

(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



PCT



(10) 国际公布号

WO 2010/000170 A1

(43) 国际公布日
2010 年 1 月 7 日 (07.01.2010)

- (51) 国际专利分类号:
G02B 6/35 (2006.01) H04J 14/00 (2006.01)
G02B 6/26 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2009/072150
- (22) 国际申请日: 2009 年 6 月 5 日 (05.06.2009)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
200810128217.5 2008 年 6 月 30 日 (30.06.2008) CN
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): 华为技术有限公司 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为基地总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。浙江大学 (ZHEJIANG UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 338 号, Zhejiang 310058 (CN)。
- (72) 发明人; 及
(75) 发明人/申请人 (仅对美国): 江晓清 (JIANG, Xiao-qing) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为基地总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。杨建义 (YANG, Jianyi) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为基地总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。王帆 (WANG, Fan) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为基地总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。周海峰 (ZHOU, Haifeng) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为基地总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。操时宜 (CAO, Shiyi) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为基地总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。
- (74) 代理人: 北京中博世达专利商标代理有限公司 (BEIJING ZBSD PATENT & TRADEMARK AGENT LTD.); 中国北京市海淀区大柳树路 17 号富海大厦 B 座 501 室, Beijing 100081 (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,

[见续页]

(54) Title: OPTICAL SWITCH

(54) 发明名称: 一种光开关

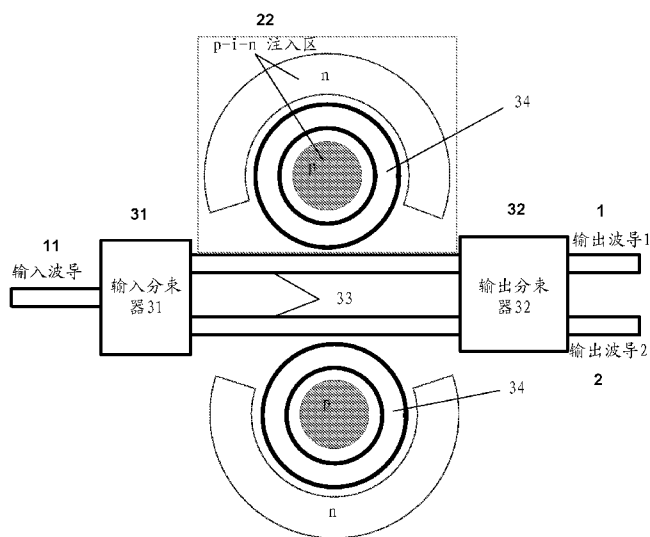


图 3 / Fig. 3

- 1 OUTPUT WAVEGUIDE
2 OUTPUT WAVEGUIDE
11 INPUT WAVEGUIDE
22 p-i-n INJECTING AREA
31 INPUT BEAM SPLITTER
32 OUTPUT BEAM SPLITTER

(57) Abstract: An optical switch, comprises an input beam splitter (31) used to input optical signal, an output beam splitter (32) used to output optical signal, two waveguide arms (33) connected between the input beam splitter (31) and the output beam splitter (32) and used to transmit the optical signal from the input beam splitter (31) to the output beam splitter (32), and two groups of micro-ring resonators (34) coupled with the two waveguide arms (33) respectively and used to adjust the phase of the optical signal output from the corresponding waveguide (33) respectively.

[见续页]

WO 2010/000170 A1



BG, BH, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 欧洲 (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, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

(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, LS, MW, MZ, NA,

(57) 摘要:

一种光开关, 包括输入分束器 (31), 用于输入光信号; 输出分束器 (32), 用于输出光信号; 两个波导臂 (33), 连接在输入分束器 (31) 和输出分束器 (32) 之间, 用于从输入分束器 (31) 向输出分束器 (32) 传输光信号; 两组微环谐振腔 (34), 分别与两个波导臂 (33) 耦合, 用于分别调整对应波导臂 (33) 输出的光信号的相位。

一种光开关

本申请要求于 2008 年 6 月 30 日提交中国知识产权局、申请号为 200810128217.5、发明名称为“一种光开关”的中国专利申请的优先权，在此并入其全部内容作为参考。

技术领域

本发明涉及光通信领域，尤其涉及光通信中实现光交换的一种光开关。

背景技术

目前已经商业应用的光开关有机械式光开关、MEMS（微机械式，Micro-Electro-Mechanical Systems）光开关和波导型热光光开关等，这些光开关的响应速度一般为毫秒量级，但有些交换技术所需要的光交换光开关，需要有纳秒量级的开关响应速度，如：OBS（Optical Burst Switch：光突发交换）技术、OPS（Optical Packet Switching：光分组交换）。

目前响应速度在纳秒两级的光开关一般利用硅材料载流子的等离子色散效应实现。原理如下：在传输光信号的波导周围注入硅材料，在硅材料上施加一定的电压会导致硅材料载流子浓度发生变化，从而产生硅材料载流子的等离子色散效应，这种等离子色散效应将引起硅材料折射率发生变化，进而改变光信号在波导中传输的等效光程，以达到改变最后从波导中的光信号的相位。上述硅材料载流子的等离子色散效应具有纳秒以上的响应速度，非常适合用于高速光开关。

按照波导结构和工作原理来划分，现有技术中利用上述硅材料载流子的等离子色散效应的光开关主要包括：Y 分叉型和全内反射型的数字型光开关（DOS，Digital Optical Switch）结构，基于 MZI（Much-Zahnder，马赫-曾德）干涉型光开关结构、以及利用微环谐振腔的光开关结构等。

其中，Y 分叉或全内反射型的数字型光开关需要较大的控制功耗，一般不适合大规模光开关阵列的制作。

如图 1 所示, 图示出了常规 MZI 干涉型光开关结构, 在 1X2 分束器输出的两个波导臂中的其中一个波导臂上设置了相位调制器, 相位调制器由硅材料制成, 利用硅材料载流子的等离子色散效应控制输出波导的光信号的相位。当相位调制器使得光信号产生的相位变化为 π 时, 两个波导臂输出的光信号将会在 2X2 分束器的其中一个输出端 A 产生干涉输出, 而另一个输出端 B 将不会有光信号输出; 当相位调制器使得光信号产生的相位变化不是 π 时, 两个波导臂输出的光信号将会在 2X2 分束器的其中一个输出端 B 产生干涉输出, 而另一个输出端 A 将不会有光信号输出, 即可实现光开关的功能。

上述 MZI 干涉型光开关需要两个波导臂中光强分束的具有对称性, 但由于硅材料的载流子色散效应引起硅材料的折射率变化的同时, 伴随的吸收光信号的能量也非常大, 造成最后输出的光信号产生较大附加损耗, 严重改变 MZI 干涉型光开关中两个波导臂中光强的对称性, 并且不能使得光开关消光比控制在较小范围内 (目前光信号的损耗只能控制在 10dB 左右)。并且上述 MZI 干涉型光开关需要严格的 π 相位控制。

如图 2 所示, 图示出了常规的利用微环谐振腔的光开关结构示意图, 从波导 1 的入射端输入的光信号, 如果该光信号的波长符合谐振条件, 在波导 1 与微环谐振腔的耦合处耦合到微环谐振腔中传输, 并从波导 2 与微环谐振腔的耦合处耦合到波导 2 传输, 最后该光信号从波导 2 的反射端输出; 如果该光信号的波长不符合谐振条件, 将直接从波导 1 的直通端输出, 这种控制光信号从不同端输出的功能就是光开关需要的功能。

由于从反射端输出光信号的情况要求光信号的波长符合谐振条件, 上述利用微环谐振腔的光开关结构, 对光信号的波长非常敏感, 要获得高消光比时, 微环谐振腔的损耗对该光开关中传输的光信号的附加损耗影响较大。

