

(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)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种超结构光栅和可调谐激光器, 可同时满足性能较好的反射率和FWHM。超结构光栅通过调制函数对均匀光栅在空间上进行幅度和相位调制从而形成梳状反射谱, 调制函数通过N个阈值进行离散化处理后得到(N+1)个调制函数离散值, N为大于或等于2的正整数; (N+1)个调制函数离散值中每个调制函数离散值对应于一段折射率均匀不变的光波导或对应于一段均匀光栅; 超结构光栅的反射峰的反射率通过(N+1)个调制函数离散值中的至少一个调制函数离散值所对应的光波导长度占超结构光栅的光栅总长度的比例关系、超结构光栅的光栅总长度进行调节; 超结构光栅的反射峰的FWHM通过该比例关系、超结构光栅的光栅总长度进行调节。

一种超结构光栅和可调谐激光器

本申请要求于 2017 年 4 月 17 日提交中国专利局、申请号为 201710247396.3、发明名称为“一种超结构光栅和可调谐激光器”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

5

技术领域

本申请涉及光纤通信领域，尤其涉及一种超结构光栅和可调谐激光器。

背景技术

10 在光通信领域中，可调谐激光器（Tunable Laser，TL）是指输出的光信号波长可在一定范围内进行调节的激光器，主要应用于大容量波分复用传输系统中。随着信息量爆炸式增长，通信市场规模持续快速膨胀，为了进一步提高带宽，相干调制技术被使用并成为 100G 及以上速率长距离光传输的业界主流方案。而相干调制技术对于激光器的激射线宽等性能有着苛刻的要求，各种新的需求对可调谐激光器的尺寸、成本、可靠性和性能等指标也提出
15 了更高的要求。其中，单片集成可调谐激光器具有体积小、集成度高等优点，因此成为当前光通信领域的主流技术。

单片集成可调谐激光器可以大体上通过增益区与磷化铟（Indium Phosphide，InP）衬底上的无源区的对接制造得到。增益区一般为多量子阱（Multiple Quantum Well，MQW），而无源区主要包括反射镜和相位区段。波长调谐是通过调节反射镜或者相位区段的折射率
20 来实现。其中，反射镜的反射谱对波长具有选择性，常用的反射镜包括分布布拉格反射器（Distributed Bragg Reflection，DBR）或者微环谐振器，反射镜产生的反射谱通常为梳状反射谱。

超结构光栅（Super Structure Grating，SSG）具有梳状反射谱，可调谐激光器的反射镜区域可以使用 SSG 来反射光，如下公式（1）为 SSG 的折射率分布：

$$25 \quad n(z) = \begin{cases} n_0 + \delta_n \left(\sum_{k=1}^N \cos(2\pi\Delta Fz(k-0.5) + \phi_k) \right) \cos\left(\frac{2\pi z}{\Lambda_0}\right) \\ n_0 + \delta_n \left(1 + 2 * \sum_{k=1}^N \cos(2\pi k\Delta Fz + \phi_k) \right) \cos\left(\frac{2\pi z}{\Lambda_0}\right) \end{cases} \quad (1)$$

在上述公式（1）中，当 SSG 具有偶数个反射峰时， $n(z)$ 的取值为

$n_0 + \delta_n \left(\sum_{k=1}^N \cos(2\pi\Delta Fz(k-0.5) + \phi_k) \right) \cos\left(\frac{2\pi z}{\Lambda_0}\right)$ ，当 SSG 具有奇数个反射峰时， $n(z)$ 的取值为 $n_0 + \delta_n \left(1 + 2 * \sum_{k=1}^N \cos(2\pi k\Delta Fz + \phi_k) \right) \cos\left(\frac{2\pi z}{\Lambda_0}\right)$ 。 ΔF 与 Λ_k 、 Λ_{k+1} 之间满足如下公式（2）。

$$\frac{1}{\Lambda_{k+1}} - \frac{1}{\Lambda_k} = \Delta F \quad (2)$$

30 其中， n_0 为 SSG 的平均有效折射率， Λ_k 决定了余弦函数的周期， δ_n 为光栅有效折射率最大值与最小值的差值，N 表示调制函数由 N 个余弦函数组成，z 表示光栅沿传播方向的位

置, ϕ_k 为第 k 个余弦函数的相位, ΔF 由式 (2) 决定。

由式 (1) 可以得到超结构光栅的调制函数为如下公式 (3):

$$profile(z) = \begin{cases} \sum_{k=1}^N \cos(2\pi\Delta Fz(k-0.5) + \phi_k) \\ 2 * \sum_{k=1}^N \cos(2\pi k\Delta Fz + \phi_k) \end{cases} \quad (3)$$

一段均匀光栅的反射谱只有一个主峰, 超结构光栅可通过调制函数对一段均匀光栅进行调制形成梳状反射谱。而均匀光栅的有效折射率只有高折射率 n_h 与低折射率 n_l 两个值。如图 1 所示, 虚线表示为一个 SSG 的调制函数, SSG 的调制函数为模拟的连续周期性函数, 其与均匀光栅相乘后折射率的空间分布也为连续变化, 不再只有 n_h 与 n_l 两个值, 工艺上非常难制作。为了实现 SSG 容易制作, 如式所示 (4), 通常会选取一个阈值对式 (3) 所示的连续函数进行 2 级数字离散化处理。

$$Profile_D(z) = \begin{cases} 1, Profile(z) > Threshold \\ -1, Profile(z) \leq Threshold \end{cases} \quad (4)$$

图 1 中的实线所示为超结构光栅调制函数使用一个阈值 V_t 进行 2 级数字化离散的效果, 离散后的包络函数对连续光栅的调制同样为周期性的, 但折射率依然只有 n_h 与 n_l 两个值, 仅在包络函数 “1” 和 “-1” 之间切换时会引入相移, 因此容易加工制作出 SSG。

如图 2 所示, 为 2 级离散 SSG 反射峰的反射率、半高全宽 (Full Width Half Maximum, FWHM) 分别与 SSG 总长度的关系示意图, SSG 总长度决定了反射峰的反射率与 FWHM, 一种 SSG 总长度对应一种特定的反射率与 FWHM, 即反射峰的反射率与 FWHM 一一对应, 因此对于 2 级离散的 SSG 而言, 无法分别对反射率和 FWHM 进行独立优化, 以取得性能较好的 FWHM 和反射率。

综上所述, 对于现有技术中的 SSG, SSG 反射峰的反射率和 FWHM 都是由 SSG 总长度决定的, 无法对 SSG 的反射率和 FWHM 两者分别进行优化, 因此无法同时满足性能较好的反射率和 FWHM。

发明内容

本申请实施例提供了一种超结构光栅和可调谐激光器, 用于对超结构光栅的反射峰的反射率和 FWHM 分别独立进行优化, 同时满足性能较好的反射率和 FWHM。

为解决上述技术问题, 本申请实施例提供以下技术方案:

第一方面, 本申请实施例提供一种超结构光栅, 所述超结构光栅通过调制函数对均匀光栅在空间上进行幅度和相位调制从而形成梳状反射谱, 所述调制函数通过 N 个阈值进行离散化处理得到 $(N+1)$ 个调制函数离散值, 所述 N 为大于或等于 2 的正整数; 所述 $(N+1)$ 个调制函数离散值中每个调制函数离散值对应于一段折射率均匀不变的光波导或对应于一段均匀光栅, 所述均匀光栅为高折射率和低折射率交替变化的光波导; 所述超结构光栅的反射峰的反射率通过所述 $(N+1)$ 个调制函数离散值中的至少一个调制函数离散值所对应的光波导长度占所述超结构光栅的光栅总长度的比例关系、所述超结构光栅的光栅总长度进

行调节；所述超结构光栅的反射峰的半高全宽FWHM通过所述比例关系、所述超结构光栅的光栅总长度进行调节。

在本申请的上述实施例中，通过将调制函数进行离散化得到 $(N+1)$ 个调制函数离散值，超结构光栅的反射峰的反射率通过 $(N+1)$ 个调制函数离散值中的至少一个调制函数离散值所对应的光波导长度占超结构光栅的光栅总长度的比例关系、超结构光栅的光栅总长度进行调节，超结构光栅的反射峰的FWHM通过前述的比例关系、超结构光栅的光栅总长度进行调节，即超结构光栅的反射峰的反射率和FWHM都可以通过两个维度进行调节，反射峰的反射率决定了可调谐激光器的阈值和输出功率，反射峰的FWHM决定了激光器的选模特性，FWHM越小，边模抑制比越大。基于本申请实施例提供的可调谐激光器可以对反射率和FWHM分别进行优化，从而可以同时满足性能较好的反射率和FWHM。

结合第一方面，在第一方面的第一种可能的实现方式中，当所述 N 的取值为2时，所述调制函数进行离散化处理后得到3个调制函数离散值，所述3个调制函数离散值有一个调制函数离散值对应一段折射率均匀不变的光波导，所述3个调制函数离散值中其余两个调制函数离散值分别对应于一段均匀光栅。通过对超结构光栅的3级离散化处理可以得到分别对应于折射率均匀不变的光波导和均匀光栅的3个调制函数离散值，超结构光栅的反射峰的反射率通过3个调制函数离散值中有一个调制函数离散值所对应的折射率均匀不变的光波导长度占超结构光栅的光栅总长度的比例关系、超结构光栅的光栅总长度进行调节反射峰的反射率、FWHM，从而实现同时对反射率和FWHM的同时优化。

结合第一方面或第一方面的第一种可能的实现方式，在第一方面的第二种可能的实现方式中，所述 $(N+1)$ 个调制函数离散值中存在两个调制函数离散值对应于同一种的均匀光栅。通过控制调制函数中各个调制函数离散值对应的光波导所占光栅总长度的比例，就可以优化超结构光栅的反射率了。

结合第一方面或第一方面的第一种可能的实现方式，在第一方面的第三种可能的实现方式中，当相邻的调制函数离散值的正负号不同或者所述相邻的调制函数离散值中有一个离散值为零时，所述相邻的调制函数离散值分别对应的光波导之间加入有相移。当调制函数的符号发生变化时在光波导之间切入相移，从而使得超结构光栅的反射谱更平坦，提高超结构光栅的反射性能。

第二方面，本申请实施例还提供一种可调谐激光器，所述可调谐激光器包括：反射区，其中，所述反射区，用于通过如前述第一方面中任一项所述的超结构光栅对光信号进行调谐。本申请实施例还提供基于前述的超结构光栅的可调谐激光器。在本申请实施例提供的可调谐激光器中，通过将调制函数进行离散化得到 $(N+1)$ 个调制函数离散值，超结构光栅的反射峰的反射率通过 $(N+1)$ 个调制函数离散值中的至少一个调制函数离散值所对应的光波导长度占超结构光栅的光栅总长度的比例关系、超结构光栅的光栅总长度进行调节，超结构光栅的反射峰的FWHM通过前述的比例关系、超结构光栅的光栅总长度进行调节，即超结构光栅的反射峰的反射率和FWHM都可以通过两个维度进行调节，反射峰的反射率决定了可调谐激光器的阈值和输出功率，反射峰的FWHM决定了激光器的选模特性，FWHM越小，边模抑制比越大。基于本申请实施例提供的可调谐激光器可以对反射率和FWHM分别进行优化，从而可以同时满足性能较好的反射率和FWHM。

结合第二方面，在第二方面的第一种可能的实现方式中，所述可调谐激光器，还包括：增益区和相位区，其中；所述反射区包括：第一反射镜和第二反射镜；所述增益区通过光波导分别和所述第一反射镜、所述相位区进行级联；所述相位区与所述增益区、所述第二反射镜相级联；所述增益区，用于产生光信号；所述相位区，用于对所述光信号进行相位调节，使所述可调谐激光器能够微调所述光信号的激射波长。通过可调谐激光器中的增益区和相位区可以分别实现光信号的产生以及相位调节，在微调光信号的激射波长之后通过反射区将光信号发射出去。

结合第二方面的第一种可能的实现方式，在第二方面的第二种可能的实现方式中，所述可调谐激光器，还包括：半导体光放大器 SOA 和光探测器 PD；所述第一反射镜通过光波导和所述 SOA 进行级联，所述第二反射镜通过光波导和所述 PD 进行级联；所述 SOA，用于对所述光信号进行功率放大；所述 PD，用于对所述光信号进行功率监测或功率衰减。通过可调谐激光器中的 SOA 和 PD 可以实现光信号的功率放大以及功率监测或功率衰减。

结合第二方面的第一种可能的实现方式，在第二方面的第三种可能的实现方式中，所述可调谐激光器，还包括：第一 SOA 和第二 SOA；所述第一反射镜通过光波导和所述第一 SOA 进行级联，所述第二反射镜通过光波导和所述第二 SOA 进行级联；所述第一 SOA，用于对所述第一反射镜射出的光信号进行功率放大；所述第二 SOA，用于对所述第二反射镜射出的光信号进行功率放大。可调谐激光器中第一反射镜和第二反射镜都可以连接一个 SOA，对每个反射镜射出的光信号进行功率放大，从而可以发射出功率更强的光信号。

