



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102335067 A

(43) 申请公布日 2012. 02. 01

(21) 申请号 201110212293. 6

A61B 5/00 (2006. 01)

(22) 申请日 2011. 07. 27

(71) 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路
3888 号

(72) 发明人 郝明明 王立军 朱洪波 曹军胜
王彪 刘云 秦莉 付喜宏

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 南小平

(51) Int. Cl.

A61F 11/00 (2006. 01)

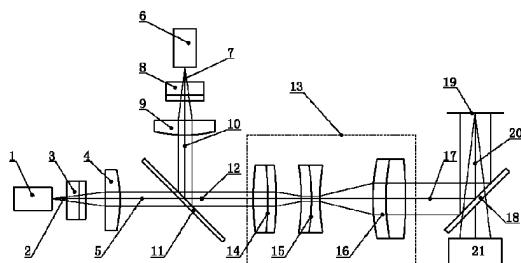
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种利用半导体激光进行鼓膜造孔术的光学系统

(57) 摘要

利用半导体激光进行鼓膜造孔术的光学系统属于半导体激光成像领域, 它包括手术半导体激光器、第一快轴准直镜、第一慢轴准直镜、指示半导体激光器, 第二快轴准直镜、第二慢轴准直镜、波长合束器、变倍率激光扩束器、热反射镜和成像系统; 利用第一快慢轴准直镜将近红外手术激光准直并变换为圆形光束; 利用第二快慢轴准直镜将可见指示激光准直并变换为圆形光束; 采用波长合束器将手术激光和指示激光合为一束同轴激光; 利用变倍率激光扩束器将激光在耳鼓膜上光斑大小连续变化; 利用热反射镜将激光和成像光合成为同轴光束。本发明可在监视器上显示清晰的耳鼓膜和指示激光的图像, 帮助医生选择恰当的手术位置。



1. 一种利用半导体激光进行鼓膜造孔术的光学系统,其特征在于,该光学系统包括手术半导体激光器(1)、第一快轴准直镜(3)、第一慢轴准直镜(4)、指示半导体激光器(6)、第二快轴准直镜(8)、第二慢轴准直镜(9)、波长合束器(11)、变倍率激光扩束器(13)、热反射镜(18)和成像系统(21) ;

所述手术半导体激光器(1)的出光端面置于第一快轴准直镜(3)和第一慢轴准直镜(4)的前焦平面,第一快轴准直镜(3)压缩手术半导体激光器(1)出射的手术激光的快轴发散角,第一慢轴准直镜(4)压缩手术半导体激光器(1)出射的手术激光的慢轴发散角,手术半导体激光器(1)出射的手术激光经过第一快轴准直镜(3)和第一慢轴准直镜(4)后变换为圆形光束;

所述指示半导体激光器(6)的出光端面置于第二快轴准直镜(8)和第二慢轴准直镜(9)的前焦平面,第二快轴准直镜(8)压缩指示半导体激光器(6)出射的指示激光的快轴发散角,第二慢轴准直镜(9)压缩指示半导体激光器(6)出射的指示激光的慢轴发散角,指示半导体激光器(6)出射的指示激光经过第二快轴准直镜(8)和第二慢轴准直镜(9)后变换为圆形光束;

所述手术半导体激光器(1)和指示半导体激光器(6)的光轴垂直,波长合束器(11)以倾斜手术半导体激光器(1)的光轴45°放置,其将手术激光和指示激光合为一束同轴的双波长激光;

所述变倍率激光扩束器(13)位于波长合束器(11)和热反射镜(18)之间,其用于调节上述合束后的双波长激光的倍率,并使合束后的双波长激光在耳鼓膜上形成的光斑大小连续变化;

所述热反射镜(18)以45°角倾斜置于成像系统(21)的镜头前面,经变倍率激光扩束器(13)扩束后的双波长激光以45°角入射到热反射镜(18)上;

