

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 12 月 29 日 (29.12.2004)

PCT

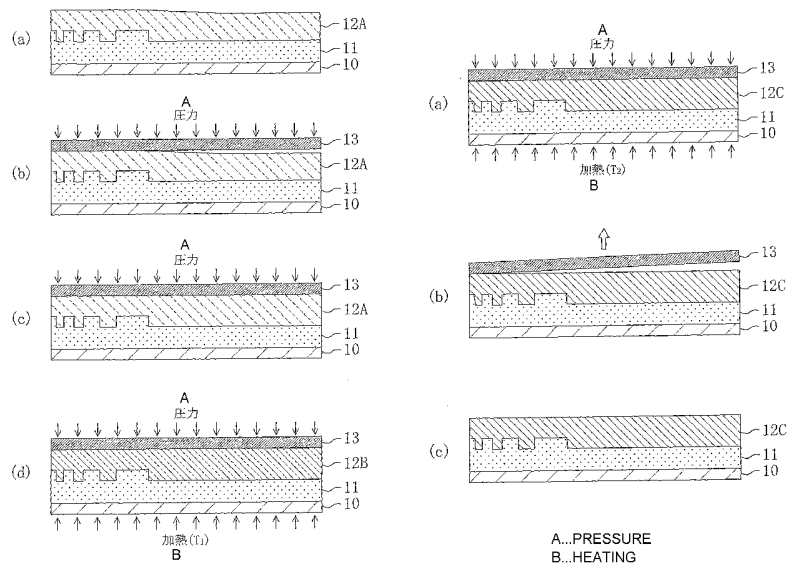
(10) 国際公開番号
WO 2004/114388 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 21/312, 21/318 (72) 発明者; および
(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/008654 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中川 秀夫 (NAK-AGAWA, Hideo). 笹子 勝 (SASAGO, Masaru). 平井 義彦 (HIRAI, Yoshihiko).
(22) 国際出願日: 2004 年 6 月 14 日 (14.06.2004)
(25) 国際出願の言語: 日本語 (74) 代理人: 前田 弘, 外 (MAEDA, Hiroshi et al.); 〒5410053 大阪府大阪市中央区本町 2 丁目 5 番 7 号 大阪丸紅ビル Osaka (JP).
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ: 特願2003-175882 2003 年 6 月 20 日 (20.06.2003) 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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 Osaka (JP).

[続葉有]

(54) Title: SEMICONDUCTOR DEVICE PRODUCING METHOD

(54) 発明の名称: 半導体装置の製造方法



(57) Abstract: A semiconductor producing method comprises a step for forming on a substrate a flowable film of an insulation material having flowability, a step for flattening the surface of the flowable film by pressing the flat pressing surface of a pressing member against the flowable film, a step for forming a solidified film whose surface is flat by heating the flowable film to a first temperature with the pressing surface held pressed against the flowable film, so as to solidify the flowable film whose surface is flattened, and a step for forming a fired film whose surface is flat by heating the solidified film whose surface is flat to a second temperature higher than the first temperature to fire the solidified film.

(57) 要約: 半導体装置の製造方法は、基板の上に流動性を有する絶縁性物質よりなる流動性膜を形成する工程と、押圧部材の平坦な押圧面を前記流動性膜に押圧して流動性膜の表面を平坦化する工程と、押圧面を流動性膜に押圧した状態で流動性膜を第 1 の温度に加熱して表面が平坦化されている流動性膜を固化することにより、表面が平坦な固化膜を形成する工程と、表面が平坦な固化膜を前記第 1 の温度よりも高い第 2 の温度に加熱して固化膜を焼成することにより、表面が平坦な焼成膜を形成する工程とを備え

[続葉有]

WO 2004/114388 A1



SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,
TD, TG).

(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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

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。

明 細 書

半導体装置の製造方法

技術分野

本発明は、表面が平坦な絶縁膜を有する半導体装置の製造方法に関する。

背景技術

近年の半導体集積回路装置は、 100 nm 近傍又はそれ以下の微細なデザインルールに加工されるようになってきた。

光を用いたリソグラフィ技術により、一層微細なレジストパターンを形成するためには、露光光の波長を短波長化する必要がある。

ところが、露光光の短波長化に伴って焦点深度が大きく低下するため、基板上に形成されている絶縁膜の表面を常に平坦にしておくことが必要不可欠となっている。このため、 100 nm 以下の微細なデザインルールを持つ半導体装置を製造する際に、基板上の絶縁膜の平坦化技術は非常に重要な技術となっている。

ところで、現在のところ、 $0.13\text{ }\mu\text{ m}$ ～ $0.25\text{ }\mu\text{ m}$ のデザインルールを持つ半導体装置において、絶縁膜を平坦化する技術としては、周知の化学機械研磨（CMP：Chemical Mechanical Polishing）法が主流となっている。

また、平坦な絶縁膜を形成する技術としては、例えば特許文献1に示されるように、基板の表面に流動性を有する物質を供給して流動性膜を形成する工程と、押圧部材の平坦な押圧面により流動性膜を押圧して、流動性膜の表面を平坦化する工程と、表面が平坦化された流動性膜を固化する工程とを備えた方法が知られている。

以下、特許文献1（特開2000-350934号公報）に示されている平坦な絶縁膜を形成する方法について、図21(a)～(c)及び図22(a)～(c)を参照しながら説明する。

まず、図21(a)に示すように、半導体ウエハからなる基板101と、該基板101の上に形成された段差を有する層（以下、単に段差層という）102とからなる段差基板の表面に流動性を有する物質、例えば液状又はジェル状の物質を

2

供給して、段差基板の上に流動性を有する膜（以下、単に流動性膜と称する）103Aを形成する。

次に、図21(b)に示すように、平坦な押圧面を有する押圧部材104の押圧面を流動性膜103Aの表面と対向させた後、図21(c)に示すように、押圧部材104に対して基板方向の圧力を加えることにより流動性膜103Aを段差基板に押圧して、流動性膜103Aの表面を平坦化する。

この場合、流動性膜103Aが押圧部材104の押圧面により押圧されるだけで、流動性膜103Aの表面は基板101の全面に亘って平坦化される。

次に、図22(a)に示すように、押圧部材104により流動性膜103Aを基板101に対して押圧した状態で流動性膜103Aを加熱して、流動性膜103Aの内部において化学反応を生じさせて流動性膜103Aを固化させることにより、平坦な表面を有する固化された膜（以下、単に固化膜と称する）103Bを形成する。

次に、加熱を終了した後、固化膜103Bの温度を室温にまで下げ、その後、図22(b)に示すように、押圧部材104を固化膜103Bから離脱させると、図22(c)に示すように、段差基板の上に平坦な表面を有する固化膜103Bを形成することができる。

しかしながら、前記従来の半導体装置の製造方法によると、ダマシン法により多層配線を形成する場合、工程数が非常に多くなり、半導体装置の製造プロセスにおけるコストが高くなるという問題を有している。

また、絶縁膜に形成されている凹部が充填されるように絶縁膜の上に金属膜を堆積した後、該金属膜における不要な部分をCMP法により除去して埋め込み配線を形成するダマシン法を繰り返し行なうことにより多層配線を形成すると、CMP法におけるグローバル段差が蓄積するため、基板に対する多層配線の高さのバラツキが増大するという問題がある。

また、特許文献1に示される方法により得られる平坦な絶縁膜を半導体装置の層間絶縁膜として用いる場合、絶縁膜の膜質の安定性を保証するためには固化工程において通常400℃程度の加熱硬化プロセスが必要となる。

しかしながら、絶縁性材料によっては、固化工程において350℃以上の温度

で加熱すると、絶縁膜の基本骨格の構造が部位により不均一になり、これによって、絶縁膜の比誘電率が部位によって異なるというような膜質の劣化が生じてしまう。その結果、絶縁膜としての信頼性が得られなくなり、半導体装置の性能及び信頼性が大きく低下してしまうという問題が発生する。

発明の開示

前記に鑑み、本発明は、基本骨格の構造が均一であって膜質に優れていると共にグローバル段差が少ない絶縁膜を少ない工程数で形成できるようにすることを目的とする。

前記の目的を達成するため、本発明に係る第1の半導体装置の製造方法は、基板の上に流動性を有する絶縁性物質よりなる流動性膜を形成する工程と、押圧部材の平坦な押圧面を流動性膜に押圧して流動性膜の表面を平坦化する工程と、押圧面を流動性膜に押圧した状態で流動性膜を第1の温度に加熱して表面が平坦化されている流動性膜を固化することにより、表面が平坦な固化膜を形成する工程と、表面が平坦な固化膜を第1の温度よりも高い第2の温度に加熱して固化膜を焼成することにより、表面が平坦な焼成膜を形成する工程とを備えている。

第1の半導体装置の製造方法によると、流動性膜に対して押圧部材の平坦な押圧面を押圧してから、固化工程及び焼成工程を行なうため、グローバル段差が少なく平坦な焼成膜よりなる絶縁膜を少ない工程により形成することができる。また、流動性膜に対して相対的に低い第1の温度で加熱処理を行なうことにより、固化膜の基本骨格（例えば、有機膜におけるポリマー骨格、シリコン酸化膜若しくは有機無機複合膜におけるシロキサン骨格、又はレジスト膜におけるレジン骨格）を形成しておいてから、固化膜に対して相対的に高い第2の温度で加熱処理を行なうことにより、固化膜からアクリルポリマー等のポロジェン（Porogen）又は残存する溶媒等を蒸発させるため、基本骨格の形成とポロジェン又は残存する溶媒等の蒸発とを並行して行なう場合に比べて、焼成膜よりなる絶縁膜の基本骨格の構造が均一になるので、絶縁膜の膜質が向上する。従って、絶縁膜の比誘電率が膜全体において均一になるので、絶縁膜の信頼性が高くなる。

本発明に係る第2の半導体装置の製造方法は、基板上に形成された露出した埋

め込み配線の上を含む基板の上に流動性を有する絶縁性物質よりなる流動性膜を形成する工程と、押圧部材の平坦な押圧面を流動性膜に押圧して流動性膜の表面を平坦化する工程と、押圧面を流動性膜に押圧した状態で流動性膜を第 1 の温度に加熱して表面が平坦化されている流動性膜を固化することにより、表面が平坦な固化膜を形成する工程と、表面が平坦な固化膜を第 1 の温度よりも高い第 2 の温度に加熱して固化膜を焼成することにより、表面が平坦な焼成膜を形成する工程と、焼成膜にビアホールを形成した後、ビアホールに金属材料を埋め込んで、少なくとも埋め込み配線と連通する埋め込みプラグを形成する工程とを備えている。

第 2 の半導体装置の製造方法によると、流動性膜に対して押圧部材の平坦な押圧面を押圧してから、固化工程及び焼成工程を行なうため、グローバル段差が少なく平坦な焼成膜よりなる絶縁膜を少ない工程により形成することができる。また、流動性膜に対して相対的に低い第 1 の温度で加熱処理を行なうことにより、固化膜の基本骨格を形成しておいてから、固化膜に対して相対的に高い第 2 の温度で加熱処理を行なうことにより、固化膜からアクリルポリマー等のポロジェン又は残存する溶媒等を蒸発させるため、焼成膜よりなる絶縁膜の基本骨格の構造が均一になるので、絶縁膜の膜質が向上する。従って、絶縁膜の比誘電率が膜全体において均一になるので、絶縁膜の信頼性が高くなる。

本発明に係る第 3 の半導体装置の製造方法は、基板上に形成された露出した埋め込みプラグの上を含む基板の上に流動性を有する絶縁性物質よりなる流動性膜を形成する工程と、押圧部材の平坦な押圧面を流動性膜に押圧して流動性膜の表面を平坦化する工程と、押圧面を流動性膜に押圧した状態で流動性膜を第 1 の温度に加熱して表面が平坦化されている流動性膜を固化することにより、表面が平坦な固化膜を形成する工程と、表面が平坦な固化膜を第 1 の温度よりも高い第 2 の温度に加熱して固化膜を焼成することにより、表面が平坦な焼成膜を形成する工程と、焼成膜における配線溝を形成した後、配線溝に金属材料を埋め込んで、少なくともプラグと連通する埋め込み配線を形成する工程とを備えている。

第 3 の半導体装置の製造方法によると、流動性膜に対して押圧部材の平坦な押圧面を押圧してから、固化工程及び焼成工程を行なうため、グローバル段差が少

なくて平坦な焼成膜よりなる絶縁膜を少ない工程により形成することができる。また、流動性膜に対して相対的に低い第1の温度で加熱処理を行なうことにより、固化膜の基本骨格を形成しておいてから、固化膜に対して相対的に高い第2の温度で加熱処理を行なうことにより、固化膜からアクリルポリマー等のポロジェン又は残存する溶媒等を蒸発させるため、焼成膜よりなる絶縁膜の基本骨格の構造が均一になるので、絶縁膜の膜質が向上する。従って、絶縁膜の比誘電率が膜全体において均一になるので、絶縁膜の信頼性が高くなる。

第1～第3の半導体装置の製造方法において、第1の温度は約150℃～約300℃であることが好ましい。

このようにすると、流動性膜に含まれるポロジェン等を蒸発させることなく、流動性膜の基本骨格を形成することができる。

第1～第3の半導体装置の製造方法において、第2の温度は約350℃～約450℃であることが好ましい。

このようにすると、固化膜ひいては焼成膜の膜質の劣化を招くことなく、固化膜からポロジェン等を蒸発させることができる。

第1～第3の半導体装置の製造方法において、流動性を有する絶縁性物質は、液状又はジェル状であることが好ましい。

このようにすると、流動性膜を簡易且つ確実に形成することができる。

第1～第3の半導体装置の製造方法において、流動性膜を形成する工程は、回転している基板の上に流動性を有する絶縁性物質を供給することにより流動性膜を形成する工程を含むことが好ましい。

このようにすると、流動性膜の膜厚を均一にすることができる。

第1～第3の半導体装置の製造方法において、流動性膜を形成する工程は、基板の上に流動性を有する絶縁性物質を供給した後、基板を回転することにより流動性膜を形成する工程を含むことが好ましい。

このようにすると、流動性膜の膜厚を均一にすることができる。

第1～第3の半導体装置の製造方法において、流動性膜を形成する工程は、回転している基板の上に流動性を有する絶縁性物質をシャワー状又はスプレー状に供給することにより流動性膜を形成する工程を含むことが好ましい。

このようにすると、比較的薄い膜厚を有する流動性膜を確実に形成することができる。

第１～第３の半導体装置の製造方法において、流動性膜を形成する工程は、微小な噴射口を有するノズルと基板とを平面方向に相対移動させながら、流動性を有する絶縁性物質を噴射口から基板の上に供給することにより流動性膜を形成する工程を含むことが好ましい。

このようにすると、ノズルと基板との相対移動速度を調整することにより、流動性膜の厚さを所望の大きさに制御することができる。また、流動性を有する物質の粘度を調整することにより、流動性膜の流動性の程度を変化させることができる。また、ノズルの数を調整することにより、処理速度を制御することができる。

第１～第３の半導体装置の製造方法において、流動性膜を形成する工程は、ローラの表面に付着した流動性を有する絶縁性物質をローラを回転しながら基板の上に供給することにより流動性膜を形成する工程を含むことが好ましい。

このようにすると、ローラと基板との間隔及びローラを基板に押し付ける力を調整することにより、流動性膜の厚さを制御することができる。また、粘性の高い流動性を有する材料を採用することができる。

第１～第３の半導体装置の製造方法は、流動性膜を形成する工程と流動性膜の表面を平坦化する工程との間に、流動性膜の周縁部を選択的に除去する工程をさらに備えることが好ましい。

このようにすると、焼成膜を形成するプロセスにおいて基板の周縁部を機械的に保持することが容易になる。

第１～第３の半導体装置の製造方法が流動性膜の周縁部を選択的に除去する工程を備えている場合、該工程は、流動性膜を回転させながら流動性膜の周縁部に、流動性を有する絶縁性物質を溶解させる溶液を供給することにより行なわれることが好ましい。

このようにすると、円形又は角数の多い多角形の平面形状を有する基板の周縁部を確実に除去することができる。

第１～第３の半導体装置の製造方法が流動性膜の周縁部を選択的に除去する工

程を備えている場合、該工程は、流動性膜の周縁部に光を照射して改質した後、改質された周縁部を除去することにより行なわれることが好ましい。

このようにすると、円形又は角数の多い多角形の平面形状のみならず、三角形又は四角形などのように角数の少ない多角形の平面形状を有する基板の周縁部を確実に除去することができる。