结合第二方面，在第二方面的第四种可能的实现方式中，所述可调谐激光器，还包括：多模干涉 MMI 耦合器、增益区和相位区；所述反射区包括：第一反射镜和第二反射镜；所述 MMI 耦合器的一侧有一个端口，与所述相位区相连接，所述 MMI 耦合器的另一侧有两个端口，分别与所述第一反射镜和所述第二反射镜相连接；所述相位区两侧分别与增益区和 MMI 的一个端口相级联；所述增益区，用于产生光信号；所述相位区，用于对所述光信号进行相位调节，使所述可调谐激光器能够微调所述光信号的激射波长。MMI 耦合器用于将第一反射镜和第二反射镜反射回来的光一起耦合进相位区。有源增益区的禁带宽度较低，对应于可调谐激光器的目标输出波长，一般为多量子阱，当受到电注入时，将电能转化为光能，从而提供增益。

结合第二方面的第四种可能的实现方式，在第二方面的第五种可能的实现方式中，所述可调谐激光器，还包括：相位调整模块，其中，所述相位调整模块分别和所述 MMI 耦合器、所述第一反射镜连接，或所述相位调整模块分别和所述 MMI 耦合器、所述第二反射镜连接；所述相位调整模块，用于匹配所述第一反射镜的反射谱和所述第二反射镜的反射谱之间的相位。在第一反射镜或第二反射镜的 Y 分支臂上添加相位调整模块，用以匹配两反射镜反射谱的相位，这样第一反射镜或第二反射镜可以更好的通过 MMI 耦合器合波。

结合第二方面的第四种可能的实现方式，在第二方面的第六种可能的实现方式中，所述可调谐激光器，还包括：SOA 和 PD；所述第一反射镜具有第一端口，所述第二反射镜具有第二端口，所述增益区具有第三端口；所述第一端口连接有所述 SOA 或所述 PD，和/或所述第二端口连接有所述 SOA 或所述 PD，和/或所述第三端口连接有所述 SOA 或所述 PD；所述 SOA，用于对所述光信号进行功率放大；所述 PD，用于对所述光信号进行功率监测或

功率衰减。第一反射镜、第二反射镜和增益区中至少有一个端口可以通过光波导连接 SOA，第一反射镜、第二反射镜和增益区中可以通过光波导连接 PD，可调谐激光器通过集成的 SOA 和 PD 可以分别实现光信号的功率放大以及功率监测或功率衰减。

5 结合第二方面或第二方面的第一种可能、第二种可能或第三种可能或第四种可能或第五种可能或第六种可能的实现方式，在第二方面的第七种可能的实现方式中，所述反射区，包括：加热单元、传输层、反射镜、上阻挡层、牺牲层、下阻挡层和衬底层，其中，所述加热单元，位于所述传输层的上方；所述传输层，位于所述牺牲层上方，从上到下依次包括：上包层、波导层和下包层；所述反射镜，位于所述传输层中，所述反射镜用于通过前述第一方面中任一项所述的超结构光栅对光信号进行调谐；所述上阻挡层，位于所述传输层和所述牺牲层之间；所述牺牲层，位于所述上阻挡层和下阻挡层之间，所述牺牲层内形成有保护结构，所述保护结构与层间区域形成中空结构，所述层间区域包括：所述传输层与所述衬底层之间的区域；所述下阻挡层，位于所述牺牲层和所述衬底层之间；所述衬底层，位于所述牺牲层的下方。可调谐激光器中的反射区可以采用中空结构进行热调谐，提高超结构光栅的热调谐效率。

15 结合第二方面的第七种可能的实现方式，在第二方面的第八种可能的实现方式中，所述中空结构为完全空心；所述反射镜所在区域的传输层与两侧传输层材料之间具有空隙，在所述空隙之间、所述中空结构之上形成悬空结构；所述空隙沿着波导方向周期性排布，所述空隙贯穿所述上包层、所述波导层、所述下包层和所述上阻挡层之后到达所述中空结构所在区域，相邻的所述空隙之间有支撑结构，用于对所述悬空结构提供侧向机械支撑，所述支撑结构沿波导方向的长度周期不等于所述超结构光栅的调制函数的周期。为了在热调谐时不牺牲光栅反射谱的性能，腐蚀窗口之间的区域是悬空结构的支撑区域，腐蚀窗口之间的区域与超结构光栅调制函数的峰或者谷不对齐，即只要峰不对齐，或者谷不对齐即可，最左端与最右端的两个腐蚀窗口用来避免温度在两侧过低。

25 结合第二方面的第七种可能的实现方式，在第二方面的第九种可能的实现方式中，所述反射镜所在区域的传输层与两侧传输层材料之间完全隔离开形成空隙，所述空隙贯穿所述上包层、所述波导层、所述下包层和所述上阻挡层之后到达所述中空结构所在区域，在所述中空结构上方、所述空隙之间形成悬空结构；所述牺牲层中底部没有被完全腐蚀，所述牺牲层保留有底部支撑结构，所述底部支撑结构用于对所述悬空结构形成支撑。可调谐激光器中的反射区可以采用悬空结构进行热调谐，提高超结构光栅的热调谐效率。

30 结合第二方面的第九种可能的实现方式，在第二方面的第十种可能的实现方式中，所述底部支撑结构沿波导方向的长度周期不等于所述超结构光栅的调制函数的周期。

35 结合第二方面的第七种可能的实现方式，在第二方面的第十一种可能的实现方式中，所述超结构光栅位于所述反射镜所在区域的传输层中的上包层的下半部分；或，所述超结构光栅位于所述反射镜所在区域的传输层中的下包层的上半部分；或，所述超结构光栅位于所述反射镜所在区域的波导层；或，所述超结构光栅位于所述反射镜所在区域的传输层中的上包层和波导层中各存在一部分；或，所述超结构光栅位于所述反射镜所在区域的传输层中的下包层和波导层中各存在一部分。反射镜位于上包层中，用于调谐光信号的波长，不限的是，反射镜还可以位于下包层中，或者位于波导层中，或者位于上包层和波导层两

个层中，或者位于下包层和波导层两个层中，具体实现方式有多种，此处仅作说明。光信号在上包层、下包层、波导层中传播，超结构光栅放在这些位置才能对光信号进行反射。

结合第二方面的第七种可能的实现方式，在第二方面的第十二种可能的实现方式中，所述波导层的折射率高于上包层的折射率和下包层的折射率。因此光信号在波导层中传播时会形成全反射，这样可以将光能量尽可能限制在波导层中，从而波导层可以提供光信号的低损耗传播通道，减少光信号传播的损耗。

结合第二方面的第七种可能至第十二种可能的实现方式，在第二方面的第十三种可能的实现方式中，所述反射区，还包括：磷化铟 InP 缓冲层，其中，所述下阻挡层，位于所述牺牲层和所述 InP 缓冲层之间；所述 InP 缓冲层，位于所述下阻挡层和所述衬底层之间。InP 缓冲层主要作用是提供晶体质量更好的 InP 材料，为其它层材料提供更好的材料基础。

附图说明

图 1 为现有技术中超结构光栅的调制函数进行 2 级离散化后的效果图；

图 2 为现有技术中 2 级离散化处理后的超结构光栅的反射峰的反射率、FWHM 分别与 SSG 总长度的关系示意图；

图 3 为本申请一个实施例中超结构光栅的调制函数进行 3 级离散化处理后的效果图；

图 4 为本申请一个实施例中的 3 级离散化处理后的超结构光栅的结构图；

图 5 为本申请的一个实施例中的 3 级离散化处理后的超结构光栅的反射率与光栅总长度、调制函数中 0 的部分占光栅总长度比例的关系示意图；

图 6 为本申请的一个实施例中的 3 级离散化处理后的超结构光栅的 FWHM 与光栅总长度、调制函数中 0 的部分占光栅总长度比例的关系示意图；

图 7 为本申请一个实施例提供的可调谐激光器的组成结构示意图；

图 8 为本申请另一个实施例提供的可调谐激光器的组成结构示意图；

图 9 为本申请另一个实施例提供的可调谐激光器的组成结构示意图；

图 10 为本申请另一个实施例提供的可调谐激光器的组成结构示意图；

图 11 为本申请的一个实施例提供的可调谐激光器的悬空结构反射镜俯视图；

图 12 为本申请的一个实施例提供的沿图 11 中 3'-3' 位置的可调谐激光器的截面图；

图 13 为本申请的一个实施例提供的沿图 11 中 4'-4' 位置的可调谐激光器的截面图；

图 14 为本申请的一个实施例提供的可调谐激光器包括的底部支撑结构俯视图；

图 15 为本申请的一个实施例提供的沿图 14 中 3-3 位置的可调谐激光器的截面图；

图 16 为本申请的一个实施例提供的沿图 14 中 1-1 位置的可调谐激光器的截面图；

图 17 为本申请的一个实施例提供的沿图 14 中 2-2 位置的可调谐激光器的截面图。

具体实施方式

本申请实施例提供了一种对超结构光栅的反射峰的反射率和 FWHM 分别独立进行优化，同时满足性能较好的反射率和 FWHM。

下面结合附图，对本申请的实施例进行描述。

本申请的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象，而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的术语在适当情况下可以互换，这仅仅是描述本申请的实施例中对相同属性的对象在描述时所采用的区分方式。此外，术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形，意图在于覆盖不排除的包含，
5 以便包含一系列单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于那些单元，而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它单元。

产生激光的三个条件是：实现粒子数反转、满足阈值条件和谐振条件。产生激光的首要条件是粒子数反转，在半导体中就是要把价带内的电子抽运到导带，为了获得粒子数反转，通常采用重掺杂的 P 型和 N 型材料构成 PN 结，这样，在外加电压作用下，在结区附近
10 就出现了粒子数反转，在高费米能级中贮存着电子，而在低费米能级中贮存着空穴，当然还有很多其它产生粒子数反转的方法。实现粒子数反转是产生激光的必要条件，但不是充分条件，要产生激光，还要有损耗极小的谐振腔，传统谐振腔的主要部分是两个互相平行的反射镜，受激辐射光在两个反射镜之间来回反射，不断引起新的受激辐射，使受激辐射光不断被放大。只有受激辐射放大的增益大于激光器内的各种损耗，即满足一定的阈值条
15 件才能在输出端产生加强干涉，输出稳定激光。谐振条件指的是谐振腔的长度 L 和折射率 N 确定以后，只有特定频率的光才能形成光振荡，输出稳定的激光，这说明谐振腔对输出的激光有一定的选频作用。

单片集成半导体可调谐激光器通常由磷化铟 (Indium Phosphide, InP) 衬底上的增益区和无源区对接而成，其平面示意图如图 7 所示，包括反射区、增益区和相位调节区，该
20 反射区可包括：第一反射镜和第二反射镜。其中，增益区的禁带宽度较低，当受到电注入时，将电能转化为光能，从而提供增益；无源区在结构上主要包括反射镜，无源区的禁带宽度比激光波长的光子能量更高，对激光的吸收小，因此能提供很低的吸收损耗。为了覆盖整个 C 波段 (约 40nm 范围)，通常会利用两个反射镜的“游标效应”来扩大调谐范围，由于两个反射镜通常位于增益区的前面和后面，所以通常被分别称为前反射镜和后反射镜，
25 可以认为两个反射镜是等价的，名称可以互换。此外，无源区还可以包含一个相位调节区，用于对谐振腔内的有效光程进行细调从而改变激光器输出波长。

可调谐激光器的两个反射镜都有梳状反射光谱，具有多个反射峰，反射峰是可以调节的，通过调节反射峰可以调节激光器的输出波长。现有技术中反射峰的反射率和 FWHM 只与超结构光栅的光栅总长度有关，如图 2 所示，现有技术中超结构光栅的光栅总长度决定了
30 反射峰的反射率与 FWHM，一种超结构光栅的光栅总长度对应一种特定的反射率与 FWHM，即反射峰的反射率与 FWHM 一一对应，因此无法分别对反射率和 FWHM 进行独立优化，以取得性能较好的 FWHM 和反射率。本发明实施例中通过对调制函数的高级离散，使得反射峰的反射率和 FWHM 可以通过两个维度进行调节，使得反射率和 FWHM 可以分别独立进行优化，从而可以同时满足性能较好的反射率和 FWHM。

本申请的一个实施例首先提供一种超结构光栅，这种超结构光栅通过调制函数对均匀光栅在空间上进行幅度和相位调制从而形成梳妆反射谱，调制函数通过 N 个阈值进行离散化处理得到 (N+1) 个调制函数离散值，N 为大于或等于 2 的正整数；

(N+1) 个调制函数离散值中每个调制函数离散值对应于一段折射率均匀不变的光波导

或对应于一均匀光栅，均匀光栅为高折射率和低折射率交替变化的光波导；

超结构光栅的反射峰的反射率通过 $(N+1)$ 个调制函数离散值中的至少一个调制函数离散值所对应的光波导长度占超结构光栅的光栅总长度的比例关系、超结构光栅的光栅总长度进行调节；