所述成像系统(21)对耳鼓膜成像,并在显示器上显示放大的图像。

2. 如权利要求1所述的一种利用半导体激光进行鼓膜造孔术的光学系统,其特征在于,所述手术半导体激光器(1)为单管系列半导体激光器,它的出光波段为近红外波段;所述指示半导体激光器(6)为单管系列半导体激光器,它的出光波段为可见光波段。

3. 如权利要求1所述的一种利用半导体激光进行鼓膜造孔术的光学系统,其特征在于,所述波长合束器(11)的一面镀有增透膜,另一面镀的膜满足下面的条件:手术激光以45°角入射时透过率大于90%,指示激光的反射率大于90%。

4. 如权利要求1所述的一种利用半导体激光进行鼓膜造孔术的光学系统,其特征在于,所述变倍率激光扩束器(13)由依次排列的第一双胶合正透镜(14)、双胶合负透镜(15)和第二双胶合正透镜(16)组成。

5. 如权利要求1所述的一种利用半导体激光进行鼓膜造孔术的光学系统,其特征在于,所述热反射镜(18)的一面镀有增透膜,另一面镀的膜满足下面的条件:当光以45°角入射时,若是可见光,则透过率大于85%;若是红外光,则反射率大于90%。

一种利用半导体激光进行鼓膜造孔术的光学系统

技术领域

[0001] 本发明属于半导体激光成像技术领域,涉及一种利用半导体激光进行鼓膜造孔术的光学系统。

背景技术

[0002] 分泌性中耳炎是一种以鼓室积液及听力下降为特征的中耳非化脓性炎症,是导致传导性耳聋的重要病因。本病小儿发病率高,是引起小儿听力下降的常见疾病之一,严重时甚至可以致聋。但是在成人中也并非少见。上述内容引自《分泌性中耳炎临床疗效观察》,作者:刘利敏,中华耳科学杂志 2009 年第 7 卷第 2 期,126 页。

[0003] 传统的利用手术刀进行的鼓膜切开术和鼓室置管术是治疗分泌性中耳炎的有效方法。然而,这种手术方法的缺点有:需要对病人麻醉,由于耳道狭窄手术刀容易挡住视野,对手术者水平要求较高。除此之外还存在以下并发症:耳漏或中耳感染流脓,听力下降,鼓膜穿孔,通气管堵塞脱出、坠入中耳腔,鼓室硬化,鼓膜内陷、粘连、萎缩继发胆脂瘤形成,中耳肉芽等。

[0004] Goode 首次提出采用 CO₂ 激光治疗成人分泌性中耳炎。一般认为利用 CO₂ 激光鼓膜造孔术治疗分泌性中耳炎具有操作简便、安全性高、患者痛苦小等优点,术后出现鼓膜永久穿孔、鼓膜增厚、鼓膜萎缩、中耳感染、鼓室硬化症、继发性胆脂瘤、眩晕等并发症的可能性也较小。上述内容摘自《CO₂ 激光在耳科领域的应用》作者:张小青,国际耳鼻喉头颈外科杂志 2007 年 9 月第 31 卷第 5 期,304 页。

[0005] 美国专利《Auricular instrument》(专利号:4622967,时间:1986 年,申请人:Ronald A. Schachar) 发明了一种采用 Nd:YAG 激光器作为手术激光的手持耳镜装置,它将 Nd:YAG 激光器和指示激光器均集成在耳镜内,所以耳镜的体积比较大,携带不方便;除此之外 Nd:YAG 激光器电光转换效率低,能耗大。

[0006] 然而 CO₂ 激光器及 Nd:YAG 激光器具有价格昂贵、体积庞大、需要水冷和笨重等缺点,除此之外 CO₂ 激光还不易用光纤来传导。

[0007] 大功率半导体激光器具有光电转换效率高、体积小、功率大、可靠性高、可以光纤耦合、结构简单等优点,在激光照明、抽运固体激光器、材料处理与加工、药疗以及航空航天等领域有着广泛的应用前景。

