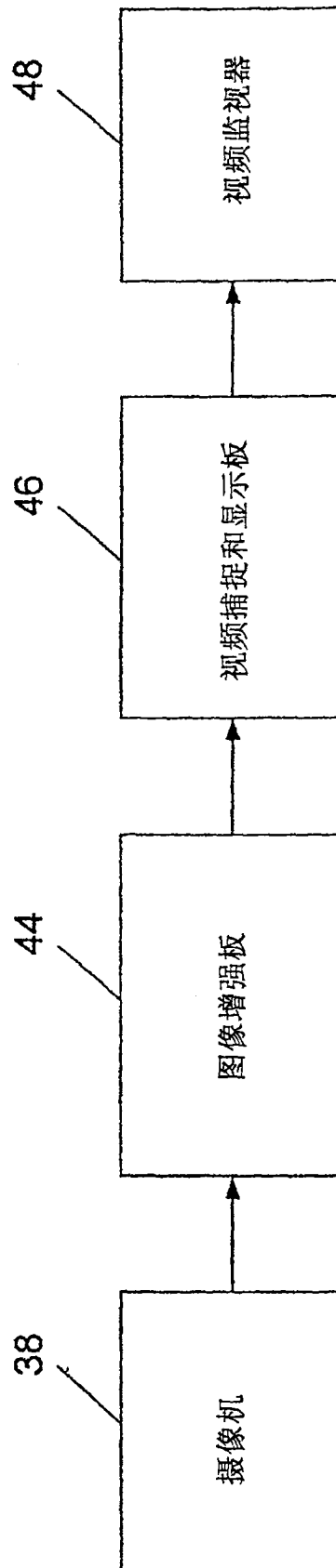


图 5

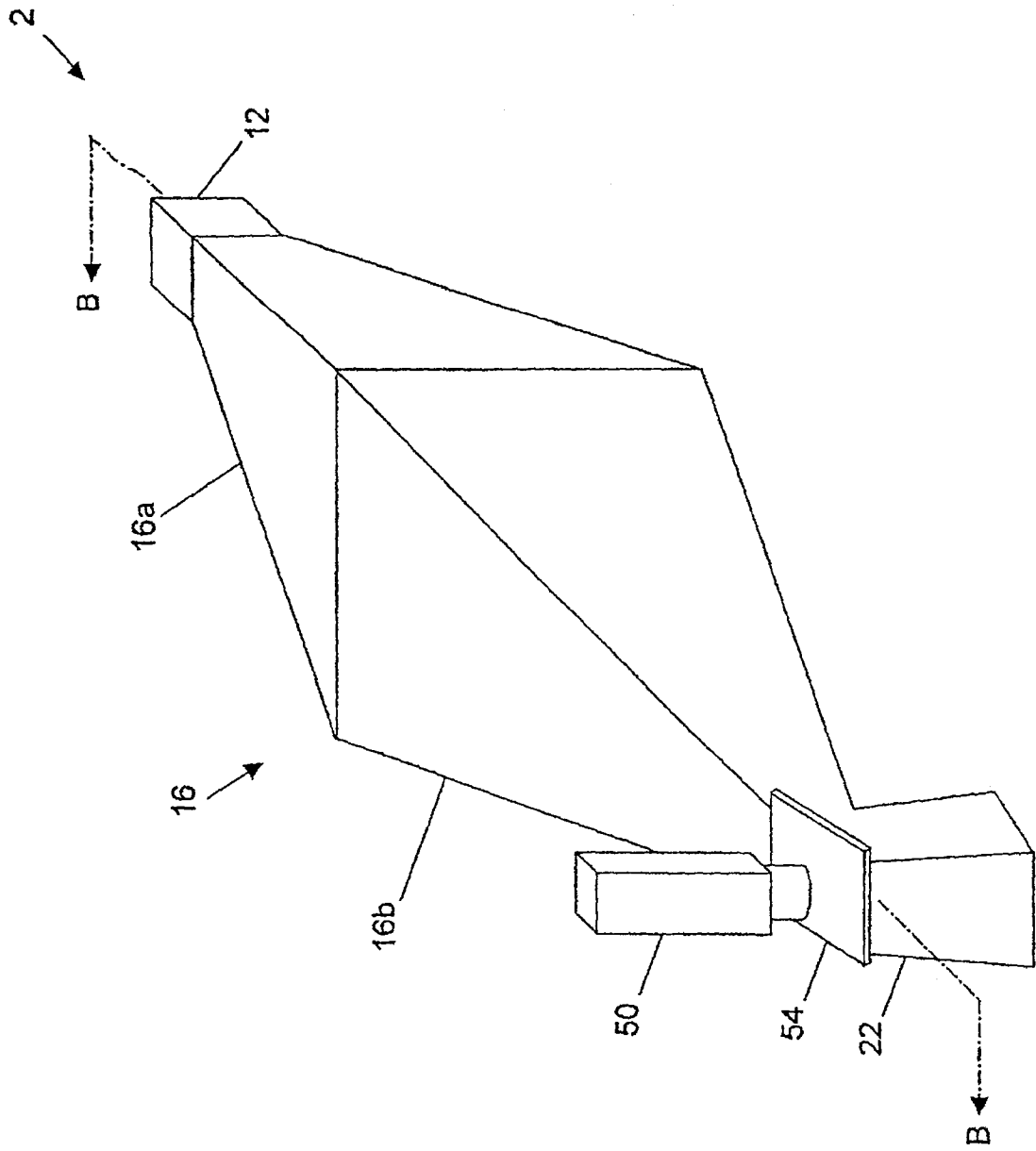


图 6A



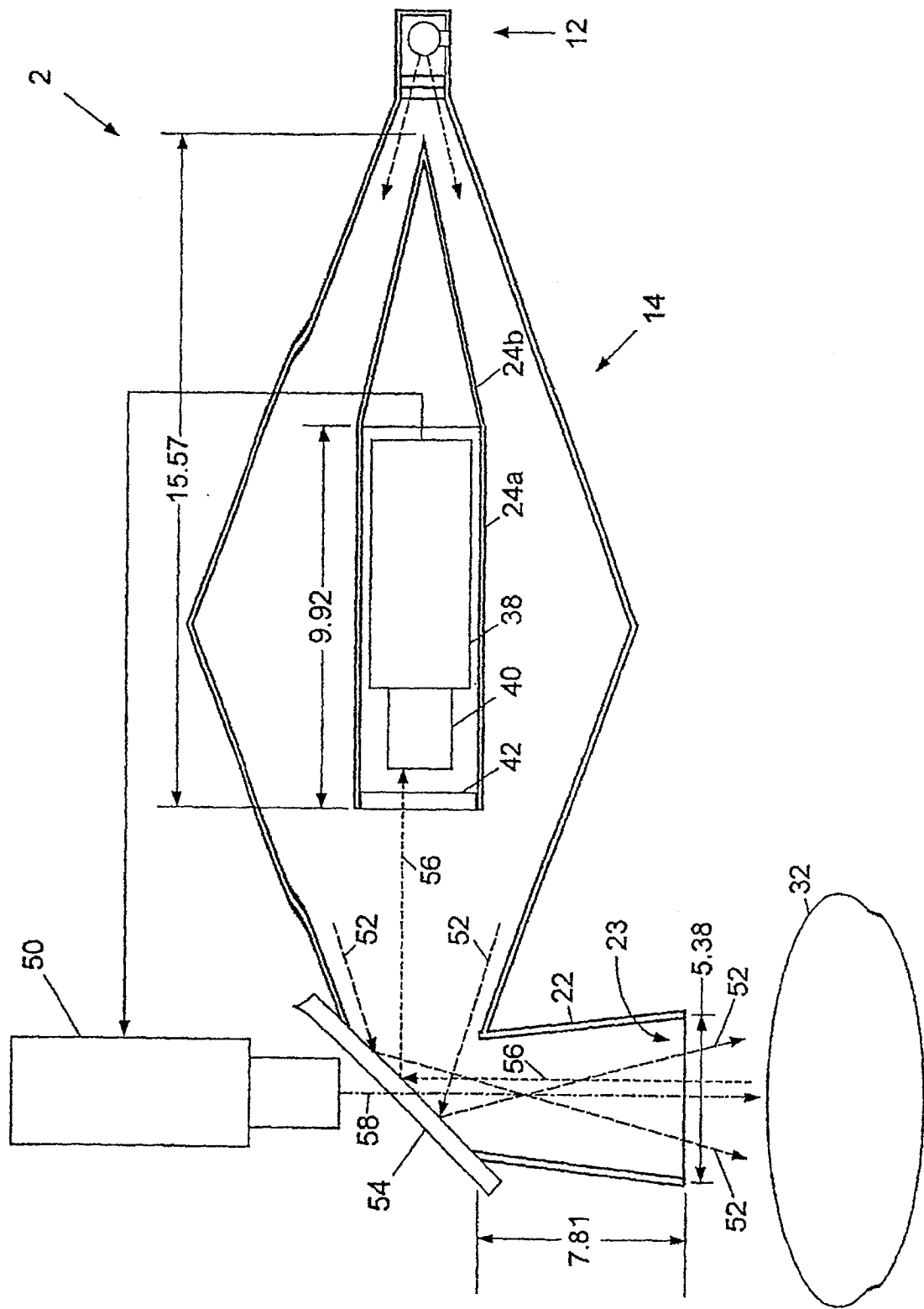


图 6B

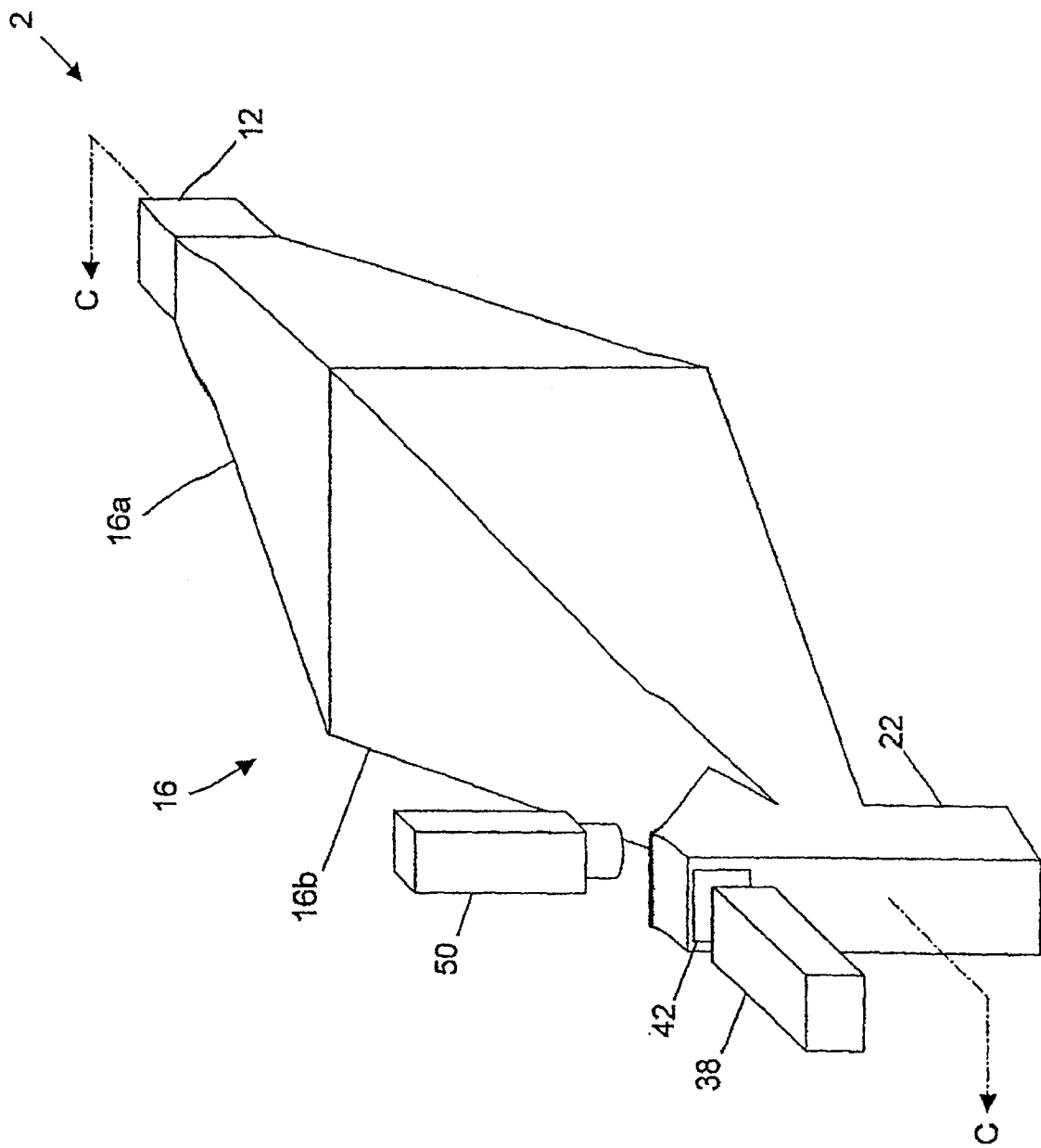


图 7A

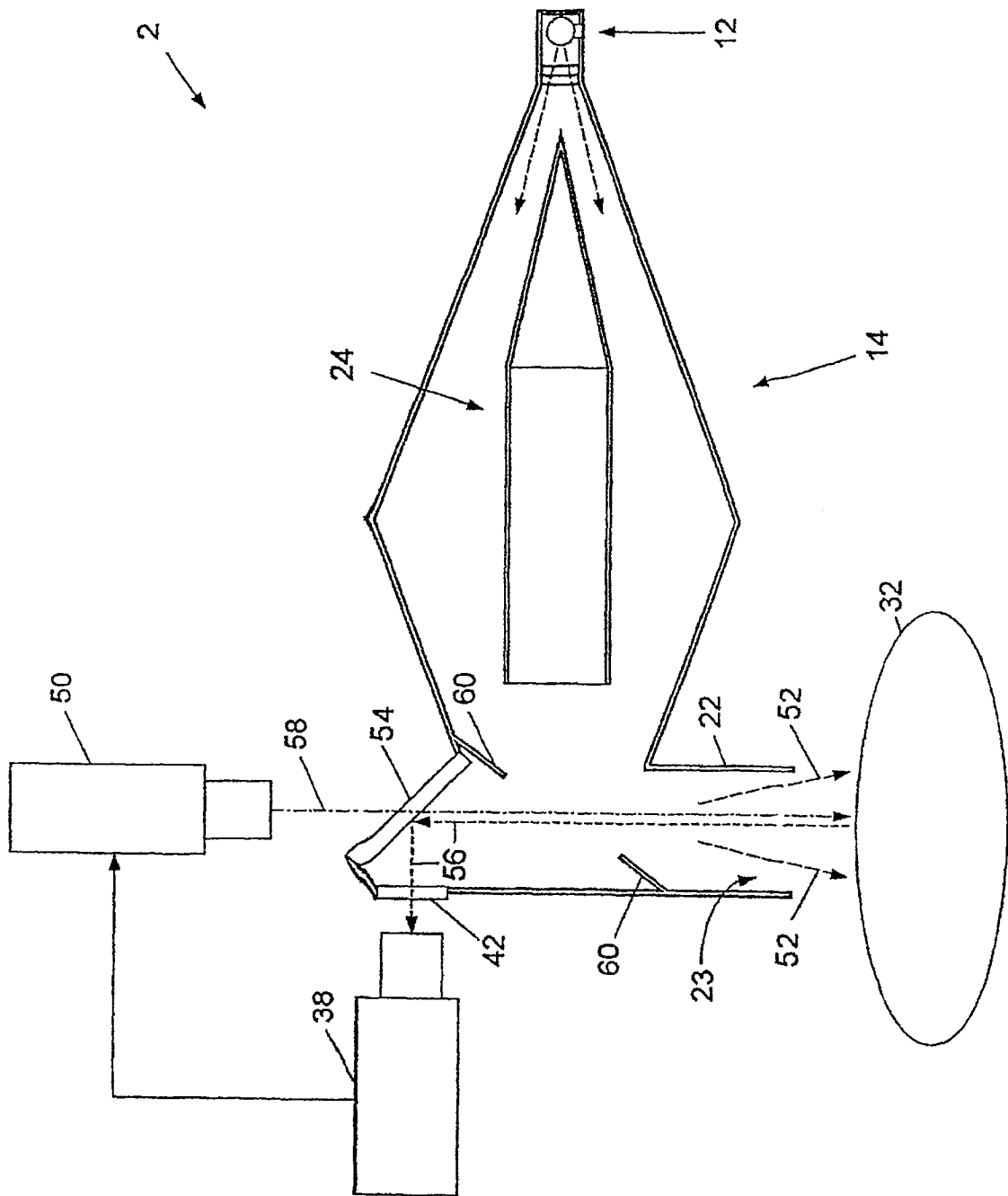


图 7B

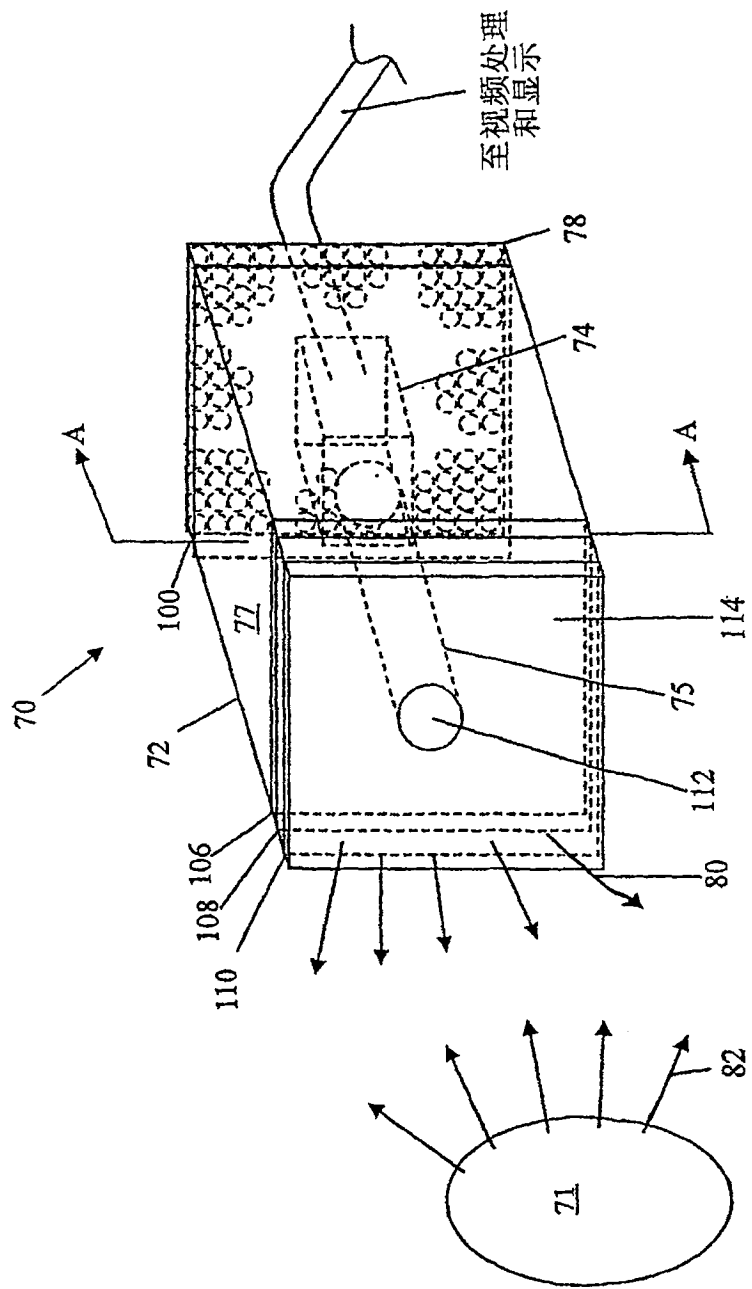


图 8

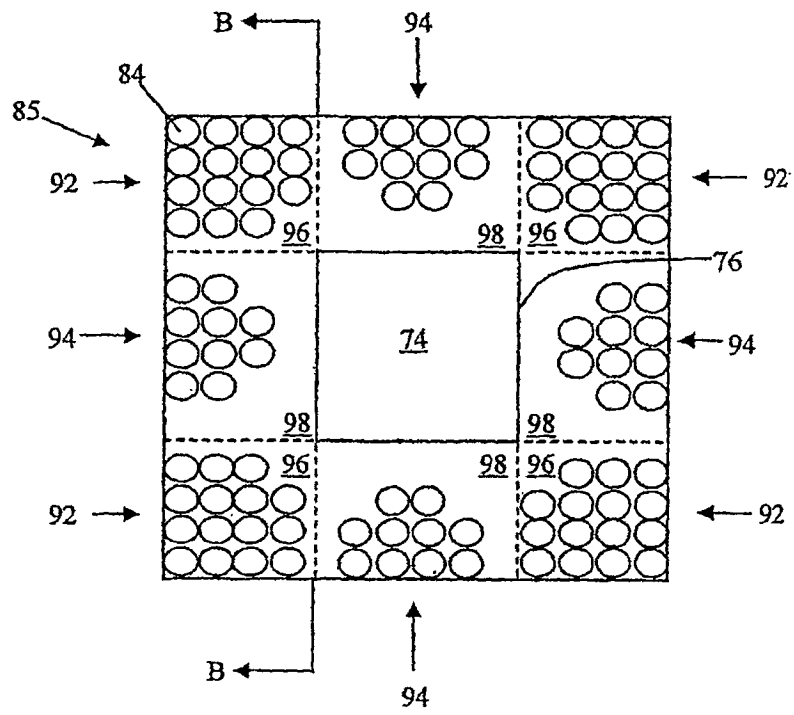


图 9

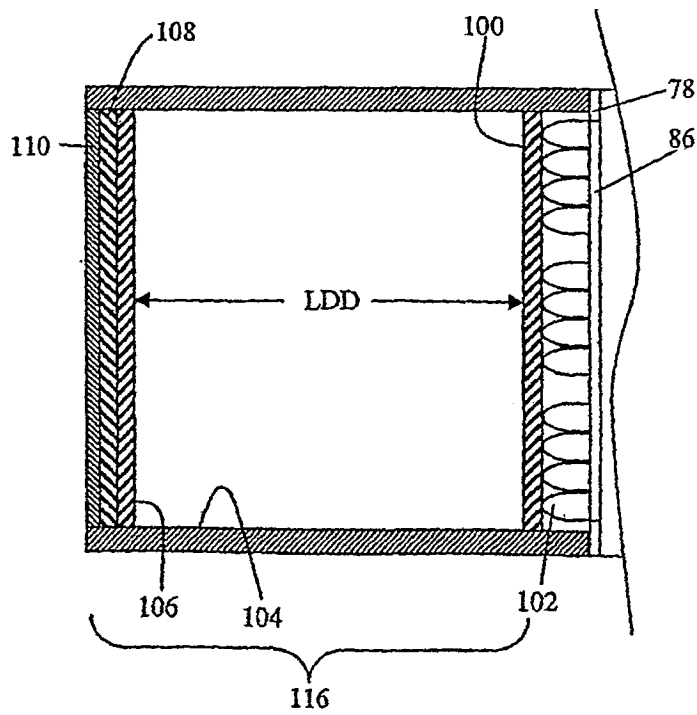


图 10

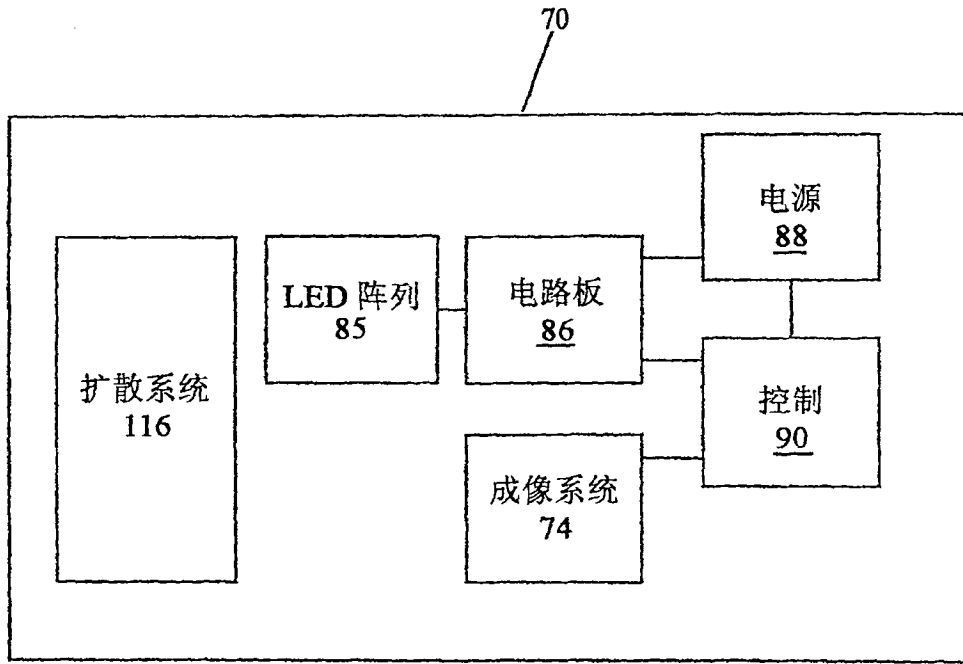


图 11

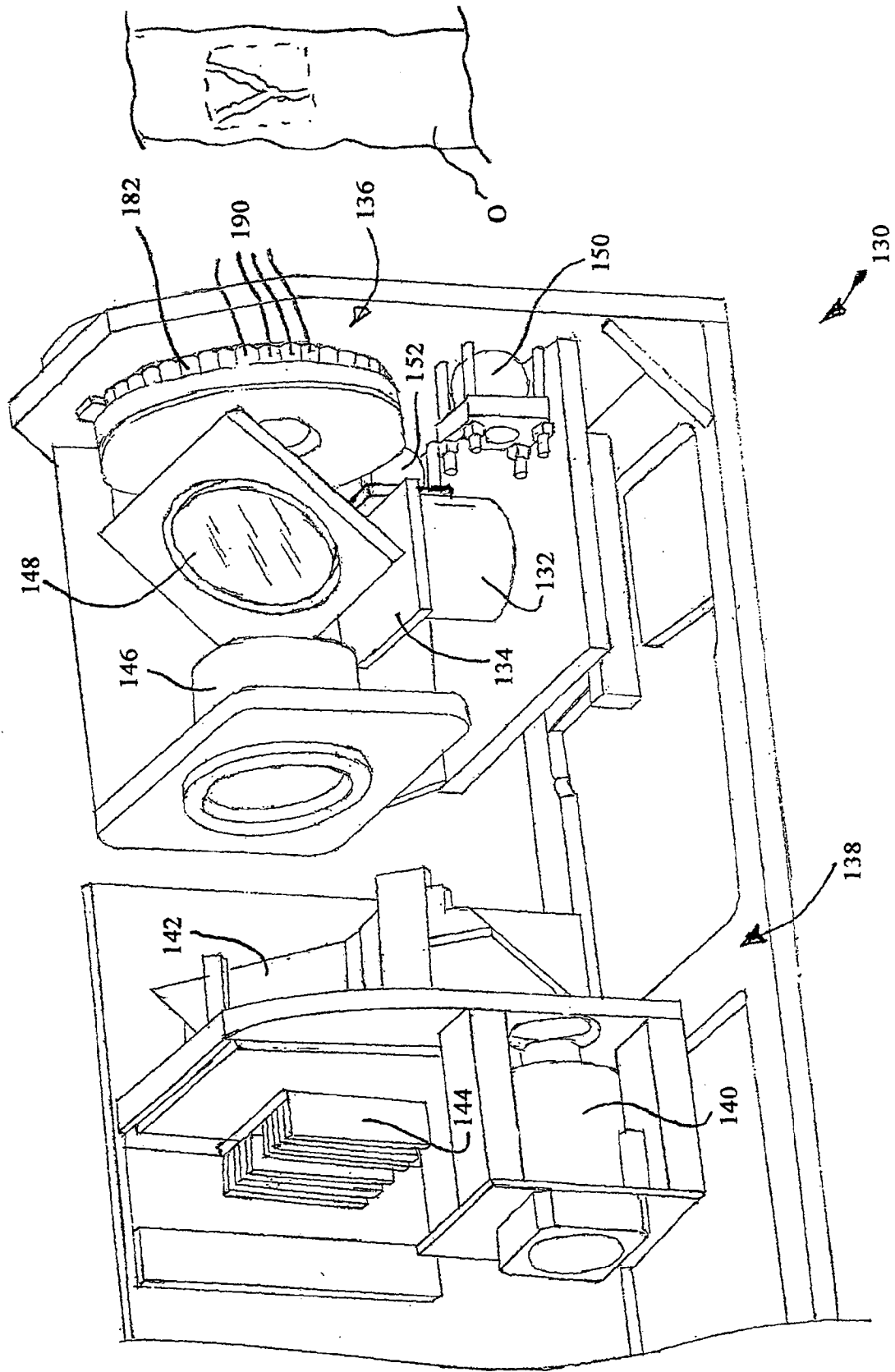


图 12

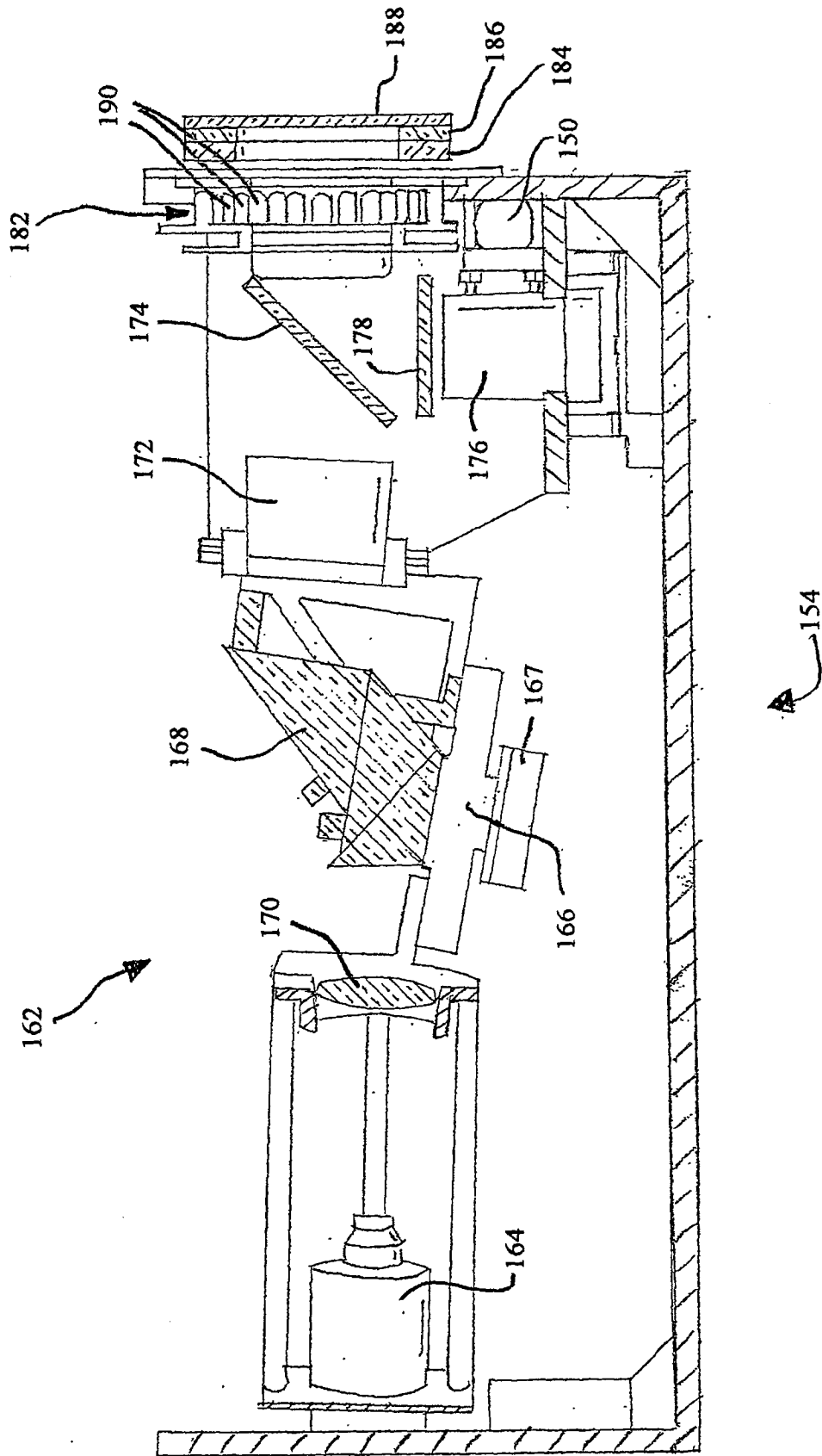


图 13



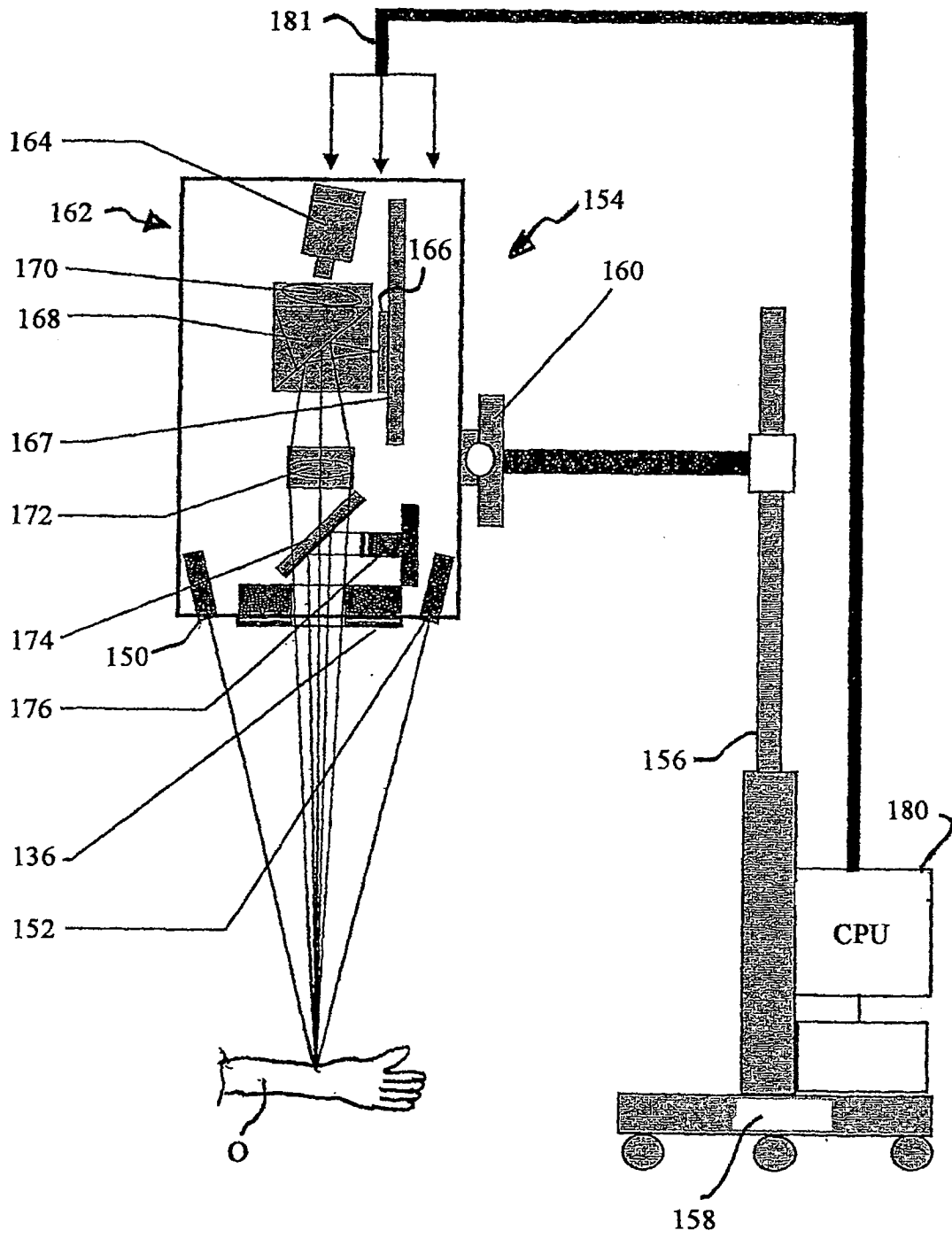


图 14

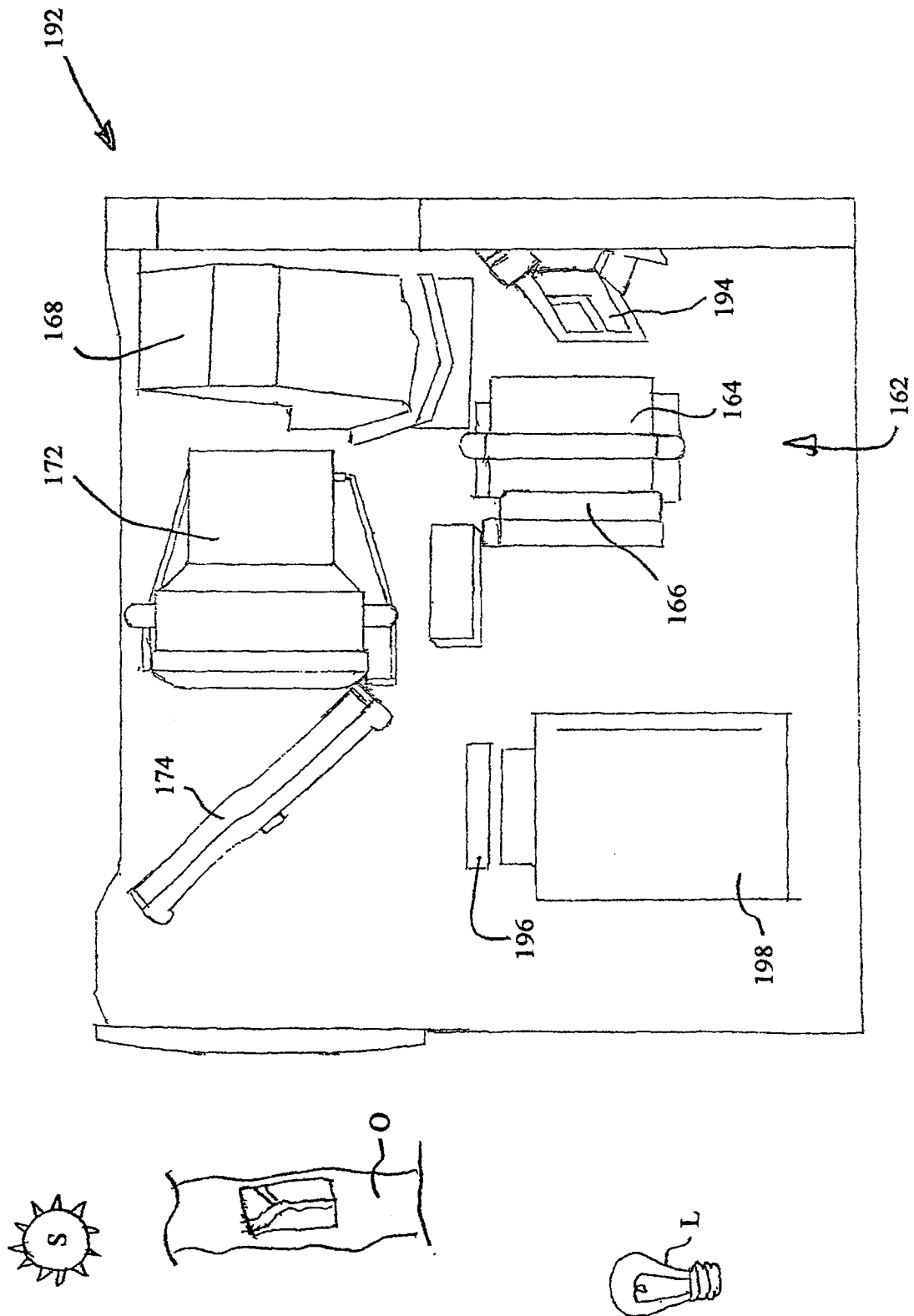


图 15

## 假象去除程序

```

[0010] cd, 'd:\data\vascular\hair\new' ; go to the directory for the data file to process
[0020] dummy = bytarr(15) ; the array to hold the header information
[0030] ; in the image file
[0040] result = bytarr(640,480) ; the array to hold the image captured from
[0050] ; VeinViewer
[0060] openr, 1, 'matt1.pgm' ; open the image file
[0070] readu, 1, dummy,result ; read the header and image data
[0080] close, 1 ; close the image file
[0090] ; open an image window on the computer screen
[0100] window, 0, xsize = 640, ysize = 480, xpos = 640, ypos = 0, title = 'original'
[0110] tv, result ; display the image from the file
[0120] im1 = float(result) / 255. ; put the image in a floating point array
[0130] ; with pixel values between 0.0 and 1.0
[0140] ;
[0150] gi1 = gauss(im1, 640, 480, 8.) ; smooth the image with a Gaussian convolution
[0160] ; with a sigma equal to 8.0 pixels
[0170] di1 = im1 - gi1 ; create a difference image which is the original
