

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01S 3/08 (2006.01)

G02B 5/08 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 00809994.4

[45] 授权公告日 2006 年 2 月 22 日

[11] 授权公告号 CN 1243396C

[22] 申请日 2000.7.5 [21] 申请号 00809994.4

[30] 优先权

[32] 1999.7.7 [33] AT [31] A1160/99

[86] 国际申请 PCT/AT2000/000182 2000.7.5

[87] 国际公布 WO2001/005000 德 2001.1.18

[85] 进入国家阶段日期 2002.1.7

[71] 专利权人 费姆托激光产品股份有限公司

地址 奥地利科尔组贝格

[72] 发明人 加布里埃尔·弗洛林·滕佩亚

费伦茨·克劳斯

审查员 王治华

[74] 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限公司

代理人 余 刚

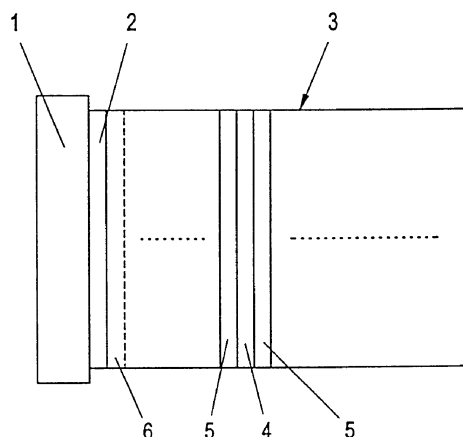
权利要求书 4 页 说明书 7 页 附图 2 页

[54] 发明名称

色散多层反射镜

[57] 摘要

一种用于例如短脉冲激光装置、振荡器、激光放大器或中空纤维压缩器的色散多层反射镜，所述反射镜包括涂在一衬底(1)上的数个单个介电层(4, 5)，以对辐射短脉冲中要被反射的不同频率成分产生给定的色散值，其特征在于在该衬底(1)上配置一高反射层(2; 2')，用以反射所有的频率成分，单个的介电层(4, 5)涂敷在其上作为一谐振涂层结构(3)，用以对反射了的短脉冲的相位进行调制，对该谐振涂层结构(3)中不同的频率成分给定不同的存储时间。



1. 一种色散多层反射镜，所述反射镜包括涂在一衬底（1）上的反射层以及涂在所述反射层上的数个单个介电层（4，5），以对辐射短脉冲中要被反射的不同频率成分产生给定的色散值，其中位于所述衬底（1）上的反射层为一高反射层（2；2'），用以反射所有的频率成分，单个的介电层（4，5）涂敷在所述高反射层上作为一谐振涂层结构（3），用以对反射了的短脉冲的相位进行调制，对该谐振涂层结构（3）中不同的频率成分给定不同的存储时间。
2. 根据权利要求1所述的色散多层反射镜，其特征在于该高反射层（2）是一金属层。
3. 根据权利要求2所述的色散多层反射镜，其特征在于该高反射层（2）含有银。
4. 根据权利要求2所述的色散多层反射镜，其特征在于该高反射层（2）含有铝。
5. 根据权利要求1所述的色散多层反射镜，其特征在于该高反射层（2'）本身是一个布拉格反射镜。
6. 根据权利要求1至5中任何一项所述的色散多层反射镜，其特征在于该谐振涂层结构（3）含有仅仅20至30个单个的介电层（4，5）。
7. 根据权利要求1至5中任何一项所述的色散多层反射镜，其特征在于该单个的介电层（4，5）是交替的高反射层和低反射层。

8. 根据权利要求6所述的色散多层反射镜,其特征在於该单个的介电层(4,5)是交替的高反射层和低反射层。
9. 根据权利要求7所述的色散多层反射镜,其特征在於该单个的介电层(4,5)交替地分别是由二氧化硅和二氧化钛组成。
10. 根据权利要求8所述的色散多层反射镜,其特征在於该单个的介电层(4,5)交替地分别是由二氧化硅和二氧化钛组成。
11. 根据权利要求1至5中任何一项所述的色散多层反射镜,其特征在於一附着促进层(6)配置在该高反射层(2)和该介电谐振涂层结构(3)之间。
12. 根据权利要求6所述的色散多层反射镜,其特征在於一附着促进层(6)配置在该高反射层(2)和该介电谐振涂层结构(3)之间。
13. 根据权利要求7所述的色散多层反射镜,其特征在於一附着促进层(6)配置在该高反射层(2)和该介电谐振涂层结构(3)之间。
14. 根据权利要求8所述的色散多层反射镜,其特征在於一附着促进层(6)配置在该高反射层(2)和该介电谐振涂层结构(3)之间。
15. 根据权利要求9所述的色散多层反射镜,其特征在於一附着促进层(6)配置在该高反射层(2)和该介电谐振涂层结构(3)之间。

