

(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
2017 年 8 月 10 日 (10.08.2017)



(10) 国际公布号
WO 2017/133083 A1

- (51) 国际专利分类号:
A61B 5/00 (2006.01) A61B 3/14 (2006.01)
A61B 3/12 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/079693
- (22) 国际申请日: 2016 年 4 月 20 日 (20.04.2016)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201610080511.8 2016 年 2 月 5 日 (05.02.2016) CN
- (71) 申请人: 浙江大学 (ZHEJIANG UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。
- (72) 发明人: 李鹏 (LI, Peng); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。 李培 (LI, Pei); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。 程宇轩 (CHENG, Yuxuan); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。 周丽萍 (ZHOU, Liping); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310018 (CN)。 丁志华 (DING, Zhihua); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。
- (74) 代理人: 杭州求是专利事务所有限公司 (HANG-ZHOU QIUSHI PATENT OFFICE CO., LTD.); 中国浙江省杭州市西湖区玉古路 147 号黄鸿年科技综合大楼 215 室叶志坚, Zhejiang 310013 (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, 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, KN, KP, KR, 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, 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)。

[见续页]

(54) Title: ANGIOGRAPHY METHOD AND SYSTEM BASED ON SPLITTING FULL SPACE OF MODULATION SPECTRUM AND ANGLE-BASED COMBINATION

(54) 发明名称: 基于全空间调制谱分割角度复合的微血管造影方法与系统

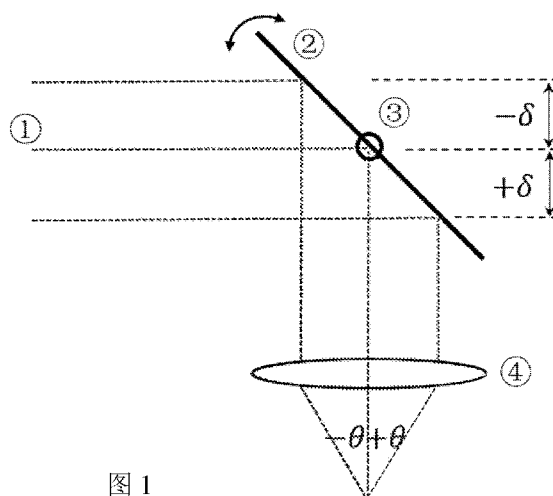


图 1

(57) Abstract: An angiography method and system based on splitting a full space of a modulation spectrum and angle-based combination, employing a spatial resolution of optical coherence tomography and a motion identification capability of dynamic light scattering to achieve marker-less three-dimensional optical angiography. Detection light beams having different incident angles are encoded by employing a lateral scan modulation spectrum in the spatial frequency domain, and mutually independent sub-angiograms resolved for each incident angle are acquired by splitting the modulation spectrum, enabling a combined angiogram based on multiple spatial angles. By removing a conjugate mirror image in the depth (z) domain, the present invention enables reconstruction of a complex-valued OCT interference spectrum, and acquisition of a full-space modulation spectrum in the spatial frequency domain, thus preventing interference from the conjugate mirror image on the modulation spectrum. The angle-based combination technique of the angiography method can improve the contrast of an angiogram, the full-space technique in the spatial frequency domain provides a maximized modulation spectrum bandwidth and contrast enhancement, and the detection technique employing multi-angle resolution enables measurement of an absolute blood flow velocity.

(57) 摘要:

[见续页]

**本国际公布:**

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种基于全空间调制谱分割角度复合的微血管造影方法与系统，其中结合了光学相干层析技术的三维空间分辨能力和动态散射技术的运动识别能力，用于实现无标记的三维光学微血管造影。利用空间频率域的横向扫描调制谱编码不同入射角度的探测光，通过分割调制谱获得入射角度分辨的相互独立的血管造影子图，实现多个空间角度复合的微血管造影图。通过在深度(z)域去除共轭镜像，重构复数值的 OCT 干涉光谱，在空间频率域得到全空间的调制谱，避免调制谱共轭镜像的干扰。该微血管造影方法中的角度复合技术可以增强血管造影的对比度，空间频率域的全空间技术提供最大化的调制谱带宽和对比度增强效果，多个角度分辨的探测技术可以实现血流绝对流速的测量。

基于全空间调制谱分割角度复合的微血管造影方法与系统

技术领域

本发明涉及光学相干层析成像技术（Optical Coherence Tomography, OCT）以及在此基础之上的无标记三维光学微血管造影技术（OCT Angiography, Angio-OCT），尤其涉及基于全空间调制谱分割角度复合的微血管造影方法与系统。