第1～第3の半導体装置の製造方法において、流動性膜の表面を平坦化する工程は、基板の表面と押圧面との間の複数の距離を測定すると共に、複数の距離が等しくなるように押圧面により流動性膜を押圧する工程を含むことが好ましい。

このようにすると、流動性膜の表面の基板表面からの距離を常に等しくすることができるので、所定期間毎に基板の表面と押圧部材の押圧面との距離を均一にする作業を省略することができる。

第1～第3の半導体装置の製造方法において、流動性膜の表面を平坦化する工程は、基板が載置されているステージの表面と押圧面との間の複数の距離を測定すると共に、複数の距離が等しくなるように押圧面により流動性膜を押圧する工程を含むことが好ましい。

このようにすると、流動性膜の表面の基板表面からの距離を常に等しくすることができるので、所定期間毎に基板の表面と押圧部材の押圧面との距離を均一にする作業を省略することができる。

第1～第3の半導体装置の製造方法が基板又はステージの表面と押圧面との間の複数の距離を測定する工程を備えている場合、該工程は、測定部位における単位面積当たりの静電容量を計測することにより行なわれることが好ましい。

このようにすると、複数の距離を簡易且つ確実に測定することができる。

第1～第3の半導体装置の製造方法において、押圧部材の押圧面は疎水性を有していることが好ましい。

このようにすると、押圧部材を固化膜から離脱させやすくなるので、より欠陥の少ない固化膜ひいては焼成膜を形成することができる。

第1～第3の半導体装置の製造方法において、流動性を有する絶縁性物質は光硬化性樹脂であり、固化膜を形成する工程は、流動性膜に光を照射する工程を含むことが好ましい。

このようにすると、流動性膜を光化学反応及び熱化学反応により容易且つ速やかに固化させることができる。

第1～第3の半導体装置の製造方法において、流動性を有する絶縁性物質としては、有機材料、無機材料、有機無機混成材料、光硬化性樹脂又は感光性樹脂を用いることができる。

第1～第3の半導体装置の製造方法において、焼成膜を形成する工程は、押圧面を固化膜に押圧した状態で固化膜を第2の温度に加熱する工程を含むことが好ましい。

このようにすると、表面が平坦化されている固化膜の平坦性を高精度に維持することができる。

第1～第3の半導体装置の製造方法において、焼成膜を形成する工程は、押圧面を固化膜から離脱させた状態で固化膜を第2の温度に加熱する工程を含むことが好ましい。

このようにすると、固化膜に含まれるポロジェン又は残存する溶媒等を容易に蒸発させることができる。

第1～第3の半導体装置の製造方法において、焼成膜は多孔質膜であることが好ましい。

このようにすると、比誘電率の低い焼成膜よりなる絶縁膜を形成することができる。

第1～第3の半導体装置の製造方法において、焼成膜の比誘電率は約4以下であることが好ましい。

このようにすると、絶縁膜の比誘電率を確実に低くして、金属配線間の静電容量を低減することができる。

第2の半導体装置の製造方法において、流動性膜を形成する工程よりも前に、基板上に形成された有機膜中に埋め込み配線を形成した後に、有機膜を除去することにより、基板上に形成された露出した埋め込み配線を形成する工程をさらに備えることが好ましい。

第3の半導体装置の製造方法において、流動性膜を形成する工程よりも前に、基板上に形成された有機膜中に埋め込みプラグを形成した後に、有機膜を除去す

ることにより、基板上に形成された露出した埋め込みプラグを形成する工程をさらに備えることが好ましい。

第2又は第3の半導体装置の製造方法において、埋め込み配線又は埋め込みプラグを形成する工程における有機膜の除去は、ウェットエッチングにより行なわれることが好ましい。

第3の半導体装置の製造方法において、埋め込み配線又は埋め込みプラグを形成する工程における有機膜の除去は、ドライエッチングにより行なわれることが好ましい。

図面の簡単な説明

図1(a)～(d)は第1の実施形態に係る半導体装置の製造方法の各工程を説明する断面図である。

図2(a)～(c)は第1の実施形態に係る半導体装置の製造方法の各工程を説明する断面図である。

図3(a)は従来の半導体装置の製造方法のシーケンスを示すフロー図であり、(b)は第1又は第2の実施形態に係る半導体装置の製造方法のシーケンスを示すフロー図である。

図4(a)～(c)は第1又は第2の実施形態に係る半導体装置の製造方法における第1実施例の各工程を示す断面図である。

図5(a)及び(b)は第1又は第2の実施形態に係る半導体装置の製造方法における第2実施例の各工程を示す断面図である。

図6(a)及び(b)は第1又は第2の実施形態に係る半導体装置の製造方法の第3実施例の各工程を示す断面図である。

図7(a)及び(b)は第1又は第2の実施形態に係る半導体装置の製造方法の第4実施例の各工程を示す断面図である。

図8(a)～(c)は第3の実施形態に係る半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

図9(a)～(c)は第3の実施形態に係る半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

図 1 0 (a) 及び (b) は第 4 の実施形態に係る半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

図 1 1 (a) 及び (b) は第 4 の実施形態に係る半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

図 1 2 (a) 及び (b) は第 5 の実施形態に係る半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

図 1 3 (a) ～ (f) は第 6 の実施形態に係る半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

図 1 4 (a) ～ (d) は第 6 の実施形態に係る半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

図 1 5 (a) ～ (d) は第 6 の実施形態に係る半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

図 1 6 (a) ～ (d) は第 6 の実施形態に係る半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

図 1 7 (a) ～ (f) は第 7 の実施形態に係る半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

図 1 8 (a) ～ (d) は第 7 の実施形態に係る半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

図 1 9 (a) ～ (d) は第 7 の実施形態に係る半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

図 2 0 (a) ～ (d) は第 7 の実施形態に係る半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

図 2 1 (a) ～ (c) は従来の半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

図 2 2 (a) ～ (c) は従来の半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

発明を実施するための最良の形態

(第 1 の実施形態)

以下、第 1 の実施形態に係る半導体装置の製造方法について、図 1 (a) ～ (d) 及び図 2 (a) ～ (c) を参照しながら説明する。

まず、図 1 (a) に示すように、半導体ウエハからなる基板 1 0 の上に段差層 1 1 を形成した後、該段差層 1 1 の上に流動性を有する物質、例えば液状又はジェル状の物質を供給して、流動性膜 1 2 A を形成する。尚、基板 1 0 の平面形状としては、特に限定されず、円形又は多角形等いずれの形状でもよい。

ところで、通常、基板 1 0 の上に形成された流動性膜 1 2 A 中の溶媒の一部分又は大部分を蒸発させるために、約 8 0 °C から 1 2 0 °C 程度の加熱処理を行なう。この加熱は、通常プリベークと呼ばれるものであって、プリベークの温度としては、次に行なわれる平坦化工程において流動性膜 1 2 A の流動性を確保できる程度に設定すればよい。すなわち、流動性物質を供給する際の溶媒の物質特性（沸点等）に応じて温度を設定すればよく、場合によってはプリベークを省いてもよい。

流動性膜 1 2 A としては、有機膜、無機膜、有機無機混成膜（有機無機ハイブリッド膜）、光が照射されると硬化する光硬化性樹脂、レジスト膜等の感光性樹脂膜、又は径が約 1 nm ～ 1 0 nm 程度の多数の空孔（pore）を膜中に有する多孔質膜（ポーラス膜）等が挙げられる。

流動性膜 1 2 A の形成方法としては、回転塗布法、微視的吹付け法又は回転ローラ法等が挙げられ、流動性膜 1 2 A の厚さの調整はそれぞれの方法により異なるが、流動性膜 1 2 A の形成方法を選択することにより膜厚の調整は可能である。尚、流動性膜 1 2 A の形成方法については、第 1 ～ 第 4 の実施例で詳細に説明する。

流動性膜 1 2 A を多層配線の層間膜として用いる場合には、流動性を有する物質としては絶縁性物質を用いることが好ましい。

次に、図 1 (b) に示すように、平坦な押圧面を備えた押圧部材 1 3 の押圧面を、流動性膜 1 2 A の表面と対向させた後、図 1 (c) に示すように、押圧部材 1 3 に対して基板方向の圧力を加えることにより、流動性膜 1 2 A の表面を全面に亘って平坦化する。

この場合、流動性膜 1 2 A は押圧部材 1 3 の押圧面により押圧されるだけで、

流動性膜 1 2 A の表面は全面に亘って平坦化される。もっとも、押圧部材 1 3 による押圧を中断すると、流動性膜 1 2 A が有する表面張力によって、流動性膜 1 2 A はエネルギー的に安定な形状に変化してしまう。

そこで、図 1 (d) に示すように、押圧部材 1 3 を流動性膜 1 2 A に押圧した状態で流動性膜 1 2 A を第 1 の温度 (T_1) に加熱して、流動性膜 1 2 A の内部において化学反応を生じさせることにより、流動性膜 1 2 A を固化させて、固化した流動性膜 1 2 A よりなり平坦な表面を有する固化膜 1 2 B を形成する。第 1 の温度 (T_1) としては、約 150°C ~ 約 300°C が好ましく、約 200°C ~ 約 250°C がより好ましい。このようにすると、流動性膜 1 2 A の基本骨格、例えばポリマー骨格又はシロキサン骨格が確実に形成される。固化工程においては、所定の温度に設定されたホットプレートにより 2、3 分間程度の加熱処理を行なう。

次に、図 2 (a) に示すように、押圧部材 1 3 を固化膜 1 2 B に押圧した状態で固化膜 1 2 B を第 1 の温度 (T_1) よりも高い第 2 の温度 (T_2) に加熱して、固化膜 1 2 B を焼成することにより、焼成された固化膜 1 2 B よりなり平坦な表面を有する焼成膜 1 2 C を形成する。第 2 の温度 (T_2) としては、約 350°C ~ 約 450°C が好ましい。このようにすると、基本骨格が形成されている固化膜 1 2 B からポロジェン等が蒸発して、均一な膜質を有する焼成膜 1 2 C が得られる。焼成膜 1 2 C を形成する工程においては、所定の温度に設定されたホットプレートにより約 2 分間 ~ 約 15 分間程度の加熱処理を行なう。

次に、焼成膜 1 2 C の温度を約 100°C から室温程度までの温度範囲に下げた後、図 2 (b) に示すように、押圧部材 1 3 を焼成膜 1 2 C から離脱させ、その後、焼成膜 1 2 C の温度を最終的に室温に下げると、図 2 (c) に示すように、表面が全面に亘って平坦な焼成膜 1 2 C が得られる。

尚、押圧部材 1 3 の押圧面が疎水性を有するように、押圧面にテフロン（登録商標）コーティング処理を施したり又はシリコンカップリング材による表面処理を施したりすることが好ましい。このようにすると、押圧部材 1 3 を焼成膜 1 2 C から離脱させやすくできるので、より欠陥の少ない焼成膜 1 2 C を形成することができる。

以下、流動性を有する材料について説明する。

有機膜を形成するための流動性を有する物質としては、アリアルエーテルを主骨格とするアロマティックポリマーが挙げられ、具体的には、FLARE及びGX-3（Honeywell 社製）並びにSiLK（Dow Chemical社製）等が挙げられる。

無機膜を形成するための流動性を有する物質としては、HSQ（Hydrogen silsquioxane）、又は有機SOG例えばアルキルシロキサンポリマーが挙げられ、HSQの具体例としてはFox（Dow Corning 社製）が挙げられ、有機SOGの具体例としてはHSG-RZ25（日立化成社製）が挙げられる。

有機無機混成膜を形成するための流動性を有する物質としては、シロキサン骨格中にメチル基等の有機基を含む有機シロキサンが挙げられ、具体的には、HOSP（Hybrid organic siloxane polymer : Honeywell 社製）が挙げられる。

光硬化性樹脂を形成するための流動性を有する物質としては、PDGI（Polydimethyl glutar imide）が挙げられ、具体的には、SAL101（Shipley Far East社製）が挙げられる。

感光性樹脂膜を形成するための流動性を有する物質としては、リソグラフィ技術に用いられる通常のレジスト材料を用いることができる。

多孔質膜を形成するための流動性を有する物質としては、空孔を有する、有機材料、無機材料及び有機無機混成材料が挙げられ、空孔を有する有機材料の具体例としては、Porous FLARE（Honeywell 社製）が挙げられ、空孔を有する無機材料の具体例としては、HSQ（Hydrogen silsquioxane）中に空孔を有するXLK（Dow Corning 社製）が挙げられ、空孔を有する有機無機混成材料としてはNanoglass（Honeywell 社製）、LKD-5109（JSR 社製）等が挙げられる。

以上の材料を用いて形成された流動性膜12Aが固化及び焼成されてなる焼成膜12Cを多層配線の層間絶縁膜として用いると、緻密であると共に通常のシリコン酸化膜（比誘電率は約4程度である。）よりも低い誘電率を有する層間絶縁膜を得ることができるので、100nm以下の微細加工が施された半導体装置に適した膜を実現できる。特に、焼成膜12Cとして多孔質膜を用いると、2以下

の極めて低い誘電率を持った層間絶縁膜を実現できる。

(第2の実施形態)

以下、第2の実施形態に係る半導体装置の製造方法について、図1(a)～(d)及び図2(a)～(c)を参照しながら説明する。

第2の実施形態の基本的なプロセスシーケンスは、第1の実施形態とほとんど共通しているため、以下においては、第1の実施形態と異なるところを中心に説明する。

まず、第1の実施形態と同様、基板10の上に段差層11を形成した後、該段差層11の上に流動性膜12Aを形成した後、押圧部材13を流動性膜12Aに押圧して、流動性膜12Aの表面を全面に亘って平坦化する。

次に、押圧部材13を流動性膜12Aに押圧した状態で流動性膜12Aを第1の温度(T_1)に加熱することにより、平坦な表面を有する固化膜12Bを形成する。

次に、押圧部材13を固化膜12Bから離脱させた後、固化膜12Bに対して、第1の温度(T_1)よりも高い第2の温度(T_2)で加熱して、固化膜12Bを焼成することにより、焼成された固化膜12Bよりなる焼成膜12Cを形成し、その後、焼成膜12Cの温度を室温程度にまで下げると、平坦な表面を有する焼成膜12Cが形成される。

第1の実施形態と第2の実施形態の差異は、第1の実施形態では、押圧部材13の押圧面を固化膜12Bに押圧した状態で焼成するが、第2の実施形態では、押圧部材13の押圧面を固化膜12Bから離脱させた状態で焼成することである。従って、第2の実施形態においては、流動性膜12Aを固化する工程ではホットプレートを用いて加熱する必要があるが、固化膜12Bを焼成する工程ではホットプレート又はハーネスを用いて加熱することができる。

第2の実施形態は、焼成工程において脱ガスが多い固化膜を加熱する場合に第1の実施形態よりも有効となる。通常の膜の場合、プリベークにより膜中の残留溶媒濃度を制御することができるため、焼成工程においては脱ガスはほとんど無いが、膜の組成によっては、比較的高温で加熱される焼成工程において脱ガスが発生する場合がある。このような場合には、第1の実施形態の焼成工程では焼成

膜 1 2 C における均一性又は安定性に問題が生じるため、第 2 の実施形態の焼成工程を用いることが好ましい。特に、焼成膜 1 2 C が多孔質膜である場合にその効果が発揮される。多孔質膜の場合、固化工程における第 1 の温度 (T 1) での加熱処理において、膜の基本構造の大部分を形成し、焼成工程における第 2 の温度 (T 2) での加熱処理において、空孔を形成するために添加されていた空孔形成用の物質を蒸発させるため、押圧部材 1 3 を固化膜 1 2 B から離脱させた状態で焼成する第 2 の実施形態の焼成工程が適している。もっとも、多孔質膜であっても、固化工程において膜の基本骨格の形成が行なわれると共に空孔形成用の物質の大部分が蒸発するような最適化された膜の場合、第 1 の実施形態の焼成工程を用いても良好な焼成膜 1 2 C が得られる。

第 1 及び第 2 の実施形態においては、焼成工程での加熱温度 (第 2 の温度) を固化工程での加熱温度 (第 1 の温度) よりも高く設定するが、焼成膜 1 2 C を半導体装置の絶縁膜として用いる場合には、固化工程での加熱温度 (第 1 の温度) としては約 150℃～300℃が好ましく、焼成工程での加熱温度 (第 2 の温度) としては約 350℃～450℃が好ましい。