[0180] ; image minus the smoothed image
[0190] ng1 = where(di1 lt 0.0) ; find those pixels where the difference image
[0200] ; is negative
[0220] im1(ng1) = gi1(ng1) ; replace those pixels with the corresponding
[0230] ; pixels from the smoothed image
[0240] mk1 = fltarr(640, 480) ; create a new floating point array the size of
[0250] ; the image and set all pixels to 0.0
[0260] mk1(ng1) = 1.0 ; set the pixels in the new array that correspond
[0270] ; to the negative pixels in the difference image
[0280] ; to 1.0
[0290] im2 = im1 + 0.015 * mk1 ; add 0.015 times the new array to the image
[0300] ;
[0310] gi2 = gauss(im2, 640, 480, 8.) ; smooth the image with a Gaussian convolution
[0320] ; with a sigma equal to 8.0 pixels
[0330] di2 = im2 - gi2 ; create a difference image which is the original
[0340] ; image minus the smoothed image
[0350] ng2 = where(di2 lt 0.0) ; find those pixels where the difference image
[0360] ; is negative
[0370] im2(ng2) = gi2(ng2) ; replace those pixels with the corresponding
[0380] ; pixels from the smoothed image
[0390] mk2 = fltarr(640, 480) ; create a new floating point array the size of the
[0410] ; image and set all pixels to 0.0
[0420] mk2(ng2) = 1.0 ; set the pixels in the new array that correspond
[0430] ; to the negative pixels in the difference image
[0440] ; to 1.0
[0450] im3 = im2 + 0.015 * mk2 ; add 0.015 times the new array to the image
[0460] ;
[0470] sm3 = gauss(im3, 640, 480, 64.) ; smooth the image with a Gaussian convolution
[0480] ; with a sigma equal to 64.0 pixels
