

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017 年 1 月 26 日(26.01.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/013904 A1

- (51) 国際特許分類:
C23C 14/04 (2006.01) H05B 33/10 (2006.01)
H01L 51/50 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/059042
- (22) 国際出願日: 2016 年 3 月 22 日(22.03.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-143509 2015 年 7 月 17 日(17.07.2015) JP
特願 2015-171440 2015 年 8 月 31 日(31.08.2015) JP
- (71) 出願人: 凸版印刷株式会社(TOPPAN PRINTING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1100016 東京都台東区台東 1 丁目 5 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 田村 純香(TAMURA, Sumika); 〒1100016 東京都台東区台東 1 丁目 5 番 1 号 凸版印刷株式会社内 Tokyo (JP). 三上 菜穂子(MIKAMI, Naoko); 〒1100016 東京都台東区台東 1 丁目 5 番 1 号 凸版印刷株式会社内 Tokyo (JP). 藤戸 大生(FUJITO, Daisei); 〒1100016 東京都台東区台東 1 丁目 5 番 1 号 凸版印刷株式会社内 Tokyo (JP).

西辻 清明(NISHITSUJI, Kiyooki); 〒1100016 東京都台東区台東 1 丁目 5 番 1 号 凸版印刷株式会社内 Tokyo (JP). 西 剛広(NISHI, Takehiro); 〒1100016 東京都台東区台東 1 丁目 5 番 1 号 凸版印刷株式会社内 Tokyo (JP).

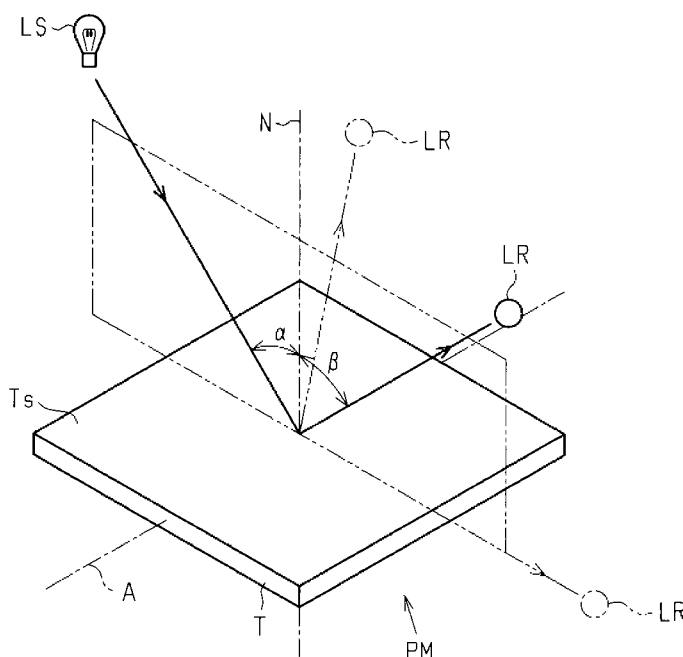
- (74) 代理人: 恩田 誠, 外(ONDA, Makoto et al.); 〒5008731 岐阜県岐阜市大宮町二丁目 1 2 番地 1 Gifu (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー

[続葉有]

(54) Title: METAL MASK SUBSTRATE, METAL MASK SUBSTRATE CONTROL METHOD, METAL MASK, AND METAL MASK PRODUCTION METHOD

(54) 発明の名称: メタルマスク基材、メタルマスク基材の管理方法、メタルマスク、および、メタルマスクの製造方法

[図5]



(57) Abstract: A metal mask substrate is provided with a metallic surface that has been formed such that a resist can be disposed thereupon. The specular reflectance of light incident upon the surface is at least 45.2%.

(57) 要約: メタルマスク基材は、レジストが配置されるように構成された金属製の表面を備え、表面に入射した光の正反射における反射率が、45.2%以上である。



ロシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (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).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

メタルマスク基材、メタルマスク基材の管理方法、メタルマスク、および、メタルマスクの製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、レジストが配置されるための金属製の表面を備えるメタルマスク基材であって、例えば、有機ＥＬ素子用メタルマスクを形成するためのメタルマスク基材、メタルマスク基材の管理方法、メタルマスク、および、メタルマスクの製造方法に関する。

背景技術

[0002] 有機ＥＬ素子用のメタルマスクの製造には、例えば金属板であるメタルマスク基材が用いられる。メタルマスク基材が有する塗布面には、レジスト層の形成材料を含む塗液が塗布され、それによってレジスト層が形成される。そして、レジスト層に対する露光と現像とが行われることによって、所定のパターンを有したレジスト層が形成され、レジスト層を介してメタルマスク基材がエッチングされることによって、メタルマスクが製造される。

[0003] 上述したレジスト層の形成では、塗布面に塗布される塗液の量や、塗液の乾燥される程度がばらつくことによって、レジスト層の厚さがばらついたり、レジスト層の面内において、厚さがばらついたりする場合がある。そこで、レジスト層におけるこうしたばらつきを抑えるために、レジスト層としてドライフィルムレジストを用いることが提案されている（例えば、特許文献１参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：特開２０１３－２０９７１０号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ところで、塗液を用いて形成されるレジスト層は、メタルマスク基材に対して直接塗布された塗液が塗布面で硬化した層であるため、塗布面に追従した形状を形成しやすく、それゆえに、メタルマスク基材に対して密着しやすい。一方で、ドライフィルムレジストから形成されるレジスト層は、メタルマスク基材とは別体である層がメタルマスク基材の1つの面に貼り付けられた層であるため、塗液によって形成されるレジスト層と比べて塗布面に追従しにくい形状を有し、それゆえに、レジスト層の一部がメタルマスク基材から剥がれる場合がある。

[0006] なお、金属板から形成されるメタルマスク基材に限らず、例えば、樹脂層と金属層との積層体や、樹脂層が金属層によって挟まれた積層体のように、レジスト層と接する面が金属製あるいは合金製であるメタルマスク基材であれば、上述した事情は共通している。また、レジスト層の形成材料を含む塗液を用いて形成されるレジスト層であっても、メタルマスク基材に対する密着性が低いレジスト層においては、上述した事情は共通している。

[0007] 本発明は、レジストと表面との界面における密着性を高めることができる表面を備えたメタルマスク基材、メタルマスク基材の管理方法、メタルマスク、および、メタルマスクの製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上記課題を解決するためのメタルマスク基材は、レジストが配置されるように構成された金属製の表面を備え、前記表面に入射した光の正反射における反射率が、45.2%以上である。

[0009] 上記課題を解決するためのメタルマスク基材の管理方法は、レジストが配置されるように構成された金属製の表面を備えるメタルマスク基材を準備することと、前記表面に光を入射させることと、前記表面に入射した光のうち、前記表面にて正反射した光の光量を測定することと、前記表面に入射した光の光量に対する前記正反射した光の光量の比として、前記正反射における反射率を算出することと、前記正反射における反射率が、45.2%以上で

あるか否かを判断することと、を備える。

[0010] 本願発明者らは、メタルマスク基材における表面の状態を鋭意研究する中で、表面に入射した光の正反射における反射率が、表面における三次元表面粗さ S_a 、および、表面における三次元表面粗さ S_z の各々と以下の相関を有することを見出した。すなわち、三次元表面粗さ S_a 、および、三次元表面粗さ S_z の各々が小さくなることに伴って、正反射における反射率が高くなることを見出した。

[0011] そして、正反射における反射率が 45.2% 以上であれば、レジストと表面との界面における密着性が高まることで、表面からレジストが剥がれにくくなる程度に表面粗さが小さくなることを見出した。

[0012] この点で、上記構成によれば、表面に入射した光において、正反射における反射率が 45.2% 以上であるため、メタルマスク基材の表面と、レジストとの界面における密着性を高めることができる。

[0013] 上記メタルマスク基材において、前記メタルマスク基材の圧延方向と直交する方向が幅方向であり、前記表面に垂直な第 1 平面であって、前記圧延方向と直交する前記第 1 平面内での前記正反射における反射率が第 1 反射率であり、前記表面に垂直な第 2 平面であって、前記幅方向と直交する前記第 2 平面内での前記正反射における反射率が第 2 反射率である。前記第 2 反射率が前記第 1 反射率よりも大きく、前記第 1 反射率が、45.2% 以上であってもよい。

[0014] 上記構成によれば、表面において得られる 2 つの反射率のうち、相対的に小さい反射率が 45.2% 以上であるため、メタルマスク基材の表面と、レジストとの界面における密着性をより高めることができる。

[0015] 上記メタルマスク基材において、前記表面は、前記第 2 反射率から前記第 1 反射率を引いた差が 10.2% 以上である部分を含んでもよい。

[0016] 上記構成は、表面が、第 2 反射率が第 1 反射率よりも 10.2% 以上大きい部分を含むため、メタルマスク基材の表面と、レジストとの界面における密着性を高める上でより好ましい。

[0017] 上記メタルマスク基材では、前記表面において、三次元表面粗さ S_a が $0.11 \mu m$ 以下であり、三次元表面粗さ S_z が $3.17 \mu m$ 以下であってもよい。

[0018] 上記構成によれば、メタルマスク基材の表面において、正反射における反射率が 45.2% 以上である中で、三次元表面粗さ S_a が $0.11 \mu m$ 以下であり、かつ、三次元表面粗さ S_z が $3.17 \mu m$ 以下であるため、レジストと表面との界面における密着性がより確実に高まる。

[0019] 上記メタルマスク基材において、前記表面が第1面であり、前記レジストが第1レジストであり、前記第1面とは反対側の面であって、第2レジストが配置されるように構成された金属製の第2面をさらに備え、前記第2面に入射した光の正反射における反射率が、 45.2% 以上であってもよい。

[0020] 上記構成によれば、第1面と第1レジストとの密着性、および、第2面と第2レジストとの密着性が高められるため、第1面、および、第2面に対するエッチングにおいて、加工の精度を高めることが可能である。

[0021] 上記メタルマスク基材において、前記表面は、インバー製であってもよい。

上記構成によれば、ガラス基板の線膨張係数とインバーの線膨張係数とが同じ程度であるため、メタルマスク基材から形成されるメタルマスクをガラス基板に対する成膜に適用すること、すなわち、形状の精度が高められたメタルマスクをガラス基板に対する成膜に適用することが可能である。

[0022] 上記メタルマスク基材において、前記レジストが、ドライフィルムレジストであり、前記表面が、前記ドライフィルムレジストが貼り付けられるように構成されていることが好ましい。

[0023] 上記メタルマスク基材の管理方法において、前記レジストが、ドライフィルムレジストであり、前記表面が、前記ドライフィルムレジストが貼り付けられるように構成されていることが好ましい。

[0024] 上記構成によれば、ドライフィルムレジストが貼り付けられるように構成された金属製の表面とドライフィルムレジストとの間の密着性が高められる

- 。
- [0025] 上記課題を解決するためのメタルマスクは、金属製の表面を有したメタルマスク基体を備えるメタルマスクである。前記メタルマスク基体は、前記メタルマスク基体の厚さ方向に沿って前記メタルマスク基体を貫通するとともに、前記表面に開口を有した複数の貫通孔を備える。前記表面と対向する平面視での前記開口の寸法における平均値をAとし、前記寸法の標準偏差に3を掛けた値をBとするとき、 $(B/A) \times 100 (\%)$ が10%以下である。
- 。
- [0026] 上記課題を解決するためのメタルマスクの製造方法は、レジストが配置されるように構成された金属製の表面を備え、前記表面の三次元表面粗さ S_a が $0.11 \mu m$ 以下であり、前記表面の三次元表面粗さ S_z が $3.17 \mu m$ 以下であるメタルマスク基材を準備することと、前記表面にレジストを配置することと、前記メタルマスク基材に前記メタルマスク基材の厚さ方向に沿って窪み、かつ、前記表面に開口を有した複数の凹部を形成するための貫通孔を前記レジストに形成することと、前記レジストを介して、前記メタルマスク基材に複数の前記凹部を形成することと、を備える。前記メタルマスク基材に複数の前記凹部を形成することでは、前記表面と対向する平面視での前記開口の寸法における平均値をAとし、前記寸法の標準偏差に3を掛けた値をBとするとき、 $(B/A) \times 100 (\%)$ が10%以下となるように複数の前記メタルマスク基材に前記凹部を形成する。
- [0027] 上記構成によれば、 $(B/A) \times 100 (\%)$ が10%以下であるため、開口における寸法の精度が高い。

発明の効果

- [0028] 本発明によれば、メタルマスク基材において、レジストと表面との界面における密着性を高めることができる。また、本発明によれば、レジストと表面との界面における密着性を高められたメタルマスク基材の管理方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0029] [図1]本発明のメタルマスク基材をドライフィルムレジスト用メタルマスク基材として具体化した1つの実施形態におけるドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の一部斜視構造を示す部分斜視図である。

[図2]ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の一例における一部断面構造を示す部分断面図である。

[図3]ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の一例における一部断面構造を示す部分断面図である。

[図4]ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の一例における一部断面構造を示す部分断面図である。

[図5]本発明のメタルマスク基材の管理方法をドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の管理方法として具体化した1つの実施形態におけるドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の管理方法を説明するための工程図である。

[図6]ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の製造方法を説明するための工程図であって、インバーから形成された母材を圧延する工程を示す工程図である。

[図7]ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の製造方法を説明するための工程図であって、圧延材をアニールする工程を示す工程図である。

[図8]メタルマスクの製造方法を説明するための工程図であって、ドライフィルムレジストを貼り付ける工程を示す工程図である。

[図9]メタルマスクの製造方法を説明するための工程図であって、ドライフィルムレジストを現像する工程を示す工程図である。

[図10]メタルマスクの製造方法を説明するための工程図であって、金属層の第1面をエッチングする工程を示す工程図である。

[図11]メタルマスクの製造方法を説明するための工程図であって、第1保護層を形成する工程を示す工程図である。

[図12]メタルマスクの製造方法を説明するための工程図であって、金属層の第2面をエッチングする工程を示す工程図である。

[図13]メタルマスクの製造方法を説明するための工程図であって、ドライフィルムレジストを除去する工程を示す工程図である。

[図14]ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材を用いて製造したメタルマスクの一部斜視構造を示す部分斜視図である。

[図15]実施例1における複数の第1凹部が形成された第1面の撮像結果を示す画像である。

[図16]比較例1における複数の第1凹部が形成された表面の撮像結果を示す画像である。

[図17]実施例1における第1凹部の直径の分布を $2\mu\text{m}$ ごとに示すヒストグラムである。

[図18]実施例1における第1凹部の直径の分布を $1\mu\text{m}$ ごとに示すヒストグラムである。

[図19]比較例1における第1凹部の直径の分布を $2\mu\text{m}$ ごとに示すヒストグラムである。

[図20]比較例1における第1凹部の直径の分布を $1\mu\text{m}$ ごとに示すヒストグラムである。

[図21]三次元表面粗さ S_a と正反射における反射率との相関関係を示すグラフである。

[図22]三次元表面粗さ S_z と正反射における反射率との相関関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0030] 図1から図22を参照して、本発明のメタルマスク基材、および、メタルマスク基材の管理方法を、ドライフィルムレジスト用メタルマスク、および、ドライフィルムレジスト用メタルマスクの管理方法として具体化した1つの実施形態、また、メタルマスク、および、メタルマスクの製造方法の1つの実施形態を説明する。本実施形態におけるドライフィルムレジスト用メタルマスク基材を用いて製造されたメタルマスクは、有機EL素子の製造工程において、ガラス基板に対して有機EL素子を構成する有機材料を蒸着する