技术背景

OCT 技术是自从上世纪 90 年代以后逐步发展起来的在生物医学领域具有重大应用价值的一种新型成像技术。凭借着无标记物、非侵入性、非接触性、高成像分辨率和高探测灵敏度等优点，它吸引着越来越多的国内外科研工作者更加深入地对其进行研究，目前在医学临床中得到了广泛应用。OCT 技术主要依据所探测到的由于生物样品的光学不均匀性所导致的样品背向散射光光强变化，获取样品内部的反射率信息，进而重构出样品的断层结构图像。然而通常在疾病的早期阶段，由于正常的和病变的生物组织间光散射特性的差异性较小，运用传统的结构型 OCT 较难加以检测并区分，故而在临床应用上其存在诸多的局限性。为了能够获得除生物样品组织形态结构之外更多的生理信息，功能型 OCT 技术得到了开发并广泛应用。

诸多的疾病（如青光眼、老年黄斑病变等眼底疾病，脑中风等脑疾病）与血流灌注的病态变化存在密切的相关性。如若能够实时监测病人血管的变化，并提供血管的三维影像，对该类疾病的早期诊断和控制具有重要的意义。Angio-OCT 技术是一项具有巨大前景的可有助于血管疾病诊断的工具，其能够较好的区分静态的组织 and 动态的血流信号，实现了 OCT 在获取血管内血流信息方面的功能性拓展。相较于传统的造影技术，其优势体现在无需注入显影剂和利用 X 射线，并结合前面所述 OCT 技术的特点，能够实现微血管三维深度分辨的高对比度的成像。通常，血流对比度的模型建立是运用数学的手段分析光散射信号的时间统计特性，并用阈值分割动态的血流信号和静态的组织背景信号来实现的。然而由于动态和静态信号统计曲线之间存在重叠，导致动态和静态信号分割错误，血流对比度受

到抑制。因此，采取有效的方法提高造影图的血流对比，有助于更加清晰地解释说明图像的特征。

基于 Angio-OCT 信号的时间统计特性研究得出：多个独立的血管造影子图的平均可以提高造影的对比度。参照一些消除散斑的方法，可以通过波长多样性、角度多样性和偏振多样性等方法来获取独立的造影子图。Jia 等人提出了一种类似于波长多样性的光谱分割 Angio-OCT 方法。该方法将 OCT 干涉信号的全波长光谱分割成不同的子光谱，每个子光谱可产生独立的造影子图，通过复合形成新的血管造影图。然而相对于原来的全光谱，每个子光谱带宽变窄，导致图像的轴向分辨率下降。

发明内容

本发明针对现有技术的不足，提出了基于全空间调制谱分割角度复合的微血管造影方法与系统。

基于全空间调制谱分割角度复合的微血管造影方法，具体包括以下步骤：

- 1) 通过在 OCT 深度 (z) 域去除共轭镜像，重构复数值的干涉光谱，在空间频率域得到全空间的横向扫描调制谱；
- 2) 利用空间频率域的横向扫描调制谱编码不同入射角度的探测光，通过分割调制谱获得入射角度分辨的相互独立的 OCT 干涉子光谱；
- 3) 结合 2) 中的调制谱分割技术与光学微血管造影技术，得到基于横向扫描调制谱分割的多个角度分辨的独立的血管造影子图；
- 4) 结合 1) 中的全空间调制谱和 2) 中的调制谱分割技术和与光学微血管造影技术，获得基于全空间横向扫描调制谱分割的多个角度分辨的独立的血管造影子图；
- 5) 对 3) 或 4) 中得到的血管造影子图进行平均，得到多个空间角度复合的血管造影图。

根据 2) 中的调制谱分割技术，实现基于横向扫描调制谱分割的多个角度分辨的血流绝对流速测量；

根据 1) 中的全空间调制谱和 2) 中的调制谱分割技术，实现基于全空间横向扫描调制谱分割的多个角度分辨的血流绝对流速测量。

本发明的目的是通过如下技术方案实现的：

基于全空间调制谱分割角度复合的微血管造影方法：

1) 在 OCT 成像中, 对应于一次横向扫描得到的干涉光谱实数信号, 可表示为 $S(k, x)$, 其中 k 代表波数, x 代表横向的快扫方向。由于直接对光谱实数信号沿横向 x 方向作傅里叶变换, 所得到的空间频率分布会产生正负频率的混叠, 因此需要重构出复数值的 OCT 干涉光谱。为了重构出复数谱, 对实数谱 $S(k, x)$ 沿着 k 方向进行傅里叶变换, 得到深度域 (z) 的空间结构信息。通常在谱域 OCT 中, 一半的 z 空间对应约 3mm 的成像范围, 能够满足绝大多数的应用要求, 于是将待测样品完全置于零光程差的一边, 以分辨复共轭镜像。通过去除 z 域中的共轭项, 沿 k 方向进行傅里叶逆变换, 最终得到复数值的光谱信号 $\tilde{S}(k, x)$ 。对该复数谱沿 x 方向进行傅立叶变换, 在空间频率域获得全空间的横向扫描调制谱。