[0490] di3 = im3 - sm3 ; create a difference image which is the original

```

图 16a

```
[0500]                                     ; image minus the smoothed image
[0510] ai3 = abs(di3)                       ; create an image which is the absolute value of
[0520]                                     ; the difference image
[0530] ; smooth the absolute value image with a Gaussian convolution with a sigma
[0540] ; equal to 64.0 pixels
[0550] denom = gauss(ai3, 640, 480, 64.)
[0560] edg = di3 / denom                       ; divide the difference image with the smoothed
[0570]                                     ; absolute value image
[0580] ged = gauss(edg, 640, 480, 4.)        ; smooth the divided image with a Gaussian
[0590]                                     ; convolution with sigma equal to 4.0 pixels
[0600] ;
[0610] ; open an image window on the computer screen
[0620] window, 1, xsize = 640, ysize = 480, xpos = 640, ypos = 515, title='processed'
[0630] tvscl, ged                             ; display the processed image
[0640] end                                     ; end the program
```

图 16b

## 用 C++ 编程语言编写的人造产物去除程序

```

[1010] // Process Image using Algorithm 1 (adaptive)
[1020] void ProcessImage1(Ipp8u* pFirst, Ipp8u *pLast)
[1030] {
[1040]     int adapfactor, adaprange;
[1050]     IppiSize mask, mask2;
[1060]     IppiPoint anchor, anchor2;
[1070]
[1080]     if (!child) {
[1090]         // FIRST kernel size. Used to blur the original image.
[1100]         kernelSize = 192; // 128
[1110]         mask.width=mask.height=kernelSize;