ときに用いられるマスクである。以下では、ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の構成、ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の管理方法、ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の製造方法、メタルマスクの製造方法、および、実施例を順番に説明する。

[0031] [ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の構成]

図1から図4を参照して、ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の構成を説明する。

[0032] 図1が示すように、メタルマスク基材11は、ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の一例であり、1つの面に沿って広がる金属層である。メタルマスク基材11は、金属製の第1面11aを備え、第1面11aは、レジストが配置されるように構成された表面の一例、詳細には、ドライフィルムレジストが貼り付けられるように構成された表面の一例である。第1面11aにおいて、第1面11aに入射した光の正反射における反射率が45.2%以上である。

[0033] 正反射における反射率は、ハロゲンランプから射出された光であって、メタルマスク基材11の第1面11aの法線方向に対して、入射角度が45°±0.2°である光の正反射における反射率である。また、反射率は、以下の式(1)により算出された値である。

(反射率) (%) =

{ (正反射における光の光量) / (入射光の光量) } × 100 … (1)

[0034] こうしたメタルマスク基材11によれば、第1面11aに入射した光において、正反射における反射率が45.2%以上であるため、メタルマスク基材11の第1面11aと、表面に貼り付けられるドライフィルムレジストの一例である第1ドライフィルムレジスト12との界面における密着性を高めることができる。

[0035] なお、メタルマスク基材11の第1面11aに第1ドライフィルムレジスト12が貼り付けられた積層体は、メタルマスクを形成するための中間体であるメタルマスク形成用中間体10である。

[0036] メタルマスク基材 11 において、メタルマスク基材 11 が製造される際に圧延された方向が圧延方向であり、圧延方向と直交する方向が幅方向である。

メタルマスク基材 11 の第 1 面 11 a における反射率のうち、第 1 面 11 a に垂直な第 1 平面であって、圧延方向と直交する第 1 平面内での正反射における反射率が第 1 反射率である。また、第 1 面 11 a に垂直な方向であって、幅方向と直交する第 2 平面内での正反射における反射率が第 2 反射率である。第 1 面 11 a において、第 2 反射率が第 1 反射率よりも大きく、第 1 反射率が 45.2% 以上である。

[0037] 第 1 面 11 a において得られる 2 つの反射率のうち、相対的に小さい反射率が 45.2% 以上であるため、メタルマスク基材 11 の表面と、ドライフィルムレジスト 12 との界面における密着性をより高めることができる。

[0038] 第 1 面 11 a は、第 2 反射率から第 1 反射率を引いた差が 10.2% 以上である部分を含む。第 1 面 11 a は、第 2 反射率が第 1 反射率よりも 10.2% 以上大きい部分を含むため、メタルマスク基材 11 の第 1 面 11 a と、ドライフィルムレジスト 12 との界面における密着性を高める上でより好ましい。

[0039] また、第 1 面 11 a において、三次元表面粗さ S_a が $0.11\ \mu\text{m}$ 以下であり、三次元表面粗さ S_z が $3.17\ \mu\text{m}$ 以下である。

三次元表面粗さ S_a 、および、三次元表面粗さ S_z は、ISO 25178 に準拠する方法によって測定された値である。三次元表面粗さ S_a は、所定の面積を有する定義領域中の算術平均高さ S_a であり、三次元表面粗さ S_z は、所定の面積を有する定義領域中の最大高さ S_z である。

[0040] こうしたメタルマスク基材 11 によれば、正反射における反射率が 45.2% 以上である中で、三次元表面粗さ S_a が $0.11\ \mu\text{m}$ 以下であり、かつ、三次元表面粗さ S_z が $3.17\ \mu\text{m}$ 以下であるため、第 1 ドライフィルムレジスト 12 と第 1 面 11 a との界面における密着性がより確実に高まる。

[0041] 金属層の形成材料は、例えばインバー、すなわち、鉄とニッケルとを主成

分とする合金であり、36質量%のニッケルを含む合金であることが好ましい。言い換えれば、メタルマスク基材11の表面は、インバー製であることが好ましい。インバーの線膨張係数は、 $1.2 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 程度である。金属層の厚さは、例えば、 $10 \mu\text{m}$ 以上 $50 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

[0042] 金属層の形成材料がインバーであれば、ガラス基板の線膨張係数とインバーの線膨張係数とが同じ程度であるため、メタルマスク基材11から形成されるメタルマスクをガラス基板に対する成膜に適用すること、すなわち、形状の精度が高められたメタルマスクをガラス基板に対する成膜に適用することが可能である。

[0043] 第1ドライフィルムレジスト12は、例えば、感光性を有する材料の一例であるネガ型レジストから形成されている。第1ドライフィルムレジスト12の形成材料は、例えば光重合により架橋するアクリル系樹脂である。第1ドライフィルムレジスト12の厚さは、例えば、 $5 \mu\text{m}$ 以上 $20 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。なお、第1ドライフィルムレジスト12は、ポジ型レジストから形成されてもよいが、一般には、第1ドライフィルムレジスト12の形成材料として、ネガ型レジストが用いられることが多い。

[0044] 図2から図4を参照して、メタルマスク基材11、および、メタルマスク形成用中間体10の他の形態を説明する。なお、図2は、メタルマスク基材11が1つの金属層から構成される例である第1の形態を示し、図3は、メタルマスク基材11が1つの金属層と1つの樹脂層とから構成される例である第2の形態を示している。また、図4は、メタルマスク基材11が2つの金属層と1つの樹脂層とから構成される例である第3の形態を示している。

[0045] [第1の形態]

図2が示すように、金属層21は、第1面11aとは反対側の面である第2面11bを備えている。第1面11aは、第1ドライフィルムレジスト12が貼り付けられるように構成された金属製の表面であり、第2面11bは、レジストが配置されるように構成された金属製の表面、詳細には、第2ドライフィルムレジスト13が貼り付けられるように構成された金属製の表面

である。メタルマスク形成用中間体 10 は、金属層 21、第 1 ドライフィルムレジスト 12、および、第 2 ドライフィルムレジスト 13 から構成されている。

[0046] 第 2 面 11b においても、第 1 面 11a と同様、正反射における反射率が 45.2% 以上であることが好ましい。このメタルマスク基材 11 によれば、金属層 21 のうち、第 1 面 11a に加えて、第 2 面 11b においても第 2 ドライフィルムレジスト 13 と金属層 21 との密着性を高めることができる。

[0047] また、第 2 面 11b において、第 1 面 11a と同様、三次元表面粗さ S_a が $0.11\mu\text{m}$ 以下であり、かつ、三次元表面粗さ S_z が $3.17\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。こうしたメタルマスク基材 11 によれば、金属層 21 のうち、第 1 面 11a に加えて、第 2 面 11b においても、第 2 ドライフィルムレジスト 13 と第 2 面 11b との界面における密着性がより確実に高まる。

[0048] なお、第 2 ドライフィルムレジスト 13 の形成材料は、第 1 ドライフィルムレジスト 12 と同じく、例えば光重合により架橋するアクリル系樹脂である。また、第 2 ドライフィルムレジスト 13 の厚さは、例えば、 $5\mu\text{m}$ 以上 $20\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

[0049] [第 2 の形態]

図 3 が示すように、メタルマスク基材 11 は、金属層 21 と、金属層 21 に対して第 1 ドライフィルムレジスト 12 とは反対側に位置する樹脂層 22 とを備えてもよい。樹脂層 22 の線膨張係数と、金属層 21 の線膨張係数とは、温度の依存性として互いに同じ傾向を示し、かつ、線膨張係数の値が同じ程度であることが好ましい。金属層 21 は、例えばインバーから形成されたインバー層であり、樹脂層 22 は、例えばポリイミドから形成されたポリイミド層である。このメタルマスク基材 11 によれば、金属層 21 の線膨張係数と、樹脂層 22 の線膨張係数との差によって、メタルマスク基材 11 に反りが生じることが抑えられる。

[0050] 第2の形態におけるメタルマスク形成用中間体10は、金属層21、第1ドライフィルムレジスト12、および、樹脂層22から構成されている。なお、樹脂層22は、金属層21に対する塗工によって形成されてもよいし、金属層21とは別にフィルム状に形成されて、金属層21に貼り付けられてもよい。そして、樹脂層22は、金属層21との接着性を発現する接着層を含み、この接着層が金属層21に貼り付けられた構成であってもよい。

[0051] [第3の形態]

図4が示すように、メタルマスク基材11は、金属層21と樹脂層22とに加えて、メタルマスク基材11の厚さ方向において、樹脂層22に対して金属層21とは反対側に位置する他の金属層23をさらに備えてもよい。このメタルマスク基材11では、メタルマスク基材11における第1面11aとは反対側の面であって、金属層23の含む面が第2面11bである。

[0052] 他の金属層23の形成材料は、金属層21と同じく、例えばインバー、すなわち、鉄とニッケルとを主成分とする合金であり、36質量%のニッケルを含む合金であることが好ましい。金属層23の厚さは、例えば、10 μ m以上50 μ m以下であることが好ましい。他の金属層23の厚さは、金属層21の厚さと互いに同じであってもよいし、互いに異なってもよい。

[0053] 金属層21が含む第1面11aおよび第2面11bと同様、他の金属層23の含む第2面11bにおいて、正反射における反射率は45.2%以上であることが好ましい。また、他の金属層23の含む第2面11bにおいて、三次元表面粗さS_aが0.11 μ m以下であり、かつ、三次元表面粗さS_zが3.17 μ m以下であることが好ましい。

[0054] こうした他の金属層23における第2面11bによれば、金属層21が含む第1面11aおよび第2面11bと同等の効果を得ることができる。なお、メタルマスク基材11は、金属層21と樹脂層22とが積層され、また、金属層23と樹脂層22とが積層された構造体であるため、図3を用いて先に説明されたメタルマスク基材11、すなわち、メタルマスク基材11における第2の形態と同等の効果を得ることもできる。

[0055] 第3の形態におけるメタルマスク形成用中間体10は、金属層21、23、第1ドライフィルムレジスト12、樹脂層22、および、第2ドライフィルムレジスト14から構成されている。なお、樹脂層22は、2つの金属層21、23のうちのいずれかに対する塗工によって形成されてもよいし、金属層21、23とは別にフィルム状に形成されて、金属層21、23に貼り付けられてもよい。そして、樹脂層22が金属層21、23に貼り付けられる場合には、樹脂層22は、金属層21との接着性を発現する接着層と、金属層23との接着性を発現する接着層とを含み、これらの接着層が2つの金属層21、23にそれぞれ貼り付けられた構成であってもよい。

[0056] [ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の管理方法]

図5を参照して、ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の管理方法を説明する。

[0057] ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の管理方法は、準備工程、入射工程、測定工程、算出工程、および、判断工程を備える。すなわち、ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の管理方法は、ドライフィルムレジストが貼り付けられるように構成された金属製の表面を備えるドライフィルムレジスト用メタルマスク基材を準備すること、および、ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の表面に光を入射させることを備える。また、ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の管理方法は、表面に入射した光のうち、表面にて正反射した光の光量を測定すること、表面に入射した光の光量に対する正反射した光の光量の比として、正反射における反射率を算出すること、および、反射率が45.2%以上であるか否かを判断することを備える。

[0058] 図5が示すように、上述した入射工程、および、測定工程では、例えば、自動変角光度計PMを用いる。自動変角光度計PMは、ハロゲンランプである光源LSと、自動変角光度計PMに配置された試験片が反射した反射光を受光する受光部LRとを備えている。

[0059] 入射工程に先立ち、ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の一部を

切り出した試験片 T を準備する。試験片 T は、ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の表面の一部である測定面 T s を有する。そして、測定面 T s に光源 L S からの光が入射するように、試験片 T を自動変角光度計 P M に配置する。

[0060] 試験片 T の測定面 T s の法線方向 N と、光源 L S から射出された光の入射方向とが形成する角度が、光源 L S から射出された光の入射角度 α である。入射工程では、所定の入射角度 α 、例えば、 $45^\circ \pm 0.2^\circ$ の入射角度 α で、測定面 T s に光を入射させる。測定面 T s に入射した光の光量は、光源 L S が射出した光の光量である。

[0061] 測定面 T s の法線方向 N と、測定面 T s から射出される光の射出方向とが形成する角度が、測定面 T s から射出された光の射出角度 β である。測定面 T s において正反射された光の射出角度 β は、測定面 T s に入射した光の入射角度 α と等しい。すなわち、正反射された光の射出角度 β は、 $45^\circ \pm 0.2^\circ$ である。

[0062] 測定工程では、受光部 L R に含まれる受光素子が、測定面 T s にて反射された光のうち、少なくとも正反射された光を受光する。受光部 L R に含まれる受光素子は、受光した光の光量に応じたアナログ信号を生成し、かつ、受光部 L R に含まれる変換回路は、受光素子の生成したアナログ信号をデジタル信号に変換し、このデジタル信号を反射光の光量として生成する。

[0063] 受光部 L R に含まれる受光素子は、例えば、射出角度 β が 0° である光から、射出角度 β が 90° である光までにわたって、 0.1° ごとに受光する。このとき、受光部 L R に含まれる受光素子は、法線方向 N に直交し、かつ、試験片 T の測定面 T s に沿って延びる回転軸 A を中心に回転する。言い換えれば、受光素子の回転する回転軸 A が測定面 T s と平行となるように、試験片 T は配置される。これにより、測定工程では、測定面 T s にて反射された光のうち、射出角度 β が 0° である光から射出角度 β が 90° である光までにわたって、 0.1° ごとの光の光量が測定される。

[0064] 算出工程は、例えば、受光部 L R にて受光した光の強度を光電変換した信

号電流に基づき、自動変角光度計PMに内蔵された受光部LRに含まれる演算部によって行われ、判断工程は、自動変角光度計PMに接続された演算装置によって行われる。演算部は、例えば、予め入力された入射光の光量と、測定工程において生成したデジタル信号である反射光の光量とを、上述した式(1)に代入して各射出角度 β における光の反射率を算出する。自動変角光度計PMは、算出した反射率をデジタル信号として演算装置に出力する。

[0065] そして、演算装置は、自動変角光度計PMの出力したデジタル信号に基づき、正反射における光の反射率が、45.2%以上であるか否かを判断する。こうした管理方法によれば、メタルマスク基材の表面において、正反射における光の反射率が45.2%以上であるか否かが判断されるため、ドライフィルムレジストと表面との界面における密着性を高めることができる表面を備える状態で、ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材を管理することができる。

[0066] 一般に、ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の表面の状態は、表面粗さを用いて管理されることが多い。表面粗さを一度に測定することが可能な領域は、例えば、一辺の長さが数百 μm 程度である矩形状を有した領域であって、非常に小さい領域である。そのため、ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材のほぼ全体における表面の状態を表面粗さの測定値から正確に把握するためには、ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材における非常に多数の箇所について表面粗さを測定する必要がある。

[0067] これに対して、正反射における反射率を一度に測定することが可能な領域は、表面粗さを一度に測定することが可能な領域と比べて、大幅に大きく、反射率を得ることに要する時間も、表面粗さを得ることに要する時間と比べて、大幅に短い。そして、ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の表面と、ドライフィルムレジストとの密着性を確保するべく行われる管理においては、上述した表面粗さの測定よりも表面を巨視的に把握する管理が好ましい。この点で、正反射における反射率を一度に測定することが可能な領域の大きさは、ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の表面と、ドライ

フィルムレジストとの密着性に影響を及ぼす範囲に拡大することも容易である。そのため、反射率における1つの値は、表面粗さにおける1つの値と比べて、ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の表面におけるより大きい領域の状態を反映した値であって、その取得に要する負荷も小さい値である。

