

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003 年 8 月 21 日 (21.08.2003)

PCT

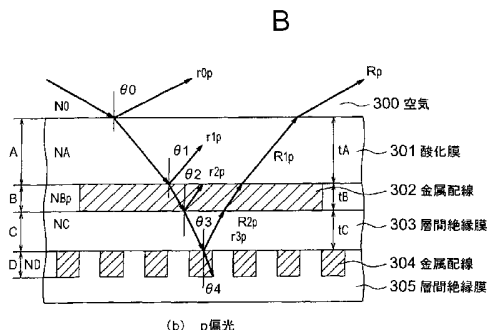
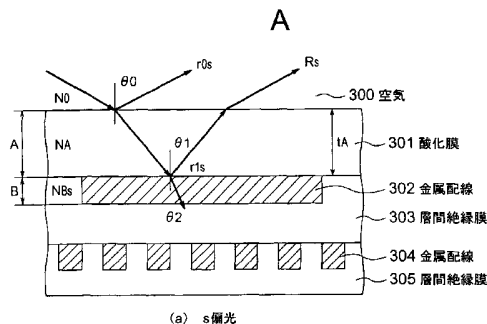
(10) 国際公開番号
WO 03/069667 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H01L 21/66 [JP/JP]; 〒107-8481 東京都 港区赤坂 五丁目 3 番 6 号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP03/01370
- (22) 国際出願日: 2003 年 2 月 10 日 (10.02.2003)
- (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2002-40506 2002 年 2 月 18 日 (18.02.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東京エレクトロン株式会社 (TOKYO ELECTRON LIMITED)
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 菊池 俊彦 (KIKUCHI, Toshihiko) [JP/JP]; 〒407-8511 山梨県 韮崎市藤井町北下条 2 3 8 1 番地の 1 東京エレクトロン A T 株式会社内 Yamanashi (JP).
- (74) 代理人: 須山 佐一 (SUYAMA, Saichi); 〒101-0046 東京都 千代田区神田多町 2 丁目 1 番地 神田東山ビル Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,

[続葉有]

(54) Title: POLARIZATION ANALYZING METHOD

(54) 発明の名称: 偏光解析方法



300...AIR
301...OXIDE FILM
302...METAL INTERCONNECTION
303...INTERLAYER INSULATING FILM
304...METAL INTERCONNECTION
305...INTERLAYER INSULATING FILM
(a)...S-POLARIZED LIGHT
(b)...P-POLARIZED LIGHT

(57) Abstract: Under an oxide film (301), a multilayer interconnection comprising a layer B composed of a metal interconnection (302) and an interlayer insulating film (303) and a layer D composed of a metal interconnection (304) extending in a direction perpendicular to the metal interconnection (302) and an interlayer insulating film (305) is formed. Assuming that the s-polarized light of the incident light is reflected from the interface of the layer B, and the p-polarized light is reflected from the interface of the layer D, the amplitude reflectances Rs and Rp are calculated, and $\tan \Psi$ of a function of the amplitude ratio Ψ between the s- and p-polarized components and $\cos \Delta$ of a function of the phase difference Δ between them are calculated, thereby creating reference data. The thickness (tA) of the oxide film (301) is determined on the basis of the reference data. Thus, the thickness and cross section shape of the film formed on the multilayer interconnection are measured in a nondestructive manner with high throughput.

[続葉有]

WO 03/069667 A1



ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 *PCT* ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

酸化膜 301 の下層には、金属配線 302 と層間絶縁膜 303 からなる B 層と、金属配線 302 と直交する方向に形成された金属配線 304 と層間絶縁膜 305 からなる D 層との多層配線が形成されている。入射光のうちの s 偏光成分は、B 層界面で反射され、p 偏光成分は D 層界面で反射されるとして、それぞれの振幅反射率 R_s , R_p を算出し、s 偏光成分と p 偏光成分の振幅比 Ψ と位相差 Δ の関数である $\tan \Psi$ と $\cos \Delta$ を算出して基準データを得、この基準データに基づいて酸化膜 301 の膜厚 (t_A) を求める。これによって、多層配線上に形成された膜の膜厚測定及び断面形状測定を、非破壊かつ高スループットで行うことができる。

明 細 書

偏光解析方法

5 技術分野

本発明は、偏光解析方法に係り、特に半導体装置の製造工程における膜厚測定や、エッチング形状等の断面形状の測定に好適な偏光解析方法に関する。

10 背景技術

従来から、例えば半導体装置の製造プロセスにおける膜厚の検査工程等では、エリプソメータを使用した光学的膜厚測定が利用されている。

図 2 は、このようなエリプソメータを使用した光学的膜厚測定の概略を示すものである。同図に示すように、エリプソメータを使用した光学的膜厚測定では、光源 101 からの光を、偏光状態を調整する偏光子 102、位相を調整する補償板 103 の各光学素子を通過させることによって、楕円偏光状態の入射光を形成し、サンプル 107 に照射する。

そして、サンプル 107 からの反射光の光路上に、偏光状態を調べるための検光子 104、所定波長の光を選択するための分光器 105、検出器 106 を設けて反射光の各波長について偏光状態を測定し、スペクトルを得る。

例えば、図 3 に示すように、Si 基板 202 上に成膜された酸化膜（ゲート酸化膜など）201 の膜厚を測定する場合、上記のようにして、空気（屈折率 = N_0 ）200 中から角度 θ_0 で照射された楕円偏光状態の入射光は、酸化膜（屈折率 = N_1 ）201 表面で反射するとともに、そのほとんどは酸化膜 201 内に入射する。そして、酸化膜 201 内に

入射した光は、S i 基板 2 0 2 界面（基板面）（屈折率＝N2）で反射して酸化膜 2 0 1 内から空気 2 0 0 中に戻り、酸化膜 2 0 1 表面での反射光と偏光干渉する。

上記のような光について、それぞれ p 偏光成分と s 偏光成分を計算し、

- 5 それぞれの位相差 Δ と振幅比 Ψ から膜厚が算出される。

S i 基板 2 0 2 面での反射光の p 偏光成分（ r_{1p} ）と、s 偏光成分（ r_{1s} ）は、それぞれ以下の式によって計算される。

$$r_{1p} = (n_2 \cos \theta_1 - n_1 \cos \theta_2) / (n_2 \cos \theta_1 + n_1 \cos \theta_2)$$