5 超结构光栅的反射峰的 FWHM 通过前述的比例关系、超结构光栅的光栅总长度进行调节。

其中，超结构光栅的调制函数通过 N 个阈值进行离散化处理后得到 $(N+1)$ 个调制函数离散值，即对超结构光栅的调制函数进行 N 级离散化处理后，可以得到 $(N+1)$ 个调制函数离散值。例如，本申请实施例中可以选取 2 个阈值对超结构光栅的调制函数进行 3 级离散化处理后可以得到 3 个调制函数离散值，这与现有技术中只选取 1 个阈值对调制函数进行 2 级离散后得到 2 个调制函数离散值完全不同，接下来以 N 的取值为 2 对本申请实施例提供的超结构光栅进行举例说明。

10 本申请实施例提供的超结构光栅可以实现分别对反射峰的反射率和 FWHM 进行优化，3 级离散后可以得到 3 个调制函数离散值，如下公式为调制函数离散值 $Profile_D(z)$ 的表达式：

$$Profile_D(z) = \begin{cases} 1, Profile(z) > Threshold1 \\ 0, Threshold2 < Profile(z) \leq Threshold1 \\ -1, Profile(z) \leq Threshold2 \end{cases}$$

其中， $Threshold1$ 和 $Threshold2$ 为两个阈值，本申请实施例中使用这两个阈值对调制函数 $Profile(z)$ 进行 3 级离散化处理后可以得到 3 个调制函数离散值，如图 3 所示，为本申请一个实施例中超结构光栅的调制函数进行 3 级离散化处理后的效果图。离散后的调制函数有 1, 0, -1 三个数值，这样调制函数作用在均匀光栅上之后，1 与 -1 对应的超结构光栅部分依旧只有高折射率 n_h 与低折射率 n_l 两个值，0 对应的超结构光栅部分只有高折射率 n_h 。均匀光栅是高折射率 n_h 与低折射率 n_l 交替出现，高折射率 n_h 与低折射率 n_l 的界面处有反射。如图 4 所示，为本申请一个实施例中 3 级离散化处理后的超结构光栅的结构图。当调制函数为 1 或者 -1 时，超结构光栅为高折射率 n_h 与低折射率 n_l 交替出现，与均匀光栅一样。当调制函数为 0 时，超结构光栅全部为高折射率 n_h ，这样有效反射面就会减少。因此通过控制调制函数 0 所占的比例，就可以优化超结构光栅的反射峰的反射率了。如图 4 所示，超结构光栅的形貌被放大后可见，阴影部分为低折射率部分，当调制函数等于 0 时，超结构光栅只有高折射率 n_h 。

30 对于 3 级离散的超结构光栅可以通过调节离散后调制函数中 0 的部分占超结构光栅的光栅总长度的比例，再结合超结构光栅的光栅总长度一起来调节光栅的反射率与 FWHM。如图 5 和图 6 所示，图 5 为本申请的一个实施例中 3 级离散化处理后的超结构光栅的反射率与光栅总长度、调制函数中 0 的部分占光栅总长度比例的关系示意图，图 6 为本申请的一个实施例中 3 级离散化处理后的超结构光栅的 FWHM 与光栅总长度、调制函数中 0 的部分占光栅总长度比例的关系示意图，图 5 和图 6 中分别有五条线，每条线对应不同光栅总长度的超结构光栅。将“调制函数 0 对应的光波导所占光栅总长度的比例”简称为“调制函数中 0 所占的比例”，调制函数为 0 时，超结构光栅全部为 n_h ，这样有效反射面就会减少，通

过控制调制函数 0 对应的光波导所占光栅总长度的比例，就可以优化超结构光栅的反射率了，若光栅总长度越长，反射率也越大。对于 FWHM，光栅总长度越长，FWHM 越小，调制函数离散值 0 所占的比例越大，FWHM 越小。这样超结构光栅的反射率和 FWHM 都分别和光栅总长度、调制函数离散值 0 所占的比例相关。这样便有两个应变变量（光栅总长度、调制函数离散值 0 所占的比例）可以分别优化超结构光栅的反射峰的反射率和 FWHM。如图 5 和图 6 所示，超结构光栅的反射率和 FWHM 都与光栅总长度以及调制函数中 0 的比例同时相关，即反射率与光栅总长度、调制函数中 0 的比例相关，FWHM 与光栅总长度、调制函数中 0 的比例相关。由于引入了调制函数离散值对应的光波导长度占光栅总长度的比例关系作为设计自由度，超结构光栅的反射率与 FWHM 可以被分别进行优化，比如光栅总长度为 294um，
5 调制函数中“0”占光栅总长度的比例为 0.3 时，可以取得反射峰的反射率 $R=0.2$ ，
10 FWHM=1.08nm 的超结构光栅。当超结构光栅的光栅总长度为 412um，调制函数中“0”占光栅总长度的比例为 0.6 时，可以取得 $R=0.2$ ，FWHM=0.77nm 的超结构光栅。

在本申请的一个实施例中，当 N 的取值为 2 时，调制函数进行离散化处理得到 3 个调制函数离散值，3 个调制函数离散值有一个调制函数离散值对应一段折射率均匀不变的光波导，3 个调制函数离散值中其余两个调制函数离散值分别对应于一段均匀光栅，通过对超结构光栅的 3 级离散化处理可以得到分别对应于折射率均匀不变的光波导和均匀光栅的 3 个调制函数离散值，超结构光栅的反射峰的反射率通过 3 个调制函数离散值中有一个调制函数离散值所对应的折射率均匀不变的光波导长度占超结构光栅的光栅总长度的比例关系、超结构光栅的光栅总长度进行调节反射峰的反射率、FWHM，从而实现对反射率和 FWHM 的同时优化。举例说明如下，3 个调制函数离散值包括：第一数值、第二数值和第三数值，其中，第一数值对应于一段均匀光栅，第二数值对应一段折射率均匀不变的光波导，第三数值对应于一段均匀光栅。该第一数值、第三数值可以分别为图 3 所示的调制函数离散值 1 和 -1，第二数值可以为图 3 所示的调制函数离散值 0。
15

在本申请的一个实施例中，(N+1) 个调制函数离散值中存在两个调制函数离散值对应于同一种的均匀光栅，通过控制调制函数中各个调制函数离散值对应的光波导所占光栅总长度的比例，就可以优化超结构光栅的反射率了。举例说明，如图 3 所示，调制函数离散值 0 对应的光波导部分只有高折射率或低折射率，从而在调制函数的取值为调制函数离散值 0 时超结构光栅不会形成反射界面。
25

在本申请的一个实施例中，当相邻的调制函数离散值的正负号不同或者相邻的调制函数离散值中有一个离散值为零时，相邻的调制函数离散值分别对应的光波导之间加入有相移，当调制函数的符号发生变化时在光波导之间切入相移，从而使得超结构光栅的反射谱更平坦，提高超结构光栅的反射性能。
30

需要说明的是，在本申请的前述实施例以及附图中以 N 的取值为 2 对超结构光栅的调制函数进行 3 级离散化处理为例进行了说明，不限的是，本申请实施例提供的超结构光栅的调制函数也可以进行 4 级离散化处理，或者更高级的离散化处理，超结构光栅可以采用更多的阈值，对调制函数进行大于等于 4 级等更高级别的离散化处理。举例说明如下，在对超结构光栅进行 3 级离散化处理的示例说明中，调制函数为 1，-1 或者 0 实质上对应了超结构光栅中对均匀光栅的不同调制形式，以 4 级离散为例，调制函数离散值可以取 1、
35

0.5、-0.5、-1，其中各个调制函数离散值的具体取值可以根据应用场景来配置，只需要将各个调制函数离散值与各个取值均匀不变的光波导或均匀光栅的对应调制形式配置好即可，比如“1”“-1”对应于第1种均匀光栅，0.5或者-0.5对应于第2种均匀光栅，当调制函数离散值的正负号变化时引入相移。对于5级离散或者更高级别离散，调制函数离散值可以取1、0.5、0、-0.5、-1等等，比如“1”“-1”依旧对应第1种均匀光栅，0.5或者-0.5时对应于第2种均匀光栅，0对应于折射率均匀不变的光波导，当相邻的调制函数离散值的正负号不同或者相邻的调制函数离散值中有一个离散值为零时引入相移。

通过前述实施例对本申请的举例说明可知，超结构光栅通过调制函数对均匀光栅在空间上进行幅度和相位调制从而形成梳妆反射谱，该调制函数通过N个阈值进行离散化处理得到(N+1)个调制函数离散值，N为大于或等于2的正整数，其中，(N+1)个调制函数离散值中每个调制函数离散值对应于一段折射率均匀不变的光波导或对应于一段均匀光栅，均匀光栅为高折射率和低折射率交替变化的光波导。通过将调制函数进行离散化得到(N+1)个调制函数离散值，超结构光栅的反射峰的反射率通过(N+1)个调制函数离散值中的至少一个调制函数离散值所对应的光波导长度占超结构光栅的光栅总长度的比例关系、超结构光栅的光栅总长度进行调节，超结构光栅的反射峰的FWHM通过前述的比例关系、超结构光栅的光栅总长度进行调节，即超结构光栅的反射峰的反射率和FWHM都可以通过两个维度进行调节，反射峰的反射率决定了可调谐激光器的阈值和输出功率，反射峰的FWHM决定了激光器的选模特性，FWHM越小，边模抑制比越大。基于本申请实施例提供的可调谐激光器可以对反射率和FWHM分别进行优化，从而可以同时满足性能较好的反射率和FWHM。

前述实施例介绍本申请提供的超结构光栅，接下来说明本申请提供的一种可调谐激光器，该可调谐激光器包括：反射区，其中，反射区，用于通过前述实施例中的超结构光栅对光信号进行调谐，即本申请实施例还提供基于前述的超结构光栅的可调谐激光器。在本申请实施例提供的可调谐激光器中，通过将调制函数进行离散化得到(N+1)个调制函数离散值，超结构光栅的反射峰的反射率通过(N+1)个调制函数离散值中的至少一个调制函数离散值所对应的光波导长度占超结构光栅的光栅总长度的比例关系、超结构光栅的光栅总长度进行调节，超结构光栅的反射峰的FWHM通过前述的比例关系、超结构光栅的光栅总长度进行调节，即超结构光栅的反射峰的反射率和FWHM都可以通过两个维度进行调节，反射峰的反射率决定了可调谐激光器的阈值和输出功率，反射峰的FWHM决定了激光器的选模特性，FWHM越小，边模抑制比越大。基于本申请实施例提供的可调谐激光器可以对反射率和FWHM分别进行优化，从而可以同时满足性能较好的反射率和FWHM。

在本申请的一个实施例中，请参阅图7所示，可调谐激光器，除了包括反射区，该可调谐激光器还包括：增益区和相位区，其中：

反射区包括：第一反射镜和第二反射镜；

增益区通过光波导分别和第一反射镜、相位区进行级联；

相位区与增益区、第二反射镜相级联；

增益区，用于产生光信号；

相位区，用于对光信号进行相位调节，使可调谐激光器能够微调光信号的激射波长。

其中，本申请前述实施例提供的超结构光栅可以设置在第一反射镜中，也可以设置在

第二反射镜中，如图 7 所示，第一反射镜和第二反射镜的位置可以互换，例如第一反射镜为后反射镜，第二反射镜为前反射镜。通过可调谐激光器中的增益区和相位区可以分别实现光信号的产生以及相位调节，在微调光信号的激射波长之后通过反射区将光信号发射出去。

5 如图 7 所示，为单片集成可调谐激光器的原理图，由增益区、第一反射镜、第二反射镜和相位区四段组成。其中，增益区位于有源区，增益区的禁带宽度较低，一般为多量子阱，当受到电注入时，将电能转化为光能，从而提供增益。第一反射镜和第二反射镜是等价的，可以互换，第一反射镜和第二反射镜的反射谱对波长具有选择性，用来进行波长调谐，第一反射镜和第二反射镜包括前述超结构光栅，反射镜产生的反射谱为梳妆反射谱，
10 第一反射镜和第二反射镜的梳妆反射谱的自由光谱范围有一定差，然后两反射镜通过游标效应来放大调谐范围。相位区提供相位调节，使激光器可以微调激射波长，光在增益区产生，由第一反射镜和第二反射镜反射形成谐振产生激光，再从第一反射镜和第二反射镜透射，出射激光。第一反射镜、第二反射镜和相位区都位于无源区，无源区的禁带宽度比激光波长的光子能量更高，对光子的吸收非常小，无源区可以通过刻蚀再生长技术将有源区的 MQW 刻蚀掉，再通过二次外延将禁带宽度更大的化合物制造而来。其中，第一反射镜和
15 第二反射镜都可以采用前述实施例中所描述的超结构光栅第一反射镜和第二反射镜的反射谱对波长具有选择性，用来进行波长调谐。相位区、第一反射镜和第二反射镜都可以通过电注入，或者改变热注入，或其他等效方法来改变波导的折射率进行波长调谐。

在本申请的另一个实施例中，请参阅图 8 所示，可调谐激光器，还包括：半导体光放大器 (Semiconductor Optical Amplifier, SOA) 和光探测器 (Photo Detector, PD)；
20 第一反射镜通过光波导和 SOA 进行级联，第二反射镜通过光波导和 PD 进行级联；
SOA，用于对光信号进行功率放大；
PD，用于对光信号进行功率监测或功率衰减。

