

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710056048.4

[51] Int. Cl.

H01S 3/082 (2006.01)

H01S 3/0941 (2006.01)

H01S 3/10 (2006.01)

H01S 3/108 (2006.01)

[43] 公开日 2008年2月27日

[11] 公开号 CN 101132106A

[22] 申请日 2007.9.7

[21] 申请号 200710056048.4

[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16号

[72] 发明人 檀慧明 缪同群 高兰兰 付喜宏

[74] 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所
代理人 赵炳仁

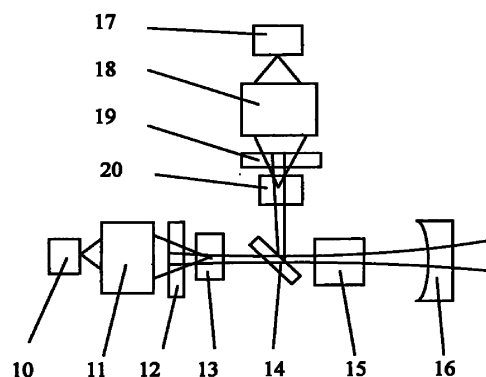
权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 2 页

[54] 发明名称

获得 488nm 波长的腔内和频全固体蓝光激光器

[57] 摘要

获得 488nm 波长的腔内和频全固体蓝光激光器，属于激光技术领域涉及的一种激光器，要解决的技术问题是：提供一种获得 488nm 波长的腔内和频全固体蓝光激光器，解决的技术方案：包括两个半导体激光器、两个光学耦合部件、两个输入耦合腔镜、两个激光增益介质、和束镜、非线性晶体、输出耦合腔镜；该结构是由具有公共重合光路的两个子谐振腔组成复合型谐振腔的腔内和频激光器结构；一个子谐振腔产生波长 λ_1 ，另一个子谐振腔波长产生波长 λ_2 ， λ_1 和 λ_2 通过非线性晶体，由非线性和频相互作用，获得 488nm 波长的腔内和频全固体蓝光激光器。该激光器体积小，效率高，可广泛应用于生物医疗仪器。



1、一种获得 488nm 波长的腔内和频全固体蓝光激光器，包括激光增益介质、非线性晶体、输出耦合腔镜；其特征在于还包括第一半导体激光器（10）和第二半导体激光器（17）、第一光学耦合部件（11）和第二光学耦合部件（18）、和束镜（14）；该结构是由具有公共重合光路的两个子谐振腔组成复合型谐振腔的腔内和频激光器结构；一个子谐振腔是在第一半导体激光器（10）的激光发射方向的光轴上，从左至右按第一耦合光学部件（11）、第一输入耦合腔镜（12）、第一激光增益介质（13）、和束镜（14）、非线性晶体（15）和输出耦合腔镜（16）排列，其中和束镜（14）与光轴成 45°放置；另一个子谐振腔是在第二半导体激光器（17）的激光发射方向的光轴上，按第二光学耦合部件（18）、第二输入耦合腔镜（19）、第二激光增益介质（20）、和束镜（14）、非线性晶体（15）和输出耦合腔镜（16）排列，其中和束镜（14）与光轴成 45°放置；两个子谐振腔通过和束镜（14）合成，并由和束镜（14），非线性晶体（15）和输出耦合腔镜（16）组成公共重合光路；在第一半导体激光器（10）的光学泵浦下，第一激光增益介质（13）产生的波长为 λ_1 ；在第二半导体激光器（17）的光学泵浦下，第二激光增益介质（20）产生的波长为 λ_2 ；波长为 λ_1 的光束与波长为 λ_2 的光束在公共重合光路内共线或非共线通过非线性晶体（15），产生波长为 λ_3 的 488nm 蓝色和频激光；其中波长 λ_1 、 λ_2 和 λ_3 的和频变换关系要满足 $1/\lambda_3=1/\lambda_2+1/\lambda_1$ 的要求；非线性晶体（15）

按波长 λ_1 和 λ_2 的和频位相匹配方向切割,使波长 λ_1 和波长 λ_2 在非线性晶体(15)中共线或非共线传播时的位相匹配关系要满足 $n_3/\lambda_3=n_2/\lambda_2+n_1/\lambda_1$ 的要求,其中 n_3 、 n_2 和 n_1 分别是波长 λ_3 、 λ_2 和 λ_1 在非线性晶体(15)中传播的折射率。