[0068] それゆえに、反射率を用いてドライフィルムレジスト用メタルマスク基材を管理するときには、表面粗さを用いてドライフィルムレジスト用メタルマスク基材を管理するときと比べて、表面における測定箇所の個数が少なくとも、同程度の正確さで表面の状態を把握することが可能になる。

[0069] また、表面における測定箇所の個数が同じであれば、反射率を用いてドライフィルムレジスト用メタルマスク基材を管理するときには、表面粗さを用いてドライフィルムレジスト用メタルマスク基材を管理するときと比べて、より正確に表面の状態を把握することが可能にもなる。

[0070] また、表面粗さを用いてドライフィルムレジスト用メタルマスク基材を管理するときには、三次元表面粗さ S_a と三次元表面粗さ S_z との2つの値によってドライフィルムレジスト用メタルマスク基材を管理する場合がある。これに対して、反射率を用いてドライフィルムレジスト用メタルマスク基材を管理するときには、正反射における反射率の測定値のみによって管理が可能である。すなわち、1つの値によってドライフィルムレジスト用メタルマスク基材を管理することができる分、表面粗さを用いてドライフィルムレジスト用メタルマスク基材を管理するときと比べて、ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の管理に要する負荷を小さくすることができる。

[0071] なお、自動変角光度計PM以外の他の装置が、自動変角光度計PMの測定結果を用いて算出工程を行ってもよいし、自動変角光度計PMが、判断工程を行ってもよい。

[0072] [ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の製造方法]

図6および図7を参照して、ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の製造方法を説明する。

- [0073] 図6および図7を参照して、ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の製造方法を説明する。なお、以下では、メタルマスク基材11が、1つの金属層21から構成される例、すなわち、図2を参照して説明された第1の形態を用いて説明する。
- [0074] 図6が示すように、ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の製造方法では、まず、インバーから形成された母材21aであって、1つの方向である圧延方向D1に沿って延びる母材21aを準備する。次いで、母材21aの圧延方向D1と、母材21aを搬送する搬送方向D2とが平行になるように、母材21aを一对の圧延ローラー31, 32を備える圧延装置30に向けて搬送方向D2に沿って搬送する。
- [0075] 母材21aが一对の圧延ローラー31, 32の間に到達すると、母材21aが一对の圧延ローラー31, 32によって圧延される。これにより、母材21aの厚さが低減され、かつ、母材21aが搬送方向D2に沿って伸ばされることで、圧延材21bを得ることができる。圧延材21bはコアCに巻き取られるが、圧延材21bは、コアCに巻き取られることなく、帯形状に伸ばされた状態で取り扱われてもよい。圧延材21bの厚さは、例えば、10 μ m以上50 μ m以下である。
- [0076] 図7が示すように、母材21aの圧延によって形成された圧延材21bの内部に蓄積された残留応力を取り除くために、アニール装置33を用いて圧延材21bをアニールする。これにより、メタルマスク基材としての金属層21が得られる。圧延材21bのアニールは、圧延材21bを搬送方向D2に沿って引っ張りながら行うため、アニール前の圧延材21bに比べて残留応力が低減されたメタルマスク基材としての金属層21を得ることができる。
- [0077] なお、上述した圧延工程およびアニール工程の各々を、以下のように変更して実施してもよい。すなわち、例えば、圧延工程では、複数対の圧延ローラーを備える圧延装置を用いてもよい。また、圧延工程およびアニール工程を複数回繰り返すことによって、金属層21を製造してもよい。また、アニ

ール工程では、圧延材 2 1 b を搬送方向 D 2 に沿って引っ張りながら圧延材 2 1 b のアニールを行うのではなく、コア C に巻き取られた状態の圧延材 2 1 b に対してアニールを行ってもよい。

[0078] なお、コア C に巻き取られた状態の圧延材 2 1 b に対してアニール工程を行ったときには、金属層 2 1 がコア C に巻き取られたことにより、アニール後の金属層 2 1 には、金属層 2 1 の径に応じた反りの癖がついてしまう場合がある。そのため、金属層 2 1 がコア C に巻かれたときの径の大きさや母材 2 1 a を形成する材料によっては、圧延材 2 1 b を搬送方向 D 2 に沿って引っ張りながら圧延材 2 1 b をアニールすることが好ましい。

[0079] [メタルマスクの製造方法]

図 8 から図 1 4 を参照して、メタルマスクの製造方法を説明する。なお、以下では、メタルマスクを製造するために使用されるメタルマスク基材 1 1 が、1 つの金属層 2 1 から構成される例、すなわち、図 2 を参照して説明された第 1 の形態を用いて説明する。また、図 8 から図 1 3 では、図示の便宜上から、メタルマスクに形成される複数の貫通孔のうち、1 つの貫通孔のみを含む部分に対する工程図が示されている。

[0080] メタルマスクの製造方法は、金属製の表面を備えるメタルマスク基材を準備すること、表面にレジストを配置すること、メタルマスク基材に、メタルマスク基材の厚さ方向に沿って窪み、かつ、表面に開口を有する複数の凹部を形成するための貫通孔をレジストに形成すること、および、メタルマスク基材に複数の凹部を形成することを備えている。メタルマスク基材に複数の凹部を形成することでは、表面と対向する平面視での開口の寸法における平均値を A とし、寸法の標準偏差に 3 を掛けた値を B とするとき、 $(B/A) \times 100 (\%)$ が 10 % 以下となるようにメタルマスク基材に複数の凹部を形成することが好ましい。

[0081] なお、メタルマスク基材の表面と対向する平面視において、メタルマスク基材の凹部が円形状を有した領域を区画する孔であれば、凹部の開口における寸法は、開口の直径であればよい。また、メタルマスク基材の表面と対向

する平面視において、メタルマスク基材の凹部が1つの方向に沿って延びる矩形状を有した領域を区画する孔であれば、凹部の開口における寸法は、開口の長手方向に沿う寸法であってもよいし、開口の短手方向に沿う寸法であってもよい。またあるいは、メタルマスク基材の表面と対向する平面視において、メタルマスク基材の凹部が正形状を有した領域を区画する孔であれば、凹部の開口における寸法は、開口における一辺の寸法であればよい。

[0082] なお、凹部が1つの方向に沿って延びる矩形状、あるいは、正形状を有した領域を区画する孔であるときには、凹部によって区画される領域の角部が、凹部によって区画される領域の内部に曲率の中心を有するような弧状を有してもよい。

[0083] より詳しくは、図8が示すように、メタルマスクを製造するときには、まず、上述した第1面11aと第2面11bとを含む金属層21であるメタルマスク基材と、第1面11aに貼り付けられる第1ドライフィルムレジスト12と、第2面11bに貼り付けられる第2ドライフィルムレジスト13とを準備する。2つのドライフィルムレジスト12, 13の各々は、金属層21とは別に形成されたフィルムである。

[0084] そして、第1面11aに第1ドライフィルムレジスト12を貼り付け、かつ、第2面11bに第2ドライフィルムレジスト13を貼り付ける。すなわち、第1面11aに第1ドライフィルムレジスト12を積層し、第2面11bに第2ドライフィルムレジスト13を積層する。例えば、金属層21の厚さ方向において、金属層21が2つのドライフィルムレジストに挟まれた状態で、3つの層に所定の熱と圧力とを加えることによって、金属層21の第1面11aに第1ドライフィルムレジスト12を貼り付け、かつ、第2面11bに第2ドライフィルムレジスト13を貼り付ける。なお、第1ドライフィルムレジスト12と第2ドライフィルムレジスト13とは、金属層21に対して別々に貼り付けられてもよい。

[0085] ここで、2つのドライフィルムレジスト12, 13と金属層21との密着性を高める観点では、金属層21の第1面11aおよび第2面11bの各々

が、平滑な面であることが好ましい。この点で、第1面11aおよび第2面11bの各々において、正反射における反射率が45.2%以上であるため、メタルマスクを製造する上で好ましい程度に、ドライフィルムレジスト12、13と金属層21との密着性が高まる。こうしてメタルマスク形成用中間体が製造される。

[0086] 図9が示すように、ドライフィルムレジスト12、13のうち、貫通孔を形成する部位以外の部分を露光し、露光後のドライフィルムレジストを現像する。これによって、第1ドライフィルムレジスト12に第1貫通孔12aを形成し、かつ、第2ドライフィルムレジスト13に第2貫通孔13aを形成する。すなわち、第1ドライフィルムレジスト12と第2ドライフィルムレジスト13とをパターンニングする。

[0087] 第1ドライフィルムレジスト12を露光するときには、第1ドライフィルムレジスト12において金属層21に接する面とは反対側の面に、第1貫通孔12aを形成する部分以外の部分に光を到達させるように構成された原版を載せる。第2ドライフィルムレジスト13を露光するときには、第2ドライフィルムレジスト13において金属層21に接する面とは反対側の面に、第2貫通孔13aを形成する部分以外の部分に光を到達させるように構成された原版を載せる。また、露光後のドライフィルムレジストを現像するときには、現像液として、例えば炭酸ナトリウム水溶液を用いる。

[0088] なお、第1ドライフィルムレジスト12がポジ型レジストから形成されるときには、第1ドライフィルムレジスト12のうち、第1貫通孔12aを形成する部分を露光すればよい。また、第2ドライフィルムレジスト13がポジ型レジストから形成されるときには、第2ドライフィルムレジスト13のうち、第2貫通孔13aを形成する部分を露光すればよい。

[0089] 図10が示すように、例えば、第1ドライフィルムレジスト12をマスクとして、すなわち、第1ドライフィルムレジスト12を介して、塩化第二鉄液を用いて金属層21の第1面11aをエッチングする。このとき、第2ドライフィルムレジスト13には、金属層21の第2面11bが第1面11a

と同時にエッチングされないように、第2保護層41を形成する。第2保護層41の形成材料は、塩化第二鉄液によってエッチングされにくい材料であればよい。これによって、金属層21の第1面11aに、第1ドライフィルムレジスト12の第1貫通孔12aを介して、第2面11bに向けて窪む第1凹部11c1を形成する。第1凹部11c1は、第1面11aに開口する第1開口51を有する。

[0090] ここで、上述したメタルマスク形成用中間体では、第1ドライフィルムレジスト12と金属層21との密着性が高められている。そのため、金属層21が塩化第二鉄液に曝されたとき、塩化第二鉄液は、第1ドライフィルムレジスト12に形成された第1貫通孔12aを通じて金属層21の第1面11aに接する一方で、塩化第二鉄液が、第1ドライフィルムレジスト12と金属層21との界面に入り込むことが抑えられる。それゆえに、金属層21には、第1凹部11c1が、形状の精度が高められた状態で形成される。

[0091] また、第1面11aと対向する平面視において、第1凹部11c1が有する開口の寸法における平均値をAとし、寸法の標準偏差に3を掛けた値をBとすると、 $(B/A) \times 100$ (%) が10%以下となるように金属層21に複数の第1凹部11c1が形成される。

[0092] 図11が示すように、金属層21の第1面11aに形成した第1ドライフィルムレジスト12と、第2ドライフィルムレジスト13に接する第2保護層41とを取り除く。また、金属層21の第1面11aに、第1面11aのエッチングを防ぐための第1保護層42を形成する。第1保護層42の形成材料は、塩化第二鉄液によってエッチングされにくい材料であればよい。

[0093] 図12が示すように、第2ドライフィルムレジスト13をマスクとして、塩化第二鉄液を用いて金属層21の第2面11bをエッチングする。これによって、金属層21の第2面11bに、第2ドライフィルムレジスト13の第2貫通孔13aを介して、第1面11aに向けて窪む第2凹部11c2を形成する。第2凹部11c2は、第2面11bに開口する第2開口52を有し、第2面11bと対向する平面視において、第2開口52は、第1開口5

1 よりも大きい。

[0094] ここで、上述したメタルマスク形成用中間体では、第2ドライフィルムレジスト13と金属層21との密着性も高められている。そのため、金属層21が塩化第二鉄液に曝されたとき、塩化第二鉄液は、第2ドライフィルムレジスト13に形成された第2貫通孔13aを通じて金属層21の第2面11bに接する一方で、塩化第二鉄液が、第2ドライフィルムレジスト13と金属層21との界面に入り込むことが抑えられる。それゆえに、金属層21には、第2凹部11c2が、形状の精度が高められた状態で形成される。

[0095] また、第2面11bと対向する平面視において、第2凹部11c2が有する開口の寸法における平均値をAとし、寸法の標準偏差に3を掛けた値をBとすると、 $(B/A) \times 100 (\%)$ が10%以下となるように金属層21に複数の第2凹部11c2が形成される。

[0096] 図13が示すように、第1保護層42と第2ドライフィルムレジスト13とを金属層21から取り除くことによって、複数の貫通孔61cが形成されたメタルマスク60が得られる。

[0097] メタルマスク60は、加工が施されたメタルマスク基材11であって、メタルマスク基体の一例であるマスク基体61を備えている。マスク基体61は、メタルマスク基材11の第1面11aに対応する金属製の面であって、第1ドライフィルムレジスト12が取り除かれた面である第1マスク面61aを含む。また、マスク基体61は、メタルマスク基材11の第2面11bに対応する金属製の面であって、第2ドライフィルムレジスト13が取り除かれた面である第2マスク面61bを含む。

[0098] 貫通孔61cは、第1マスク面61aと第2マスク面61bとの間を貫通し、貫通孔61cがマスク基体61を貫通する方向と直交する方向における断面積が、第1マスク面61aと第2マスク面61bとの間において最も小さい。

[0099] すなわち、貫通孔61cは、第1マスク面61aに開口する第1開口51、第2マスク面61bに開口する第2開口52、および、マスク基体61の

厚さ方向において、第1開口51と第2開口52との間に位置する括れ部53を備える。第1マスク面61aと対向する平面視において、第1開口51は第2開口52よりも小さい。貫通孔61cは、第1開口51から括れ部53に向けて断面積が小さくなり、かつ、第2開口52から括れ部53に向けて断面積が小さくなる形状を有している。なお、第1開口51と括れ部53との間の距離、すなわち、第1マスク面61aと括れ部53との間の距離は小さいほど好ましい。

[0100] また、メタルマスク60において、第1マスク面61aと対向する平面視での第1開口51の寸法における平均値をAとし、寸法の標準偏差に3を掛けた値をBとすると、 $(B/A) \times 100 (\%)$ が10%以下であることが好ましい。さらに、メタルマスク60において、第2マスク面61bと対向する平面視での第2開口52の寸法における平均値をAとし、寸法の標準偏差に3を掛けた値をBとすると、 $(B/A) \times 100 (\%)$ が10%以下であることが好ましい。

[0101] メタルマスク60において、 $(B/A) \times 100 (\%)$ が10%以下であるため、メタルマスク60が有する貫通孔61cの第1開口51における寸法の精度、および、第2開口52における寸法の精度が高い。

[0102] なお、メタルマスク基材11の第1面11aには、第1ドライフィルムレジスト12が貼り付けられる前に、以下の前提であれば、各種の処理、例えば洗浄処理などが行われてもよい。すなわち、この場合には、各種の処理は、第1マスク面61aにおいて、正反射における反射率、三次元表面粗さ S_a 、および、三次元表面粗さ S_z の各々が、処理前の面である第1面11aにおける値にほぼ維持することができる処理である。

[0103] また、メタルマスク基材11の第2面11bには、第2ドライフィルムレジスト13が貼り付けられる前に、以下の前提であれば、各種の処理、例えば洗浄処理などが行われてもよい。すなわち、この場合には、各種の処理は、第2マスク面61bにおいて、正反射における反射率、三次元表面粗さ S_a 、および、三次元表面粗さ S_z の各々が、処理前の面である第2面11b