10 $r_{1s} = (n_1 \cos \theta_1 - n_2 \cos \theta_2) / (n_1 \cos \theta_1 + n_2 \cos \theta_2)$

また、検出される光の p 偏光成分（ R_p ）と s 偏光成分（ R_s ）は、上記の r_{1p} 、 r_{1s} と、酸化膜 2 0 1 面での反射光の p 偏光成分（ r_{0p} ）と、s 偏光成分（ r_{0s} ）から、以下の式により偏光状態が計算される。

15 $R_p = (r_{0p} + r_{1p} \exp(-2i\delta)) / (1 + r_{0p} \cdot r_{1p} \exp(-2i\delta))$

$$R_s = (r_{0s} + r_{1s} \exp(-2i\delta)) / (1 + r_{0s} \cdot r_{1s} \exp(-2i\delta))$$

$$\text{但し } (\delta = 2\pi n_1 t \cos \theta_1 / \lambda)$$

- 20 最終的に、

$$R_p / R_s = \tan(\Psi) \cdot \exp(-i\Delta)$$

を用いて、 $\cos \Delta$ と $\tan \Psi$ を各波長について計算することで、波長依存スペクトルが得られる。そして、酸化膜 2 0 1 の膜厚値 t をパラメータとして実測のスペクトルと理論スペクトルを比較することで、膜厚値 t

- 25 が算出できる。

また、図 4 に示すように、S i 基板 2 0 2 上に形成された酸化膜 2 0

- 1 が、グレーティング構造を有する場合、このグレーティング構造の断面形状の測定も、エリプソメータで可能であり、この場合、図 5 に示すように、パターン部分を L 等分に分割し、グレーティング部分を L 層の積層膜として形状を求める方法もある。この方法においては、空気とグレーティング構造の誘電率の混合層が存在し、各界面において n 次回折光が発生するというモデルで断面形状を算出している。この場合、図 5 に示すグレーティングパターンが無限に繰り返される領域を仮定する。グレーティング構造を L 層に分割し各層で空気とグレーティング部分の体積比に基づいて誘電率を算出する。その L 層の積層構造にある角度で光を入射したとき、各層の界面において反射と透過の n 次回折光が発生するというモデルを立て、それぞれ s 偏光成分、p 偏光成分の振幅反射率を計算する。最終的に $\cos \Delta$ と $\tan \Psi$ の波長依存性から断面形状を求めることができる。

- 15 上述した膜厚測定方法、断面形状測定方法のいずれも、基板面（下層の反射面）が Si、Al、Cu 等の光の吸収係数 k が大きい材料（光透過性の低い低光透過性材料）からなり、膜厚が厚く、平坦な非透過性の場合に適用可能である。

- 20 しかしながら、上述した膜厚測定方法及び断面形状測定方法では、測定する対象である酸化膜の下層に多層配線構造を有する試料の場合、膜厚測定及び断面形状測定を行うことができないという問題がある。

- すなわち、例えば、図 6 に示す試料の場合、図 6（a）に示すように、膜厚を測定する対象である酸化膜 301 からなる a 層の下層に、金属配線 302 と層間絶縁膜 303 からなる b 層、金属配線 304 と層間絶縁膜 305 からなる c 層が形成され、同図（b）、（c）に示すように、b 層の金属配線 302 と c 層の金属配線 304 とが直交するように形成された多層配線構造を有する。このような多層配線構造のうち、酸化膜

301及び層間絶縁膜303, 305は、二酸化シリコン等の光透過性の高い高光透過性材料から構成され、金属配線302, 304は、Cu、Al、W等の光透過性の低い低光透過性材料から構成されている。なお、図6(a)中、306, 307は、SiN膜やSiC膜等からなり、CMP (Chemical Mechanical Polishing) 工程で利用されるストッパー層である。

また、図7に示す試料の場合、さらに、酸化膜301が、グレーティング構造を有する。

上記のような多層配線構造を有する試料の場合、下層の反射面の構造が複雑であるため、理論スペクトルを計算するに当たって、a層の表面とa層とb層の界面とで反射するとして理論スペクトルを計算したり、a層の表面とb層とc層の界面で反射するとして理論スペクトルを計算しても、膜厚測定及び断面形状測定を行うことができなかった。

このため、従来においては、多層配線構造上に形成された膜の膜厚測定等を行う場合、製造工程中に、製品ウエハとは別にテストピースウエハを投入し、テストピースウエハ(ベアSi)上に測定対象となる膜を形成し、光学的手法により膜厚測定を行っている。

また、エッチング形状の測定の場合についても、テストピースウエハを投入し、成膜、レジスト塗布、露光、エッチングの工程を行って、断面をSEMで観察し、形状の管理を行っている。

このため、いずれの場合も、テストピースウエハ数だけ製造コストが増すことになるという問題があった。

また、チップ内に膜厚測定あるいはエッチング形状測定のモニタリングパターンを設け、その位置を従来方法で測定することも可能である。しかし、ICの高集積化に伴い、チップ内にある程度の大きさをもったモニタリングパターンを設けることは困難になってきている。また、仮

に設けたとしてもパターンが大きいと、CMPの工程処理で、図8に示すように金属配線302の表面がおわん型に削れるディッシングが起こり、金属配線302との界面を反射面として膜厚等を測定する場合、測定精度が悪化するという問題がある。

- 5 したがって、多層配線上に形成された膜の膜厚及び断面形状を測定、管理するためには、製品ウエハの任意の位置を非破壊、高スループットで測定する方法の開発が求められていた。

発明の開示

- 10 そこで、本発明の目的は、多層配線上に形成された膜の膜厚測定及び断面形状測定を、非破壊かつ高スループットで行うことのできる偏光解析方法を提供することにある。