[1120]         anchor.x=anchor.y=(int) (kernelSize/2);
[1130]
[1140]         // SECOND kernel size. Used in the adaptive part of the algorithm.
[1150]         kernelSize2 = 96; // 64
[1160]         mask2.width=mask2.height=kernelSize2;
[1170]         anchor2.x=anchor2.y=(int) (mask2.width/2);
[1180]     } else {
[1190]         // FIRST kernel size. Used to blur the original image.
[1200]         kernelSize = 96; // 96
[1210]         mask.width=mask.height=kernelSize;
[1220]         anchor.x=anchor.y=(int) (kernelSize/2);
[1230]
[1240]         // SECOND kernel size. Used in the adaptive part of the algorithm.
[1250]         kernelSize2 = 48; // 48
[1260]         mask2.width=mask2.height=kernelSize2;
[1270]         anchor2.x=anchor2.y=(int) (mask2.width/2);
[1280]     }

```

图 17a

```

[1290]
[1300]ippiConvert_8u16s_C1R(pFirst, 640, pTwo, 640*2, roiVGA);
[1310]// converts from 8 bit unsigned (pFirst) to 16 bit signed (pTwo)
[1320]
[1330]ownBlur(pTwo, pThree, mask, anchor); //pThree = blur(pTwo)
[1340]
[1350]ippiSub_16s_C1RSfs(pThree, 640*2, pTwo, 640*2, pFour, 640*2, roiVGA, 0);
[1360]// pFour = pTwo - pThree, the result is a signed image
[1370]
[1380]ippiMinMax_16s_C1R(pFour, 640*2, roiVGA, &min, &max);
[1390]// finds the range of pFour
[1400]
[1410]/** pFive = scale_up(pFour) *****/
[1420]adaprange=(abs(min)>abs(max))?abs(min):abs(max);
[1430]if (adaprange!=0)
[1440]    adapfactor=(int)(32767/adaprange);
[1450]else
[1460]    adapfactor=32767;
[1470]ippiMulC_16s_C1RSfs(pFour, 640*2, (Ipp16s)adapfactor, pFive, 640*2,
[1480]    roiVGA, 0);
[1490]