第一输入耦合腔镜(12)的靠近第一激光增益介质(13)的表面可以是平面或凹面,该面的膜系制备要求对波长 λ_1 具有高反射率,同时对第一半导体激光器(10)发出的泵浦光波长具有高透过率;第二输入耦合腔镜(19)的靠近第二激光增益介质(20)的表面也可以是平面或凹面,该面的膜系制备要求对波长 λ_2 具有高反射率,同时对第二半导体激光器(17)发出的泵浦光波长具有高透过率;和束镜(14)一个面的膜系制备要求在与该镜面法线成 45° 入射时,对波长 λ_1 具有高透射率,对波长 λ_2 具有高反射率,另一个面的膜系制备要求在与该镜面法线成 45° 入射时,对波长 λ_1 具有高透射率;输出耦合腔镜(16)的靠近非线性晶体(15)的表面膜系制备要求同时对波长 λ_1 和 λ_2 的基频光具有的高反射率,并对和频光波长 λ_3 具有高透过率,另一面膜系制备要求对和频光的波长 λ_3 具有高透过率。

2、按权利要求1所述的获得488nm波长的腔内和频全固体蓝光激光器,其特征在于:分别把第一输入耦合腔镜(12)的靠近第一激光增益介质(13)的表面制备的对波长 λ_1 的高反射膜直接制备在第一激光增益介质(13)的泵浦光入射面上,把第二输入耦合腔镜(19)的靠近第二激光增益介质(20)的表面制备的对波长 λ_2 的高反射膜直接制备在第二激光增益介质(20)的泵浦光入射面上,并分别去掉第

一输入耦合腔镜（12）和第二输入耦合腔镜(19)。

3、根据权利要求1所述的获得488nm波长的腔内和频全固体蓝光激光器，其特征在于：把在输出耦合腔镜（16）的靠近非线性晶体（15）的表面制备的对波长 λ_1 和 λ_2 的基频光具有的高反射率，对和频光的波长 λ_3 具有高透过率的膜系直接制备在非线性晶体（15）上，并同时把输出耦合腔镜（16）去掉。

获得 488nm 波长的腔内和频全固体蓝光激光器

技术领域：本发明属于激光技术领域，涉及的一种通过腔内和频方法获得 488 nm 波长全固体蓝光激光器。

背景技术：在激光技术领域，半导体激光器及半导体激光泵浦固体激光技术发展以前，获得蓝激光的技术主要是氩离子激光器，而氩离子激光器在蓝激光的波段主要是 488 nm 的波长。因此随着激光应用领域研究的进展，488 nm 波长的蓝激光在生物医疗仪器，基础研究和工业领域已获得了大量的应用。随着半导体激光器及半导体激光泵浦固体激光技术发展及其特殊的优点，半导体蓝光激光器和半导体激光泵浦固体蓝光激光器已获得了迅速的发展，并在很多应用领域大量的取代了氩离子激光器。但直接发射 488 nm 波长的半导体蓝光激光器还处在研究阶段。目前获得半导体激光泵浦固体蓝光激光输出的技术主要是腔内倍频方法，由于目前激光增益介质跃迁谱线的限制，通过腔内倍频还不能获得 488nm 的蓝激光波长。

目前获得 488nm 的激光器除了氩离子激光器外，主要还有垂直腔面发射半导体激光器的外腔倍频和掺钛蓝宝石倍频激光器等。垂直腔面发射半导体外腔倍频激光器主要有电泵浦和光泵浦两种方式。电泵浦垂直腔面发射半导体外腔倍频激光器目前获得的功率还很低，仅几毫瓦。光泵浦垂直腔面发射半导体外腔倍频激光器需要反射方向泵浦，获得的 488nm 的激光也仅百毫瓦量级。采用掺钛蓝宝石倍频激

