

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4142294号
(P4142294)

(45) 発行日 平成20年9月3日(2008.9.3)

(24) 登録日 平成20年6月20日(2008.6.20)

(51) Int. Cl. F I
GO 2 B 5/08 (2006.01) GO 2 B 5/08 A
HO 1 S 3/05 (2006.01) HO 1 S 3/05

請求項の数 11 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2001-509123 (P2001-509123)	(73) 特許権者	500233278
(86) (22) 出願日	平成12年7月5日(2000.7.5)		フェムトレージャス プロダクションズ
(65) 公表番号	特表2003-504677 (P2003-504677A)		ゲゼルシャフト ミット ベシュレンク
(43) 公表日	平成15年2月4日(2003.2.4)		テル ハフツング
(86) 国際出願番号	PCT/AT2000/000182		オーストリア国, アー-2100 コルノ
(87) 国際公開番号	W02001/005000		イブルク, クライネンゲルスドルフェルシ
(87) 国際公開日	平成13年1月18日(2001.1.18)		ユトラーセ 24
審査請求日	平成15年5月21日(2003.5.21)	(74) 代理人	100077517
(31) 優先権主張番号	A 1160/99		弁理士 石田 敬
(32) 優先日	平成11年7月7日(1999.7.7)	(74) 代理人	100092624
(33) 優先権主張国	オーストリア(AT)		弁理士 鶴田 準一
		(74) 代理人	100087871
			弁理士 福本 積
		(74) 代理人	100082898
			弁理士 西山 雅也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 分散性多層ミラー

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基材(1)上に適用された反射性層と、反射されるべき放射短パルスの異なる周波数成分について所定の分散値を生成するようその上に適用された複数の個別誘電体層(4、5)とを含む分散性多層ミラーであって、基材(1)上の上記反射性層が全ての周波数成分を反射するための高反射性層(2、2)であり、その上に個別誘電体層(4、5)が、反射された短パルスの位相を変調させるための共振コーティング構造(3)として適用されており、異なる周波数成分について異なる蓄積時間が共振コーティング構造(3)内で与えられ、付着促進層(6)が高反射性層(2)と個別誘電体層(4、5)との間に設けられていることを特徴とする分散性多層ミラー。

【請求項 2】

高反射性層(2)が金属層であることを特徴とする請求項1記載のミラー。

【請求項 3】

高反射性金属層(2)が銀を含むことを特徴とする請求項2記載のミラー。

【請求項 4】

高反射性金属層(2)がアルミニウムを含むことを特徴とする請求項2記載のミラー。

【請求項 5】

高反射性層(2)がそれ自体既知のブラッグ反射器として設計されていることを特徴とする請求項1記載のミラー。

【請求項 6】

共振コーティング構造(3)が少数の個別誘電体層(4、5)を含むだけであることを特徴とする請求項1~5のいずれか1項に記載のミラー。

【請求項7】

個別誘電体層(4、5)が交互に高屈折性及び低屈折性であることを特徴とする請求項1~6のいずれか1項に記載のミラー。

【請求項8】

個別誘電体層(4、5)が交互に、それぞれ二酸化ケイ素(SiO_2)及び二酸化チタン(TiO_2)からなることを特徴とする請求項1~7のいずれか1項に記載のミラー。

【請求項9】

個別誘電体層(4、5)の数が20~30である、請求項6記載のミラー。

10

【請求項10】

付着促進層(6)が酸化アルミニウム(Al_2O_3)製である、請求項1記載のミラー。

【請求項11】

短パルスレーザー装置、発振器、レーザー増幅器又は中空ファイバー圧縮器での、請求項1~10のいずれか1項に記載のミラーの使用。

【発明の詳細な説明】

【0001】

本発明は、例えば短パルスレーザー装置、発振器、レーザー増幅器又は中空ファイバー圧縮器のための分散性多層ミラーに関するものであり、このミラーは、反射すべき放射線短パルスの異なる周波数成分用として所定の分散値を生成するべく基材に適用された複数の個別誘電体層を含む。

20

【0002】

レーザー技術においては、ピコ秒及びフェムト秒範囲のパルス時間を含むより短かいレーザーパルスが増々望まれている。科学分野におけるその用途とは別に、かかる短パルスレーザー装置は、産業界において材料加工用として利用されることが増々多くなってきている。かかる短パルスレーザー装置(例えばWO98/10494Aを参照のこと)において利用されるレーザー結晶は、10フェムト秒未満さらには5フェムト秒未満のパルス時間をもつレーザーパルスの発生を可能にするべく優れた熱特性ならびに幅広い蛍光バンドを有する。ここでは、特に、遷移金属をドープされたレーザー結晶、例えば、特にチタンサファイア(Ti:S)レーザー結晶といったようなものが使用される。