发明内容

本发明的实施例提供一种光开关, 该光开关具有较高的消光比, 并且对于光波波长并不会特别敏感。

为达到上述目的，本发明的实施例采用如下技术方案：

一种光开关，包括：

输入分束器，用于输入光信号；

输出分束器，用于输出光信号；

两个波导臂，连接在所述输入分束器和输出分束器之间，用于从输入分束器向输出分束器传输光信号；

两组微环谐振腔，分别与所述两个波导臂耦合，用于分别调整对应波导臂输出的光信号的相位。

本发明实施例提供的光开关由于在每个波导臂上都耦合设置了一组微环谐振腔，能够调整在波导臂中传输的光信号的相位，使得两个波导臂输出的光信号具有相位差，实现光开关功能。本实施例中输入分束器输入的光信号在两个波导臂中传输，所述两个波导臂中的光信号分别耦合到对应的微环谐振腔中，通过改变，微环谐振腔的折射率，这样就可以改变光信号在微环谐振腔中传输的等效光程，并最终改变输出光信号的相位。如果上述两组微环谐振腔对其对应的波导臂中光信号产生的相位改变刚好为 π 的偶数倍和奇数倍的两状态时，对应波导臂输出的光信号的强度相等或分别相等。这样就可以控制从输出分束器输出的光信号，实现高消光比光开关的功能。

由于本实施例采用对两个波导臂同时进行控制，只需要两个波导臂中光信号的相位相差 π 的偶数倍或者 π 的奇数倍，并不要求微环谐振腔完全处于谐振状态，对于不同波长的光信号，可以让微环谐振腔不处于谐振状态，采用不同的调制点，使得波导臂中光信号的相位相差 π 的偶数倍或者 π 的奇数倍，故而本实施例光开关对于光波波长并不会特别敏感。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，

在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 为现有技术中常规 MZI 干涉型光开关结构图；

图 2 为现有技术中利用微环谐振腔的光开关结构图；

图 3 为本发明实施例 1 中光开关结构图；

图 4 为本发明实施例 2 中光开关结构图；

图 5 为本发明实施例 2 中波导臂输出光信号的响应图；

图 6 为本发明实施例 2 中 p-i-n 结注入的波导结构示意图；

图 7 为本发明实施例 3 中光开关结构图；

图 8 为本发明实施例 3 中跑道形微环谐振腔示意图；

图 9 为本发明实施例 3 中椭圆形微环谐振腔示意图；

图 10 为本发明实施例 3 中微碟形微环谐振腔示意图；

图 11 为本发明实施例 3 中铜钱形微环谐振腔示意图；

图 12 为本发明实施例 3 中按照并联连接的微环谐振腔的示意图；

图 13 为本发明实施例 3 中按照串联连接的微环谐振腔的示意图；

图 14 为本发明实施例 3 中按照网状连接的微环谐振腔的示意图。

具体实施方式

下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

实施例 1:

如图 3 所示，本实施例提供一种光开关，包括：输入分束器 31、输出分束器 32、两个波导臂 33 以及两组微环谐振腔 34。

该输入分束器 31 上设有一个输入端和两个输出端，输出分束器 32 上设有两个输入端和至少一个输出端，在输入分束器 31 的两个输出端和输出分束器 32 的两个输入端之间通过两个波导臂 33 连接。这样由输入分束器 31 输入

的光信号通过两个波导臂 33 传输到输出分束器 32，并最终从输出分束器 32 的输出端输出。

本实施例中的光开关关键在于：在上述两个波导臂 33 上分别耦合了两组微环谐振腔 34，对在波导臂 33 中传输的光信号进行相位调整。上述光信号在波导臂 33 的传输过程中，会耦合到微环谐振腔 34 中，调整施加在微环谐振腔 34 上的电压可以改变该微环谐振腔 34 的折射率，这样就能够改变光信号在微环谐振腔 34 中传输的等效光程，当光信号重新由微环谐振腔耦合回对应波导臂 33 时，其相位发生了改变，故而本实施例中的微环谐振腔 34 实现了对波导臂 33 中光信号的相位进行调整。

如果两组微环谐振腔 34 对其对应的波导臂 33 中光信号都进行相位调整，并使得两个波导臂 33 输出的光信号的相位相差为 π 的偶数倍或者 π 的奇数倍，这样就可以使得在输出分束器 32 将两个具有相位差的光信号耦合起来。当相位差为 π 的偶数倍时，耦合后的光信号从输出分束器 32 的一个输出端输出；当相位差为 π 的奇数倍时，耦合后的光信号从输出分束器 32 的另一个输出端输出，或者不输出。

进一步地，本实施例中的微环谐振腔 34 采用载流子的等离子色散效应制作，所以，调整施加在微环谐振腔 34 上的电压可以调整 p-i-n 注入区的载流子浓度，进而改变该微环谐振腔 34 的折射率，这样就能够改变光信号在微环谐振腔 34 中传输的等效光程。

由以上描述可知，本实施例中的光开关通过微环谐振腔控制光信号的相位，从而实现光开关的功能，具有较低的控制功耗。由于微环谐振腔采用了载流子的等离子色散效应制作，载流子的等离子色散效应响应速度能够达到纳秒级。并且利用谐振腔的谐振特性，使得在谐振点附近时，不会因为载流子的等离子色散效应吸收改变干涉两臂的相对光信号强度，即在相位相差为 π 的偶数倍或为 π 的奇数倍的两状态时，保证两输出光信号的在这两个状态时光强分别相等，所以，本实施例提供的光开关具有较高的消光比。

并且由于本实施例采用对两个波导臂同时进行控制，只需要两个波导臂中光信号的相位相差 π 的偶数倍或者 π 的奇数倍，并不要求微环谐振腔完全处于谐振状态，对于不同波长的光信号，可以让微环谐振腔不处于谐振状态，采用不同的调制点，使得波导臂中光信号的相位相差 π 的偶数倍或者 π 的奇数倍，故而本实施例光开关对于光波波长并不会特别敏感。

实施例 2:

本实施例还提供一种光开关，如图 4 所示，本实施例中光开关采用 1X2 型分束器作为输入分束器，用来输入光信号；同时，该光开关采用 2X2 型分束器作为输出分束器，在 1X2 型分束器和 2X2 型分束器之间通过两个波导臂相连，并在两个波导臂分别设置了两组相应的微环谐振腔，并且这两组微环谐振腔的参数相同，即：都是参数相同的单微环谐振腔。

本实施例中的 1X2 型分束器可以采用 Y 分叉波导制成，所述 2X2 型分束器可以采用 X 结波导制成。上述两种分束器均可以采用定向耦合器制成，或者由多模干涉器制成。

当光信号从 1X2 型分束器的两个输出端分别输出到两个波导臂之后，经由单微环谐振腔的作用，波导臂中输出光信号的频率响应可表示如下：

$$H(\omega) = \frac{\rho - \gamma \exp(j\omega T + \varphi)}{1 - \gamma \rho \exp(j\omega T + \varphi)} \quad (1)$$

在上面公式中， ρ 为波导臂与单微环谐振腔的耦合区为直通时的场强比例，并且功率耦合比例满足： $\kappa = \sqrt{1 - \rho^2}$ ； γ 为光绕单微环谐振腔一周的场强剩余比例，光绕单微环谐振腔一周的功率损耗为： $\text{Loss} = 20 \lg \gamma$ ， φ 为调节时归一化的相位的偏移。 ω 为光信号中光子的角频率，因此 $\omega = 2\pi f$ ， f 为光信号中光子的频率。 T 为光绕单微环谐振腔一周所需的时间， $T = L \cdot n_g / c$ ， L 为单微环谐振腔的周长， n_g 为群折射率， c 为真空中的光速。