[0008] 但是半导体激光器的光束质量差:光束的发散角比较大;在平行于 PN 结方向(慢轴方向)上有源层的宽度可达 100 μm,在垂直于 PN 结方向(快轴方向)上有源层的厚度为 1 μm,这样造成高斯光束远场光强分布不均匀,光斑呈狭长的椭圆形,快轴方向发散角约为 70°(包含 95% 的光功率),慢轴方向发散角约 10°(包含 95% 的光功率)。

发明内容

[0009] 为了解决半导体激光器发散角大、快慢轴方向出光孔径尺寸不相等的光束质量差的问题,本发明提出一种利用半导体激光进行鼓膜造孔术的光学系统。

[0010] 本发明解决技术问题所采用的技术方案如下：

[0011] 一种利用半导体激光进行鼓膜造孔术的光学系统，包括手术半导体激光器、第一快轴准直镜、第一慢轴准直镜、指示半导体激光器，第二快轴准直镜、第二慢轴准直镜、波长合束器、变倍率激光扩束器、热反射镜和成像系统；所述手术半导体激光器的出光端面置于第一快轴准直镜和第一慢轴准直镜的前焦平面，第一快轴准直镜压缩手术半导体激光器出射的手术激光的快轴发散角，第一慢轴准直镜压缩手术半导体激光器出射的手术激光的慢轴发散角，手术半导体激光器出射的手术激光经过第一快轴准直镜和第一慢轴准直镜后变换为圆形光束；所述指示半导体激光器的出光端面置于第二快轴准直镜和第二慢轴准直镜的前焦平面，第二快轴准直镜压缩指示半导体激光器出射的指示激光的快轴发散角，第二慢轴准直镜压缩指示半导体激光器出射的指示激光的慢轴发散角，指示半导体激光器出射的指示激光经过第二快轴准直镜和第二慢轴准直镜后变换为圆形光束；所述手术半导体激光器和指示半导体激光器的光轴垂直，波长合束器以倾斜手术半导体激光器的光轴45°放置，其将手术激光和指示激光合为一束同轴的双波长激光；所述变倍率激光扩束器位于波长合束器和热反射镜之间，其用于调节上述合束后的双波长激光的倍率，并使合束后的双波长激光在耳鼓膜上形成的光斑大小连续变化；所述热反射镜以45°角倾斜置于成像系统的镜头前面，经变倍率激光扩束器扩束后的双波长激光以45°角入射到热反射镜上；所述成像系统对耳鼓膜成像，并在显示器上显示放大的图像。

[0012] 手术半导体激光器选用单管系列的半导体激光器，它具有体积小的优点，其结构是将单个半导体激光器芯片焊接在热沉上。它的出光功率为10W，出光波段在近红外，具体范围在800nm～1550nm。

[0013] 本发明利用第一快轴准直镜、第一慢轴准直镜将手术半导体激光器出射的近红外手术激光准直并变换为圆形光束，它们满足公式(1)：

$$[0014] f_{slowo}' \tan\left(\frac{\theta_{slowo}}{2}\right) = f_{fasto}' \tan\left(\frac{\theta_{fasto}}{2}\right) \quad (1)$$

[0015] 其中： θ_{slowo} 为手术半导体激光器的慢轴发散角， θ_{fasto} 为手术半导体激光器快轴发散角， f_{fasto}' 为第一快轴准直镜的焦距， f_{slowo}' 为第一慢轴准直镜的焦距。

[0016] 由于手术半导体激光器出射的激光为近红外，本发明采用可见的指示半导体激光来指引红外的手术激光。指示半导体激光器也选用单管系列的半导体激光器，它的发散角和出光孔径同手术半导体激光器的相同。但指示半导体激光器的出光波段在可见光波段，功率也只在毫瓦的量级。

[0017] 本发明利用第二快轴准直镜、第二慢轴准直镜将指示半导体激光器出射的可见指示激光准直并变换为圆形光束，它们满足公式(2)：

$$[0018] f_{slowt}' \tan\left(\frac{\theta_{slowt}}{2}\right) = f_{fastt}' \tan\left(\frac{\theta_{fastt}}{2}\right) \quad (2)$$