16. 根据权利要求 10 所述的色散多层反射镜, 其特征在于一附着促进层(6)配置在该高反射层(2)和该介电谐振涂层结构(3)之间。
17. 根据权利要求 11 所述的色散多层反射镜, 其特征在于, 所述附着促进层(6)包括三氧化二铝。
18. 根据权利要求 12 所述的色散多层反射镜, 其特征在于, 所述附着促进层(6)包括三氧化二铝。
19. 根据权利要求 13 所述的色散多层反射镜, 其特征在于, 所述附着促进层(6)包括三氧化二铝。
20. 根据权利要求 14 所述的色散多层反射镜, 其特征在于, 所述附着促进层(6)包括三氧化二铝。
21. 根据权利要求 15 所述的色散多层反射镜, 其特征在于, 所述附着促进层(6)包括三氧化二铝。
22. 根据权利要求 16 所述的色散多层反射镜, 其特征在于, 所述附着促进层(6)包括三氧化二铝。
23. 一种短脉冲激光装置, 其特征在于, 包括根据权利要求 1-5 中任一所述的色散多层反射镜。
24. 一种振荡器, 其特征在于, 包括根据权利要求 1-5 中任一所述的色散多层反射镜。
25. 一种激光放大器, 其特征在于, 包括根据权利要求 1-5 中任一所述的色散多层反射镜。

-
26. 一种中空纤维压缩器，其特征在于，包括根据权利要求 1-5 中任一所述的色散多层反射镜。

色散多层反射镜

技术领域

本发明涉及一种色散多层反射镜，其用于例如短脉冲激光装置、振荡器、激光放大器或中空的纤维压缩器中，所述反射镜包括数个涂覆在一衬底上的单个介电层，以对辐射短脉冲中要被反射的不同频率成分产生给定的色散值。

背景技术

在激光技术中，对更短激光脉冲的需求包括在皮秒和毫微微秒范围内的脉冲持续时间逐渐增长。除了它们在科学领域的应用之外，在处理材料的工业领域，这类短脉冲激光装置也越来越多地被使用着。用于这类短脉冲激光装置的激光晶体，比较如 WO 98/10494 A，具有良好的热性质和较宽的荧光带宽，以允许具有脉冲持续时间小于 10 或甚至小于 5 毫微微秒的激光脉冲的产生。在此，尤其是，使用掺有过渡金属尤其是例如钛蓝宝石（Ti:S）的激光晶体。

在这类超短激光脉冲的产生中存在着一个问题，或者一般地讲，辐射脉冲存在于激光系统剩余的光学部件中，其中，尤其重要的是分别具有可用的宽频带、高反射的光学元件或色散（例如产生色散部件）部件。

参看例如 US 5,734,503 A 以及 A. Stingl 等人的 “Generation of 11-fs pulses from a Ti:sapphire laser without the use of prisms”（Optics Letters, Vol.19, No.3, February 1994, pp.204-206），已经建议