30

【0003】

かかる超短レーザーパルス、又は一般に放射線パルス、の発生における1つの問題点は、広帯域バンド、高反射性の光学素子、又は分散性(すなわち分散成分誘発)部品をそれぞれに利用可能な状態にすることが特に重要となる、レーザー装置の残りの光学部品にある。

【0004】

薄層技術でかかるレーザー装置のための分散性部品を提供することがすでに提案されてきている。例えば、米国特許第5734503号明細書ならびにA.Stingl et al., "Generation of 11-fs pulses from a Ti: sapphire laser without the use of prisms", Optics Letters, Vol.19, No.3, 1994年2月p204~206参照。これを実施するにあたっては、ミラーは、周波数範囲内で対応して大きなバンド幅をもつ超短レーザーパルスを反射するときその機能を果たし、すなわちレーザービームの異なる波長の成分が反射される前にミラーの個々の層中の異なる深さまで進入するような異なる屈折率をもつ複数の(例えば42の)個別層で構成されている。このようにして、異なる周波数成分は、それぞれの層深さに対応する異なる時間量だけ遅延させられ、短波長成分はどちらかと言えば外側へ反射されることになるが、長波長成分はミラー内部のさらに深くで反射されることになる。このことはすなわち、長波長周波数成分は短波長成分に比べて暫時遅延されることになるということの意味する。このようにして、レーザー装置内で短パルスレーザービームについて分散補償を達成することができる。すなわち、特に短かい時間範囲のパルスは広い周波数スペクトルを有するが、このとき、光学的に非線形である関連するレーザ

40

50

ー結晶内のレーザービームの異なる周波数成分は異なる屈折率に「遭遇」しており(すなわち、レーザー結晶の光学厚みはレーザーパルスのさまざまな周波数成分について異なる)、従ってレーザーパルスの異なる周波数成分は、レーザー結晶を通り抜けるとき様々に遅延させられることになる。この効果は、既知の薄膜レーザーミラーにおいて上述の分散補償により打ち消すことができ、従ってこれらのミラーは「分散性」ミラーと呼ばれる。これらの既知のミラーは、同様に「チャープドミラー」(CM)とも呼ばれ、これまで使用されてきたプリズムを含む遅延用素子に比べて実質的な進歩を示すものである。レーザー発振器から直接10fs以下のパルス時間をもつレーザーパルスを得ることが初めて可能となり、レーザー装置はよりコンパクトで信頼性の高いものとなった。CMミラーは、多層構造内へのさまざまなスペクトル成分の進入深度により上述のような群遅延(group delays)の波長依存性を制御する。しかしながら、かかる多層構造は、比較的製造が複雑であり、そして更に、比較的大きい厚み寸法をもつ。

10

【0005】

ここで、本発明の目的は、同じく比較的短かい光路長が達成可能となりかつそれでも同じく比較的高い分散値が群遅延について許容される、単純な多層構成を可能にする広帯域分散性ミラーを提供することにある。

最初に定義されるタイプの本発明の分散性ミラーは、全ての周波数成分を反射するため基材上に高反射性層が設けられ、個別誘電体層が、反射された短パルスの位相を変調させるため共振コーティング構造としてその上に適用されており、共振コーティング構造内で異なる周波数成分について異なる蓄積時間が与えられていることを特徴とする。

20

【0006】

ミラーのこのような設計によると、上述の目的は十分に達成される。本発明は、波長に対するパルス遅延又は群走行時間(group running time)の依存性を、ミラー内のさまざまなスペクトル成分の蓄積時間を用いて制御することが可能であるという事実に基づいている。当該分散性ミラーは、匹敵するスペクトル範囲内で同じ反射能力及び同じ群遅延分散を達成するための全光学厚みが既知のCMミラーに比べて小さいものであることができる、共振ミラーである。

【0007】

一定の長さの時間的遅延を導入するよう共振構造内の光学パルスの蓄積時間を制御することは、それ自体かなり以前から知られていることである。しかしながら過去においては、これらの既知の構造は、狭帯域光学コンポーネント、いわゆるGires-Tournois干渉計(GTI)のみに結びつけられてきた。これに対して本発明を導いた試験では、本発明に従って高反射性層特に例えば銀又はアルミニウムを含む高反射性金属層を例えばわずか20~30の個別誘電体層しかもたない誘電共振コーティング構造と組合わせて用いた場合に、例えば、800nmの波長を中心とする300nmの範囲内の波長について、広帯域システムを全く問題なく得ることができる、ということが示された。