次に、従来の半導体装置の製造方法と本発明の半導体装置の製造方法との差異について、図 3 (a) 及び (b) を参照しながら説明する。

図 3 (a) に示すように、従来の半導体装置の製造方法は、押圧部材 (モールド) を圧着した後に、膜硬化工程における 1 回の加熱工程により平坦な膜を形成するのに対し、図 3 (b) に示すように、本発明の半導体装置の製造方法は、押圧部材 (モールド) を圧着した (平坦化工程) 後に、固化工程及び焼成工程における 2 段階の加熱処理により、平坦な焼成膜 1 2 C を形成する。

<第 1 の実施例>

以下、第 1 又は第 2 の実施形態に用いられる流動性膜の形成方法として、第 1 の回転塗布法について、図 4 (a) ～ (c) を参照しながら説明する。

まず、図 4 (a) に示すように、回転可能なステージ 2 0 の上に基板 2 1 を真空吸着により保持した後、基板 2 1 の上に流動性を有する物質 2 3 を適量滴下し、その後、ステージ 2 0 を回転させたり、又は、図 4 (b) に示すように、回転可能なステージ 2 0 の上に基板 2 1 を真空吸着により保持した後、ステージ 2 0 ひい

ては基板 2 1 を回転させながら、滴下ノズル 2 4 から基板 2 1 の上に流動性を有する物質 2 3 を供給する。

このようにすると、図 4 (c) に示すように、基板 2 1 の上に流動性膜 2 2 が形成される。

図 4 (a) に示す方法又は図 4 (b) に示す方法のいずれの場合においても、流動性を有する物質 2 3 の粘性と、ステージ 2 0 の回転速度とを最適化することにより、押圧部材 1 3 (図 1 (b) 又は図 2 (b) を参照) の平坦な押圧面を流動性膜 2 2 の表面に転写する工程に適した堅さを有する流動性膜 2 2 を得ることができる。

尚、第 1 の実施例は、比較的大きい厚さを持つ流動性膜 2 2 を形成する場合に適している。

<第 2 の実施例>

以下、第 1 又は第 2 の実施形態に用いられる流動性膜の形成方法として、第 2 の回転塗布法について、図 5 (a) 及び (b) を参照しながら説明する。

まず、図 5 (a) に示すように、回転可能に設けられたステージ 2 0 の上に、段差を有する基板 2 1 を真空吸着により保持した後、ステージ 2 0 ひいては基板 2 1 を回転させながら、噴射ノズル 2 5 の噴射口から基板 2 1 の上に流動性を有する物質 2 6 をシャワー状又はスプレー状に供給する。

所定量の流動性を有する物質 2 6 が供給された後に、ステージ 2 0 を所定時間だけ回転し続けると、図 5 (b) に示すように、基板 2 1 の上に流動性膜 2 2 が形成される。

第 2 の実施例は、比較的小さい膜厚を持つ流動性膜 2 2 を形成する場合に適している。

<第 3 の実施例>

以下、第 1 又は第 2 の実施形態に用いられる流動性膜の形成方法として、微視的吹付け法について、図 6 (a) 及び (b) を参照しながら説明する。

まず、図 6 (a) に示すように、2 次元直交座標系の直交する 2 方向のうちの一方の方向、例えば図 6 (a) における左右方向に基板 2 1 を移動させると共に、直交する 2 方向のうちの他方の方向、例えば図 6 (a) における上下方向に滴下ノズ

ル 27 を移動させながら、滴下ノズル 27 から基板 21 の上に流動性を有する物質 28 を所定量ずつ供給する。すなわち、基板 21 を図 6 (a) における左方向に所定量移動した後、停止させる動作を繰り返し行なうと共に、基板 21 が停止している期間内において、滴下ノズル 27 を図 6 (a) における上方向又は下方向に移動させながら、滴下ノズル 27 から基板 21 の上に流動性を有する物質 28 を所定量ずつ供給する。

このようにすると、図 6 (b) に示すように、基板 21 の上に流動性膜 22 が形成される。

第 3 の実施例によると、滴下ノズル 27 から供給される流動性を有する物質 28 の量と、滴下ノズル 27 の移動速度とを調整することにより、流動性膜 22 の厚さを小さい膜厚から大きい膜厚まで制御することができる。

また、滴下ノズル 27 から供給される流動性を有する物質 28 の粘度を調整することにより、流動性膜 22 の流動性の程度を変化させることができる。

また、滴下ノズル 27 の数を調整することにより、処理速度を制御することができる。

< 第 4 の実施例 >

以下、第 1 又は第 2 の実施形態に用いられる流動性膜の形成方法として、回転ローラ法について、図 7 (a) 及び (b) を参照しながら説明する。

図 7 (a) 及び (b) に示すように、回転ローラ 29 の周面に流動性を有する物質 30 を均一に付着させた状態で、回転ローラ 29 を基板 21 の表面に沿って回転移動させる。

このようにすると、流動性を有する物質 30 が基板 21 の表面に転着されるため、図 7 (b) に示すように、基板 21 の上に流動性膜 22 が形成される。

第 4 の実施例によると、回転ローラ 29 と基板 21 との間隔及び回転ローラ 29 を基板 21 に押し付ける力を調整することにより、流動性膜 22 の厚さを制御することができる。

また、第 4 の実施例は、流動性を有する物質 30 が粘性の高い液状又はジェル状である場合に適している。

(第 3 の実施形態)

以下、第3の実施形態に係る半導体装置の製造方法について、図8(a)～(c)及び図9(a)～(c)を参照しながら説明する。

第3の実施形態は、第1又は第2の実施形態により得られる流動性膜の周縁部を選択的に除去する方法であって、第1の方法は、流動性膜が形成された基板を回転させながら流動性膜の周縁部に流動性膜を溶解させる溶液を供給して、周縁部を除去するものであり、第2の方法は、流動性膜の周縁部に光を照射して該周縁部を改質した後、改質された周縁部を除去するものである。

ところで、第1又は第2の実施形態によると、基板の全面に亘ってつまり基板の周縁部にまで流動性膜が形成される。ところが、基板の周縁部を機械的に保持する必要性が生じることがある。

第3の実施形態は、このような問題点を解決するためになされたものであり、第3の実施形態によると、流動性膜の周縁部を選択的に除去するため、基板の周縁部を機械的に保持することが容易になる。

以下、流動性膜22の周縁部を選択的に除去する第1の方法について、図8(a)～(c)を参照しながら説明する。

まず、図8(a)に示すように、回転可能に設けられたステージ20の上に、流動性膜22が形成されている基板21を真空吸着した後、ステージ20を回転させて流動性膜22を回転させると共に、第1のノズル31から剥離液33を流動性膜22の周縁部に供給すると共に、第2のノズル32から剥離液34を基板21の周縁部の裏面に供給する。

このようにすると、図8(b)に示すように、流動性膜22の周縁部を除去することができると共に、基板21の裏面周縁部に付着した流動性を有する物質を除去することができる。

次に、ステージ20の回転を継続して行なう一方、剥離液33、34の供給を停止して、流動性膜22を乾燥させる。以上により、図8(c)に示すように、周縁部が選択的に除去された流動性膜22を得ることができる。

尚、第1の方法は、流動性膜22に対する転写工程の前に行なうことが好ましい。

第1の方法は、ステージ20ひいては流動性膜22を回転しながら、その周縁

部を除去するので、平面形状が円形又は角数の多い多角形である基板 2 1 に適している。

以下、流動性膜 2 2 の周縁部を選択的に除去する第 2 の方法について、図 9 (a) ～ (c) を参照しながら説明する。

まず、図 9 (a) に示すように、回転可能に設けられたステージ 2 0 の上に、流動性膜 2 2 が形成されている基板 2 1 を真空吸着した後、ステージ 2 0 を回転させて流動性膜 2 2 を回転させると共に、光照射装置 3 5 から光 3 6 を流動性膜 2 2 の周縁部に照射して、流動性膜 2 2 の周縁部（光照射部）において光化学反応を起こさせて該周縁部を改質する。この場合の光 3 6 としては、紫外光又は紫外光よりも波長の短い光が好ましい。

次に、図 9 (b) に示すように、ステージ 2 0 ひいては流動性膜 2 2 の回転を停止させた後、流動性膜 2 2 の上に全面に亘って現像液などの溶液 3 7 を供給する。このようにすると、流動性膜 2 2 の改質している周縁部は溶液 3 7 に溶解するので、流動性膜 2 2 の周縁部を選択的に除去することができる。

次に、図 9 (c) に示すように、ステージ 2 0 ひいては流動性膜 2 2 を再び回転させて、流動性膜 2 2 の上に残存している溶液 3 7 を遠心力により外部に除去する。この場合、溶液 3 7 を除去しながら又は除去した後に、流動性膜 2 2 の上にリンス液を供給して残存している溶液 3 7 を取り除くことが好ましい。このようにすると、周縁部が選択的に除去された流動性膜 2 2 を得ることができる。

尚、第 2 の方法は、流動性膜 2 2 に対する転写工程の前に行なうことが好ましい。

第 2 の方法は、流動性膜 2 2 の周縁部に選択的に光 3 6 を照射するので、平面形状が円形又は角数の多い多角形である基板 2 1 のみならず、三角形又は四角形などのように角数の少ない多角形の基板 2 1 にも適用することができる。

（第 4 の実施形態）

以下、第 4 の実施形態に係る半導体装置の製造方法について、図 1 0 (a) 、 (b) 及び図 1 1 (a) 、 (b) を参照しながら説明する。

第 4 の実施形態は、第 1 又は第 2 の実施形態により得られる流動性膜の表面を平坦化するために好ましい方法であって、基板の表面又はステージの表面と、押

圧部材の押圧面との間の複数の距離を測定すると共に、これら複数の距離が等しくなるように流動性膜を押圧するものである。

まず、図 10 (a) に示すように、第 1 又は第 2 の実施形態の方法により、基板 40 の上に段差層（図示は省略している）を介して流動性膜 42 を形成した後、平坦な押圧面に複数の距離センサ 44 を有する押圧部材 43 を用いて、流動性膜 42 を平坦化する。尚、第 4 の実施形態においては、ステージ 20（図 4 (c) 又は図 5 (b) を参照）の外形寸法を基板 40 の外形寸法よりも大きくしておくことが好ましい。

この場合、複数の距離センサ 44 により、基板 40 の表面又は基板 40 が載置されるステージ 20（図 4 (c) 又は図 5 (b) を参照）の表面と、押圧部材 43 の押圧面との間の複数の距離を測定すると共に、複数の距離が等しくなるように押圧部材 43 により流動性膜 42 を押圧して流動性膜 42 を平坦化する。すなわち、複数の距離センサ 44 により測定された複数の距離の情報は、押圧部材 43 を押圧する押圧手段にフィードバックされ、複数の距離が等しくなるように流動性膜 42 を押圧する。尚、フィードバック制御はコンピュータにより行なえばよい。また、基板 40 の表面又は基板 40 が載置されるステージ 20（図 4 (c) 又は図 5 (b) を参照）の表面と、押圧部材 43 の押圧面との間の複数の距離を測定する場合、測定部位における単位面積当たりの静電容量を計測することにより行なわれることが好ましい。このようにすると、複数の距離を簡易且つ確実に測定することができる。

以下、基板 40 の表面と押圧部材 43 の押圧面との間の複数の距離を測定する方法について、図 10 (b) を参照しながら説明する。

図 10 (b) において、a、b、c、……、q は、距離センサ 44 が配置される位置を示している。距離センサ 44 の位置 a～q は、押圧部材 43 の機構に応じて最適化することが好ましく、基板 40 の表面又は基板 40 が載置されるステージの表面と、流動性膜 42 の表面との距離を効率良く計測できる位置に設定すればよい。例えば、中央部のセンサ位置 a～i は、基板 40 の表面と流動性膜 42 の表面との距離を測定するのに適しており、周縁部のセンサ位置 j～q は、基板 40 が載置されるステージの表面と流動性膜 42 の表面との距離を測定するのに

適している。

従って、センサ位置 a ~ i の距離センサ 44 のみを用いて、基板 40 の表面と流動性膜 42 の表面との距離のみを測定してもよいし、センサ位置 j ~ q の距離センサ 44 のみを用いて、基板 40 が載置されるステージの表面と流動性膜 42 の表面との距離のみを測定してもよいし、センサ位置 a ~ q の距離センサ 44 のみを用いて、基板 40 の表面と流動性膜 42 の表面との距離及び基板 40 が載置されるステージの表面と流動性膜 42 の表面との距離を測定してもよい。

また、押圧部材 44 の押圧面を微調整できる場合には、センサ位置 a ~ i の距離センサ 44 を用いて基板 40 の表面と流動性膜 42 の表面との距離を調整した後、センサ位置 j ~ q の距離センサ 44 を用いて、基板 40 の表面と流動性膜 42 の表面との距離を調整してもよい。このようにすると、より高精度な平坦化を実現することができる。尚、距離センサ 44 の数及び位置は、要求される平坦性の度合いに応じて最適化すればよい。

ところで、第 1 の実施形態によると、流動性膜 12A の表面の基板 10 の表面からの距離を等しくすることは重要であるが容易ではない。すなわち、第 1 の実施形態によると、基板 10 の表面と押圧部材 13 の押圧面との距離が均一になるように予め設定しておくことにより、流動性膜 12A の表面の基板 10 の表面からの距離を均一にすることはできるが、この方法によると、所定期間毎に、つまり押圧部材 13 の押圧面を所定数の流動性膜 12A に押圧する毎に、基板 10 の表面と押圧部材 13 の押圧面との距離が均一になるように設定しなければならない。

ところが、第 4 の実施形態によると、流動性膜 42 の表面の基板 40 の表面からの距離を常に等しくすることができるので、所定期間毎に基板 40 の表面と押圧部材 43 の押圧面との距離を均一にする作業を省略することができる。

尚、基板 40 の表面と押圧部材 43 の押圧面との距離を均一に調整する工程は、押圧部材 43 により流動性膜 42 を押圧する処理の前、途中又は後のいずれであってもよい。

図 11(a) は、押圧部材 43 の押圧面と、段差層 41 の下側に位置する基板 40 の表面との距離が不均一になった場合の流動性膜 42 の断面状態を示し、図 1

1 (b) は、押圧部材 4 3 の押圧面と基板 4 0 の表面との距離が均一に保たれた場合の流動性膜 4 2 の断面状態を示している。

図 1 1 (a) と図 1 1 (b) との対比から分かるように、押圧部材 4 3 の押圧面と基板 1 0 の表面との距離を均一に保った状態で流動性膜 4 2 を押圧すると、流動性膜 4 2 の基板 4 0 の表面からの距離が均一になった状態で流動性膜 4 2 の表面を平坦化することができる。

(第 5 の実施形態)

以下、第 5 の実施形態に係る半導体装置の製造方法について、図 1 2 (a) 及び (b) を参照しながら説明する。

第 5 の実施形態は、流動性膜 5 2 A に対して光を照射しながら加熱することにより流動性膜 5 2 A を固化する方法である。

図 1 2 (a) に示すように、基板 5 0 の上に段差層 5 1 を介して形成されている流動性膜 5 2 A に対して、光を透過する材料例えば石英よりなり平坦な押圧面を有する押圧部材 5 3 の押圧面を押圧して、流動性膜 5 2 A の表面を平坦化した状態で、流動性膜 5 2 A に光を照射すると共に流動性膜 5 2 A を加熱する。照射する光としては、主として光化学反応により流動性膜 5 2 A を固化する場合には、紫外光又は紫外光よりも波長の短い光を用い、主として熱化学反応により流動性膜 5 2 A を固化する場合には赤外光を用いることが好ましい。

このようにすると、流動性膜 5 2 A は光化学反応又は熱化学反応により固化して、図 1 2 (b) に示すように、固化膜 5 2 B が得られる。

主として光化学反応により流動性膜 5 2 A を固化する方法は、光硬化性樹脂、例えばリソグラフィ技術で用いるフォトレジストのような感光性樹脂膜等に適している。また、主として熱化学反応により流動性膜 5 2 A を固化する方法は、光照射により酸又は塩基を発生する材料を含むと共にベース樹脂が酸又は塩基により固化する化学増幅型材料よりなる有機膜若しくは有機無機混成膜、又は無機膜等に適している。

(第 6 の実施形態)

以下、第 6 の実施形態に係る半導体装置の製造方法について、図 1 3 (a) ～ (f) 、図 1 4 (a) ～ (d) 、図 1 5 (a) ～ (d) 及び図 1 6 (a) ～ (d) を参照しながら

説明する。

まず、図 1 3 (a) に示すように、基板 6 0 の上に層間絶縁膜 6 1 を形成した後、図 1 3 (b) に示すように、回転塗布法又は化学気相蒸着 (CVD) 法により、層間絶縁膜 6 1 の上に、例えばフォトリソグロフの露光光の波長に対応する反射防止効果を有する材料を添加しておくことが好ましい。このようにすると、有機膜 6 2 の下側に反射防止膜を形成する工程を省くことができる。