[0019] 其中： θ_{slowt} 为指示半导体激光器的慢轴发散角， θ_{fastt} 为指示半导体激光器快轴发散角， f_{fastt}' 为第二快轴准直镜的焦距， f_{slowt}' 为第二慢轴准直镜的焦距。

[0020] 本发明的波长合束器的作用是将手术激光和指示激光合为同轴的双波长激光。本发明要求将手术半导体激光器和指示半导体激光器按光轴垂直的位置固定，同时波长合束

器要以倾斜手术激光的光轴 45° 放置。所以俩束激光分别以 45° 的角度入射到波长合束器上。波长合束器一面需要镀增透膜, 另一个面上需要镀这样一种膜: 手术激光以 45° 角入射时透过率大于 90%, 而可见的指示激光的反射率大于 90%。

[0021] 本发明的变倍率激光扩束器的倍率可以连续调节, 它由第一双胶合正透镜、双胶合负透镜和第二双胶合正透镜组成, 它们的焦距分别为 f_1' 、 f_2' 和 f_3' , 其中 $f_1' > 0$, $f_2' < 0$, $f_3' > 0$ 。由于被扩束的激光是双波长的, 采用双胶合透镜形式可以消除色差和球差对扩束的影响。一束准直的双波长激光通过变倍率激光扩束器后仍为准直的激光, 但光斑已经变成预先设定的值。使用时, 首先固定第一双胶合正透镜的位置不动, 然后移动双胶合负透镜使它们俩的组合焦距 f' 发生变化, 其关系符合公式 (3) :

$$[0022] \frac{1}{f'} = \frac{1}{f_1'} + \frac{1}{f_2'} - \frac{d}{f_1' f_2'} \quad (3)$$

[0023] 其中, f' 为第一双胶合正透镜和双胶合负透镜组合后的总焦距, d 为第一双胶合正透镜和双胶合负透镜的距离。最后移动第二双胶合正透镜使它的前焦点同第一双胶合正透镜和双胶合负透镜组合后的后焦点重合, 由此达到扩束的目的。扩束的倍率为

$$[0024] \beta = \frac{f_3'}{f'} \quad (4)$$

[0025] 本发明的热反射镜以 45° 角倾斜置于成像系统镜头前面, 扩束后的双波长激光以 45° 角入射到热反射镜上。热反射镜的一面需要镀增透膜, 另一面则需要镀这样一种膜: 当光以 45° 角入射时, 如果是可见光则透过率大于 85%, 如果是红外光则反射率大于 90%。这样就使入射到成像系统的成像光和双波长激光成为一束同轴光束。

[0026] 本发明的成像系统是一个数码显微镜, 它可以对耳鼓膜成像, 并且在显示器上显示一个放大的像, 可以使医生清楚看到耳鼓膜图像和可见的指示激光。

[0027] 本发明的有益效果是: 在可见的指示激光指引下, 利用大功率近红外手术激光对耳鼓膜进行打孔; 激光光斑大小可以在 $1 \sim 3\text{mm}$ 之间连续调节, 方便医生根据患者实际情况来选择手术的参数; 可以在监视器上显示清晰的耳鼓膜和指示激光的图像, 从而帮助医生选择恰当的位置进行手术, 避免了现有手术刀阻挡视野的缺点。

附图说明

[0028] 图 1 是本发明利用半导体激光进行鼓膜造孔术的光学系统结构图。

[0029] 图 2 是本发明中手术半导体激光器准直的俯视图。

[0030] 图中: 1、手术半导体激光器, 2、手术激光, 3、第一快轴准直镜, 4、第一慢轴准直镜, 5、准直手术激光, 6、指示半导体激光器, 7、指示激光, 8、第二快轴准直镜, 9、第二慢轴准直镜, 10、准直指示激光, 11、波长合束器, 12、双波长激光, 13、变倍率激光扩束器, 14、第一双胶合正透镜, 15、双胶合负透镜, 16、第二双胶合正透镜, 17、扩束激光, 18、热反射镜, 19、耳鼓膜, 20、成像光, 21、成像系统。

