

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3595860号

(P3595860)

(45) 発行日 平成16年12月2日(2004.12.2)

(24) 登録日 平成16年9月17日(2004.9.17)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>G03F 1/08  
H01L 21/027

F I

G03F 1/08 A  
H01L 21/30 528

請求項の数 15 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願平7-521263	(73) 特許権者	シヨット・リソテック・アクチエンゲゼルシヤフト
(86) (22) 出願日	平成7年2月10日(1995.2.10)		ドイツO7705イエナ・オットーシヨットシユトラーセ13
(65) 公表番号	特表平9-508981	(74) 代理人	弁理士 小田島 平吉
(43) 公表日	平成9年9月9日(1997.9.9)		
(86) 国際出願番号	PCT/US1995/001393	(74) 代理人	弁理士 深浦 秀夫
(87) 国際公開番号	W01995/022083		
(87) 国際公開日	平成7年8月17日(1995.8.17)	(72) 発明者	アルベイ, ハツキ・ウフク
審査請求日	平成14年1月18日(2002.1.18)		アメリカ合衆国ニューヨーク州12528
(31) 優先権主張番号	08/195,670	(72) 発明者	フレンチ, ロジャー・ハークエイル
(32) 優先日	平成6年2月14日(1994.2.14)		アメリカ合衆国デラウエア州19803ウ
(33) 優先権主張国	米国(US)		イルミントン・アセンスロード1516
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フォトマスクブランク

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

選ばれたリソグラフィー波長において少なくとも0.001の透過率を有し且つ本質的に少なくとも2成分の組み合わせから成り、該成分の少なくとも1つが該リソグラフィー波長において少なくとも1つの他の成分よりも高い吸光度を有する、上面及び下面をもつ光学的に不均質な減衰フィルムの単一層を含んでなる位相シフター - フォトマスクブランクであって、フィルムの上表面からの1つの深さがフィルムの断面の両側での他の深さにおけるよりも該成分の1つの含有率が高い断面を有し、且つ屈折率の変化の分布、吸光係数の変化の分布又は該分布の両方がフィルムの厚さを通じて漸進的であり；そして該変化の分布及びフィルムの厚さが、選ばれたリソグラフィー波長において、約180°又はその奇数倍の位相シフトを与えるように選ばれる、選ばれたリソグラフィー波長のための透過性埋め込み位相シフター - フォトマスクブランク。

## 【請求項2】

位相シフトが約180°である請求の範囲第1項の透過性埋め込み位相シフター - フォトマスクブランク。

## 【請求項3】

反射率が0～0.5の範囲内にある請求の範囲第2項の透過性埋め込み位相シフター - フォトマスクブランク。

## 【請求項4】

本質的に2成分の組み合わせである請求の範囲第2項の透過性埋め込み位相シフター - フ

フォトマスクブランク。

【請求項 5】

2成分が両方とも誘電性成分である請求の範囲第4項の透過性埋め込み位相シフター - フォトマスクブランク。

【請求項 6】

より高い吸光性の成分がフィルムの85容量% ~ 5容量%であり、より低い吸光性の成分がフィルムの15容量% ~ 95容量%である請求の範囲第4項又は第5項の透過性埋め込み位相シフター - フォトマスクブランク。

【請求項 7】

選ばれるリソグラフィー波長が110nm ~ 1000nmである請求の範囲第2項の透過性埋め込み位相シフター - フォトマスクブランク。 10

【請求項 8】

成分がM - O - C - N材料、M - Cl - O - C - N材料、M - Cl - F - O - C - N材料又はM - F - O - C - N材料であり、ここでMがCr、Fe、Mo、Zn、Co、Nb、Ta、W、Ti、Al、MgSi及びそれらの混合物からなる群より選ばれる請求の範囲第7項の透過性埋め込み位相シフター - フォトマスクブランク。

【請求項 9】

MがCrである請求の範囲第8項の透過性埋め込み位相シフター - フォトマスクブランク。

【請求項 10】

成分がCr - O - C - N材料である請求の範囲第9項の透過性埋め込み位相シフター - フォトマスクブランク。 20

【請求項 11】

屈折率の変化の分布がフィルムの厚さを通じて漸進的である請求の範囲第1項の透過性埋め込み位相シフター - フォトマスクブランク。

【請求項 12】

吸光係数の変化の分布がフィルムの厚さを通じて漸進的である請求の範囲第1項又は第11項の透過性埋め込み位相シフター - フォトマスクブランク。

【請求項 13】

488nmの検査波長における透過率が0.05 ~ 0.90であり;633nmのライン揃え波長における透過率が0.10 ~ 0.90である請求の範囲第1項のフォトマスクブランク。 30

【請求項 14】

I - 線又はG - 線リソグラフィーの場合のシート抵抗率が $1 \times 10^2 \sim 1 \times 10^9$ オーム / 平方の範囲内にある請求の範囲第1項のフォトマスクブランク。

【請求項 15】

酢酸エッチング速度がCrブランクの酢酸エッチング速度より低い請求の範囲第1項の透過性埋め込み位相シフターブランク。

【発明の詳細な説明】

発明の分野

本発明はフォトマスクブランク、及びさらに特定のには特定の波長における入射光において位相シフトを与えるフォトマスクブランクに関する。 40

発明の背景

従来のフォトマスクブランクは通常、例えば融解石英板などの基質を含み、その上に不透明クロムフィルムがある。フォトマスクはこれらのブランクから、フィルムに所望のパターンの解放領域 (open areas) を与えることにより製造される。使用の場合、光がフォトマスクの解放領域を通して感光性基質、例えば感光性樹脂 - コーティング半導体ウェハーの表面上に光学的に投影される。現在、フォトマスクは可視又は紫外光を用いて照射される。光学的画像形成の基本的限界は、照射光の波長のオーダー (order) の線幅が回折に制限されることである。言い換えると、所望の光学的画像と同じ大きさの波長の光は回折し、投影画像は所望の画像より幅が広がる。

可視又は紫外光の波長より狭いパターンの製造を可能にするために、当該技術分野はX - 50

線などのもっと短波長の光源に変えることを考慮した。米国特許第4,890,309号は、特にX-線リソグラフィーにおいて有用な一種の減衰（不透明に対抗して）フォトマスクを開示し、それにおいては減衰フィルムの材料及び厚さが、入射電磁線の一部を通過も（すなわち透過）させ、マスクのオープン・フィーチャー（open features）を通過する放射線に対して放射線を位相シフトもさせるように選択される。選ばれる材料はタングステン、金、銀、これらの材料の合金類の均質フィルム、又は高及び低原子番号材料（例えばタングステンと炭素）の交互層である。

x-線リソグラフィーの経費及び複雑さを避ける試みにおいて、紫外及び可視光領域のための多様な位相-シフトフォトマスクが開発されてきた（例えばB.J.Lin, Solid State Technology, pp.43-47, 1992年1月を参照されたい）。これらの中に縁位相-シフト（rim phase-shifting）フォトマスクがあり、それは基質エッチング又は追加の位相-シフト層の使用のいずれかを必要とする。縁位相-シフトフォトマスクは生来、任意マスクパターンに適用可能であるが、実用的長さまで露光時間を短縮するために大きなポジティブマスクバイアスが必要であり、強い近接効果のために、1回の共通の露光を用いて任意マスクパターンに関するすべての面の寸法及び形を描くのが困難である。縁位相-シフトフォトマスクを越える改良は当該技術分野において減衰位相-シフトフォトマスク（APSPM）として知られている。APSPMはパターン形成されるフィルムの従来の不透明クロム部分の代わりに吸光性、部分的透過性位相シフターを用いる。吸光性位相シフターの透過率は、ゴーストラインの発生を防ぐために約0.20未満に調節される。しかしすべての位相シフターが所望の量で位相シフトし、吸光できるわけではない。結局、異なる吸光性及び位相シフト性の材料から成る多層構造がいくつかの場合には必要であり得る。商業的に入手可能なAPSPMは、基質-フィルム界面におけるCr-N化合物からフィルム-空気界面におけるCr-O化合物まで変化する勾配付きクロムオキシカルボナイトライド組成物を用いており、それは反射防止コーティングとしても働く。このAPSPMはある程度の位相シフトを与えるが、所望の180°の位相シフトを達成するためには基質、この場合は融解石英の反応性イオンエッチングなどのさらに別の方法が必要である。

日本公開特許出願番号平成5-127,361は、所望の透過率及び位相シフトの両方を与える、すなわち位相シフトが吸光性層に埋め込まれている部分的透過性フィルムを有する減衰フォトマスクブランクにつき記載している。これは適した屈折率及び吸光係数を有する深さ方向で光学的に均質なフィルム材料の使用により達成される。この深さ方向に均質なフィルムの欠点は、屈折率及び吸光係数が連結されるので、透過率、位相シフト及び反射率を別々に選択できないことである。一般にリソグラフィー画像形成能は透過率、位相シフト及び反射率により影響され、従ってこれらの3つのパラメーターを独立して制御するのが望ましい。この均質フィルムの他の欠点は、特許請求の範囲において特定されている通りクロム化合物が用いられる場合、電気抵抗率が高く、別の電荷散逸層が用いられないと、フィルムを電子ビームパターン形成系で書き込めないようにしてしまう。この均質フィルムのさらに別の欠点は、クロム化合物が用いられる場合、分光光学的透過率がスペクトルの可視部分において非常に高く、完成フォトマスクの検査（通常488nmで行われる）及び投影アライナー（projection aligner）における完成フォトマスクの整列（通常633nmで行われる）を困難にする。

減衰位相シフトフォトマスクにおいて所望の透過率、位相シフト及び反射率を同時に達成するための深さ方向で光学的に不均質なフィルムの使用が1992年11月16日出願の同時係属米国特許出願番号07/976,782に記載されている。不均質な減衰フィルムは本質的に金属性成分及び誘電性成分の組み合わせから成り、ここでフィルムの1つの表面は他の表面より金属性成分の含有率が高く、吸光係数の変化の分布はフィルムの厚さを通じて漸進的であり；ならびにここで、該変化の分布及びフィルムの厚さは選択された波長において約180°（又はその奇数倍）の位相シフトを与えるように選ばれる。この不均質フィルムは透過率、位相シフト及び反射率の独立した制御を有するフォトマスクブランクの柔軟な設計及び構築を可能にする。しかしそれは金属性成分及び誘電性成分の間の深さ方向の組成勾配を指定している。

10

20

30

40

50

### 発明の概略

本発明は、上面及び下面を有する光学的不均質減衰フィルムを含む、選択されたリソグラフィ波長のための透過性埋め込み位相シフター - フォトマスクブランク（すなわちEPS - PMB）を提供する。フィルムはリソグラフィ波長において少なくとも0.001の透過率を有し、本質的に少なくとも2つの成分の組み合わせから成り、ここで少なくとも1つの成分はリソグラフィ波長において少なくとも1つの他の成分より高い吸光度を示し；ここでフィルムの上面からの1つの深さにおける、該より高い吸光性の成分の含有率が上面からの他の深さにおけるより高く、屈折率及び/又は吸光係数における変化の分布（profile）はフィルムの厚さを通じて漸進的であり；ならびにここで該変化の分布及びフィルムの厚さは選択されたリソグラフィ波長において約 $180^\circ$ （又はその奇数倍）の位相シフトを与えるように選択される。

10

### 【図面の簡単な説明】

図1は365nmの波長において0.054の透過率を有する本発明に従って与えられるEPS - PMBの組成的深さ分布を示す。

図2は図1のEPS - PMBの分光透過率を示す。

図3a及び3bは図1のEPS - PMBに関する、度で示される、それぞれプサイ及びデルタに関する楕円偏光測定データを示す。

図4a及び4bは図1のEPS - PMBに関する、それぞれより高い吸光性の、及びより低い吸光性の成分に関する有効光学的定数（ $n$ 及び $k$ ）を示す。

図5は図1のEPS - PMBの組成的深さ分布を示す。

20

図6は図1のEPS - PMBに関する楕円偏光測定的にモデル化された分光位相シフトを示す。

図7a、7b、7c及び7dは図1のEPS - PMBに関するそれぞれ325、442、488及び633nmにおける位相感受性干渉計走査を示す。

図8は図1のEPS - PMBに関する325、442、488及び633nm PSIデータのプロットを、データへの2次曲線適合と共に示す（このEPS - PMBの場合、内挿I - 線位相シフトは $179^\circ$ である）。