由上面频率响应可以得知输出光信号的功率为：

$$I(\omega) = \frac{\rho^2 + \gamma^2 - 2\gamma\rho \cos(\omega T + \varphi)}{1 + \gamma^2 \rho^2 - 2\gamma\rho \cos(\omega T + \varphi)} \quad (2)$$

输出光信号的相位为:

$$\Phi(\omega) = \tan^{-1} \{ \text{Im}[H(\omega)] / \text{Re}[H(\omega)] \} = \tan^{-1} \left[\frac{(1 - \rho^2)\gamma \sin(\omega T + \varphi)}{(1 + \gamma^2)\rho - \gamma(1 + \rho^2)\cos(\omega T + \varphi)} \right] \quad (3)$$

有上述公式(2)和公式(3)可以得出由波导臂输出的光信号的功率响应图,以及频谱图,具体见图5,图5中上半部分为输出光信号的功率随 ωT 的变化图,图5中下半部分为输出光信号的相位随 ωT 的变化图。

通过分析图5得出:如果让两个波导臂输出的光信号分别对应于图5中的A点和A'点,则两个波导臂输出光信号之间的相位差为 π 的偶数倍,并且两个波导臂输出的光信号的功率相等,当这两个光信号在图4中的2X2型分束器中耦合后,从2X2型分束器的其中一个输出端输出,相当于本实施例中的光开关处于“ON”状态,由于上述“ON”状态时,两个波导臂输出光信号的功率最高,保证了“ON”状态的附加损耗较低。一般情况下,要使得所述两个波导臂输出的光信号相位差为 π 的偶数倍,需要光信号在所述微环谐振腔中发生谐振,并谐振后耦合到对应的波导臂中传输。

如果让两个波导臂输出光信号分别对应于图5中的B点和B'点,则两个波导臂输出光信号之间的相位差为 π 的奇数倍,并且两个波导臂输出的光信号的功率相等,当这两个光信号在图4中的2X2型分束器中耦合后,从2X2型分束器的另一个输出端输出,相当于本实施例中的光开关处于“OFF”状态,由于上述“OFF”状态时,两个波导臂输出光信号的功率相等,于是避免了由于两个波导臂输出光信号的功率不平衡而导致的消光比不高的缺点。并且,由于“OFF”状态只需要保证B点和B'点的相位相差 π 的奇数倍,由两个波导臂输出光信号同时调制产生 π 的奇数倍的相位差,相对于现有技术中只调制一个波导臂的光信号而言,本实施例中的调制 π 的奇数倍的相位差更为容易。

上述的“ON”状态和“OFF”状态共同实现了光开关的功能。

在微环谐振腔中通过施加电压改变载流子浓度，从而使得微环谐振腔中出现等离子色散效应，进而改变该微环谐振腔的折射率，这样就可以改变光信号在微环谐振腔中传输的等效光程，并最终改变输出光信号的相位。

本实施例中由于微环谐振腔采用了载流子的等离子色散效应制作，载流子的等离子色散效应响应速度能够达到纳秒级，且具有较低的控制功耗。并且利用谐振腔的谐振特性，使得在谐振点附近时，不会因为载流子的等离子色散效应吸收改变干涉两臂的相对光信号强度，即在改变相位为 π 偶数和奇数倍的两状态时，保证两输出光信号的在两个状态时分别相等，所以，本实施例提供的光开关具有较高的消光比。

本实施例中光开关中可以采用不同的调制过程，实现光信号从 2X2 型分束器不同的输出端输出，例如：

第一种调制方式，当光开关处于“ON”状态，可以让两个波导臂输出的光信号同时对应于图 5 中的 A 点，当需要控制光开关转向“OFF”状态时，可以通过调制上述的单微环谐振腔，将其中一个波导臂输出的光信号调制到 B 点（称浅调制），而将另一个波导臂输出的光信号调制到 B' 点（称深调制），即可将光开关调成“OFF”状态。

图 5 是较理想条件下得到的响应曲线，虽然在实际的浅调制和深调制时响应曲线略有不同，可以通过将单微环谐振腔与波导臂之间设计成过耦合状态，使得深调制附加的损耗不会破坏过耦合条件，这样就可以使浅调制和深调制的响应曲线不会有太大差别。为了使的光开关的“OFF”状态更加精确，可以通过实际测量浅调制和深调制的响应曲线，并在浅调制和深调制的响应曲线与 B 点及 B' 点对应的状态点。正是因为本实施例可以通过实际测量响应曲线得到上述的状态点，针对不同波长的光信号可以采用分别得到不同的响应曲线，故而本实施例中的光开关对波长不敏感，并且本实施例只利用了波导臂和微环谐振腔耦合后其输出光信号的相位变化特性，并没有要求微环谐振腔需要工作在谐振点上，比图 2 中直接利用微环谐振腔的现有技术光开关所

能应用的波长范围更大。

第二种调制方式，当光开关处于“ON”状态，可以让两个波导臂输出的光信号分别对应于图 5 中的 A 点和 A' 点。当需要控制光开关转向“OFF”状态时，可以通过调制上述的单微环谐振腔，即：其中一个微环谐振腔利用 pn 结注入或 MOS 结构的电荷积累（对应等效折射率下降），使得对应波导臂输出的光信号调制到 B 点；而另一臂利用 pn 结反偏耗尽或 MOS 结构的耗尽（对应等效折射率上升）方式，使得对应波导臂输出的光信号调制到 B' 点。这种调制方式近似完全对称的双臂推挽工作方式，都处于浅调制，调制带来的附加损耗较小，控制方便。本实施例不能采用本征硅（i-Si）作波导材料，如采用 1×10^{17} 的 p 型或 n 型硅材料，这样会增加波导的传输损耗。

采用上述的两种调制方式，所需要的调制功耗都可以控制在 μW （微瓦）量级，特别是采用 MOS 结构的话。因为硅的载流子色散效应响应速度在纳秒量级以上，器件速度一般能方便达到纳秒量级，如通过结构的改进调制速度甚至可以达到 ps（皮秒）量级。

由于本实施例需要对两个波导臂进行调制，而两个波导臂的参数可能会存在微小的差异，即使在微环谐振腔调制精确的前提下，两个波导臂输出的光信号可能还是会存在差异。为了弥补上述差异，需要考虑到制作的容差，具体的容差可以采用如下方式实现：在其中的一个波导臂上和分束器上设置一个利用热光效应的相位补偿器件，进行有效的弥补，最简单的方法就在直波导臂附近设计加热电极，利用硅材料的热光效应进行初始相位调制，由于热光效应几乎不会增加波导的传输损耗，可较方便调整该光开关初始的最佳状态。

如果光开关的制作精度可以保证，可以通过固定的相位补充器代替上述热光效应的相位补偿器件，例如：两个波导臂中的一个波导臂为弯曲波导或锥形波导；或者将所述两个波导臂制成长度不同的波导臂。

如图 6 所示，本实施例中光开关可以在顶层硅的厚度为几百纳米的 SOI

材料上制作，亚微米尺寸的硅基单模波导利用等离子干法刻蚀工艺来制作，并采用在氢气保护下进行高温退火，进而减小波导侧壁粗糙引起的损耗；在利用载流子浓度的色散效应的微环谐振腔上，可以通过 pn 结、p-i-n 结或者 MOS 结构实现，pn 结、p-i-n 结引起的色散效应较强，而 MOS 结构制成的微环谐振腔需要的控制功耗最小。

实施例 3:

本实施例采用了一些器件的替换，主要是将 2X2 型分束器替换成了 2X1 型分束器，即可实现门开关的功能，也属于光开关的一种，有时本实施例中的门开关也可以称为光调制器。

如图 7 所示，该光调制器的结构和图 4 中光开关的结构基本相同，唯一区别就是本实施例中的输出分束器为一个 2X1 型分束器，而不是一个 2X2 型分束器。由于只是输出分束器上发生了改变，所以，两个波导臂输出光信号的响应图还和图 5 一样，这样，在本实施例中的光开关的具体工作状态描述如下：

