



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104991320 A

(43) 申请公布日 2015. 10. 21

(21) 申请号 201510438944. 1

G02B 6/293(2006. 01)

(22) 申请日 2015. 07. 24

(71) 申请人 福州百讯光电有限公司

地址 350026 福建省福州市仓山区盖山镇盘屿路 869 号金山工业集中区福湾片标准厂房 24# 楼一楼

(72) 发明人 吴玉霞

(74) 专利代理机构 福州元创专利商标代理有限公司 35100

代理人 蔡学俊

(51) Int. Cl.

G02B 6/42(2006. 01)

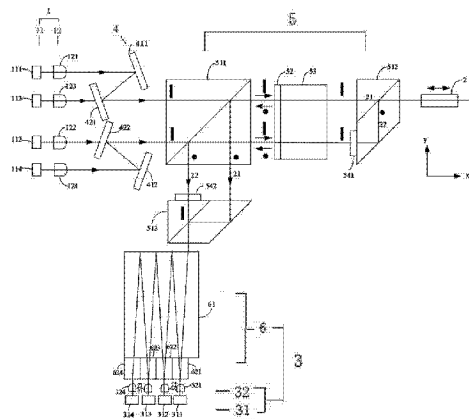
权利要求书2页 说明书8页 附图5页

(54) 发明名称

一种多波长单纤双向光收发模块及其工作方法

(57) 摘要

本发明公开一种多波长单纤双向光收发模块及其工作方法,包括发射端、接收端、公共端、光收发光学组件。发射端包括激光器组、准直透镜组和波分复用光学组件;接收端包括光电二极管组、汇聚透镜组和波分解复用光学组件;公共端是光信号的输入输出端口。波分复用光学组件包括第一全反射镜、第二全反射镜、第一波分复用膜片、第二波分复用膜片;波分解复用光学组件包括光学基片、第一滤光片、第二滤光片、第三滤光片、第四滤光片;光收发光学组件包括第一偏振分光器、磁旋光片、22.5度 1/2 波片、第一波片、第二偏振分光器、第二波片、第三偏振分光器。本发明提出的多波长单纤双向光学模块在同一根光纤上进行多波长光信号的输入和输出,减小光收发器件的尺寸以及成本,具有波长复用膜片镀膜容易,性能更好,成本低等优势。



1. 一种多波长单纤双向光收发模块,其特征在于:包括发射端、接收端、公共端、光收发光学组件,其中发射端依次包括激光器组、准直透镜组和波分复用光学组件;接收端依次包括光电二极管组、汇聚透镜组和波分解复用光学组件;公共端是光信号的输入输出端口;波分复用光学组件包括第一全反射镜、第二全反射镜、第一波分复用膜片、第二波分复用膜片;波分解复用光学组件包括光学基片、第一滤光片、第二滤光片、第三滤光片、第四滤光片;光收发光学组件包括第一偏振分光器、磁旋光片、22.5度1/2波片、第一波片、第二偏振分光器、第二波片、第三偏振分光器;

所述激光器组发出 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$ 四个不同波长的线偏振光;

所述准直透镜组将激光器组发出的发散光束准直成平行光束;

所述汇聚透镜组将接收的准直光束汇聚到光电二极管组。

2. 根据权利要求1所述的一种多波长单纤双向光收发模块,其特征在于:所述光收发光学组件利用偏振分光器、波片、磁旋光片,实现光接收和发射两个方向的复用和解复用;所述波分复用光学组件中利用偏振分光器,小角度的波分复用膜片对四路光进行复用;其特征在于:所述波分解复用光学组件中利用小角度的滤光片对多路光进行分解。

3. 根据权利要求1所述的一种多波长单纤双向光收发模块,其特征在于:所述光收发光学组件可以在立体空间中转向。

4. 根据权利要求2所述的一种多波长单纤双向光收发模块,其特征在于:所述光收发光学组件可实现两个偏振态的多波长合波,适于四波长、六波长、八波长、十波长、十二波长及其它多波长数目。

5. 根据权利要求2所述的一种多波长单纤双向光收发模块,其特征在于:所述波分解复用光学组件可实现多波长的解复用,适于四波长、六波长、八波长、十波长、十二波长及其它多波长数目。

6. 一种使用权利要求1所述多波长单纤双向光收发模块的工作方法,其特征在于:所述激光器组按第一、第三、第二、第四激光器的顺序并排放置,第一光信号( $\lambda_1$ )被第一全反射镜反射后到达第一波分复用膜片,第一波分复用膜片将第一光信号( $\lambda_1$ )和第三光信号( $\lambda_3$ )复用在一起;第四光信号( $\lambda_4$ )被第二全反射镜反射后到达第二波分复用膜片,第二波分复用膜片将第四光信号( $\lambda_4$ )和第二光信号( $\lambda_2$ )复用在一起;两复用光束为水平方向线偏振光,经第一偏振分光器透射,再经过磁旋光片和22.5度1/2波片后,两光束偏振方向不变, $\lambda_2\lambda_4$ 复用光束经第一波片后,偏振方向旋转了90度为垂直方向线偏振光; $\lambda_1\lambda_3$ 复用光束和 $\lambda_2\lambda_4$ 复用光束分别经第二偏振分光器透射和发射后合束输出,由公共端接收输出;由公共端输入的是任意偏振态方向的四个波长光信号,该光束经第二偏振分光器后被分为偏振态相互垂直的两束光,其中水平方向偏振光直接透射过第二偏振分光器,垂直方向偏振光则被第二偏振分光器两次反射后与水平方向偏振光平行输出,垂直方向偏振光经过第一波片后,偏振方向旋转了90度,为水平方向偏振光;两束水平方向偏振光经过22.5度1/2波片后偏振方向顺时针旋转45度再经过磁旋光片后偏振方向继续顺时针旋转45度,变为两束垂直方向偏振光;两束垂直方向偏振光由第一偏振分光器反射,其中一光束经第二波片后偏振方向旋转了90度为水平方向偏振光束;水平方向偏振光束和垂直方向偏振光束分别经第三偏振分光器透射和反射后合束输出;四个光信号光束进入波分解复用光学组件,光束透过光学基片,经过滤光片组和光学基片的反射和透射将四个光

信号一一分解开后由接收端光电二极管接收。

7. 根据权利要求 6 所述多波长单纤双向光收发模块的工作方法,其特征在于:所述发射端和接收端同侧水平放置,第二波片改变的是另外一束垂直方向偏振光束的偏振方向。

8. 根据权利要求 7 所述多波长单纤双向光收发模块的工作方法,其特征在于:所述激光器组按第一、第二、第三、第四激光器的顺序并排放置,同样是  $\lambda 1$  和  $\lambda 3$  波长复用, $\lambda 2$  和  $\lambda 4$  波长复用。