- 本発明は、測定対象の膜を表面に有する被測定物に所定波長の楕円偏光状態の入射光を所定入射角で照射した時に、前記被測定物から反射する反射光のp偏光成分とs偏光成分の位相差(Δ)に基づく値及び振幅比(Ψ)に基づく値を理論計算により求めて基準データを得るとともに、
15 実際に前記被測定物に前記入射光を照射した時に反射する反射光のp偏光成分とs偏光成分の位相差(Δ)に基づく値及び振幅比(Ψ)に基づく値を測定によって求めて、前記基準データと比較することにより、前
20 記膜の解析を行う偏光解析方法において、前記基準データを得る際に、前記p偏光成分の反射面と、前記s偏光成分の反射面とを異ならせて前記理論計算を行うことを特徴とする。

また、本発明は、前記比較が少なくとも2つ以上の波長に基づいてなされることを特徴とする。

- 25 また、本発明は、前記比較が少なくとも2つ以上の入射角に基づいてなされることを特徴とする。

また、本発明は、前記位相差 (Δ) に基づく値は $\cos \Delta$ であり、前記振幅比 (Ψ) に基づく値は $\tan \Psi$ であることを特徴とする。

また、本発明は、前記被測定物が、最上層に形成され、光透過性の高い高光透過性材料で構成された第 1 層と、前記第 1 層の下に設けられ、
5 光透過性の高い高光透過性材料と、光透過性の低い低光透過性材料とで構成される第 2 の層と、第 2 の層の下に設けられ、光透過性の高い高光透過性材料で構成される第 3 層と、前記第 3 層の下に設けられ、光透過性の低い低光透過性材料からなる基板とを有することを特徴とする。

また、本発明は、前記第 2 層は、前記高光透過性材料と、前記低光透
10 過性材料が、層平面方向に交互に配置された直線状配線構造を有し、前記 p 偏光成分の偏光面は前記直線状配線と平行であることを特徴とする。

また、本発明は、前記基板と前記第 3 層との間に、光透過性の高い高光透過性材料と、光透過性の低い低光透過性材料が、層平面方向に交互に配置された直線状配線構造を少なくとも表面に有する第 4 層を有し、
15 前記第 4 層の直線状配線の方法は、前記第 2 層の直線状配線の方法と直交する方向であることを特徴とする。

また、本発明は、前記 s 偏光成分は、前記第 2 層上で反射し、前記 p 偏光成分は前記第 2 層を透過し、前記第 4 層上で反射することを特徴とする。

20 また、本発明は、前記理論計算における前記第 2 層は、前記 p 偏光成分に対する屈折率と、前記 s 偏光成分に対する屈折率とが異なることを特徴とする。

また、本発明は、前記光透過性の低い低光透過性材料が金属配線材料であり、前記光透過性の高い高光透過性材料が絶縁性材料であることを
25 特徴とする。

また、本発明は、前記測定対象の膜の膜厚、屈折率、断面形状の少な

くともいずれか一つを測定することを特徴とする。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の測定法の一実施形態を説明するための図。

5 図 2 は、本発明方法に使用するエリプソメータの概略構成を示す図。

図 3 は、従来の膜厚測定方法を説明するための基板断面の概略構成を示す図。

図 4 は、従来の断面形状測定方法を説明するための基板断面の概略構成を示す図。

10 図 5 は、従来の断面形状測定方法を説明するための基板断面の概略構成を示す図。

図 6 は、従来技術の問題点を説明するための基板断面の概略構成を示す図。

15 図 7 は、従来技術の問題点を説明するための基板断面の概略構成を示す図。

図 8 は、従来技術の問題点を説明するための基板断面の概略構成を示す図。

発明を実施するための最良の形態

20 以下、本発明の詳細を、実施の形態について図面を参照して説明する。

図 1 は、前述した図 6 に示した多層配線構造を有する試料の酸化膜 301 の膜厚 (t_A) を測定する場合の例を示すもので、同図では、説明を簡単にするために、図 6 に示したストッパー層 306, 307 については、図示を省略してある。また、同図において、(a) は、照射された光のうちの s 偏光成分の挙動を示しており、(b) は、p 偏光成分の挙動を示している。なお、測定に使用されるエリプソメータの構成は、

25

前述した図 2 に示されるように、光源 1 0 1、偏光子 1 0 2、補償板 1 0 3、検光子 1 0 4、分光器 1 0 5、検出器 1 0 6 等から構成されている。

図 1 (a) に示すように、屈折率が N_0 の空気 3 0 0 中から、屈折率が NA の酸化膜 3 0 1 からなる A 層に照射された入射光の s 偏光成分は、その一部が反射角 θ_0 で A 層の表面から反射され (r_{0s})、残りが A 層内に入射する。

そして、A 層内に入射した s 偏光成分は、A 層を通過して、金属配線 3 0 2 と層間絶縁膜 3 0 3 からなる B 層との界面に到達するが、s 偏光成分は、金属配線 3 0 2 の配線方向 (配線の長手方向) と垂直な方向に振幅しているため、B 層の金属配線 3 0 2 間に形成された層間絶縁膜 3 0 3 形成領域を通過することができず、B 層との界面において反射角 θ_1 で反射される。この反射光の振幅反射率 r_{1s} は、

$$r_{1s} = (NA \cos \theta_1 - NB_s \cos \theta_2) / (NA \cos \theta_1 + NB_s \cos \theta_2) \quad (15)$$

で表せる。なお、 NB_s は、B 層の s 偏光成分に対する屈折率である。

この反射光 (r_{1s}) が、B 層を通過し、A 層表面で反射した反射光 (r_{0s}) と干渉するが、その干渉光の振幅反射率 R_s は、

$$R_s = (r_{0s} + r_{1s} \exp(-2i\delta)) / (1 + r_{0s} \cdot r_{1s} \exp(-2i\delta)) \quad (20)$$

$$\delta = 2\pi NA t_A \cos \theta_1 / \lambda$$

$$r_{0s} = (N_0 \cos \theta_0 - NA \cos \theta_1) / (N_0 \cos \theta_0 + NA \cos \theta_1) \quad (1)$$