如图 8 所示，第一反射镜和第二反射镜的位置可以互换，通过可调谐激光器中的 SOA
25 和 PD 可以实现光信号的功率放大以及功率监测或功率衰减，需要说明的是，可调谐激光器左端或者右端可以分别集成 SOA 来进行功率放大，或者可调谐激光器左端或者右端可以分别集成 PD 进行功率监测或功率衰减。

在本申请的另一个实施例中，可调谐激光器，还包括：第一 SOA 和第二 SOA；
第一反射镜通过光波导和第一 SOA 进行级联，第二反射镜通过光波导和第二 SOA 进行
30 级联；

第一 SOA，用于对第一反射镜射出的光信号进行功率放大；

第二 SOA，用于对第二反射镜射出的光信号进行功率放大。

其中，可调谐激光器中第一反射镜和第二反射镜都可以连接一个 SOA，对每个反射镜射出的光信号进行功率放大，从而可以发射出功率更强的光信号。

35 在本申请的一个实施例中，请参阅图 9 所示，可调谐激光器，还包括：多模干涉 (Multi-mode Interference, MMI) 耦合器、增益区和相位区；

反射区包括：第一反射镜和第二反射镜；

MMI 耦合器的一侧有一个端口，与相位区相连接，MMI 耦合器的另一侧有两个端口，分

别与第一反射镜和所述第二反射镜相连接。

相位区两侧分别与增益区和 MMI 的一个端口相级联；

增益区，用于产生光信号；

5 相位区，用于对光信号进行相位调节，使可调谐激光器能够微调所述光信号的激光波长。

其中，本申请一个实施例提供的可调谐激光器包括：增益区、相位区、MMI 耦合器、第一反射镜和第二反射镜，MMI 耦合器为 1x2 耦合器，一侧有一个端口，与相位区相联接，另一侧有两个端口，分别第一于反射镜和第二反射镜相联接。相位区与增益区和 MMI 相级联。MMI 耦合器用于将第一反射镜和第二反射镜反射回来的光一起耦合进相位区。有源增益区的禁带宽度较低，对应于可调谐激光器的目标输出波长，一般为多量子阱，当受到电注入时，将电能转化为光能，从而提供增益。第一于反射镜和第二反射镜可以认为是等价的，名称可以互换，第一反射镜和第二反射镜的反射谱对波长具有选择性，用来进行波长调谐，例如第一于反射镜和第二反射镜包括前述超结构光栅为梳妆反射谱，两个反射镜的梳妆反射谱的自由光谱范围有一定差，第一于反射镜和第二反射镜反射回激光器谐振腔的激光通过 MMI 合波，再通过相加式游标效应来放大调谐范围。相位区提供相位调节，使激光器可以微调激光波长，第一反射镜、第二反射镜和相位区都位于无源区。相位区、第一反射镜和第二反射镜都可以通过电注入，或者改变热注入，或其他等效方法来改变波导的折射率进行波长调谐。

在本申请的一个实施例中，请参阅图 10 所示，相对于图 9 所示的可调谐激光器，该可调谐激光器还包括：相位调整模块，其中，

相位调整模块分别和 MMI 耦合器、第一反射镜连接，或相位调整模块分别和 MMI 耦合器、第二反射镜连接；

相位调整模块，用于匹配第一反射镜的反射谱和第二反射镜的反射谱之间的相位。

其中，在第一反射镜或第二反射镜的 Y 分支臂上添加相位调整模块，用以匹配两反射镜反射谱的相位，这样第一反射镜或第二反射镜可以更好的通过 MMI 耦合器合波，图 10 中以相位调整模块设置在第一反射镜上为例进行示意说明。

在本申请的一个实施例中，可调谐激光器，还包括：SOA 和 PD；

第一反射镜具有第一端口，第二反射镜具有第二端口，增益区具有第三端口；

第一端口连接有 SOA 或 PD，和/或第二端口连接有 SOA 或 PD，和/或第三端口连接有 SOA 或 PD。

其中，第一反射镜、第二反射镜和增益区中至少有一个端口可以通过光波导连接 SOA，第一反射镜、第二反射镜和增益区中可以通过光波导连接 PD，可调谐激光器通过集成的 SOA 和 PD 可以分别实现光信号的功率放大以及功率监测或功率衰减。举例说明如下，增益区左端为端口 1，第一反射镜右端为端口 2，第二反射镜右端为端口 3，三个端口任何其一可以集成 SOA 来对输出光功率进行放大，或集成 PD 进行功率监测或功率衰减。

在本申请的一个实施例中，请参阅图 11 所示，为本申请的一个实施例提供的可调谐激光器的悬空结构反射镜俯视图。图 11 中说明了可调谐激光器的悬空结构反射镜区域原理，P1 至 P7 分别为 1 个光栅调制函数周期，在光波导的上方和下方分别有 1 至 6 的腐蚀窗口，

相邻两个腐蚀窗口之间为支撑区域。1号窗口左侧和6号窗口右侧分别有一个辅助窗口，用来避免反射区在P1的最左端或者P7的最右端温度过于小。

如图12所示，为本申请的一个实施例提供的沿图11中3'-3'位置的可调谐激光器的截面图，如图13所示，为本申请的一个实施例提供的沿图11中4'-4'位置的可调谐激光器的截面图。可调谐激光器的反射区，包括：加热单元、传输层、反射镜、上阻挡层、牺牲层、下阻挡层和衬底层，其中，

加热单元，位于传输层的上方；

传输层，位于牺牲层上方，从上到下依次包括：上包层、波导层和下包层；

反射镜，位于传输层中，反射镜用于通过前述权利要求1至4中任一项的超结构光栅对光信号进行调谐；

上阻挡层，位于传输层和牺牲层之间；

牺牲层，位于上阻挡层和下阻挡层之间，牺牲层内形成有保护结构，保护结构与层间区域形成中空结构，层间区域包括：传输层与衬底层之间的区域；

下阻挡层，位于牺牲层和衬底层之间；

衬底层，位于下阻挡层的下方。

在本申请的一些实施例中，反射区，还包括：InP缓冲层，其中，下阻挡层，位于牺牲层和InP缓冲层之间；InP缓冲层，位于下阻挡层和衬底层之间。

其中，可调谐激光器中的反射区可以采用悬空结构进行热调谐，提高超结构光栅的热调谐效率。图11所示为具有悬空结构的反射区域原理图，图12和图13分别是图12中3'-3'、4'-4'截面的示意图。如图12图13所示，反射区从材料结构上，从下到上依次包括：衬底层、下阻挡层、牺牲层、上阻挡层、下包层、波导层、上包层、介质层、加热层。高级离散的超结构光栅分布在波导层与上包层的界面处，图12中黑白相间部分所示为包含超结构光栅的反射镜。其中，衬底层是半导体晶体需要在晶体衬底基础上生长的层，衬底层位于下阻挡层之下。若反射区中还设置有InP缓冲层，则该InP缓冲层位于下包层和衬底层之间，用于提供晶体质量更好的InP材料，为其它层材料提供更好的材料基础。上包层、波导层、和下包层位于介质层和InP缓冲层之间，用于为光信号提供低损耗的传输通道。介质层用来防止加热器的电流泄漏到上包层中，加热器可以通过电流产生热量，加热层用来改变反射镜区的温度，加热单元用于给反射镜提供热量，可以采用加热电阻，电流流经加热电阻，就可以改变加热电阻的温度，加热器往下的几个箭头，表示热流的方向。波导层采用镓砷磷（Indium Gallium Arsenide Phosphide, InGaAsP）材料。在图12中牺牲层的左右两边为保护结构，保护结构沿着光信号在波导层中的传播方向位于下阻挡层的上表面的两侧。

在本申请的一个实施例中，中空结构为完全空心；反射镜所在区域的传输层与两侧传输层材料之间具有空隙，在空隙之间、中空结构之上形成悬空结构；空隙沿着波导方向周期性排布，空隙贯穿上包层、波导层、下包层和上阻挡层之后到达中空结构所在区域，相邻的空隙之间有支撑结构，用于对悬空结构提供侧向机械支撑，支撑结构沿波导方向的长度周期不等于超结构光栅的调制函数的周期。图11中所示的光波导两侧有一些周期性虚线框，光波导包含波导层，由波导层和上下包层一起组成，虚线框内的区域是制备工艺过程

中用来刻蚀牺牲层材料的窗口，刻蚀剂通过反射镜两侧的窗口，分别刻蚀反射镜下方的牺牲层材料，一直到达中空结构区域。中空结构上方、光波导两侧窗口之间的区域形成如图 12 和图 13 所示的悬空结构，图 12 中牺牲层中左右两个保护结构之间的区域为中空结构，空隙从介质层一直向下贯穿上包层、波导层、下包层和上阻挡层之后到达中空结构所在区域。同时为了在热调谐时不牺牲光栅反射谱的性能，腐蚀窗口之间的区域是悬空结构的支撑区域。提供侧向机械支撑的支撑结构沿波导方向的长度周期不等于超结构光栅的调制函数的周期，从而在热调谐时有利于避免超结构光栅的反射谱的平坦性恶化，从而有利于避免可调激光器性能的恶化。

支撑结构沿波导方向的长度周期不等于超结构光栅的调制函数的周期，可以包括如下情形：侧向支撑结构与超结构光栅的调制函数空间周期内的任意一个特定的波峰或波谷相错位，可以提高超结构光栅的反射平坦性。调制函数空间周期内的波峰是指调制函数空间周期内的极大值，调制函数空间周期内的波谷是指调制函数空间周期内的极小值。

需要说明的是，图 11 中 1 号窗口左侧和 6 号窗口右侧分别有一个辅助窗口，用来避免反射区在 P1 的最左端或者 P7 的最右端温度过于小。

需要说明的是，本申请的实施例中反射区也可以不设置 InP 缓冲层，此时下阻挡层直接位于衬底层上。

需要说明的是，图 11 所示的开口是为了帮助本领域技术人员更好地理解本发明实施例，而非要限制本发明实施例的范围。本领域技术人员根据所给出的图 11 的例子，显然可以对开口的形状进行各种等价的修改或变化，这样的修改或变化也落入本发明实施例的范围内。

在本申请的另一个实施例中，如图 14 所示，为本申请的一个实施例提供的可调谐激光器包括的底部支撑结构俯视图。刻蚀剂由空隙进入对牺牲层进行腐蚀，形成中空结构。反射镜所在区域的传输层与两侧传输层材料之间完全隔离形成空隙，空隙贯穿上包层、波导层、下包层和上阻挡层之后到达中空结构所在区域，在中空结构上方、空隙之间形成悬空结构。悬空结构下方的牺牲层没有被完全腐蚀，牺牲层保留有底部支撑结构，底部支撑结构用于对悬空结构形成支撑。可调谐激光器中的反射区可以采用悬空结构进行热调谐，提高超结构光栅的热调谐效率。图 14 所示为具有悬空结构的反射区域原理图，图 15 为本申请的一个实施例提供的沿图 14 中 3-3 位置的可调谐激光器的截面图，从图 14 中 3-3 位置做截面可以看出，未被腐蚀的区域提供底部支撑结构，图 16 为本申请的一个实施例提供的沿图 14 中 1-1 位置的可调谐激光器的截面图，该图 16 类似于图 13，图 17 为本申请的一个实施例提供的沿图 14 中 2-2 位置的可调谐激光器的截面图，该可调谐激光器的牺牲层未被完全蚀刻，保留有底部支撑结构，从而对中空结构提供底部支撑。

如图 14 所示光波导两侧有一些周期性虚线框，虚线框内的区域，是制备工艺过程中用来刻蚀牺牲层材料的窗口，刻蚀剂通过反射镜两侧的窗口，分别刻蚀反射镜下方的牺牲层材料，以形成悬空结构。与前述图 11 实施例的不同在于，图 11 利用侧向支撑结构对悬空结构进行侧向机械支撑。如图 17 所示，本实施例中悬空结构下方的牺牲层没有完全腐蚀完，形成一些柱子，本实施例正是利用悬空结构底部的柱子对悬空结构进行底部支撑。

底部支撑结构沿波导方向的长度周期不等于超结构光栅的调制函数的周期，从而在热调谐

时有利于避免超结构光栅的反射谱的平坦性恶化，从而有利于避免可调激光器性能的恶化。

底部支撑结构沿波导方向的长度周期不等于超结构光栅的调制函数的周期，具体可以包括如下情形：底部支撑结构与超结构光栅的调制函数空间周期内的任意一个特定的波峰或波谷相错位，可以提高超结构光栅的反射平坦性。调制函数空间周期内的波峰是指调制函数空间周期内的极大值，调制函数空间周期内的波谷是指调制函数空间周期内的极小值。