なお、有機膜 6 2 の代わりに、無機膜又は有機無機複合膜を用いてもよい。例えば、スピン塗布法により形成される SOG 膜等を用いるとよい。特に、約 200° ~ 約 300°C 程度の温度でベーキングすることにより、完全に架橋が進まずに未反応状態が実現されている SOG 膜を用いるとよい。また、近年 Low-k 膜材料としてよく用いられている SOD (Spin-On-Dielectric) 膜を用いてもよい。

次に、図 1 3 (c) に示すように、有機膜 6 2 の上に、配線溝形成用開口部を有する第 1 のレジストパターン 6 3 を形成した後、有機膜 6 2 に対して第 1 のレジストパターン 6 3 をマスクにしてドライエッチングを行なって、図 1 3 (d) に示すように、有機膜 6 2 に配線溝 6 2 a を形成する。このドライエッチング工程においては、酸素ガスと窒素ガスとの混合ガス又は窒素ガスと水素ガスとの混合ガスを主成分とするエッチングガスを用いることができる。

次に、図 1 3 (e) に示すように、スパッタ法により、配線溝 6 2 a の内部を含む有機膜 6 2 の上にバリアメタル層 (図示は省略している) を形成した後、例えばメッキ法によりバリアメタル層の上に、Cu、Ag、Au 又は Pt 等よりなる第 1 の金属膜 6 4 A を堆積する。

次に、図 1 3 (f) に示すように、CMP 法により、第 1 の金属膜 6 4 A における不要な部分、つまり有機膜 6 2 の上に露出している部分を除去して、第 1 の金属膜 6 4 A よりなる埋め込み配線 6 4 B を形成する。

次に、図 1 4 (a) に示すように、ドライエッチングにより有機膜 6 2 を除去して、埋め込み配線 6 4 B を露出させた後、例えば CVD 法により、埋め込み配線

64Bの上に拡散防止膜（図示は省略している）を形成する。尚、有機膜62に対するドライエッチングは、異方性又は等方性のいずれであってもよい。また、拡散防止膜としては、 Si_3N_4 膜、 SiC 膜若しくは SiCN 膜よりなる単層膜、又はこれらの膜と SiCO 膜との積層膜を用いることができる。

次に、図14(b)に示すように、拡散防止膜が形成された埋め込み配線64Bの上に、第1の実施形態と同様、回転塗布法、微視的吹付け法又は回転ローラ法等により、液状又はジェル状の流動性を有する絶縁性物質を供給して流動性膜65Aを形成する。流動性膜65Aの厚さとしては適当に設定することができる。

流動性膜65Aとしては、第1の実施形態において説明したような絶縁膜、つまり、有機膜、無機膜、有機無機混成膜又は多孔質膜等を用いることができる。これらの膜を用いると、通常のシリコン酸化膜を用いる場合よりも低い比誘電率を有する絶縁膜を得ることができるので、100nm以下の微細加工が施された半導体装置に適した膜を実現できる。特に、流動性膜65Aとして多孔質膜を用いると、2以下の極めて低い比誘電率を持つ絶縁膜を実現できる。

次に、図14(c)に示すように、平坦な押圧面を有する押圧部材66の押圧面を流動性膜65Aの表面に当接させた後、図14(d)に示すように、押圧部材66に圧力を加えて流動性膜65Aの表面を平坦化する。つまり、流動性膜65Aの表面の基板61の表面からの高さを全体に亘って均一にする。

次に、図15(a)に示すように、基板60ひいては流動性膜65Aを第1の温度(T_1)に加熱して、絶縁性物質に熱化学反応を起こさせることにより、流動性膜65Aを固化させて、平坦な表面を有する固化膜65Bを形成する。尚、固化工程としては、第1～第4の実施形態におけるいずれかの流動性膜65Aの性質に適した方法を選べばよい。

次に、図15(b)に示すように、第1及び第2の実施形態と同様に、固化膜65Bを第1の温度(T_1)よりも高い第2の温度(T_2)に加熱することにより、固化膜65Bが焼成されてなり平坦な表面を有する焼成膜65Cを形成する。次に、焼成膜65Cの温度を約100℃から室温程度までの温度範囲に下げた後、図15(c)に示すように、押圧部材66を焼成膜65Cから離脱させると共に焼成膜65Cの温度を最終的に室温に下げる。このようにすると、図15(d)に

示すように、平坦な表面を有する焼成膜 6 5 C が得られる。尚、焼成膜 6 5 C の厚さを薄くしたい場合には、焼成膜 6 5 C に対して CMP 法又はエッチバック処理を行なう。

次に、図 1 6 (a) に示すように、焼成膜 6 5 C の上に、ヴィアホール形成用の開口部を有する第 2 のレジストパターン 6 7 を形成した後、焼成膜 6 5 C に対して第 2 のレジストパターン 6 7 をマスクにドライエッチングを行なって、図 1 6 (b) に示すように、焼成膜 6 5 C にヴィアホール 6 8 を形成する。尚、このドライエッチング工程においては、例えば CF_4 ガス又は CHF_3 ガスのようにフッ素を含むエッチングガスを用いることができる。その後、埋め込み配線 6 4 B の上に形成されている拡散防止膜（図示は省略している）に対してドライエッチングを行なって、埋め込み配線 6 4 B を露出させる。

次に、図 1 6 (c) に示すように、スパッタ法又は CVD 法により、ヴィアホール 6 8 の内部を含む焼成膜 6 5 C の上に全面に亘って Ta 又は TaN よりなるバリアメタル層（図示は省略している）を堆積した後、例えばメッキ法により、バリアメタル層の上に例えば銅よりなる第 2 の金属膜 6 9 A を堆積する。第 2 の金属膜 6 9 A をメッキ法により堆積する場合には、スパッタ法によりバリアメタル層の上にシード（種）層を形成した後、該シード層を種として第 2 の金属膜 6 9 A を成長させることが好ましい。尚、第 2 の金属膜 6 9 A は、メッキ法に代えて CVD 法等により堆積することができると共に、銅に代えて銀、金又はプラチナ等を用いることができる。これらの金属は、メッキ法による堆積が容易であると共に抵抗率が低いので好ましい。

次に、CMP 法により、第 2 の金属膜 6 9 A の不要な部分、つまり焼成膜 6 5 C の上に露出している部分を除去すると、第 2 の金属膜 6 9 A よりなる埋め込みプラグ 6 9 B が得られる。

第 6 の実施形態によると、グローバル段差を有しない焼成膜 6 5 C を形成することができるため、絶縁膜における局所的なストレスの集中を緩和できるので、多層配線の信頼性を向上させることができる。また、平坦な表面を有する焼成膜 6 5 C が得られるため、リソグラフィ技術により焼成膜 6 5 C の上にマスクパターンを形成する場合に、段差に起因する焦点深度マージンの低下を抑制すること

ができる。このため、従来に比べて、加工マージン（プロセスウインドウ）を著しく増大できるので、高精度な半導体装置を製造することができる。

尚、第6の実施形態においては、脱ガスが多い固化膜65Bを焼成する場合には、第1の実施形態の焼成工程よりも第2の実施形態の焼成工程を用いる方が有効となる。通常の場合、プリベークにより流動性膜65A中の残留溶媒濃度を制御できるため、焼成工程における脱ガスはほとんど無いが、流動性膜65Aの組成によっては比較的高温で加熱される焼成工程において脱ガス量が多い場合がある。このような場合には、第1の実施形態の焼成工程を用いると、焼成膜の均一性又は安定性に問題が生じるため、第2の実施形態の焼成工程を用いることが好ましい。

特に、焼成膜65Cが多孔質膜である場合に、第2の実施形態の焼成工程の効果が発揮される。多孔質膜の場合、固化工程における第1の温度（ T_1 ）での加熱工程において、固化膜65Bの基本骨格の構造がほとんど形成され、次の焼成工程における第2の温度（ T_2 ）での加熱工程において、空孔を形成するために添加されていた空孔形成用の物質が蒸発するため、押圧部材66を固化膜65Bから離脱させた状態で焼成を行なう第2の実施形態の焼成工程が適している。もっとも、多孔質膜であっても、固化工程において、膜の基本骨格の形成と共に空孔形成用の物質の蒸発を行なうような材質を用いる場合には、第1の実施形態の焼成工程を用いても良好な焼成膜65Cが得られる。

尚、第6の実施形態においては、焼成膜65Cを半導体装置の絶縁膜として用いるため、固化工程での加熱温度（第1の温度）は約 150°C ～ 300°C が好ましく、焼成工程での加熱温度（第2の温度）は約 350°C ～ 450°C が好ましい。

（第7の実施形態）

以下、第7の実施形態に係る半導体装置の製造方法について、図17(a)～(f)、図18(a)～(d)、図19(a)～(d)及び図20(a)～(d)を参照しながら説明する。

まず、図17(a)に示すように、基板70の上に層間絶縁膜71を形成した後、図17(b)に示すように、回転塗布法又は化学気相蒸着（CVD）法により、

層間絶縁膜 7 1 の上に、例えばフォトレジスト膜又は有機 l o w - k 膜等よりなる有機膜 7 2 を形成する。

なお、有機膜 7 2 の代わりに、無機膜又は有機無機複合膜を用いてもよい。例えば、スピンドット法により形成される S O G 膜等を用いるとよい。特に、約 2 0 0 ° ~ 約 3 0 0 ° C 程度の温度でベーキングすることにより、完全に架橋が進まずに未反応状態が実現されている S O G 膜を用いるとよい。また、近年 L o w - k 膜材料としてよく用いられている S O D (S p i n - O n - D i e l e c t r i c) 膜を用いてもよい。

次に、図 1 7 (c) に示すように、有機膜 7 2 の上に、ビアホール形成用開口部を有する第 1 のレジストパターン 7 3 を形成した後、有機膜 7 2 に対して第 1 のレジストパターン 7 3 をマスクにしてドライエッチングを行なって、図 1 7 (d) に示すように、有機膜 7 2 にビアホール 7 2 a を形成する。

次に、図 1 7 (e) に示すように、スパッタ法により、ビアホール 7 2 a の内部を含む有機膜 7 2 の上にバリアメタル層（図示は省略している）を形成した後、例えばメッキ法によりバリアメタル層の上に、C u 、 A g 、 A u 又は P t 等よりなる第 1 の金属膜 7 4 A を堆積する。

次に、図 1 7 (f) に示すように、CMP 法により、第 1 の金属膜 7 4 A における不要な部分、つまり有機膜 7 2 の上に露出している部分を除去して、第 1 の金属膜 7 4 A よりなる埋め込みプラグ 7 4 B を形成する。

次に、図 1 8 (a) に示すように、ドライエッチングにより有機膜 7 2 を除去して、埋め込みプラグ 7 4 B を露出させた後、例えば C V D 法により、埋め込みプラグ 7 4 B の上に拡散防止膜（図示は省略している）を形成する。

次に、図 1 8 (b) に示すように、拡散防止膜が形成された埋め込みプラグ 7 4 B の上に、第 1 の実施形態と同様、回転塗布法、微視的吹付け法又は回転ローラ法等により、液状又はジェル状の流動性を有する絶縁性物質を供給して流動性膜 7 5 A を形成する。流動性膜 7 5 A としては、第 1 の実施形態において説明したような絶縁膜、つまり、有機膜、無機膜、有機無機混成膜又は多孔質膜等を用いることができる。

次に、図 1 8 (c) に示すように、平坦な押圧面を有する押圧部材 7 6 の押圧面

を流動性膜 75 A の表面に当接させた後、図 18 (d) に示すように、押圧部材 76 に圧力を加えて流動性膜 75 A の表面を平坦化する。

次に、図 19 (a) に示すように、基板 70 については流動性膜 75 A を第 1 の温度 (T_1) に加熱して、絶縁性物質に熱化学反応を起こさせることにより、流動性膜 75 A を固化させて、平坦な表面を有する固化膜 75 B を形成する。尚、固化工程としては、第 1 ～ 第 4 の実施形態におけるいずれかの流動性膜 75 A の性質に適した方法を選べばよい。

次に、図 19 (b) に示すように、第 1 及び第 2 の実施形態と同様に、固化膜 75 B を第 1 の温度 (T_1) よりも高い第 2 の温度 (T_2) に加熱することにより、固化膜 75 B が焼成されてなり平坦な表面を有する焼成膜 75 C を形成する。次に、焼成膜 75 C の温度を約 100°C から室温程度までの温度範囲に下げた後、図 19 (c) に示すように、押圧部材 76 を焼成膜 75 C から離脱させると共に焼成膜 75 C の温度を最終的に室温に下げる。このようにすると、図 19 (d) に示すように、平坦な表面を有する焼成膜 75 C が得られる。

次に、図 20 (a) に示すように、焼成膜 75 C の上に、配線溝形成用の開口部を有する第 2 のレジストパターン 77 を形成した後、焼成膜 75 C に対して第 2 のレジストパターン 77 をマスクにドライエッチングを行なって、図 20 (b) に示すように、焼成膜 75 C に配線溝 78 を形成する。その後、埋め込みプラグ 74 B の上に形成されている拡散防止膜 (図示は省略している) に対してドライエッチングを行なって、埋め込みプラグ 74 B を露出させる。

次に、図 20 (c) に示すように、スパッタ法又は CVD 法により、配線溝 78 の内部を含む焼成膜 75 C の上に全面に亘って Ta または TaN よりなるバリアメタル層 (図示は省略している) を堆積した後、例えばメッキ法により、バリアメタル層の上に例えば銅よりなる第 2 の金属膜 79 A を堆積する。

次に、CMP 法により、第 2 の金属膜 79 A の不要な部分、つまり焼成膜 75 C の上に露出している部分を除去すると、第 2 の金属膜 79 A よりなる埋め込み配線 79 B が得られる。

第 7 の実施形態によると、グローバル段差を有しない焼成膜 75 C を形成することができるため、絶縁膜における局所的なストレスの集中を緩和できるので、

多層配線の信頼性を向上させることができる。また、平坦な表面を有する焼成膜 75℃が得られるため、リソグラフィ技術により焼成膜 75℃の上にマスクパターンを形成する場合に、段差に起因する焦点深度マージンの低下を抑制することができる。このため、従来に比べて、加工マージン（プロセスウインドウ）を著しく増大できるので、高精度な半導体装置を製造することができる。

尚、第7の実施形態においては、焼成膜 75℃を半導体装置の絶縁膜として用いるため、固化工程での加熱温度（第1の温度）は約 150℃～300℃が好ましく、焼成工程での加熱温度（第2の温度）は約 350℃～450℃が好ましい。

産業上の利用の可能性

本発明は半導体装置の製造方法に有用である。

請 求 の 範 囲

1. 基板の上に流動性を有する絶縁性物質よりなる流動性膜を形成する工程と、

押圧部材の平坦な押圧面を前記流動性膜に押圧して前記流動性膜の表面を平坦化する工程と、

前記押圧面を前記流動性膜に押圧した状態で前記流動性膜を第1の温度に加熱して表面が平坦化されている前記流動性膜を固化することにより、表面が平坦な固化膜を形成する工程と、

表面が平坦な前記固化膜を前記第1の温度よりも高い第2の温度に加熱して前記固化膜を焼成することにより、表面が平坦な焼成膜を形成する工程とを備えていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

2. 基板上に形成された露出した埋め込み配線の上を含む前記基板の上に流動性を有する絶縁性物質よりなる流動性膜を形成する工程と、

押圧部材の平坦な押圧面を前記流動性膜に押圧して前記流動性膜の表面を平坦化する工程と、

前記押圧面を前記流動性膜に押圧した状態で前記流動性膜を第1の温度に加熱して、表面が平坦化されている前記流動性膜を固化することにより、表面が平坦な固化膜を形成する工程と、

表面が平坦な前記固化膜を前記第1の温度よりも高い第2の温度に加熱して前記固化膜を焼成することにより、表面が平坦な焼成膜を形成する工程と、

前記焼成膜にビアホールを形成した後、前記ビアホールに金属材料を埋め込んで、少なくとも前記配線と連通する埋め込みプラグを形成する工程とを備えていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

3. 基板上に形成された露出した埋め込みプラグの上を含む前記基板の上に流動性を有する絶縁性物質よりなる流動性膜を形成する工程と、

押圧部材の平坦な押圧面を前記流動性膜に押圧して前記流動性膜の表面を平坦化する工程と、

前記押圧面を前記流動性膜に押圧した状態で前記流動性膜を第 1 の温度に加熱して、表面が平坦化されている前記流動性膜を固化することにより、表面が平坦な固化膜を形成する工程と、