における値にほぼ維持することができる処理である。

[0104] 図14が示すように、マスク基体61には、マスク基体61を厚さ方向に沿って貫通する複数の貫通孔61cが形成され、第1マスク面61aに複数の貫通孔61cが開口している。複数の貫通孔61cは、例えば、第1マスク面61aと対向する平面視において、第1マスク面61aに沿う1つの方向に沿って規則的に並び、かつ、1つの方向と直交する方向に沿って規則的に並んでいる。

[0105] なお、メタルマスクを製造するために使用されるメタルマスク基材11が上記第2の形態であるとき、メタルマスク形成用中間体は、金属層、樹脂層、および、第1ドライフィルムレジスト12から構成される。こうしたメタルマスク形成用中間体に対しては、第1ドライフィルムレジスト12をマスクとしたエッチングが施される一方で、樹脂層に対してはレーザ加工などによる穿孔が行われてもよい。

[0106] そして、マスク基体61は、金属層と樹脂層とから構成される。こうしたマスク基体61は、上記第1マスク面61aを有する一方で、第1マスク面61aとは反対側の面は、金属製の表面ではなく、樹脂層に含まれる。また、こうした構成では、第1マスク面61aに第2開口52が形成され、樹脂層に含まれる面に第1開口51が形成されることが好ましい。

[0107] また、メタルマスクを製造するために使用されるメタルマスク基材11が上記第3の形態であるとき、メタルマスク形成用中間体は、樹脂層と、この樹脂層を挟む2つの金属層と、2つのドライフィルムレジスト12、14から構成される。こうしたメタルマスク形成用中間体に対しては、各ドライフィルムレジスト12、14をマスクとしたエッチングの他に、樹脂層に対してはレーザ加工などによる穿孔が行われてもよい。

[0108] そして、マスク基体61は、樹脂層と、この樹脂層を挟む2つの金属層とから構成される。こうしたマスク基体61においては、上記第1マスク面61aが一方の金属層に含まれ、上記第2マスク面61bが他方の金属層に含まれる。また、貫通孔61cは、これら樹脂層と2つの金属層とを貫通する

。

[0109] [実施例]

図 1 5 から図 2 2 を参照して、実施例を説明する。以下では、メタルマスク基材が 1 つの金属層から構成される例を説明する。

[0110] [反射率の測定]

 [正反射における反射率の最小値]

実施例 1 から実施例 4、および、比較例 1 のメタルマスク基材の各々における反射率を以下の測定方法を用いて測定した。

[0111] 実施例 1 から実施例 4 のメタルマスク基材、および、比較例 1 のメタルマスク基材は、430mm の幅を有するメタルマスク基材の原反を準備し、原反の一部を 500mm の長さで切り出すことによって得た。また、メタルマスク基材は、20 μ m の厚さを有するものとし、形成材料をインバーとした。

。

[0112] そして、切り出したメタルマスク基材において、幅方向の中央を含み、かつ、圧延方向の中央を含む部分であって、メタルマスク基材の幅方向に沿う長さが 5cm であり、かつ、圧延方向に沿う長さが 5cm である正方形板形状を有する 1 つの試験片を準備した。

[0113] そして、自動変角光度計（村上色彩技術研究所（株）製、GP-200）に各試験片を配置し、試験片の測定面の法線方向に対して 45° ± 0.2° の光を入射させたときの反射率を算出した。なお、1 つの試験片において、3 つの測定点における反射率を、上述した式（1）を用いて算出した。

[0114] このとき、試験片のうち、14mm の直径を有する領域に光を当て、反射光を直径が 11.4mm である受光部の受光面によって受光した。受光部は、射出角度が 0° である反射光から、射出角度が 90° である反射光までにわたって、0.1° ごとに受光した。また、受光部の回転軸 A の延びる方向と、メタルマスク基材の圧延方向とが平行とみなされるように、例えば、受光部の回転軸 A の延びる方向とメタルマスク基材の圧延方向との形成する角度が ± 2° 以内になるように、各試験片を自動変角光度計に配置した。

なお、光源としてハロゲンランプを用い、受光部には、受光素子としてサイドオン型光電子増倍管を含む受光部を用いた。

[0115] 各試験片において、互いに異なる3つの測定点が第1測定点、第2測定点、および、第3測定点であり、第1測定点から第3測定点の各々における正反射での反射率は、表1に示される値であった。なお、各試験片のうち、第1測定点は、試験片の中央を含む部分であり、第2測定点、および、第3測定点は、各試験片のうちで第1測定点とは異なり、かつ、互いに重ならない部分である。

[0116] [表1]

	反射率 (%)			
	第1測定点	第2測定点	第3測定点	最小値
実施例1	62.6	54.4	60.2	54.4
実施例2	48.5	45.2	49.8	45.2
実施例3	73.3	64.4	54.0	54.0
実施例4	83.2	74.0	85.8	74.0
比較例1	25.8	25.4	30.0	25.4

[0117] 表1が示すように、実施例1では、第1測定点における反射率が62.6%であり、第2測定点における反射率が54.4%であり、第3測定点における反射率が60.2%であることが認められた。すなわち、実施例1では、正反射における反射率の最小値が54.4%であることが認められた。

[0118] 実施例2では、第1測定点における反射率が48.5%であり、第2測定点における反射率が45.2%であり、第3測定点における反射率が49.8%であることが認められた。すなわち、実施例2では、正反射における反射率の最小値が45.2%であることが認められた。

[0119] 実施例3では、第1測定点における反射率が73.3%であり、第2測定点における反射率が64.4%であり、第3測定点における反射率が54.0%であることが認められた。すなわち、実施例3では、正反射における反

射率の最小値が54.0%であることが認められた。

[0120] 実施例4では、第1測定点における反射率が83.2%であり、第2測定点における反射率が74.0%であり、第3測定点における反射率が85.8%であることが認められた。すなわち、実施例4では、正反射における反射率の最小値が74.0%であることが認められた。

[0121] 比較例1では、第1測定点における反射率が25.8%であり、第2測定点における反射率が25.4%であり、第3測定点における反射率が30.0%であることが認められた。すなわち、比較例1では、正反射における反射率の最小値が25.4%であることが認められた。

[0122] [第1反射率と第2反射率との違い]

実施例5のメタルマスク基材と比較例2のメタルマスク基材との各々において、4枚の試験片を準備した。このとき、実施例1と同様、実施例5のメタルマスク基材、および、比較例2のメタルマスク基材において、430mmの幅を有するメタルマスク基材の原反を準備し、原反の一部を500mmの長さで切り出した。そして、切り出したメタルマスク基材のうちの任意の4つの位置の各々から、1つの試験片を切り出した。なお、各試験片は、実施例1と同様、メタルマスク基材における幅方向に沿う長さが5cmであり、圧延方向に沿う長さが5cmである正方形形状を有する試験片とした。

[0123] そして、受光部の回転軸Aの延びる方向と、メタルマスク基材の圧延方向とが平行とみなされるように、例えば、受光部の回転軸Aの延びる方向とメタルマスク基材の圧延方向との形成する角度が $\pm 2^\circ$ 以内になるように、各試験片を自動変角光度計に配置したときの反射率を算出した。言い換えれば、メタルマスク基材の表面に垂直な第1平面であって、圧延方向と直交する第1平面内での反射率である第1反射率を算出した。

[0124] さらに、受光部の回転軸Aの延びる方向と、メタルマスク基材の幅方向とが平行とみなされるように、例えば、受光部の回転軸Aの延びる方向とメタルマスク基材の幅方向との形成する角度が $\pm 2^\circ$ 以内になるように、各試験片を自動変角光度計に配置した。言い換えれば、メタルマスク基材の表面に

垂直な第2平面であって、幅方向と直交する第2平面内での反射率である第2反射率を算出した。

[0125] なお、各試験片に入射させる光は、上述と同様の条件とし、第1反射率を算出するときと、第2反射率を算出するときとの両方において、各試験片における中央に光を当てた。また、各試験片において、光を当てた1つの領域における反射率を、上述した式(1)を用いて算出した。

各試験片において、第1反射率および第2反射率は、表2に示される値であった。

[0126] [表2]

実施例5	反射率 (%)	試験片1	試験片2	試験片3	試験片4	最小値
	第1反射率	75.9	56.1	62.8	64.8	56.1
	第2反射率	77.8	67.9	73.0	78.5	67.9
	差	1.9	11.8	10.2	13.7	
比較例2	反射率 (%)	試験片1	試験片2	試験片3	試験片4	最小値
	第1反射率	30.1	33.3	33.1	34.0	30.1
	第2反射率	31.4	29.5	32.8	31.7	29.5
	差	1.3	-3.8	-0.3	-2.3	

[0127] 表2が示すように、実施例5では、試験片1において、第1反射率が75.9%であり、第2反射率が77.8%であり、試験片2において、第1反射率が56.1%であり、第2反射率が67.9%であることが認められた。試験片3において、第1反射率が62.8%であり、第2反射率が73.0%であり、試験片4において、第1反射率が64.8%であり、第2反射率が78.5%であることが認められた。

[0128] そして、第2反射率から第1反射率を引いた差が、試験片1では1.9%であり、試験片2では11.8%であり、試験片3では10.2%であり、試験片4では13.7%であることが認められた。すなわち、実施例5では、第2反射率が第1反射率よりも大きいことが認められた。また、実施例5では、第2反射率から第1反射率を引いた差が、10.2%以上である部分

が含まれることが認められた。

[0129] 比較例 2 では、試験片 1 において、第 1 反射率が 30.1%であり、第 2 反射率が 31.4%であり、試験片 2 において、第 1 反射率が 33.3%であり、第 2 反射率が 29.5%であることが認められた。試験片 3 において、第 1 反射率が 33.1%であり、第 2 反射率が 32.8%であり、試験片 4 において、第 1 反射率が 34.0%であり、第 2 反射率が 31.7%であることが認められた。

[0130] そして、第 2 反射率から第 1 反射率を引いた差が、試験片 1 では 1.3%であり、試験片 2 では -3.8%であり、試験片 3 では -0.3%であり、試験片 4 では -2.3%であることが認められた。すなわち、比較例 2 には、第 2 反射率が第 1 反射率よりも大きい部分と、第 2 反射率が第 1 反射率よりも小さい部分とが含まれることが認められた。また、比較例 2 には、実施例 5 と比べて、第 2 反射率から第 1 反射率を引いた差が小さい部分のみが含まれることが認められた。

[0131] [表面粗さの測定]

実施例 1 から実施例 4、および、比較例 1 のメタルマスク基材の各々について、三次元表面粗さ S_a 、および、三次元表面粗さ S_z を以下の測定方法を用いて測定した。

[0132] 50 倍の対物レンズを装着した形状解析レーザ顕微鏡（VK-X210、（株）キーエンス製）を用いて、三次元表面粗さ S_a 、および、三次元表面粗さ S_z を測定した。三次元表面粗さ S_a 、および、三次元表面粗さ S_z として、1つの方向における約 $280\mu\text{m}$ の幅と、1つの方向と直交する方向における約 $220\mu\text{m}$ の幅とを有する面における三次元表面粗さ S_a および三次元表面粗さ S_z を測定した。

なお、三次元表面粗さ S_a および三次元表面粗さ S_z は、ISO 25178 に準拠する方向によって測定した。

[0133] 実施例 1 から実施例 4 のメタルマスク基材、および、比較例 1 のメタルマスク基材は、反射率を測定するときと同様、 430mm の幅を有するメタル

マスク基材の原反を準備し、原反の一部を500mmの長さで切り出すことによって得た。

[0134] 実施例1から実施例4、および、比較例1のメタルマスク基材の各々において、互いに異なる3か所の各々から切り出した試験片での各表面粗さを測定した。各試験片は、メタルマスク基材の圧延方向に沿う長さが20mmであり、メタルマスク基材の幅方向に沿う長さが30mmである矩形板形状を有する試験片とした。

[0135] メタルマスク基材の圧延方向における2つの端部を第1端部および第2端部とし、幅方向における2つの端部を第3端部および第4端部とするとき、3つの試験片の各々をメタルマスク基材における以下の位置から切り出した。

[0136] すなわち、試験片1を第1端部から100mmだけ離れ、かつ、第3端部から200mmだけ離れた位置から切り出した。また、試験片2を第2端部から100mmだけ離れ、かつ、第3端部から70mmだけ離れた位置から切り出した。そして、試験片3を第2端部から100mmだけ離れ、かつ、第4端部から70mmだけ離れた位置から切り出した。

[0137] なお、各試験片において、5つの測定点における三次元表面粗さ S_a と三次元表面粗さ S_z とを測定した。5つの測定点は、各試験片における中央の1点と、中央の1点を囲む外周における4点とした。各試験片における外周の4点は、試験片の対角線上に位置する点とし、かつ、中央の1点と、外周における各点との間の距離は、10mmとした。

[0138] 実施例1から4、および、比較例1の各々において、各試験片における三次元表面粗さ S_a の最大値、および、三次元表面粗さ S_z の最大値は、表3に示される値であった。

[0139]

[表3]

		Sa	Sz
実施例1	試験片1	0.09	2.83
	試験片2	0.08	2.63
	試験片3	0.09	3.17
実施例2	試験片1	0.10	2.93
	試験片2	0.11	2.84
	試験片3	0.10	2.96
実施例3	試験片1	0.07	1.88
	試験片2	0.07	1.56
	試験片3	0.06	1.90
実施例4	試験片1	0.08	2.06
	試験片2	0.06	1.41
	試験片3	0.06	1.56
比較例1	試験片1	0.14	5.10
	試験片2	0.13	5.78
	試験片3	0.16	5.10

[0140] 表3が示すように、実施例1では、試験片1において、三次元表面粗さSaの最大値が0.09 μm であり、三次元表面粗さSzの最大値が2.83 μm であることが認められた。試験片2において、三次元表面粗さSaの最大値が0.08 μm であり、三次元表面粗さSzの最大値が2.63 μm であり、試験片3において、三次元表面粗さSaの最大値が0.09 μm であり、三次元表面粗さSzの最大値が3.17 μm であることが認められた。すなわち、実施例1において、三次元表面粗さSaの最大値が0.09 μm であり、三次元表面粗さSzの最大値が3.17 μm であることが認められた。

[0141] また、実施例2では、試験片1において、三次元表面粗さSaの最大値が0.10 μm であり、三次元表面粗さSzの最大値が2.93 μm であることが認められた。試験片2において、三次元表面粗さSaの最大値が0.11 μm であり、三次元表面粗さSzの最大値が2.84 μm であり、試験片

3において、三次元表面粗さ S_a の最大値が $0.10\mu\text{m}$ であり、三次元表面粗さ S_z の最大値が $2.96\mu\text{m}$ であることが認められた。すなわち、実施例2において、三次元表面粗さ S_a の最大値が $0.11\mu\text{m}$ であり、三次元表面粗さ S_z の最大値が $2.96\mu\text{m}$ であることが認められた。

[0142] 実施例3では、試験片1において、三次元表面粗さ S_a の最大値が $0.07\mu\text{m}$ であり、三次元表面粗さ S_z の最大値が $1.88\mu\text{m}$ であることが認められた。試験片2において、三次元表面粗さ S_a の最大値が $0.07\mu\text{m}$ であり、三次元表面粗さ S_z の最大値が $1.56\mu\text{m}$ であり、試験片3において、三次元表面粗さ S_a の最大値が $0.06\mu\text{m}$ であり、三次元表面粗さ S_z の最大値が $1.90\mu\text{m}$ であることが認められた。すなわち、実施例3において、三次元表面粗さ S_a の最大値が $0.07\mu\text{m}$ であり、三次元表面粗さ S_z の最大値が $1.90\mu\text{m}$ であることが認められた。