如果让两个波导臂输出的光信号分别对应于图 5 中的 A 点和 A'点，则两个波导臂输出光信号之间的相位差为 π 的偶数倍，并且两个波导臂输出的光信号的功率相等，当这两个光信号在图 7 中的 2X1 型分束器中耦合后，从 2X1 型分束器的输出端输出，相当于本实施例中的光调制器处于“ON”状态，由于上述“ON”状态时，两个波导臂输出光信号的功率最高，保证了“ON”状态的附加损耗较低。一般情况下，要使得所述两个波导臂输出的光信号相位差为 π 的偶数倍，需要光信号在所述微环谐振腔中发生谐振，并谐振后耦合到对应的波导臂中传输。

如果让两个波导臂输出光信号分别对应于图 5 中的 B 点和 B'点，则两个波导臂输出光信号之间的相位差为 π 的奇数倍，并且两个波导臂输出的光信号的功率相等，当这两个光信号在图 7 中的 2X1 型分束器中耦合后，将不会输出光信号，相当于本实施例中的光调制器处于“OFF”状态。由于“OFF”状态只

需要保证 B 点和 B'点的相位相差 π 的奇数倍, 由两个波导臂输出光信号同时调制产生 π 的奇数倍的相位差, 相对于现有技术中只调制一个波导臂的光信号而言, 本实施例中的调制 π 的奇数倍的相位差更为容易。

上述的“ON”状态和“OFF”状态共同实现了门开关的功能, 即实现了光调制器的功能。

为了能够让本实施例中的光开关能够有多种变化, 在实际制作时, 由于所选 2X1 型分束器的不同, 可以改变“ON”状态和“OFF”状态的条件, 例如: 如果两个波导臂输出光信号分别对应于图 5 中的 B 点和 B'点, 则两个波导臂输出光信号之间的相位差为 π 的奇数倍, 2X1 型分束器的输出端则会输出光信号; 如果波导臂输出的光信号分别对应于图 5 中的 A 点和 A'点, 则两个波导臂输出光信号之间的相位差为 π 的偶数倍, 则 2X1 型分束器的输出端不会输出光信号。

本实施例中对与波导臂输出光信号的调制过程, 也可以和实施例 2 中的情况一样分为两种不同的调制过程。

上述实施例中所用的微环谐振腔一般为圆环形谐振腔, 在实际运用时, 微环谐振腔有很多种变型, 例如: 跑道形、椭圆形、蝶形或者铜钱形, 具体见图 8 至图 11。

在上述实施例 2 和实施例 3 中均采用了单微环谐振腔, 但由于单个微环谐振腔的谐振特性, 导致波导臂输出光信号在相位变化快的地方, 同时光信号的功率变化也非常显著, 这将直接导致该波导臂和单微环谐振腔通过光信号的带宽较小。

为了提高带宽, 本实施例还可以采用如下几种方式提高带宽:

(1) 如图 12 所示, 本实施例中的每组微环谐振腔包括在垂直于波导臂的方向通过耦合的方式级联有至少一个微环谐振腔, 这种级联称为并联, 通过微环谐振腔的并联可以提高波导臂通过光信号的带宽。

(2) 如图 13 所示, 所述每组微环谐振腔包括在波导臂平行的方向与波

导臂耦合的至少一个微环谐振腔，并且微环谐振腔之间不耦合，这种多个微环谐振腔和波导臂耦合的情况称为串联，同样能够提高波导臂通过光信号的带宽。

(3) 如图 14 所示，在所述每组微环谐振腔包括至少三个按照网状结构耦合的微环谐振腔，这种网状耦合的微环谐振腔，需要考虑最后光信号输出的方向是否能够输出到输出分束器中。

本实施例主要用在光通信中直接进行光交换和光路由的设备中，省去了光通信在进行交换路由时的光电转换和电光转换。

以上所述，仅为本发明的具体实施方式，但本发明的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内，可轻易想到的变化或替换，都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此，本发明的保护范围应所述以权利要求的保护范围为准。

权 利 要 求 书

1、一种光开关，其特征在于，包括：

输入分束器，用于输入光信号；

输出分束器，用于输出光信号；

两个波导臂，连接在所述输入分束器和输出分束器之间，用于从输入分束器向输出分束器传输光信号；

两组微环谐振腔，分别与所述两个波导臂耦合，用于分别调整对应波导臂输出的光信号的相位。

2、根据权利要求1所述的光开关，其特征在于，所述微环谐振腔为采用载流子的等离子色散效应制作的光电调制微环谐振腔。

3、根据权利要求1所述的光开关，其特征在于，所述微环谐振腔通过调整光信号在微环谐振腔中传输的等效光程，进而调整对应波导臂输出的光信号的相位。

4、根据权利要求1所述的光开关，其特征在于，所述两个波导臂中的光信号通过微环谐振腔调整相位后，两个波导臂中的光信号的相位相差为 π 的偶数倍时，所述两个波导臂输出光信号的强度相等；或者两个波导臂中的光信号的相位相差为 π 的奇数倍时，所述两个波导臂输出光信号的强度相等。