表面が平坦な前記固化膜を前記第 1 の温度よりも高い第 2 の温度に加熱して前記固化膜を焼成することにより、表面が平坦な焼成膜を形成する工程と、

前記焼成膜における配線溝を形成した後、前記配線溝に金属材料を埋め込んで、少なくとも前記プラグと連通する埋め込み配線を形成する工程とを備えていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

4. 請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項において、

前記第 1 の温度は約 150℃～約 300℃であることを特徴とする半導体装置の製造方法。

5. 請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項において、

前記第 2 の温度は約 350℃～約 450℃であることを特徴とする半導体装置の製造方法。

6. 請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項において、

前記流動性を有する絶縁性物質は、液状又はジェル状であることを特徴とする半導体装置の製造方法。

7. 請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項において、

前記流動性膜を形成する工程は、回転している前記基板の上に前記流動性を有する絶縁性物質を供給することにより前記流動性膜を形成する工程を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

8. 請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項において、

前記流動性膜を形成する工程は、前記基板の上に前記流動性を有する絶縁性物質を供給した後、前記基板を回転することにより前記流動性膜を形成する工程を

含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

9. 請求項1～3のいずれか1項において、
前記流動性膜を形成する工程は、回転している前記基板の上に前記流動性を有する絶縁性物質をシャワー状又はスプレー状に供給することにより前記流動性膜を形成する工程を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

10. 請求項1～3のいずれか1項において、
前記流動性膜を形成する工程は、微小な噴射口を有するノズルと前記基板とを平面方向に相対移動させながら、前記流動性を有する絶縁性物質を前記噴射口から前記基板の上に供給することにより前記流動性膜を形成する工程を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

11. 請求項1～3のいずれか1項において、
前記流動性膜を形成する工程は、ローラの表面に付着した前記流動性を有する絶縁性物質を前記ローラを回転しながら前記基板の上に供給することにより前記流動性膜を形成する工程を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

12. 請求項1～3のいずれか1項において、
前記流動性膜を形成する工程と前記流動性膜の表面を平坦化する工程との間に、前記流動性膜の周縁部を選択的に除去する工程をさらに備えることを特徴とする半導体装置の製造方法。

13. 請求項12において、
前記流動性膜の周縁部を選択的に除去する工程は、前記流動性膜を回転させながら前記流動性膜の周縁部に、前記流動性を有する絶縁性物質を溶解させる溶液を供給することにより行なわれることを特徴とする半導体装置の製造方法。

14. 請求項12において、

前記流動性膜の周縁部を選択的に除去する工程は、前記流動性膜の周縁部に光を照射して改質した後、改質された前記周縁部を除去することにより行なわれることを特徴とする半導体装置の製造方法。

15. 請求項1～3のいずれか1項において、

前記流動性膜の表面を平坦化する工程は、前記基板の表面と前記押圧面との間の複数の距離を測定すると共に、前記複数の距離が等しくなるように前記押圧面により前記流動性膜を押圧する工程を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

16. 請求項1～3のいずれか1項において、

前記流動性膜の表面を平坦化する工程は、前記基板が載置されているステージの表面と前記押圧面との間の複数の距離を測定すると共に、前記複数の距離が等しくなるように前記押圧面により前記流動性膜を押圧する工程を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

17. 請求項15又は16において、

前記複数の距離を測定する工程は、測定部位における単位面積当たりの静電容量を計測することにより行なわれることを特徴とする半導体装置の製造方法。

18. 請求項1～3のいずれか1項において、

前記押圧部材の押圧面は疎水性を有していることを特徴とする半導体装置の製造方法。

19. 請求項1～3のいずれか1項において、

前記流動性を有する絶縁性物質は光硬化性樹脂であり、

前記固化膜を形成する工程は、前記流動性膜に光を照射する工程を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

20. 請求項1～3のいずれか1項において、

前記流動性を有する絶縁性物質は、有機材料、無機材料、有機無機混成材料、光硬化性樹脂又は感光性樹脂であることを特徴とする半導体装置の製造方法。

21. 請求項1～3のいずれか1項において、

前記焼成膜を形成する工程は、前記押圧面を前記固化膜に押圧した状態で前記固化膜を前記第2の温度に加熱する工程を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

22. 請求項1～3のいずれか1項において、

前記焼成膜を形成する工程は、前記押圧面を前記固化膜から離脱させた状態で前記固化膜を前記第2の温度に加熱する工程を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

23. 請求項1～3のいずれか1項において、

前記焼成膜は多孔質膜であることを特徴とする半導体装置の製造方法。

24. 請求項1～3のいずれか1項において、

前記焼成膜の比誘電率は約4以下であることを特徴とする半導体装置の製造方法。

25. 請求項2において、

前記流動性膜を形成する工程よりも前に、

前記基板上に形成された有機膜中に埋め込み配線を形成した後に、前記有機膜を除去することにより、前記基板上に形成された露出した前記埋め込み配線を形成する工程をさらに備えることを特徴とする半導体装置の製造方法。

26. 請求項3において、

前記流動性膜を形成する工程よりも前に、

前記基板上に形成された有機膜中に埋め込みプラグを形成した後に、前記有機膜を除去することにより、前記基板上に形成された露出した前記埋め込みプラグを形成する工程をさらに備えることを特徴とする半導体装置の製造方法。

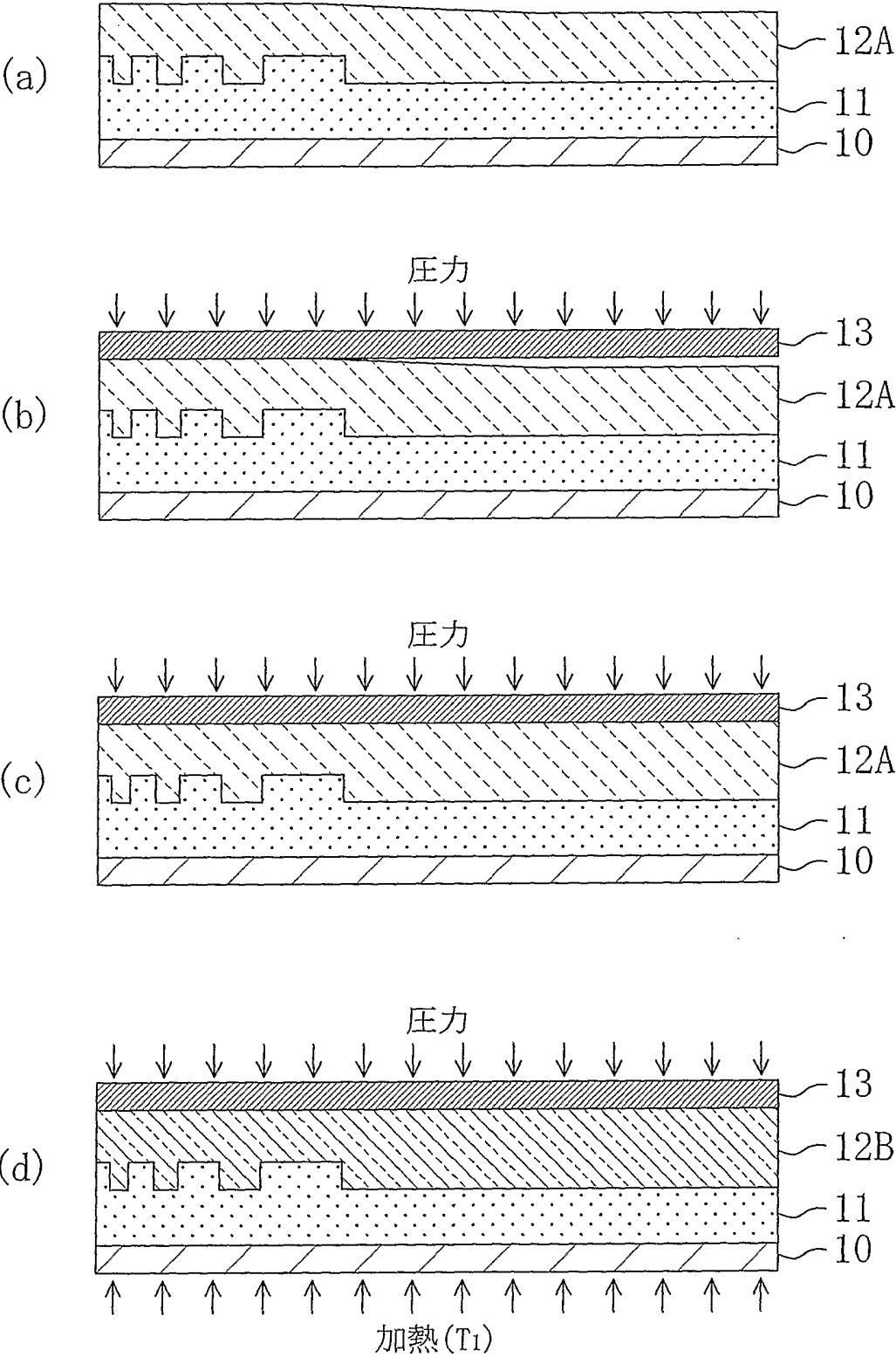
27. 請求項25又は26において、

前記埋め込み配線又は前記埋め込みプラグを形成する工程における前記有機膜の除去は、ウェットエッチングにより行なわれることを特徴とする半導体装置の製造方法。

28. 請求項25又は26において、

前記埋め込み配線又は前記埋め込みプラグを形成する工程における前記有機膜の除去は、ドライエッチングにより行なわれることを特徴とする半導体装置の製造方法。

FIG. 1



2/22

FIG. 2

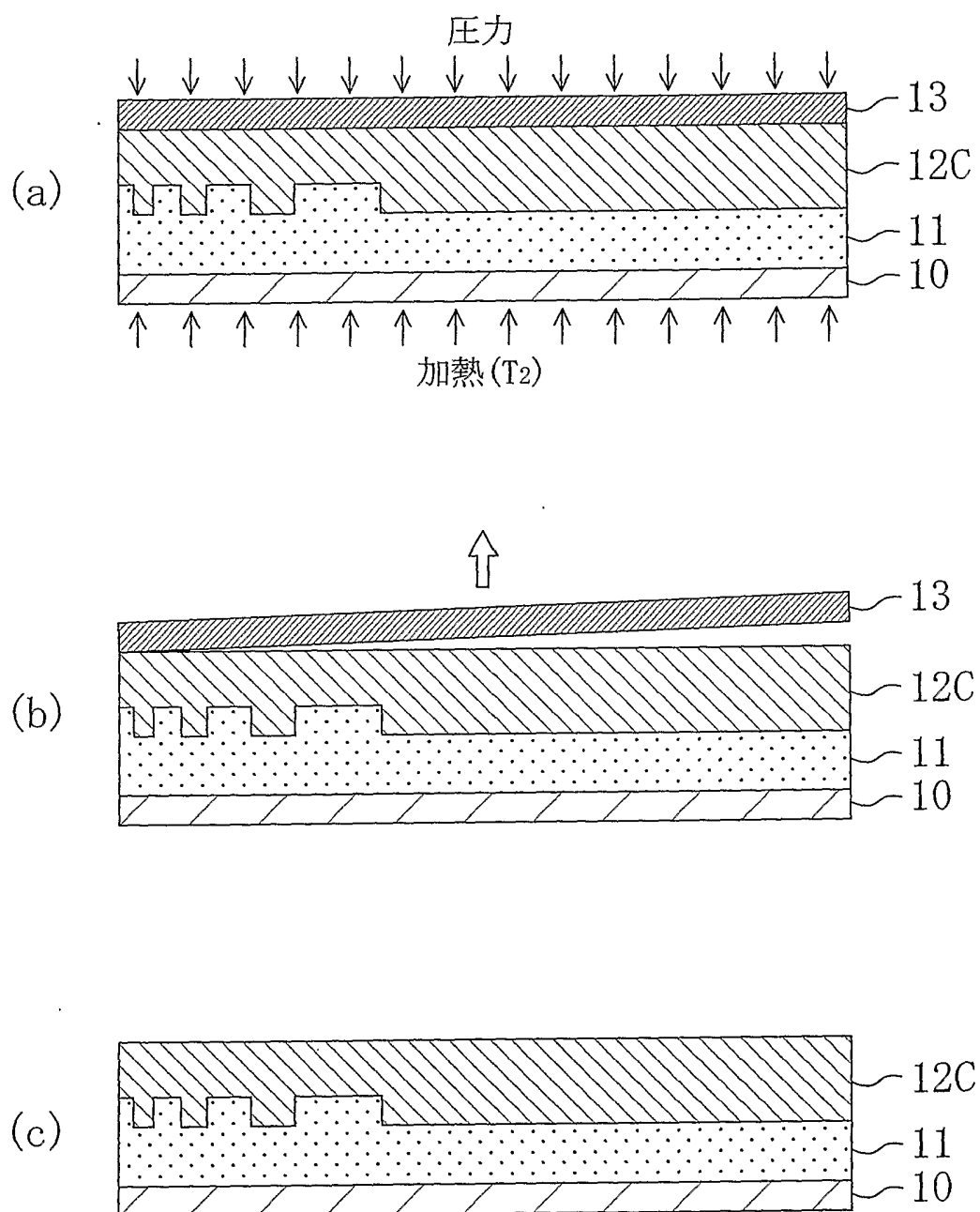
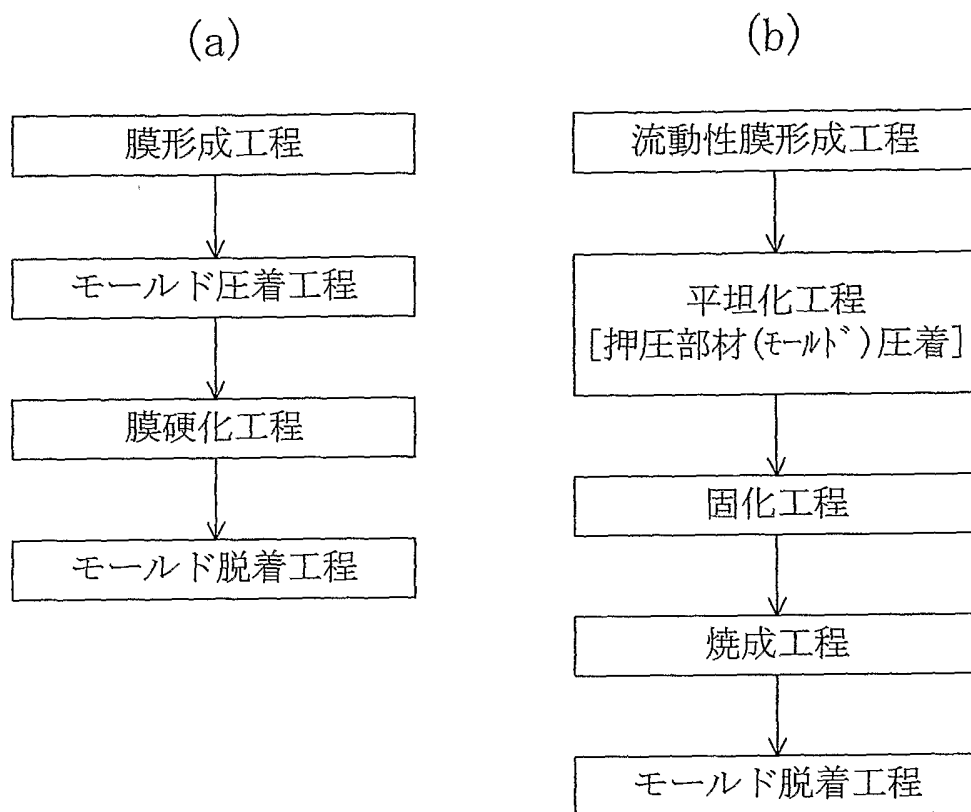
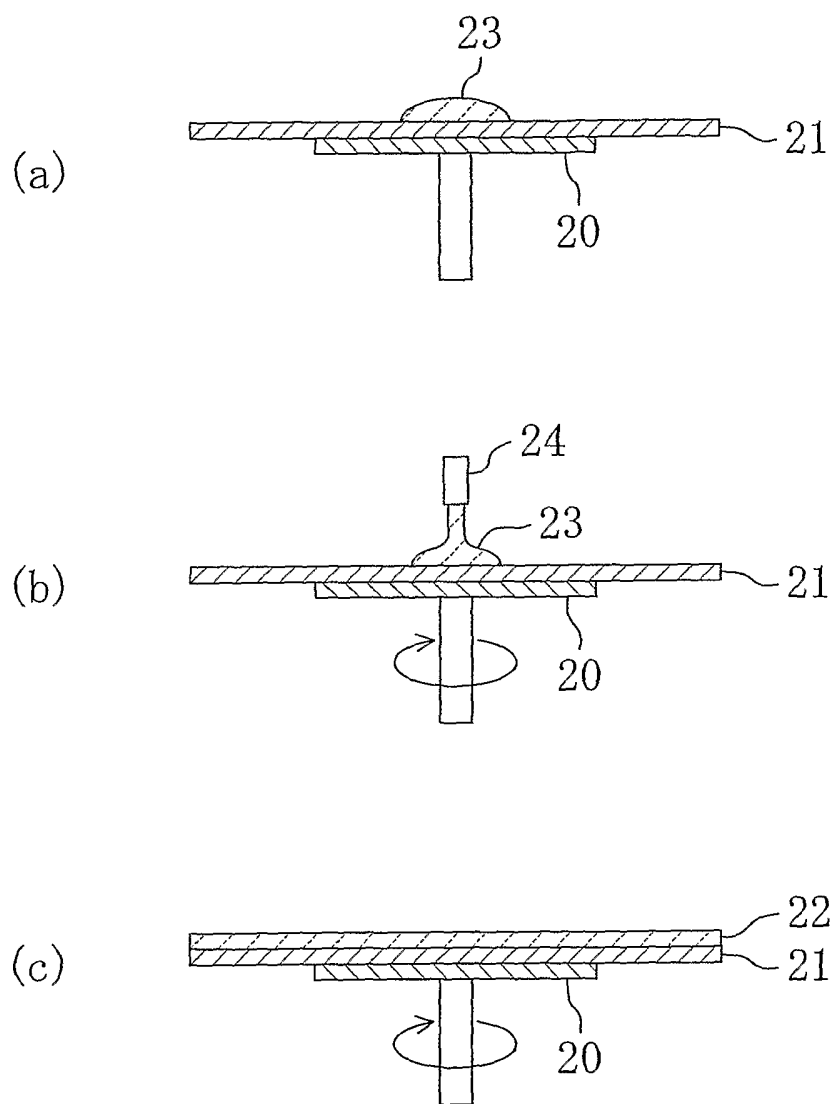