9. 根据权利要求 8 所述多波长单纤双向光收发模块的工作方法,其特征在于:发射端四个波长的复用方式是将四个波长复用在一起,复用方式具体如下:第一激光器发出的  $\lambda 1$  波长平行线偏振光经过第一波片后,偏振方向旋转了 90 度为垂直线偏振光,经第一偏振分光器两次反射后输出,第二激光器发出的  $\lambda 2$  波长平行线偏振光直接透射过第一偏振分光器,第一偏振分光器将  $\lambda 1$  和  $\lambda 2$  波长复用在一起;第三激光器发出的  $\lambda 3$  波长平行线偏振光经过第二波片后,偏振方向旋转了 90 度为垂直线偏振光,经第二偏振分光器两次反射后输出,第四激光器发出的  $\lambda 4$  波长平行线偏振光直接透射过第二偏振分光器,第二偏振分光器将  $\lambda 3$  和  $\lambda 4$  波长复用在一起; $\lambda 3$  和  $\lambda 4$  复用光束经全反射镜反射后到达波分复用膜面, $\lambda 1$  和  $\lambda 2$  复用光束直接透射过波分复用膜片, $\lambda 3$  和  $\lambda 4$  复用光束被波分复用膜片反射,因此波分复用膜片将  $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$  和  $\lambda 4$  四个波长复用在一起; $\lambda 1$  和  $\lambda 3$  是垂直线偏振光, $\lambda 2$  和  $\lambda 4$  是水平线偏振光,45 度晶体波片相对于  $\lambda 1$  和  $\lambda 3$  是半波片,对于  $\lambda 2$  和  $\lambda 4$  是全波片,因此  $\lambda 1$  和  $\lambda 3$  经过 45 度晶体波片后偏振方向旋转了 90 度变为水平线偏振光, $\lambda 2$  和  $\lambda 4$  经过 45 度晶体波片后偏振方向不变; $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$  和  $\lambda 4$  四个波长的复用光束为水平线偏振光,经过光收发光学组件后由公共端输出。

10. 根据权利要求 9 所述多波长单纤双向光收发模块的工作方法,其特征在于:光收发光学组件的 45 度晶体波片相对于  $\lambda 1$  和  $\lambda 3$  是全波片,对于  $\lambda 2$  和  $\lambda 4$  是半波片,因此  $\lambda 1$  和  $\lambda 3$  经过 45 度晶体波片后偏振方向不变, $\lambda 2$  和  $\lambda 4$  经过 45 度晶体波片后偏振方向旋转了 90 度变为垂直线偏振光, $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$  和  $\lambda 4$  四个波长的复用光束为垂直线偏振光;四波长复用的垂直线偏振光经过第四偏振分光器反射后到达第一反射镜,由第一反射镜反射后到达磁环内的 22.5 度 1/2 波片,偏振方向顺时针旋转 45 度,再经过磁旋光片偏振方向顺时针旋转 45 度,最后为水平线偏振光;四波长复用的水平线偏振光经过第五偏振分光器透射后由公共端接收输出;由公共端输入的是任意偏振态方向的四个波长光信号,该光束经第五偏振分光器后被分为偏振态相互垂直的两束光,其中水平方向偏振光直接透射过第五偏振分光器,水平线偏振光经过磁环内的磁旋光片后,偏振方向顺时针旋转了 45 度,再经过 22.5 度 1/2 波片后偏振方向逆时针旋转 45 度,最后还是水平线偏振光,水平线偏振光经过第一反射镜反射后到达第四偏振分光器;垂直方向偏振光则被第五偏振分光器反射后到达第二反射镜,经过第二反射镜反射后到达第四偏振分光器;水平方向偏振光束和垂直方向偏振光束分别经第四偏振分光器透射和反射后合束输出。

## 一种多波长单纤双向光收发模块及其工作方法

[0001]

### 技术领域

[0002] 本发明涉及光纤通讯技术领域,尤其涉及光纤通讯技术领域中的一种多波长单纤双向光收发模块。

### 背景技术

[0003] 由于光纤通讯发展迅速,随着单根光纤传输容量需求的提升(如传输视频影像等),直接要求最大利用光纤的宽度。波分复用(WDM)技术是用于提高传输容量的关键技术之一。WDM系统对各波长彼此不同的多个光信号进行多路复用。近几年,要求光学模块的WDM化,例如,作为用于具有结合从多个光源发出的不同波长的光信号而进行波长多路复用的光发射组件的光学模块的TOSA,已知的有将四个容纳LD(激光二极管)的CAN封装件向相同方向排成一行而配置的TOSA。另一方面,近几年,要求光收发两用机等光学模块的进一步的小型化。例如,要求与对应于40~100GbE连接的光纤的收发两用机规格即CFP(Compact Form factor Pluggable)QSFP(QuadSmall Form-factor Pluggable)对应的小型光收发两用机,尤其要求单光纤多波长的小型光收发两用机。

[0004] 根据正在起草的LAN-WDM标准的草案,对分别具有每个波长为25Gbps的传输速度且频宽为800GHz的四个光信号进行多路复用,以实现100Gbps的传输容量。相应的光信号的波长为1295.56nm、1300.05nm、1304.58nm、1309.14nm。LAN-WDM草案中规定的光收发器具有遵循CFP(100G可插拔式)多源协议(MSA)的外部尺寸。然而,非常需要进一步减小光收发器的尺寸以及成本,以便在通信设备中高密度地安装光收发器。

[0005] 目前,现有的一种多波长复用的光学原理所示,将四个光信号多路复用。由于四个光信号的波长间隔很窄,以至于造成波分复用膜片镀膜难度很高,成本极高,国内镀膜厂家无法实现。即使是已经商用的这些波分复用膜片,其通带宽度很窄,对入射角度敏感性很高,插入损耗很大。

[0006] 本发明提供的一种多波长单纤双向光收发模块能在同一根光纤上进行多波长光信号的输入和输出,减小光收发器件的尺寸以及成本,具有波长复用膜片镀膜容易,性能更好,成本低等优势。

### 发明内容

[0007] 本发明的目的在于提供一种多波长单纤双向光收发模块,在同一根光纤上进行多波长光信号的输入和输出,减小光收发器件的尺寸以及成本;输入端光信号的波分复用膜片镀膜容易。

[0008] 本发明实施例一的技术方案在于:

包括发射端、接收端、公共端、光收发光学组件。发射端包括激光器组、准直透镜组和波分复用光学组件;接收端包括光电二极管组、汇聚透镜组和波分解复用光学组件;公共端

是光信号的输入输出端口。波分复用光学组件包括第一全反射镜、第二全反射镜、第一波分复用膜片、第二波分复用膜片；波分解复用光学组件包括光学基片、第一滤光片、第二滤光片、第三滤光片、第四滤光片；光收发光学组件包括第一偏振分光器、磁旋光片、22.5度1/2波片、第一波片、第二偏振分光器、第二波片、第三偏振分光器。发射端和接收端垂直放置。

[0009] 所述激光器组发出  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$  四个不同波长的线偏振光。

[0010] 所述准直透镜组将激光器组发出的发散光束准直成平行光束。

[0011] 所述汇聚透镜组将接收的准直光束汇聚到光电二极管组。

[0012] 实施例一中：激光器组按第一、第三、第二、第四激光器的顺序并排放置。第一光信号( $\lambda_1$ )被第一全反射镜反射后到达第一波分复用膜片，第一波分复用膜片将第一光信号( $\lambda_1$ )和第三光信号( $\lambda_3$ )复用在一起；第四光信号( $\lambda_4$ )被第二全反射镜反射后到达第二波分复用膜片，第二波分复用膜片将第四光信号( $\lambda_4$ )和第二光信号( $\lambda_2$ )复用在一起。两复用光束为水平方向线偏振光，经第一偏振分光器透射，再经过磁旋光片和22.5度1/2波片后，两光束偏振方向不变， $\lambda_2\lambda_4$ 复用光束经第一波片后，偏振方向旋转了90度为垂直方向线偏振光。 $\lambda_1\lambda_3$ 复用光束和 $\lambda_2\lambda_4$ 复用光束分别经第二偏振分光器透射和发射后合束输出，由公共端接收输出。由公共端输入的是任意偏振态方向的四个波长光信号，该光束经第二偏振分光器后被分为偏振态相互垂直的两束光，其中水平方向偏振光直接透射过第二偏振分光器，垂直方向偏振光则被第二偏振分光器两次反射后与水平方向偏振光平行输出，垂直方向偏振光经过第一波片后，偏振方向旋转了90度，为水平方向偏振光。两束水平方向偏振光经过22.5度1/2波片后偏振方向顺时针旋转45度再经过磁旋光片后偏振方向继续顺时针旋转45度，变为两束垂直方向偏振光。两束垂直方向偏振光由第一偏振分光器反射，其中一束经第二波片后偏振方向旋转了90度为水平方向偏振光束。水平方向偏振光束和垂直方向偏振光束分别经第三偏振分光器透射和反射后合束输出。四个光信号光束进入波分解复用光学组件，光束透过光学基片，经过滤光片组和光学基片的反射和透射将四个光信号一一分解开后由接收端光电二极管接收。