2) 通常在 OCT 系统的样品臂中, 为获得较高的横向成像分辨率, 要求照射到物镜上的光束直径尺寸尽量大。因此, 当一定宽度的准直光束照射到样品臂扫描振镜的转轴中心时, 光束距离转轴中心存在一定的偏移量 δ 。而偏移量 δ 会引入样品臂光程的调制, 导致在空间频率域的横向扫描调制, 其调制频率 f_m 与偏移量 δ 成线性函数关系:

$$f_m = \frac{2k\delta}{\pi\omega},$$

其中, k 表示光源的中心波数, ω 表示扫描振镜的角速度。因此, 在全空间的横向扫描调制谱中, 不同的调制频率对应着不同入射角度的探测光。对该调制谱进行分割, 可获得入射角度分辨的相互独立的 OCT 干涉子光谱。分割得到的子光谱个数及子光谱间的重叠视最终的图像效果而定: 分割的个数越多会导致横向分辨率减小得越多, 此外还增加了处理算法的复杂度; 子光谱间相互重叠的部分越大, 会导致子光谱相互之间的独立性下降, 影响编码不同入射角度的探测光。

3) 对获得的入射角度分辨的相互独立的子光谱, 利用目前的微血管造影技术, 如幅值差分法、复数差分法、去互相关法和散斑方差法等, 分别产生相对应的独立的造影子图。对这些空间角度分辨的造影子图进行复合平均, 得到新的微血管造影图。

传统的多普勒频移测流速法只能测量与探测光束方向平行的速度分量。要测量血流的绝对速度, 还需测得探测光束方向与血流方向的夹角 (即多普勒角)。基于全空间调制谱分割, 能够分辨不同入射角度的探测光束。对分割得到的角度分辨的调制子光谱, 利用多普勒血流速度计算方法, 可

以获得不同入射角度探测方向的流速分量，进而根据几何关系可确定绝对的血流速度值。

基于全空间调制谱分割角度复合的微血管造影系统，包括低相干宽带光源、光环行器、光纤耦合器、参考臂、样品臂、光谱仪和信号处理模块；其中参考臂包括参考臂偏振控制器件、参考臂准直透镜、参考臂聚焦透镜和平面反射镜；样品臂包括样品臂偏振控制器、样品臂准直透镜、正交扫描振镜和样品臂聚焦物镜；光谱仪包括光谱仪准直透镜、闪耀光栅、傅里叶透镜和线阵 CMOS 相机；

低相干宽带光源经过光环行器与光纤耦合器一侧的输入端相连接；光纤耦合器另一侧的其中一个输出端口经过参考臂偏振控制器件与参考臂准直透镜相连接；参考臂聚焦透镜的光轴与参考臂准直透镜的光轴重合，平面反射镜置于参考臂聚焦透镜的焦平面处；光纤耦合器另一侧的另外一个输出端口，经过样品臂偏振控制器与样品臂准直透镜相连接；正交扫描振镜的第一扫描镜转轴中心位于样品臂准直透镜的光轴上，第二扫描镜转轴中心位于样品臂聚焦物镜的光轴上，待测样品置于样品臂聚焦物镜的焦平面处；光环行器的另一个输出端口与光谱仪准直透镜相连接，闪耀光栅根据分光原理放置在光谱仪准直透镜的出射光路上，傅里叶透镜置于闪耀光栅的出射光路上，线阵 CMOS 相机的采光面与傅里叶透镜的后焦平面重合；线阵 CMOS 相机后面接信号处理模块；

低相干宽带光源发出的光经过光环行器后入射到光纤耦合器，出射光分成两部分，一部分进入参考臂，经准直聚焦后照射到平面反射镜；另一部分进入样品臂，经过准直聚焦后照射到待测样品上；样品臂的正交扫描振镜实现样品臂光束对待测样品的三维扫描；参考臂反射镜反射回的光与待测样品背向散射回的光在光纤耦合器处发生干涉，出射的干涉光经过光谱仪后由信号处理模块采集处理。

与背景技术相比，本发明具有的有益效果是：

1) 利用本发明获得的多个空间角度复合的微血管造影图，具有增强的对比度和血管连通性

2) 相比于背景技术中谈及的类似于波长多样性的光谱分割 Angio-OCT 方法，其对光谱分割会导致轴向分辨率的下降。本发明对轴向分辨率不产生影响。

3) 本发明谈及的全空间的横向调制谱分割技术, 可以提供最大化的空间频率域的横向调制谱, 消除由于调制谱分割导致的横向分辨率下降。

4) 利用本发明谈及的基于全空间调制谱分割的多个角度分辨的探测技术, 可以在单光束单次测量的情况下实现血流绝对流速的测量。

附图说明

图 1 为样品臂扫描光束示意图;