である。

一方、図 1 (b) は、照射された光のうち、p 偏光成分の挙動を示している。屈折率が N_0 の空気 3 0 0 中から、屈折率が NA の酸化膜 3 0

1 からなる A 層に照射された入射光の p 偏光成分は、その一部が反射角 θ_0 で A 層の表面から反射され (r_{0p})、残りが A 層内に入射する。

そして、A 層内に入射した p 偏光成分は、A 層を通過して、金属配線 302 と層間絶縁膜 303 からなる B 層との界面に到達するが、p 偏光成分は、金属配線 302 の配線方向（配線の長手方向）と平行な方向に振幅しているため、B 層の金属配線 302 間に形成された層間絶縁膜 303 形成領域を通過することができる。そして、この通過した p 偏光成分は、さらに、層間絶縁膜 303 のみからなる C 層を通過して、金属配線 304 と層間絶縁膜 305 からなる D 層との界面に到達する。なお、同図に示されるとおり、B 層との界面、C 層との界面において、一部の p 偏光成分は、反射角 θ_1 , θ_2 で反射される。

D 層の金属配線 304 は、p 偏光成分の振幅方向に対して垂直であるので、p 偏光成分は、D 層の金属配線 304 間に形成された層間絶縁膜 305 形成領域を通過することができず、D 層との界面に到達した p 偏光成分は、ここで、反射角 θ_3 で反射される。この反射光の振幅反射率 r_{3P} は、

$$r_{3P} = (N_D \cos \theta_3 - N_C \cos \theta_4) / (N_D \cos \theta_3 + N_C \cos \theta_4)$$

で表せる。

s 偏光成分に対する B 層と、p 偏光成分に対する D 層は、実質的に基板面（非透過面）のように作用しているので、s 偏光成分に対する B 層の屈折率 N_{Bs} と、p 偏光成分に対する D 層の屈折率 N_D との間には、 $N_D = N_{Bs}$ が成立する。但し、B 層と C 層の金属配線の線幅及び間隔が等しい場合に限る。

D 層との界面で反射した反射光 (r_{3p}) は、C 層を通過し、C 層との界面で反射した反射光 (r_{2p}) と干渉するが、この干渉光の振幅反射率

R_{2p} は、

$$R_{2p} = (r_{2p} + r_{3p} \exp(-2i\delta)) / (1 + r_{2p} \cdot r_{3p} \exp(-2i\delta)) \text{ 但し、}$$

$$\delta = 2\pi N_C t_C \cos \theta_3 / \lambda$$

$$5 \quad r_{2p} = (N_C \cos \theta_2 - N_{Bp} \cos \theta_3) / (N_C \cos \theta_2 + N_{Bp} \cos \theta_3)$$

である。

ここで、B層について説明すると、既にs偏光成分の計算において、B層の屈折率を N_B と定義したが、B層は膜厚により屈折率が変化するCu、W、Al等の金属を含む層である。このような層の場合、s偏光成分に対して基板面（非透過面）のように機能する場合と、p偏光成分に対して透過膜として機能する場合の屈折率は異なり、 $N_B \neq N_{Bp}$ である。

前述した干渉光（ R_{2p} ）がB層を通過する場合も同様に考えると、B層での振幅反射率 R_{1p} は、

$$R_{1p} = (r_{1p} + R_{2p} \exp(-2i\delta)) / (1 + r_{1p} \cdot R_{2p} \exp(-2i\delta)) \text{ 但し、}$$

$$\delta = 2\pi N_{Bp} t_B \cos \theta_2 / \lambda$$

$$20 \quad r_{1p} = (N_{Bp} \cos \theta_1 - N_A \cos \theta_2) / (N_{Bp} \cos \theta_1 + N_A \cos \theta_2)$$

である。最終的に、A層表面での振幅反射率 R_p は、

$$R_p = (r_{0p} + R_{1p} \exp(-2i\delta)) / (1 + r_{0p} \cdot R_{1p} \exp(-2i\delta)) \text{ 但し、}$$

$$\delta = 2\pi N_A t_A \cos \theta_1 / \lambda$$

$$25 \quad r_{0p} = (N_A \cos \theta_0 - N_0 \cos \theta_1) / (N_A \cos \theta_0 + N_0 \cos \theta_1)$$

となる。

以上のようにして、基板面（非透過面）のように作用する反射面を、
s 偏光成分と p 偏光成分でそれぞれ分けて計算した振幅反射率 R_s , R_p
から、s 偏光成分と p 偏光成分の振幅比 Ψ と位相差 Δ の関数である

5 $\tan \Psi$ と $\cos \Delta$ が、以下の式から計算できる。

$$R_s / R_p = \tan \Psi \cdot \exp (-i \Delta)$$

以上は、任意の波長 λ について説明したもので、連続する複数の波長
について、 $\tan \Psi$ と $\cos \Delta$ を計算することで、基準データとなる $\lambda - \tan$
 Ψ と $\lambda - \cos \Delta$ のスペクトルデータが得られる。

10 そして、異なる A 層の膜厚 t_A に関してこのように求められた基準
データのスペクトルデータと、実際に測定して得られた実測のスペクト
ルデータとを、膜厚及び膜質に関するパラメータを振って比較し、その
誤差を示す統計量が最小あるいは最大となる膜厚を出力値とする方法で、
多層配線上に形成された酸化膜 301（A 層）の膜厚を測定することが
15 できる。

なお試料が 90° 回転した状態で、s 偏光成分と p 偏光成分の反射・
透過が逆になるパターンでもよい。

また、上述したように、s 偏光成分と p 偏光成分が、それぞれ異なる
面で反射するとして、 $\tan \Psi$ と $\cos \Delta$ の波長依存性を計算し、実測スペ
20 クトルと比較する方法は、図 7 に示したように、グレーティング構造の
エッチング形状測定等の断面形状測定にも適用可能である。最上層に形
成された断面形状算出に関しては、図 5 に示したようにパターン部分を
n 等分に分割し、グレーティング部分を n 層の積層膜として形状を求め
る方法を使用する。