光器需要其它固体激光器泵浦，获得 488nm 的激光器结构复杂和成本高。

通过对两个具有不同波长基频光的非线性和频方法也能获得新的波长。与本发明最为接近的已有技术是美国专利 No.5.345.457 如图 1 所示，包括泵浦源 1 和 4，谐振腔镜 2 和 5、激光增益介质 3 和 6、偏光棱镜 7、KTP 非线性晶体 8 和输出耦合腔镜 9。谐振腔镜 2 和 5 分别与输出耦合腔镜 9 之间组成具有公共重合部分的两个子谐振腔组，子谐振腔的公共重合部分由偏光棱镜 7，KTP 非线性晶体 8 和输出耦合腔镜 9 组成。当泵浦源 1 和 4 分别泵浦激光增益介质 3 和 6 时，两个子谐振腔通过激光增益介质 3 和 6 分别产生 1064nm 和 1318nm 两个不同波长的基频光，形成振荡，再通过公共重合部分的 KTP 非线性晶体 8 的和频产生 589nm 的波长输出。

该激光器的输出波长是 589nm 的黄光激光器，而不是输出波长为 488nm 的蓝光激光器。

发明内容：

为了获得 488nm 波长输出的蓝光激光器，设计一种不同于黄光激光器的结构并通过选用不同的激光增益介质、非线性晶体和制备在谐振腔镜与输出耦合镜的激光膜系，产生两个不同的基频光波长，通过特定基频光波长的组合，在非线性晶体内和频产生 488nm 的蓝光激光输出。本发明要解决的技术问题是：提供一种获得 488nm 波长的腔内和频全固体蓝光激光器。

解决技术问题的技术方案如图 2 所示，包括第一半导体激光器

10 和第二半导体激光器 17、第一光学耦合部件 11 和第二光学耦合部件 18、第一输入耦合腔镜 12 和第二输入耦合腔镜 19、第一激光增益介质 13 和第二激光增益介质 20、和束镜 14、非线性晶体 15、输出耦合腔镜 16；该结构是由具有公共重合光路的两个子谐振腔组成复合型谐振腔的腔内和频激光器结构；一个子谐振腔是在第一半导体激光器 10 的激光发射方向的光轴上，从左至右按第一耦合光学部件、第一输入耦合腔镜 12、第一激光增益介质 13、和束镜 14、非线性晶体 15 和输出耦合腔镜 16 排列，其中和束镜 14 与光轴成 45° 放置；另一个子谐振腔是在第二半导体激光器 17 的激光发射方向的光轴上，按第二光学耦合部件 18、第二输入耦合腔镜 19、第二激光增益介质 20、和束镜 14、非线性晶体 15 和输出耦合腔镜 16 排列，其中和束镜 14 与光轴成 45° 放置；两个子谐振腔通过和束镜 14 合成，并由和束镜 14，非线性晶体 15 和输出耦合腔镜 16 组成公共重合光路；在第一半导体激光器 10 的光学泵浦下，第一激光增益介质 13 产生的波长为 λ_1 ，并在第一输入耦合腔镜 12 和输出耦合腔镜 16 之间振荡；在第二半导体激光器 17 的光学泵浦下，第二激光增益介质 20 产生的波长为 λ_2 ，并在第二输入耦合腔镜 19 和输出耦合腔镜 16 之间振荡；波长为 λ_1 的光束与波长为 λ_2 的光束在公共重合光路内共线或非共线通过非线性晶体 15，由非线性和频相互作用，产生波长为 λ_3 的 488nm 蓝色和频激光，并由输出耦合腔镜 16 输出到谐振腔外。

其中波长 λ_1 、 λ_2 和 λ_3 的和频变换关系要满足 $1/\lambda_3=1/\lambda_2+1/\lambda_1$ 的要求；通过选择不同激光增益介质的不同波长 λ_1 和 λ_2 组合，使和频光的

波长 λ_3 为488nm的蓝光；非线性晶体15按波长 λ_1 和 λ_2 的和频位相匹配方向切割，使波长 λ_1 和波长 λ_2 在非线性晶体15中共线或非共线传播时的位相匹配关系要满足 $n_3/\lambda_3=n_2/\lambda_2+n_1/\lambda_1$ 的要求，其中 n_3 、 n_2 和 n_1 分别是波长 λ_3 、 λ_2 和 λ_1 在非线性晶体15中传播的折射率。

第一光学耦合部件11和第二光学耦合部件18通常是球面镜、或非球面镜、或柱面镜、或自聚焦透镜、或光纤、或棱镜、或二元光学透镜等光学元件，或由以上光学元件组成的复合光学系统。