図9は図1のEPS - PMBのフィルム側への光入射の場合の反射率を示す。

図10は図1のEPS - PMBの基質側への光入射の場合の反射率を示す。

図11は365nmの波長において6.1%（すなわち0.061）の透過率を与えるのに適したクロムの化学を有し、炭素が増加して導電率の向上及び湿式エッチング性能のために最適化されたクロムの化学を有する本発明に従って与えられるEPS - PMBの組成的深さ分布を示す。

30

図12は図11のEPS - PMBの分光透過率を示す。

図13は図11のEPS - PMBのフィルム側への光入射の場合の反射率を示す。

図14は図11のEPS - PMBの基質側への光入射の場合の反射率を示す。

図15a、15b及び15cは図11のEPS - PMBに関する、それぞれ325、488及び633nmにおける位相感受性干渉計走査を示す。

図16は図11のEPS - PMBに関する325、488及び633nm PSIデータのプロットを、データへの2次曲線適合と共に示す（このEPS - PMBの場合、予測I - 線位相シフトは $173^\circ$ である）。

。

図17a及び17bは2つの他のフォトマスクブランクに関する組成的深さ分布を示し、17aのフォトマスクブランクはフィルムの中心に、より高い吸光性の成分を有し、17bのフォトマスクはフィルムの底に、より高い吸光性の成分を有する。

40

図18a及び18bはそれぞれ図17a及び図17bのフォトマスクブランクの分光透過率を示す。

図19a及び19bはそれぞれ図17a及び17bのフォトマスクブランクのフィルム側への光入射の場合の反射率を示す。

図20a及び20bはそれぞれ図17a及び17bのフォトマスクブランクの基質側への光入射の場合の反射率を示す。

図21a、21b、21c、21d、21e及び21fはそれぞれ325nm、488nm及び633nmにおける図17a及び17bのフォトマスクブランクに関する位相感受性干渉計走査を示す。

図22a及び22bはそれぞれ図17a及び17bのフォトマスクブランクに関する325、488及び633nm

50

m PSIデータのプロットを、データへの2次曲線適合と共に示す（これらのフォトマスクブランクの場合、予測I - 線位相シフトはそれぞれ203°及び204°である）。

図23は248nm (DUV)における2.3%の透過率に適したクロムの化学を有する他のフォトマスクブランクに関する組成的深さ分布を示す。

図24は図23のフォトマスクブランクの透過率を示す。

図25は図23のフォトマスクブランクのフィルム側への光入射の場合の反射率を示す。

図26は図23のフォトマスクブランクの基質側への光入射の場合の反射率を示す。

図27a、27b及び27cは図23のフォトマスクブランクに関する、それぞれ325、488及び633nmにおける位相感受性干渉計走査を示す。

図28は図23のフォトマスクブランクに関する325、488及び633nm PSIデータのプロットを、データへの2次曲線適合と共に示す（このフォトマスクブランクの場合、予測DUV位相シフトは219°である）。 10

図29は6.3%のG - 線透過率を与えるのに適したクロムの化学を有する本発明に従って与えられる他のEPS - PMBの組成的深さ分布を示す。

図30は図29のEPS - PMBの分光透過率を示す。

図31は図29のEPS - PMBのフィルム側への光入射の場合の反射率を示す。

図32は図29のEPS - PMBの基質側への光入射の場合の反射率を示す。

図33a、33b及び33cは図29のEPS - PMBに関する、それぞれ325、488及び633nmにおける位相感受性干渉計走査を示す。

図34は図29のEPS - PMBに関する325、488及び633nm PSIデータのプロットを、データへの2次曲線適合と共に示す（このEPS - PMBの場合、予測G - 線位相シフトは188°である）。 20

#### 図面において用いられている項のまとめ

X 界面からのフィルムの深さ（オングストローム）

Y 表面からのフィルムの深さ（オングストローム）

C 原子濃度

W 波長（ナノメートル）

T 絶対透過率

S ブサイ（度）

D デルタ（度）

n 屈折率

k 吸光係数

P 位相シフト（度）

L 干渉計走査に沿った位置

R 反射率

#### 発明の詳細な説明

本発明はフォトマスクブランクのための有利なフィルムを提供する。フィルムは、特定の入射波長に関して約180°（好ましくは180° ± 10°）又はその奇数倍の位相シフトを与え、かくしてフォトマスクの製造に特に有用である。通常フィルムは基質上に蒸着される。基質は用いられる入射光の波長に対して透明の、いずれの機械的に安定した材料であることもできる。石英及び融解石英（ガラス）などの基質が入手し易さ及び経費のために好ましい。 40

本発明のフィルムは、屈折率及び/又は吸光係数がフィルムの厚さを通じて変化する点で、光学的不均質である。本発明の光学的不均質減衰フィルムは典型的に、下面（通常は基質 - フィルム界面）における光学的により高い吸光性から上面（通常はフィルム - 空気界面）における光学的により低い吸光性まで及ぶ連続的に変化する構造の形態；あるいは下面（通常は基質 - フィルム界面）における光学的により低い吸光性から上面（通常はフィルム - 空気界面）における光学的により低い吸光性までのフィルムの厚さを部分的に介した位置における光学的により高い吸光性まで及ぶ連続的に変化する構造の形態；あるいは下面（通常は基質 - フィルム界面）における光学的により高い吸光性から上面（通常はフ 50

フィルム - 空気界面)における光学的により高い吸光性までのフィルムの厚さを部分的に介した位置における光学的により低い吸光性まで及ぶ連続的に変化する構造の形態である。光学的不均質フィルムのいずれの深さにおいても材料は少なくとも2成分、少なくとも1つのより高い吸光性の成分及び少なくとも1つのより低い吸光性の成分の混合物として定義することができる。より高い吸光性の成分の屈折率は一般に1~6、及び好ましくは2~5であり;より低い吸光性の成分の屈折率は一般に1~3.5、及び好ましくは1.2~2.8である。より高い吸光性の成分の吸光係数は一般に0~6、及び好ましくは0.5~3.5である。より低い吸光性の成分の吸光係数は一般に0~2、及び好ましくは0~1.5である。不均質減衰フィルムのより高い吸光性及びより低い吸光性の成分は遷移及び非-遷移金属フルオロ-オキシ-カルボ-ナイトライド類などの材料から選ばれることができる。本発明の実行に特に適している材料は金属オキシ-カルボ-ナイトライド類(すなわちM-O-C-N)、金属クロロ-オキシ-カルボ-ナイトライド類(すなわちM-Cl-O-C-N)、金属クロロ-フルオロ-オキシ-カルボ-ナイトライド類(すなわちM-Cl-F-O-C-N)、及び金属フルオロ-オキシ-カルボ-ナイトライド類(すなわちM-F-O-C-N)であり、ここでMはCr、Fe、Mo、Zn、Co、Nb、Ta、W、Ti、Al、Mg、Si及びそれらの混合物から成る群より選ばれる。Crは好ましいMであり;クロムオキシ-カルボ-ナイトライドは性能及び入手し易さに基づいて好ましい材料である。

フィルムの屈折率の分布、フィルムの吸光係数の分布又は両分布はフィルムの厚さを通じて漸進的に変化する。漸進的变化は滑らかな連続的やり方で、及び/又は段階的に勾配が付けられるやり方で行うことができる。本発明のフィルムは、リソグラフィー波長において1つの成分が他の成分より高い吸光度を有する多成分組成物である。各成分に関して本明細書で用いられる吸光度、 $\epsilon$ はその成分に関する吸光係数 $k$ に直接正比例する(すなわち $\epsilon = 4 \pi k / \lambda$ であり、ここで $\lambda$ は入射光の波長である)。多くの実施態様の場合、フィルム組成は本質的に2成分の組み合わせである。これらの2成分は、同時係属米国特許出願番号07/976,782におけるような、吸光係数における変化の分布とフィルムの厚さが約180°(又はその奇数倍)の位相シフトを与えるように組合わされた金属性成分(すなわち一般に1.5~6.5eVの範囲で増加する光子エネルギーと共に大きさが減少する0~6の範囲内の吸光係数を特徴とする材料)及び誘電性成分(すなわち一般に1.5~6.5eVの範囲で増加する光子エネルギーと共に大きさが増加する0~2の範囲内の吸光係数を特徴とする材料)であることができ;あるいは2成分は本発明に従う他の組み合わせであることができる。事実、1つが他より高い吸光度(すなわち高い吸光係数)を有していれば、2つの誘電性材料(すなわち一般に1.5~6.5eVの範囲内で増加する光子エネルギーと共に増加する吸光係数を特徴とする2つの材料)を用いることができる。2つの誘電性材料の使用は約0.04及びそれ以上(例えば0.04~0.50)のI-線及びG-線リソグラフィー波長における透過;ならびに約0.01及びそれ以上(例えば0.01~0.12)のDUVリソグラフィー波長における透過を得ることを容易にする。

本質的に2成分の組み合わせから成るフィルムにおける深さ、 $D$ において、フィルムの屈折率及び吸光係数は以下の式によりその誘電率 $\epsilon(D)$ に関連付けられる:

$$\epsilon_1(D) = \frac{n^2(D) - k^2(D)}{\mu(D)}$$

$$\epsilon_2(D) = \frac{2n(D)k(D)}{\mu(D)}$$

$$\epsilon(D) = \epsilon_1(D) + \epsilon_2(D)$$

ここで $n(D)$ は深さ $D$ における屈折率であり、 $k(D)$ は深さ $D$ における吸光係数であり、 $\mu(D)$ は深さ $D$ における透磁率である。

本発明の目的の場合、フィルムの深さ $D$ において、誘電率は2つの成分材料の誘電率の組み合わせとして以下の式により定義される:

10

20

30

40

$$f_a(D) \frac{\epsilon_a(D) - \epsilon(D)}{\epsilon_a(D) + 2\epsilon(D)} = f_b(D) \frac{\epsilon(D) - \epsilon_b(D)}{\epsilon_b(D) + 2\epsilon(D)}$$

ここで  $f_a(D)$  及び  $f_b(D)$  は深さ  $D$  における 2 つの成分材料の誘電率であり、 $f_a(D)$  及び  $f_b(D)$  は深さ  $D$  における 2 つの成分材料の体積分率である。この式は Bruggeman の有効中間近似 (effective medium approximation) (Edward D. Palik, Academic Press, Orlando, 1985 出版による "Handbook of Optical Constants of Solids," 中の p. 89 - 112、D. E. Aspnes による "The Accurate Determination of Optical Properties by Ellipsometry," において、より十分に説明されており、その記載事項は引用することにより本明細書の内容となる) を表す式である。Bruggeman の有効中間近似において、 $f_a(D) + f_b(D) = 1$  である。2 つの成分の誘電関数は金属性又は誘電性のいずれかであることに制限されない。上記の式が満足されれば、屈折率及び吸光係数の深さ分布は全く一般的であることができる。フィルムはいずれの深さにおいても、より吸光性の高い成分のみ (すなわち  $f_a(D) = 1$ ) 又は、より吸光性の低い成分のみ (すなわち  $f_b(D) = 1$ ) から成る必要はない。

10

2 つより多い成分がある場合、平行した、しかしもっと複雑な分析が行われ得ることが当該技術分野における熟練者には明らかであろう。

本発明の目的の場合、光学的不均質フィルムは、フォトマスクにより作られる線幅への所望の影響を有するために、フィルムにより位相シフトが与えられるのに十分なある程度の透明性を有していなければならない。フォトマスクブランクで用いられるフィルムの最大の厚さ、 $d_{max}$  は、フィルムの最低吸光性成分の誘電性成分の屈折率、 $n_{min}$ 、及び用いられ