在本申请的一个实施例中，超结构光栅位于反射镜所在区域的传输层中的上包层的下半部分；或，

超结构光栅位于反射镜所在区域的传输层中的下包层的上半部分；或，

超结构光栅位于反射镜所在区域的传输层中的波导层；或，

超结构光栅位于反射镜所在区域的传输层中的上包层和波导层中各存在一部分；或，

超结构光栅位于反射镜所在区域的传输层中的下包层和波导层中各存在一部分。

其中，在图 12 和图 13 中，反射镜位于上包层中，用于调谐光信号的波长，不限的是，反射镜还可以位于下包层中，或者位于波导层中，或者位于上包层和波导层两个层中，或者位于下包层和波导层两个层中，具体实现方式有多种，此处仅作说明。光信号在上包层、下包层、波导层中传播，超结构光栅放在这些位置才能对光信号进行反射。

在本申请的一个实施例中，波导层的折射率高于上包层的折射率和下包层的折射率。因此光信号在波导层中传播时会形成全反射，这样可以将光能量尽可能限制在波导层中，从而波导层可以提供光信号的低损耗传播通道，减少光信号传播的损耗。

对于本申请实施例提供的可调谐激光器而言，光栅反射峰的反射率决定了可调谐激光器的阈值，输出功率等特性，光栅反射峰的 FWHM 决定了激光器的选模特性（FWHM 定义反射峰的锐度），理论上 FWHM 越小，边模抑制比越大，较为理想的方式是对两者分别进行优化。本申请实施例提出了 3 级离散甚至更高级别离散的超结构光栅，通过调节光栅的长度以及调制函数离散值对应的光波导占超结构光栅的光栅总长度的比例来分别优化反射峰的反射率以及 FWHM。这样可以同时让激光器的阈值、输出功率与激光器的边模抑制比达到最优。本申请的实施例同时提出了基于高级离散光栅的多种可调谐激光器，以及提高高级离散光栅热调谐效率的反射镜结构，通过刻蚀牺牲层形成悬空结构来提高调谐效率，底部支撑结构用来对悬空结构提供机械支撑，从而保证悬空结构在可调谐激光器中的位置固定。

权利要求

1、一种超结构光栅，其特征在于，所述超结构光栅通过调制函数对均匀光栅在空间上进行幅度和相位调制从而形成梳妆反射谱，所述调制函数通过 N 个阈值进行离散化处理后得到 $(N+1)$ 个调制函数离散值，所述 N 为大于或等于 2 的正整数；

5 所述 $(N+1)$ 个调制函数离散值中每个调制函数离散值对应于一段折射率均匀不变的光波导或对应于一段均匀光栅，所述均匀光栅为高折射率和低折射率交替变化的光波导；

所述超结构光栅的反射峰的反射率通过所述 $(N+1)$ 个调制函数离散值中的至少一个调制函数离散值所对应的光波导长度占所述超结构光栅的光栅总长度的比例关系、所述超结构光栅的光栅总长度进行调节；

10 所述超结构光栅的反射峰的半高全宽 FWHM 通过所述比例关系、所述超结构光栅的光栅总长度进行调节。

2、根据权利要求 1 所述的超结构光栅，其特征在于，当所述 N 的取值为 2 时，所述调制函数进行离散化处理后得到 3 个调制函数离散值，所述 3 个调制函数离散值有一个调制函数离散值对应一段折射率均匀不变的光波导，所述 3 个调制函数离散值中其余两个调制函数离散值分别对应于一段均匀光栅。

15

3、根据权利要求 1 或 2 所述的超结构光栅，其特征在于，所述 $(N+1)$ 个调制函数离散值中存在两个调制函数离散值对应于同一种的均匀光栅。

4、根据权利要求 1 或 2 所述的超结构光栅，其特征在于，当相邻的调制函数离散值的正负号不同或者所述相邻的调制函数离散值中有一个离散值为零时，所述相邻的调制函数离散值分别对应的光波导之间加入有相移。

20

5、一种可调谐激光器，其特征在于，所述可调谐激光器包括：反射区，其中，所述反射区，用于通过如权利要求 1 至 4 中任一项所述的超结构光栅对光信号进行调谐。

6、根据权利要求 5 所述的可调谐激光器，其特征在于，所述可调谐激光器，还包括：增益区和相位区，其中；

25

所述反射区包括：第一反射镜和第二反射镜；

所述增益区通过光波导分别和所述第一反射镜、所述相位区进行级联；

所述相位区与所述增益区、所述第二反射镜相级联；

所述增益区，用于产生光信号；

30 所述相位区，用于对所述光信号进行相位调节，使所述可调谐激光器能够微调所述光信号的激光波长。

7、根据权利要求 6 的可调谐激光器，其特征在于，所述可调谐激光器，还包括：半导体光放大器 SOA 和光探测器 PD；

35

所述第一反射镜通过光波导和所述 SOA 进行级联，所述第二反射镜通过光波导和所述 PD 进行级联；

所述 SOA，用于对所述光信号进行功率放大；

所述 PD，用于对所述光信号进行功率监测或功率衰减。

8、根据权利要求 6 所述的可调谐激光器，其特征在于，所述可调谐激光器，还包括：

第一 SOA 和第二 SOA;

所述第一反射镜通过光波导和所述第一 SOA 进行级联, 所述第二反射镜通过光波导和所述第二 SOA 进行级联;

所述第一 SOA, 用于对所述第一反射镜射出的光信号进行功率放大;

5 所述第二 SOA, 用于对所述第二反射镜射出的光信号进行功率放大。

9、根据权利要求 5 所述的可调谐激光器, 其特征在于, 所述可调谐激光器, 还包括: 多模干涉 MMI 耦合器、增益区和相位区;

所述反射区包括: 第一反射镜和第二反射镜;

10 所述 MMI 耦合器的一侧有一个端口, 与所述相位区相连接, 所述 MMI 耦合器的另一侧有两个端口, 分别与所述第一反射镜和所述第二反射镜相连接;

所述相位区两侧分别与增益区和 MMI 的一个端口相级联;

所述增益区, 用于产生光信号;

所述相位区, 用于对所述光信号进行相位调节, 使所述可调谐激光器能够微调所述光信号的激射波长。

15 10、根据权利要求 9 的可调谐激光器, 其特征在于, 所述可调谐激光器, 还包括: 相位调整模块, 其中,

所述相位调整模块分别和所述 MMI 耦合器、所述第一反射镜连接, 或所述相位调整模块分别和所述 MMI 耦合器、所述第二反射镜连接;

20 所述相位调整模块, 用于匹配所述第一反射镜的反射谱和所述第二反射镜的反射谱之间的相位。

11、根据权利要求 9 的可调谐激光器, 其特征在于, 所述可调谐激光器, 还包括: SOA 和 PD;

所述第一反射镜具有第一端口, 所述第二反射镜具有第二端口, 所述增益区具有第三端口;

25 所述第一端口连接有所述 SOA 或所述 PD, 和/或所述第二端口连接有所述 SOA 或所述 PD, 和/或所述第三端口连接有所述 SOA 或所述 PD;

所述 SOA, 用于对所述光信号进行功率放大;

所述 PD, 用于对所述光信号进行功率监测或功率衰减。

30 12、根据权利要求 5 至 11 的可调谐激光器, 其特征在于, 所述反射区, 包括: 加热单元、传输层、反射镜、上阻挡层、牺牲层、下阻挡层和衬底层, 其中,

所述加热单元, 位于所述传输层的上方;

所述传输层, 位于所述牺牲层上方, 从上到下依次包括: 上包层、波导层和下包层;

所述反射镜, 位于所述传输层中, 所述反射镜用于通过前述权利要求 1 至 4 中任一项所述的超结构光栅对光信号进行调谐;

35 所述上阻挡层, 位于所述传输层和所述牺牲层之间;

所述牺牲层, 位于所述上阻挡层和下阻挡层之间, 所述牺牲层内形成有保护结构, 所述保护结构与层间区域形成中空结构, 所述层间区域包括: 所述传输层与所述下阻挡层之间的区域;

所述下阻挡层，位于所述牺牲层和所述衬底层之间；

所述衬底层，位于所述牺牲层的下方。

5 13、根据权利要求 12 所述的可调谐激光器，其特征在于，所述中空结构为完全空心；所述反射镜所在区域的传输层与两侧传输层材料之间具有空隙，在所述空隙之间、所述中空结构之上形成悬空结构；

所述空隙沿着波导方向周期性排布，所述空隙贯穿所述上包层、所述波导层、所述下包层和所述上阻挡层之后到达所述中空结构所在区域，相邻的所述空隙之间有支撑结构，用于对所述悬空结构提供侧向机械支撑，所述支撑结构沿波导方向的长度周期不等于所述超结构光栅的调制函数的周期。

10 14、根据权利要求 12 所述的可调谐激光器，其特征在于，所述反射镜所在区域的传输层与两侧传输层材料之间完全隔离形成空隙，所述空隙贯穿所述上包层、所述波导层、所述下包层和所述上阻挡层之后到达所述中空结构所在区域，