25 さらに、上記の実施形態では、B 層と D 層に、互いに直交する金属配
線 302, 304 が形成されている場合について説明したが、下層の D

層については、金属配線 304 ではなく、基板面等の非透過面で構成されているものでも、同様にして適用することができる。

さらにまた、波長の代わりに入射角を可変とすることで同様の効果が得られる。例えば図 1 において入射角 θ_0 を可変にして測定を行うことで $\cos \Delta$ と $\tan \Psi$ の入射角依存性が得られる。そして前記した式に基づき複数の入射角で計算することで $\theta - \cos \Delta$ と $\theta - \tan \Psi$ の基準データが得られる。基準データと実測のスペクトルデータを比較することで所望の膜厚及び断面形状に関する物理量を求めることが可能である。

以上説明したとおり、本発明によれば、多層配線上に形成された膜の膜厚測定及び断面形状測定を、非破壊かつ高スループットで行うことができる。

産業上の利用可能性

本発明に係る偏光解析方法は、半導体装置の製造を行う半導体製造産業等において使用することが可能である。したがって、産業上の利用可能性を有する。

請 求 の 範 囲

1. 測定対象の膜を表面に有する被測定物に所定波長の楕円偏光状態の入射光を所定入射角で照射した時に、前記被測定物から反射する反射光
- 5 の p 偏光成分と s 偏光成分の位相差 (Δ) に基づく値及び振幅比 (Ψ) に基づく値を理論計算により求めて基準データを得るとともに、
- 実際に前記被測定物に前記入射光を照射した時に反射する反射光の p 偏光成分と s 偏光成分の位相差 (Δ) に基づく値及び振幅比 (Ψ) に基づく値を測定によって求めて、前記基準データと比較することにより、
- 10 前記膜の解析を行う偏光解析方法において、
- 前記基準データを得る際に、前記 p 偏光成分の反射面と、前記 s 偏光成分の反射面とを異ならせて前記理論計算を行うことを特徴とする偏光解析方法。
2. 請求項 1 記載の偏光解析方法において、
- 15 前記比較は少なくとも 2 つ以上の波長に基づいてなされることを特徴とする偏光解析方法。
3. 請求項 1 記載の偏光解析方法において、
- 前記比較は少なくとも 2 つ以上の入射角に基づいてなされることを特徴とする偏光解析方法。
- 20 4. 請求項 1 記載の偏光解析方法において、
- 前記位相差 (Δ) に基づく値は $\cos \Delta$ であり、前記振幅比 (Ψ) に基づく値は $\tan \Psi$ であることを特徴とする偏光解析方法。
5. 請求項 1 記載の偏光解析方法において、
- 前記被測定物が、
- 25 最上層に形成され、光透過性の高い高光透過性材料で構成された第 1 層と、

前記第 1 層の下に設けられ、光透過性の高い高光透過性材料と、光透過性の低い低光透過性材料とで構成される第 2 の層と、

第 2 の層の下に設けられ、光透過性の高い高光透過性材料で構成される第 3 層と、

- 5 前記第 3 層の下に設けられ、光透過性の低い低光透過性材料からなる基板と

を有することを特徴とする偏光解析方法。

6. 請求項 5 記載の偏光解析方法において、

- 前記第 2 層は、前記高光透過性材料と、前記低光透過性材料が、層平面方向に交互に配置された直線状配線構造を有し、
- 10

前記 p 偏光成分の偏光面は前記直線状配線と平行であることを特徴とする偏光解析方法。

7. 請求項 6 記載の偏光解析方法において、

- 前記基板と前記第 3 層との間に、光透過性の高い高光透過性材料と、
- 15 光透過性の低い低光透過性材料が、層平面方向に交互に配置された直線状配線構造を少なくとも表面に有する第 4 層を有し、

前記第 4 層の直線状配線の方法は、前記第 2 層の直線状配線の方法と直交する方向であることを特徴とする偏光解析方法。

8. 請求項 7 記載の偏光解析方法において、

- 前記 s 偏光成分は、前記第 2 層上で反射し、前記 p 偏光成分は前記第 2 層を透過し、前記第 4 層上で反射することを特徴とする偏光解析方法。
- 20

9. 請求項 5 記載の偏光解析方法において、

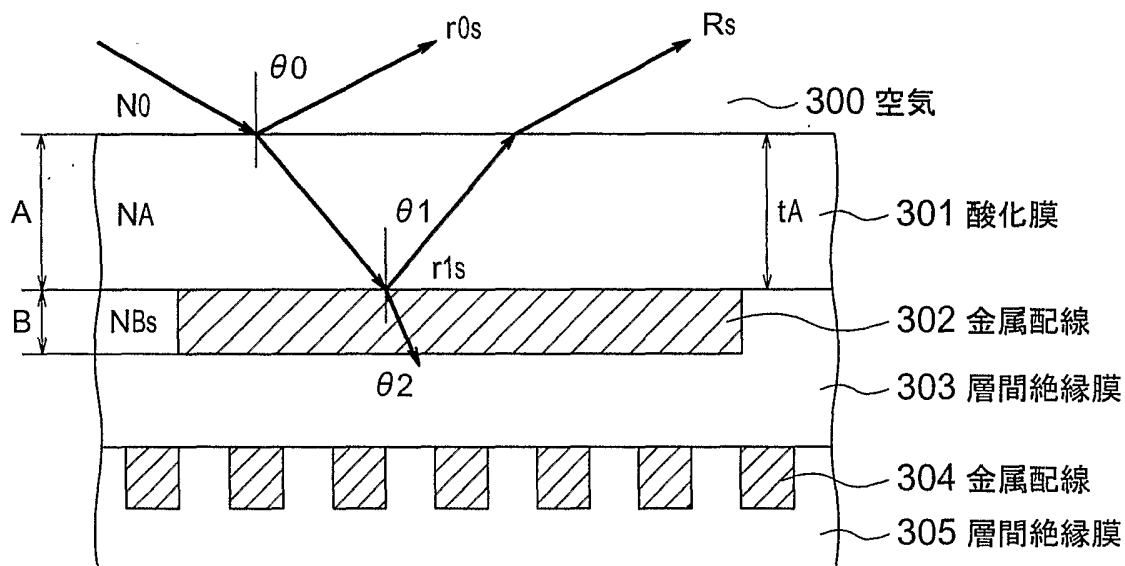
- 前記理論計算における前記第 2 層は、前記 p 偏光成分に対する屈折率と、前記 s 偏光成分に対する屈折率とが異なることを特徴とする偏光解析方法。
- 25