20

$$d_{max} = \frac{(m\lambda)}{(2(n_{top}-1))}$$

$$d_{max} = \frac{m\lambda}{2(n_{min}-1)}$$

により算出することができ、ここで  $m$  は奇数の正の整数である。実際には  $m$  は典型的に 1 ~ 3 に等しいが、例えば X - 線領域においてはそのように制限されない。365 ナノメートルの波長及び  $n_{min} = 1.5$  の場合、 $d_{max} = 365$  ナノメートルである。式は本質的に不透明でない本発明のフィルムの場合に (すなわちリソグラフィ波長におけるフィルムの透過率が 0.001 より高いままである) 有効である。

30

最大の厚さに関するこの定義に基づき、より吸光性の高い、及びより吸光性の低い成分の体積は、厚さにおいて本質的に 0 から、これらの不均質減衰フィルムが十分な透明性を有する必要性により限定される厚さまで変化することができる。典型的に、より吸光性の高い成分は 5 ナノメートル ~ 150 ナノメートルの厚さであり、より吸光性の低い成分は 10 ナノメートル ~ 400 ナノメートルの厚さである。

本発明の重要な側面は、用いられる光の所望の波長においてフィルムが、埋め込まれた位相シフターにより、必要な  $180^\circ$  の位相シフトを有する、フィルムが用いられる光の波長において所望の透過率を有する、及びフィルムが用いられる光の波長において所望の屈折率を有するという複数の要求に従ってフィルムの組成を設計することができることである。特に重要なのはリソグラフィ波長が I - 線である EPS - PMB、リソグラフィ波長が DU

40

V である本発明の EPS - PMB 及びリソグラフィ波長が G - 線である本発明の EPS - PMB である。

典型的に、所望の屈折率は 0 ~ 約 0.5 の範囲内である。

図 4a 及び図 4b に示されているような特定の 1 対の、又はそれ以上のより吸光性の高い、及びより吸光性の低いフィルム成分に関し、1 つのフィルム表面における (例えば基質に隣接する) より吸光性の高い成分、及び他のフィルム表面における (例えば空気に隣接する) より吸光性の低い成分、ならびに上記で議論された通りの、より高い吸光性からより低い吸光性への選ばれた分布の漸進的遷移を用い、一般化された設計を構築することができる。算出されるフィルムの厚さ及び光学的性質における選ばれた変化の分布と共に、2 つ

50

の成分のそれぞれに関する屈折率及び吸光係数を用い、フィルムに関する透過率、反射率及び位相シフトを計算することができる。これらの計算のために周知のマトリックス法（記載事項が引用することにより本明細書の内容となるO.S.Heavens, "Optical Properties of Thin Solid Films", Dover Publications, NY, 1965, pp. 69 - 80を参照されたい）を用いることができる。数値計算を行うためにコンピューターを用いることができる。与えられる分布に関し、製造可能な範囲内の透過率、反射率及び位相シフトの組み合わせを計算し、どの組み合わせが好ましい解答を与えるかを決定することによりフィルム設計の最適化が行われる。マトリックス法に基づくコンピューター計算を用い、分布を多数の薄い均質な層としてモデル化することができ、すべての層の特徴的マトリックスをマトリックス倍してフィルムの反射率、透過率及び位相シフトを計算する。1次、2次、3次、指数又はガウス分布などのあらかじめ決められた光学的性質の分布を用いることができる。実際には、分布はフィルムの製造に用いられる特定の装置により束縛されるであろう。通常、装置もフィルム構造における領域の厚さに関する上限又は下限を決定するであろう。本発明の他の側面は、不均質フィルムの分光光学的性質をフォトマスク検査及びライン揃え（alignment）の道具の要求に適合するように変えることができることである。典型的にこれらの道具は可視波長領域で操作され、正しく操作するために検査及びライン揃え波長（典型的にそれぞれ488nm及び633nm）における低い透過率（例えば0.60未満）を必要とする。不均質フィルムの組成的分布は、より高い吸光性の成分が比較的薄い層に濃縮され、所望の比較的平坦な分光透過応答を与え、一方、より低い吸光性の成分の濃度がより高い層はより厚く、位相シフトのバランスを与えるように調節することができる。例えばM - O - C - N材料の場合、酸素 - 不足成分を比較的薄い層に濃縮し、ライン揃え及び検査を容易にすることができる。

本発明の他の側面は、不均質フィルムの組成的分布を平坦な分光透過応答のために上記の通りに調節し、薄い、より高い吸光性の成分が電子ビーム暴露の要求を満たす導電性層を構成するようにすることができることである。別の場合、炭素含有率を増加させ、シート抵抗率を減少させることができる。電子ビーム書き込み系は電荷の散逸を促進するための導電性層を必要とする。約 $1 \times 10^9$ オーム / 平方又はそれ未満（例えば $1 \times 10^2 \sim 1 \times 10^9$ オーム / 平方）のシート抵抗率を有するフィルムを、I - 線及びG - 線リソグラフィーの場合に本発明に従って容易に与えることができる。

本発明の他の側面は、不均質フィルムの湿式エッチング特性を、従来のフォトマスク処理で用いられる不透明フィルムの湿式エッチング特性に実質的に類似するように調節することができることである。これはフィルムの組成、好ましくは炭素濃度を調節して所望のエッチング速度を与えることにより行われる。この意味において湿式エッチング速度は、不均質フィルムの組成的深さ分布を変える時に最適化される変数の1つである。組成の深さ分布の制御はフィルムの湿式エッチング速度の深さ依存性を有利に制御できるようにし、フィルムの端壁分布（edge wall profile）の制御を容易にすることも明らかである。典型的に所望のエッチング速度はオキシ - カルボ - ナイトライド類、クロロ - オキシ - カルボ - ナイトライド類、クロロフルオロ - オキシ - カルボ - ナイトライド類及びフルオロ - オキシ - カルボ - ナイトライド類に関し、約0.001 ~ 20原子パーセントの炭素含有率において達成される。

典型的に、減衰フィルムは本質的に減衰フィルムの合計体積に基づいて体積により99% ~ 1%（上記の通り）、好ましくは体積により85% ~ 5%のより高い吸光性の成分及び1% ~ 99%、好ましくは15% ~ 95%のより低い吸光性の成分から成る。フォトマスクブランクは当該技術分野において周知の方法により製造することができる。本発明のフォトマスクブランクは一般に一回通過（single pass）連続的蒸着法において、透明基質上に1層の不均質減衰層を蒸着させることにより製造することができる。従来の基質をそのまま用いることができ、あるいは酸化インジウム又は酸化錫などの材料の導電性で透明なフィルムをコーティングすることができる。

減衰フィルムは反応性スパッター蒸着により基質上に蒸着することができる。反応性スパッタリングは真空室で行われるコーティング法である。真空室内に、あらかじめ決められ

10

20

30

40

50

た圧力下における不活性気体及び反応性気体を含む混合気体で満たされたスパッター室がある。スパッターされるべき材料を含む標的がスパッター室において導電性陰極上に置かれる。標的に負の電圧がかけられると、標的の表面から延びるプラズマが形成される。プラズマは不活性気体及び反応性気体のイオン及び種、ならびに標的の原子単位を含む。原子標的単位はプラズマを介してコーティングされるべき基質に移動し、反応性気体種と反応して種々の組成物を形成する。組成物は、基質がスパッター室を通過して移動する時に各基質上に薄いフィルム又は層として蒸着する。この方法に適した不活性気体はアルゴン、ネオン、クリプトン及びキセノンを含む。適した反応性気体は窒素、酸素、メタン及び二酸化炭素を含む。スパッター室における圧力は通常 $3.0 \times 10^{-2} \sim 1.0 \times 10^{-3}$  トールである。標的は典型的にクロム又はクロムに基づく材料、例えば窒化クロム、炭化クロム又は酸化クロムである。フォトリソマスクブランク製造のための反応性スパッター蒸着に関するさらなる議論は米国特許第5,230,971号に与えられており、その記載事項は引用することにより本明細書の内容となる。

10

不均質減衰フィルムを有する本発明のフォトリソマスクブランクは、基質がスパッター室を通過して連続的に移動する反応性スパッター蒸着法を用い、スパッター室を通過する基質の移動の方向で間隔をおいて置かれる複数の標的（例えばクロムに基づく標的）を設けることにより有利に製造することができる。スパッター室内の条件（例えば各標的に、例えば直流及び/又は高周波により同時に適用される電荷）を制御することにより、各標的上のプラズマの組成及び標的間のプラズマの重なりを調節し、異なる組成の薄層、及び/又は組成が1つの薄層の組成から次の薄層の組成に漸進的に変化する薄層-間遷移領域を有する1層の減衰層を移動基質上に蒸着し、不均質減衰層を得ることができる。

20

本発明のEPS - PMBを製造する方法は低応力フィルムの製造を可能にし、結局、より大きな実際のフィルム厚さを可能にする。例えば最高500nm（例えば90～300nm）の機械的に安定なフィルム厚さを本発明に従って容易に二次加工することができる。

本発明の実行を介し、種々の成分材料を用い、その深さ方向の光学的定数の分布を変え、EPS - PMBの多様な所望の性質、例えば使用波長における透過率、位相シフト、ならびにフィルム及び基質の入射光反射率、検査及びライン揃え波長における透過率、湿式エッチング速度、シート抵抗率、ならびにフィルムの応力を最適化することができる。本明細書で与えられる、2つ又はそれ以上の成分（少なくとも1つの比較的高い吸光性の成分及び少なくとも1つの比較的低い吸光性の成分を含む）を含む材料の光学的性質、ならびにそれらの深さ分布を制御する方法は、得られるEPS - PMBの多くの異なる物理的要求を独立して特定し、制御し、設計する機会を与える。例えば本発明は、(a) 365nm（すなわちI - 線）又は436nm（すなわちG - 線）の使用波長の場合の約0.01～0.50（典型的に0.02～0.20）の範囲、あるいは248nm（すなわちDUV）の使用波長の場合の約0.001～0.25（典型的に0.01～0.12）の範囲の、リソグラフィ波長における透過率；(b) EPS - PMBのリソグラフィ波長における約0.02～0.50（典型的に0.08～0.24）の範囲のフィルム及び基質側反射率；(c) 約 $1 \times 10^2$  オーム/平方～ $1 \times 10^{12}$  オーム/平方（典型的にI - 線及びG - 線リソグラフィの場合 $1 \times 10^3 \sim 1 \times 10^9$  オーム/平方、EPS - PMBに電子又は他の帯電ビームリソグラフィ又は修復法が用いられる場合の優れた電荷散逸の要求のため）の範囲のシート抵抗率；(d) 約 $0 \sim 1 \times 10^{10}$  ダイン/cm<sup>2</sup>（典型的に $1 \times 10^7 \sim 1 \times 10^9$  ダイン/cm<sup>2</sup>）の範囲のフィルム応力；(e) 488nmの検査波長における約0.05～0.90（典型的に0.10～0.60）の範囲の透過率；及び/又は(f) 633nmのライン揃え波長における0.10～0.90（典型的に0.30～0.70）の範囲の透過率を達成しながら、ブランクの位相シフトを $180^\circ + / - 10^\circ$  に設定することを可能にする。

30

40

EPS - PMBのより高い吸光性の成分がフィルム基質界面の近くに置かれる本発明の実施態様の場合、EPS - PMBは通常、フィルムの厚さ未満の厚さの欠陥（フィルム不良欠陥）が起こる場合に関して、光学的均質EPS - PMBと比較して大きな検査可能性を達成し、それは基質上の残りのフィルムが石英に対して、より大きな対比を示すからである。

湿式又は乾式エッチング法により位相シフトマスク（PSM）を作るのを容易にするために、エッチング速度（標準的酸性エッチング剤を用いて）が3～300秒当たり100nm、典型的