5、根据权利要求1所述的光开关，其特征在于，所述输入分束器为Y分叉波导、或者由定向耦合器或多模干涉器制成的1X2型分束器。

6、根据权利要求1所述的光开关，其特征在于：

在所述两个波导臂输出的光信号相位差为 π 的偶数倍时；或者在所述两个波导臂输出的光信号相位差为 π 的奇数倍时，所述输出分束器的输出端输出光信号。

7、根据权利要求1所述的光开关，其特征在于：

在所述两个波导臂输出的光信号相位差为 π 的偶数倍时，所述输出分束器的第一输出端输出光信号；

在所述两个波导臂输出的光信号相位差为 π 的奇数倍时，所述输出分束器的第二输出端输出光信号。

8、根据权利要求6或7所述的光开关，其特征在于，所述两个波导臂输出的光信号强度相等。

9、根据权利要求6或7所述的光开关，其特征在于，所述输出分束器为X结波导，或者由定向耦合器或多模干涉器制成的2X2型分束器。

10、根据权利要求1所述的光开关，其特征在于，所述每组微环谐振腔包括在垂直于波导臂的方向通过耦合的方式级联有至少一个微环谐振腔；或者

所述每组微环谐振腔包括在波导臂平行的方向与波导臂耦合的至少一个微环谐振腔，并且微环谐振腔之间不耦合；或者

所述每组微环谐振腔包括至少三个按照网状结构耦合的微环谐振腔。

11、根据权利要求1所述的光开关，其特征在于，所述两个波导臂中的一个波导臂上设置有相位补偿器。

12、根据权利要求11所述的光开关，其特征在于，所述相位补偿器为热光效应相位补偿器；或者

通过两个波导臂中的一个波导臂为弯曲波导或锥形波导实现所述相位补偿器；或者

通过两个波导臂长度不同实现所述相位补偿器。

13、根据权利要求1至7中任意一项或者10至12中任意一项所述的光开关，其特征在于，所述微环谐振腔为圆形或跑道形或椭圆形或蝶形或铜钱形。



图 1

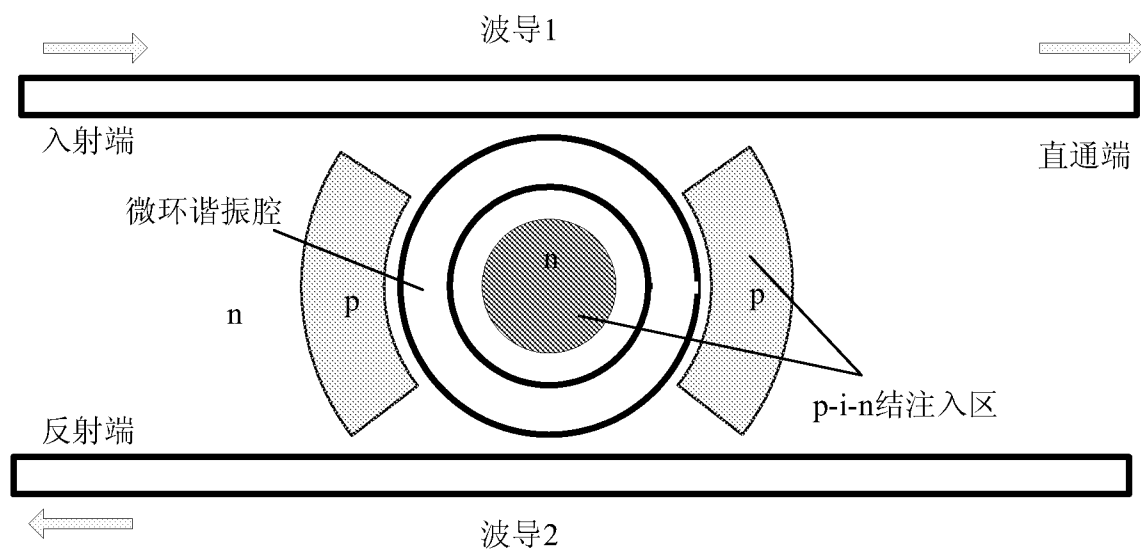


图 2

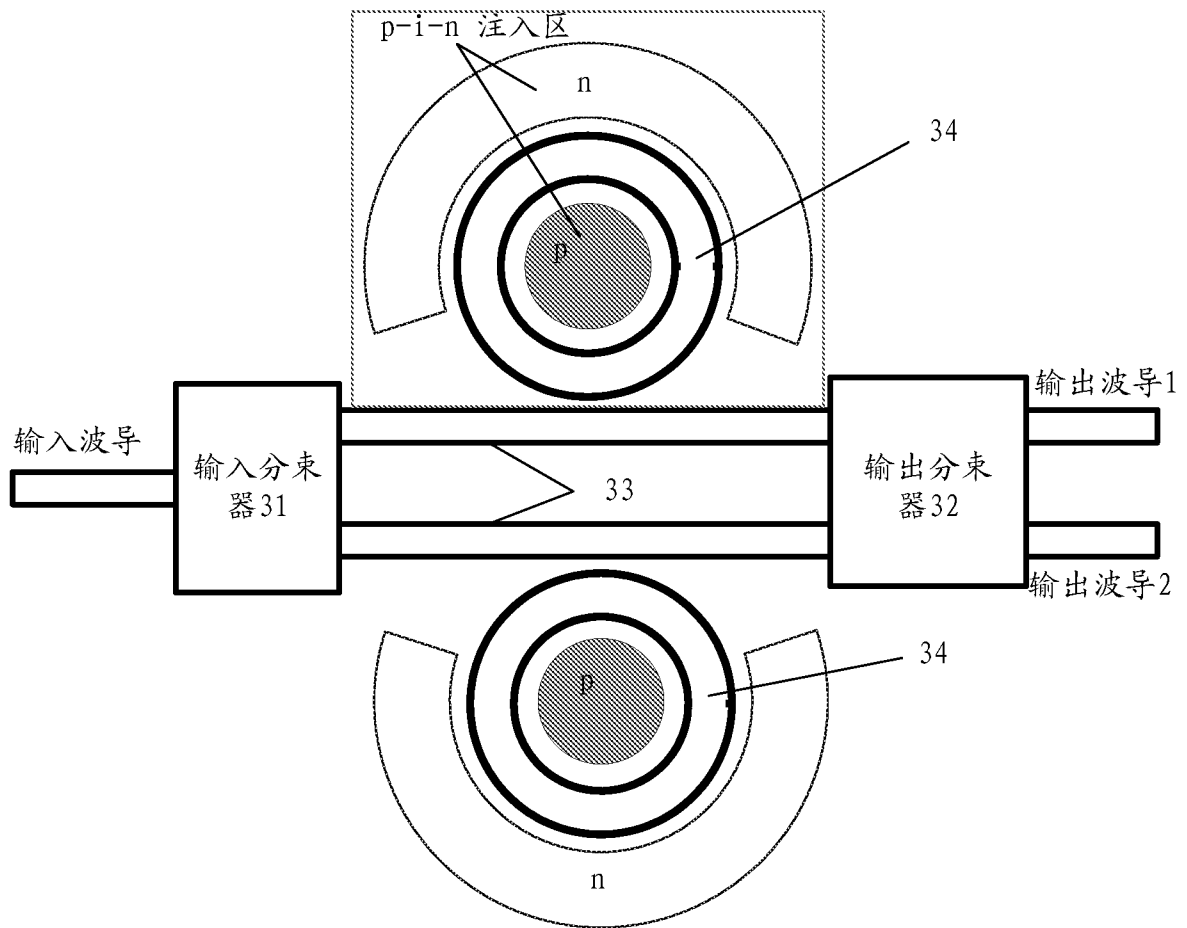


图 3

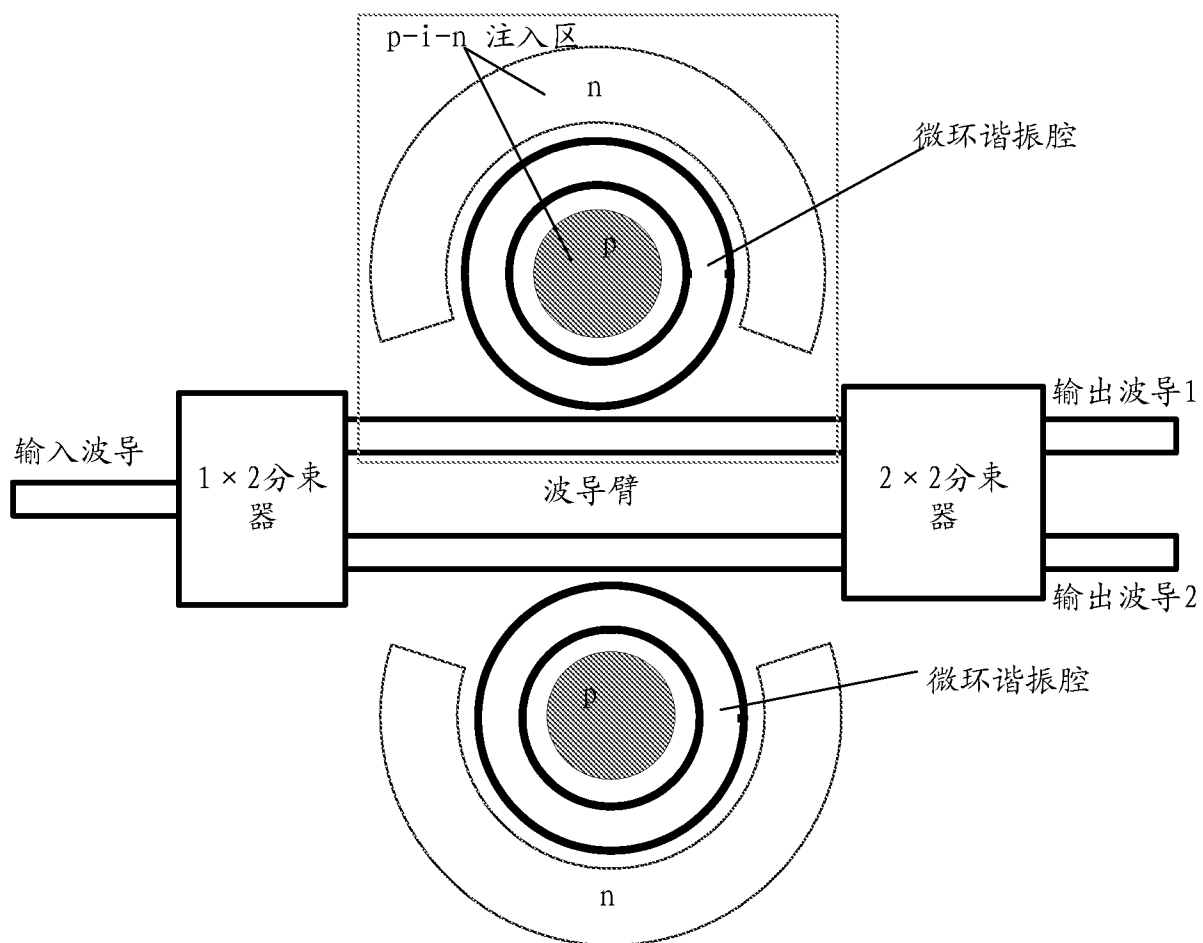


图 4

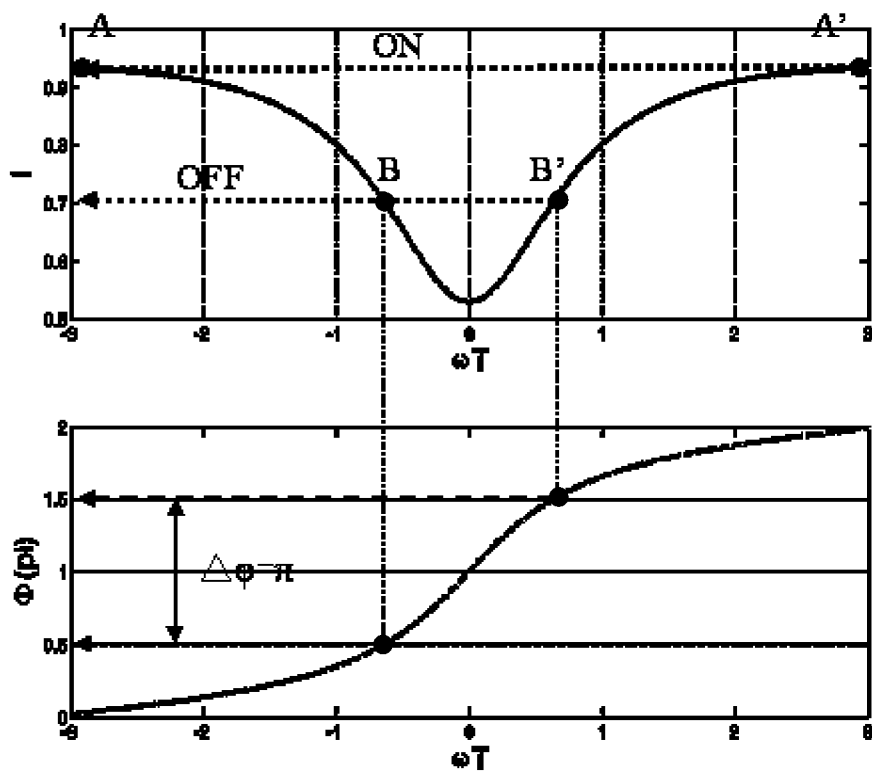


图 5

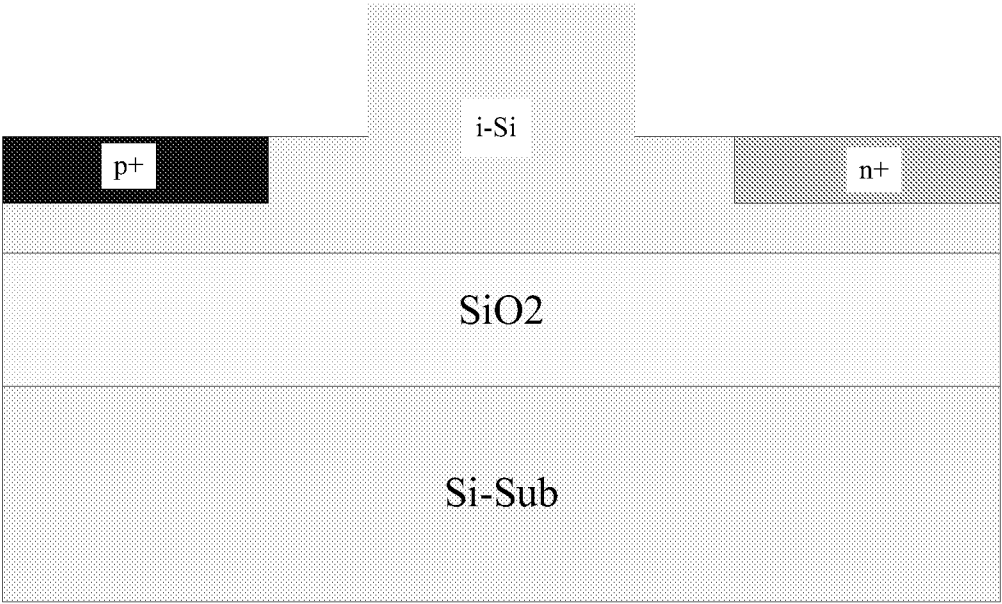


图 6

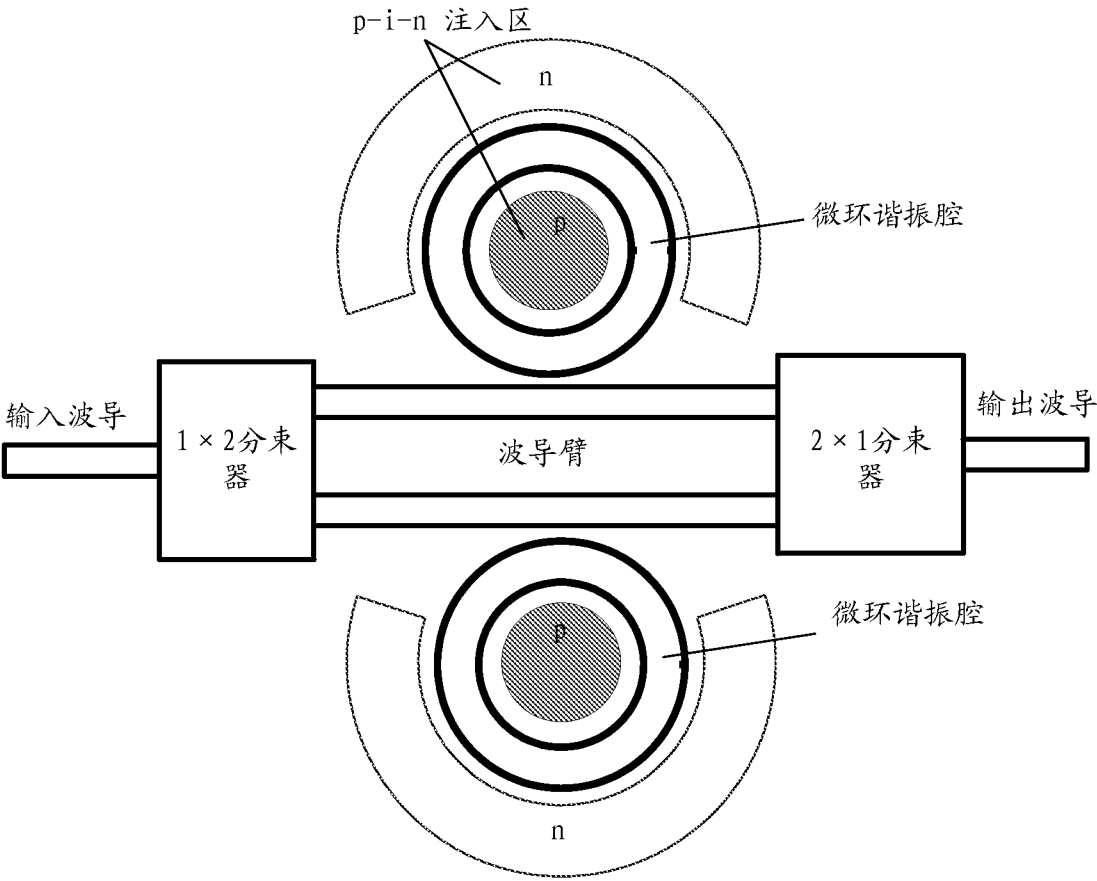


图 7

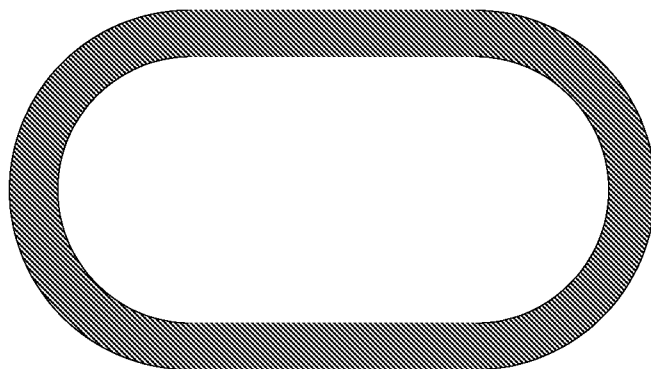


图 8

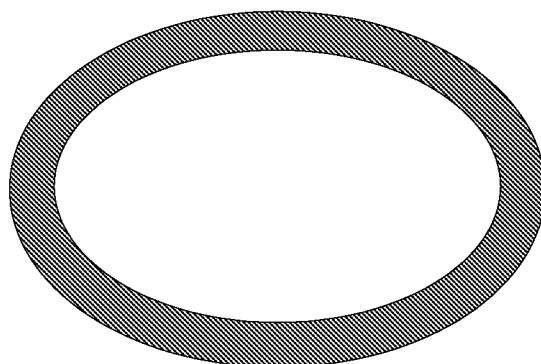


图 9

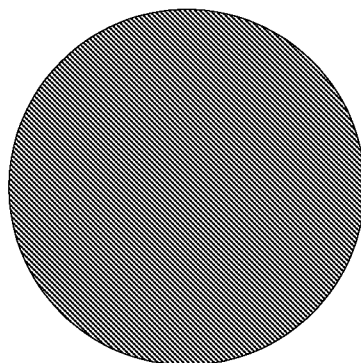


图 10

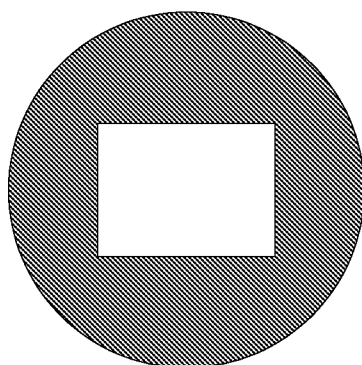


图 11

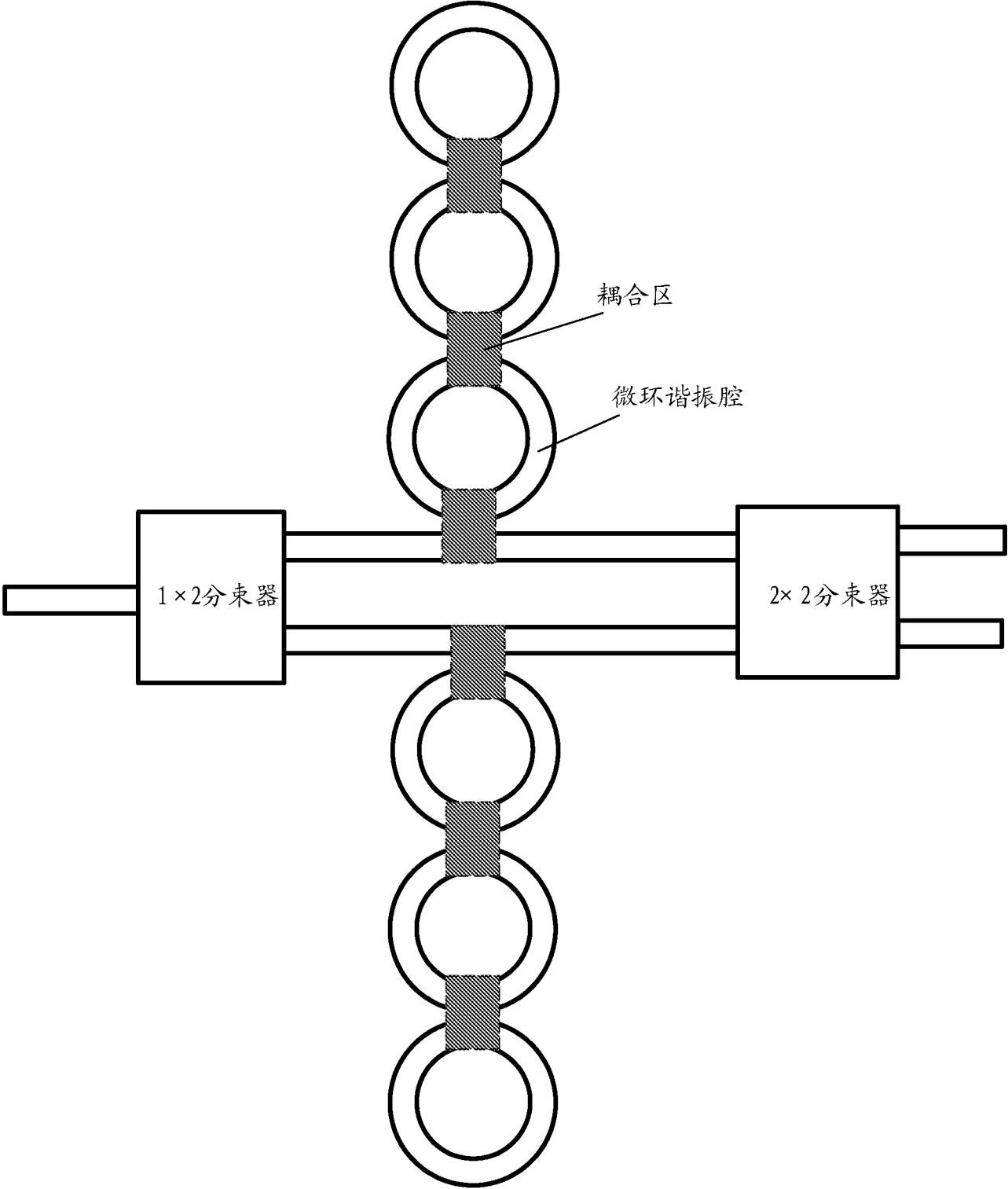


图 12

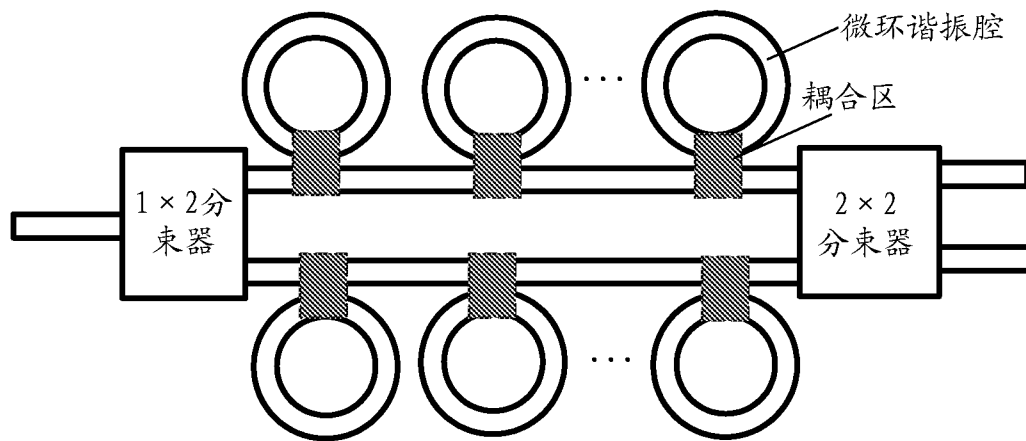


图 13

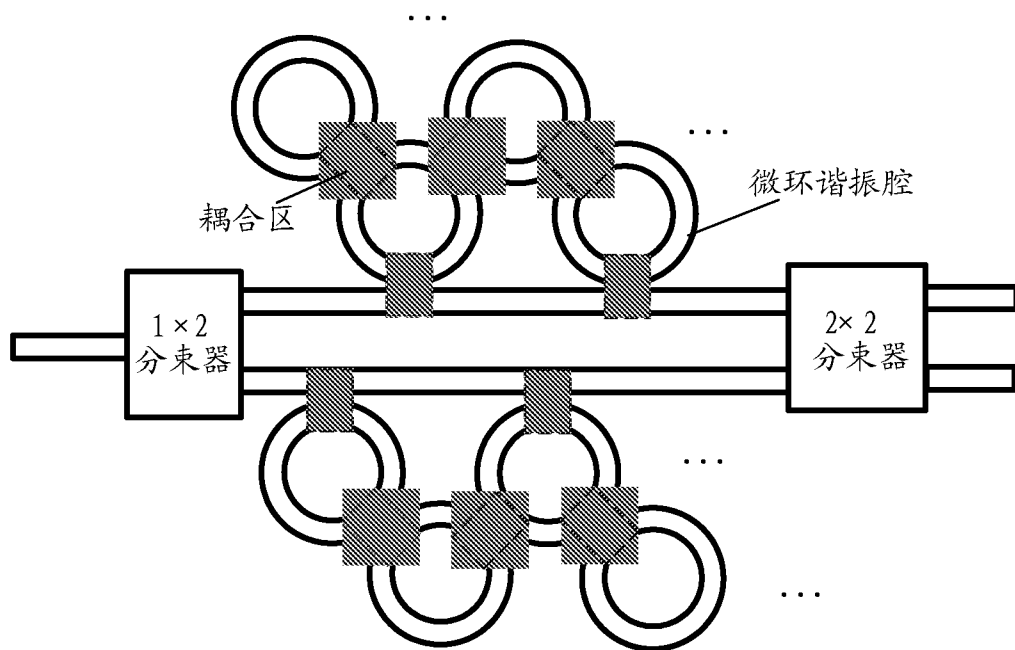


图 14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2009/072150