10. 請求項 5 記載の偏光解析方法において、

前記光透過性の低い低光透過性材料が金属配線材料であり、前記光透過性の高い高光透過性材料が絶縁性材料であることを特徴とする偏光解析方法。

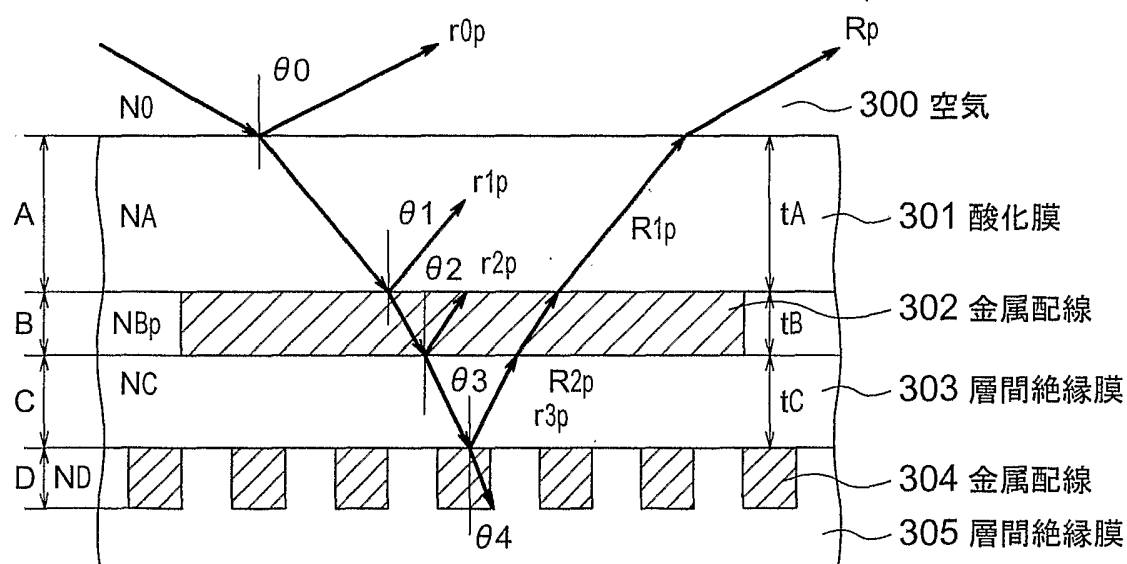
- 1 1. 請求項 1 記載の偏光解析方法において、
- 5 前記測定対象の膜の膜厚、屈折率、断面形状の少なくともいずれか一つを測定することを特徴とする偏光解析方法。