50

に10～60秒当たり100nmの範囲であるように組成分布を制御することができる（例えばCrブランクのエッチング速度より遅い酢酸エッチング速度を得ることができる）。さらに、本発明のEPS - PMBはフィルムの透過率がフィルムの厚さのみにより決定されないという利点を有し；従ってフィルムエッチングを典型的エッチング速度においてエッチング時間により容易に制御して所望のエッチングを得られるように、50～500nm（典型的に90～140nm）の範囲のフィルム厚さを有するEPS - PMBを設計することができる。これは典型的に10～45nmのフィルム厚さを有する薄いCrブランクに匹敵し、その場合はエッチングが速すぎて標準的タイミングにより制御されるとエッチング制御が悪くなる。

本発明は110nm～1000nmの領域内のリソグラフィ波長で用いることができる透過性EPS - PMBの実施態様を含む。

10

本発明の実行は以下の非 - 制限的な実施例からさらに明らかになるであろう。

#### 実施例 1

2つのクロム標的を商業的に入手可能な直流平面マグネトロンスパッタリング装置に置いた。各標的は約6インチの幅、20インチの長さ及び0.25インチの高さであった。標的間の端から端への距離は約5インチであった。スパッター室にアルゴン、窒素、酸素、二酸化炭素及びメタンから成る気体を満たした。磨かれたガラス基質を5.4% I - 線EPS - PMB # 3700に関して表 I に示す条件下でスパッター室を通して移動させた。

これらの操作条件下で、2つの異なるプラズマ及びプラズマの重なり領域における種々の種からの発光のために、第1の標的上の明るい青から第2の標的上の明るいピンクに変化するカラースペクトルが、処理室の側に設けられた窓を介して裸眼で観察され、プラズマ内に基質の移動の方向で組成的勾配が存在することが確認された。蒸着フィルムにおけるこの深さ方向の組成的分布の存在を図1に示す。この組成的分布において、表面において酸素含有率が増加し、フィルム - 基質界面に向かってCr - 量及び窒素含有率が増加し、ならびに表面からフィルム基質界面に炭素含有率が増加しているこのEPS - PMBの最適化された深さ方向の構造を見ることができる。

20

室から取り出された基質は約111.8ナノメートルのフィルムコーティングを有することがスタイラス輪郭測定（stylus profilometry）により決定され、深さ方向で光学的に不均質な蒸着フィルムに存在するクロム化合物の深さ方向の変動を示した。空気 - フィルム及び基質 - フィルム表面の光学的透過率（図2）及び反射率（図9及び10）、ならびに楕円偏光測定スペクトル（図3a及び3b）を測定した。これらの分光測定を用い、2成分材料の屈折率及び吸光係数などの光学的性質、ならびに又、これらの光学的性質の分布を本明細書に記載のマトリックス法を用いてモデル化した。フィルムの2成分材料のそれぞれに関して計算される光学的性質は図4に示され、それは上記で定義された通り比較的強い吸光性（図4a）及び比較的強くない吸光性（図4b）のものである。図4に示される成分材料の両方の吸光係数の分散は、同時係属米国特許出願番号07/976,782に定義されている1つが金属型及び1つが誘電型である材料と対抗する誘電型の分散であることに注意されたい。図4、ならびに測定された光学的データ及び楕円偏光測定データと一致する屈折率及び吸光係数の1つの算出分布をマトリックス法を用いて決定し、図5に示す。このI - 線EPS - PMB # 3700の2成分材料の光学的定数は365nmの使用波長に関して表IIIにまとめられており、この深さ方向に不均質なフィルムの光学的定数の深さ方向の変動は本明細書に記載のBruggemanのEMA式、ならびに表IIIに示されている成分材料分率及び相対的深さを用いて自己矛盾のないやり方で決定することができる。他の分布も矛盾がないが、測定される光学的及び楕円偏光測定データは均質な性質を有するフィルムを仮定して説明することはできない。

30

40

製造されるEPS - PMB # 3700の透過率は設計された365nmのI - 線使用波長において0.054である。成分材料の光学的定数及びそれらの深さ方向の変動のマトリックス法誘導モデルから決定されるこのEPS - PMB # 3700の位相シフトのスペクトルを図6に示す。365nmの使用波長におけるEPS - PMB # 3700の位相シフトは179°であることが、325nm、422nm、488nm及び633nmの波長における4つの位相感受性干渉計（phase sensitive interferometer）（PSI）機器測定（すなわちフォトマスクブランク表面を横切る二重ビーム位相感受性干

50

渉計線状走査)から独立して決定された(それぞれ図7a、7b、7c及び7d)。これらの測定値を表IVにまとめ、365nm位相シフトに関する二次内挿において用いる(図8)。フィルムをモデル化したマトリックスから、及びPSI機器測定からの独立した、このEPS - PMBの位相シフト決定の間に高い一致が見いだされ、EPS - PMBの構造、組成、ならびに光学的性質及び性能の理解におけるモデルの妥当性を示している。EPS - PMBのフィルム側への光入射に関する、及び基質側への光入射に関するこのフィルムの反射率がそれぞれ図9及び10に示されており、それはフィルム側からの光入射の場合の0.147、及び基質側からの光入射の場合の0.128という、365nmにおけるEPS - PMBの反射率を示し、EPS - PMBの反射防止性を制御する能力を示している。EPS - PMB # 3700の透過率は488nmの典型的検査波長において0.217であり、633nmのライン揃え波長において0.472である。このEPS - PMBのエッチ・  
ツークリアタイム(etch to clear time)は30秒であり、このブランクへの従来の湿式エッチング法の適用を可能にしており、このEPS - PMB # 3700のシート抵抗率は $1.2 \times 10^9$ オーム/平方であり、それは一般にブランクのe - ビーム書き込みに適している。

#### 実施例 2

この実施例は、深さ分布工学(depth profile engineering)がEPS - PMBの光学的性質に劇的な影響を与えずに、いかにして湿式エッチング時間及び導電性を調節することを可能にするかを示す。EPS - PMB # 4300に関して表Iにまとめられている処理パラメーターは、EPS - PMB # 3700と比較した主要な処理変化がCH<sub>4</sub>の流量であることを示している。図11は# 3700(図1)のそれに対する# 4300の増加した炭素濃度及び減少した酸素濃度を示す。表IIに示される通り、材料の深さ分布におけるこの変化は# 4300に65秒という湿式エッチング時間を与え(# 3700の場合の30秒と比較して)、# 3700と比較して# 4300において15倍以上低いシート抵抗率(周知の電位計法を用いて測定)を与える。

EPS - PMB # 4300の透過率(図12)、フィルム - 入射反射率(図13)、基質 - 入射反射率(図14)、325nm、488nm及び633nmにおけるPSI機器測定位相シフト(図15)、ならびにPSIデータへの二次適合(図16)はすべてEPS - PMB # 3700の場合の値と類似している。365nmにおける# 4300の位相シフトが# 3700のそれと等しくなるように# 4300のフィルム厚さをわずかに増加させると、365nmにおける# 4300の透過率は約0.055となり、それは# 3700のそれと本質的に同じである。

#### 実施例 3

この実施例では、EPS - PMBにおける成分の相対的厚さ及び深さ方向の割合を調節するために3つのスパッタリング標的を用い、EPS - PMBのフィルム - 入射及び基質 - 入射反射率の柔軟な設計を可能にする。実施例はより強く吸光する成分の吸光係数の調節を例示する。3つのクロム標的を実施例1に記載の反応性スパッタリング装置で用いた。表IにおいてEPS - PMB試料# 4100及び# 4200として記載されている処理パラメーターを用いてフォトリソを製造した。両方の場合に、3つのスパッタリング標的の1つを他の2つのスパッタリング標的より実質的に高い出力で操作した。2つのEPS - PMBに関する処理パラメーターの間の本質的差は、試料# 4100の場合は標的# 2が高出力標的であり、試料# 4200の場合は標的# 1が高出力標的であることである。かくしてフィルムのより強い吸光性の領域は試料# 4100の場合はフィルムの中心にあるが、試料# 4200の場合は、より強い吸光性の領域が基質 - フィルム界面に隣接している。吸光性領域の位置の間のこの差は2つの材料の組成的深さ分布に示される(図17)。

図17における深さ分布は、# 4200のより強い吸光性の領域が# 4100のより強い吸光性の領域より酸素が少ないことを示している。かくして# 4200のより強い吸光性の領域は# 4100のより強い吸光性の領域より高い吸光係数を示すであろう。我々は、フィルムにおいて酸素濃度がこの合計変化の半分の変化をする位置を同定することにより、フィルムのより強い吸光性の領域の量を限定する。かくして# 4100において(図17a)、酸素はその0.55の表面濃度から0.35の最低に減少し、従って酸素濃度における合計変化は0.20であり、酸素濃度における合計の半分の変化は0.10である。次いで# 4100のより強い吸光性の領域を、フィルムの酸素濃度が0.45以下に減少する(すなわち0.55 - 0.10は0.45である)領域として定義する。この領域は# 4100の合計フィルム厚さの約75%に及ぶ。# 4200のより強い吸

光性の領域の相対的厚さを同様に限定することができるが、#4200の場合（図17b）、酸素濃度は表面近辺の約0.53からその最低点における約0.27に減少し、より強い吸光性の領域は酸素濃度が0.40以下に減少する領域として定義される。試料#4200の場合、より強い吸光性の領域は合計フィルム厚さの約55%を占めると思われ、#4100のより強い吸光性の領域の相対的厚さより小さい。#4200のより強い吸光性の領域のより高い吸光係数は、#4200のより強い吸光性の領域が合計フィルム厚さの比較的薄い領域を占めても、#4100のそれよりわずかに低い透過率を生ずる。より高い吸光係数を有するより強い吸光性の領域のこの濃度は、図18に示される通り、#4100より平坦な分光透過応答も試料#4200に与える。低い透過率はフォトブランクから製造されるフォトマスクの検査及びライン揃えにおいて重要である。

10

#4100及び#4200の間のさらに別の差は周知の電位差法により測定されるシート抵抗率である。表IIに示される通り、#4200の比較的薄く、酸化性がより低い吸光性領域は、#4100の比較的厚く、酸化性がより高い吸光性領域が与えるより低いシート抵抗率を#4200に与える。材料のシート抵抗率は、フィルムのパターン形成に電荷散逸層が必要でない程十分に低くなくてはならないので、これはフォトブランクの電子ビームパターン形成において有利である。所望のシート抵抗率は必要なパターン忠実度（pattern fidelity）に依存するが、約 $10^9$  / より低いシート抵抗率が有利であることが見いだされた。

フィルムのより強い吸光性の領域の位置における変化は、図19及び20、ならびに表IIに示される通り、フィルム - 入射及び基質 - 入射反射率の変化も生ずる。試料#4100は365nmの使用波長において0.103のフィルム - 入射反射率及び0.149の基質 - 入射反射率を有するが、#4200は365nmの使用波長において0.152のフィルム - 入射反射率及び0.104の基質 - 入射反射率を有する。

20

#4100及び#4200に関する位相シフト測定が図21に示されており、図21のデータへの2次適合が図22に示されている。これらのデータ及び表IIのデータは、365nmの使用波長における位相シフトが#4100の場合に $203^\circ$  及び#4200の場合に $204^\circ$  であることを示している。かくしてこの実施例における深さ分布工学は、位相シフトが365nmの使用波長において本質的に影響を受けなくても、材料の透過率、シート抵抗率及び反射率の調節を可能にする。

#### 実施例 4

この実施例はI - 線（365nm）以外の波長において用いるためのEPS - PMBの製造を例示する。減衰ブランク（#3900）は#3900に関して表Iに示す処理設定を用いて製造され、それは図23に示される組成的分布を有する。それは、このフィルムの大きなDUV位相シフト（図27のPSI走査及び図28の2次適合から決定される）と組み合わせられると、この材料からリソグラフィー波長において2.3%の透過率を有するDUV EPS - PMBを製造することを可能にする透過率（図24）、ならびにフィルム及び基質入射反射率（図25及び図26）を有する。これは図23に示される成分材料及び相対的深さ分布を用いて907nmの厚さのフィルムを製造し、2.3% DUV EPS - PMBを与えることにより行われる。