[0143] 実施例4では、試験片1において、三次元表面粗さ S_a の最大値が $0.08\mu\text{m}$ であり、三次元表面粗さ S_z の最大値が $2.06\mu\text{m}$ であることが認められた。試験片2において、三次元表面粗さ S_a の最大値が $0.06\mu\text{m}$ であり、三次元表面粗さ S_z の最大値が $1.41\mu\text{m}$ であり、試験片3において、三次元表面粗さ S_a の最大値が $0.06\mu\text{m}$ であり、三次元表面粗さ S_z の最大値が $1.56\mu\text{m}$ であることが認められた。すなわち、実施例4において、三次元表面粗さ S_a の最大値が $0.08\mu\text{m}$ であり、三次元表面粗さ S_z の最大値が $2.06\mu\text{m}$ であることが認められた。

[0144] 比較例1では、試験片1において、三次元表面粗さ S_a の最大値が $0.14\mu\text{m}$ であり、三次元表面粗さ S_z の最大値が $5.10\mu\text{m}$ であることが認められた。試験片2において、三次元表面粗さ S_a の最大値が $0.13\mu\text{m}$ であり、三次元表面粗さ S_z の最大値が $5.78\mu\text{m}$ であり、試験片3において、三次元表面粗さ S_a の最大値が $0.16\mu\text{m}$ であり、三次元表面粗さ S_z の最大値が $5.10\mu\text{m}$ であることが認められた。すなわち、実施例3において、三次元表面粗さ S_a の最大値が $0.16\mu\text{m}$ であり、三次元表面粗さ S_z の最大値が $5.10\mu\text{m}$ であることが認められた。

[0145] [評価]

図15は、実施例1のメタルマスク基材を用いたメタルマスクの製造工程において、第1面に第1凹部を形成した後に、第1面に対して照射光を照射して、第1面にて反射された反射光を撮像した画像である。

[0146] 図16は、比較例1のメタルマスク基材を用いたメタルマスクの製造工程において、第1面に第1凹部を形成した後に、第1面に対して照射光を照射して、第1面にて反射された反射光を撮像した画像である。

[0147] 図15が示すように、実施例1のメタルマスク基材11によれば、メタルマスク基材11と第1ドライフィルムレジスト12との密着性が高められている。そのため、第1面11aと対向する平面視において、第1面11aでの各第1凹部11c1における開口の大きさが、他の全ての第1凹部11c1における開口の大きさとほぼ等しいことが認められた。

[0148] 一方で、図16が示すように、比較例1のメタルマスク基材では、金属層の表面71aと対向する平面視において、複数の第1凹部71c1における開口の大きさが大きくばらついていることが認められた。

[0149] 実施例1のメタルマスク基材、および、比較例1のメタルマスク基材の各々において、24個の第1凹部の直径を測定した。なお、実施例1では、図15に示される第1凹部11c1のうち、二点鎖線で囲まれる領域に含まれる第1凹部11c1の直径を測定し、比較例1では、図16に示される第1凹部71c1のうち、二点鎖線で囲まれる領域に含まれる第1凹部71c1の直径を測定した。

[0150] また、各第1凹部について、紙面の上下方向での直径である第1直径、および、紙面の左右方向での直径である第2直径を測定し、各第1凹部について、第1直径と第2直径との平均値である平均直径を算出した。実施例1における第1直径、第2直径、および、平均直径と、比較例1における第1直径、第2直径、および、平均直径とは、以下の表4に示すとおりであった。

[0151]

[表4]

番号	実施例1			比較例1		
	第1直径	第2直径	平均直径	第1直径	第2直径	平均直径
1	48.8	49.2	49.0	46.8	53.2	50.0
2	50.4	48.0	49.2	64.1	65.7	64.9
3	48.8	49.2	49.0	55.2	52.8	54.0
4	50.4	50.0	50.2	53.2	53.6	53.4
5	47.2	48.4	47.8	56.5	57.7	57.1
6	47.6	48.0	47.8	48.4	53.2	50.8
7	50.8	47.2	49.0	46.8	50.8	48.8
8	51.2	48.8	50.0	49.6	56.5	53.0
9	48.8	49.2	49.0	64.5	60.5	62.5
10	47.2	47.2	47.2	52.4	50.8	51.6
11	51.2	48.0	49.6	55.2	57.3	56.3
12	49.2	49.2	49.2	55.2	54.8	55.0
13	48.8	48.4	48.6	52.4	48.4	50.4
14	47.6	49.2	48.4	50.8	52.4	51.6
15	49.2	49.2	49.2	59.3	57.3	58.3
16	49.6	49.2	49.4	60.5	62.5	61.5
17	47.2	46.8	47.0	50.4	49.2	49.8
18	50.4	49.6	50.0	47.6	47.6	47.6
19	49.6	51.2	50.4	54.8	58.5	56.7
20	50.4	48.4	49.4	45.2	52.8	49.0
21	47.6	49.2	48.4	44.4	47.6	46.0
22	47.2	47.2	47.2	52.4	50.4	51.4
23	49.2	50.8	50.0	53.2	51.6	52.4
24	50.4	48.8	49.6	49.2	48.4	48.8
平均値	49.1	48.8	48.9	52.8	53.9	53.4
最大値	51.2	51.2	50.4	64.5	65.7	64.9
最小値	47.2	46.8	47.0	44.4	47.6	46.0
標準偏差	1.34	1.07	0.96	5.34	4.69	4.75

[0152] 表4が示すように、実施例1の第1凹部11c1における平均直径は、47.0 μ m以上50.4 μ m以下であり、比較例1の第1凹部71c1にお

ける平均直径は、 $46.0\mu\text{m}$ 以上 $64.9\mu\text{m}$ 以下であることが認められた。

[0153] 実施例1において、メタルマスク基材11の表面と対向する平面視での第1凹部11c1の開口における直径の平均値をAとし、直径の標準偏差に3を掛けた値をBとし、 $(B/A) \times 100(\%)$ を算出した。第1直径において、 $(B/A) \times 100(\%)$ は、8.2%であり、第2直径において、 $(B/A) \times 100(\%)$ は、6.6%であり、平均直径において、 $(B/A) \times 100(\%)$ は、5.9%であることが認められた。

[0154] 比較例1において、実施例1と同様に、金属層の表面71aと対向する平面視での第1凹部71c1の開口における直径の平均値をAとし、直径の標準偏差に3を掛けた値をBとし、 $(B/A) \times 100(\%)$ を算出した。第1直径において、 $(B/A) \times 100(\%)$ は、30.3%であり、第2直径において、 $(B/A) \times 100(\%)$ は、26.1%であり、平均直径において、 $(B/A) \times 100(\%)$ は、26.7%であることが認められた。

[0155] 実施例1において、 $(B/A) \times 100(\%)$ は8.2%以下、すなわち10%以下であるため、メタルマスク基材11が有する第1凹部11c1の開口、ひいてはメタルマスクが有する貫通孔の開口における直径において、寸法の精度が高いことが認められた。これに対して、比較例1において、 $(B/A) \times 100(\%)$ は30.3%以下であり、実施例1によれば、比較例1に比べて、メタルマスク基材11が有する第1凹部11c1の開口、ひいてはメタルマスクが有する貫通孔の開口における直径において、寸法の精度が大幅に高まることが認められた。

[0156] また、実施例1および比較例1について、第1凹部の平均直径の頻度を $2\mu\text{m}$ ごとに示すヒストグラムと、 $1\mu\text{m}$ ごとに示すヒストグラムとを作成した。

[0157] 図17および図18が示すように、実施例1では、第1凹部の平均直径の頻度が、 $50\mu\text{m}$ において最も高いことが認められた。また、図19および

図20が示すように、比較例1では平均直径の各値における頻度の差が、実施例1よりも小さいことが認められた。

[0158] このように、実施例1のメタルマスク基材11によれば、メタルマスク基材11と第1ドライフィルムレジスト12との密着性が高められているために、複数の第1凹部11c1の各々が、形状の精度が高い状態で形成されることが認められた。一方で、比較例1のメタルマスク基材によれば、メタルマスク基材とドライフィルムレジストとの密着性が低いために、複数の第1凹部71c1において、形状の精度が低くなることが認められた。

[0159] なお、実施例2から実施例5の各々においても、図15に示される複数の第1凹部の形状と同等の形状が得られることが認められた。すなわち、メタルマスク基材11の1つの面において、正反射における反射率が45.2%以上であれば、金属層21と第1ドライフィルムレジスト12との密着性が高まることが認められた。

[0160] また、メタルマスク基材11の第2面11bに第2凹部11c2を形成する際においても、第2面11bでの正反射における反射率が上述した範囲に含まれる構成であれば、以下の傾向が認められた。すなわち、メタルマスク基材11の第1面11aに第1凹部11c1を形成する際と同様に、メタルマスク基材11と第2ドライフィルムレジスト13との密着性が高められていることを示す傾向が認められた。

[0161] [反射率と表面粗さとの相関]

[反射率と三次元表面粗さS_a]

正反射における反射率の最小値と、三次元表面粗さS_aの最大値との相関関係を回帰分析による解析結果として以下に示す。なお、回帰分析には、実施例1から実施例4、および、比較例1の測定結果を用いた。また、説明変数を三次元表面粗さS_aとし、被説明変数を正反射における反射率とし、最小二乗法を用いて、正反射における反射率の最小値と三次元表面粗さS_aの最大値との間における回帰式を算出した。

[0162] 図21が示すように、回帰式は、 $y = -433.52x + 95.669$ で

あり、決定係数 R^2 は、0.7492 であることが認められた。すなわち、正反射における反射率の最小値と、三次元表面粗さ S_a の最大値との間には、高い相関があることが認められた。

[0163] [反射率と三次元表面粗さ S_z]

正反射における反射率の最小値と、三次元表面粗さ S_z の最大値との相関関係を回帰分析による解析結果として以下に示す。なお、回帰分析には、実施例 1 から実施例 4、および、比較例 1 の測定結果を用いた。また、説明変数を三次元表面粗さ S_z とし、被説明変数を正反射における反射率とし、最小二乗法を用いて、正反射における反射率の最小値と三次元表面粗さ S_z の最大値との間における回帰式を算出した。

[0164] 図 22 が示すように、回帰式は、 $y = -9.7715x + 81.597$ であり、決定係数 R^2 は、0.7505 であることが認められた。すなわち、正反射における反射率の最小値と、三次元表面粗さ S_z の最大値との間には、高い相関があることが認められた。

[0165] このように、正反射における反射率は、三次元表面粗さ S_a と三次元表面粗さ S_z の各々に対して負の相関を有することが認められた。そして、正反射における反射率が 45.2% 以上であれば、三次元表面粗さ S_a の値、および、三次元表面粗さ S_z の値のいずれもが、ドライフィルムレジストと、ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材との界面における密着性が高まる値になることが認められた。すなわち、三次元表面粗さ S_a が小さくなることに伴って、正反射における反射率が高くなること、および、三次元表面粗さ S_z が小さくなることに伴って、正反射における反射率が高くなることが認められた。

[0166] それゆえに、ドライフィルムレジストと、ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材との界面における密着性が高められるように、ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の表面における状態を管理する上では、正反射における反射率の測定値を用いた管理が可能である。

[0167] 以上説明したように、1 つの実施形態におけるドライフィルムレジスト用

メタルマスク基材、ドライフィルムレジスト用メタルマスク基材の管理方法、メタルマスク、および、メタルマスクの製造方法によれば、以下に列挙する効果を得ることができる。

- [0168] (1) 第1面11aに入射した光において、正反射における反射率が45.2%以上であるため、メタルマスク基材11の第1面11aと、第1ドライフィルムレジスト12との界面における密着性を高めることができる。
- [0169] (2) 第1面11aにおいて得られる2つの反射率のうち、相対的に小さい反射率が45.2%以上であるため、メタルマスク基材11の第1面11aと、ドライフィルムレジスト12との界面における密着性をより高めることができる。
- [0170] (3) 第1面11aが、第2反射率が第1反射率よりも10.2%以上大きい部分を含むため、第1面11aと、ドライフィルムレジスト12との界面における密着性を高める上でより好ましい。
- [0171] (4) メタルマスク基材11の表面において、正反射における反射率が45.2%以上である中で、三次元表面粗さ S_a が $0.11\mu\text{m}$ 以下であり、かつ、三次元表面粗さ S_z が $3.17\mu\text{m}$ 以下であるため、第1ドライフィルムレジスト12と第1面11aとの界面における密着性がより確実に高まる。
- [0172] (5) 第1の形態および第3の形態では、第1面11aと第1ドライフィルムレジスト12との密着性、および、第2面11bと第2ドライフィルムレジスト13, 14との密着性が高められるため、第1面11a、および、第2面11bに対するエッチングにおいて、加工の精度を高めることが可能である。
- [0173] (6) ガラス基板の線膨張係数とインバーの線膨張係数とが同じ程度であるため、メタルマスク基材11から形成されるメタルマスク60をガラス基板に対する成膜に適用すること、すなわち、形状の精度が高められたメタルマスク60をガラス基板に対する成膜に適用することが可能である。
- [0174] なお、上述した実施形態は、以下のように適宜変更して実施することもで

きる。

・金属層 2 1 の形成材料は、表面に金属光沢を有する純粋な金属、あるいは、合金であれば、インバー以外の材料であってもよい。また、金属層 2 1 の形成材料がインバー以外の材料であるとき、金属層 2 1 に接する樹脂層として、金属層 2 1 の形成材料との間における線膨張係数の差が、金属層 2 1 の形成材料における線膨張係数と、ポリイミドにおける線膨張係数との差よりも小さい樹脂が用いられてもよい。

[0175] ・金属層 2 1, 2 3 において、第 2 面 1 1 b における第 2 反射率が第 1 反射率よりも大きく、第 1 反射率が 4 5. 2 % 以上であってもよい。こうした構成によれば、金属層 2 1 における第 1 面 1 1 a において、第 2 反射率が第 1 反射率よりも大きく、第 1 反射率が 4 5. 2 % 以上であるときと同等の効果を第 2 面 1 1 b において得ることができる。

[0176] ・第 2 面 1 1 b は、第 2 反射率から第 1 反射率を引いた差が 1 0. 2 % 以上である部分を含んでもよい。こうした構成によれば、第 1 面 1 1 a が、第 2 反射率から第 1 反射率を引いた差が 1 0. 2 % 以上である部分を含むときと同等の効果を第 2 面 1 1 b において得ることができる。

[0177] ・金属層 2 1, 2 3 において、第 2 面 1 1 b における正反射での反射率が 4 5. 2 % 未満であってもよい。こうした構成であっても、少なくとも第 1 面 1 1 a においては、金属層 2 1 と第 1 ドライフィルムレジスト 1 2 との密着性を高めることができる。

[0178] ・上述したように、三次元表面粗さの測定領域とは、反射率の測定領域と比べて、非常に小さい領域である。メタルマスク基材の表面とドライフィルムレジストとの密着性を、三次元表面粗さの測定領域の大きさに相当する微視的な範囲で高めるうえでは、三次元表面粗さ S_z を $3.17 \mu m$ 以下とすることは有効である。また、三次元表面粗さ S_a を $0.11 \mu m$ 以下とすることも有効である。ただし、メタルマスク基材の表面とドライフィルムレジストとの密着性を巨視的に高めるうえでは、例えば、メタルマスク基材 1 1 の第 1 面 1 1 a において、三次元表面粗さ S_z が $3.17 \mu m$ より大きくて

も、正反射での反射率が、45.2%以上であれば、上述した(1)に準じた効果を得ることはできる。また、三次元表面粗さ S_a に関しても同様であり、三次元表面粗さ S_a が $0.11\mu m$ より大きくても、正反射での反射率が、45.2%以上であれば、上述した(1)に準じた効果を得ることはできる。