[0013] 本发明实施例二的技术方案同实施例一光学原理都一样，区别在于：发射端和接收端同侧水平放置，第二波片改变的是另外一束垂直方向偏振光束的偏振方向。

[0014] 本发明实施例三的技术方案同实施例二光学原理一样，区别在于：激光器组按第一、第二、第三、第四激光器的顺序并排放置。同样是 $\lambda_1$ 和 $\lambda_3$ 波长复用， $\lambda_2$ 和 $\lambda_4$ 波长复用，只是复用光束的光程与实施例二不同。

[0015] 本发明实施例四的技术方案同实施例三的区别在于：发射端四个波长的复用方式。实施例三是将 $\lambda_1$ 和 $\lambda_3$ 波长复用， $\lambda_2$ 和 $\lambda_4$ 波长复用，实施例四是将四个波长复用在一起。

[0016] 复用方式具体如下：第一激光器发出的 $\lambda_1$ 波长平行线偏振光经过第一波片后，偏振方向旋转了90度为垂直线偏振光，经第一偏振分光器两次反射后输出，第二激光器发出的 $\lambda_2$ 波长平行线偏振光直接透射过第一偏振分光器，第一偏振分光器将 $\lambda_1$ 和 $\lambda_2$ 波长复用在一起；第三激光器发出的 $\lambda_3$ 波长平行线偏振光经过第二波片后，偏振方向旋转了90度为垂直线偏振光，经第二偏振分光器两次反射后输出，第四激光器发出的 $\lambda_4$ 波长平行线偏振光直接透射过第二偏振分光器，第二偏振分光器将 $\lambda_3$ 和 $\lambda_4$ 波长复用在一起。 $\lambda_3$ 和 $\lambda_4$ 复用光束经全反射镜反射后到达波分复用膜面， $\lambda_1$ 和 $\lambda_2$ 复用光束直接透射过

波分复用膜片,  $\lambda_3$  和  $\lambda_4$  复用光束被波分复用膜片反射, 因此波分复用膜片将  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$  和  $\lambda_4$  四个波长复用在一起。 $\lambda_1$  和  $\lambda_3$  是垂直线偏振光,  $\lambda_2$  和  $\lambda_4$  是水平线偏振光, 45 度晶体波片相对于  $\lambda_1$  和  $\lambda_3$  是半波片, 对于  $\lambda_2$  和  $\lambda_4$  是全波片, 因此  $\lambda_1$  和  $\lambda_3$  经过 45 度晶体波片后偏振方向旋转了 90 度变为水平线偏振光,  $\lambda_2$  和  $\lambda_4$  经过 45 度晶体波片后偏振方向不变。 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$  和  $\lambda_4$  四个波长的复用光束为水平线偏振光, 经过光收发光学组件后由公共端输出。

[0017] 本发明实施例五的技术方案同实施例四的相同点是发射端四波长的复用方式和接收端四个波长的解复用方式, 区别在于光收发光学组件。实施例五中的 45 度晶体波片相对于  $\lambda_1$  和  $\lambda_3$  是全波片, 对于  $\lambda_2$  和  $\lambda_4$  是半波片, 因此  $\lambda_1$  和  $\lambda_3$  经过 45 度晶体波片后偏振方向不变,  $\lambda_2$  和  $\lambda_4$  经过 45 度晶体波片后偏振方向旋转了 90 度变为垂直线偏振光,  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$  和  $\lambda_4$  四个波长的复用光束为垂直线偏振光。四波长复用的垂直线偏振光经过第四偏振分光器反射后到达第一反射镜, 由第一反射镜反射后到达磁环内的 22.5 度 1/2 波片, 偏振方向顺时针旋转 45 度, 再经过磁旋光片偏振方向顺时针旋转 45 度, 最后为水平线偏振光。四波长复用的水平线偏振光经过第五偏振分光器透射后由公共端接收输出。由公共端输入的是任意偏振态方向的四个波长光信号, 该光束经第五偏振分光器后被分为偏振态相互垂直的两束光, 其中水平方向偏振光直接透射过第五偏振分光器, 水平线偏振光经过磁环内的磁旋光片后, 偏振方向顺时针旋转了 45 度, 再经过 22.5 度 1/2 波片后偏振方向逆时针旋转 45 度, 最后还是水平线偏振光, 水平线偏振光经过第一反射镜反射后到达第四偏振分光器; 垂直方向偏振光则被第五偏振分光器反射后到达第二反射镜, 经过第二反射镜反射后到达第四偏振分光器。水平方向偏振光束和垂直方向偏振光束分别经第四偏振分光器透射和反射后合束输出。

[0018] 本发明的优点在于:

1、光收发光学组件利用偏振分光器、波片、磁旋光片, 实现光接收和发射两个方向的复用和解复用。

[0019] 2、波分复用光学组件中利用偏振分光器, 小角度的波分复用膜片对四路光进行复用。

[0020] 3、波分解复用光学组件中利用小角度的滤光片对多路光进行分解。

[0021] 4、光收发光学组件可以在立体空间中转向。

[0022] 5、光收发光学组件, 可以实现两个偏振态的多波长合波。

[0023] 6、波分解复用光学组件, 也可以实现多波长的复用。

[0024]

## 附图说明

[0025] 图 1 为本发明实施例一的多波长单纤双向光收发模块光学结构示意图。

[0026] 图 2 为本发明实施例二的多波长单纤双向光收发模块光学结构示意图。

[0027] 图 3 为本发明实施例三的多波长单纤双向光收发模块光学结构示意图。

[0028] 图 4 为本发明实施例四的多波长单纤双向光收发模块光学结构示意图。

[0029] 图 5 为本发明实施例五的多波长单纤双向光收发模块光学结构示意图。

[0030] 图 6 为本发明实施例四和五中波分复用膜片的光透射率曲线图。

[0031] 图 7 为本发明实施例发射端中采用小角度波分复用膜片和反射镜实现的波分复用光学结构图。

[0032] 图 8 为本发明实施例接收端中采用小角度波分复用膜片和反射镜实现的波分解复用光学结构图。

[0033] 图 9 为本发明实施例发射端中采用小角度波分复用膜片和转角棱镜实现的波分复用光学结构图。

[0034] 图 10 为本发明实施例接收端中采用小角度波分复用膜片和转角棱镜实现的波分解复用光学结构图。

[0035] 附图标示:11- 激光器组 12- 准直透镜组 2- 公共端 31- 光电二极管组 32- 汇聚透镜组 4- 波分复用光学组件 5- 光收发光学组件 6- 波分解复用光学组件 111- 第一激光器 112- 第二激光器 113- 第三激光器 114- 第四激光器 121- 第一准直透镜 122- 第二准直透镜 123- 第三准直透镜 124- 第四准直透镜 311- 第一光电二极管 312- 第二光电二极管 313- 第三光电二极管 314- 第四光电二极管 321- 第一汇聚透镜 322- 第二汇聚透镜 323- 第三汇聚透镜 324- 第四汇聚透镜 411- 第一全反射镜 412- 第二全反射镜 421- 第一波分复用膜片 422- 第二波分复用膜片 61- 光学基片 621- 第一滤光片 622- 第二滤光片 623- 第三滤光片 624- 第四滤光片 511- 第一偏振分光器 52- 磁旋光片 53-22.5 度 1/2 波片 541- 第一波片 512- 第二偏振分光器 542- 第二波片 513- 第三偏振分光器