图 2 为偏移量 δ 引入的调制频率 f_m 图;

图 3 为横向扫描调制谱正负频率混叠图;

图 4 是本发明的方法实现流程图;

图 5 是本发明的成像系统示意图。

图 1 中: ①、探测光束; ②、扫描振镜; ③、振镜转轴中心; ④、聚焦物镜。

图 2 中: 偏移量 δ 引入的调制频率 f_m 。

图 3 中: 正负频率混叠的横向扫描调制谱。

图 4 中: A 表示 OCT 干涉光谱实数信号; B 表示深度 (z) 域的空间结构信息; C 表示去除共轭项后的空间结构信息; D 表示复数值的干涉光谱; E 表示空间频率域的全空间横向扫描调制谱; F1 至 Fn 分别表示分割得到的调制子光谱; G1 至 Gn 分别表示 z 域空间结构信号; H1 至 Hn 分别表示光学造影子图; I 表示光学造影图;

图 5 中: 1、低相干宽带光源; 2、光环行器; 3、光纤耦合器; 4、参考臂偏振控制器件; 5、参考臂准直透镜; 6、参考臂聚焦透镜; 7、平面反射镜; 8、样品臂偏振控制器件; 9、样品臂准直透镜; 10、正交扫描振镜; 11、样品臂聚焦物镜; 12、待测样品; 13、准直透镜; 14、闪耀光栅; 15、傅里叶透镜; 16、线阵 CMOS 相机; 17、信号处理模块。

具体实施方式

下面结合附图和实施例子对本发明作进一步的说明。

图 1、图 2 和图 3 所示为本发明的横向调制原理示意图。下面对图 1、图 2 和图 3 中的示意图作详细说明。

1) 通常在 OCT 系统的样品臂中, 为获得较高的横向成像分辨率, 要求照射到物镜上的光束直径尺寸尽量大。因此, 在图 1 中, 当一定宽度的准直光束照射到样品臂扫描振镜的转轴中心时, 光束距离转轴中心存在一

定的偏移量 δ 。而偏移量 δ 会引入样品臂光程的调制，导致在空间频率域的横向扫描调制（如图2），其调制频率 f_m 与偏移量 δ 成线性函数关系：

$$f_m = \frac{2k\delta}{\pi\omega},$$

其中， k 表示光源的中心波数， ω 表示扫描振镜的角速度。因此，在全空间的横向扫描调制谱中，不同的调制频率对应着不同入射角度的探测光。

2) 在OCT成像中，对应于一次横向扫描得到的干涉光谱为实数值信号。由于直接对光谱实数信号沿横向快扫方向作傅里叶变换，所得到的空间频率分布会产生正负频率的混叠（如图3），因此需要重构出复数值的OCT干涉光谱。

图4所示为本发明的方法的具体实现流程图。下面对图4中的过程进行详细说明：

1) 在OCT成像中，对应于一次横向扫描得到的是干涉光谱实数信号（即方框A）。为了重构出复数值的光谱信号，对实数谱沿着波数 k 方向进行傅里叶变换，得到深度 z 域的空间结构信息（即方框B）。通常在谱域OCT中，一半的 z 空间对应约3mm的成像范围，能够满足绝大多数的应用要求，于是将待测样品完全置于零光程差的一边，以分辨复共轭镜像。通过去除 z 域中的共轭项，得到新的 z 域空间结构信息（即方框C）。而后沿着 k 方向进行傅里叶逆变换，最终得到复数值的光谱信号 $\tilde{S}(k, x)$ （即方框D）。对该复数谱沿 x 方向进行傅立叶变换，在空间频率域获得全空间的横向扫描调制谱（即方框E）。

2) 对得到的横向调制谱进行分割，可获得入射角度分辨的相互独立的OCT干涉子光谱（即方框F1至Fn）。分割得到的子光谱个数 n 及子光谱间的重叠视最终的图像效果而定：分割的个数越多会导致横向分辨率减小得越多，此外还增加了处理算法的复杂度；子光谱间相互重叠的部分越大，会导致子光谱相互之间的独立性下降，影响编码不同入射角度的探测光。

3) 对获得的入射角度分辨的相互独立的子光谱（即方框F1至Fn），分别沿着 x 方向进行傅里叶逆变换，再沿着 k 方向进行傅里叶变换，得到 z 域的空间结构信息（即方框G1至Gn）。利用目前的光学微血管造影技术，如幅值差分法、互相关法等，分别产生相对应的独立的造影子图（即