30

#### 実施例 5

本明細書に示される原理は、I - 線（365nm）以外の波長において用いるためのEPS - PMBの製造にも用いることができる。G - 線（436nm）において用いるための減衰ブランク（#5000）は#5000に関して表Iに示される処理設定を用いて製造され、図29に示される組成的分布を有する。それは、このフィルムのG - 線位相シフト（図33及び図34）と組み合わせられると、これがリソグラフィー波長において6.3%の透過率を有する6.3% G - 線EPS - PMBであることを示す透過率（図30）、ならびにフィルム及び基質入射反射率（31のPSI走査及び図32の2次適合から決定される）を有する。

40

実施例1、実施例2、実施例3、実施例4及び実施例5は、これらのフィルムの不均質性の生来の利点、ならびに不均質減衰フィルムのより高い吸光性及びより低い吸光性の成分の多様性を示す。

表 I

## 処理パラメーター

<u>パラメーター</u>	<u>単位</u>	<u>#3700</u>	<u>#4300</u>	<u>#4100</u>	<u>#4200</u>	<u>#3900</u>	<u>#5000</u>	
操作圧力	10 <sup>-3</sup> トール	3.21	3.25	3.21	3.47	3.45	3.39	
基質移動速度	mm/分	150	150	150	150	150	150	
DC電力. 標的#1	KW	0	0	0.82	1.67	0	1.67	10
DC電力. 標的#2	KW	1.66	1.68	1.68	0.85	2.23	0.86	
DC電力. 標的#3	KW	0.85	0.86	0.86	0.86	1.22	0.87	
Ar	sccm	89	89	89	89	89	89	
O <sub>2</sub>	sccm	7	7	9	9	10.25	9	
N <sub>2</sub>	sccm	24	24	24	24	24	24	20
CH <sub>4</sub>	sccm	3.75	15	3.75	3.75	3.75	15	
CO <sub>2</sub>	sccm	5.4	5.4	6.9	6.9	7.9	6.9	

表 II

## 減衰フォトリソマスクブランクの性質

性質	単位	#3700	#4300	#4100	#4200	#3900	#5000	
実際透過率	絶対, 空気 に対して	0.054 (365nm)	0.061 (365nm)	0.072 (365nm)	0.054 (365nm)	0.010 (248nm)	0.063 (436nm)	
位相シフト (計算値)	絶対, (PSI 機器適合)	179° (365nm)	173° (365nm)	203° (365nm)	204° (365nm)	219° (248nm)	188° (436nm)	10
反射率 (フィルム入射)	絶対, 空気 に対する	.147 (365nm)	.137 (365nm)	.103 (365nm)	.152 (365nm)	.190 (248nm)	.168 (436nm)	
反射率 (基質入射)	絶対, 空気 に対する	.128 (365nm)	.112 (365nm)	.149 (365nm)	.104 (365nm)	.114 (248nm)	.125 (436nm)	
488nm検査 透過率	絶対, 空気 に対する	0.217	0.236	0.278	0.208	0.520	0.10	
633nm整列 透過率	絶対, 空気 に対する	0.472	0.464	0.623	0.521	0.652	0.28	20
フィルム厚さ	nm	111.8	122.6	138.4	131.3	110.4	146.3	
エッチソー クリア時間	秒	30	65	35	35	25	110	
シート抵抗率	オーム/平方	$1.2 \times 10^9$	$2.2 \times 10^7$	$3.3 \times 10^{10}$	$8.7 \times 10^8$	$3.9 \times 10^{11}$	$5 \times 10^5$	
EPS-PMB 位相シフト	絶対, 空気 に対する	179° I-線	173° I-線	180° I-線 フォトタイプ	180° I-線 フォトタイプ	180° DUV	188° G-線	30
EPS-PMB 透過率	絶対, 空気 に対する	0.054 (365nm)	0.061 (365nm)	0.097 (365nm)	0.076 (365nm)	0.023 (248nm)	0.063 (436nm)	
EPS-PMB 厚さ	nm			122.7	115.9	90.7		

表 III

## EPS-PMB#3700の材料の光学的性質

365nm波長における値	相対的 位置	% 材料 1	% 材料 2	n	k	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$
成分材料 1	-	100	0	2.85	0.89	7.36	5.06
成分材料 2	-	0	100	2.11	0.28	4.39	1.17
位置1:基質/フィルム界面	0	31.2	68.8	2.34	0.45	6.00	2.54
位置2:フィルム内部	36.3	100	0	2.85	0.89	7.36	5.06
位置3:空気/フィルム界面	100	6.2	93.8	2.16	.31	4.56	1.33

表 IV

## PSI機器を用いて測定される減衰フォトマスクブランクの位相シフト

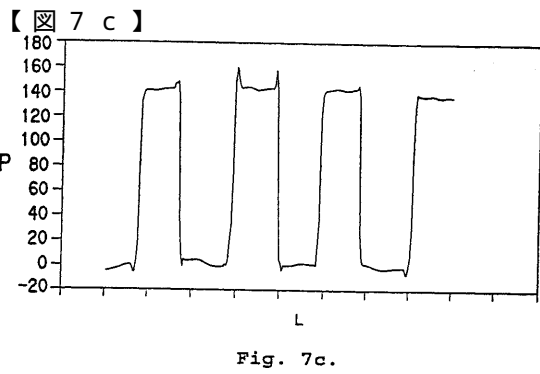
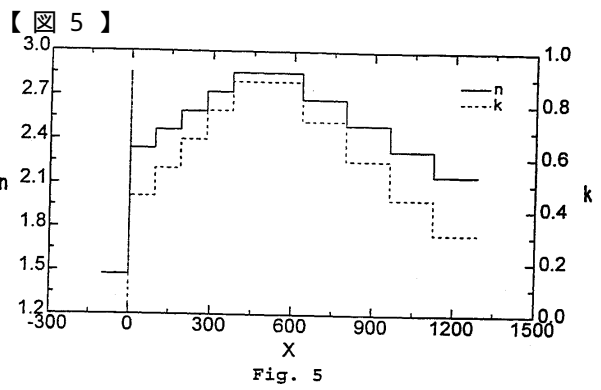
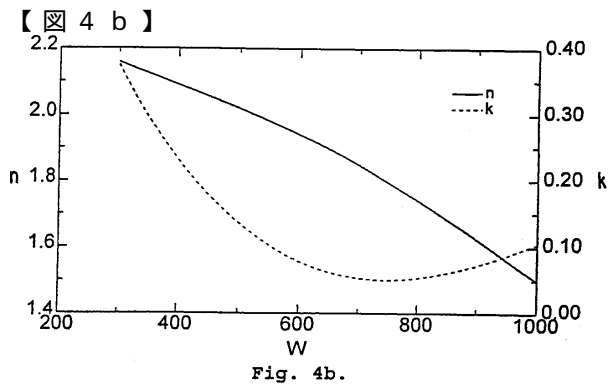
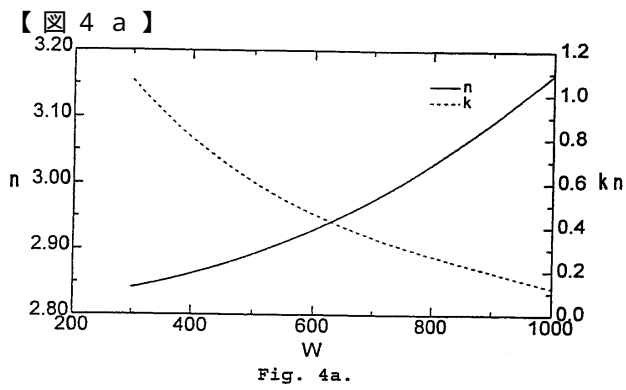
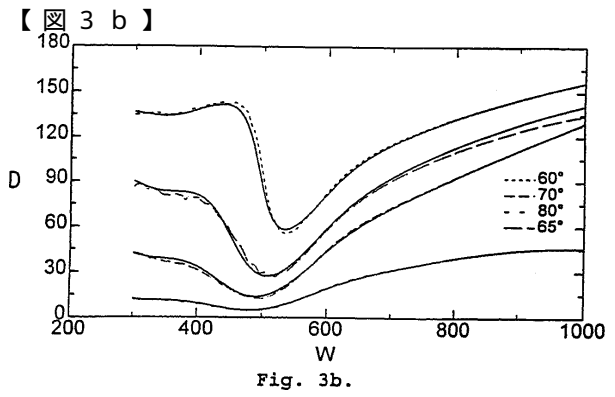
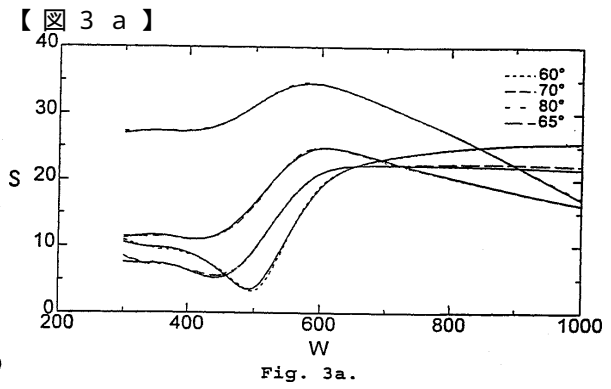
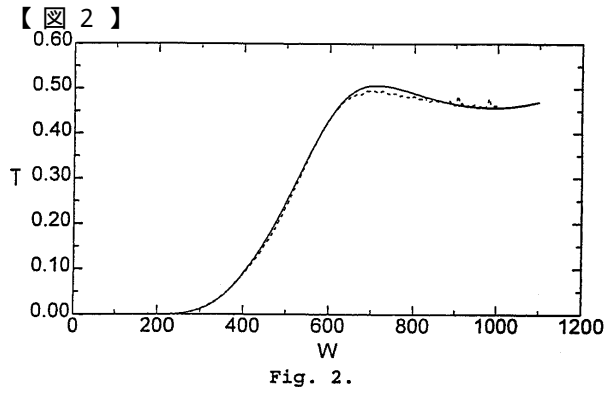
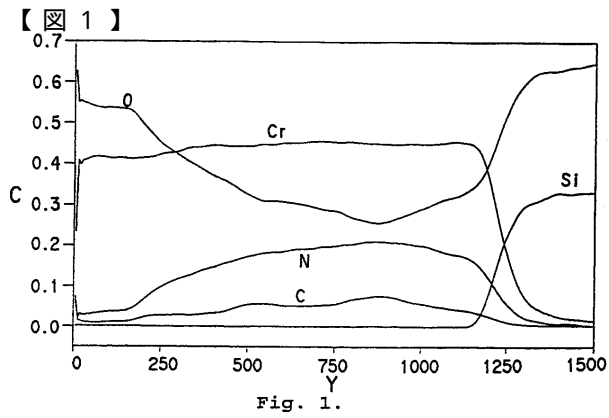
波長(nm)	単位	#3700	#4300	#4100	#4200	#3900	#5000
325	°	192	188	223	224	182	232
442	°	156	-	-	-	-	-
488(検査波長)	°	142	134	151	153	120	171
633(整列波長)	°	103	102	110	111	83	132