431- 第一波片 432- 第二波片 441- 第一偏振分光器 442- 第二偏振分光器 45- 波分复用膜片 46- 全反射镜 47-45° 晶体波片 514- 第四偏振分光器 515- 第五偏振分光器 551- 第一反射镜 552- 第二反射镜 56- 磁环 57- 磁旋光片 58-22.5 度 1/2 波片 48- 反射镜组 49- 小入射角波分复用膜片组

13- 小入射角波分复用膜片组 14- 转角棱镜组

## 具体实施方式

[0036] 为了让本发明的上述特征和优点能更明显易懂,下文特举实施例,并配合附图,作详细说明如下。

[0037] 参考图 1,为本发明实施例一的多波长单纤双向光收发模块,包括发射端 1、接收端 3、公共端 2、光收发光学组件 5。发射端 1 包括激光器组 11、准直透镜组 12 和波分复用光学组件 4;接收端 3 包括光电二极管组 31、汇聚透镜组 32 和波分解复用光学组件 6;公共端 2 是光信号的输入输出端口。波分复用光学组件 4 包括第一全反射镜 411、第二全反射镜 412、第一波分复用膜片 421、第二波分复用膜片 422;波分解复用光学组件 6 包括光学基片 61、第一滤光片 621、第二滤光片 622、第三滤光片 623、第四滤光片 624;光收发光学组件 5 包括第一偏振分光器 511、磁旋光片 52、22.5 度 1/2 波片 53、第一波片 541、第二偏振分光器 512、第二波片 542、第三偏振分光器 513。发射端 1 和接收端 3 垂直放置。

[0038] 具体实施过程如下:

发射端 1 的激光器组 11 发出的四个不同波长的光信号经过准直透镜组 12 准直成平行光束后,再经过波分复用光学组件 4 复用,之后经过光收发光学组件 5 后由公共端 2 接收输出;由公共端 2 输入的包括四个不同波长的光信号经过光收发光学组件 5 后经过波分解复用光学组件 6 后,再经汇聚透镜组 32 将接收的准直光束汇聚到光电二极管组 31 接收。

[0039] 发射端 1 的激光器组 11 按第一激光器 111、第三激光器 113、第二激光器 112、第四激光器 114 的顺序并排放置；准直透镜组 12 按第一准直透镜 121、第三准直透镜 123、第二准直透镜 122、第四准直透镜 124 的顺序并排放置。激光器组 11 发出  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$  四个不同波长的水平线偏振光。第一激光器 111 发出的  $\lambda_1$  波长平行线偏振光经过第一准直透镜 121 准直后到达第一全反射镜 411，由第一全反射镜 411 反射后到达第一波分复用膜片 421，由第一波分复用膜片 421 反射；第三激光器 113 发出的  $\lambda_3$  波长平行线偏振光经过第三准直透镜 123 准直后到达第一波分复用膜片 421，由第一波分复用膜片 421 透射，因此第一波分复用膜片 421 将  $\lambda_1$  和  $\lambda_3$  波长光束复用在一起。第二激光器 112 发出的  $\lambda_2$  波长平行线偏振光经过第二准直透镜 122 准直后到达第二波分复用膜片 422，由第二波分复用膜片 422 透射；第四激光器 114 发出的  $\lambda_4$  波长平行线偏振光经过第四准直透镜 124 准直后到达第二全反射镜 412，由第二全反射镜 412 反射后到达第二波分复用膜片 422，由第二波分复用膜片 422 反射，因此第二波分复用膜片 422 将  $\lambda_2$  和  $\lambda_4$  波长光束复用在一起。

[0040]  $\lambda_1$  和  $\lambda_3$  波长复用光束及  $\lambda_2$  和  $\lambda_4$  波长复用光束都是水平线偏振光，两复用光束到达第一偏振分光器 511，经第一偏振分光器 511 透射后到达磁旋光片 52，经过磁旋光片 52 后，光束的偏振方向顺时针旋转了 45 度，光束继续前行到达 22.5 度 1/2 波片 53，经过 22.5 度 1/2 波片 53 后光束的偏振方向又逆时针旋转了 45 度，因此两复用光束的偏振方向还是水平方向。 $\lambda_1$  和  $\lambda_3$  波长复用光束到达第二偏振分光器 512； $\lambda_2$  和  $\lambda_4$  波长复用光束到达第一波片 541，复用光束的偏振方向被旋转了 90 度，变为垂直方向的线偏振光，经第二偏振分光器 512 反射后与  $\lambda_1$  和  $\lambda_3$  波长复用光束正交于第二偏振分光器 512 的偏振分光膜面上， $\lambda_1$  和  $\lambda_3$  波长复用光束及  $\lambda_2$  和  $\lambda_4$  波长复用光束分别经第二偏振分光器 512 透射和反射后合束输出，由公共端 2 输出。

[0041] 公共端 2 输入的是包括  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$  四个不同波长的任意偏振态光束，经过第二偏振分光器 512 后被分为偏振态相互垂直的两束光，分别为水平方向的线偏振光 21 和垂直方向的线偏振光 22，其中水平线偏振光 21 由第二偏振分光器 512 直接透射，垂直线偏振光 22 则被第二偏振器 512 两次反射后和水平线偏振光平行输出。垂直线偏振光 22 经过第一波片 541 后偏振方向旋转了 90 度，偏振方向变为水平方向。两束水平线偏振光分别到达 22.5 度 1/2 波片 53，经过 22.5 度 1/2 波片 53 后偏振方向顺时针旋转了 45 度，再经过磁旋光片 52 后，偏振方向继续顺时针旋转 45 度，因此两束水平线偏振光变为两束垂直线偏振光。两束垂直线偏振光到达第一偏振分光器 511，由第一偏振分光器 511 反射，垂直线偏振光 21 反射后直接到达第三偏振分光器 513，垂直线偏振光 22 到达第二波片 542，经过第二波片 542 后，垂直线偏振光 22 的偏振方向旋转了 90 度变为水平线偏振光。垂直线偏振光 21 经第三偏振分光器 513 反射后和水平线偏振光 22 正交于第三偏振分光器 513 的偏振分光膜面上，垂直线偏振光 21 和水平线偏振光 22 分别经第三偏振分光器 513 反射和透射后沿 Y 方向合束输出。

[0042] 包含  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$  四个不同波长的光束到达波分解复用光学组件 6，光束由光学基片 61 透射后到达第一滤光片 621，第一滤光片 621 透射  $\lambda_1$  波长反射  $\lambda_2$   $\lambda_3$   $\lambda_4$  波长， $\lambda_1$  波长光束到达第一汇聚透镜组 321，第一汇聚透镜组 321 将接收的  $\lambda_1$  准直光束汇聚到第一光电二极管组 311 接收。 $\lambda_2$   $\lambda_3$   $\lambda_4$  波长光束经第一滤光片 621 反射后再经光学基片 61 反射后到达第二滤光片 622，第二滤光片 622 透射  $\lambda_2$  波长反射  $\lambda_3$   $\lambda_4$  波长， $\lambda_2$