[0179] ・メタルマスク基材11の第1面11aが、第1反射率と第2反射率との数値からは圧延方向が特定できない程度の表面粗さを有し、かつ、第1反射率および第2反射率の両方が45.2%以上であれば、第2反射率から第1反射率を引いた差が、10.2%以上である部分が含まれていなくてもよい。こうした構成であっても、上述した(1)に準じた効果を得ることはできる。

[0180] ・メタルマスク基材11の第1面11aが、第1反射率と第2反射率との数値からは圧延方向が特定できない程度の表面粗さを有し、かつ、第1反射率および第2反射率の両方が45.2%以上であれば、第1反射率と第2反射率とが同程度である部分、あるいは、第1反射率が第2反射率よりも大きい部分が含まれてもよい。こうした構成であっても、上述した(1)に準じた効果を得ることはできる。

[0181] ・各貫通孔61cの断面積は、マスク基体61の厚さ方向の全体にわたってほぼ同じであってもよい。あるいは、各貫通孔61cの断面積は、マスク基体61の厚さ方向において、第1マスク面61aから第2マスク面61bに向けて大きくなってよいし、第1マスク面61aから第2マスク面61bに向けて小さくなってよい。

[0182] ・メタルマスク60は、有機EL素子の形成材料をガラス基板に対して蒸着するときに用いられるメタルマスクに限らず、各種の金属材料を蒸着やスパッタなどで成膜する際などのように、他の用途のメタルマスクであってもよい。この場合には、複数の貫通孔61cが、第1マスク面61aと対向する平面視において、不規則に並んでいてもよい。

[0183] ・メタルマスク基材のエッチングに用いられるレジストは、上述したドラ

イフィルムレジストに限らず、レジストを形成するための塗液がメタルマスク基材に塗布されることによって形成されるレジストであってもよい。すなわち、レジストは、塗布によってメタルマスク基材の表面に配置されてもよいし、貼り付けによってメタルマスク基材の表面に配置されてもよい。こうしたレジストであっても、上述したメタルマスク基材によれば、メタルマスク基材の表面に対する密着性の低いレジストを用いた場合に、ドライフィルムレジストを用いた場合と同様の効果を得ることは可能である。

符号の説明

[0184] 1 0…メタルマスク形成用中間体、1 1…メタルマスク基材、1 1 a…第1面、1 1 b…第2面、1 1 c 1, 7 1 c 1…第1凹部、1 1 c 2…第2凹部、1 2…第1ドライフィルムレジスト、1 2 a…第1貫通孔、1 3, 1 4…第2ドライフィルムレジスト、1 3 a…第2貫通孔、2 1, 2 3…金属層、2 1 a…母材、2 1 b…圧延材、2 2…樹脂層、3 0…圧延装置、3 1, 3 2…圧延ローラー、3 3…アニール装置、4 1…第2保護層、4 2…第1保護層、5 1…第1開口、5 2…第2開口、5 3…括れ部、6 0…メタルマスク、6 1…マスク基体、6 1 a…第1マスク面、6 1 b…第2マスク面、6 1 c…貫通孔、7 1 a…表面、L R…受光部、L S…光源、P M…自動変角光度計、T…試験片、T s…測定面。

請求の範囲

- [請求項1] レジストが配置されるように構成された金属製の表面を備え、
前記表面に入射した光の正反射における反射率が、45.2%以上である
メタルマスク基材。
- [請求項2] 前記メタルマスク基材の圧延方向と直交する方向が幅方向であり、
前記表面に垂直な第1平面であって、前記圧延方向と直交する前記第1平面内での前記正反射における反射率が第1反射率であり、
前記表面に垂直な第2平面であって、前記幅方向と直交する前記第2平面内での前記正反射における反射率が第2反射率であり、
前記第2反射率が前記第1反射率よりも大きく、
前記第1反射率が、45.2%以上である
請求項1に記載のメタルマスク基材。
- [請求項3] 前記表面は、前記第2反射率から前記第1反射率を引いた差が10.2%以上である部分を含む
請求項2に記載のメタルマスク基材。
- [請求項4] 前記表面において、
三次元表面粗さ S_a が $0.11\mu\text{m}$ 以下であり、
三次元表面粗さ S_z が $3.17\mu\text{m}$ 以下である
請求項1から3のいずれか一項に記載のメタルマスク基材。
- [請求項5] 前記表面が第1面であり、
前記レジストが第1レジストであり、
前記第1面とは反対側の面であって、第2レジストが配置されるように構成された金属製の第2面をさらに備え、
前記第2面に入射した光の正反射における反射率が、45.2%以上である
請求項1から4のいずれか一項に記載のメタルマスク基材。
- [請求項6] 前記表面は、インバー製である

請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載のメタルマスク基材。

[請求項7]

前記レジストが、ドライフィルムレジストであり、

前記表面が、前記ドライフィルムレジストが貼り付けられるように構成されている

請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載のメタルマスク基材。

[請求項8]

レジストが配置されるように構成された金属製の表面を備えるメタルマスク基材を準備することと、

前記表面に光を入射させることと、

前記表面に入射した光のうち、前記表面にて正反射した光の光量を測定することと、

前記表面に入射した光の光量に対する前記正反射した光の光量の比として、前記正反射における反射率を算出することと、

前記正反射における反射率が、45.2%以上であるか否かを判断することと、を備える

メタルマスク基材の管理方法。

[請求項9]

前記レジストが、ドライフィルムレジストであり、

前記表面が、前記ドライフィルムレジストが貼り付けられるように構成されている

請求項 8 に記載のメタルマスク基材の管理方法。

[請求項10]

金属製の表面を有したメタルマスク基体を備えるメタルマスクであって、

前記メタルマスク基体は、前記メタルマスク基体の厚さ方向に沿って前記メタルマスク基体を貫通するとともに、前記表面に開口を有した複数の貫通孔を備え、

前記表面と対向する平面視での前記開口の寸法における平均値を A とし、前記寸法の標準偏差に 3 を掛けた値を B とするとき、 $(B/A) \times 100 (\%)$ が 10% 以下である

メタルマスク。

[請求項11] レジストが配置されるように構成された金属製の表面を備え、前記表面の三次元表面粗さ S_a が $0.11\ \mu\text{m}$ 以下であり、前記表面の三次元表面粗さ S_z が $3.17\ \mu\text{m}$ 以下であるメタルマスク基材を準備することと、

前記表面にレジストを配置することと、

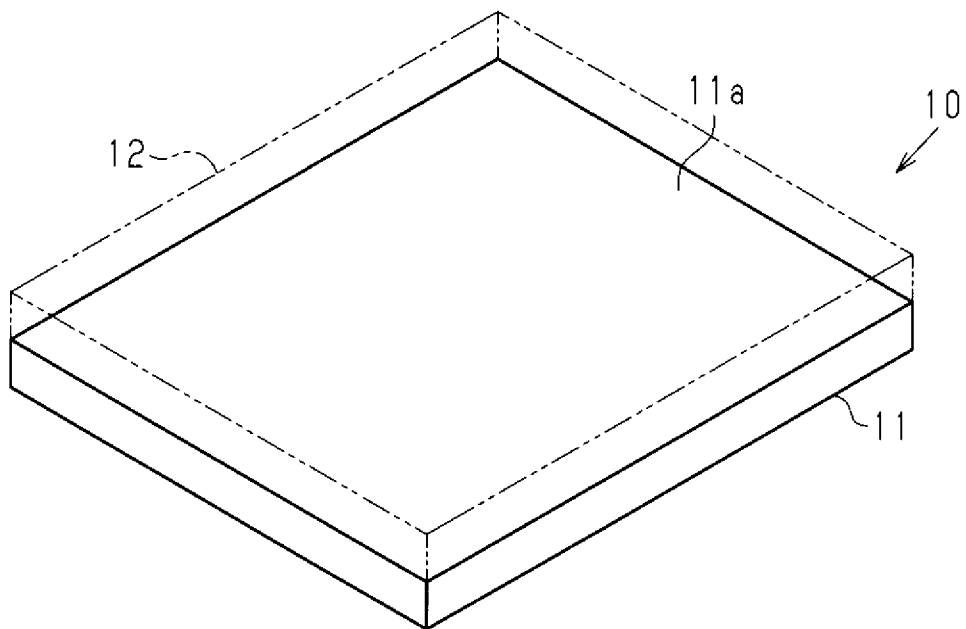
前記メタルマスク基材に前記メタルマスク基材の厚さ方向に沿って窪み、かつ、前記表面に開口を有した複数の凹部を形成するための貫通孔を前記レジストに形成することと、

前記レジストを介して、前記メタルマスク基材に複数の前記凹部を形成することと、を備え、

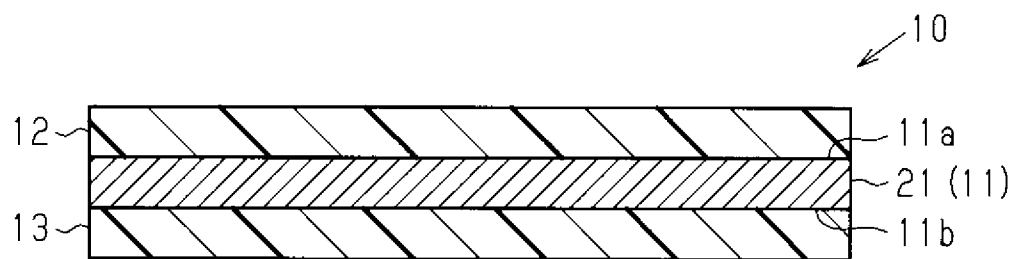
前記メタルマスク基材に複数の前記凹部を形成することでは、前記表面と対向する平面視での前記開口の寸法における平均値を A とし、前記寸法の標準偏差に 3 を掛けた値を B とするとき、 $(B/A) \times 100$ (%) が 10% 以下となるように前記メタルマスク基材に複数の前記凹部を形成する

メタルマスクの製造方法。

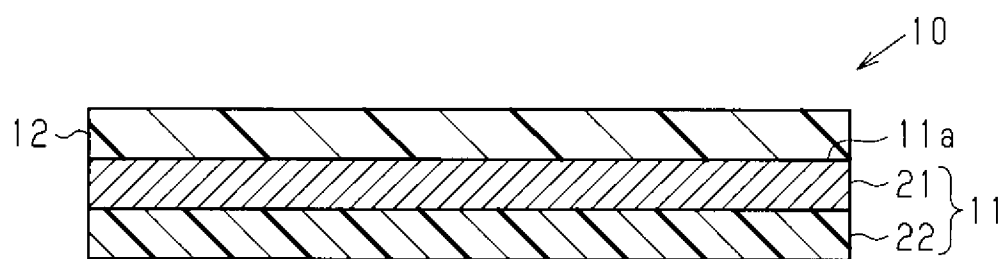
[図1]



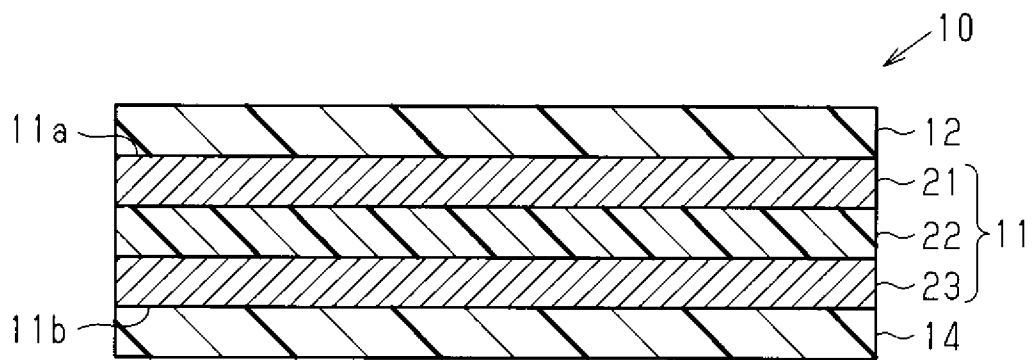
[図2]



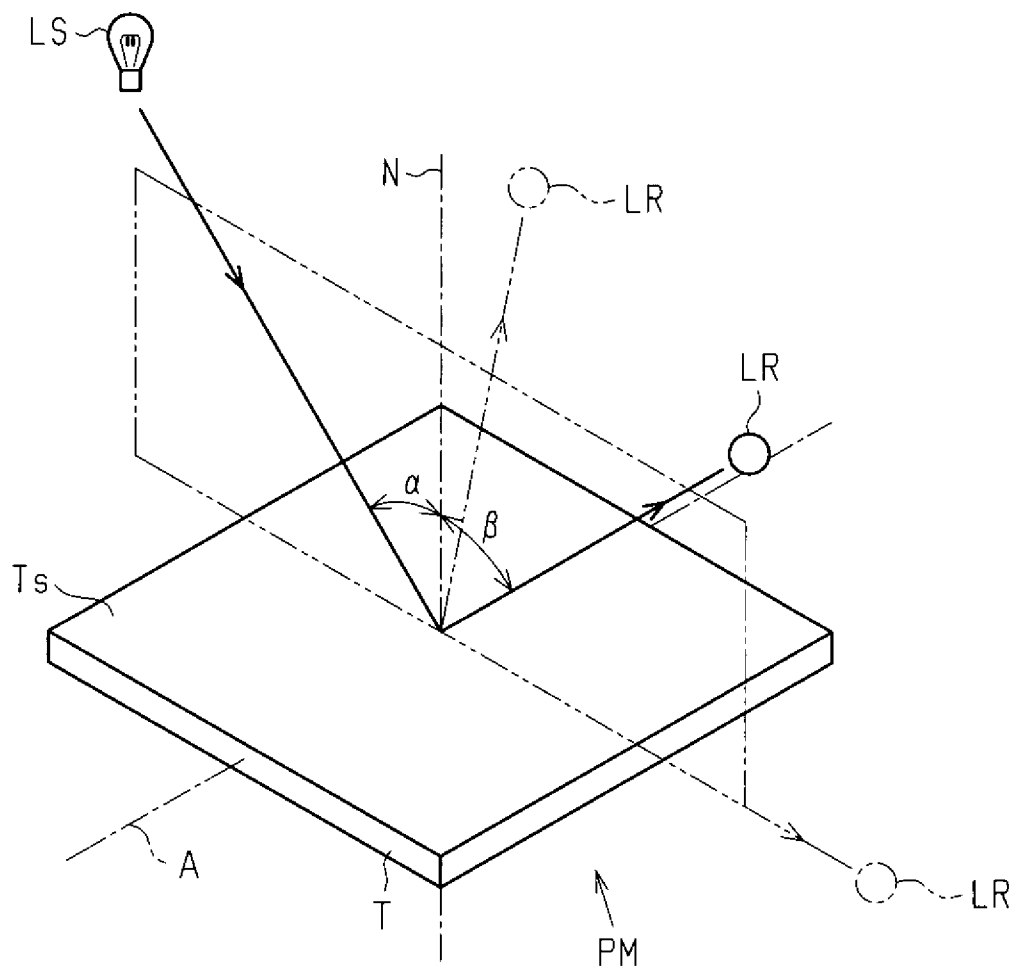
[図3]