FIG. 3



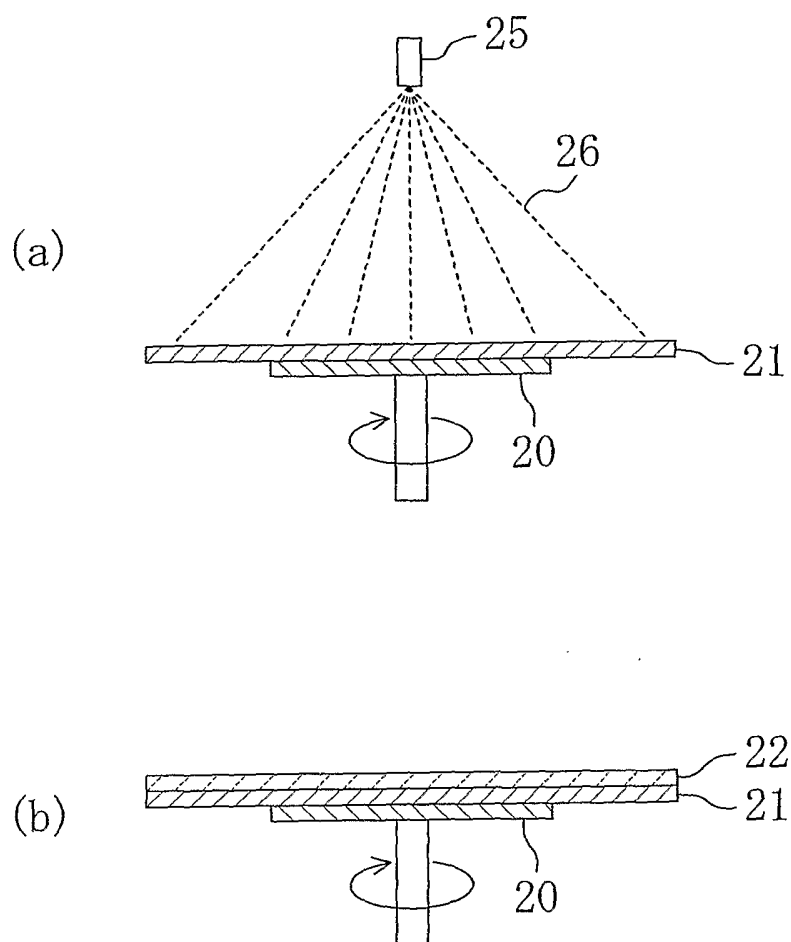
4/22

FIG. 4



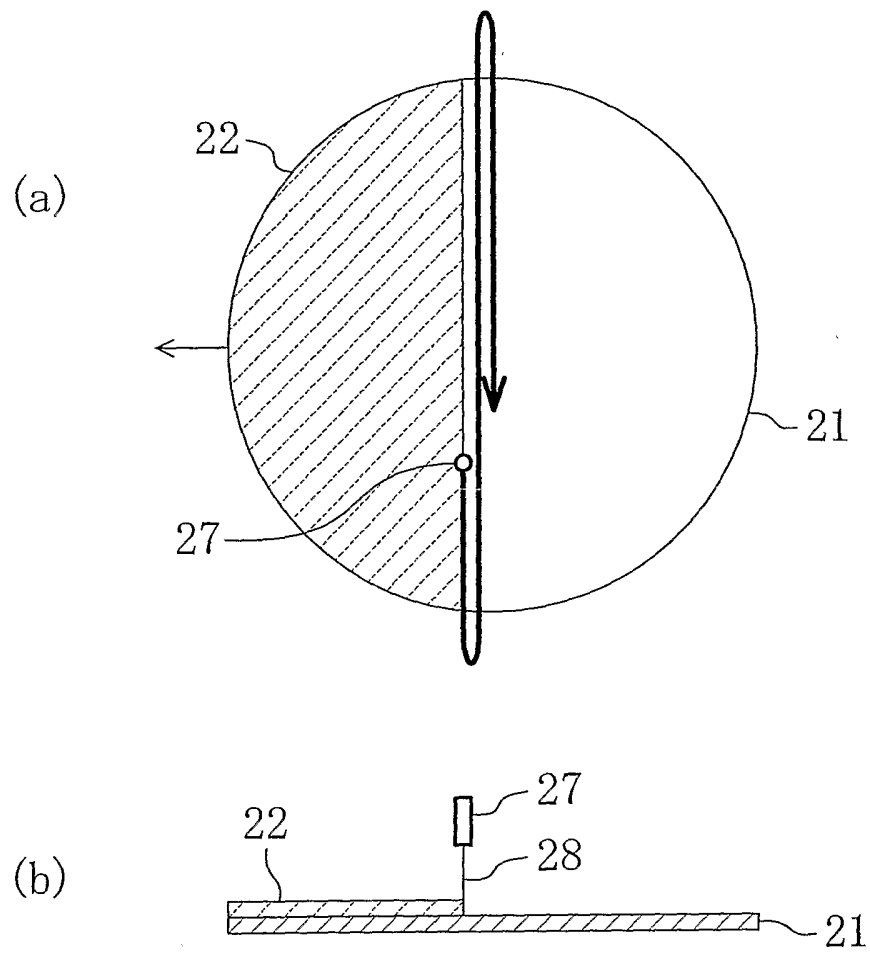
5/22

FIG. 5



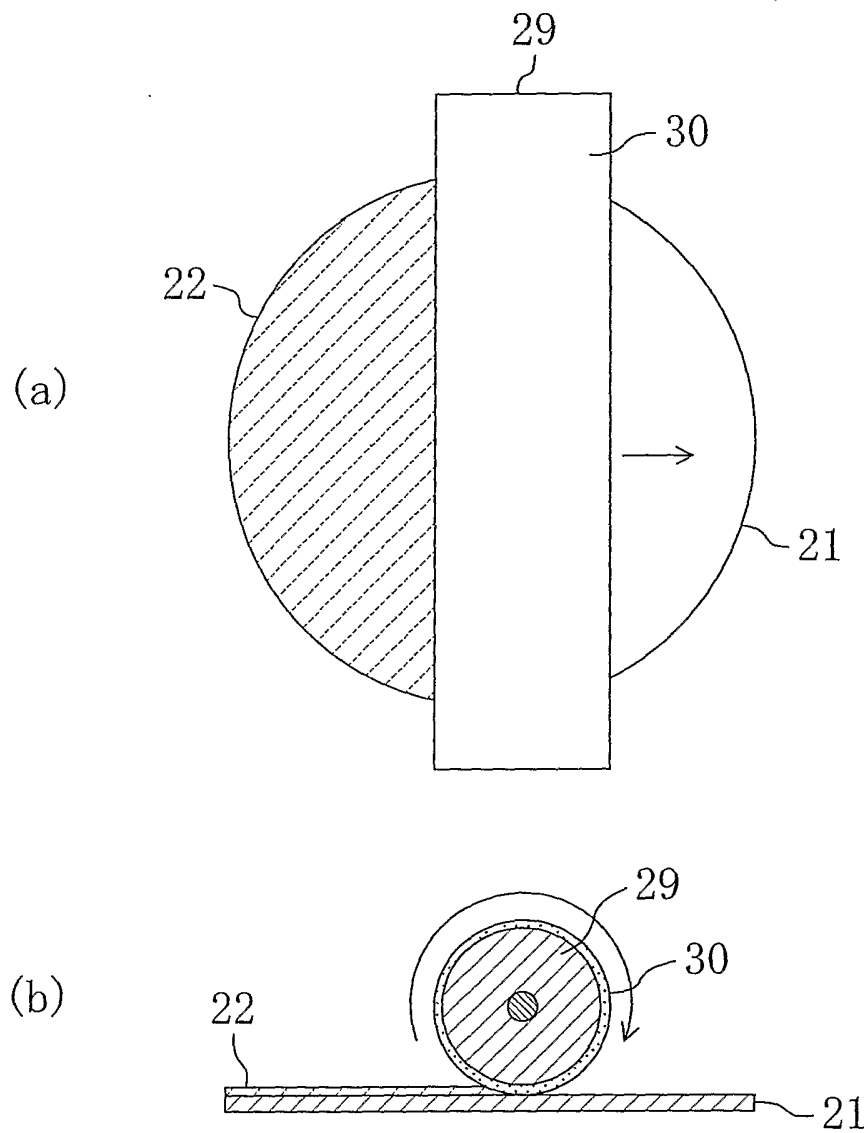
6/22

FIG. 6



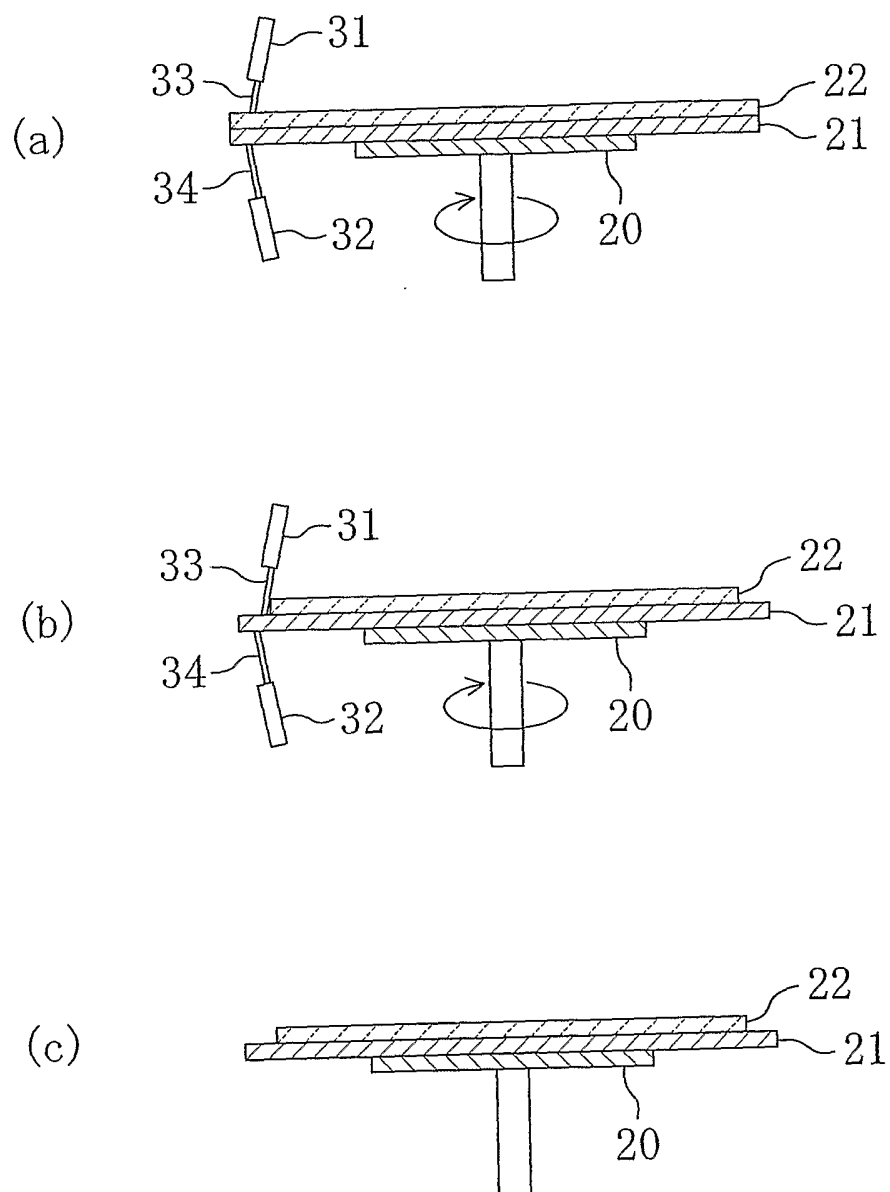
7/22

FIG. 7



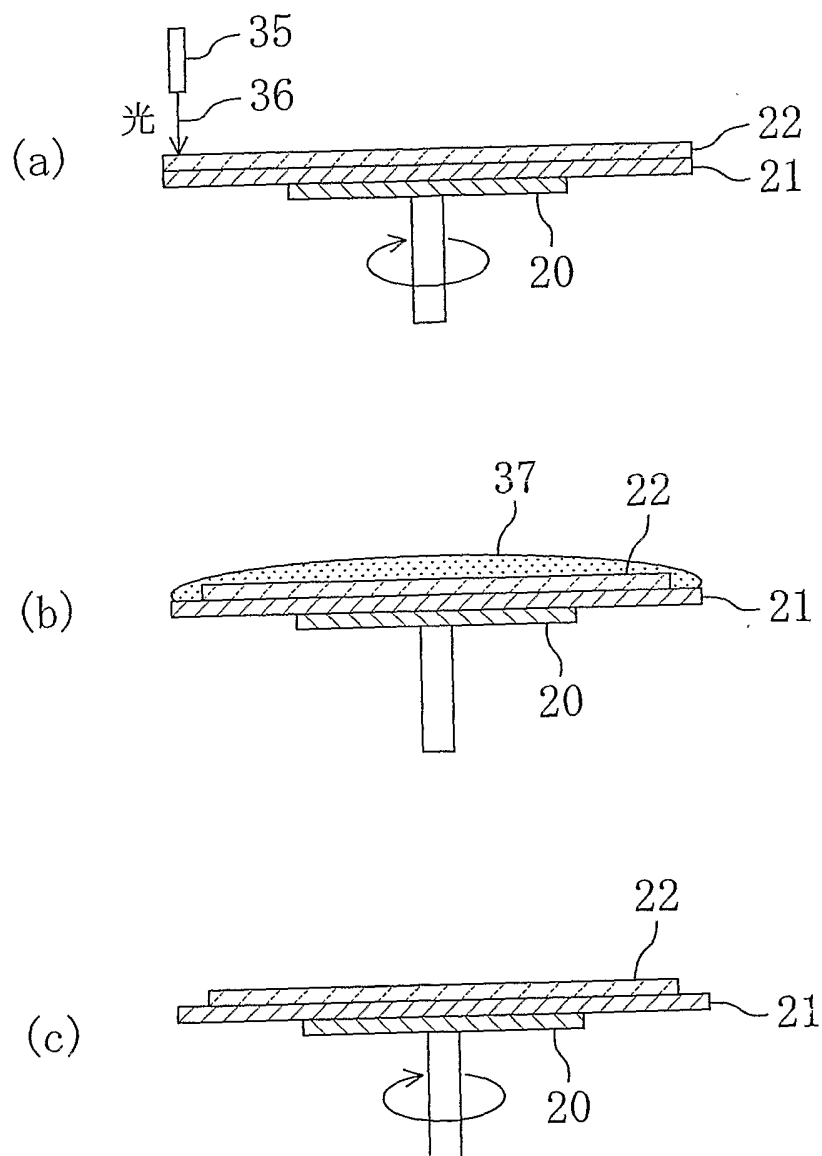
8/22

FIG. 8



9/22

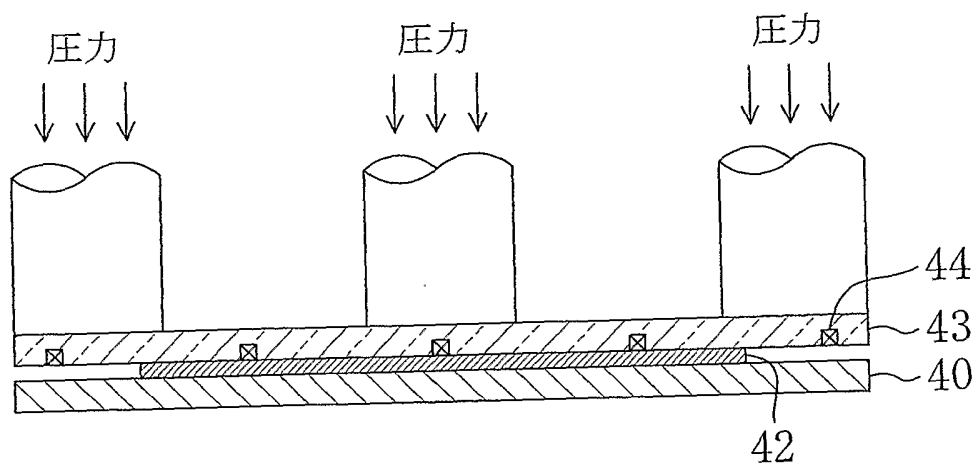
FIG. 9



10/22

FIG. 10

(a)