第一输入耦合腔镜12的靠近第一激光增益介质13的表面可以是平面或凹面，该面的膜系制备要求对波长 λ_1 具有高反射率，同时对第一半导体激光器10发出的泵浦光波长具有高透过率；第二输入耦合腔镜19的靠近第二激光增益介质20的表面也可以是平面或凹面，该面的膜系制备要求对波长 λ_2 具有高反射率，同时对第二半导体激光器17发出的泵浦光波长具有高透过率；和束镜14一个面的膜系制备要求在与该镜面法线成 45° 入射时，对波长 λ_1 具有高透射率，对波长 λ_2 具有高反射率，另一个面的膜系制备要求在与该镜面法线成 45° 入射时，对波长 λ_1 具有高透射率；输出耦合腔镜16的靠近非线性晶体15的表面膜系制备要求同时对波长 λ_1 和 λ_2 的基频光具有的高反射率，并对和频光波长 λ_3 具有高透过率，另一面膜系制备要求对和频光的波长 λ_3 具有高透过率。

工作原理说明：

本发明的488nm全固体蓝光激光器工作时：作为泵浦光源的第一半导体激光器10发出泵浦光，被第一光学耦合部件11耦合到第一

激光增益介质 13 内,当第一半导体激光器 10 发出的泵浦光功率超过谐振腔对 λ_1 在其子谐振腔内振荡的阈值功率时,第一激光增益介质 13 产生了波长为 λ_1 的基频光,在第一输入耦合腔镜 12 和输出耦合腔镜 16 之间通过和束镜 14 透射后传播振荡,在第一激光增益介质 13 内循环放大;作为泵浦光源的第二半导体激光器 17 发出泵浦光,被第二光学耦合部件 18 耦合到第二激光增益介质 20 内,当第二半导体激光器 17 发出的泵浦光功率超过谐振腔对 λ_2 在其子谐振腔内振荡的阈值功率时,第二激光增益介质 20 产生了波长为 λ_2 的基频光,在第二输入耦合腔镜 19 和输出耦合腔镜 16 之间通过和束镜 14 反射后传播振荡,在第二激光增益介质 20 内循环放大;当波长为 λ_1 的基频光与波长为 λ_2 的基频光同时通过非线性晶体 15 时,由非线性光学和频相互作用,产生了不同于波长 λ_1 和 λ_2 的第三个波长为 λ_3 的 488nm 和频光,通过输出耦合腔镜 16 输出到激光谐振腔外。

本发明的积极效果是:该 488nm 蓝光激光器具有体积小,效率高,结构简单,装调容易,作为产品稳定性好和全固化等特点,可代替输出功率从毫瓦级到瓦级的氩离子激光器及其它类型的激光器。

附图说明:

图 1 是已有技术美国专利 No.5.345.457 的结构示意图。

图 2 是本发明的结构示意图。

图 3 是本发明的实施例三的结构示意图。

图 4 是本发明的实施例四的结构示意图。

具体实施方式:

本发明按图 2 所示的结构实施, 实施例一: 其中第一半导体激光器 10 采用输出波长为 790nm 到 806nm 的半导体激光器或半导体激光器列阵, 第一光学耦合部件 11 采用美国 LightPath 公司的 Lens Code 350230 非球面镜; 第一输入耦合腔镜 12 的靠近第一激光增益介质 13 的表面制备对波长 1047nm 的反射率大于 99.5%, 对波长 790nm 到 806nm 的透过率大于 80%的多层介质膜, 另一面制备对波长 790nm 到 806nm 的透过率大于 99%的增透膜; 第一激光增益介质 13 采用 Nd:YLF 激光晶体, 通过选择偏振方向, 获得激光跃迁波长为 1047nm 的能级跃迁, Nd:YLF 激光增益介质的两个通光面制备对 1047nm 的双波长增透膜, 透过率大于 99%; 第二半导体激光器 17 是采用波长输出为 808nm 的半导体激光器或半导体激光器列阵; 第二光学耦合部件 18 也采用美国 LightPath 公司的 Lens Code 350230 非球面镜; 第二输入耦合腔镜 19 的靠近第二激光增益介质 20 的表面制备对波长 914nm 的反射率大于 99.5%, 对波长 808nm 的透过率大于 80%的多层介质膜, 另一面制备对波长 808nm 的透过率大于 99%的增透膜; 第二激光增益介质 20 采用 Nd:YVO₄ 激光晶体, 通过选择谐振腔镜的膜系, 获得激光跃迁波长为 914nm 的能级跃迁, Nd:YVO₄ 激光晶体的两个通光面制备对 914nm 的双波长增透膜, 透过率大于 99%; 和束镜 14 的一个面制备对波长 1047nm 的增透膜, 另一个面制备对波长 1047nm 增透和对波长 914nm 高反射率的多层介质膜; 非线性晶体 15 为 LBO、或 BiBO、或其它非线性晶体, 其中 LBO 或 BiBO 按波长 1047nm 与波长 914nm 的和频 I 类位相匹配方向切割, 该晶体的两