30

【0008】

GTI干渉計は、(一定の波長で)共振空洞を形成する高反射性層、中間層及び部分的反射性層で構成されている。共振分散性ミラーの本件においては、中間層及び上部の、部分的反射性層は、弱共振多層構造によって置換されている。かくして、このような状態の空洞を認識することはもはやできない。

40

本ミラーの誘電共振コーティング構造は、高反射性層の反射能力をわずかに増強するが、それでもなおその主たる目的は、反射されたパルスの位相を変調させることにある。

【0009】

光学系内の損失がむしろきわめて重大であると考えられるとしても、それでもなお帯域幅はさほど重要でなく、例えば特にいわゆるブラッグ反射器(1/4反射器)といったような高反射性誘電標準反射器を金属性の高反射性層の代りに使用することも可能である。その場合には、ミラーの帯域幅は、ブラッグ反射器の帯域幅に従って幾分か制限される。

【0010】

かかる分散性共振ミラーのための技術的必要条件は、CMミラーのものに似ている。しか

50

しながら、同じスペクトル範囲について同じ群遅延分散能力及び反射能力を達成するためには、比較的わずかな光学厚みを用いることができる。CMミラーについては、コーティング層の最小値は、高反射性領域内の最短波長と最長波長の間を導入される群遅延に従って光学波長によって与えられる。しかしながらその共振構造のため、本発明による分散性ミラーは、この制約条件を受けず、より短い光学厚みでより高い分散値を導入することが可能である。CMミラーと比べたさらなる差異は、平均光学層厚みが支持基材からの距離と共に単調に変化せず、恒常な平均値にとどまることになるという点にある。

【0011】

総じて、本ミラーはかくして、高反射性反射器が弱共振誘電体層構造としっかりと一体化されている高反射性光学干渉コーティングを内含する。群遅延(GD)に対する周波数の依存性は、共振構造内のさまざまなスペクトル成分について蓄積時間を介して制御される。

10

【0012】

本発明によるミラーは、一般にマイクロ波からX線までの周波数範囲内にある広帯域電磁信号についての分散制御に適しており、この精密でコンパクトな分散制御にとって有利なものである超短パルスが発生される固体レーザー、レーザー増幅器及び中空ファイバー圧縮器における応用が特に好ましい。CMミラーに比べて層の数が少ないからだけでなくこのような高反射性層が標準層であることから、生産するのにより適している。

【0013】

誘電体個別層は、例えば、それ自体それぞれ既知の二酸化ケイ素(SiO_2)及び二酸化チタン(TiO_2)を含むことができる。しかしながら個別誘電体層を五酸化タンタル(Ta_2O_5)を用いて構築することも可能である。特に金属製の高反射性層を使用する場合には、積層誘電体層を適用する時点で付着性の問題が発生する可能性があり、ここで高反射性層と誘電共振コーティング構造の間に例えば酸化アルミニウム(Al_2O_3)の付着促進層を設けるならば有利であるということがさらに立証された。

20

【0014】

以下では、本発明について、例を用い図面を参照しながらさらに詳細に説明する。

図1に概略的に例示されている共振分散性ミラーは、基材1上の高反射性金属層2を有し、この金属層2の上には例えば20~30といった複数の個別層4、5を含む共振誘電体多層コーティング構造3が適用されている。これら交互の誘電体個別層4、5は、異なる厚みの高屈折性層及び低屈折性層であり、これらは例えば、それ自体既知の要領でそれぞれ交互に酸化チタン(TiO_2)及び酸化ケイ素(SiO_2)で作ることができる。

30

【0015】

高反射性金属層2のためには、銀を、あるいはまたアルミニウムも、使用することができる。その上、金属層2上の個別誘電体層4、5の付着性を改善するためには、例えば酸化アルミニウム(Al_2O_3)製であることができる付着促進層6を金属層2上に具備することができる。

図1に概略的に例示されている共振分散性ミラーの構造については、例えばそれぞれの層厚み(nm単位)をもつ以下の層の連続を提示することができる。

【0016】

40

【表1】

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	10
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	20
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	

【 0 0 1 7 】

例えば約 6 5 0 n m ~ 約 9 5 0 n m の波長 で、このような共振分散性ミラーは、その反射率 R (% 単位) 及びその分散 (f s ² 単位の群遅延分散 G D D 。 G D D は群遅延 G D の第 1 導関数である) に関して図 2 に表わされているような挙動を示す。