方框 H1 和 Hn)。对这些空间角度分辨的造影子图进行复合平均,得到新的微血管造影图(即方框 I),其血流对比度得到了提高。

传统的多普勒频移测流速法只能测量与探测光束方向平行的速度分量。要测量血流的绝对速度,还需测得探测光束方向与血流方向的夹角(即多普勒角)。基于全空间调制谱分割,能够分辨不同入射角度的探测光束。对分割得到的调制子光谱(即方框 F1 至 Fn),利用多普勒血流速度计算方法,可以获得不同入射角度探测方向的流速分量,根据几何关系可确定绝对的血流速度值。

图 5 所示为本发明的成像系统示意图。下面对图 5 进行详细说明。

基于全空间调制谱分割角度复合的微血管造影系统,包括低相干宽带光源 1、光环行器 2、光纤耦合器 3、参考臂、样品臂、光谱仪和信号处理模块 17;其中参考臂包括参考臂偏振控制器件 4、参考臂准直透镜 5、参考臂聚焦透镜 6 和平面反射镜 7;样品臂包括样品臂偏振控制器 8、样品臂准直透镜 9、正交扫描振镜 10 和样品臂聚焦物镜 11;光谱仪包括光谱仪准直透镜 13、闪耀光栅 14、傅里叶透镜 15 和线阵 CMOS 相机;

其特征在于:低相干宽带光源 1 经过光环行器 2 与光纤耦合器 3 一侧的输入端相连接;光纤耦合器 3 另一侧的其中一个输出端口经过参考臂偏振控制器件 4 与参考臂准直透镜 5 相连接;参考臂聚焦透镜 6 的光轴与参考臂准直透镜 5 的光轴重合,平面反射镜 7 置于参考臂聚焦透镜 6 的焦平面处;光纤耦合器 3 另一侧的另外一个输出端口,经过样品臂偏振控制器 8 与样品臂准直透镜 9 相连接;正交扫描振镜 10 的第一扫描镜转轴中心位于样品臂准直透镜 9 的光轴上,第二扫描镜转轴中心位于样品臂聚焦物镜 11 的光轴上,待测样品 12 置于样品臂聚焦物镜 11 的焦平面处;光环行器 2 的另一个输出端口与光谱仪准直透镜 13 相连接,闪耀光栅 14 根据分光原理放置在光谱仪准直透镜 13 的出射光路上,傅里叶透镜 15 置于闪耀光栅 14 的出射光路上,线阵 CMOS 相机 16 的采光面与傅里叶透镜 15 的后焦平面重合;线阵 CMOS 相机 16 后面接信号处理模块 17;

低相干宽带光源 1 发出的光经过光环行器 2 后入射到光纤耦合器 3,出射光分成两部分,一部分进入参考臂,经准直聚焦后照射到平面反射镜 7;另一部分进入样品臂,经过准直聚焦后照射到待测样品 12 上;样品臂的正交扫描振镜 10 实现样品臂光束对待测样品 12 的三维扫描;参考臂反

射镜 7 反射回的光与待测样品 12 背向散射回的光在光纤耦合器 3 处发生干涉，出射的干涉光经过光谱仪后由信号处理模块 17 采集处理。

权 利 要 求 书

1、基于全空间调制谱分割角度复合的微血管造影方法，其特征在于，该方法具体包括以下步骤：

1) 通过在 OCT 深度 (z) 域去除共轭镜像，重构复数值的干涉光谱，在空间频率域得到全空间的横向扫描调制谱；

2) 利用空间频率域的横向扫描调制谱编码不同入射角度的探测光，通过分割调制谱获得入射角度分辨的相互独立的 OCT 干涉子光谱；

3) 结合 2) 中的调制谱分割技术与光学微血管造影技术，得到基于横向扫描调制谱分割的多个角度分辨的独立的血管造影子图；

4) 结合 1) 中的全空间调制谱和 2) 中的调制谱分割技术和与光学微血管造影技术，获得基于全空间横向扫描调制谱分割的多个角度分辨的独立的血管造影子图；

5) 对 3) 或 4) 中得到的血管造影子图进行平均，得到多个空间角度复合的血管造影图。

2、根据权利要求 1 所述的基于全空间调制谱分割角度复合的微血管造影方法，其特征在于：根据 2) 中的调制谱分割技术，实现基于横向扫描调制谱分割的多个角度分辨的血流绝对流速测量。

3、根据权利要求 1 所述的基于全空间调制谱分割角度复合的微血管造影方法，其特征在于：根据 1) 中的全空间调制谱和 2) 中的调制谱分割技术，实现基于全空间横向扫描调制谱分割的多个角度分辨的血流绝对流速测量。

4、基于全空间调制谱分割角度复合的微血管造影系统，包括低相干宽带光源、光环行器、光纤耦合器、参考臂、样品臂、光谱仪和信号处理模块；其中参考臂包括参考臂偏振控制器件、参考臂准直透镜、参考臂聚焦透镜和平面反射镜；样品臂包括样品臂偏振控制器、样品臂准直透镜、正交扫描振镜和样品臂聚焦物镜；光谱仪包括光谱仪准直透镜、闪耀光栅、傅里叶透镜和线阵 CMOS 相机；