[1500]// obtains the higher byte of each pixel of pFive
[1510]// and puts it into the higher byte of pSix
[1520]ippiAndC_16u_C1R((Ipp16u*)(void*)pFive, 640*2, (Ipp16u)0xFF00,
[1530]    (Ipp16u*)(void*)pSix, 640*2, roiVGA);
[1540]
[1550]ippiRShiftC_16s_C1R(pFive, 640*2, 7, pSeven, 640*2, roiVGA);
[1560]// pSeven=LSB(pFive)
[1570]
[1580]ippiAbs_16s_C1R(pSeven, 640*2, pEight, 640*2, roiVGA);

```

图 17b

```

[1590]     ownBlur(pEight, pNine, mask2, anchor2);
[1600]
[1610]    ippiOr_16u_C1R((Ipp16u*)(void*)pSix, 640*2, (Ipp16u*)(void*)pNine,
[1620]                 640*2, (Ipp16u*)(void*)pTen, 640*2, roiVGA);
[1630]
[1640]    ippiLUT_16s_C1R(pTen, 640*2, pEleven, 640*2, roiVGA, pAdapValues,
[1650]                  pAdapLevels, nAdapLevels);
[1660]
[1670]    ippiMinMax_16s_C1R(pEleven, 640*2, roiVGA, &min, &max);
[1680]     // finds the range
[1690]
[1700]    ippiLUT_16s_C1R(pEleven, 640*2, pTwelve, 640*2, roiVGA, pValues, pLevels,
[1710]                  nLevels);
[1720]
[1730]    ippiConvert_16s8u_C1R(pTwelve, 640*2, pLast, 640, roiVGA);
[1740]
[1750] }
[1760]
[1770] // Process Image using Algorithm 2 (hair)
[1780] void ProcessImage2(Ipp8u* pFirst, Ipp8u *pLast)
[1790] {
[1800]     int adapfactor, adaprange;
[1810]     IppiSize filterSize, mask;
[1820]     IppiPoint filterAnchor, anchor;
[1830]
[1840]    ippiConvert_8u16s_C1R(pFirst, 640, pIm1, 640*2, roiVGA);
[1850]     //converts from 8 bit unsigned (pFirst) to 16 bit signed (pTwo)
[1860]
[1870]     filterSize.width=filterSize.height=param1;
[1880]     filterAnchor.x=filterAnchor.y=(int)(filterSize.width/2);
[1890]