(b)

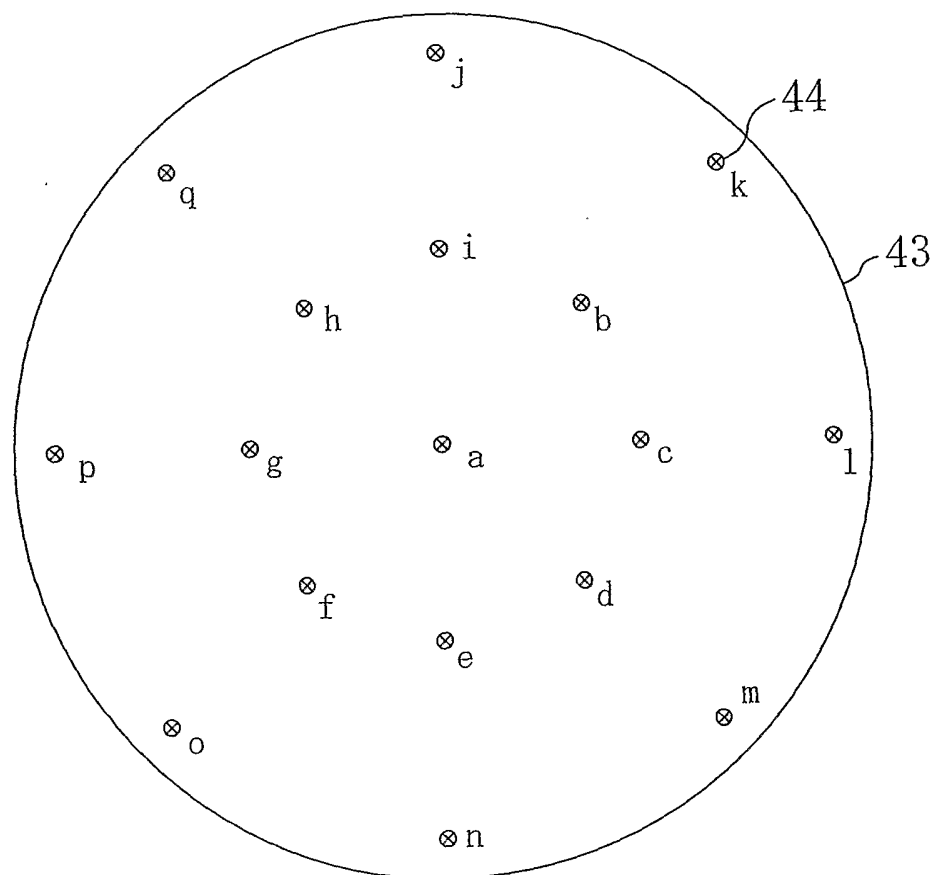


FIG. 11

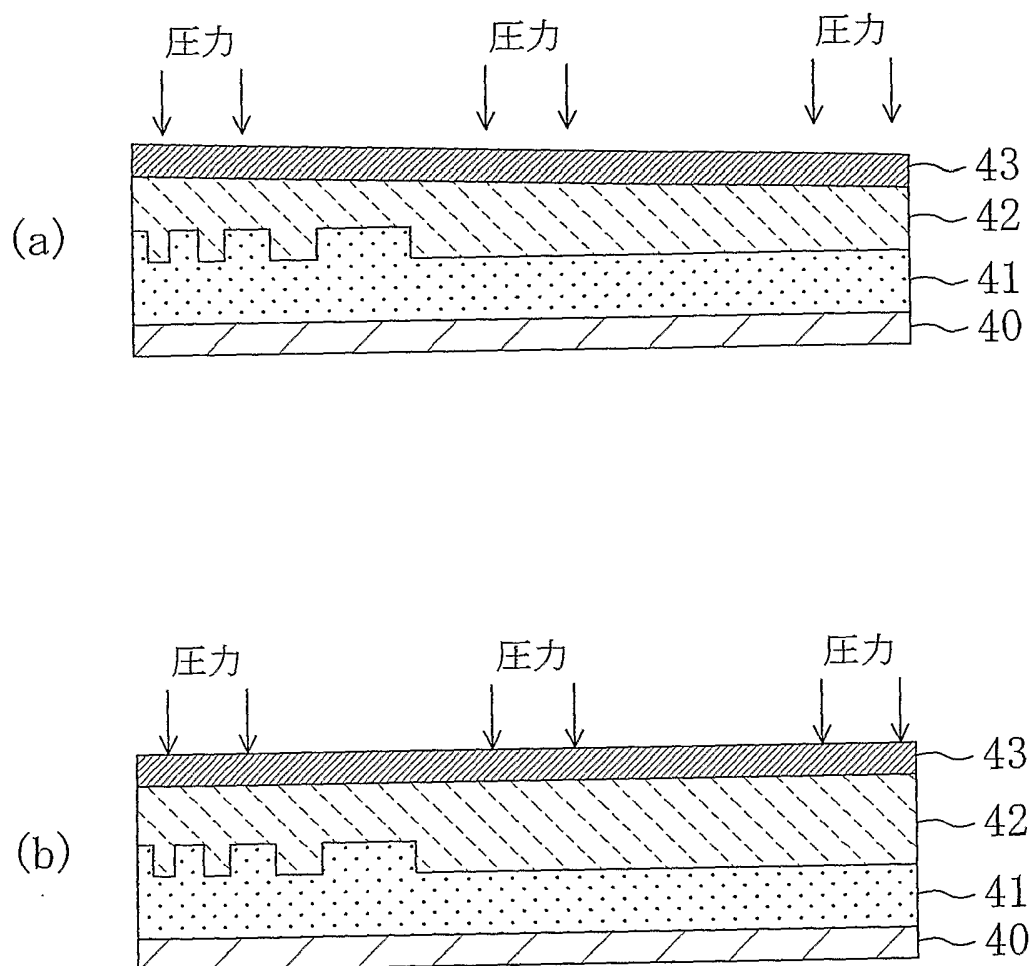


FIG. 12

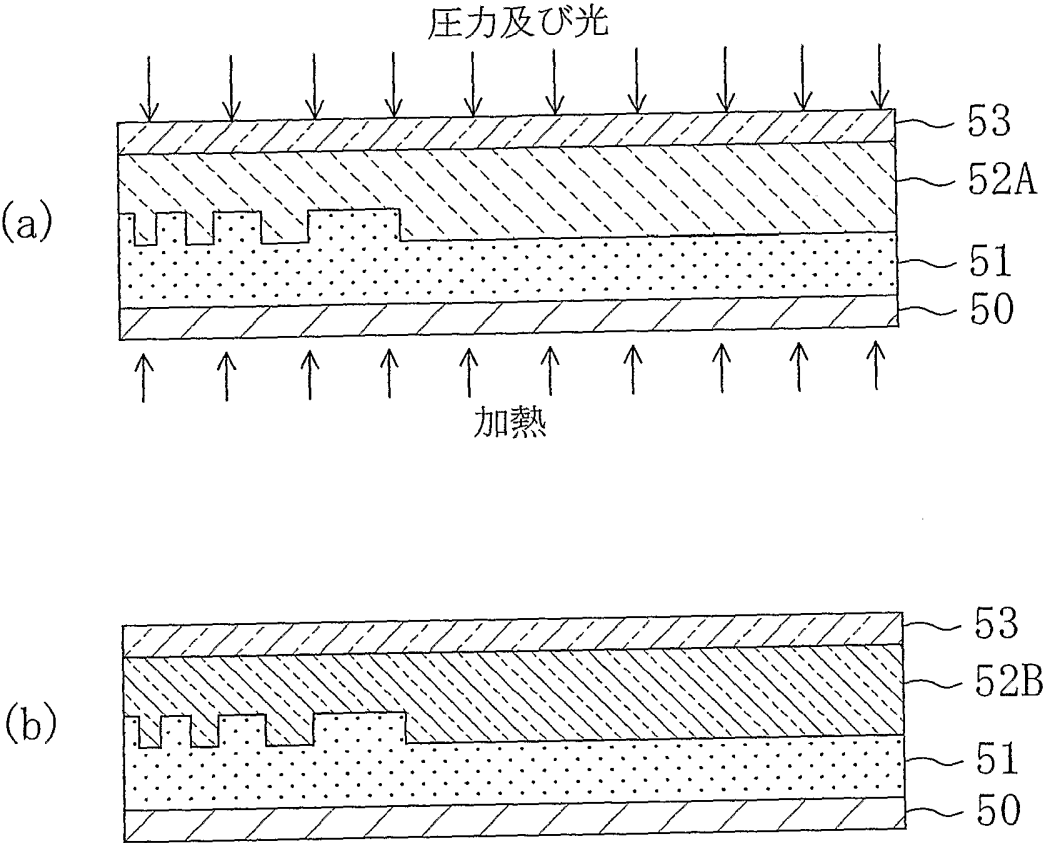


FIG. 13

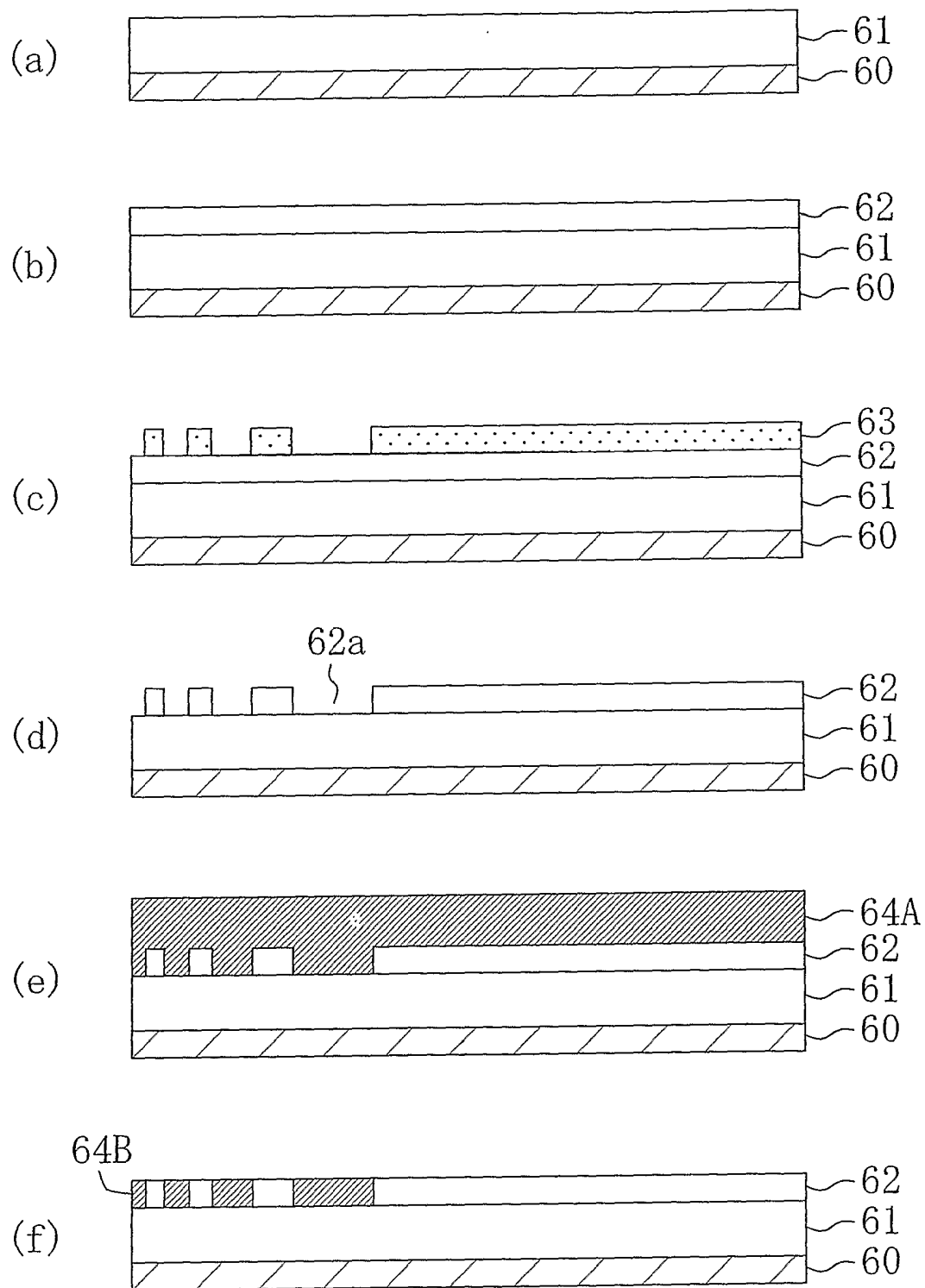
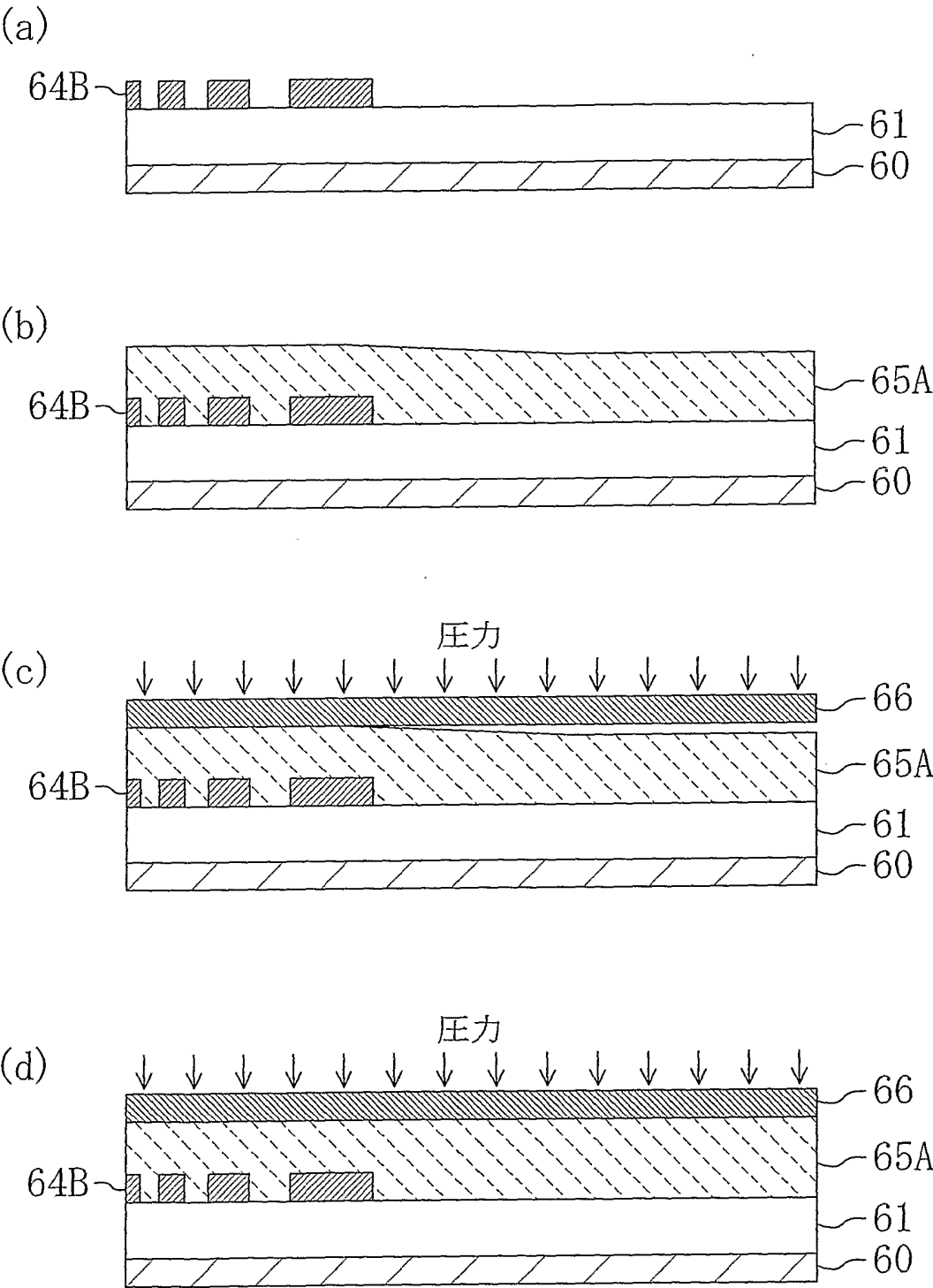
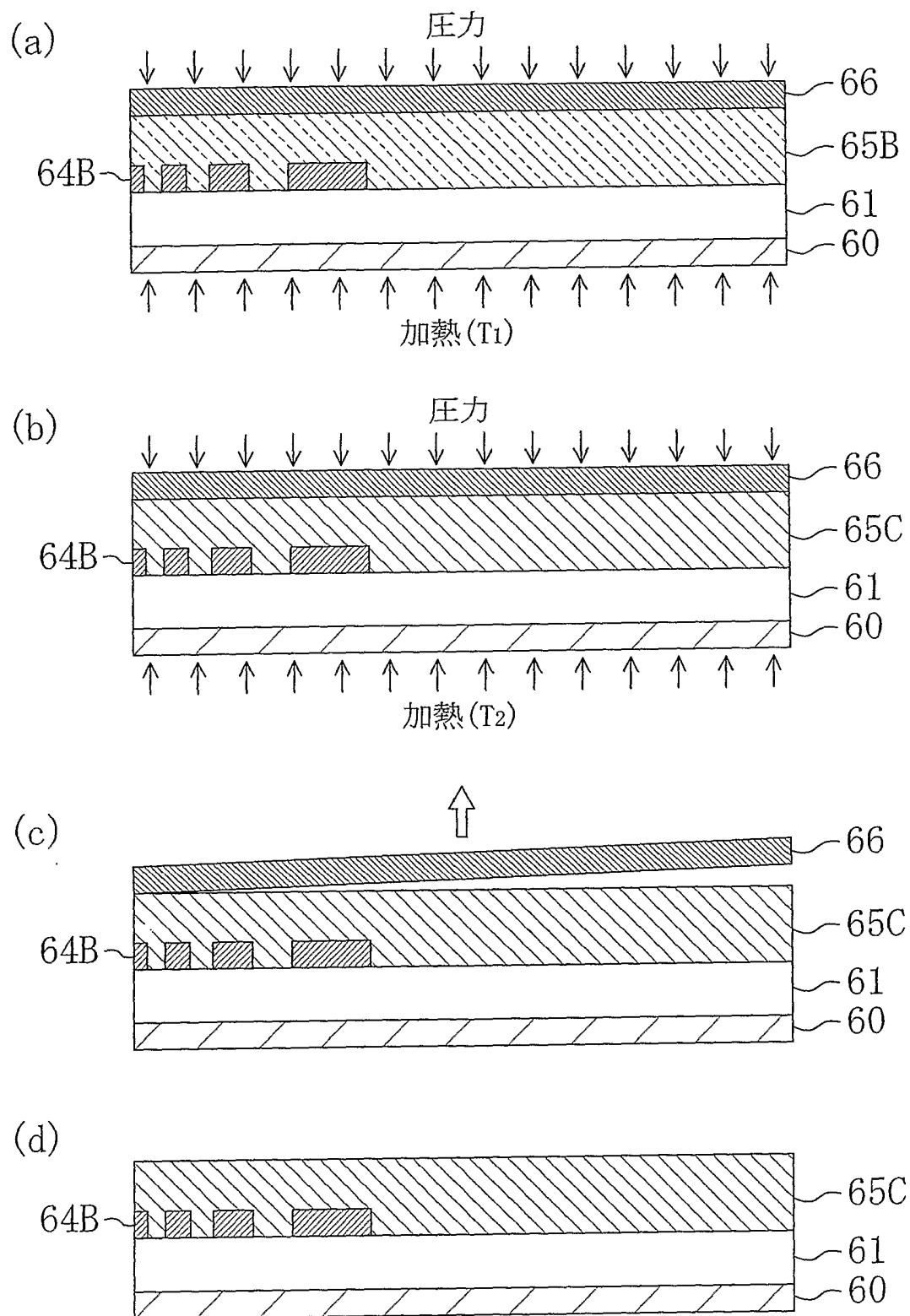


