

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3675314号

(P3675314)

(45) 発行日 平成17年7月27日(2005.7.27)

(24) 登録日 平成17年5月13日(2005.5.13)

(51) Int.Cl.⁷

G02B 5/18

G02B 5/32

F I

G02B 5/18

G02B 5/32

請求項の数 1 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2000-224869 (P2000-224869)	(73) 特許権者	000001993
(22) 出願日	平成12年7月26日(2000.7.26)		株式会社島津製作所
(65) 公開番号	特開2002-40220 (P2002-40220A)		京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地
(43) 公開日	平成14年2月6日(2002.2.6)	(74) 代理人	100098671
審査請求日	平成13年9月27日(2001.9.27)		弁理士 喜多 俊文
		(74) 代理人	100102037
			弁理士 江口 裕之
		(72) 発明者	長野 哲也
			京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会
			社島津製作所 内
		(72) 発明者	小枝 勝
			京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会
			社島津製作所 内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回折格子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ガラス基板上にホトレジスト層を形成し、ホログラフィック露光法により正弦半波状の回折格子パターンを該ホトレジスト層に形成し、フッ素系ガスとアルゴンガスの混合ガス、または、フッ素ガスと酸素ガスの混合ガスを使用したイオンビームエッチングを該ホトレジスト層の回折格子パターンが完全に消滅するまで行い、溝底部に平坦部を有する溝断面形状の回折格子パターンを該ガラス基板上に直接刻線することにより、

該ガラス基板に刻線された回折格子パターンの溝底を大きく、アスペクト比（溝周期に対する溝深さ）を小さくすること

ことを特徴とする回折格子の製作方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、分光器や分波器に使用される波長分離／選択素子であるグレーティング（回折格子）に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

グレーティング（回折格子）は分光器や分波器等に使用される波長の分離／選択素子である。これらを溝断面形状により大別すると、▲1▼基板に塗付したホトレジスト層に2光束干渉（ホログラフィック露光法）による干渉縞を露光・現像して製作される、溝断面形

状が正弦波状のレジストパターンを有するホログラフィック・グレーティング（以下、溝断面形状が正弦波状のグレーティングをホログラフィック・グレーティングと称す）、▲ 2 ▼更に▲ 1 ▼をイオンビーム加工技術で溝断面形状を鋸歯状に変換したブレード・ホログラフィック・グレーティングや、ルーリングエンジン等により機械刻線された溝断面形状が鋸歯状のルールド・グレーティング（以下、溝断面形状が鋸歯状のグレーティングを総称してエシェレット・グレーティングという）、▲ 3 ▼また▲ 1 ▼をイオンビーム加工技術で溝断面形状を矩形状に変換したラミナー・グレーティングが知られている。

【0003】

光は、直行する電波と磁波の2成分を持った横波であり、本来は、電波と磁波の境界領域での作用が異なるため、グレーティングに入射する光を溝方向に平行に振動している成分と、垂直に振動している成分とに分け、この成分毎に回折格子溝表面での作用を計算し、回折効率を求める必要があるが、グレーティングの溝周期に対して使用波長が小さい場合には、入射光を2成分に分けて議論しなくても光の強度のみ、すなわち回折格子溝のフラウンホーファ回折を全ての回折格子溝で積分することにより、回折効率を計算するだけで良い一致が得られる。この計算理論をスカラー理論といい、この理論によれば、実際と良く一致する良好な計算結果が得られる。

10

【0004】

溝周期／波長 >5 の領域をスカラー領域といい、個々の回折格子溝が寄与するフラウンホーファ回折を積分することにより、回折効率が計算できる。この領域では、スペクトル形状において偏光による差異は少ない。

20

【0005】

これに対し、溝周期／波長 <5 の領域をResonance Domain（ここでは共鳴領域と呼ぶ）といい、もはやスカラー理論は成立しない。共鳴領域では、偏光に依る境界領域での作用が異なるため、グレーティングに入射する光をベクトル量とし、回折格子溝表面での作用を厳密に計算して回折効率を求める必要がある。

【0006】

ところで、一般に、放射光のような短波長の分光には溝断面形状が矩形状のラミナー・グレーティングがよく使用され、紫外から近赤外の分析装置の分光器には主として溝断面形状が鋸歯状のエシェレット・グレーティングが用いられる。その理由にはいろいろあるが、主には使用する波長域やグレーティングの使用方法等から、回折効率が最適な溝形状があるためである。この領域ではスカラー理論で計算した結果が実際と比較的良く一致する。しかし、近赤外から赤外にかけて溝周期と波長が同程度の領域になる共鳴領域の場合には、溝断面形状が正弦波状のホログラフィック・グレーティングの方がエシェレット型グレーティングより回折効率に優れる場合があり、しばしば用いられている。