波长光束到达第二汇聚透镜组 322, 第二汇聚透镜组 322 将接收的  $\lambda_2$  准直光束汇聚到第二光电二极管组 312 接收。 $\lambda_3 \lambda_4$  波长光束经第二滤光片 622 反射后再经光学基片 61 反射后到达第三滤光片 623, 第三滤光片 623 透射  $\lambda_4$  波长反射  $\lambda_3$  波长光束到达第三汇聚透镜组 323, 第三汇聚透镜组 323 将接收的  $\lambda_3$  准直光束汇聚到第三光电二极管组 313 接收。 $\lambda_4$  波长光束经第三滤光片 623 反射后再经光学基片 61 反射后到达第四滤光片 624, 第四滤光片 624 透射  $\lambda_4$  波长,  $\lambda_4$  波长光束到达第四汇聚透镜组 324, 第四汇聚透镜组 324 将接收的  $\lambda_4$  准直光束汇聚到第四光电二极管组 314 接收。

[0043] 参考图 2, 为本发明实施例二的多波长单纤双向光收发模块。本发明实施例二同实施例一光学原理都一样, 区别在于: 实施例一的发射端 1 和接收端 3 垂直放置, 实施例二的发射端 1 和接收端 3 同侧水平放置。如图 2 所示, 垂直线偏振光 21 和 22 经第一偏振分光器 511 反射后, 垂直线偏振光 21 到达第二波片 542, 经过第二波片 542 后, 垂直线偏振光 21 的偏振方向旋转了 90 度变为水平线偏振光。水平线偏振光 21 经第三偏振分光器 513 反射后和垂直线偏振光 22 正交于第三偏振分光器 513 的偏振分光膜面上, 水平线偏振光 21 和垂直线偏振光 22 分别经第三偏振分光器 513 透射和反射后沿 X 方向合束输出。

[0044] 参考图 3, 为本发明实施例三的多波长单纤双向光收发模块。本发明实施例三同实施例二光学原理一样, 区别在于: 发射端 1 的激光器组 11 按第一激光器 111、第二激光器 112、第三激光器 113、第四激光器 114 的顺序并排放置; 准直透镜组 12 按第一准直透镜 121、第二准直透镜 122、第三准直透镜 123、第四准直透镜 124 的顺序并排放置。同样是  $\lambda_1$  和  $\lambda_3$  波长复用,  $\lambda_2$  和  $\lambda_4$  波长复用, 只是复用光束的光程与实施例二不同。

[0045] 参考图 4, 为本发明实施例四的多波长单纤双向光收发模块。本发明实施例四同实施例三的区别在于: 发射端四个波长的复用方式。实施例三是将  $\lambda_1$  和  $\lambda_3$  波长复用,  $\lambda_2$  和  $\lambda_4$  波长复用, 实施例四是将四个波长复用在一起。

[0046] 具体实施过程如下: 第一激光器 111 发出的  $\lambda_1$  波长平行线偏振光经过第一准直透镜 121 准直后到达第一波片 431, 经过第一波片 431 后, 偏振方向旋转了 90 度为垂直线偏振光, 经第一偏振分光器 441 两次反射后输出, 第二激光器 112 发出的  $\lambda_2$  波长平行线偏振光经过第二准直透镜 122 准直后直接由第一偏振分光器 441 透射输出, 第一偏振分光器 441 将  $\lambda_1$  和  $\lambda_2$  波长复用在一起; 第三激光器 113 发出的  $\lambda_3$  波长平行线偏振光经过第三准直透镜 123 准直后到达第二波片 432, 经过第二波片 432 后, 偏振方向旋转了 90 度为垂直线偏振光, 经第二偏振分光器 442 两次反射后输出, 第四激光器 114 发出的  $\lambda_4$  波长平行线偏振光经过第四准直透镜 124 准直后直接由第二偏振分光器 442 透射输出, 第二偏振分光器 442 将  $\lambda_3$  和  $\lambda_4$  波长复用在一起。 $\lambda_3$  和  $\lambda_4$  复用光束经全反射镜 46 反射后到达波分复用膜片 45,  $\lambda_1$  和  $\lambda_2$  复用光束直接透射过波分复用膜片 45,  $\lambda_3$  和  $\lambda_4$  复用光束被波分复用膜片 45 反射, 因此波分复用膜片 45 将  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$  和  $\lambda_4$  四个波长复用在一起。 $\lambda_1$  和  $\lambda_3$  是垂直线偏振光,  $\lambda_2$  和  $\lambda_4$  是水平线偏振光, 45 度晶体波片 47 相对于  $\lambda_1$  和  $\lambda_3$  是半波片, 对于  $\lambda_2$  和  $\lambda_4$  是全波片, 因此  $\lambda_1$  和  $\lambda_3$  经过 45 度晶体波片 47 后偏振方向旋转了 90 度变为水平线偏振光,  $\lambda_2$  和  $\lambda_4$  经过 45 度晶体波片 47 后偏振方向不变。 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$  和  $\lambda_4$  四个波长的复用光束为水平线偏振光, 经过光收发光学组件 5 后由公共端 2 输出。

[0047] 波分复用膜片 45 通过让垂直线偏振光的  $\lambda_1$  波长和水平线偏振光的  $\lambda_2$  波长, 透

过;让垂直线偏振光的  $\lambda_3$  波长和水平线偏振光的  $\lambda_4$  波长,反射。从而最终把四个波长光信号合成到一路。

[0048] 图6所示波分复用膜片45的光透射率,具体如下:利用波分复用膜片45两个偏振态透过特性的差异,使其中垂直线偏振光的  $\lambda_1$  波长和  $\lambda_3$  波长,可以用水平线偏振光的  $\lambda_2$  波长范围作为过渡区;同样,水平线偏振光的  $\lambda_2$  波长和  $\lambda_4$  波长,可以用垂直线偏振光  $\lambda_3$  波长范围作为过渡区。

[0049] 在图4中,等同  $\lambda_1, 2, 3, 4$  的原理,实现  $\lambda_5, 6, 7, 8$  合波,然后  $\lambda_5, 6, 7, 8$  的合波光束,透射进入到第一偏振分光器511的另外一路,然后经过光收发光学组件5后由公共端2输出。这样就实现了8波长的合波复用。

[0050] 参考图5,为本发明实施例五的多波长单纤双向光收发模块。本发明实施例五同实施例四的相同点是发射端四波长的复用方式和接收端四个波长的解复用方式,区别在于光收发光学组件。实施例五中的45度晶体波片47相对于  $\lambda_1$  和  $\lambda_3$  是全波片,对于  $\lambda_2$  和  $\lambda_4$  是半波片,因此  $\lambda_1$  和  $\lambda_3$  经过45度晶体波片47后偏振方向不变,  $\lambda_2$  和  $\lambda_4$  经过45度晶体波片47后偏振方向旋转了90度变为垂直线偏振光,  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  和  $\lambda_4$  四个波长的复用光束为垂直线偏振光。四波长复用的垂直线偏振光经过第四偏振分光器514反射后到达第一反射镜551,由第一反射镜551反射后到达磁环56内的22.5度1/2波片58,偏振方向顺时针旋转45度,再经过磁旋光片57偏振方向顺时针旋转45度,最后为水平线偏振光。四波长复用的水平线偏振光经过第五偏振分光器515透射后由公共端2接收输出。由公共端2输入的是任意偏振态方向的四个波长光信号,该光束经第五偏振分光器515后被分为偏振态相互垂直的两束光21和22,其中水平方向偏振光21直接透射过第五偏振分光器515,水平线偏振光21经过磁环56内的磁旋光片57后,偏振方向顺时针旋转了45度,再经过22.5度1/2波片58后偏振方向逆时针旋转45度,最后还是水平线偏振光,水平线偏振光21经过第一反射镜551反射后到达第四偏振分光器514;垂直方向偏振光22则被第五偏振分光器515反射后到达第二反射镜552,经过第二反射镜552反射后到达第四偏振分光器514。水平方向偏振光束21和垂直方向偏振光束22分别经第四偏振分光器514透射和反射后合束沿Y轴方向输出。