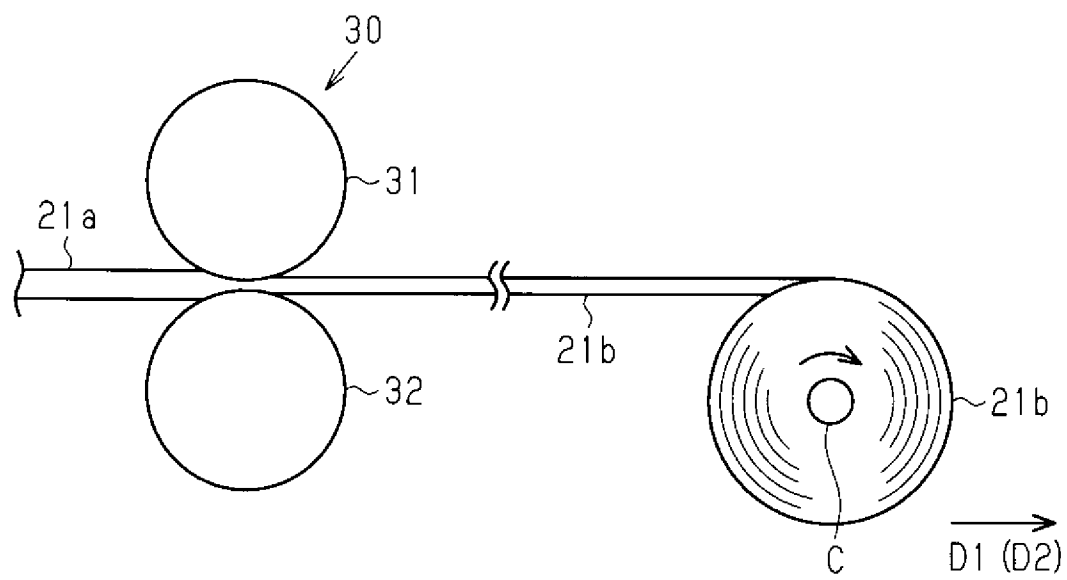
[図4]



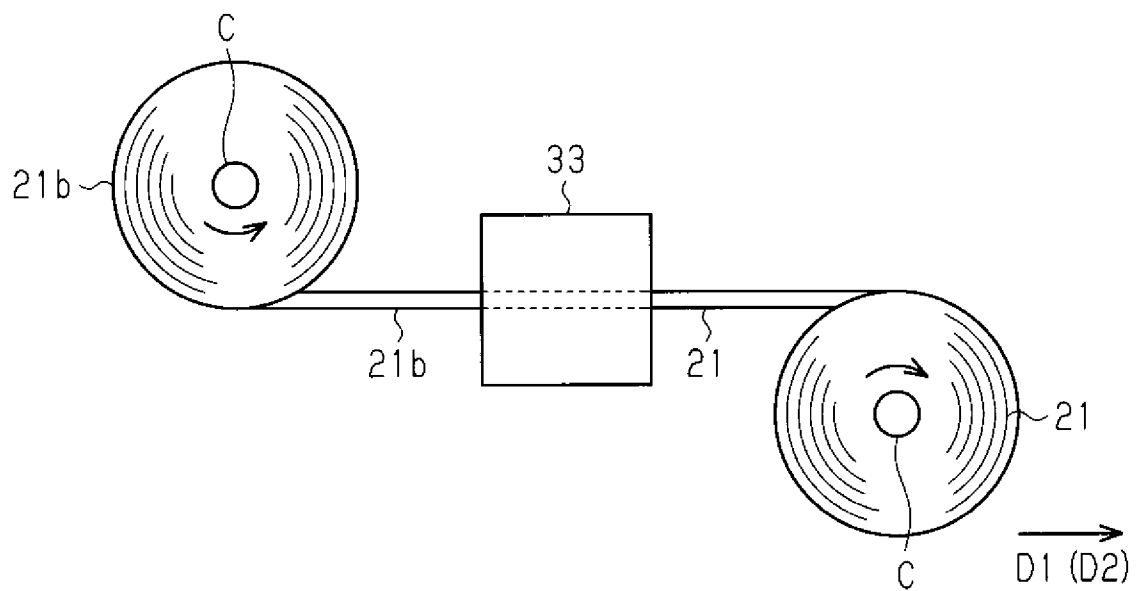
[図5]



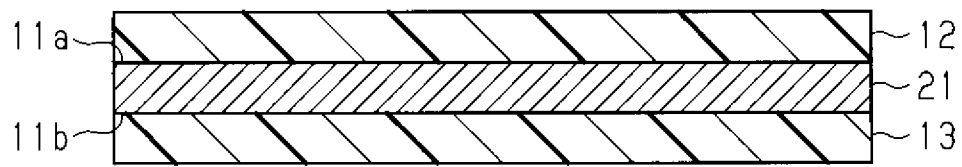
[図6]



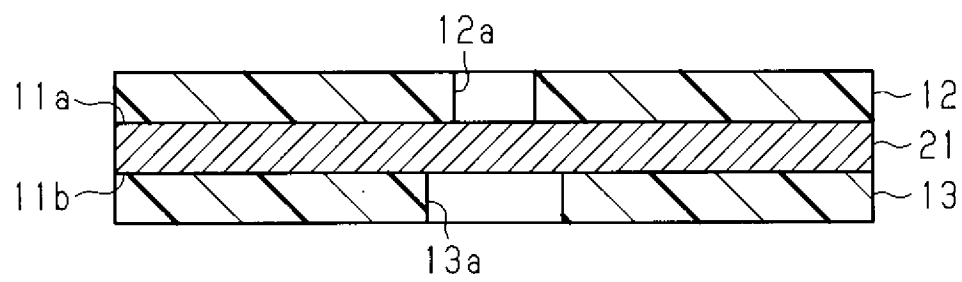
[図7]



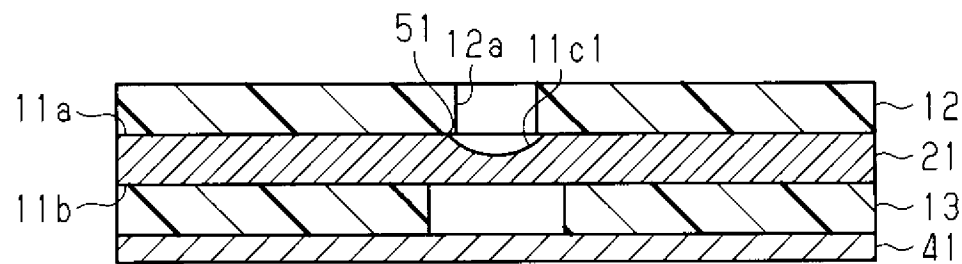
[図8]



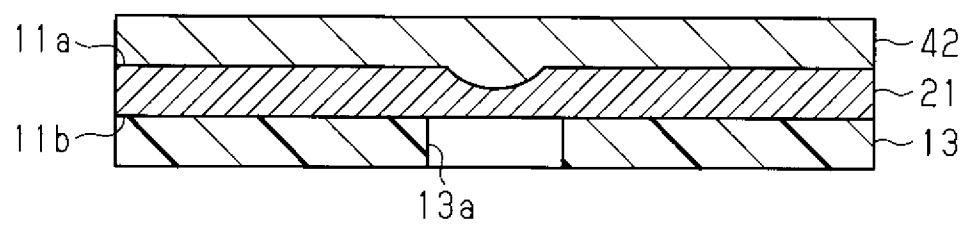
[図9]



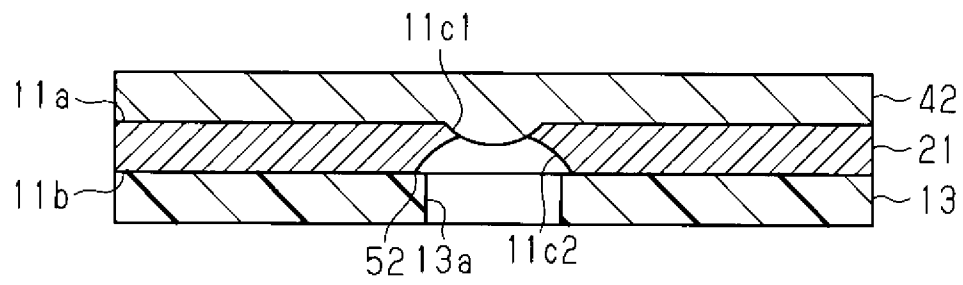
[図10]



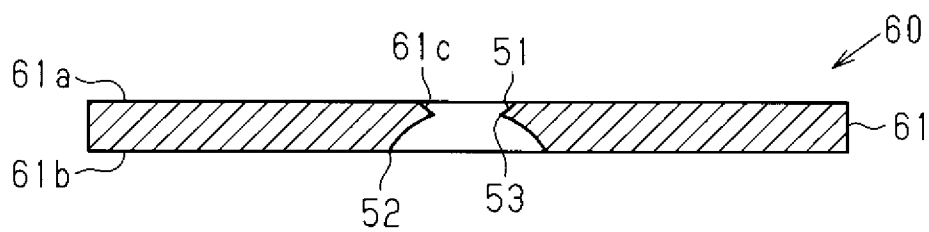
[図11]



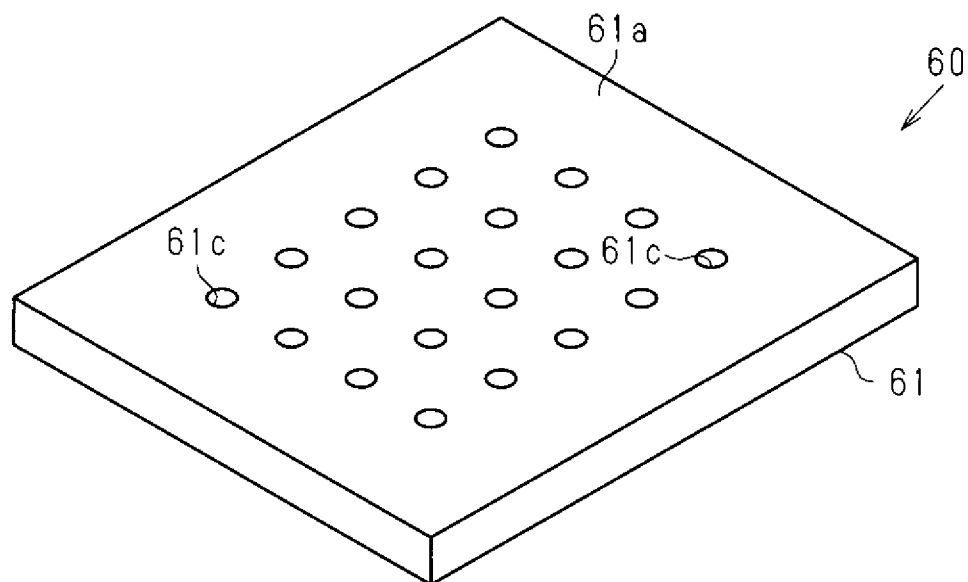
[図12]



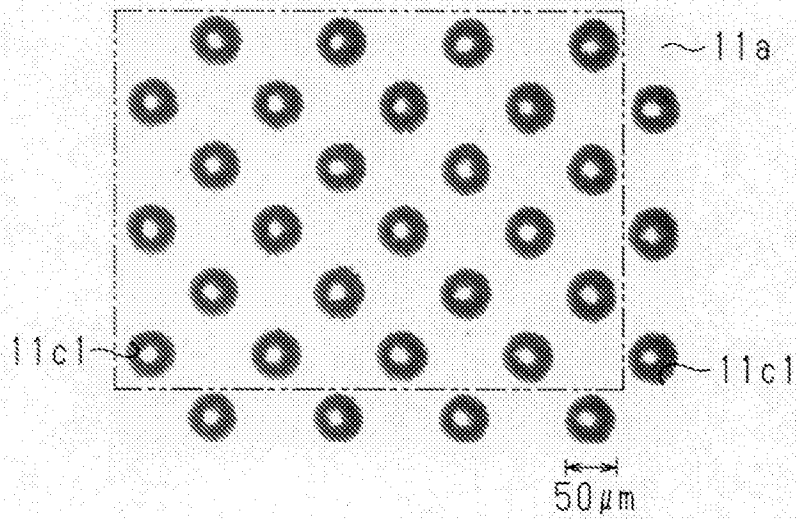
[図13]



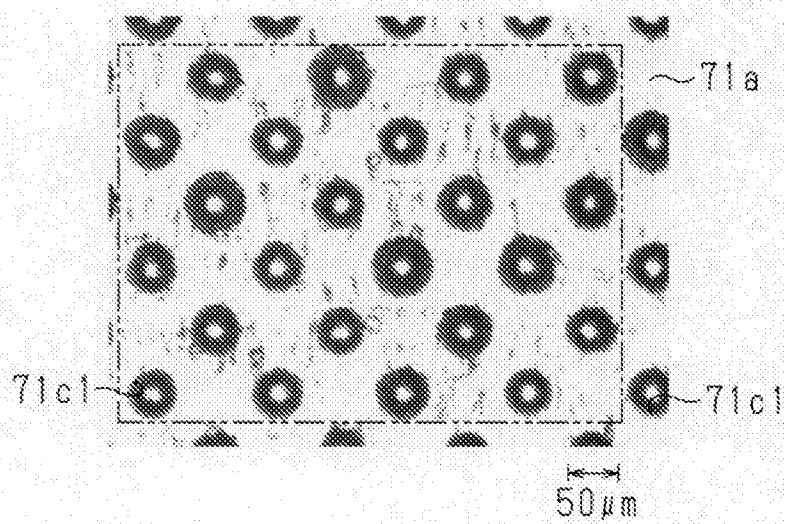
[図14]



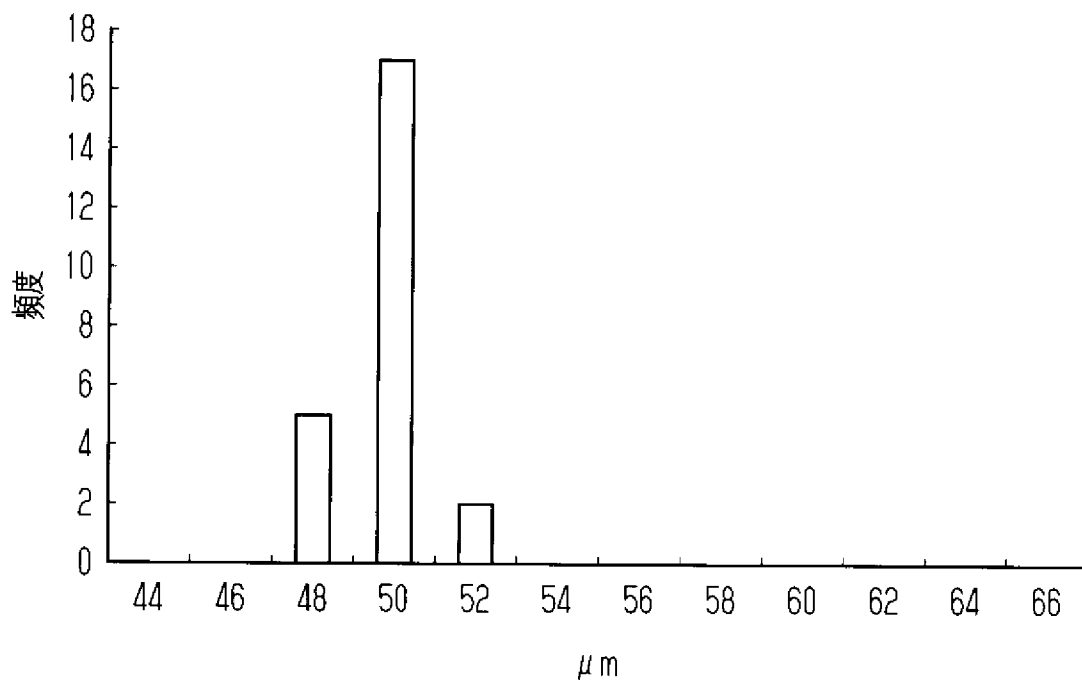
[図15]