30

【0007】

また、レプリカ・グレーティングの量産手法としては、一般的にはネガ・グレーティングの格子面に剥形剤として薄い油膜や金、白金などの付着力の弱い金属膜を形成し、その上に真空蒸着によりアルミニウム薄膜を形成した後、このアルミニウム薄膜上にレプリカ基板（ガラス基板）を接着剤を介して接着し、接着剤の硬化後、ガラス基板を母型より剥離するものである。アルミニウム薄膜はガラス基板側に移り、結果としてネガ・グレーティングのグレーティング溝が転写されたレプリカ・グレーティングが得られる。

40

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

グレーティングを製作する場合、使用波長域で分解能を得ようとする、グレーティングの溝本数を多く（溝周期を小さく）する必要がある、溝周期と使用波長が同程度の領域になると、溝周期に対する溝深さ（アスペクト比）を大きくする必要があるが、ホログラフィック・グレーティングの場合、露光時の干渉縞の溝断面形状が正弦波状であることや、露光時の振動や熱の外乱により、露光中に安定してコントラストの良い干渉縞を作ることが困難なため、溝深さが深いレジストパターンを製作することが出来ず、結果的に溝深さの深いホログラフィック・グレーティングやブレード・ホログラフィック・グ

50

レーティングを製作することはできなかった。

【0009】

製作可能な範囲のある程度アスペクト比が大きなホログラフィック・グレーティングやエシレット・グレーティングをレプリカする場合、剥形剤が溝表面に有効に付かず、剥離(parting)の段階で破損が生じ易く、例えば剥離の際にグレーティング溝が欠損したり、溝形状が忠実に転写されないため性能が劣化するなど、製作効率が極端に悪くなるが多かった。このような剥離作業における不具合を避けるためには、アスペクト比が小さいことや、剥離しやすい形状が望ましいが、特に近赤外から赤外にかけて使用するグレーティングで高分解能を得ようとする場合、アスペクト比が大きなだけでなく、絶対的な溝深さも深くなり、上記の問題点がより顕著であった。

10

【0010】

さらに、エシレット・グレーティングやホログラフィック・グレーティングでは、共鳴領域になるといくらアスペクト比を大きくしても、ピークが短波長側に留まり所望の波長にピークを持ってくることが理論上も一般に困難であり、近傍の波長域で十分な回折効率を持つ反射(透過)帯を形成することは困難であった。

【0011】

本発明は、このような問題点を解決し、広波長領域、特に共鳴領域において高い回折効率を持ち、且つレプリカ作製に好適な回折格子を提供することを目的としている。

【0012】

【課題を解決するための手段】

20

本願発明者らは、使用波長域等の用途によってタイプの異なるグレーティングが使用されていることに着目し、鋭意研究した結果、従来の溝断面形状を基に製作方法を考慮しながら回折効率に優れるという上記課題を解決できる溝断面形状を見出した。

【0013】

計算によれば、近赤外から赤外にかけて溝周期と波長が同程度の領域では、エシレット・グレーティングよりホログラフィック・グレーティングが優れている。また、レプリカにおいては溝のアスペクト比が小さいほど、溝同士が噛み合う力が小さく、溝底が大きいほど剥形剤が溝底まで充分行き渡る。以上の条件を満たす溝形状として、本発明に係る回折格子では、溝断面形状がラミナー型(矩形状)以外の例えば鋸歯状や正弦波状等のものであって、その溝底部を平坦な形状とした。

30

具体的には、ガラス基板上に正弦波又は鋸歯状のレジストの回折格子パターンを形成し、フッ素系ガスとアルゴン、または、フッ素系ガスと酸素との混合エッチングガスのイオンビームエッチングをレジストパターンが消滅するまで行いガラス基板に直接刻線することで、溝断面形状の溝底部が平坦な形状の回折格子となる。

【0014】

このような溝断面形状を有する回折格子について、回折効率のシミュレーションを行ったところ、従来のエシレット・グレーティングやホログラフィック・グレーティングでは得られなかった高い回折効率が、所望の波長域で得られることが分かり、実際に製作した回折格子の回折効率測定結果ともよく一致し、良好な実効結果が得られた。