[0051] 参考图7,为本发明实施例发射端中采用小角度波分复用膜片和反射镜实现的波分复用光学结构图。反射镜组48包括第一反射镜481、第二反射镜482、第三反射镜483、第四反射镜484。小角度波分复用膜片组49包括第一小角度波分复用膜片491、第二小角度波分复用膜片492、第三小角度波分复用膜片493。小角度波分复用膜片组49的入射角 $\theta$ 的范围为 $5^\circ \sim 30^\circ$ 。具体实施方式如下: $\lambda_1$  波长入射后由第一反射镜481反射到达第一小角度波分复用膜片491,  $\lambda_2$  波长入射后由第二反射镜482反射到达第一小角度波分复用膜片491,第一小角度波分复用膜片491透射  $\lambda_1$  波长反射  $\lambda_2$  波长,因此将  $\lambda_1$  波长和  $\lambda_2$  波长复用在一起。 $\lambda_1$  和  $\lambda_2$  复用波长到达第二小角度波分复用膜片492,  $\lambda_3$  波长入射后由第三反射镜483反射到达第二小角度波分复用膜片492,第二小角度波分复用膜片492透射  $\lambda_1$  和  $\lambda_2$  波长反射  $\lambda_3$  波长,因此将  $\lambda_1, \lambda_2$  和  $\lambda_3$  波长复用在一起。 $\lambda_1, \lambda_2$  和  $\lambda_3$  复用波长到达第三小角度波分复用膜片493,  $\lambda_4$  波长入射后由第四反射镜484反射到达第三小角度波分复用膜片493,第三小角度波分复用膜片493透射  $\lambda_1, \lambda_2$  和  $\lambda_3$  波长反射  $\lambda_4$  波长,因此将  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  和  $\lambda_4$  波长复用在一起。同样方法,可以实现  $\lambda_5,$

6、7、8、9、10 等更多波长的复用。小角度波分复用膜片组 49 能够实现波长间隔窄的信号,分开或者是合成,镀膜更容易,成本较低。

[0052] 参考图 8,为本发明实施例接收端中采用小角度波分复用膜片和反射镜实现的波分解复用光学结构图。入射的包括  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$  和  $\lambda_4$  波长的光束,经过第三小角度波分复用膜片 493 后, $\lambda_4$  波长被反射, $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  和  $\lambda_3$  波长被透射, $\lambda_4$  波长经第四反射镜 484 反射输出。 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  和  $\lambda_3$  波长经过第二小角度波分复用膜片 492 后, $\lambda_3$  波长被反射, $\lambda_1$  和  $\lambda_2$  波长被透射, $\lambda_3$  波长经第三反射镜 483 反射输出。 $\lambda_1$  和  $\lambda_2$  波长经过第一小角度波分复用膜片 491 后, $\lambda_2$  波长被反射, $\lambda_1$  波长被透射, $\lambda_2$  波长经第二反射镜 482 反射输出。 $\lambda_1$  波长经第一反射镜 481 反射输出。最后将包含四个不同波长的光信号分解成四个光信号分别输出。同样方法,可以实现  $\lambda_5$ 、6、7、8、9、10 等更多波长的解复用。

[0053] 参考图 9,为本发明实施例发射端中采用小角度波分复用膜片和转角棱镜实现的波分复用光学结构图。小角度波分复用膜片组 13 包括第一小角度波分复用膜片 131、第二小角度波分复用膜片 132、第三小角度波分复用膜片 133。转角棱镜组 14 包括第一转角棱镜 141、第二转角棱镜 142、第三转角棱镜 143。转角棱镜,将小入射角滤光片反射的一定角度的光信号转化成垂直光信号出射或者将垂直入射的光信号转化成一定角度的光信号由小入射角滤光片反射回主光路中。小角度波分复用膜片组 13 的入射角  $\theta$  的范围为  $5^\circ \sim 30^\circ$ 。具体实施方式如下: $\lambda_1$  波长入射后由反射镜 481 反射到主光路中,到达第一小角度波分复用膜片 131, $\lambda_2$  波长入射后由第一转角棱镜 141 转化成一定角度的光束后由第一小角度波分复用膜片 131 反射到主光路中,第一小角度波分复用膜片 131 透射  $\lambda_1$  波长反射  $\lambda_2$  波长,因此将  $\lambda_1$  波长和  $\lambda_2$  波长复用在一起。 $\lambda_1$  和  $\lambda_2$  复用波长到达第二小角度波分复用膜片 132, $\lambda_3$  波长入射后由第二转角棱镜 142 转化成一定角度的光束后由第二小角度波分复用膜片 132 反射到主光路中,第二小角度波分复用膜片 132 透射  $\lambda_1$  和  $\lambda_2$  波长反射  $\lambda_3$  波长,因此将  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  和  $\lambda_3$  波长复用在一起。 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  和  $\lambda_3$  复用波长到达第三小角度波分复用膜片 133, $\lambda_4$  波长入射后由第三转角棱镜 143 转化成一定角度的光束后由第三小角度波分复用膜片 133 反射到主光路中,第三小角度波分复用膜片 133 透射  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  和  $\lambda_3$  波长反射  $\lambda_4$  波长,因此将  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$  和  $\lambda_4$  波长复用在一起。同样方法,可以实现  $\lambda_5$ 、6、7、8、9、10 等更多波长的复用。小角度波分复用膜片组 13 能够实现波长间隔窄的信号,分开或者是合成,镀膜更容易,成本较低。

[0054] 参考图 10,为本发明实施例接收端中采用小角度波分复用膜片和转角棱镜实现的波分解复用光学结构图。入射的包括  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$  和  $\lambda_4$  波长的光束,经过第三小角度波分复用膜片 133 后, $\lambda_4$  波长被反射, $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  和  $\lambda_3$  波长被透射, $\lambda_4$  波长经反射后再经第三转角棱镜 143 转化成垂直光束输出。 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  和  $\lambda_3$  波长经过第二小角度波分复用膜片 132 后, $\lambda_3$  波长被反射, $\lambda_1$  和  $\lambda_2$  波长被透射, $\lambda_3$  波长经反射后再经第二转角棱镜 142 转化成垂直光束输出。 $\lambda_1$  和  $\lambda_2$  波长经过第一小角度波分复用膜片 131 后, $\lambda_2$  波长被反射, $\lambda_1$  波长被透射, $\lambda_2$  波长经反射后再经第一转角棱镜 141 转化成垂直光束输出。 $\lambda_1$  波长经过反射镜 481 反射后垂直光束输出。最后将包含四个不同波长的光信号分解成四个光信号分别输出。同样方法,可以实现  $\lambda_5$ 、6、7、8、9、10 等更多波长的解复用。