具体实施方式

[0031] 下面结合附图和实施例对本发明做进一步详细说明。

[0032] 如图 1 和图 2 所示, 本发明利用半导体激光进行鼓膜造孔术的光学系统包括: 手术

半导体激光器 1、第一快轴准直镜 3、第一慢轴准直镜 4、指示半导体激光器 6、第二快轴准直镜 8、第二慢轴准直镜 9、波长合束器 11、变倍率激光扩束器 13、热反射镜 18 和成像系统 21。

[0033] 手术半导体激光器 1 的出光功率可以在 $1 \sim 10W$ 之间连续调节, 它的出光波长为 980nm。第一快轴准直镜的焦距为 $f_{fast}' = 0.7134\text{mm}$, 第一慢轴准直镜的焦距为 $f_{slow}' = 5.140\text{mm}$ 。准直后, 椭圆的发散的手术激光 2 变换为光束直径为 1mm、发散角很小的准直手术激光 5。

[0034] 指示半导体激光器 6 出射的指示激光 7 的波长为 650nm, 功率在毫瓦的量级。第二快轴准直镜 8 的焦距为 $f_{fast}' = 0.7134\text{mm}$, 第二慢轴准直镜 9 的焦距为 $f_{slow}' = 5.140\text{mm}$ 。准直后, 椭圆的发散的指示激光 7 变换为光束直径为 1mm、发散角很小的准直指示激光 10。事实上, 第二快轴准直镜 8 和第二慢轴准直镜 9 的焦距及通光口径分别同第一快轴准直镜 3 和第一慢轴准直镜 4 的相同。

[0035] 波长合束器 11 的作用是将准直手术激光 5 和准直指示激光 10 合为同轴的双波长激光 12。本发明要求将手术半导体激光器 1 和指示半导体激光器 6 按光轴垂直的位置固定, 同时波长合束器 11 要以倾斜手术激光 2 光轴 45° 角放置, 并且它的一面上需要镀增透膜, 另一个面上需要镀这样一种膜: 激光以 45° 角入射时近红外光的透过率大于 90%, 可见光的反射率大于 90%。所以准直手术激光 5 和准直指示激光 10 分别以 45° 的角度入射到波长合束器上时, 准直手术激光 5 以很高的透射率透射, 准直指示激光 10 以很高的反射率反射, 从而达到将准直手术激光 5 和准直指示激光 10 合为同轴的双波长激光 12 的目的。

[0036] 变倍率激光扩束器 13 的倍率在 $1 \sim 3$ 之间可以连续调节, 它由第一双胶合正透镜 14、双胶合负透镜 15 和第二双胶合正透镜 16 组成, 它们的结构参数如下表:

[0037]

透镜	焦距 (mm)	曲率 r(mm)	厚度 d (mm)	口径 D (mm)	玻璃
第一双胶合正透镜 14	100	65.00	2	10	ZK3
		-56.77	1		ZF7
		-168.81	d1		
双胶合负透镜 15	-10	-6.17	1	6	K9
		5.40	1.6		ZF7
		11.95	d2		
第二双胶合正透镜 16	60	90.60	2	18	ZF7
		30.71	3		ZK3
		-39.42			

[0038] 由于被扩束的双波长激光 12 是双波长的, 采用双胶合透镜形式可以消除色差和球差对扩束的影响。准直的双波长激光 12 通过变倍率激光扩束器后仍为准直的激光, 但光斑已经变成预先设定的值。例如:

[0039] 当 $d_1 = 71.24\text{mm}$, $d_2 = 41\text{mm}$ 时, 扩束倍率为 1, 扩束激光 17 的光束直径仍为 1mm;