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See extra sheet

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)

IPC: G02B 6, G02F

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)

CNPAT, CNKI, PAJ, WPI, EPODOC

optic+, switch+, resona+, synton+, rhumbatron+, oscillat+, phas+, ring+, annu+, round+, circ+, loop+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 1292273 C (SHANGHAI PRECISION OPTICAL INSTR INS) 27 Dec.2006 (27.12.2006) pages 5-8, fig.1	1-13
Y	US 2008/0123701 A1 (Jian-Jun He) 29 May 2008 (29.05.2008) paras.0029-0064, figs.1-2,5,14	1-13
Y	US 5475704 A (Svyatoslav A.Lomashevich) 12 Dec.1995 (12.12.1995) columns 3-9, figs.1-2	1-13
Y	CN 1361875 A (NANOVATION TECHNOLOGIES INC et al.) 31 Jul.2002 (31.07.2002) pages 2,8-9, figs.8-9	1-13
Y	CN 101140343 A (CHINESE ACAD SCI CHANGCHUN OPTICAL PRE) 12 Mar.2008 (12.03.2008) pages 2-4, fig.2	1-13
Y	CN 101126827 A (UNIV ZHEJIANG) 20 Feb.2008 (20.02.2008) pages 3-4, figs.1-2	11-13

☐ 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	“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
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“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
“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)	“&” document member of the same patent family
“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	

Date of the actual completion of the international search