[0055] 上所述仅为本发明的较佳实施例,凡依本发明申请专利范围所做的均等变化与修饰,皆应属本发明的涵盖范围。

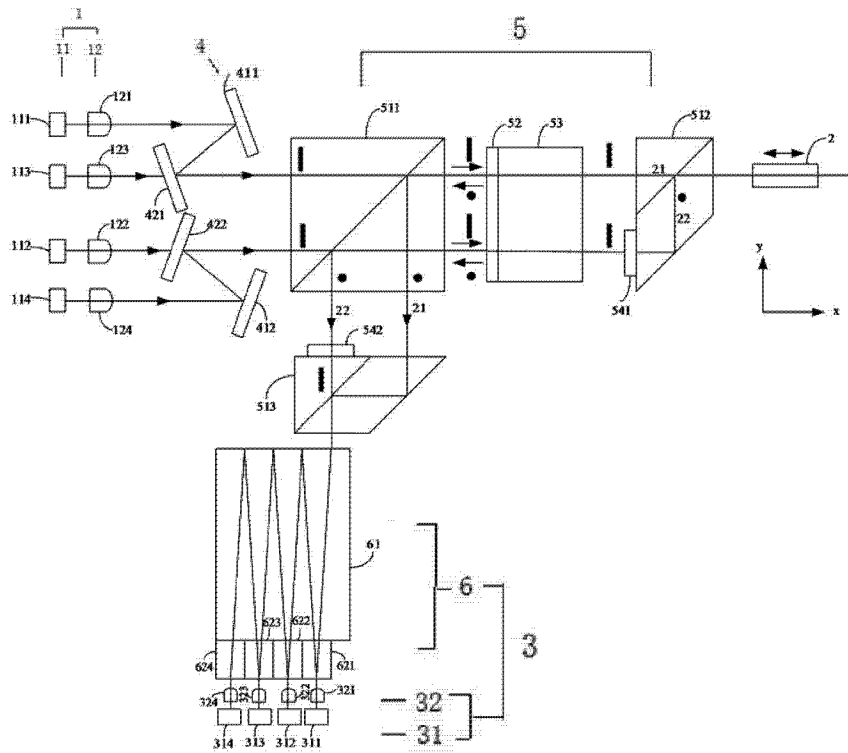


图 1

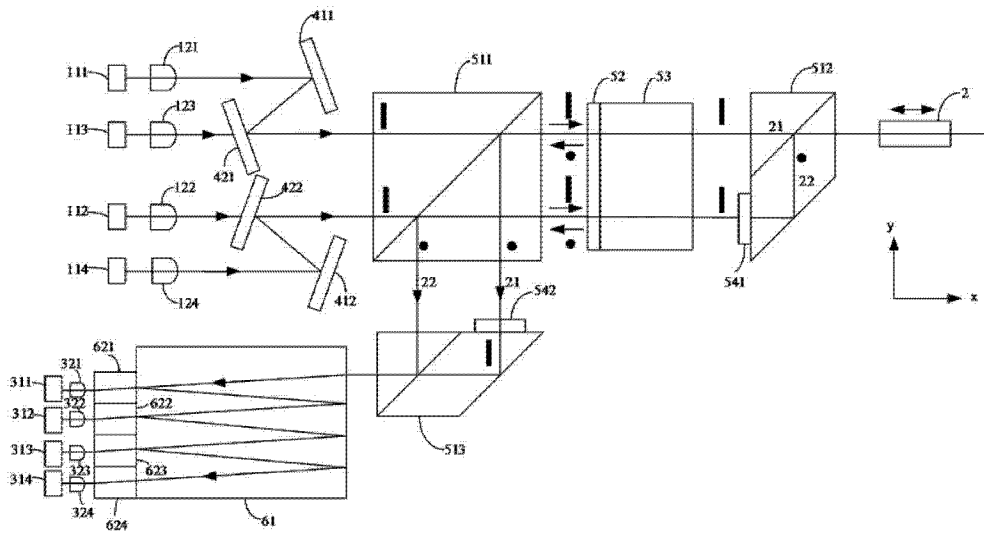


图 2

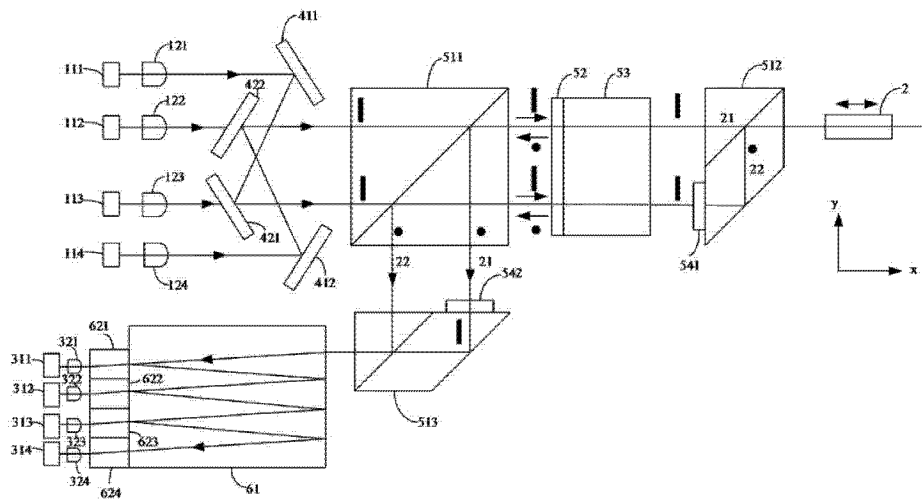


图 3

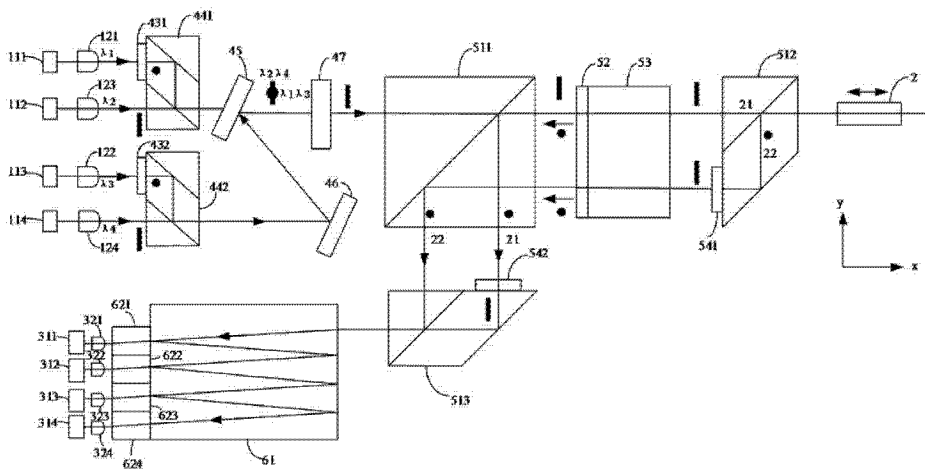


图 4