在所述中空结构上方、所述空隙之间形成悬空结构；

15 所述牺牲层中底部没有被完全腐蚀，所述牺牲层保留有底部支撑结构，所述底部支撑结构用于对所述悬空结构形成支撑。

15、根据权利要求 14 所述的可调谐激光器，其特征在于，所述底部支撑结构沿波导方向的长度周期不等于所述超结构光栅的调制函数的周期。

16、根据权利要求 12 所述的可调谐激光器，其特征在于，所述超结构光栅位于所述反射镜所在区域的传输层中的上包层的下半部分；或，

20 所述超结构光栅位于所述反射镜所在区域的传输层中的下包层的上半部分；或，

所述超结构光栅位于所述反射镜所在区域的波导层；或，

所述超结构光栅位于所述反射镜所在区域的传输层中的上包层和波导层中各存在一部分；或，

25 所述超结构光栅位于所述反射镜所在区域的传输层中的下包层和波导层中各存在一部分。

17、根据权利要求 12 所述的可调谐激光器，其特征在于，所述波导层的折射率高于上包层的折射率和下包层的折射率。

18、根据权利要求 12 至 17 中任一项所述的可调谐激光器，其特征在于，所述反射区，还包括：磷化铟 InP 缓冲层，其中，

30 所述下阻挡层，位于所述牺牲层和所述 InP 缓冲层之间；

所述 InP 缓冲层，位于所述下阻挡层和所述衬底层之间。

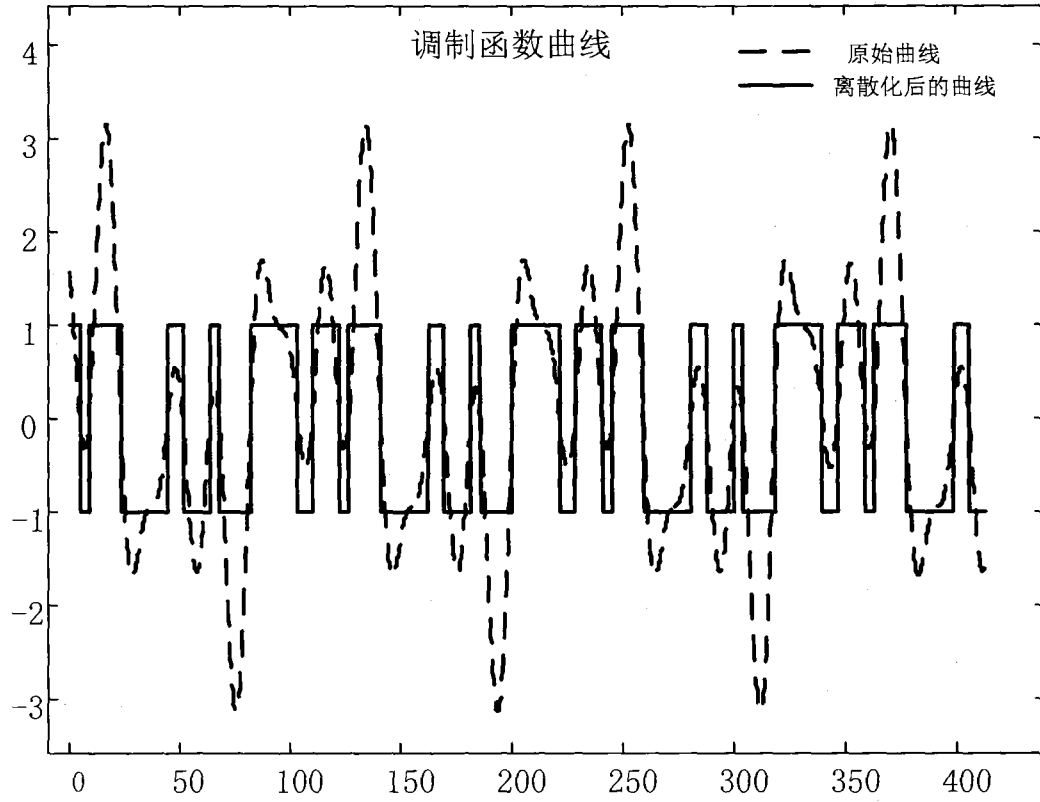


图 1

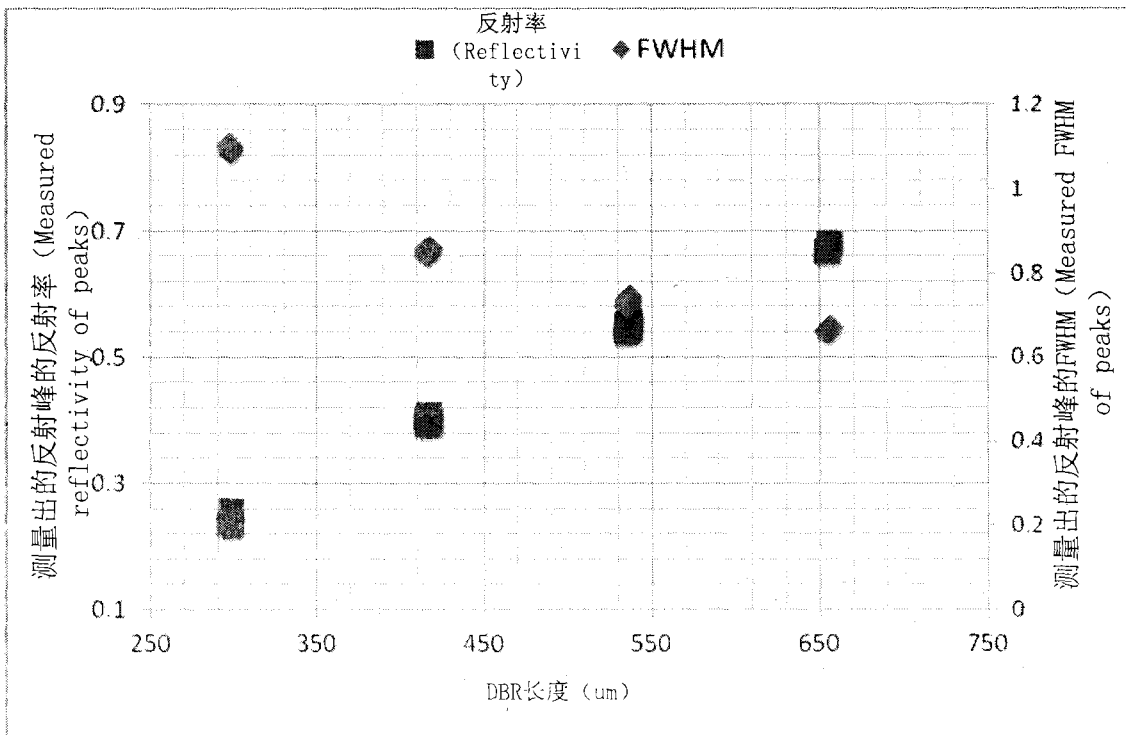


图 2

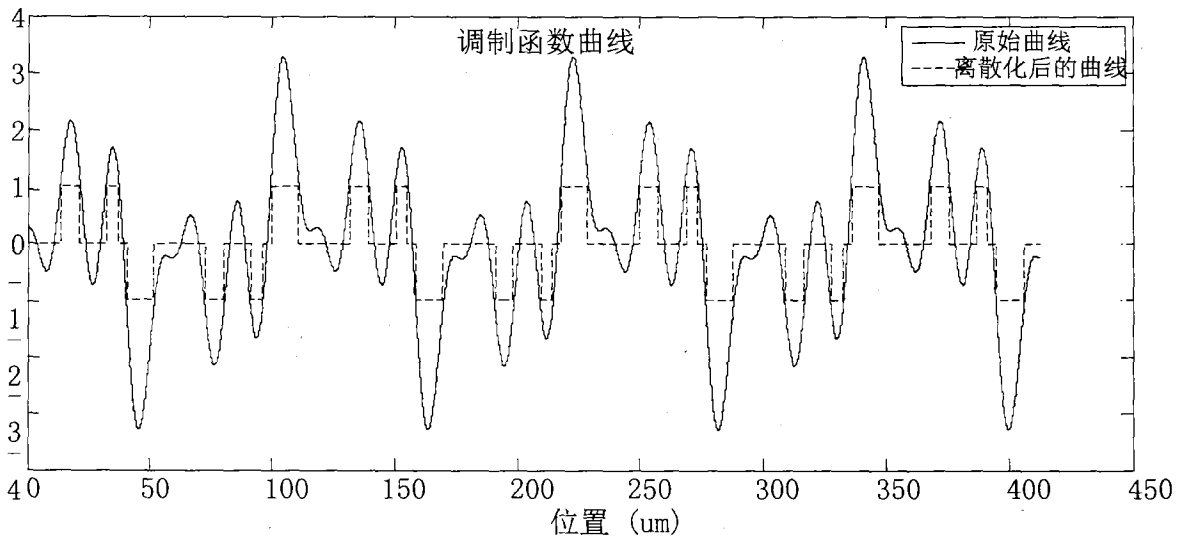


图 3

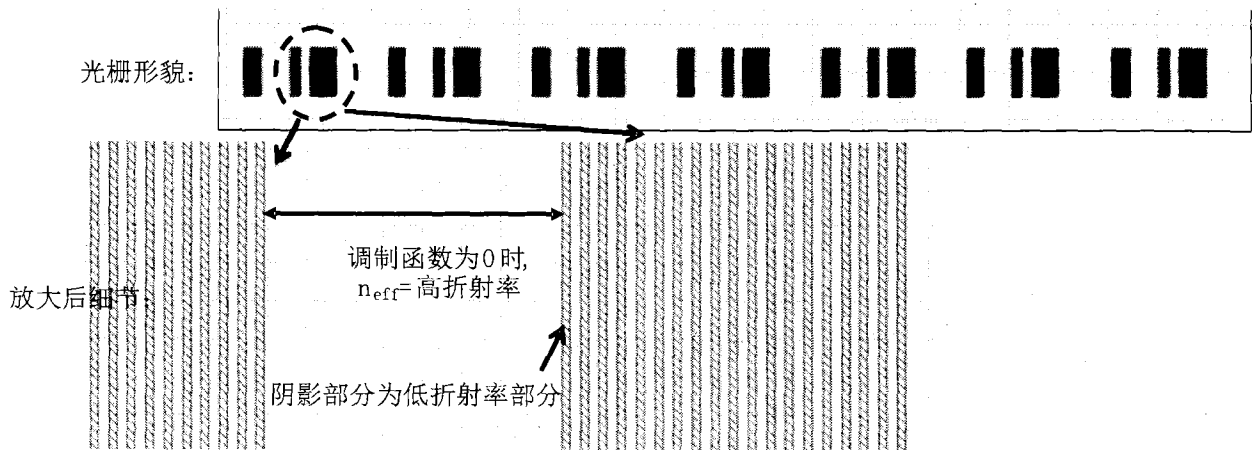


图 4

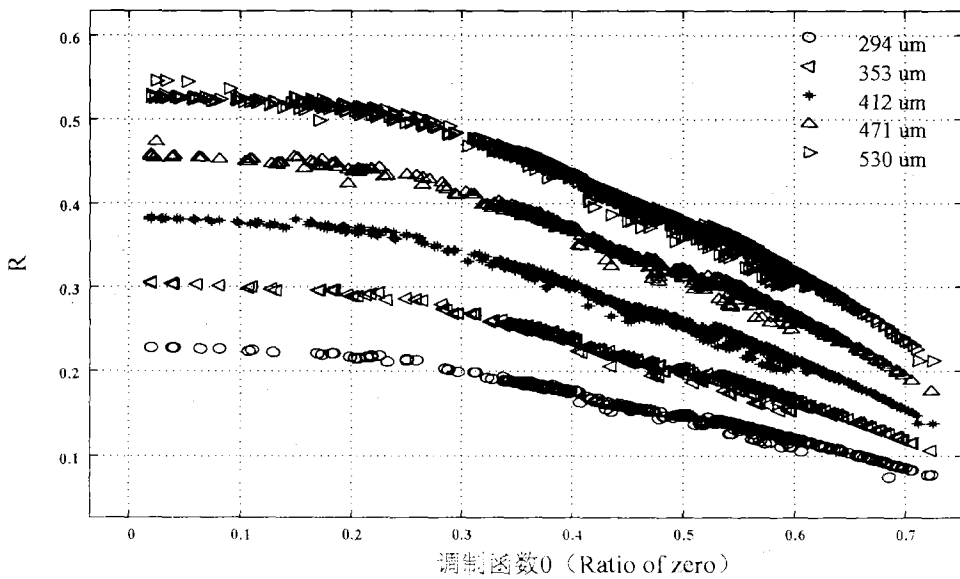


图 5

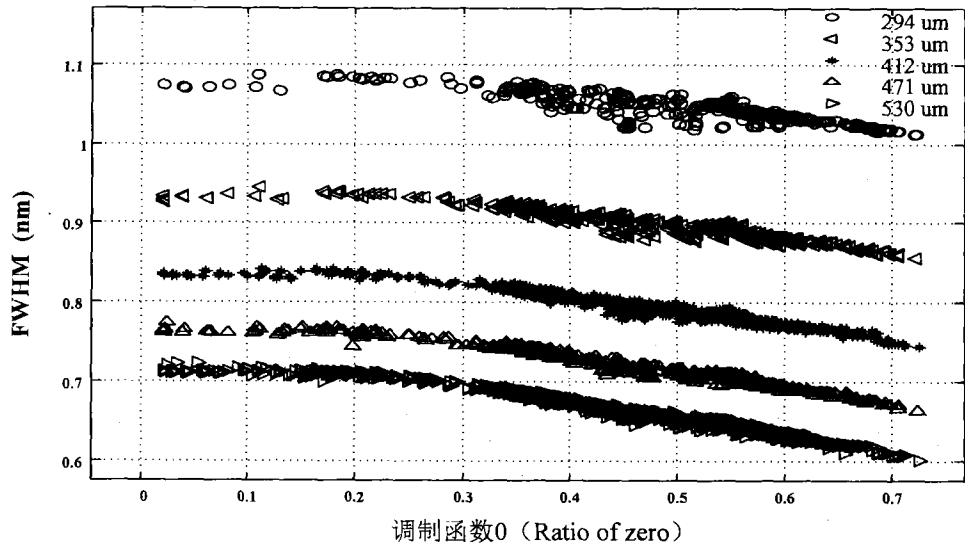


图 6

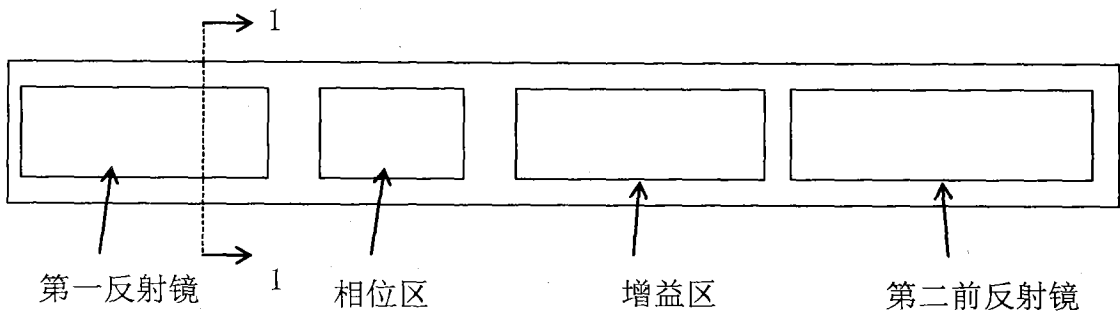


图 7

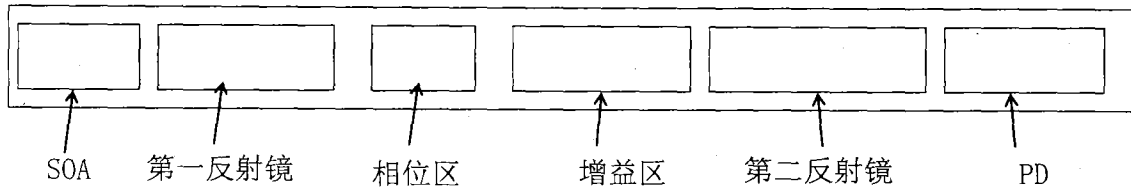


图 8

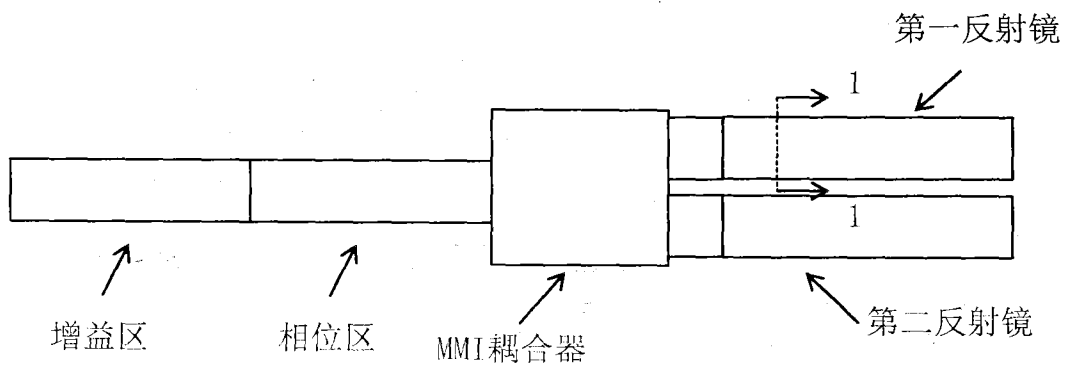


图 9

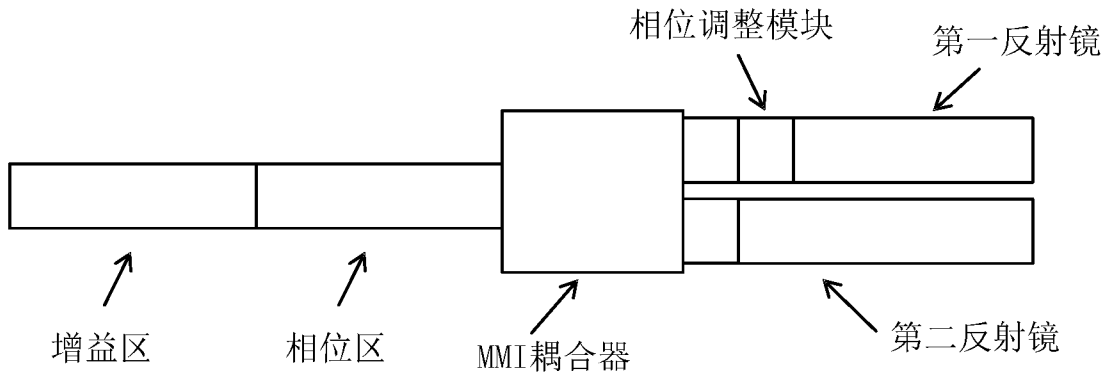


图 10

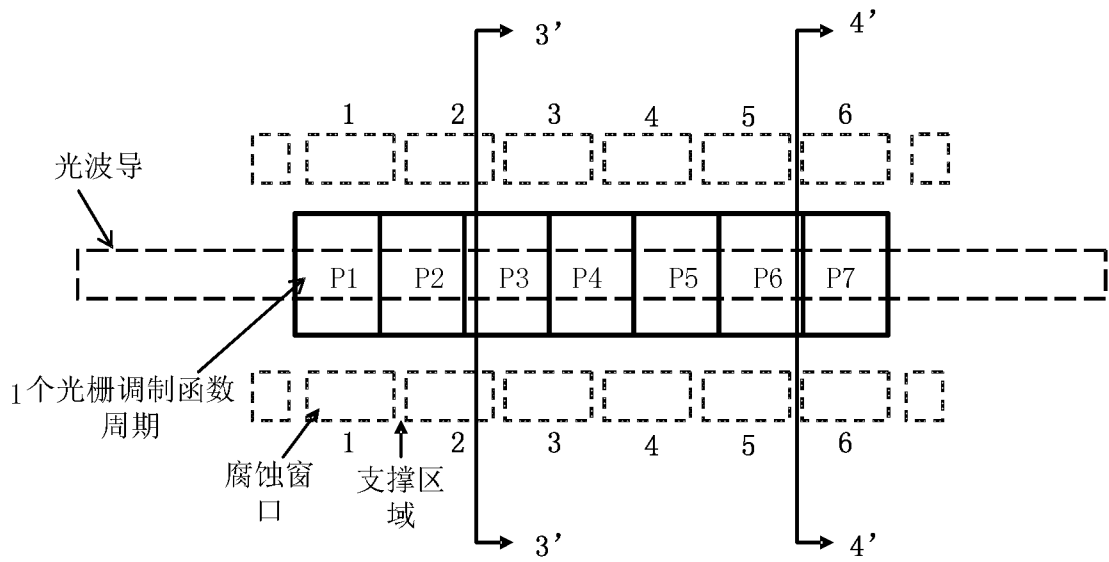


图 11

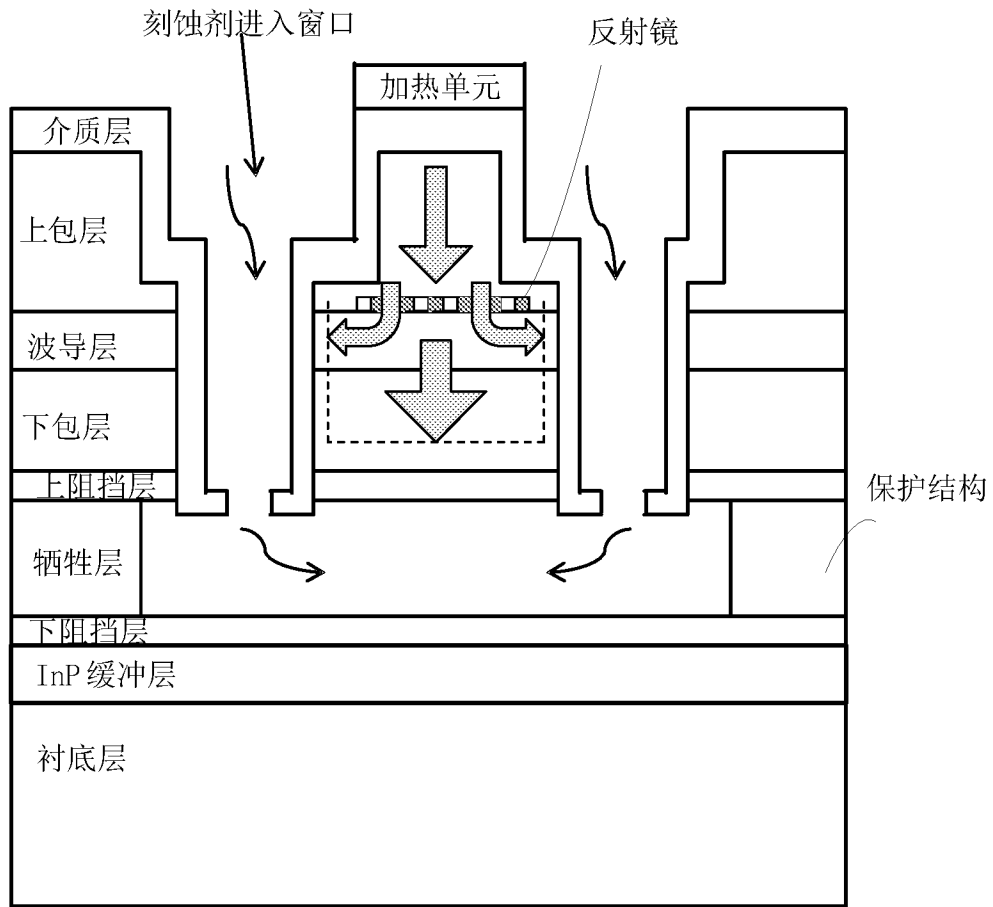


图 12

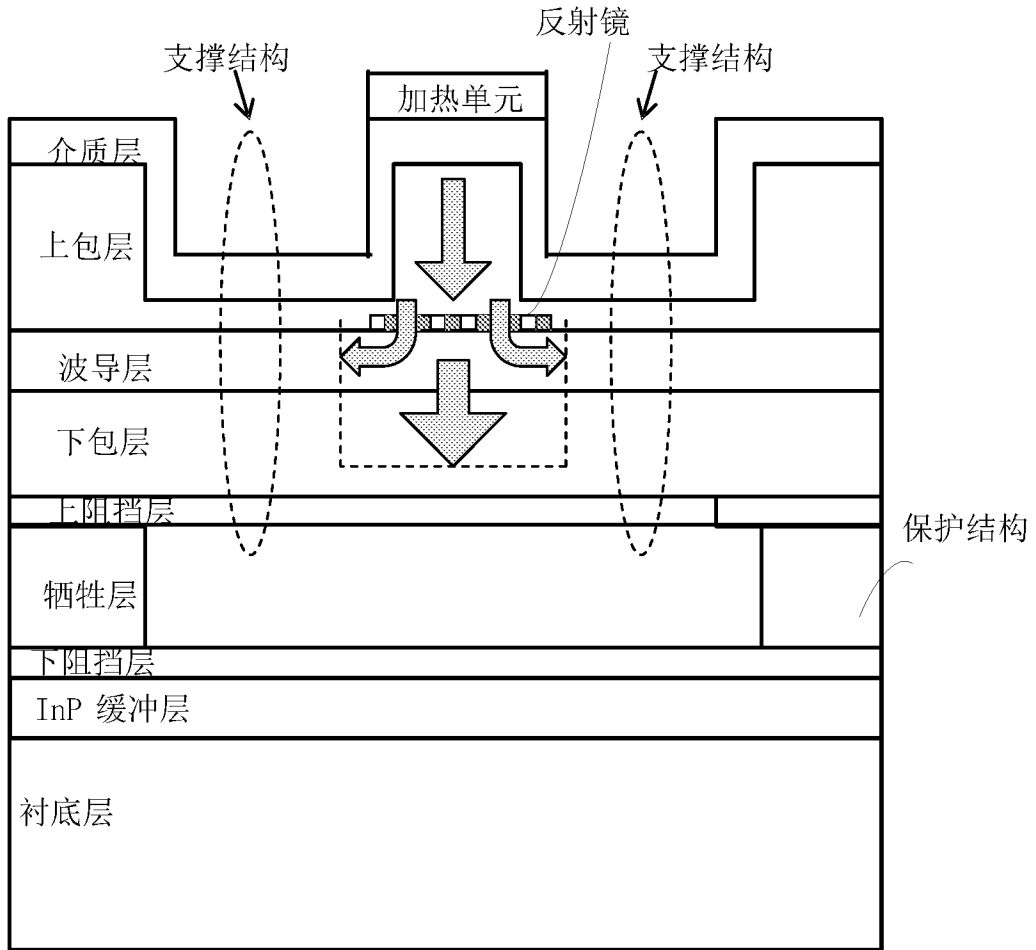


图 13

两个虚线之间的区域为被腐蚀区

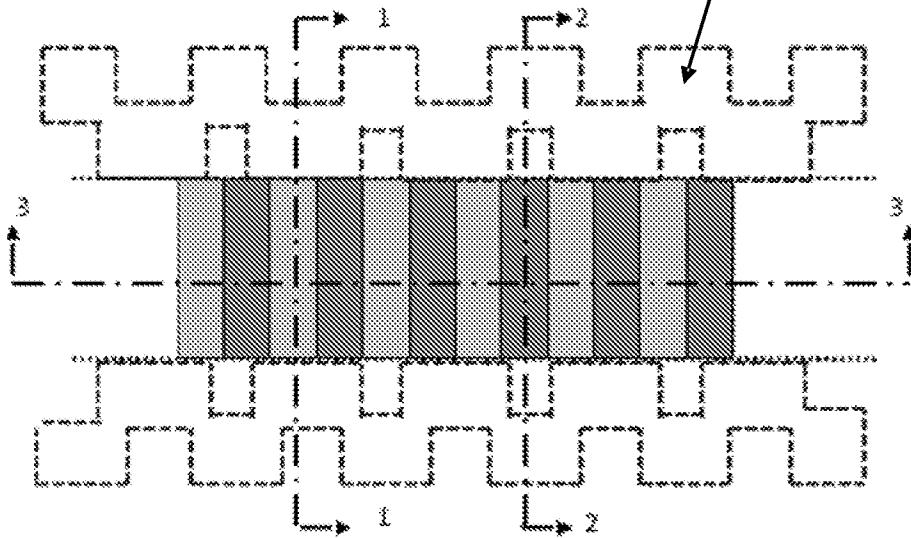


图 14

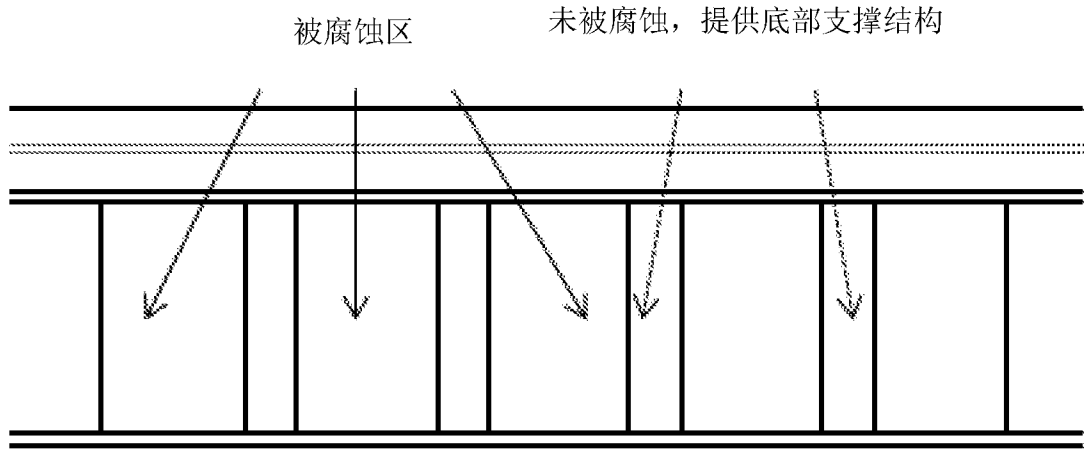


图 15

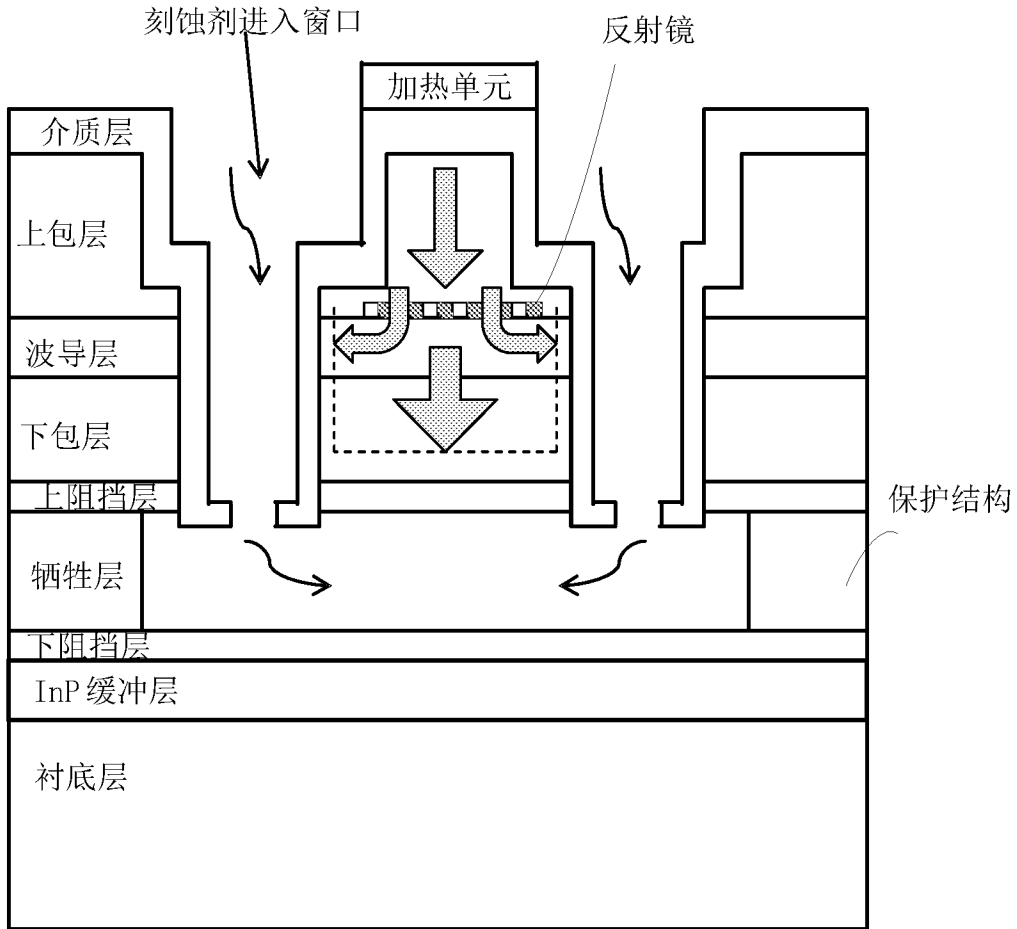


图 16

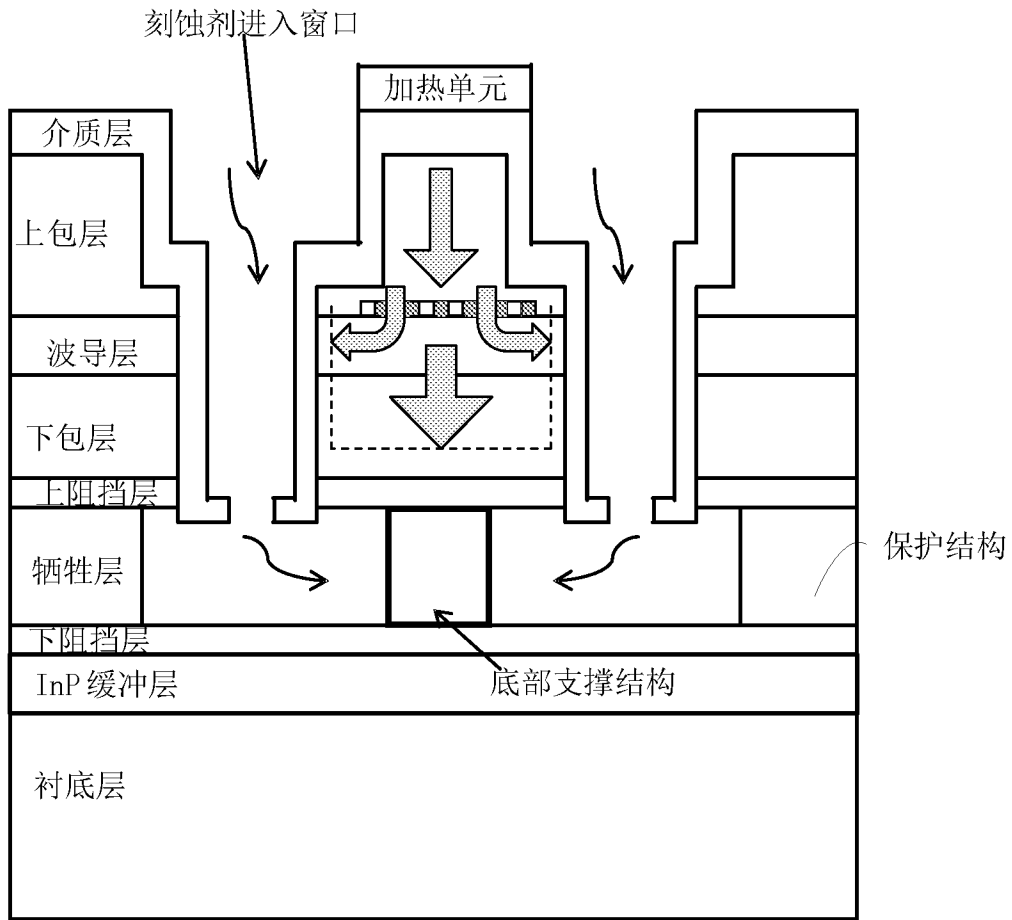


图 17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/112142

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B 5/18 (2006.01) i; H01S 5/06 (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)

G02B; H01S

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; WPI; EPODOC: 超结构光栅, 可调谐激光器, 幅度, 相位, 调制, 长度, 比例, super w structure w grating?, tunable w laser?, amplitude, phase, modulatu+, length, ratio

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2003007524 A1 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) 09 January 2003 (09.01.2003), description, paragraphs [0042]-[0060], and figures 1-6B	1-18
A	CN 101022206 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY) 22 August 2007 (22.08.2007), entire document	1-18
A	CN 102074892 B (BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS) 22 February 2012 (22.02.2012), entire document	1-18
A	US 5715271 A (NORTHERN TELECOM LIMITED) 03 February 1998 (03.02.1998), entire document	1-18
A	US 2004125833 A1 (INTERUNIVERSITAIR MICROELEKTRONICA CENTRUM et al.) 01 July 2004 (01.07.2004), entire document	1-18

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>
---	---

<p>Date of the actual completion of the international search</p> <p style="text-align: center;">04 February 2018</p>	<p>Date of mailing of the international search report</p> <p style="text-align: center;">28 February 2018</p>