其特征在于：低相干宽带光源经过光环行器与光纤耦合器一侧的输入端相连接；光纤耦合器另一侧的其中一个输出端口经过参考臂偏振控制器件与参考臂准直透镜相连接；参考臂聚焦透镜的光轴与参考臂准直透镜的光轴重合，平面反射镜置于参考臂聚焦透镜的焦平面处；光纤耦合器另一

侧的另外一个输出端口，经过样品臂偏振控制器与样品臂准直透镜相连接；正交扫描振镜的第一扫描镜转轴中心位于样品臂准直透镜的光轴上，第二扫描镜转轴中心位于样品臂聚焦物镜的光轴上，待测样品置于样品臂聚焦物镜的焦平面处；光环行器的另一个输出端口与光谱仪准直透镜相连接，闪耀光栅根据分光原理放置在光谱仪准直透镜的出射光路上，傅里叶透镜置于闪耀光栅的出射光路上，线阵 CMOS 相机的采光面与傅里叶透镜的后焦平面重合；线阵 CMOS 相机后面接信号处理模块；

低相干宽带光源发出的光经过光环行器后入射到光纤耦合器，出射光分成两部分，一部分进入参考臂，经准直聚焦后照射到平面反射镜；另一部分进入样品臂，经过准直聚焦后照射到待测样品上；样品臂的正交扫描振镜实现样品臂光束对待测样品的三维扫描；参考臂反射镜反射回的光与待测样品背向散射回的光在光纤耦合器处发生干涉，出射的干涉光经过光谱仪后由信号处理模块采集处理。