【0015】

40

なお、基となる溝断面形状はラミナー型以外であればよく、鋸歯状、正弦波状、あるいはこれらを若干変形したものを対象としており、溝底部に平坦部を有していればよい。また、反射型のものであっても透過型のものであってもよい。

【0016】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係る回折格子の作製方法およびレプリカ方法について、溝断面形状が正弦波状のものを例にとりて説明する。

【0017】

図1(a)において、1は光学ガラス製の基板である。基板は回折格子のオリジナルのブラ

50

、光学ガラスは熱変化による膨張率が低く、光学素子である回折格子の基板素材として優れている。例えばBK7、BSC2、パイレックスガラス、ソーダガラス、石英ガラス、ゼロデュア（SCHOTT社製）、クリストロン（HOYA（株）製）などの低膨張結晶ガラスが良好に使用できるが、本実施例ではBK7ガラスを一例として採用する。まず、BK7ガラス（約60mm×60mm×11.3mm）を光学研磨して凹面基板を作製し、超音波洗浄により表面を清浄する。

【0018】

次に基板1の表面に、ホトレジスト層2を形成する。ホトレジストとしては、ホログラフィック露光が可能なものであれば何でも良く、例えばMP1400（シフレイ製）やOFPR5000（東京応化社製）等が使用できる。本実施例ではMP1400-22を3000rpmで40秒スピンコートした後、コンベクション・オープンで90℃、30分間ベーキングし、厚さ400nmのホトレジスト層2とした。

10

【0019】

このようにして準備した図1(a)のワークを、図2に示すようなホログラフィック露光装置にセットし、例えばHe-Cdレーザ（ $\lambda = 441.6\text{nm}$ ）の2光束干渉によるホログラフィック露光法で、ホトレジストに900本/mmの干渉縞の潜像を露光した後、専用現像液で現像、純水リンスを順次行い、ホトレジストの回折格子パターンを作製する（図1(b)）。この時、2光束干渉の干渉縞の強度分布は正弦波であるが、露光時間と現像時間の制御により、基板面上に正弦半波状のホトレジストの回折格子パターン21を作成することができ、本実施例ではデューティ比（溝幅／溝周期）を0.5とした。ホトレジストの回折格子パターン21の溝深さ（正弦波状の振幅）も露光時間と現像時間の制御により決定することができ、本実施例では300nmとした。

20

【0020】

次に、反応性イオンビームエッチングを行う（図1(c)）。使用するエッチングガスはCF₄とArガスを混合比：Ar／（CF₄＋Ar）＝60％、ガス圧 2×10^{-2} Paとし、基板の法線方向からイオンビームを照射した。レジストパターンが消滅し、BK7ガラス基板1にパターンが完全に直接刻線されるまで約10分間エッチングを続け、溝深さ400nm、デューティ比0.5で溝断面形状が正弦半波状の回折格子を作製した（図1(d)）。

【0021】

なお、使用するエッチングガスのCF₄とArとの混合比率は、最初に作るレジストパターンの高さや所望の回折格子溝深さによって決まるので、比率も上述した実施例に限定されるものではなく、Ar／（CF₄＋Ar）＝0.1～0.9の範囲で都度最適な値を選択すれば良い。使用するエッチングガスもCF₄＋Arの混合ガスに限らず、CF₄とO₂や、例えばCHF₃、CBRF₃等のフッ素系ガスとArあるいはO₂の混合ガスでも良い。また、イオンビームの入射方向も直入射（0°）に限定されない。要するに、最終的に得ようとする回折格子の回折効率が最適な溝深さを得ることを目的としている。

30

【0022】

このようにして作製した回折格子は、溝本数900本/nmで溝深さ400nmの時、1.55μm帯でTE偏光が40%、TM偏光が95%となり、例えば光通信関連で使用するのに好適なものである。同じ溝深さでは、格子溝形状が鋸歯状のブレード・グレーティングでTE偏光が17%、TM偏光が80%、ホログラフィック・グレーティングでTE偏光が22%、TM偏光が94%となり、今回作製した平底型ホログラフィック・グレーティングはエシェレット・グレーティングや従来型のホログラフィック・グレーティングに比べて大変優れた回折効率を示した。