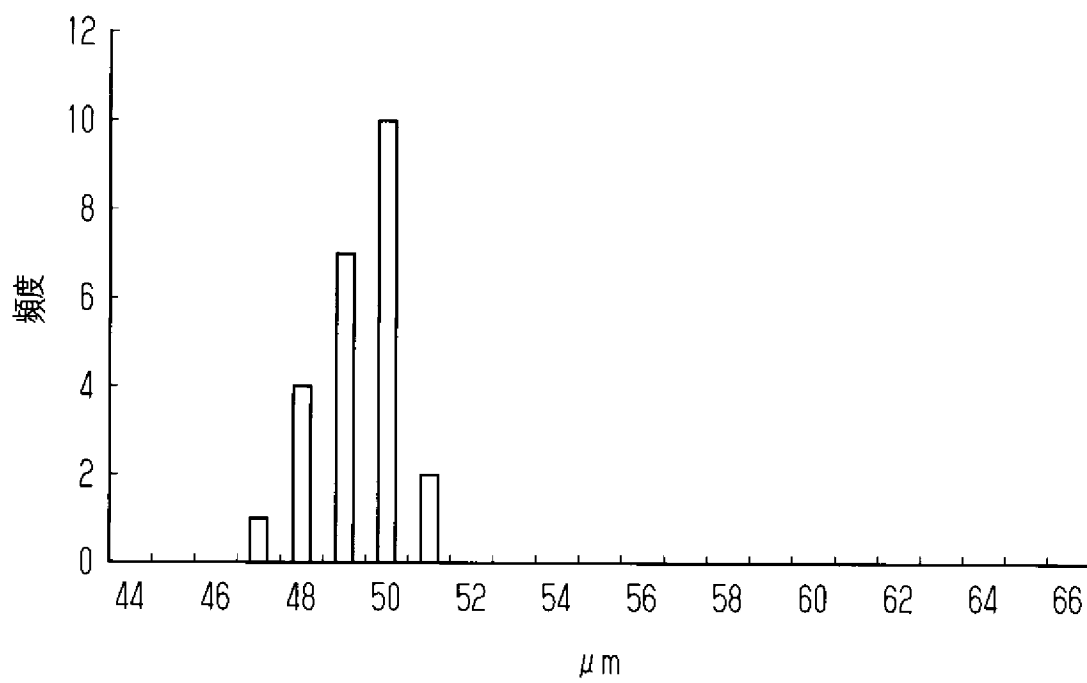
[図16]



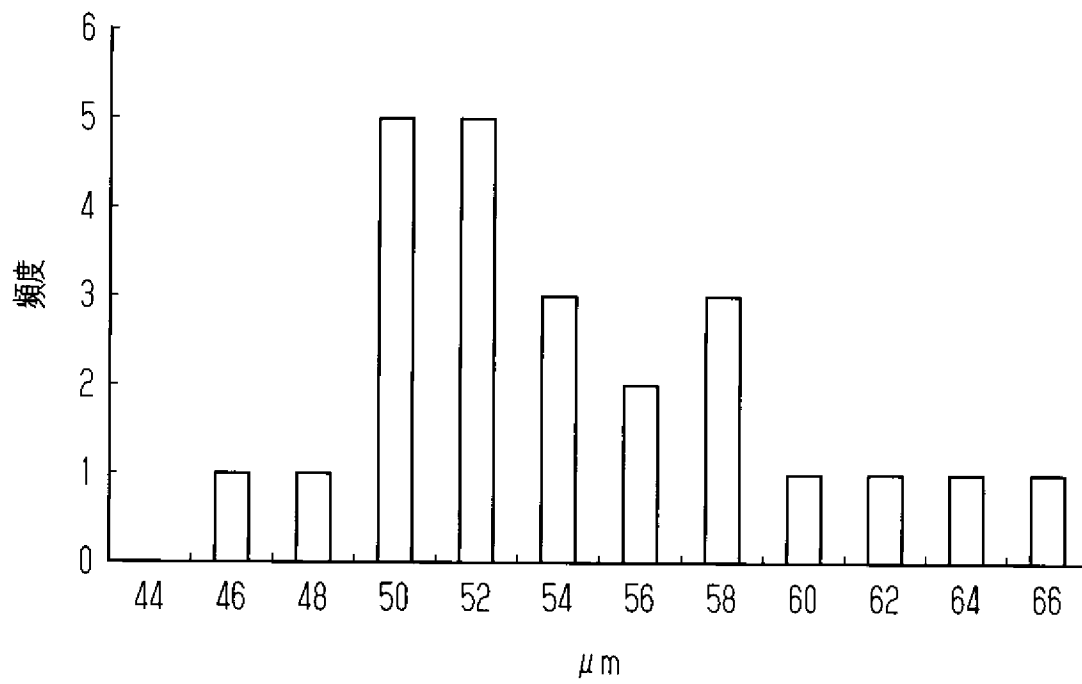
[図17]



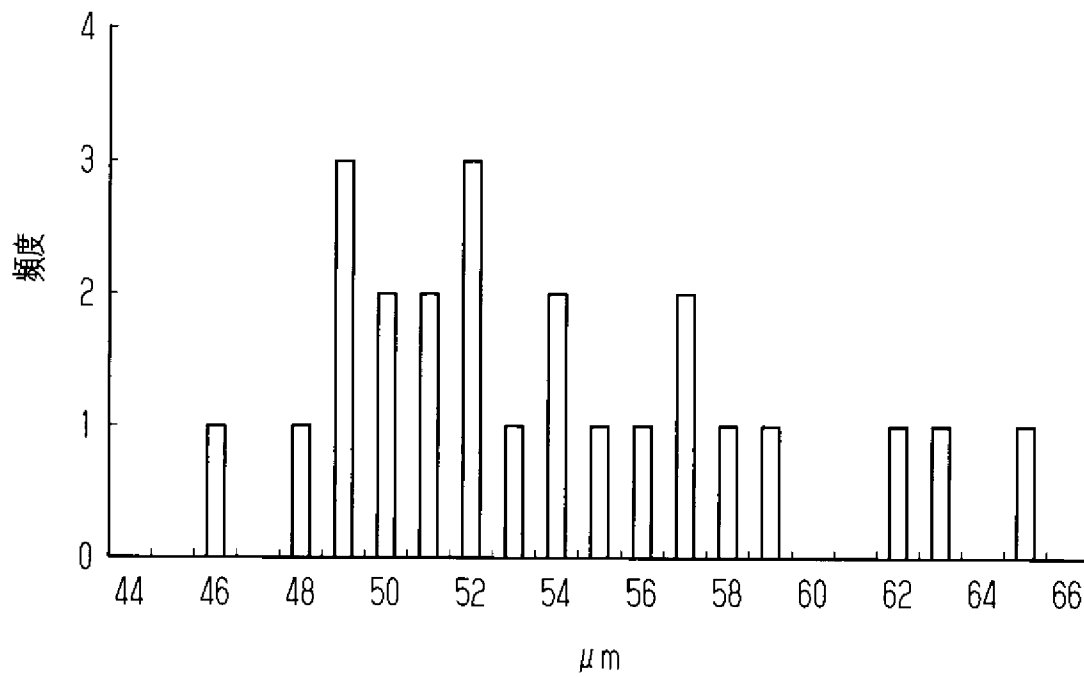
[図18]



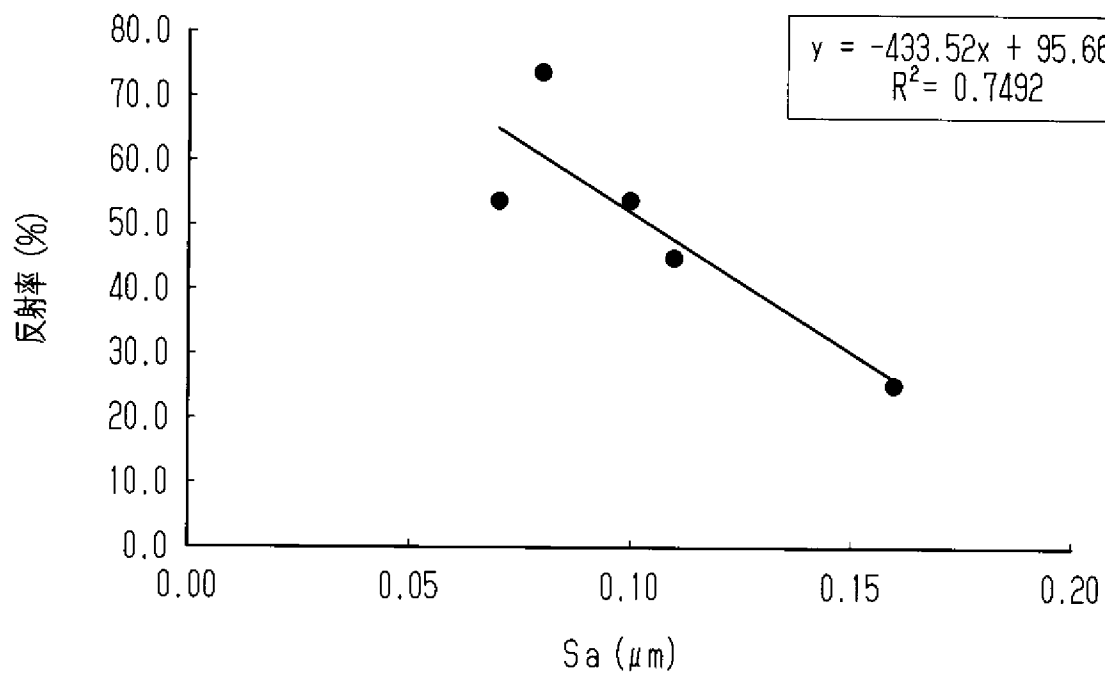
[図19]



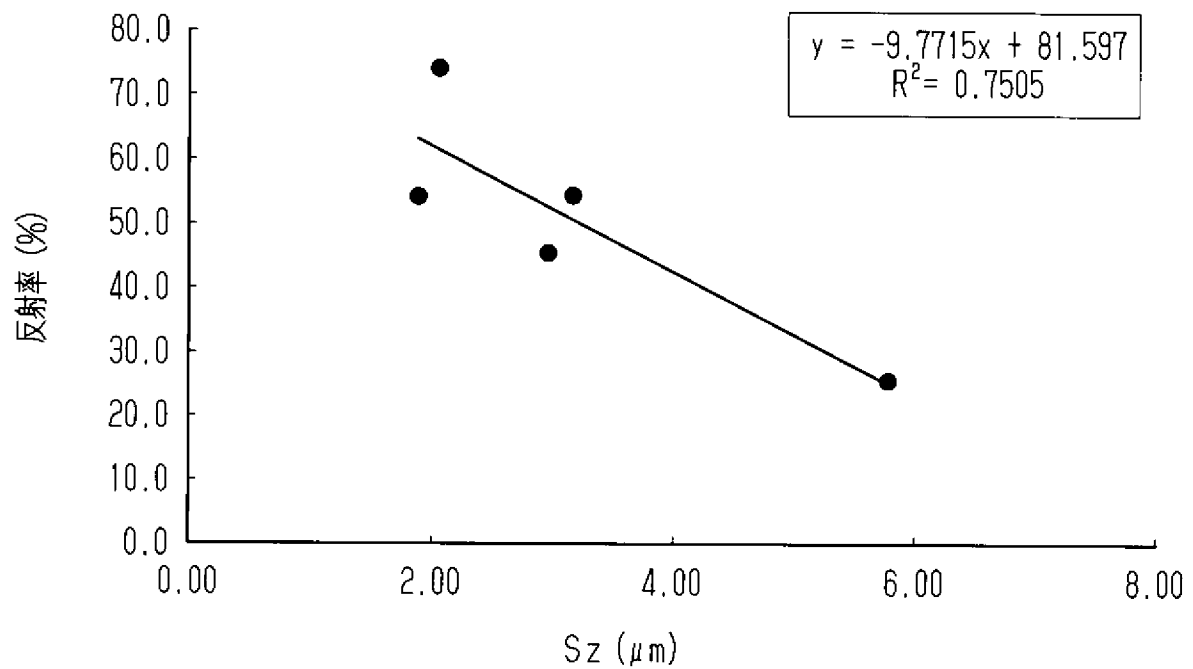
[図20]



[図21]



[図22]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/059042

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C23C14/04(2006.01)i, H01L51/50(2006.01)i, H05B33/10(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)

C23C14/04, H01L51/50, H05B33/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2006-233285 A (Toray Industries, Inc.), 07 September 2006 (07.09.2006), claim 1; paragraph [0009] (Family: none)	1 2-11
X A	JP 5641462 B1 (Dainippon Printing Co., Ltd.), 17 December 2014 (17.12.2014), paragraphs [0108], [0112], [0115]; fig. 25(a) & WO 2015/174269 A1	10 1-9, 11
Y A	JP 2015-129334 A (Dainippon Printing Co., Ltd.), 16 July 2015 (16.07.2015), paragraphs [0069], [0072], [0073], [0075], [0078], [0079] to [0081]; fig. 10 to 15 (Family: none)	1, 4-7, 10, 11 2, 3, 8, 9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
20 May 2016 (20.05.16)

Date of mailing of the international search report
31 May 2016 (31.05.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/059042

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2005-76068 A (Canon Components, Inc.), 24 March 2005 (24.03.2005), claim 1; paragraphs [0001], [0014], [0024], [0026], [0028]; fig. 1 (Family: none)	1, 4-7, 10, 11 2, 3, 8, 9
Y A	JP 2008-41553 A (Sony Corp.), 21 February 2008 (21.02.2008), paragraphs [0021], [0025], [0026], [0029] to [0031], [0034] to [0036]; fig. 3 to 6 (Family: none)	1, 4, 5, 7, 10, 11 2, 3, 6, 8, 9
Y A	JP 2011-166018 A (JX Nippon Mining & Metals Corp.), 25 August 2011 (25.08.2011), paragraphs [0059], [0086] (Family: none)	1, 4, 5, 7, 10, 11 2, 3, 6, 8, 9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. C23C14/04(2006.01)i, H01L51/50(2006.01)i, H05B33/10(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. C23C14/04, H01L51/50, H05B33/10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 2006-233285 A（東レ株式会社）2006.09.07, 請求項1、段落0009（ファミリーなし）	1 2-11
X A	JP 5641462 B1（大日本印刷株式会社）2014.12.17, 段落0108, 0112, 0115, 図25(a) & WO 2015/174269 A1	10 1-9, 11
Y A	JP 2015-129334 A（大日本印刷株式会社）2015.07.16, 段落0069, 0072, 0073, 0075, 0078, 0079-0081, 図10-15（ファミリーなし）	1, 4-7, 10, 11 2, 3, 8, 9

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

20.05.2016

国際調査報告の発送日

31.05.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

安齋 美佐子

4G

5795

電話番号 03-3581-1101 内線 3416

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2005-76068 A (キヤノン・コンポーネンツ株式会社) 2005.03.24, 請求項 1, 段落 0001, 0014, 0024, 0026, 0028, 図 1 (ファミリーなし)	1, 4-7, 10, 11 2, 3, 8, 9
Y A	JP 2008-41553 A (ソニー株式会社) 2008.02.21, 段落 0021, 0025, 0026, 0029-0031, 0034-0036, 図 3-6 (ファミリーなし)	1, 4, 5, 7, 10, 11 2, 3, 6, 8, 9
Y A	JP 2011-166018 A (J X 日鉱日石金属株式会社) 2011.08.25, 段落 0059, 0086 (ファミリーなし)	1, 4, 5, 7, 10, 11 2, 3, 6, 8, 9