采用薄层技术对这类激光装置配置色散部件。为此，该反射镜是由多个（如 42 个）具有不同折射率的单层构成的，在当反射超短激光脉冲——相应的在频率范围内具有大带宽时，就实现了其功能：该激光束的不同波长成分在被反射前进入反射镜单层的不同深度内。如此，对应于各自的层厚度，不同的频率成分就被延迟了不同的时间量；该短波成分将会被向外反射，而长波成分将会在反射镜内更深的地方反射。这就意味着该长波频率成分相对于该短波成分将会被短暂的延迟。这样，在激光装置中就可获得对短脉冲激光束的色散补偿：尤其是短时间范围的脉冲具有宽的频谱，且在相关的激光晶体中存在着该激光束不同的频率成分，该激光晶体是光学非线性的，但具有不同的折射率（即，该激光晶体的光学厚度对该激光脉冲的各种频率成分是不同的）；因此，当在通过该激光晶体时，该激光脉冲的不同频率成分将会被不同的延迟。这一效应可被上面提到的已知薄膜激光反射镜的色散补偿所抵消，相应的被称作“色散”。这类已知的反射镜也称作“线性调频脉冲反射镜”（CM），与在先所用的包括棱镜的延迟元件相比，其包含了重大的改进。有可能是第一次获得具有 10 毫微微秒的脉冲持续时间的激光脉冲且是从激光振荡器发出的，该激光系统已经变得更加紧凑和可靠。该线性调频脉冲反射镜控制该不依赖于群延迟的波长，该群延迟如提到的由各种光谱成分进入该多层结构的深度来产生。但是，这类多层结构的制造是比较复杂的，而且具有相对较大的厚度尺寸。

发明内容

现在，本发明的一个目的就在于提供宽频带的色散反射镜，其允许有简单的多层结构，其中比较短的光路长度也是可以获得的，且其中，仍然允许对群延迟有比较高的色散值。

本发明初始定义类型的色散反射镜其特征在于在衬底上提供了一高反射层，用于反射所有的频率成分，单个的介电层涂敷在其上作为谐振涂层结构，来调制反射了的短脉冲的相位，在该谐振涂层结构中对于不同的频率成分给定不同的存储时间。

在反射镜具有这种设计时，就可很好地实现上述的目标。本发明是基于以下事实，在反射镜中各种光谱成分存储时间的辅助下，脉冲延迟或群运行时间对波长的依赖是可以调节的。本发明的色散反射镜是一个振荡器反射镜，其中，用来在可比较的光谱范围内获得相同群方式色散和相同反射率的整个光学厚度与已知的线性调频脉冲反射镜相比，是比较小的。

已经知道从本质上控制振荡器结构中光学脉冲的存储时间，来产生特定持续时间的暂时的延迟。然而在过去，这类已知的结构仅仅是和窄频带光学部件——通常称做 Gires-Tournois 干涉仪 (GTI) 联系在一起的；相反，产生本发明的试验已经表明如果根据本发明，将一例如包括银或铝的高反射层和具有例如仅仅 20 至 30 个单个介电层的介电谐振涂层结构相结合，则很容易得到例如用于波长在 300 纳米范围内且中心波长为 800 纳米的宽频带系统。

GTI 干涉仪是由一高反射层、一中间层和一部分反射层构成的，其形成了一个谐振腔（在一特定波长处）。在本发明的谐振腔色散反射镜中，该中间层和上层的部分反射层可被一弱谐振腔多层结构所替代。从而，该类型的腔便不可识别。

本发明的介电谐振腔覆层结构些微增强了该高反射的反射率，但其主要的目的在于调制反射了的脉冲的相位。

如果光学系统中的损失被看作是相当关键的，而带宽是不太重要的话，同样可以使用一高反射介电标准反射镜，例如，尤其是一称作布拉格反射镜（ $\lambda/4$ 反射镜）来替代金属化的高反射层。在那

种例子下，根据布拉格反射镜的带宽，该反射镜的带宽是些微受限制的。

这类色散谐振腔反射镜的技术要求是可以和线性调频脉冲反射镜相比较的。对于相同的光谱范围，为了获得相同的群延迟色散性能和反射率，可使用相对薄一些的光学厚度。对一个线性调频脉冲反射镜来说，涂层厚度的最小值是依照群延迟的光学波长来给出的，该群延迟是由在高反射区域内在最短和最长波长之间产生的。考虑到其谐振腔的结构，根据本发明的色散反射镜并不受其约束，而且更短的光学厚度可产生更高的色散值。与线性调频脉冲反射镜相比，此外还存在的区别在于平均的光学层厚度不会同时随着离载体衬底的距离而发生变化，但会保持在恒定的平均值上。

总体而言，本发明因此包含了一极高反射光学干涉涂层，其中，一个高反射反射镜整体结合在一弱的谐振腔介电层结构上。频率对群延迟（GD）的依赖可通过对在该谐振腔结构中不同光谱成分的存储时间来进行控制。