【 0 0 1 8 】

図 3 においては、本発明の共振分散性ミラーの一別の態様が例示されているが、ここでは高反射性ミラー層として基材 1 上にブラッグ (/ 4) 反射器 2 が設けられている。この後には、交互のそれぞれの高屈折性及び低屈折性個別層 4 及び 5 を含む共振誘電体コーティング構造 3 が続く。

関連する光学系にとって損失がより重大であり、それでもより小さな帯域幅を受容できる場合には、図 3 に例示されているようなミラー構造が有利である。

【 0 0 1 9 】

反射率 R 及び分散 G D D に関する標準的挙動は、例えば図 4 のグラフから結果としてもたらされるものであり、ここでは、帯域幅が今や (図 2 によれば 6 5 0 n m ~ 9 5 0 n m である代りに) 例えば約 7 0 0 n m の波長 から約 9 0 0 n m の波長 までといったようにさらに小さいことは明白である。

【 0 0 2 0 】

個別層 4 及び 5 については、それぞれ、ここでも酸化チタン (T i O ₂) 及び酸化ケイ素 (S i O ₂) 層を設けることができる。当然のことながら、必要に応じて、指示されている 2 8 よりも少ないか又は多い個別層 4、5 を使用することもできる。特に、例えば約 2 0 だけといったようなさらに少ない個別層 4、5 も使用できる。その上、五酸化タンタル

30

40

50

(Ta_2O_5) などといったようなその他の材料も考えることができる。最も重要なのは、個別層 4、5 が全体として 1 つの共振多層構造を結果としてもたらし、反射されたパルスの位相を変調するという点にある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 高反射性金属層を備えた分散性共振ミラーの構造を概略的に示す図である。

【図 2】 反射率 R (%) 及び群遅延分散 GDD (fs^2) と波長 λ の関係を表わすグラフである。

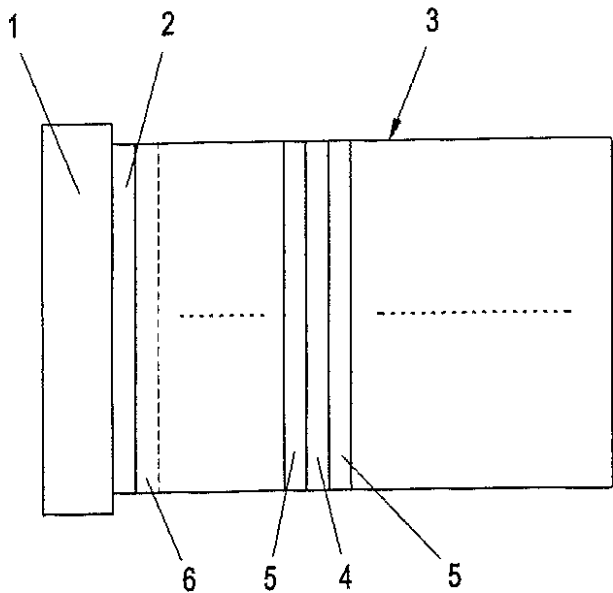
【図 3】 高反射性プラグ ($\lambda/4$) 反射器を備えたもう 1 つの分散性共振ミラーの構造を示す図である。

【図 4】 反射率 (%) 及び分散 GDD (fs^2) と波長 λ の関係を表わす対応するグラフである。

10

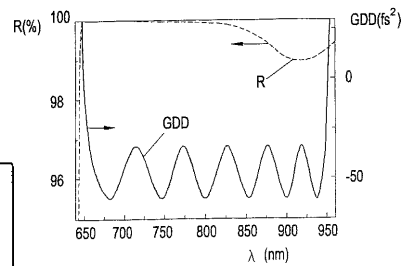
【図 1】

FIG. 1



【図 2】

FIG. 2



フロントページの続き

(74)代理人 100081330

弁理士 樋口 外治

(72)発明者 テンペア, ガブリエル フローリン

オーストリア国, アー - 1 0 8 0 ウイーン, アルザーシュトラッセ 3 3 / 4 1 6

(72)発明者 クラウス, フェレンク

オーストリア国, アー - 2 3 3 1 フェーゼンドルフ, カー . レンナー - ガッセ 9

審査官 本田 博幸

(56)参考文献 特開平 0 8 - 2 9 2 3 0 8 (J P , A)

特表 2 0 0 2 - 5 2 3 7 9 7 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl., D B 名)

G02B 5/08

H01S 3/05