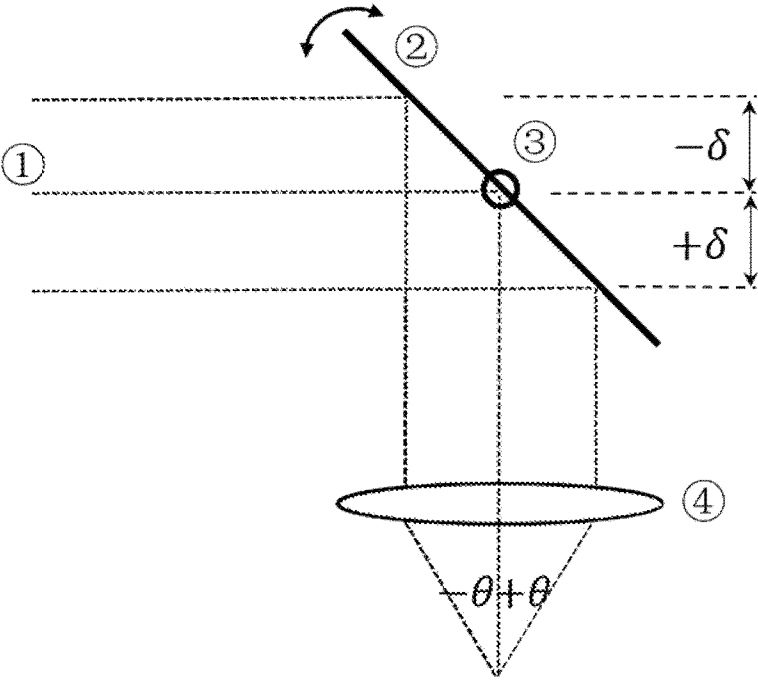


图 1

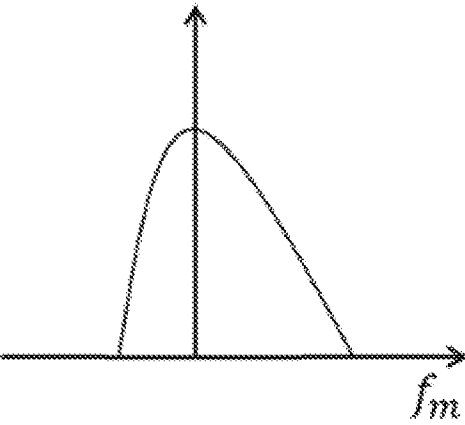


图 2

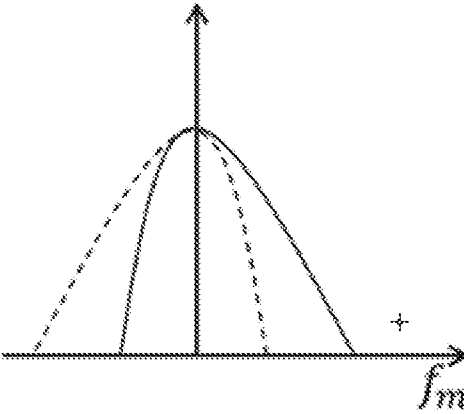


图 3

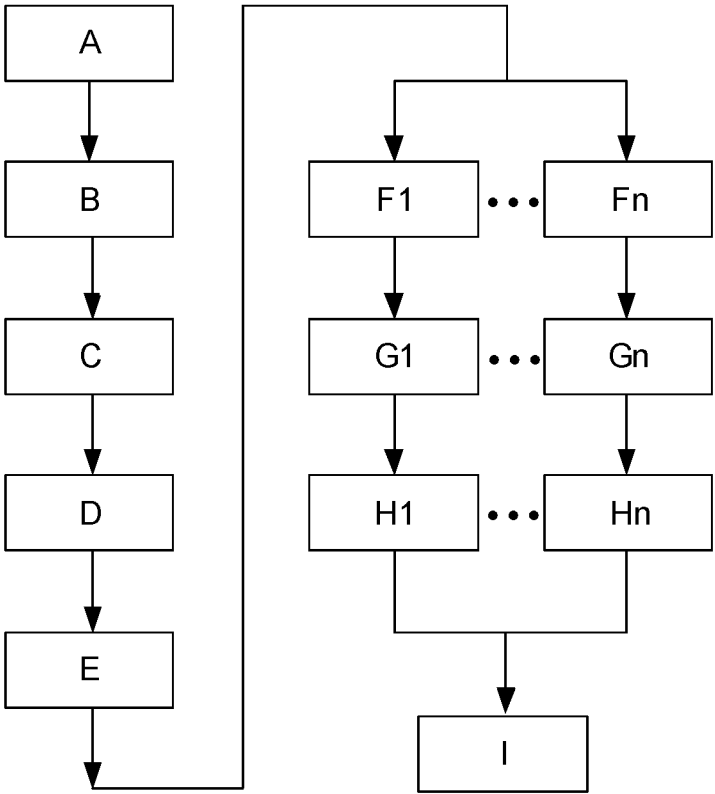


图 4

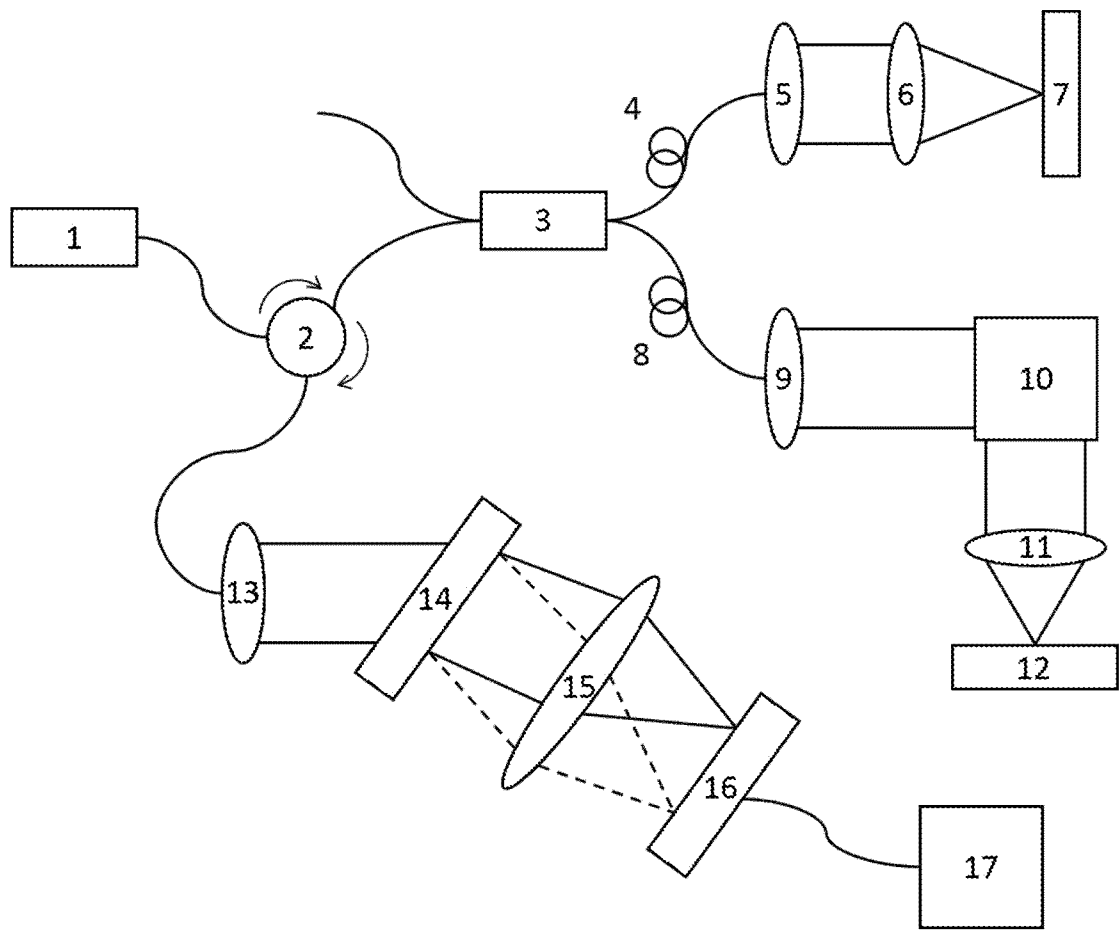


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2016/079693

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B 5/00 (2006.01) i; A61B 3/12 (2006.01) i; A61B 3/14 (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)

A61B; G01T

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)

CNABS, CNTXT, VEN, USTXT, WOTXT, EPTXT, CNKI: optical, coherence, OCT, angiogra+, modulat+, spectrum, angle, imag+,
averag+, reference, sample

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 104523239 A (NANJING UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 22 April 2015 (22.04.2015) description, paragraphs [0022]-[0030], and figure 1	1-4
X	CN 103565405 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 12 February 2014 (12.02.2014) description, paragraphs [0018] and [0019], and figure 1	4
E	CN 205458608 U (ZHEJIANG UNIVERSITY) 17 August 2016 (17.08.2016) claim 1	4
A	WO 2013081902 A1 (UNIV MIAMI) 06 June 2013 (06.06.2013) the whole document	1-4
A	US 2012099076 A1 (CANON KABUSHIKI KAISHA) 26 April 2012 (26.04.2012) the whole document	1-4

☒ 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 01 November 2016	Date of mailing of the international search report 14 November 2016
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 SHEN, Yanyan Telephone No. (86-10) 62085634

INTERNATIONAL SEARCH REPORTInternational application No.
PCT/CN2016/079693

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2013301001 A1 (CARNEVALE MATTHEW) 14 November 2013 (14.11.2013) the whole document	1-4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2016/079693

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 104523239 A	22 April 2015	None	