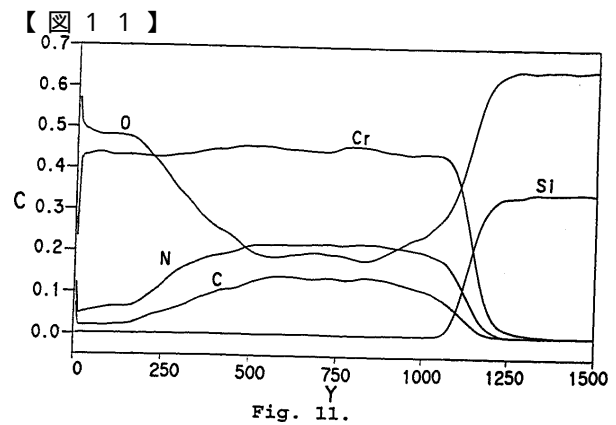
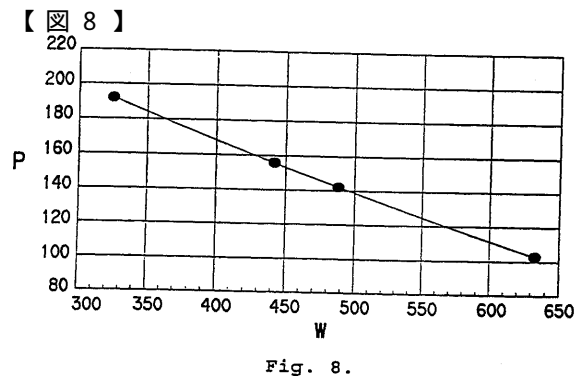
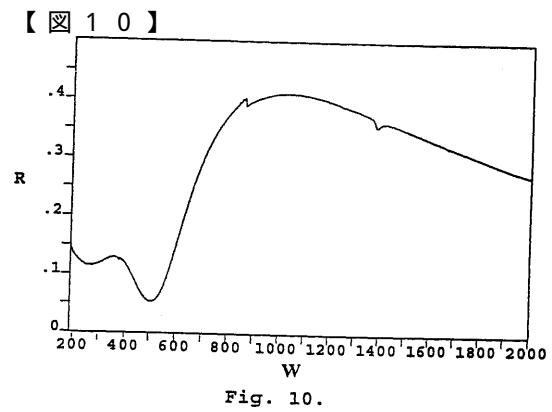
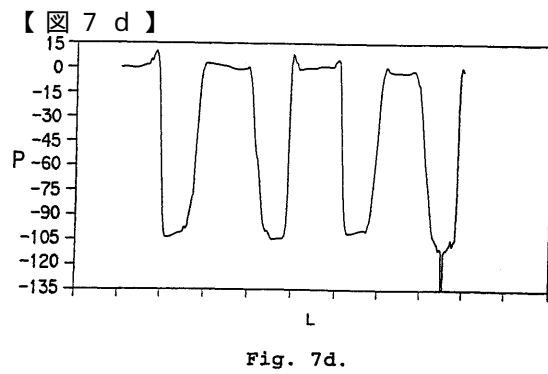
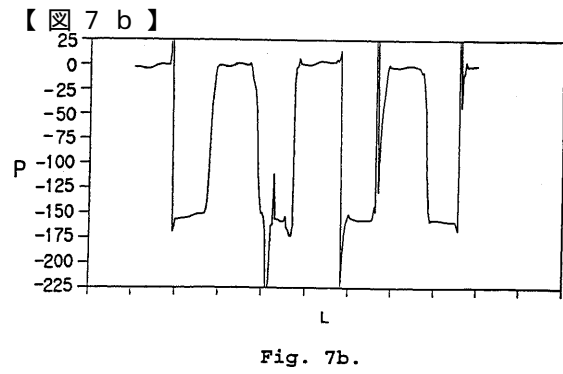
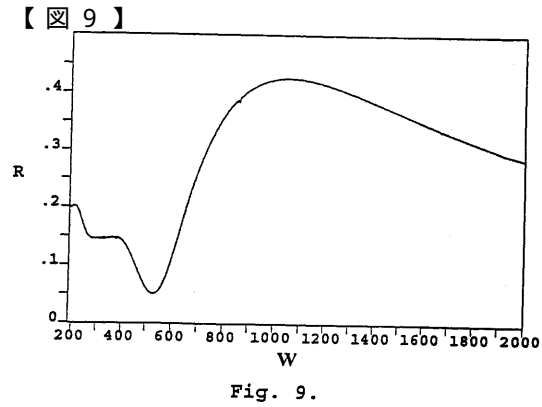
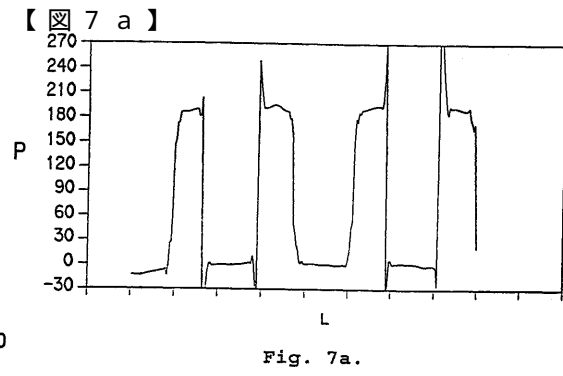
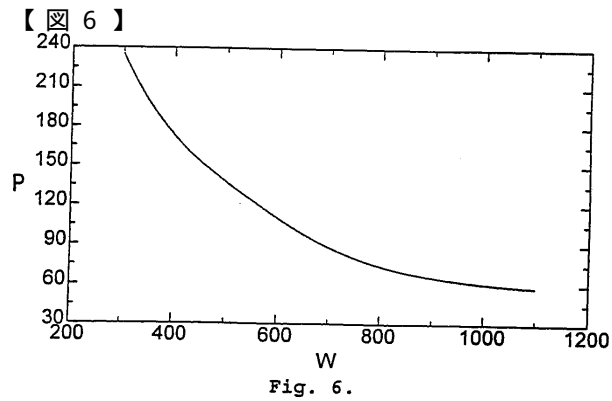
本発明の特定の実施態様が実施例に示されている。他の実施態様は、本明細書に開示されている本発明の明細又は実行を考慮することから、当該技術における熟練者に明らかになるであろう。本発明の新規な概念の精神及び範囲から逸脱することなく、修正及び変更を行うことができる。さらに、本発明は本明細書に例示されている特定の形式及び実施例に制限されず、以下の請求の範囲の精神内に含まれるそれらの修正された形態を含むことが理解される。

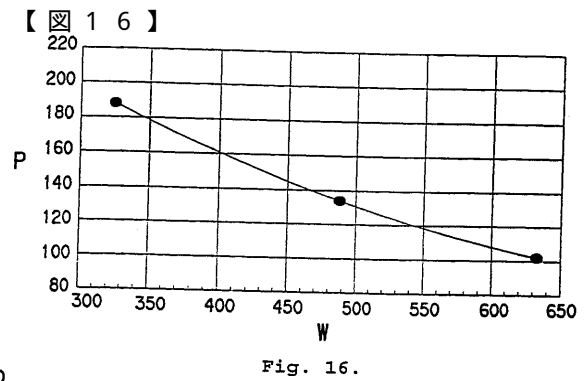
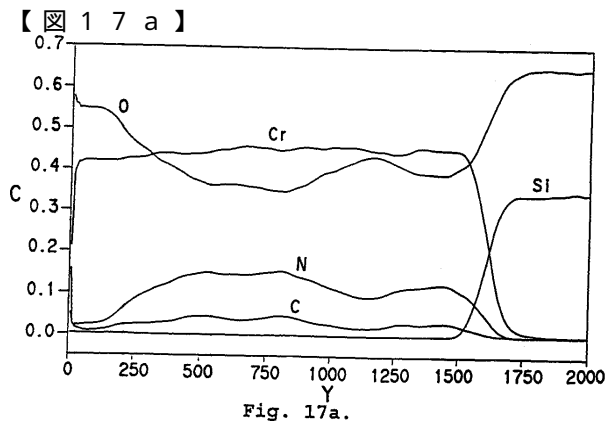
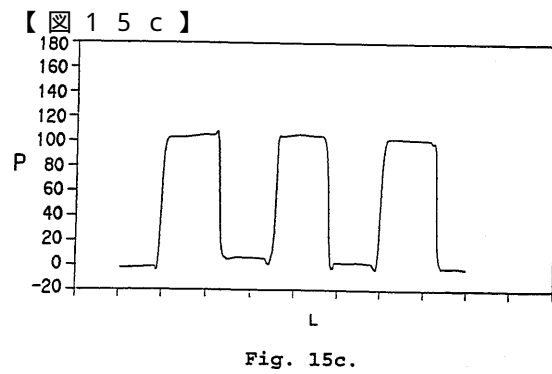
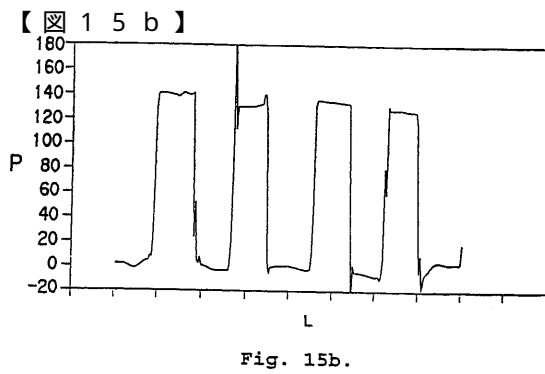
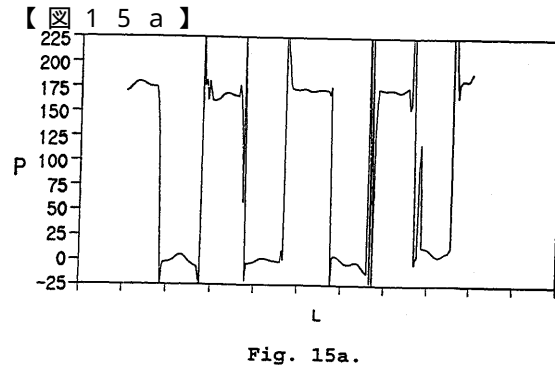
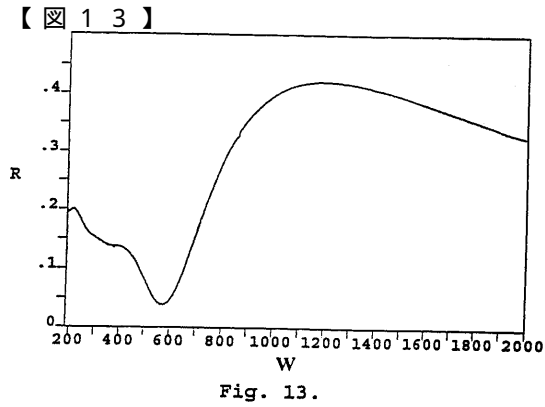
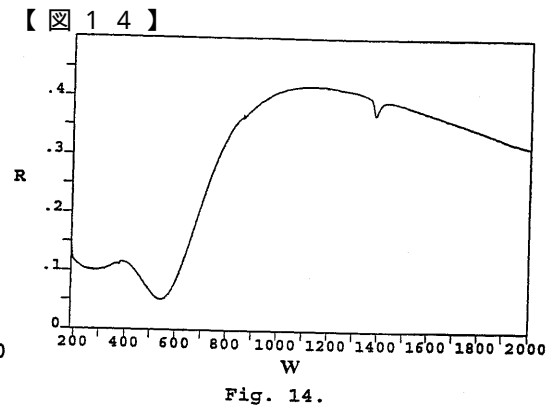
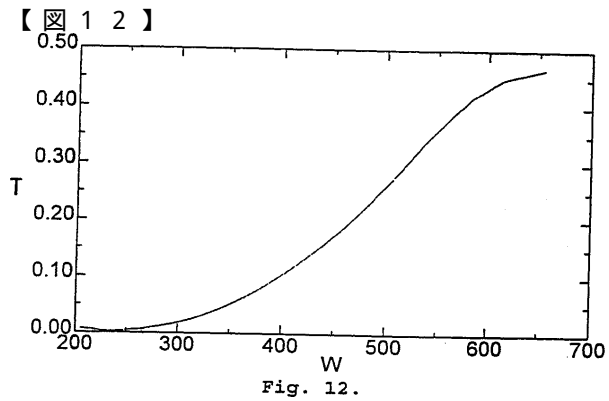
10