根据本发明的反射镜适于用于在一般从微波至 X 光的频率范围内对宽频带电磁信号的色散控制，可应用于固体激光器、激光放大器且尤其适于用于中空的纤维压缩器，其中，产生了有利于目前精细和紧凑色散控制的超短脉冲。该产品是更适宜的，不仅是因为与线性调频脉冲反射镜相比其有减少了的层数，而且还因为其有这类标准层的高反射层。

该介电的单层可以是例如各自包括二氧化硅（ SiO_2 ），和二氧化钛（ TiO_2 ），如已知的那样；然而，单个的介电层也可添加五氧化二钽（ Ta_2O_5 ）。尤其在当使用金属化的高反射层时，当涂覆重叠的介电层时就会出现附着的问题，且在此会更进一步证明如果在高反射层和介电谐振腔涂层结构之间提供一例如三氧化二铝（ Al_2O_3 ）的附着促进层是更加有利的。

附图说明

下面，通过实施例且参考附图将对本发明作更详细的说明。详细地说，在附图中，

图 1 示意性的示出了带有一高反射金属层的色散谐振腔反射镜；

图 2 示出了反射率 $R(\%)$ 和群延迟色散 $GDD(\text{fs}^2)$ 相对于波长 λ 的关系图；

图 3 示出了另一带有高反射布拉格 ($\lambda/4$) 反射镜的色散谐振腔反射镜；以及

图 4 示出了反射率 $R(\%)$ 和色散 $GDD(\text{fs}^2)$ 相对于波长 λ 对应的关系图。

具体实施方式

图 1 示意性示出的该谐振腔色散反射镜带有一位于衬底 1 上的高反射金属层 2，一谐振腔介电多层涂层结构 3，其包括数个例如 20 至 30 个附在所述金属层 2 上的单层 4、5。这些介电单层 4、5 是交替地具有不同厚度的高折射和低折射层，且其可以分别是由例如二氧化钛 (TiO_2) 和二氧化硅 (SiO_2) 以已知的方式制成的。

例如银或铝可用于该高反射金属层 2。而且，为了改进位于金属层 2 上的单个介电层 4、5 的附着性能，可在金属层 2 上提供一可由例如三氧化二铝 (Al_2O_3) 制成的附着促进层 6。

在图 1 示意性示出的谐振腔色散反射镜结构中，例如可给出具有各自层厚度(以纳米为单位)的下列层顺序：

Ag	300.00
----	--------

Al ₂ O ₃	112.36
TiO ₂	91.66
SiO ₂	139.61
TiO ₂	87.46
SiO ₂	129.80
TiO ₂	55.59
SiO ₂	93.11
TiO ₂	86.20
SiO ₂	141.73
TiO ₂	86.37
SiO ₂	148.84
TiO ₂	52.21
SiO ₂	55.53
TiO ₂	85.60
SiO ₂	158.43
TiO ₂	91.84
SiO ₂	83.49
TiO ₂	30.00
SiO ₂	120.28
TiO ₂	98.41
SiO ₂	156.27
TiO ₂	21.04
SiO ₂	67.20
TiO ₂	97.16
SiO ₂	164.70
TiO ₂	20.18
SiO ₂	60.92
TiO ₂	94.78
SiO ₂	139.05

例如，在波长 λ 在大约 650 纳米至大约 950 纳米处，这样的振荡器色散反射镜具有一个有关其反射率 $R(\%)$ 和其色散性能(GDD，群延迟色散，以 fs^2 为单位；GDD 是群延迟 GD 的第一个衍射物)，如图 2 中所描述的。

图 3 示出了本发明振荡器色散反射镜的一个可替代的实施例，一个布拉格反射镜 2' ($\lambda/4$) 配置在作为高反射反射镜层的衬底 1

之上。然后配置分别包含有交替的高反射单层 4 和低反射单层 5 的振荡器介电涂层结构 3。

在当损耗对相连的光学系统是更加关键，而更小的带宽是可以接受时，如图 3 所示的这类反射镜结构是比较有利的。

有关反射率 R 和色散 GDD 的一般的性能可从图 4 的图表中得出，其中很明显，例如波长 λ 从大约 700 纳米至大约 900 纳米的范围（替代了根据图 2 的从 650 纳米至 950 纳米的范围），目前的带宽是更小了。