```

图 17c

```

[1900] ownBlur(pIm1, pGi1, filterSize, filterAnchor);
[1910]
[1920] ippiSub_16s_C1RSfs(pGi1, 640*2, pIm1, 640*2, pDi1, 640*2, roiVGA, 0);
[1930] //pDi1 = pIm1 - pGi1
[1940]
[1950] ippiThreshold_LTVaIGTVal_16s_C1R(pDi1, 640*2, pNg1, 640*2, roiVGA, 0,
[1960] 255, 0, 0); // select those less than 0
[1970]
[1980] ippiConvert_16s8u_C1R(pNg1, 640*2, pNeg1, 640, roiVGA);
[1990]
[2000] ippiCopy_16s_C1MR(pGi1, 640*2, pIm1, 640*2, roiVGA, pNeg1, 640);
[2010]
[2020] ippiSet_16s_C1R(0, pMk1, 640*2, roiVGA);
[2030] ippiSet_16s_C1MR(255, pMk1, 640*2, roiVGA, pNeg1, 640);
[2040]
[2050] ippiMulC_16s_C1RSfs(pMk1, 640*2, (Ipp16s) firstWeight, pAux1, 640*2,
[2060] roiVGA, 10);
[2070]
[2080] ippiMulC_16s_C1RSfs(pIm1, 640*2, (Ipp16s)1000, pAux2, 640*2, roiVGA, 10);
[2090]
[2100] ippiAdd_16s_C1RSfs(pAux1, 640*2, pAux2, 640*2, pIm2, 640*2, roiVGA, 0);
[2110]
[2120] filterSize.width=filterSize.height=param2;
[2130] filterAnchor.x=filterAnchor.y=(int)(filterSize.width/2);
[2140] ownBlur(pIm2, pGi2, filterSize, filterAnchor);
[2150]
[2160] ippiSub_16s_C1RSfs(pGi2, 640*2, pIm2, 640*2, pDi2, 640*2, roiVGA, 0);
[2170] // pDi2 = pIm2 - pGi2
[2180]

```

图 17d



```

[2190] ippiThreshold_ITValGTVal_16s_C1R(pDi2, 640*2, pNg2, 640*2, roiVGA, 0,
[2200]     255, 0, 0); // select those less than 0
[2210]
[2220] ippiConvert_16s8u_C1R(pNg2, 640*2, pNeg2, 640, roiVGA);
[2230]
[2240] ippiCopy_16s_C1MR(pGi2, 640*2, pIm2, 640*2, roiVGA, pNeg2, 640);
[2250]
[2260] ippiSet_16s_C1R(0, pMk2, 640*2, roiVGA);
[2270] ippiSet_16s_C1MR(255, pMk2, 640*2, roiVGA, pNeg2, 640);
[2280]
[2290] ippiMulC_16s_C1RSfs(pMk2, 640*2, (Ipp16s) lastWeight - 1*stepWeight,
[2300]     pAux1, 640*2, roiVGA, 10);
[2310]
[2320] ippiMulC_16s_C1RSfs(pIm2, 640*2, (Ipp16s)1000, pAux2, 640*2, roiVGA, 10);
[2330]
[2340] ippiAdd_16s_C1RSfs(pAux1, 640*2, pAux2, 640*2, pIm3, 640*2, roiVGA, 0);
[2350]
[2360] filterSize.width=filterSize.height=param3;
[2370] filterAnchor.x=filterAnchor.y=(int)(filterSize.width/2);
[2380] ownBlur(pIm3, pSm3, filterSize, filterAnchor);
[2390]
[2400] ippiSub_16s_C1RSfs(pSm3, 640*2, pIm3, 640*2, pDi3, 640*2, roiVGA, 0);
[2410]
[2420] ippiMinMax_16s_C1R(pDi3, 640*2, roiVGA, &min, &max); // finds the range
[2430] adaprange=(abs(min)>abs(max))?abs(min):abs(max);
[2440] if (adaprange!=0)
[2450]     adapfactor=(int)(32767/adaprange);
[2460] else
[2470]     adapfactor=32767;

```

图 17e

```

[2480]  ippiMulC_16s_C1RSfs(pDi3, 640*2, (Ipp16s)adapfactor, pAux3, 640*2,
[2490]   roiVGA, 0);
[2500]
[2510]  ippiAbs_16s_C1R(pAux3, 640*2, pAi3, 640*2, roiVGA);
[2520]
[2530]   mask.width=mask.height=param4;
[2540]   anchor.x=anchor.y=(int)(mask.width/2);
[2550]   ownBlur(pAi3, pDenom, mask, anchor);
[2560]
[2570]   ippiAndC_16u_C1R((Ipp16u*)(void*)pAux3, 640*2, (Ipp16u)0xFF00,
[2580]   (Ipp16u*)(void*)pAux4, 640*2, roiVGA);
[2590]
[2600]   ippiRShiftC_16s_C1R(pDenom, 640*2, 7, pAux5, 640*2, roiVGA);
[2610]
[2620]   ippiOr_16u_C1R((Ipp16u*)(void*)pAux4, 640*2, (Ipp16u*)(void*)pAux5,
[2630]   640*2, (Ipp16u*)(void*)pAux6, 640*2, roiVGA);
[2640]
[2650]   ippiLUT_16s_C1R(pAux6, 640*2, pEdg, 640*2, roiVGA, pAdapValues,
[2660]   pAdapLevels, nAdapLevels);
[2670]
[2680]   mask.width=mask.height=4;
[2690]   anchor.x=anchor.y=(int)(mask.width/2);
[2700]   ownBlur(pEdg, pGed, mask, anchor);
[2710]
[2720]   ippiMinMax_16s_C1R(pGed, 640*2, roiVGA, &min, &max); // finds the range
[2730]
[2740]   ippiLUT_16s_C1R(pGed, 640*2, pAux7, 640*2, roiVGA, pValues, pLevels,
[2750]   nLevels);
[2760]   ippiConvert_16s8u_C1R(pAux7, 640*2, pLast, 640, roiVGA);
[2770] }