CN 103565405 A	12 February 2014	CN 103565405 B	09 December 2015
CN 205458608 U	17 August 2016	None	
WO 2013081902 A1	06 June 2013	None	
US 2012099076 A1	26 April 2012	JP 5675268 B2	25 February 2015
		JP 2012088249 A	10 May 2012
		US 8696124 B2	15 April 2014
US 2013301001 A1	14 November 2013	US 2013304618 A1	14 November 2013
		US 9016862 B2	28 April 2015

A. 主题的分类 A61B 5/00(2006.01)i; A61B 3/12(2006.01)i; A61B 3/14(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) A61B, G01T 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)) CNABS, CNTXT, VEN, USTXT, WOTXT, EPTXT, CNKI: 光学相干层析, 光学相干断层, 血管造影, 调制, 谱, 角度, 图, 平均, 参考, 样品, optical, coherence, OCT, angiogra+, modulat+, spectrum, angle, imag+, averag+, reference, sample		
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	CN 104523239 A (南京理工大学) 2015年 4月 22日 (2015 - 04 - 22) 说明书第[0022]-[0030]段、附图1	1-4
X	CN 103565405 A (浙江大学) 2014年 2月 12日 (2014 - 02 - 12) 说明书第[0018]-[0019]段、附图1	4
E	CN 205458608 U (浙江大学) 2016年 8月 17日 (2016 - 08 - 17) 权利要求1	4
A	WO 2013081902 A1 (UNIV MIAMI) 2013年 6月 6日 (2013 - 06 - 06) 全文	1-4
A	US 2012099076 A1 (CANON KABUSHIKI KAISHA) 2012年 4月 26日 (2012 - 04 - 26) 全文	1-4
A	US 2013301001 A1 (CARNEVALE MATTHEW) 2013年 11月 14日 (2013 - 11 - 14) 全文	1-4
☐ 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 2016年 11月 1日		国际检索报告邮寄日期 2016年 11月 14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 沈研研 电话号码 (86-10)62085634

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/079693

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)
CN	104523239	A	2015年 4月 22日	无			
CN	103565405	A	2014年 2月 12日	CN	103565405	B	2015年 12月 9日
CN	205458608	U	2016年 8月 17日	无			
WO	2013081902	A1	2013年 6月 6日	无			
US	2012099076	A1	2012年 4月 26日	JP	5675268	B2	2015年 2月 25日
				JP	2012088249	A	2012年 5月 10日
				US	8696124	B2	2014年 4月 15日
US	2013301001	A1	2013年 11月 14日	US	2013304618	A1	2013年 11月 14日
				US	9016862	B2	2015年 4月 28日