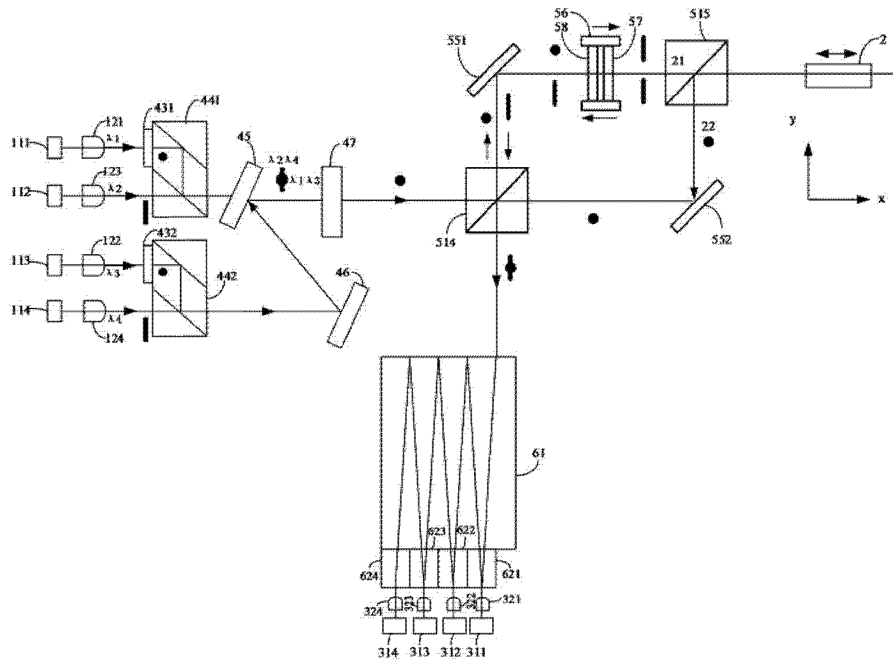


图 5

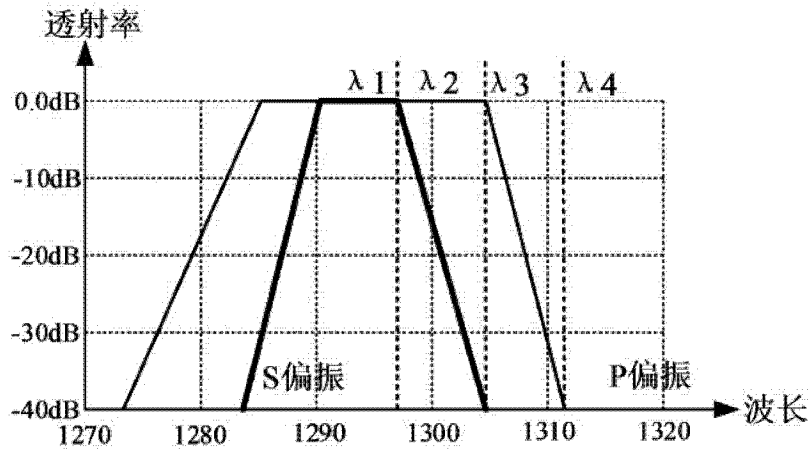


图 6

图 6

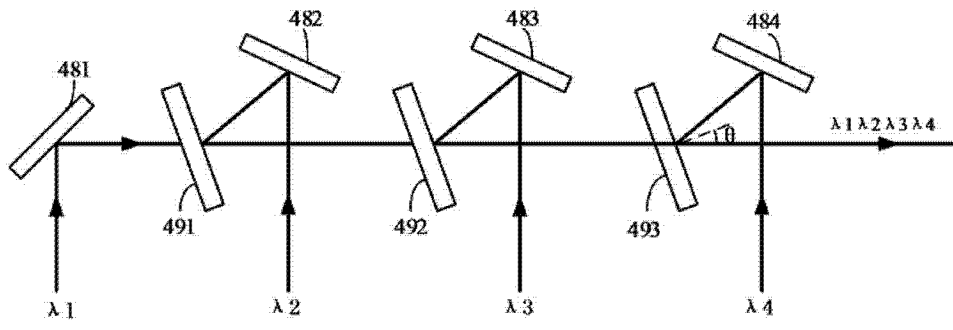


图 7

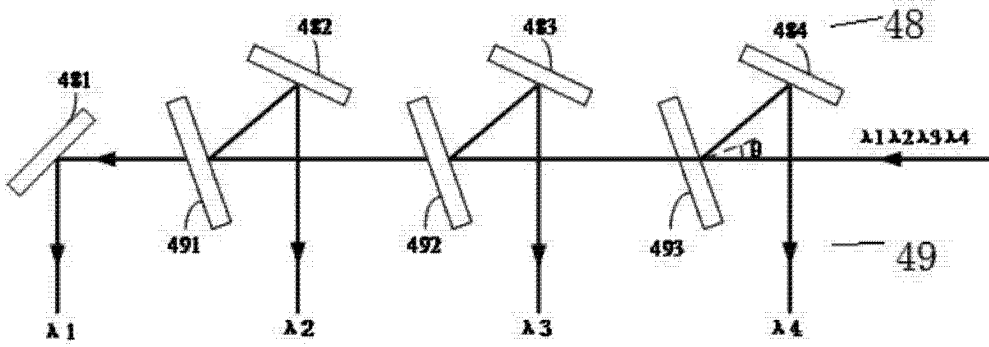


图 8

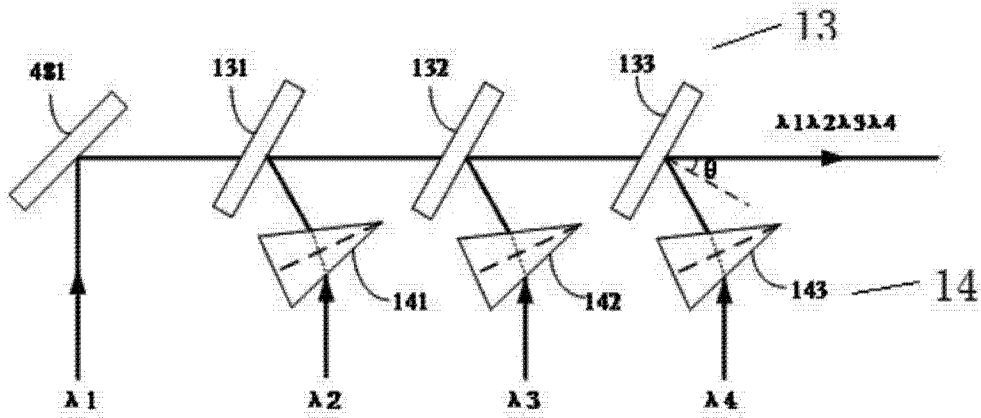


图 9

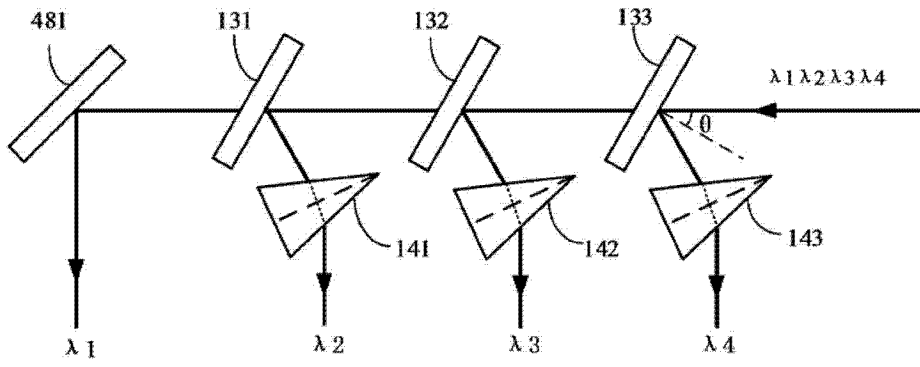


图 10