40

【0023】

また共鳴理論によるエシェレット・グレーティング、ホログラフィック・グレーティングと今回製作した平底型ホログラフィック・グレーティングの偏光別回折効率のシミュレーション結果を図3～図5に示す。このシミュレーション結果からも平底型ホログラフィック・グレーティングが非常に優れており、シミュレーション結果とも良い一致を示している。これと比較してエシェレット型の場合はシミュレーション結果とのズレが有る。これは、平底型のものは製造上のバラツキが少なく、品質上からもエシェレット型のものより

50

優れていることの証明であり、従って製造期間やコスト面でも従来のグレーティングより優れていることが分かる。

【0024】

エッチングが完了したオリジナル・グレーティングを洗浄した後、真空蒸着装置にて、使用波長範囲で最適な材料によりコーティングを行う（図1(e)）。使用波長領域によってはオリジナル・グレーティングのままでも反射率が十分に高いためそのままの状態でも十分使用可能であるが、他の波長領域では必要に応じて金（Au）や白金（Pt）、或いはX線多層膜などでコーティングすることにより反射率や耐久性を上げて使用する。本実施例では、紫外から赤外領域で比較的反射率が高いアルミニウム（Al）をコーティングした。

【0025】

続いて、オリジナル・グレーティングからレプリカ・グレーティングを作製する方法について説明する（図1(f)）。Alコーティングしたオリジナル・グレーティングに、再び真空蒸着装置で、離形剤として例えばシリコングリース等で薄い油膜（厚さ約1nm）を形成し、続いてアルミニウム薄膜（厚さ約0.2μm）を真空蒸着する。真空蒸着装置から取り出した後、接着剤を介してネガ基板（ガラス基板など）を接着する。

【0026】

接着剤として、本実施例ではエポキシ樹脂を採用したがこれに限定されるものではなく、他にも耐熱性の熱硬化性樹脂である尿素樹脂、メラニン樹脂、フェノール樹脂などを利用して良く、可視光硬化樹脂であるBENEF IX VL（（株）アーデル製）などを用いると熱歪の影響を少なくすることができる。また、弾性接着剤EP-001（セメダイン製）なども利用

【0027】

接着剤の硬化後、ネガ基板をオリジナル・グレーティング（母型）より剥離すると、離形剤を境にしてネガ基板が剥離する。剥離後、ネガ基板の表面に残っている離形剤をフレオン等の溶剤で洗浄して除去する。このようにしてオリジナル・グレーティングの回折格子溝が表面に転写されたネガ・グレーティングが得られる（図1(g)）。

【0028】

レプリカ・グレーティングの作製方法はネガ・グレーティングと同様で良い。ネガ・グレーティングに離形剤層、アルミニウム薄膜を形成し、接着剤によりレプリカ基板を接着した後、剥離を行う。ネガ・グレーティングの溝形状は再度反転され、レプリカ・グレーティング表面に転写され、結果としてオリジナル・グレーティングと等しい溝形状を持つレプリカ・グレーティングが作製される。このような工程を繰り返すことにより多数のレプリカ・グレーティングが作製される。その他、公知の製造方法、複製方法により適宜変形実施が可能である。

【0029】

【発明の効果】

溝周期に対して波長が同程度或いはそれ以上の波長領域になると、従来のエシェレット型及びホログラフィック型のグレーティングでは、TM偏光、TE偏光両方の回折効率を高くバランス良く得ることは困難であったし、また、これらのグレーティングの場合、溝のアスペクト比が大きくなり、レプリカが困難で、オリジナル・グレーティングの溝形状を有効に転写できず、良好な回折効率を持ったグレーティングの供給が困難であったが、本発明に係る回折格子では、溝断面形状の正弦半波や鋸歯状において平底型の回折格子としたことにより、溝周期に対して波長が同程度或いはそれ以上の波長領域であっても、TM偏光、TE偏光両方の回折効率が高く且つバランスの良いものとすることができ、更にはレプリカによる複製が従来のエシェレット・グレーティングやホログラフィック・グレーティングよりも容易であるため、高分解能で明るい分光器を安価に製作できるようになった。特に、光通信用として有用な1.2~1.7μm帯で高分解能で且つ効率に優れた回折格子を提供できる。