对单层 4 和 5，也可分别配置二氧化钛(TiO_2)和二氧化硅(SiO_2)层。当然，如果需要的话，也可使用比用 28 示出的单层 4、5 更少或更多的单层。例如尤其是可仅仅使用大约 20 个单层 4、5。而且，其它的材料，例如三氧化二钽(Ta_2O_5)等也是可以使用的。总体而言，其关键在于单层 4、5 形成一个振荡器多层结构且对反射了的脉冲的相位进行调制。

应当理解，在这里仅仅介绍了本发明的较佳实施方案，在本发明的权利要求书规定的精神和范围内，允许有许多替代方案、改进方案和变型。

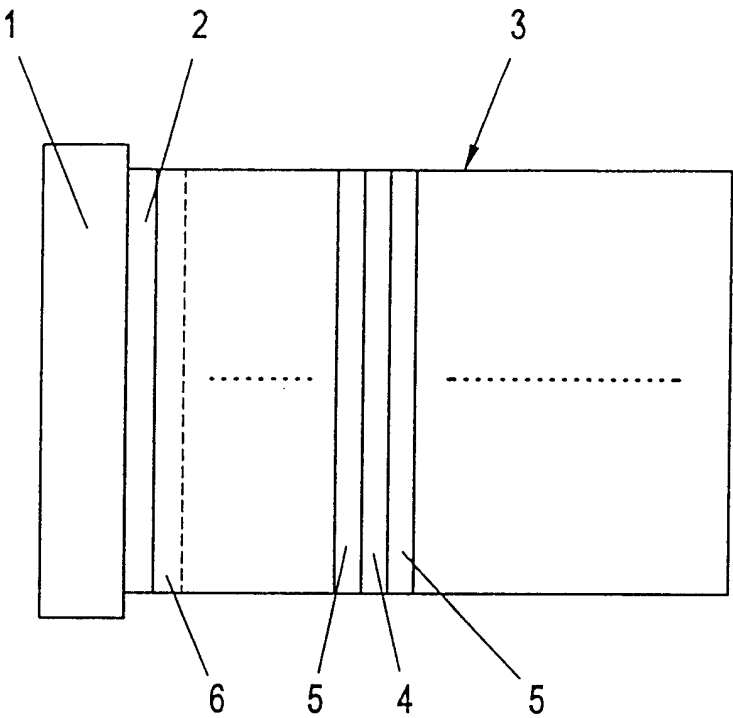


图 1

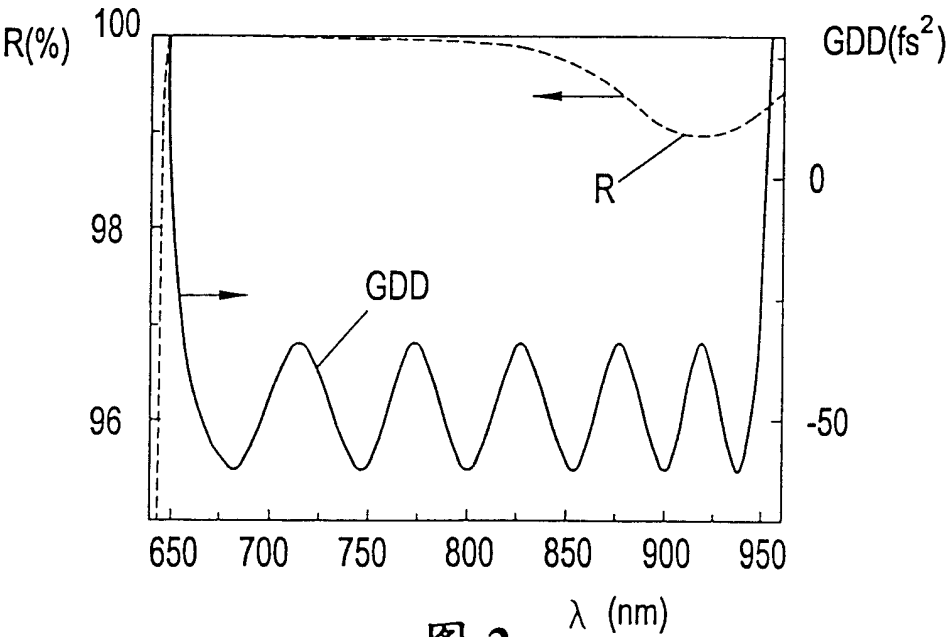


图 2

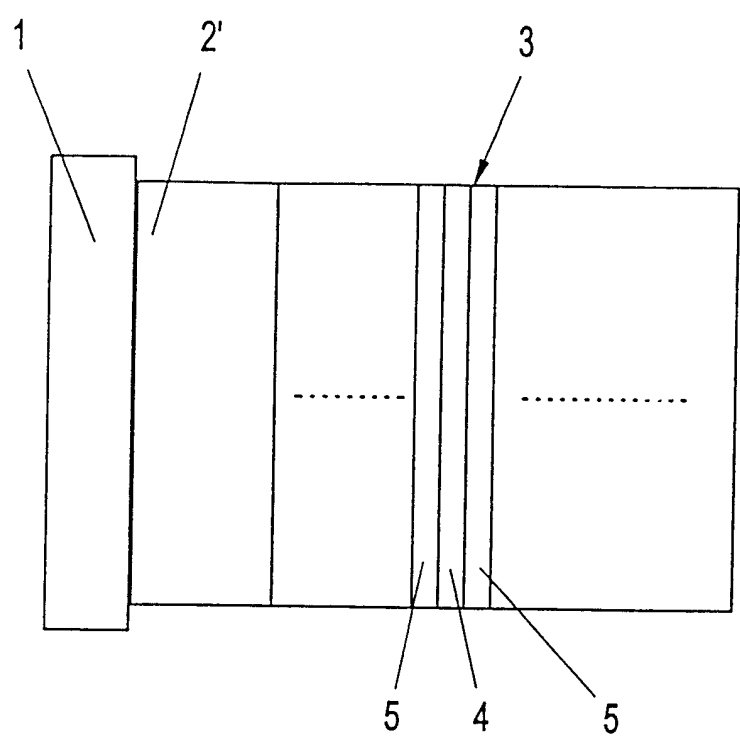


图 3

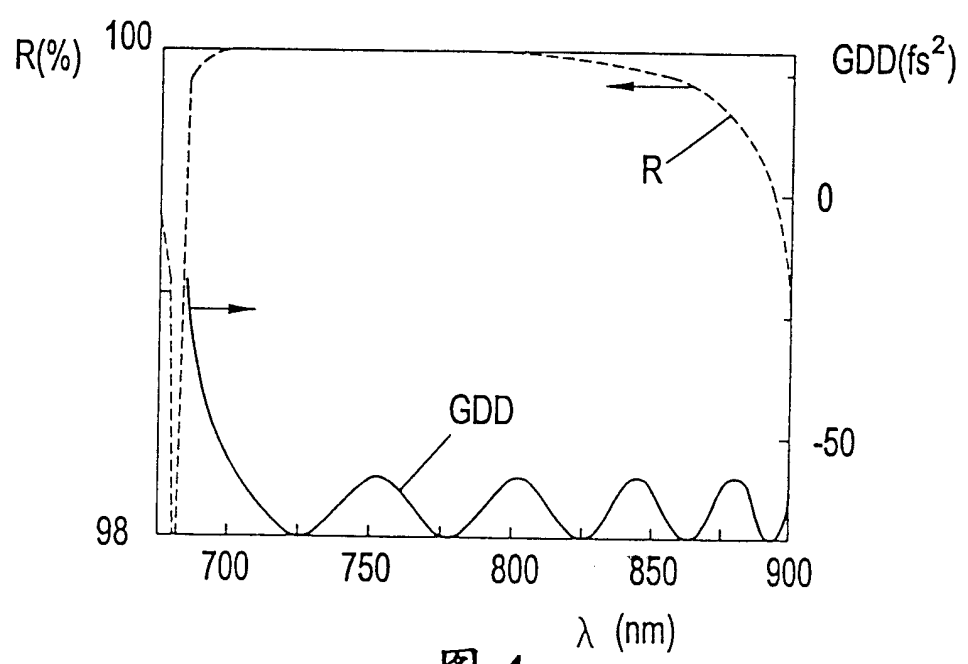


图 4