个通光面都制备对 1047nm、914nm 和 488nm 的三个波长的增透膜，透过率大于 99%；输出耦合腔镜 16 的和频光入射面制备对波长 1047nm 和 914nm 的反射率都大于 99.5%，对波长 488nm 的透过率大于 80%的多层介质膜；输出耦合腔镜 16 的另一面制备对波长 488nm 的透过率大于 99%的增透膜。

当第一半导体激光器 10 和第二半导体激光器 17 同时工作时，随着泵浦功率的增加，分别在激光增益介质 Nd:YLF 和 Nd:YVO₄ 内产生 1047nm 和 914nm 的两个波长的基频光，并分别在两个子谐振腔内振荡，通过公共重合部分的非线性晶体 LBO、或 BiBO 或其它非线性晶体时，产生 488nm 的蓝色激光，由输出耦合腔镜 16 输出。

实施例二：其中第一半导体激光器 10 采用波长为 940nm 的半导体激光器或半导体激光器列阵，第一光学耦合部件 11 采用美国 LightPath 公司的 Lens Code 350230 非球面镜；第一输入耦合腔镜 12 的靠近第一激光增益介质 13 的表面制备对波长 1050nm 的反射率大于 99.5%，波长 940nm 的透过率大于 80%的多层介质膜；第一输入耦合腔镜 12 的另一面制备对波长 940nm 的透过率大于 99%的增透膜；第一激光增益介质 13 采用 Yb:YAG 激光晶体，通过选择谐振腔镜的膜系，获得激光跃迁波长为 1050nm 的能级跃迁，Yb:YAG 激光晶体的两个通光面制备对 1050nm 的双波长增透膜，透过率大于 99%；第二半导体激光器 17 采用波长为 808nm 的半导体激光器或半导体激光器列阵，第二光学耦合部件 18 也采用美国 LightPath 公司的 Lens Code 350230 非球面镜；第二输入耦合镜 19 的靠近第二激光增益介质

20 的表面制备对波长 912nm 的反射率大于 99.5%，波长 808nm 的透过率大于 80%的多层介质膜；第二输入耦合腔镜 19 的另一面制备对波长 808nm 的透过率大于 99%的增透膜；第二激光增益介质 20 采用 Nd:GdVO₄ 激光晶体，获得激光跃迁波长为 912nm 的能级跃迁，Nd:GdVO₄ 激光晶体的两个通光面制备对 912nm 的双波长增透膜，透过率大于 99%；和束镜 14 的一个面制备对波长 1050nm 的增透膜，另一个面制备对波长 1050nm 增透膜和对波长 912nm 高反射率的多层介质膜；和频晶体 15 为 LBO、或 BiBO、或其它非线性晶体，其中 LBO 或 BiBO 按波长 1050nm 与波长 912nm 的和频 I 类位相匹配方向切割，该晶体的两个通光面都制备对 1050nm、912nm 和 488nm 的三波长增透膜，透过率大于 99%；输出耦合腔镜 16 的靠近非线性晶体 15 的表面制备对波长 1050nm 和 912nm 的反射率都大于 99.5%，对波长 488nm 的透过率大于 80%的多层介质膜；另一面制备对波长 488nm 的透过率大于 99%的增透膜。