FIG. 1A



(a) s偏光

FIG. 1B



(b) p偏光

FIG. 2

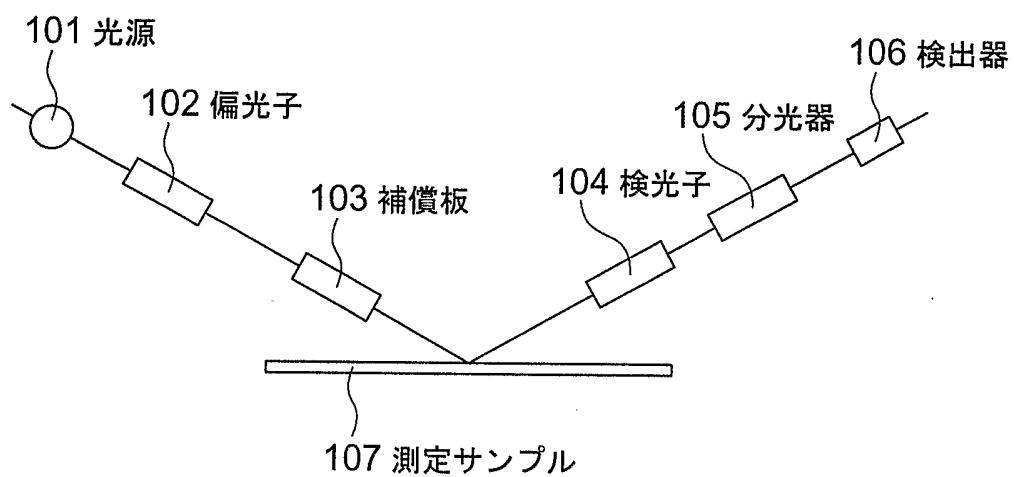


FIG. 3

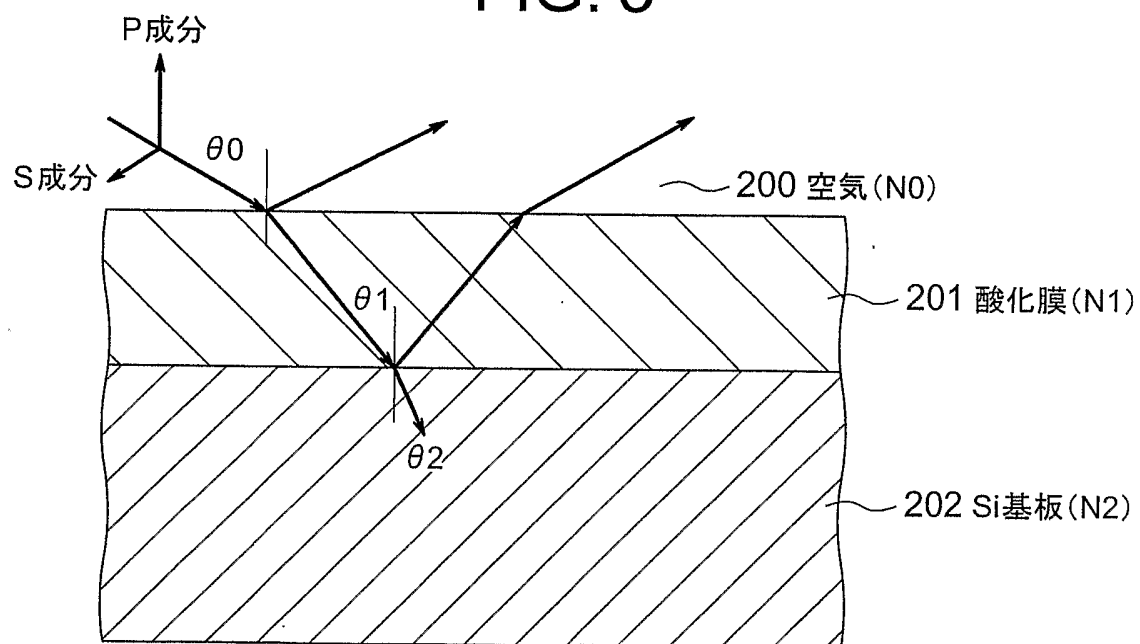


FIG. 4

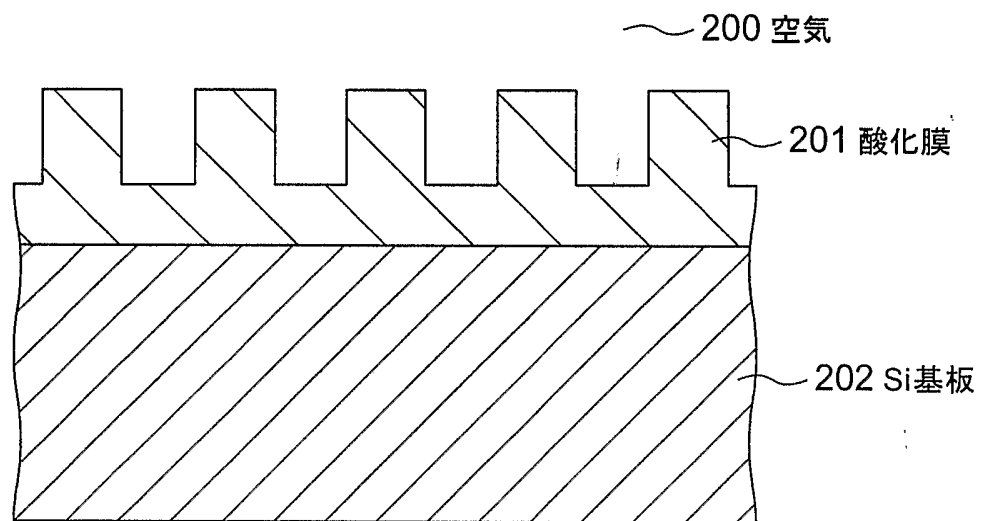


FIG. 5

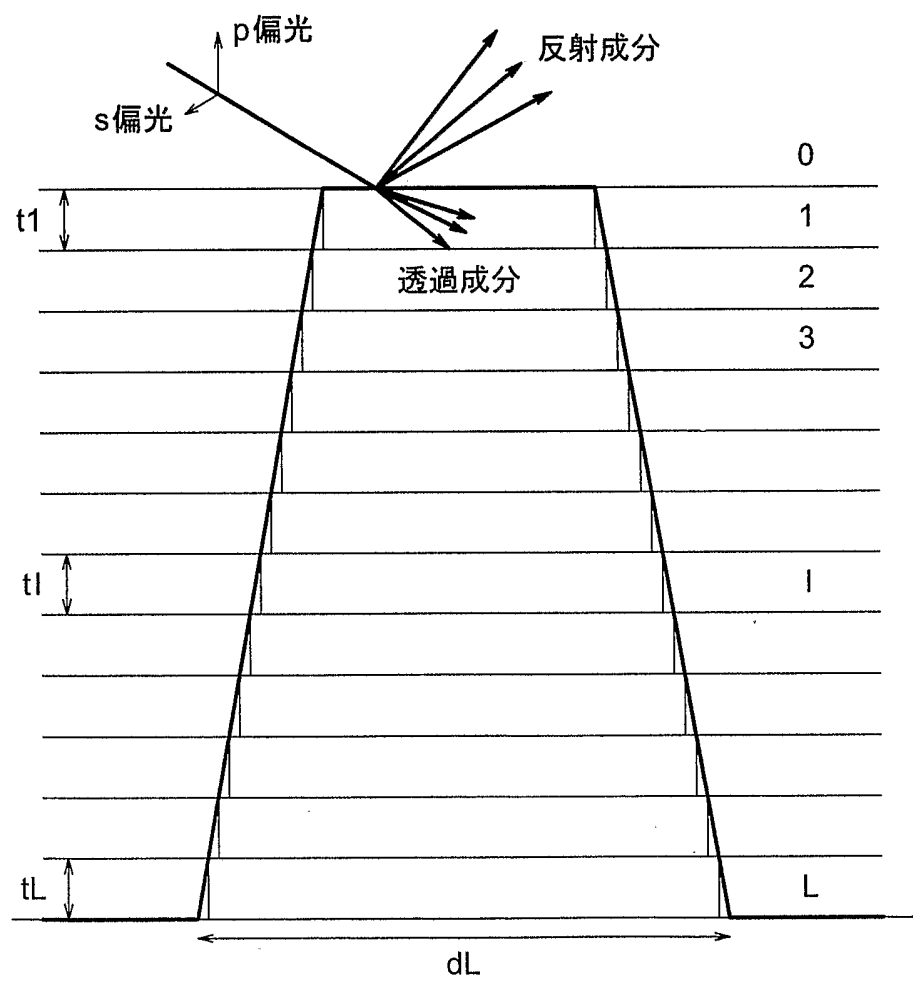


FIG. 6A

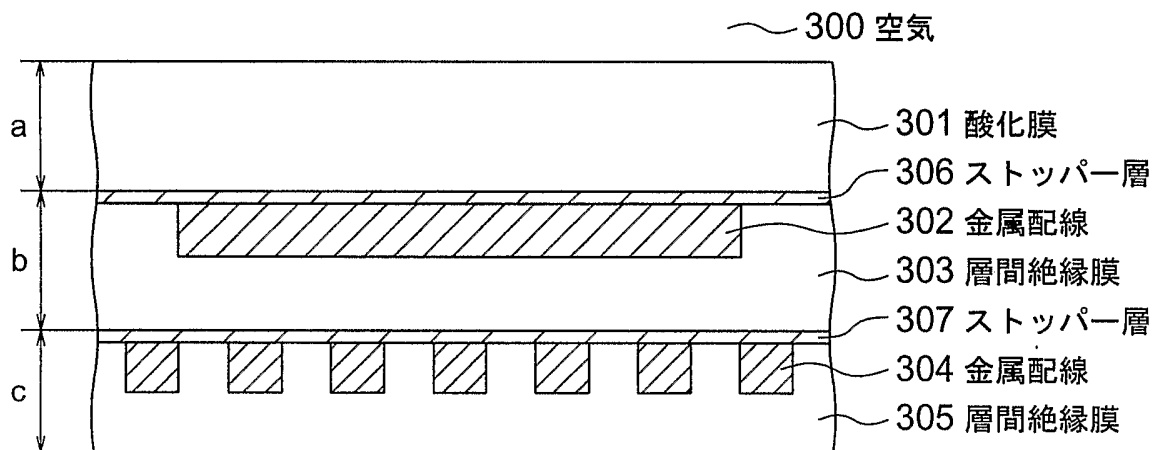


FIG. 6C

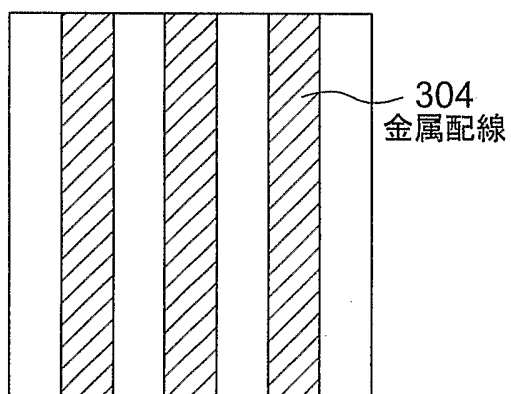


FIG. 6B

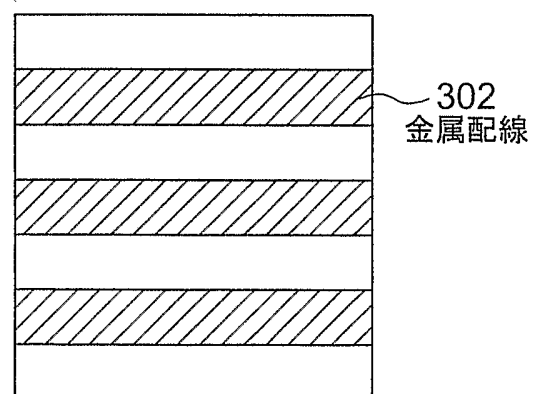


FIG. 7

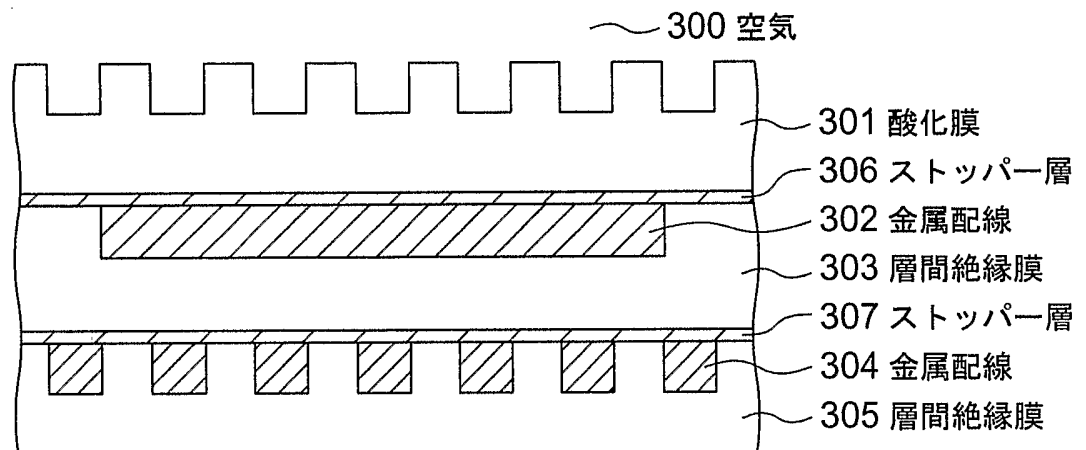
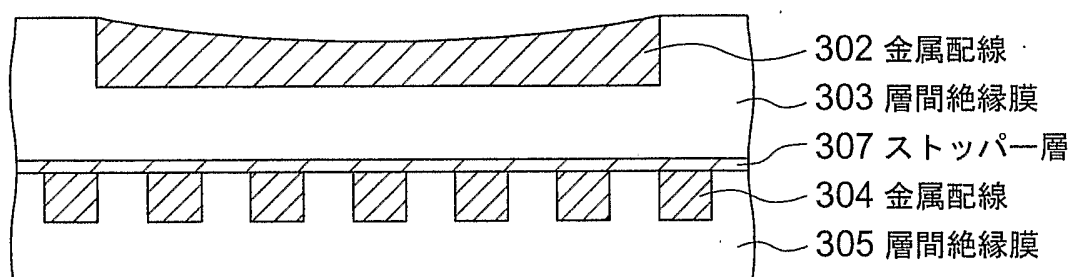


FIG. 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/01370

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H01L21/66

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)
Int.Cl⁷ H01L21/66

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

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.
A	JP 11-316187 A (Fujitsu Ltd.), 16 November, 1999 (16.11.99), Full text (Family: none)	1-11

☐ 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 document 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

"I" 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
06 May, 2003 (06.05.03)

Date of mailing of the international search report
20 May, 2003 (20.05.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ H01L21/66

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. Cl⁷ H01L21/66

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 1926-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2003年
日本国登録実用新案公報 1994-2003年
日本国実用新案登録公報 1996-2003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 請求の範囲の番号
A	JP 11-316187 A (富士通株式会社), 1999. 1. 16, 全文 (ファミリーなし)	1-11

☐ 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

06.05.03

国際調査報告の発送日

20.05.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
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)

田代 吉成



4R 9448

電話番号 03-3581-1101 内線 3470