01 Sep.2009 (01.09.2009)Date of mailing of the international search report
17 Sep. 2009 (17.09.2009)Name and mailing address of the ISA/CN
The State Intellectual Property Office, the P.R.China
6 Xitucheng Rd., Jimen Bridge, Haidian District, Beijing, China
100088
Facsimile No. 86-10-62019451Authorized officer
SUN, Sujin
Telephone No. (86-10)62085584

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2009/072150

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 1292273 C	27.12.2006	CN 1648701 A	03.08.2005
US 2008/0123701 A1	29.05.2008	None	
US 5475704 A	12.12.1995	JP 7058311 A	03.03.1995
		RU 2107938 C1	27.03.1998
		RU 2111520 C1	20.05.1998
		KR 100289998 B	01.06.2001
CN 1361875 A	31.07.2002	WO 00/72065 A1	30.11.2000
		AU 4858400 A	12.12.2000
		EP 1192487 A1	03.04.2002
		JP 2003521723 T	15.07.2003
		US 2004/008948 A1	15.01.2004
CN 101140343 A	12.03.2008	None	
CN 101126827 A	20.02.2008	None	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2009/072150

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B 6/35 (2006.01) i

G02B 6/26 (2006.01) i

H04J 14/00 (2006.01) i

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2009/072150

A. 主题的分类

参见附加页

按照国际专利分类表(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)

IPC: G02B 6, G02F

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))

CNPAT, CNKI, PAJ, WPI, EPODOC

光,开,关,切换,耦合,隔离,谐振,共振,振荡,震荡,环,圆,相位,位相

optic+, switch+, resona+, synton+, rhumbatron+, oscillat+, phas+, ring+, annu+, round+, circ+, loop+