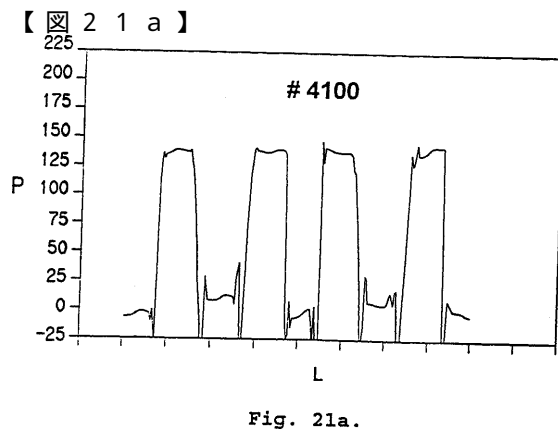
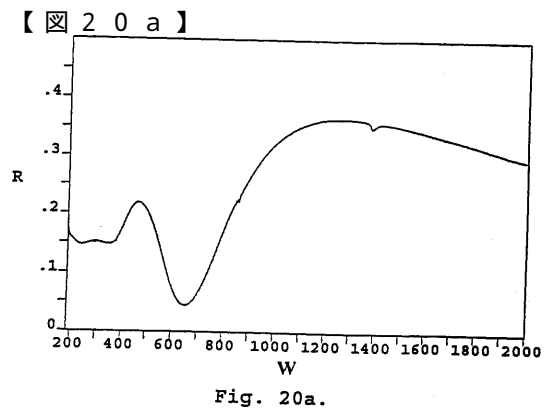
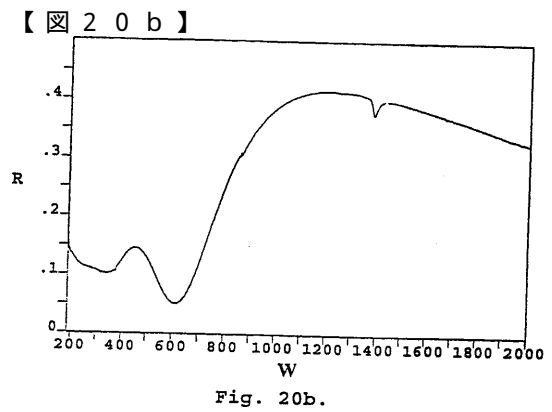
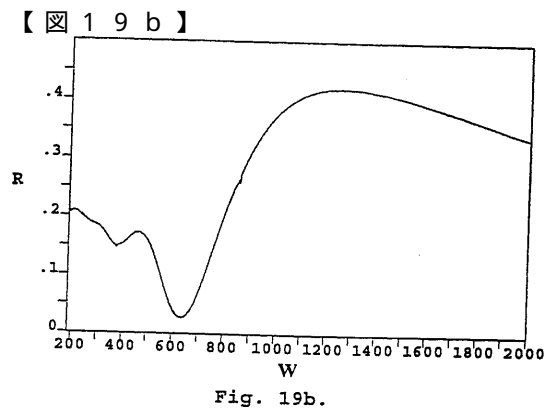
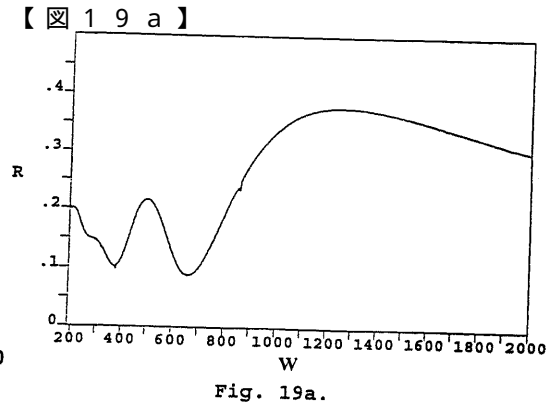
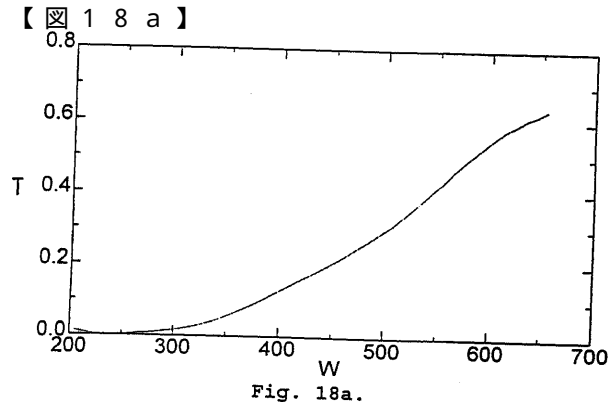
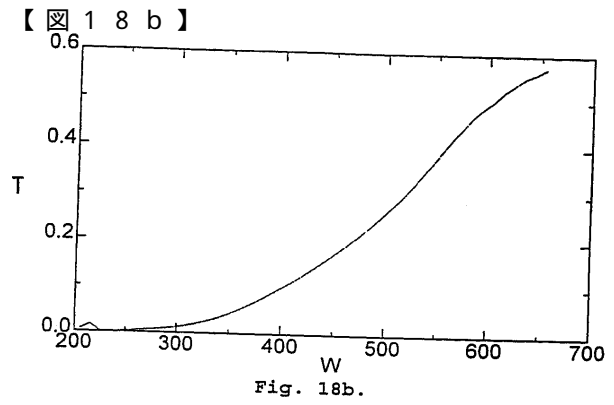
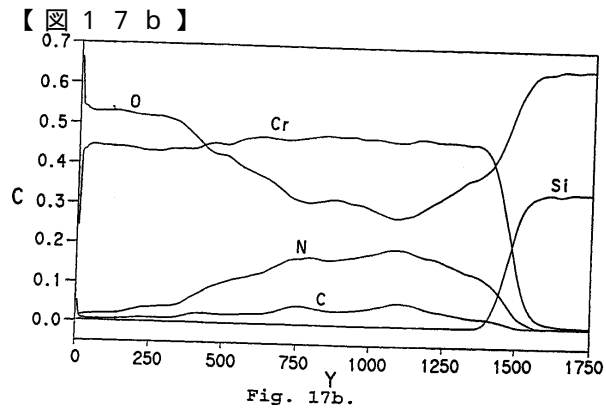
20

30









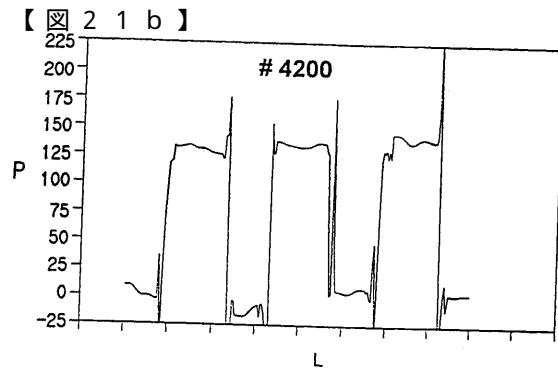


Fig. 21b.

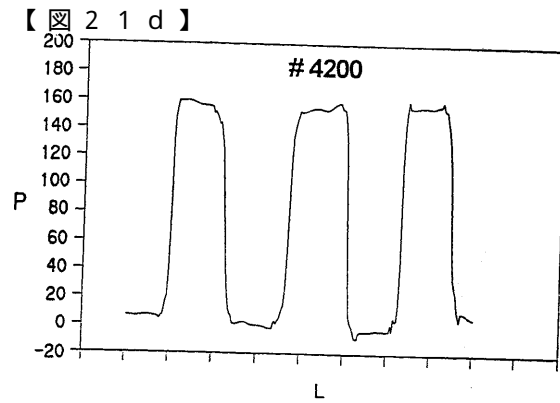


Fig. 21d.

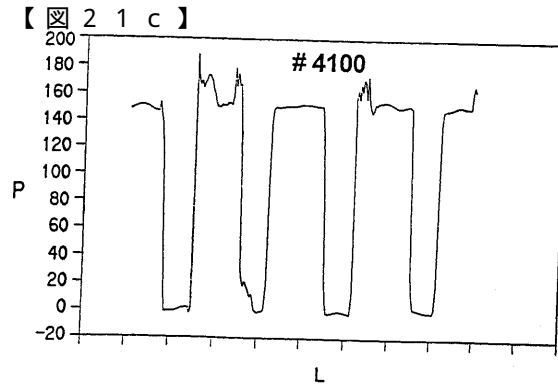


Fig. 21c.

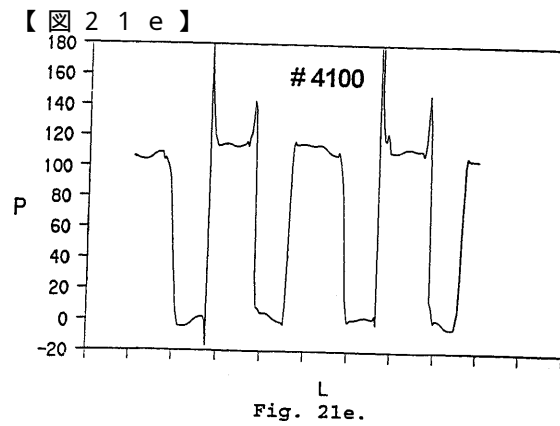


Fig. 21e.

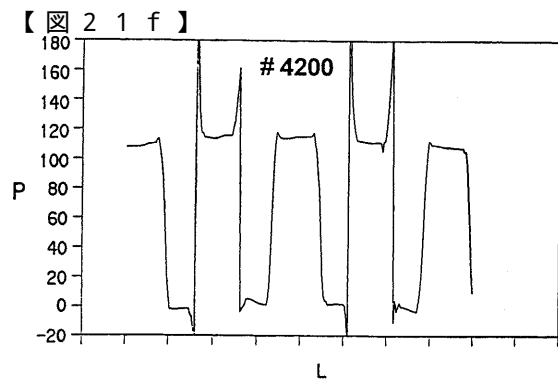


Fig. 21f.

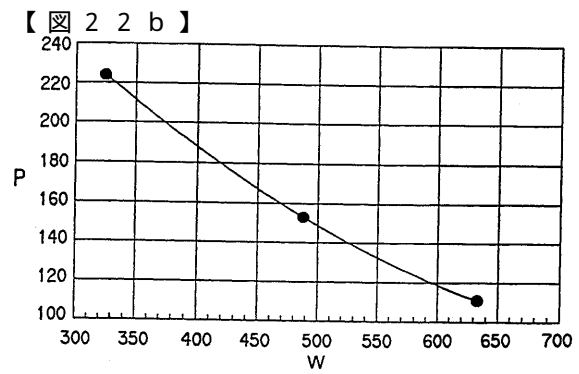


Fig. 22b.

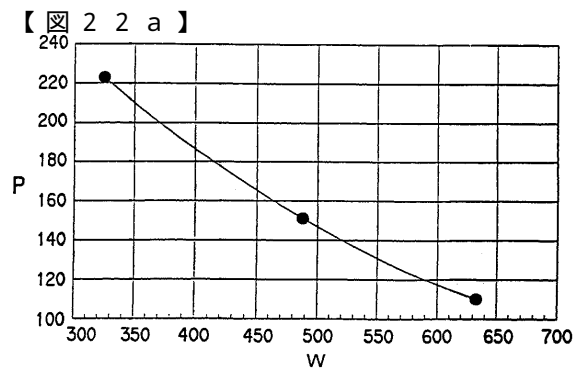


Fig. 22a.