当第一半导体激光器 10 和第二半导体激光器 17 同时工作时，随着泵浦功率的增加，分别在激光增益介质 Yb:YAG 和 Nd:GdVO₄ 内产生 1050nm 和 912nm 两个波长的基频光在对应的两个子谐振腔内振荡，通过公共重合部分的 LBO、或 BiBO 或其它非线性晶体时，由非线性和频相互作用产生 488nm 的蓝色激光，由输出耦合腔镜 16 输出。

实施例三如图 3 所示，分别与实施例一和实施例二类似，只是分别把第一输入耦合腔镜 12 的靠近第一激光增益介质 13 的表面制备的对波长 1047nm 或 1050nm 的高反射膜直接制备在第一激光增益介质

13 的泵浦光入射面上, 把第二输入耦合腔镜 19 的靠近第二激光增益介质 20 的表面制备的对波长 914nm 或 912nm 的高反射膜直接制备在第二激光增益介质 20 的泵浦光入射面上, 并分别去掉第一输入耦合腔镜 12 和第二输入耦合腔镜 19。即等于把第一输入耦合腔镜 12 和第二输入耦合腔镜 19 在附图二的结构中去掉, 但是把第一输入耦合腔镜 12 和第二输入耦合腔镜 19 靠近激光增益介质的表面制备的高反射膜分别直接制备在第一激光增益介质 13 和第二激光增益介质 20 上。对应于实施例一, 第一激光增益介质 13 采用 Nd:YLF, 泵浦光入射通光表面上的高反射膜制备要求为: 对波长 1047nm 的反射率大于 99.5%, 对波长 790nm 到 806nm 的透过率大于 80%; 第二激光增益介质 20 采用 Nd:YVO₄, 泵浦光入射通光表面上的高反射膜制备要求为: 对波长 914nm 的反射率大于 99.5%, 对波长 808nm 的透过率大于 80%。对应于实施例二, 第一激光增益介质 13 采用 Yb:YAG, 泵浦光入射通光表面上的高反射膜制备要求为: 对波长 1050nm 的反射率大于 99.5%, 对波长 940nm 的透过率大于 80%; 第二激光增益介质 20 采用 Nd:GdVO₄, 泵浦光入射通光表面上的高反射膜制备要求为: 对波长 912nm 的反射率大于 99.5%, 对波长 808nm 的透过率大于 80%。对应于实施例一和实施例二, 同时把第一输入耦合腔镜 12 和第二输入耦合腔镜 19 去掉。

实施例四如图 4 所示, 与实施例一和实施例二类似, 只是把在输出耦合腔镜 16 的靠近非线性晶体 15 的表面制备的对波长 λ_1 和 λ_2 的基频光具有的高反射率, 对和频光的波长 λ_3 具有高透过率的膜系直接制

备在非线性晶体 15 上，并同时把输出耦合腔镜 16 去掉。对应于实施例一，非线性晶体的靠近原输出耦合腔镜 16 的表面制备对波长 1047nm 和 914nm 的反射率都大于 99.5%，对波长 488nm 的透过率大于 80%的多层介质膜；对应于实施例二，非线性晶体 15 的靠近原输出耦合镜 16 的表面制备对波长 1050nm 和 912nm 的反射率都大于 99.5%，对波长 488nm 的透过率大于 80%的多层介质膜。