<p>Name and mailing address of the ISA</p> <p>State Intellectual Property Office of the P. R. China</p> <p>No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao</p> <p>Haidian District, Beijing 100088, China</p> <p>Facsimile No. (86-10) 62019451</p>	<p>Authorized officer</p> <p style="text-align: center;">ZHANG, Zhongqing</p> <p>Telephone No. (86-10) 61648218</p>

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/112142

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 2012027041 A1 (YAMAZAKI, HIROYUKI) 02 February 2012 (02.02.2012), entire document	1-18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/112142

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
US 2003007524 A1	09 January 2003	JP 4770077 B2	07 September 2011
		JP 2003017803 A	17 January 2003
		US 6690688 B2	10 February 2004
CN 101022206 A	22 August 2007	None	
CN 102074892 B	22 February 2012	CN 102074892 A	25 May 2011
US 5715271 A	03 February 1998	JP H10115725 A	06 May 1998
		CA 2211740 C	14 January 2003
		GB 2316186 A	18 February 1998
		GB 2316186 B	30 September 1998
		CA 2211740 A1	30 January 1999
US 2004125833 A1	01 July 2004	US 7058096 B2	06 June 2006
		US 6728279 B1	27 April 2004
US 2012027041 A1	02 February 2012	WO 2010106939 A1	23 September 2010
		JP 2010219227 A	30 September 2010

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/112142

<p>A. 主题的分类 G02B 5/18(2006.01)i; H01S 5/06(2006.01)i</p> <p>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</p>																							
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) G02B; H01S</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>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;WPI;EPODOC:超结构光栅, 可调谐激光器, 幅度, 相位, 调制, 长度, 比例, super w structure w grat- ting?, tunable w laser?, amplitude, phase, modulat+, length, ratio</p>																							
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>US 2003007524 A1 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) 2003年 1月 9日 (2003 - 01 - 09) 说明书第[0042]-[0060]段, 附图1-6B</td> <td>1-18</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 101022206 A (华中科技大学) 2007年 8月 22日 (2007 - 08 - 22) 全文</td> <td>1-18</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102074892 B (北京邮电大学) 2012年 2月 22日 (2012 - 02 - 22) 全文</td> <td>1-18</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 5715271 A (NORTHERN TELECOM LTD.) 1998年 2月 3日 (1998 - 02 - 03) 全文</td> <td>1-18</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2004125833 A1 (INTERUNIVERSITAIR MICROELEKTRONICA CENTRUM 等) 2004年 7月 1日 (2004 - 07 - 01) 全文</td> <td>1-18</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2012027041 