[0040] 当 $d_1 = 54.58\text{mm}$, $d_2 = 43.9\text{mm}$ 时, 扩束倍率为 2, 扩束激光 17 的光束直径变为

2mm；

[0041] 当 $d_1 = 37.92\text{mm}$, $d_2 = 45\text{mm}$ 时, 扩束倍率为 3, 扩束激光 17 的光束直径变为 3mm。

[0042] 热反射镜 18 以 45° 角倾斜置于成像系统 21 的镜头前面, 扩束激光 17 以 45° 角入射到热反射镜 18 上。热反射镜 18 的一面需要镀增透膜, 另一面则需要镀这样一种膜: 当光以 45° 角入射时, 如果是可见光则透过率大于 85%, 如果是近红外光则反射率大于 90%。这样就使入射到成像系统的成像光 20 和扩束激光 17 成为一束同轴光束。

[0043] 成像系统 21 是一个数码显微镜, 它可以对耳鼓膜 19 成像, 并且在显示器上显示一个放大的像, 可以使医生清楚看到耳鼓膜图像和可见的指示激光。

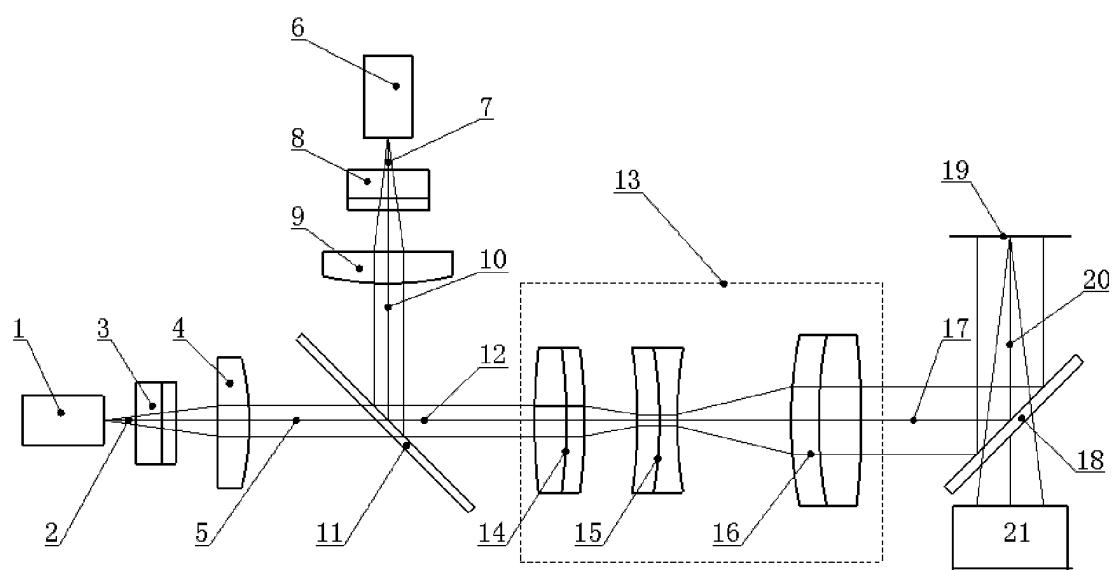


图 1

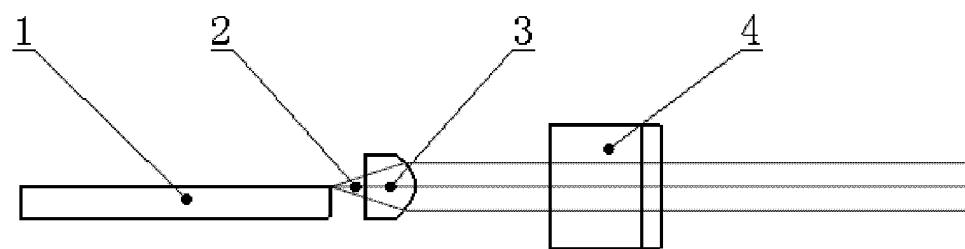


图 2