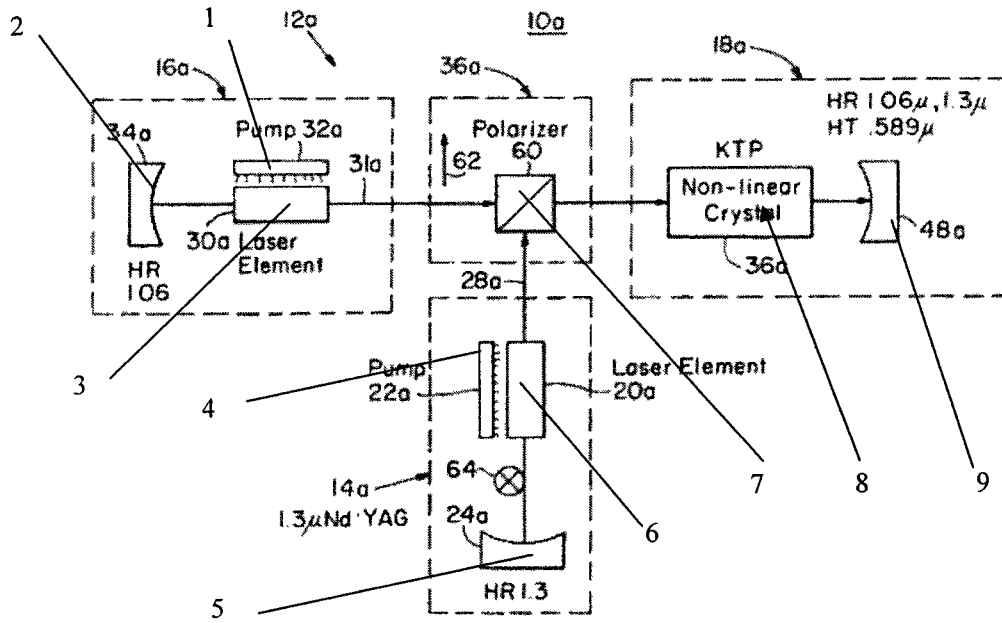


图 1

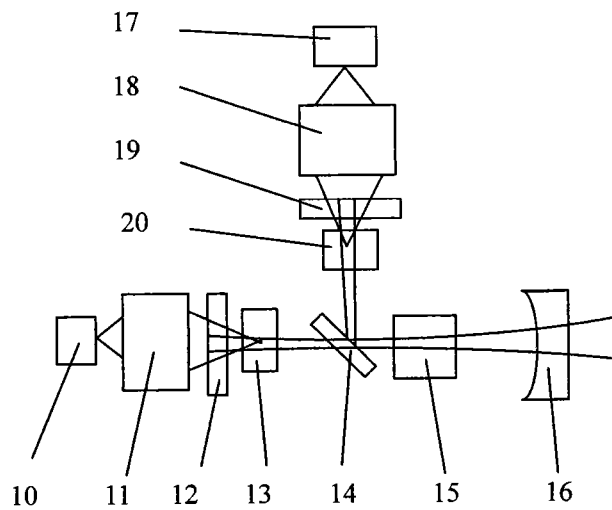


图 2

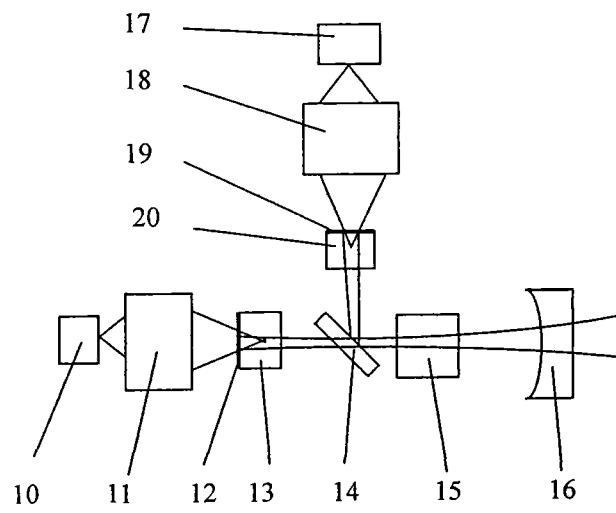


图 3

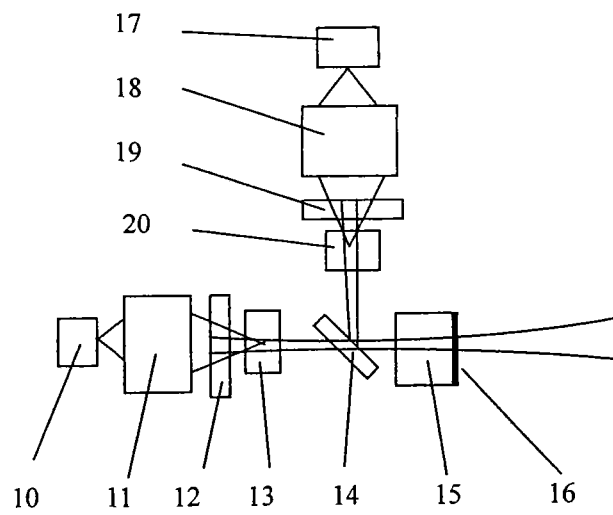


图 4