【0030】

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

【図1】本発明に係るホログラフィック・グレーティング及びレプリカ・グレーティングを作製する実施例を説明する概略図である。

【図2】ホログラフィック露光装置の一構成例を説明する概略図である。

【図3】本発明に係る回折格子のTE偏光による回折効率シミュレーション図である。

【図4】本発明に係る回折格子のTM偏光による回折効率シミュレーション図である。

【図5】本発明に係る回折格子の無偏光による回折効率シミュレーション図である。

【符号の説明】

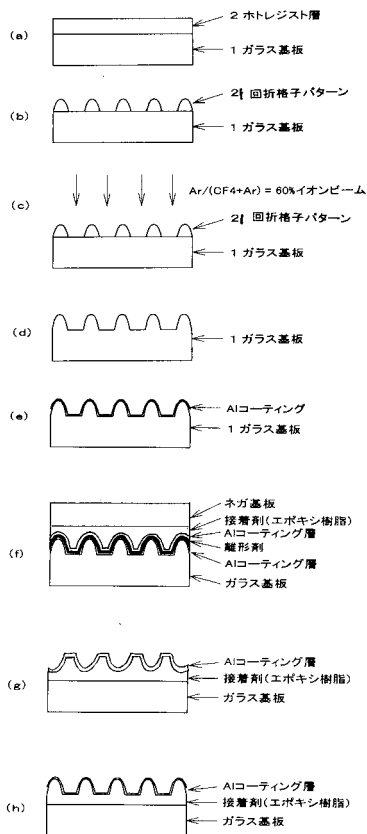
1：ガラス基板

2：ホトレジスト層

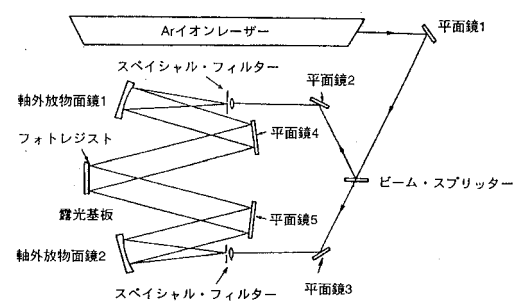
21：回折格子パターン

10

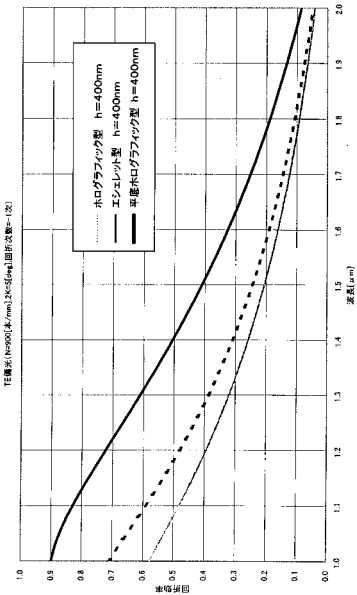
【図1】



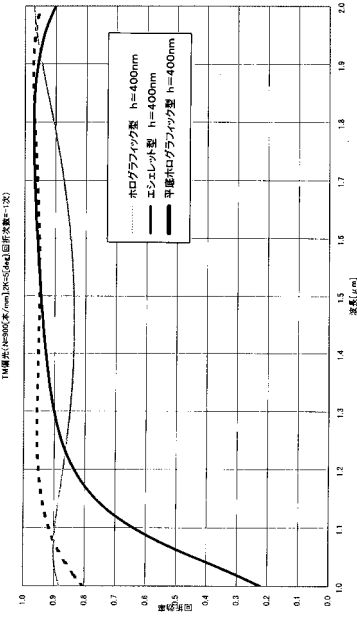
【図2】



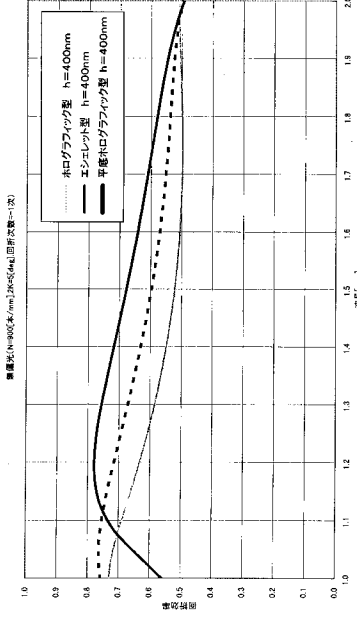
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

- (72)発明者 佐藤 誠
京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所 内
- (72)発明者 佐藤 晃
京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所 内
- (72)発明者 宮内 真二
京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所 内

審査官 山村 浩

- (56)参考文献 特開平01-161302 (JP, A)
特開平06-174907 (JP, A)
特開昭63-068802 (JP, A)
特開2000-075117 (JP, A)
特開2001-072442 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
G02B 5/18
G02B 5/32