A1 (YAMAZAKI, HIROYUKI) 2012年 2月 2日 (2012 - 02 - 02) 全文</td> <td>1-18</td> </tr> </tbody> </table> <p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p> <p>* 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</p>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	A	US 2003007524 A1 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) 2003年 1月 9日 (2003 - 01 - 09) 说明书第[0042]-[0060]段, 附图1-6B	1-18	A	CN 101022206 A (华中科技大学) 2007年 8月 22日 (2007 - 08 - 22) 全文	1-18	A	CN 102074892 B (北京邮电大学) 2012年 2月 22日 (2012 - 02 - 22) 全文	1-18	A	US 5715271 A (NORTHERN TELECOM LTD.) 1998年 2月 3日 (1998 - 02 - 03) 全文	1-18	A	US 2004125833 A1 (INTERUNIVERSITAIR MICROELEKTRONICA CENTRUM 等) 2004年 7月 1日 (2004 - 07 - 01) 全文	1-18	A	US 2012027041 A1 (YAMAZAKI, HIROYUKI) 2012年 2月 2日 (2012 - 02 - 02) 全文	1-18
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
A	US 2003007524 A1 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) 2003年 1月 9日 (2003 - 01 - 09) 说明书第[0042]-[0060]段, 附图1-6B	1-18																					
A	CN 101022206 A (华中科技大学) 2007年 8月 22日 (2007 - 08 - 22) 全文	1-18																					
A	CN 102074892 B (北京邮电大学) 2012年 2月 22日 (2012 - 02 - 22) 全文	1-18																					
A	US 5715271 A (NORTHERN TELECOM LTD.) 1998年 2月 3日 (1998 - 02 - 03) 全文	1-18																					
A	US 2004125833 A1 (INTERUNIVERSITAIR MICROELEKTRONICA CENTRUM 等) 2004年 7月 1日 (2004 - 07 - 01) 全文	1-18																					
A	US 2012027041 A1 (YAMAZAKI, HIROYUKI) 2012年 2月 2日 (2012 - 02 - 02) 全文	1-18																					
国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期																						
2018年 2月 4日	2018年 2月 28日																						
ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员																						
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	张中青																						
传真号 (86-10)62019451	电话号码 (86-10)61648218																						

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/112142

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)
US	2003007524	A1	2003年 1月 9日	JP	4770077	B2	2011年 9月 7日
				JP	2003017803	A	2003年 1月 17日
				US	6690688	B2	2004年 2月 10日
.....							
CN	101022206	A	2007年 8月 22日	无			
.....							
CN	102074892	B	2012年 2月 22日	CN	102074892	A	2011年 5月 25日
.....							
US	5715271	A	1998年 2月 3日	JP	H10115725	A	1998年 5月 6日
				CA	2211740	C	2003年 1月 14日
				GB	2316186	A	1998年 2月 18日
				GB	2316186	B	1998年 9月 30日
				CA	2211740	A1	1999年 1月 30日
.....							
US	2004125833	A1	2004年 7月 1日	US	7058096	B2	2006年 6月 6日
				US	6728279	B1	2004年 4月 27日
.....							
US	2012027041	A1	2012年 2月 2日	WO	2010106939	A1	2010年 9月 23日
				JP	2010219227	A	2010年 9月 30日
.....							

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)