```

图 17f

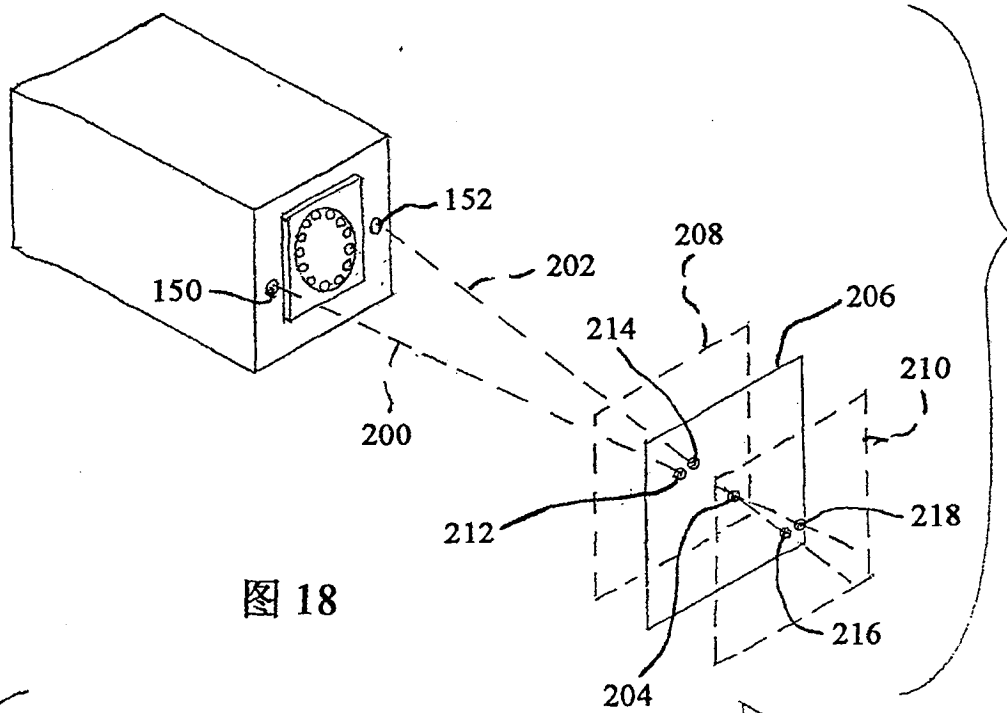


图 18

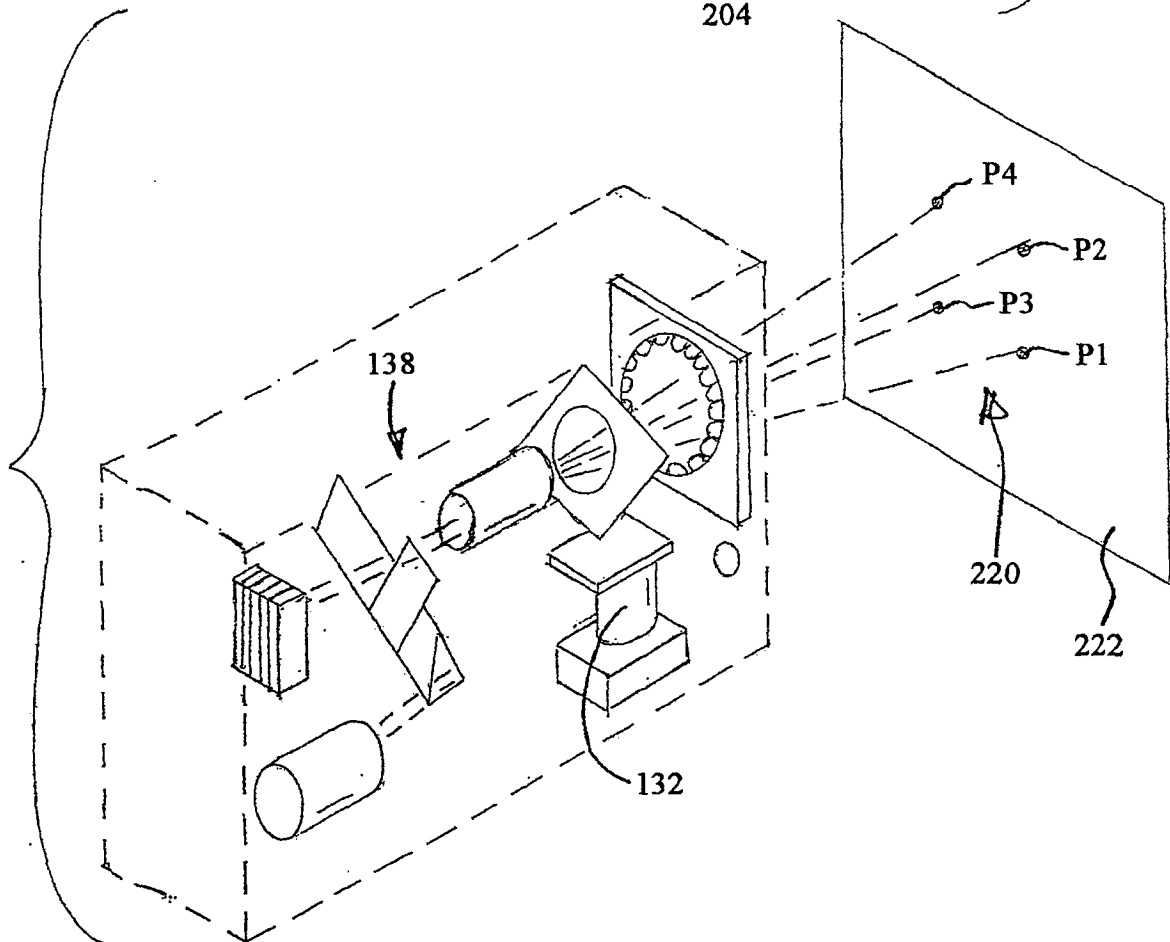


图 19



图 20a



图 20b



图 20c

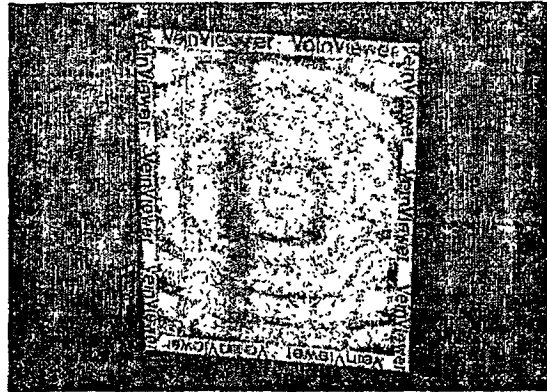


图 21

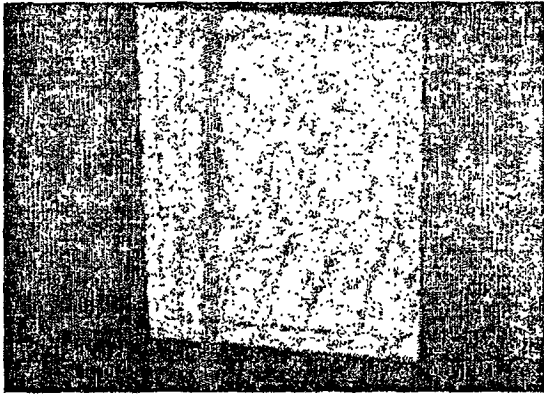


图 22

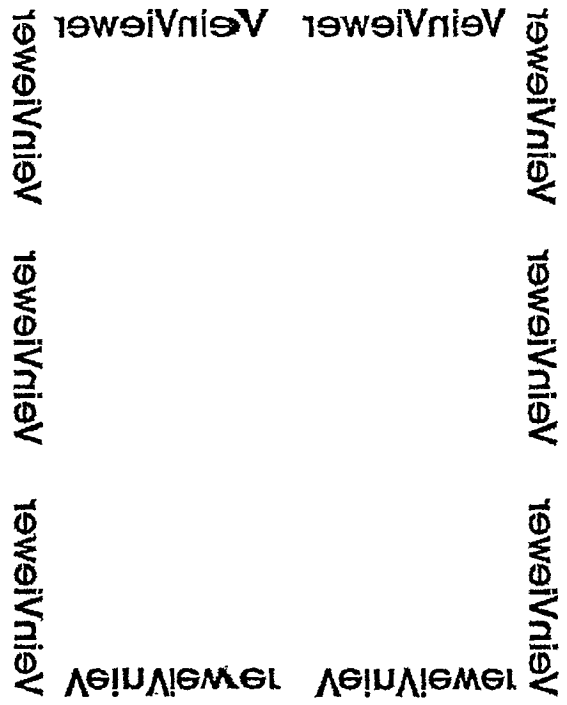


图 23

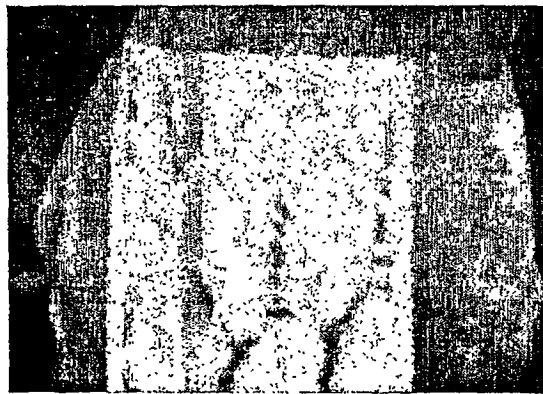


图 24

```

> solve({X1=a*x1+b*y1+c*d*x1*y1, X2=a*x2+b*y2+c*d*x2*y2, X3=a*x3+b*y3+c*d*x3*y3, X4=a*x4+b*y4+c*d*x4*y4},
{a,b,c,d});
{
d = (x1 y3 X4 - y4 x3 X2 + y4 x2 X3 - x1 y3 X2 - y4 x2 X1 - x1 y2 X4 + y4 x3 X1 - x2 y1 X3 + x4 y1 X3 - x4 y1 X2 - x4 y2 X3
- y2 x3 X1 - y3 x2 X4 + y3 x2 X1 + y3 x4 X2 - y3 x4 X1 + x2 y1 X4 - x3 y1 X4 + x3 y1 X2 + x3 y2 X4 + y2 x4 X1 + x1 y4 X2
- x1 y4 X3 + x1 y2 X3)(-y4 x3 x2 y2 + x4 y1 x3 y3 - x4 y2 x3 y3 + y3 x4 x2 y2 - y3 x2 x4 y4 - x4 y1 x2 y2 - x3 y1 x4 y4 + x3
y1 x2 y2 + x3 y2 x4 y4 + x2 y1 x4 y4 + y4 x2 x3 y3 + x1 y3 x4 y4 - x2 y1 x3 y3 - x1 y3 x4 y1 + x1 y3 x2 y1 - x1 y4 x2 y1 + x1
y4 x3 y1 + x1 y4 x2 y2 + x1 y2 x3 y3 - x1 y3 x2 y2 - x1 y2 x3 y1 - x1 y2 x4 y4 - x1 y4 x3 y3 + x1 y2 x4 y1),
b = (-x1 y2 x2 X3 + x1 y2 x2 X4 + x3 y1 x1 X4 - x1 X4 x3 y3 + x1 x4 y4 X3 + x1 X2 x3 y3 - x3 y1 x1 X2 + x2 y1 x1 X3 - x2
y1 x1 X4 + x4 y1 x1 X2 - x1 X2 x4 y4 - x4 y1 x1 X3 - x4 y2 x2 X1 - x3 y2 x2 X4 + x4 y2 x2 X3 + x3 y2 x2 X1 + x2 X1 x4 y4
+ x2 X4 x3 y3 + x4 X1 x3 y3 - x2 x4 y4 X3 - x2 X1 x3 y3 - x4 y4 x3 X1 + X2 x3 x4 y4 - x4 X2 x3 y3)(-y4 x3 x2 y2 + x4 y1 x3
y3 - x4 y2 x3 y3 + y3 x4 x2 y2 - y3 x2 x4 y4 - x4 y1 x2 y2 - x3 y1 x4 y4 + x2 y1 x4 y4 + y4 x2 x3
y3 + x1 y3 x4 y4 - x2 y1 x3 y3 - x1 y3 x4 y1 + x1 y3 x2 y1 - x1 y4 x2 y1 + x1 y4 x3 y1 + x1 y4 x2 y2 + x1 y2 x3 y3 - x1 y3 x2
y2 - x1 y2 x3 y1 - x1 y2 x4 y4 - x1 y4 x3 y3 + x1 y2 x4 y1),
a = -(x1 y1 y2 X3 + y1 x1 X2 y4 + y1 x1 X4 y3 - y1 x1 X2 y3 - y1 x1 y4 X3 - x1 X4 y2 y1 - x4 y1 y4 X2 + x4 y1 y4 X3 + x2
y2 y4 X3 - x4 y4 y2 X3 + x2 y1 y2 X4 - x2 y1 y2 X3 + X4 y2 x3 y3 - X2 y4 x3 y3 + x4 y4 y2 X1 - x4 X1 y4 y3 + x4 X2 y4 y3 -
y1 X4 x3 y3 + y1 X2 x3 y3 - X1 y2 x3 y3 + X1 y4 x3 y3 + x2 X1 y2 y3 - x2 X4 y2 y3 - x2 X1 y2 y4)(-y4 x3 x2 y2 + x4 y1 x3
y3 - x4 y2 x3 y3 + y3 x4 x2 y2 - y3 x2 x4 y4 - x4 y1 x2 y2 - x3 y1 x4 y4 + x3 y2 x4 y4 + x2 y1 x4 y4 + y4 x2 x3
y3 + x1 y3 x4 y4 - x2 y1 x3 y3 - x1 y3 x4 y1 + x1 y3 x2 y1 - x1 y4 x2 y1 + x1 y4 x3 y1 + x1 y4 x2 y2 + x1 y2 x3 y3 - x1 y3 x2
y2 - x1 y2 x3 y1 - x1 y2 x4 y4 - x1 y4 x3 y3 + x1 y2 x4 y1),
c = -(-x2 X1 x4 y2 y3 - x1 X4 x2 y1 y3 + x4 X1 y4 x2 y3 - y4 X2 X1 y4 y3 + x1 X2 X4 y1 y3 + x2 X4 x1 y2 y3 - x4 y1 y4 x2
X3 + x2 y2 x4 y1 X3 - x4 y4 y2 x3 X1 + x2 y2 y4 x3 X1 + X4 x2 y1 x3 y3 - x2 X1 y4 x3 y3 + x4 X1 y2 x3 y3 - X2 x4 y1 x3 y3
+ y2 x3 y1 x1 X4 - y2 x1 X4 x3 y3 + y2 x1 x4 y4 X3 - y2 x4 y1 x1 X3 - y1 x3 y2 x2 X4 + y1 X2 x3 x4 y4 - x2 y2 x1 y4 X3 - x1
y1 y4 x3 X2 + x1 y1 y4 x2 X3 + X2 x1 y4 x3 y3)(-y4 x3 x2 y2 + x4 y1 x3 y3 - x4 y2 x3 y3 + y3 x4 x2 y2 - y3 x2 x4 y4 - x4 y1
x2 y2 - x3 y1 x4 y4 + x3 y1 x2 y2 + x3 y2 x4 y4 + x2 y1 x4 y4 + y4 x2 x3 y3 + x1 y3 x4 y4 - x2 y1 x3 y3 - x1 y3 x4 y1 + x1 y3
x2 y1 - x1 y4 x2 y1 + x1 y4 x3 y1 + x1 y4 x2 y2 + x1 y2 x3 y3 - x1 y3 x2 y2 - x1 y2 x4 y4 - x1 y4 x3 y3 + x1 y2
x4 y1))