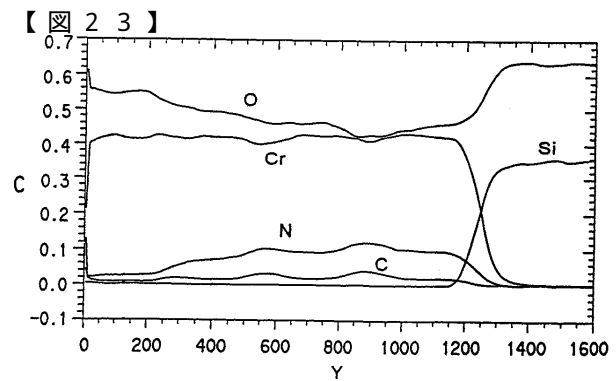
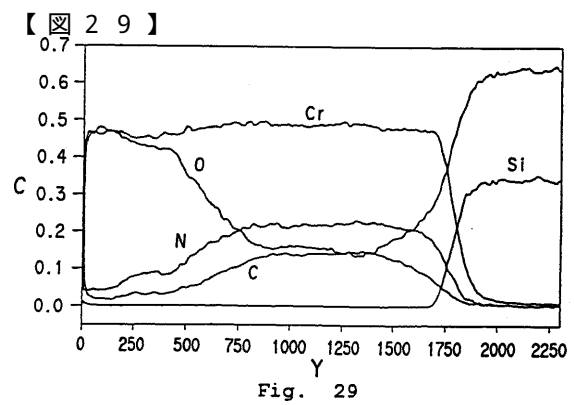
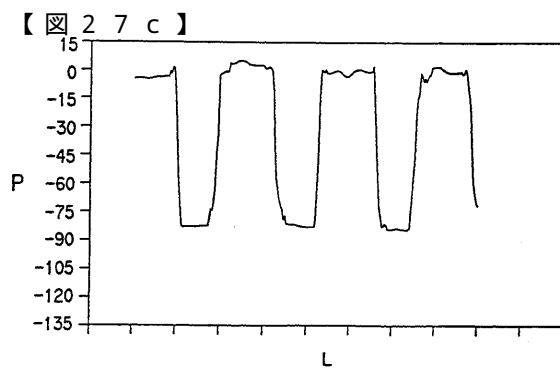
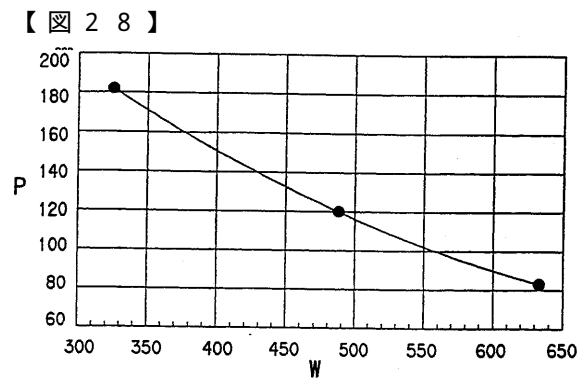
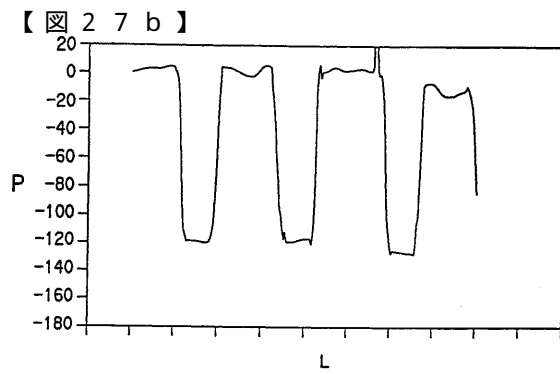
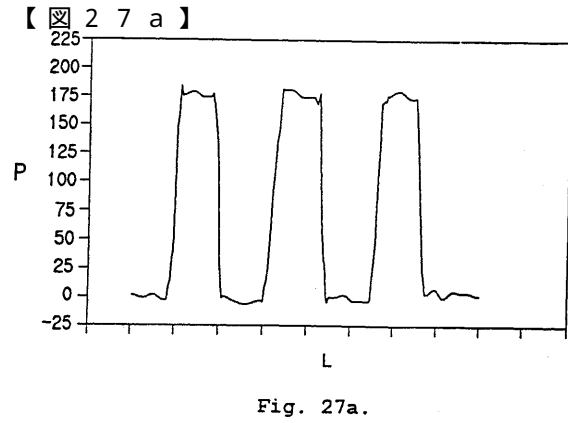
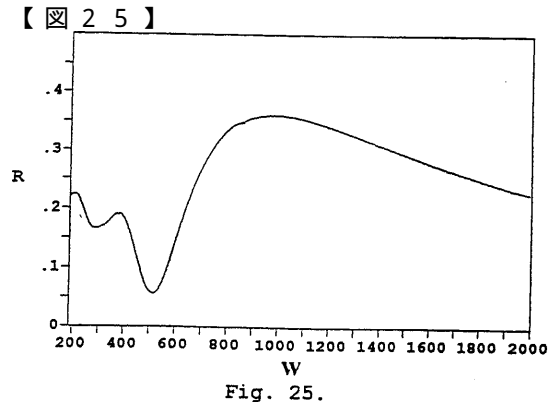
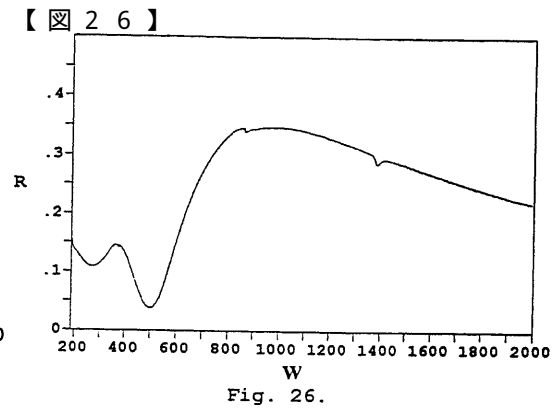
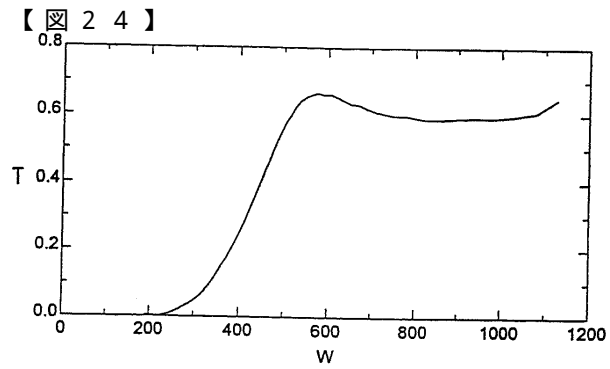
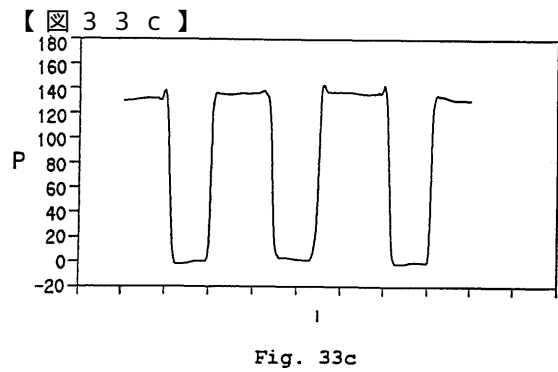
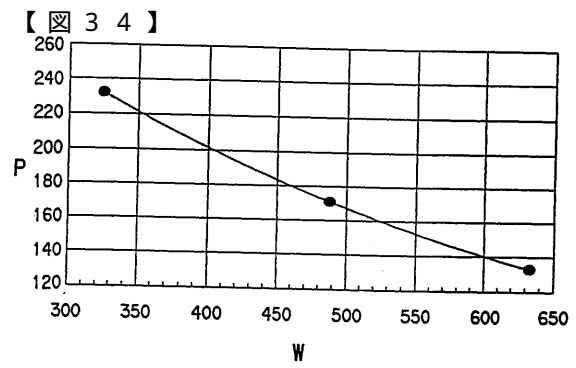
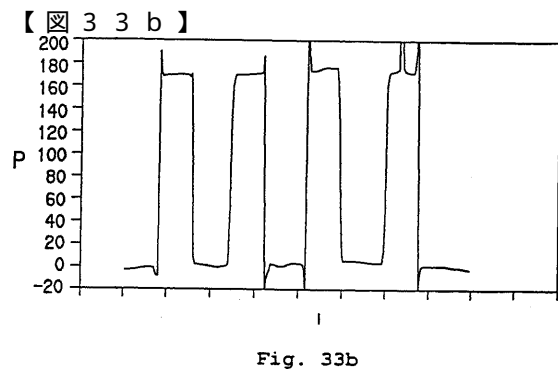
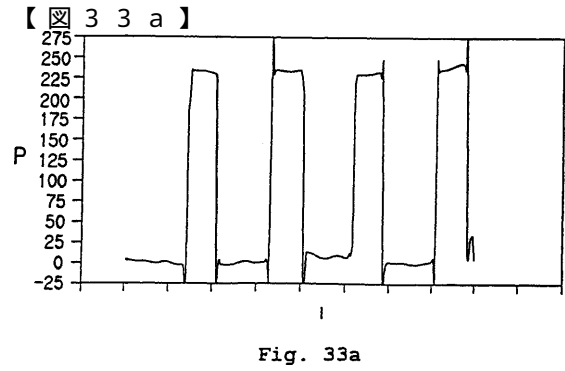
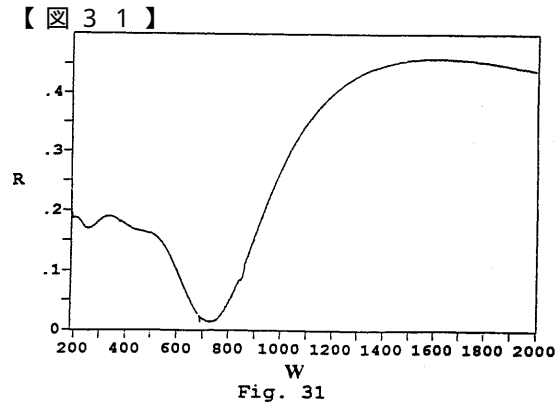
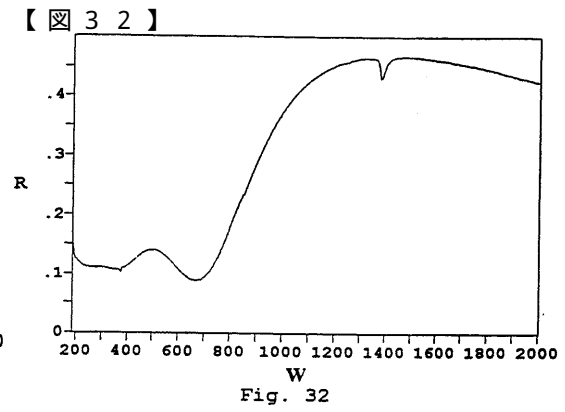
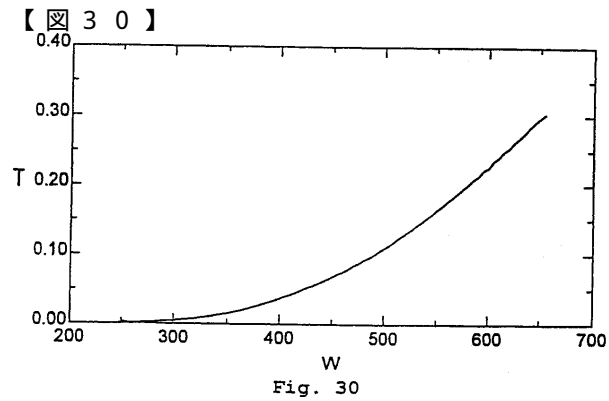


Fig. 23.





---

フロントページの続き

(72)発明者 カルク, フランクリン・デーン  
アメリカ合衆国デラウェア州19809-2013ウilmington・ストーニランロード8

審査官 多田 達也

(56)参考文献 特開平05-002259(JP,A)  
特開平02-242252(JP,A)  
特開平05-127361(JP,A)  
特開昭60-182439(JP,A)  
特開平6-19109(JP,A)  
特表平8-503557(JP,A)  
米国特許第5230971(US,A)  
Burn J.Lin,Sin-N Attenuated Phase Shift Layer for Phase Shift Mask Application,IBM technical disclosure bulletin,vol.35 no.3,P440-441

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)  
G03F 1/00 - 1/16