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
Y	CN 1292273 C (中国科学院上海光学精密机械研究所) 27.12 月 2006 (27.12.2006) 说明书第 5-8 页, 图 1	1-13
Y	US 2008/0123701 A1 (Jian-Jun He) 29.5 月 2008 (29.05.2008) 第 0029-0064 段, 图 1-2、5、14	1-13
Y	US 5475704 A (Svyatoslav A.Lomashevich) 12.12 月 1995 (12.12.1995) 第 3-9 栏, 图 1-2	1-13
Y	CN 1361875 A (内诺维什技术公司等) 31.7 月 2002 (31.07.2002) 说明书第 2、8-9 页, 图 8-9	1-13
Y	CN 101140343 A (中国科学院长春光学精密机械与物理研究所) 12.3 月 2008 (12.03.2008) 说明书第 2-4 页, 图 2	1-13
Y	CN 101126827 A (浙江大学) 20.2 月 2008 (20.02.2008) 说明书第 3-4 页, 图 1-2	11-13

☐ 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

“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

01.9 月 2009 (01.09.2009)

国际检索报告邮寄日期

17.9 月 2009 (17.09.2009)

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

授权官员

孙苏晋

电话号码: (86-10) 62085584

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2009/072150

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN 1292273 C	27.12.2006	CN 1648701 A	03.08.2005
US 2008/0123701 A1	29.05.2008	无	
US 5475704 A	12.12.1995	JP 7058311 A	03.03.1995
		RU 2107938 C1	27.03.1998
		RU 2111520 C1	20.05.1998
		KR 100289998 B	01.06.2001
CN 1361875 A	31.07.2002	WO 00/72065 A1	30.11.2000
		AU 4858400 A	12.12.2000
		EP 1192487 A1	03.04.2002
		JP 2003521723 T	15.07.2003
		US 2004/008948 A1	15.01.2004
CN 101140343 A	12.03.2008	无	
CN 101126827 A	20.02.2008	无	

A. 主题的分类

G02B 6/35 (2006.01) i

G02B 6/26 (2006.01) i

H04J 14/00 (2006.01) i