```

图 25a

```

> solve({Y1=g*x1+h*y1+k+f*x1*y1, Y2=g*x2+h*y2+k+f*x2*y2, Y3=g*x3+h*y3+k+f*x3*y3, Y4=g*x4+h*y4+k+f*x4*y4},
{g,h,k,f});
{
g = -(-x1 Y4 y2 y1 + y1 x1 y4 Y2 + y1 x1 Y4 y3 - y1 x1 y4 Y3 + x1 y1 y2 Y3 - x4 y1 y4 Y2 + x4 y1 y4 Y3 + x2
y2 y4 Y3 - x4 y4 y2 Y3 + x2 y1 y2 Y4 + Y4 y2 x3 y3 - x2 y1 y2 Y3 - Y2 y4 x3 y3 + x4 Y2 y4 y3 + x2 Y1 y2 y3 - x2 Y4 y2 y3
+ x4 y4 y2 Y1 - x2 Y1 y2 y4 - x4 Y1 y4 y3 - y1 Y4 x3 y3 + y1 Y2 x3 y3 - Y1 y4 x3 y3)(-y4 x3 x2 y2 + x4 y1 x3
y3 - x4 y2 x3 y3 + y3 x4 x2 y2 - y3 x2 x4 y4 - x4 y1 x2 y2 - x3 y1 x4 y4 + x3 y1 x2 y2 + x3 y2 x4 y4 + x2 y1 x4 y4 + y4 x2 x3
y3 + x1 y3 x4 y4 - x2 y1 x3 y3 - x1 y3 x4 y1 + x1 y3 x2 y1 - x1 y4 x2 y1 + x1 y4 x3 y1 + x1 y4 x2 y2 + x1 y2 x3 y3 - x1 y3 x2
y2 - x1 y2 x3 y1 - x1 y2 x4 y4 - x1 y4 x3 y3 + x1 y2 x4 y1),
f = (-y4 x3 Y2 + x1 y3 Y4 - y4 x2 Y1 + y4 x3 Y1 + x1 y4 Y2 + y4 x2 Y3 - x1 y2 Y4 - x2 y1 Y3 + x4 y1 Y3 - x4 y1 Y2 - x4 y2
Y3 - y2 x3 Y1 + y3 x2 Y1 - y3 x4 Y1 - y3 x2 Y4 + y3 x4 Y2 + x2 y1 Y4 - x3 y1 Y4 + x3 y1 Y2 - x1 y4 Y3 + x3 y2 Y4 + y2 x4
Y1 + x1 y2 Y3 - x1 y3 Y2)(-y4 x3 x2 y2 + x4 y1 x3 y3 - x4 y2 x3 y3 + y3 x4 x2 y2 - y3 x2 x4 y4 - x4 y1 x2 y2 - x3 y1 x4 y4 +
x3 y1 x2 y2 + x3 y2 x4 y4 + x2 y1 x4 y4 + y4 x2 x3 y3 + x1 y3 x4 y4 - x2 y1 x3 y3 - x1 y3 x4 y1 + x1 y3 x2 y1 - x1 y4 x2 y1 +
x1 y4 x3 y1 + x1 y4 x2 y2 + x1 y2 x3 y3 - x1 y3 x2 y2 - x1 y2 x4 y4 - x1 y4 x3 y3 + x1 y2 x4 y1),
h = (-x1 y2 x2 Y3 + x1 y2 x2 Y4 + x3 y1 x1 Y4 - x4 y1 x1 Y3 - x1 Y4 x3 y3 + x1 x4 y4 Y3 + x1 Y2 x3 y3 - x3 y1 x1 Y2 + x2
y1 x1 Y3 + x4 y1 x1 Y2 - x1 x4 y4 Y2 - x2 y1 x1 Y4 - x3 y2 x2 Y4 + x4 y2 x2 Y3 + x3 y2 x2 Y1 - x4 y2 x2 Y1 + x4 Y1 x3 y3
+ x2 Y1 x4 y4 - x2 x4 y4 Y3 - x4 y4 x3 Y1 + x2 Y4 x3 y3 - x4 Y2 x3 y3 - x2 Y1 x3 y3 + Y2 x3 x4 y4)(-y4 x3 x2 y2 + x4 y1 x3
y3 - x4 y2 x3 y3 + y3 x4 x2 y2 - y3 x2 x4 y4 - x4 y1 x2 y2 - x3 y1 x4 y4 + x3 y1 x2 y2 + x3 y2 x4 y4 + x2 y1 x4 y4 + y4 x2 x3
y3 + x1 y3 x4 y4 - x2 y1 x3 y3 - x1 y3 x4 y1 + x1 y3 x2 y1 - x1 y4 x2 y1 + x1 y4 x3 y1 + x1 y4 x2 y2 + x1 y2 x3 y3 - x1 y3 x2
y2 - x1 y2 x3 y1 - x1 y2 x4 y4 - x1 y4 x3 y3 + x1 y2 x4 y1),
k = (x2 Y1 x4 y2 y3 + x1 Y4 x2 y1 y3 - x4 Y1 y4 x2 y3 + x4 Y2 x1 y4 y3 - x2 Y4 x1 y2 y3 - x1 Y2 x4 y1 y3 + x4 y1 y4 x2 Y3 -
x2 y2 y4 x3 Y1 - x2 y2 x4 y1 Y3 + x4 y4 y2 x3 Y1 - Y4 x2 y1 x3 y3 + x2 Y1 y4 x3 y3 - x4 Y1 y2 x3 y3 + Y2 x4 y1 x3 y3 + x2
y2 x3 y1 Y4 + x2 y2 x1 y4 x3 Y2 - x1 y1 y4 x2 Y3 + x1 y1 x4 y2 Y3 - x1 y1 x3 y2 Y4 + y2 x1 Y4 x3 y3 - y2 x1
x4 y4 Y3 - y1 Y2 x3 x4 y4 - Y2 x1 y4 x3 y3)(-y4 x3 x2 y2 + x4 y1 x3 y3 - x4 y2 x3 y3 + y3 x4 x2 y2 - y3 x2 x4 y4 - x4 y1 x2
y2 - x3 y1 x4 y4 + x3 y1 x2 y2 + x3 y2 x4 y4 + x2 y1 x4 y4 + y4 x2 x3 y3 + x1 y3 x4 y4 - x2 y1 x3 y3 - x1 y3 x4 y1 + x1 y3 x2
y1 - x1 y4 x2 y1 + x1 y4 x3 y1 + x1 y4 x2 y2 + x1 y2 x3 y3 - x1 y3 x2 y2 - x1 y2 x4 y4 - x1 y4 x3 y3 + x1 y2 x4
y1)
}

```

图 25b

```

/*****
***** alignSVGA.cpp - description
*****
#include <ipp.h>
#include <MyVariables.h>
#include <math.h>
#include <tools.h>
#include <stdio.h>

////////////////////////////////////
// AlignImageSVGA()
// Purpose: Aligns a 800x600 8 bit image, using the bilinear transformation
//           The coefficients (coe) are calculated during alignment calibration.
//
// Parameters:
// source: Input, pointer to a Ipp8u structure with the image to be aligned.
// pLast: Output, pointer to a Ipp8u structure with the aligned image.
//
// Note: pLast points to a previously allocated memory block using ippiMalloc

void AlignImageSVGA(const Ipp8u *source, Ipp8u *pLast)
{
    ippiWarpBilinearBack_8u_C1R(source, roiVGA, 640, rectVGA, pLast, screen->pitch,
                               rectSVGA, coe, IPP_INTER_NN);
}

```

图 26