FIG. 14



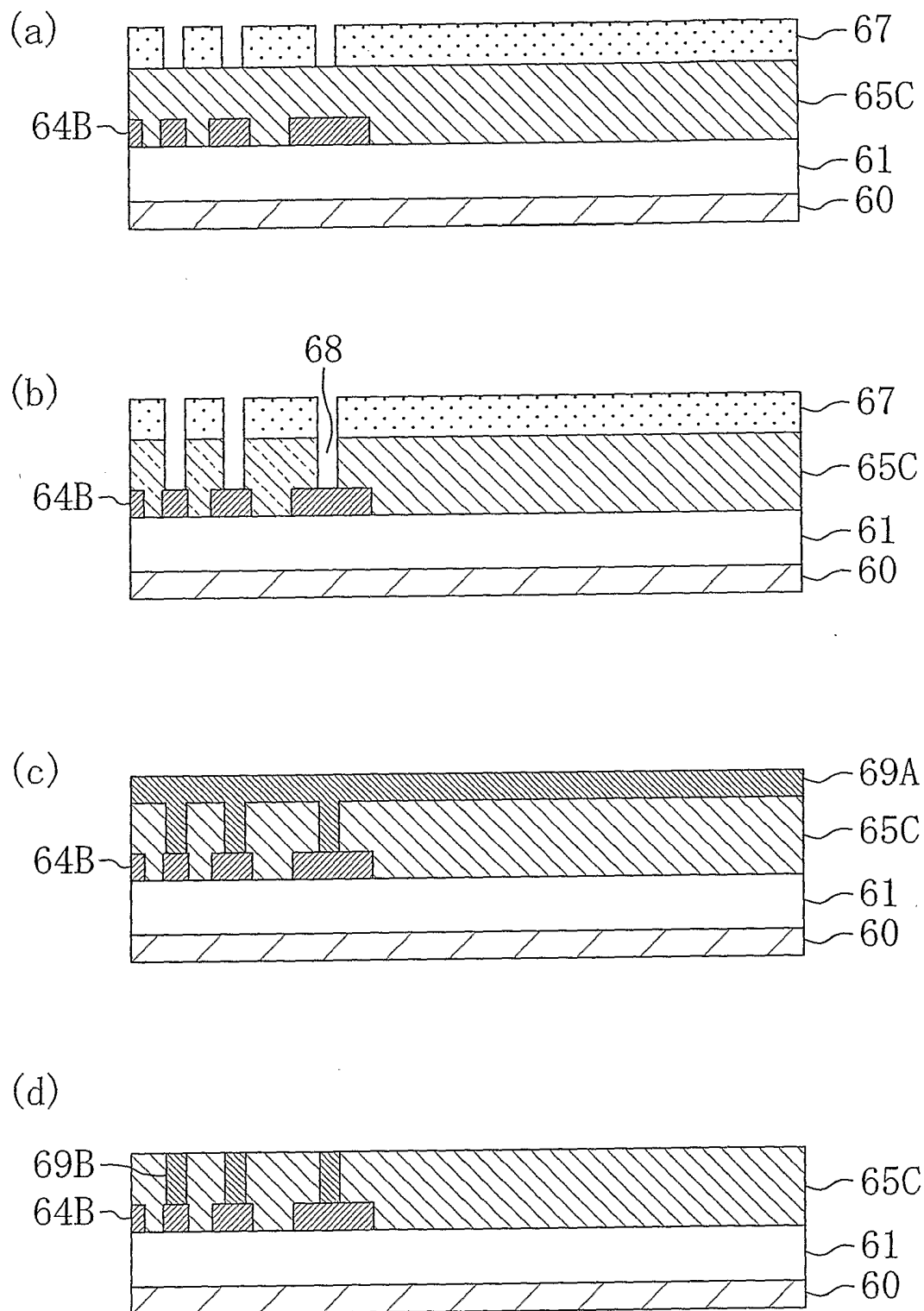
15/22

FIG. 15



16/22

FIG. 16



17/22

FIG. 17

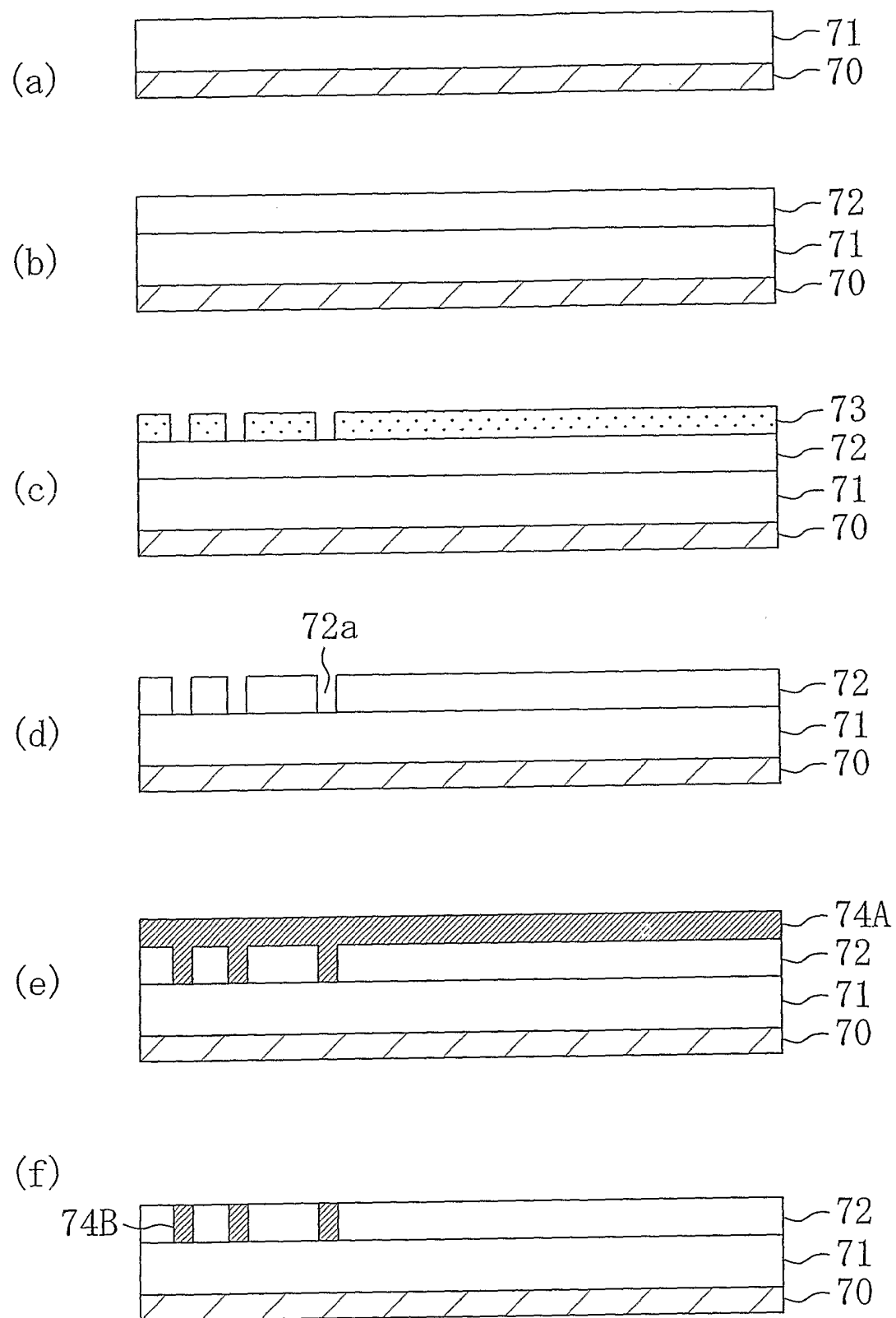
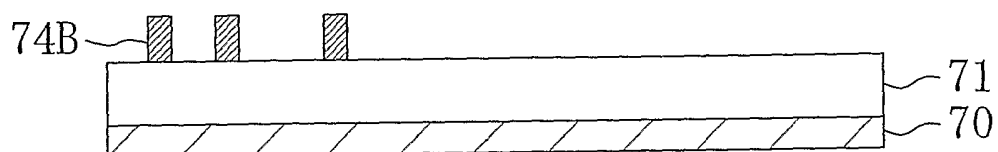
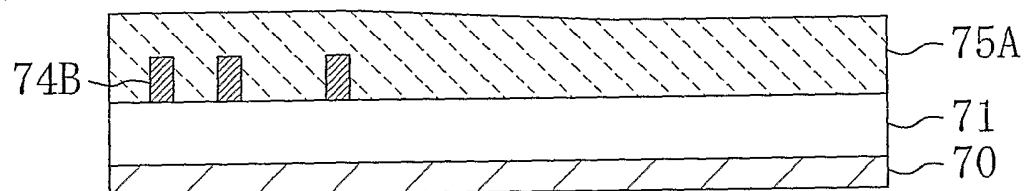


FIG. 18

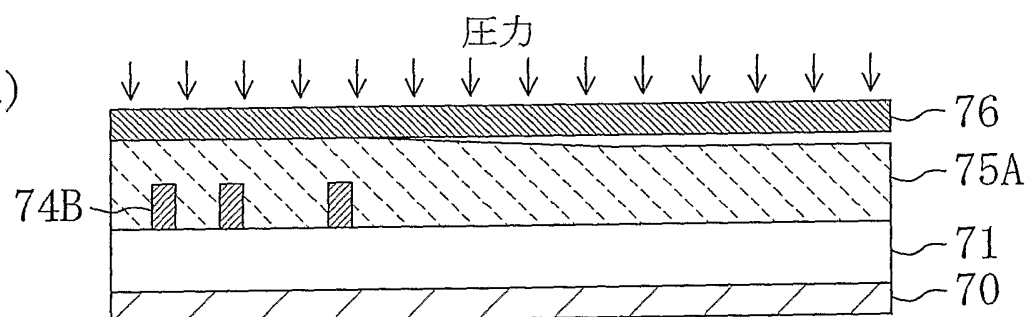
(a)



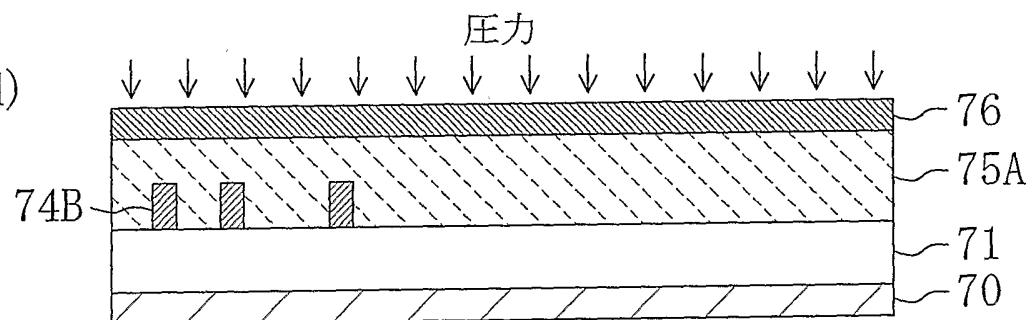
(b)



(c)

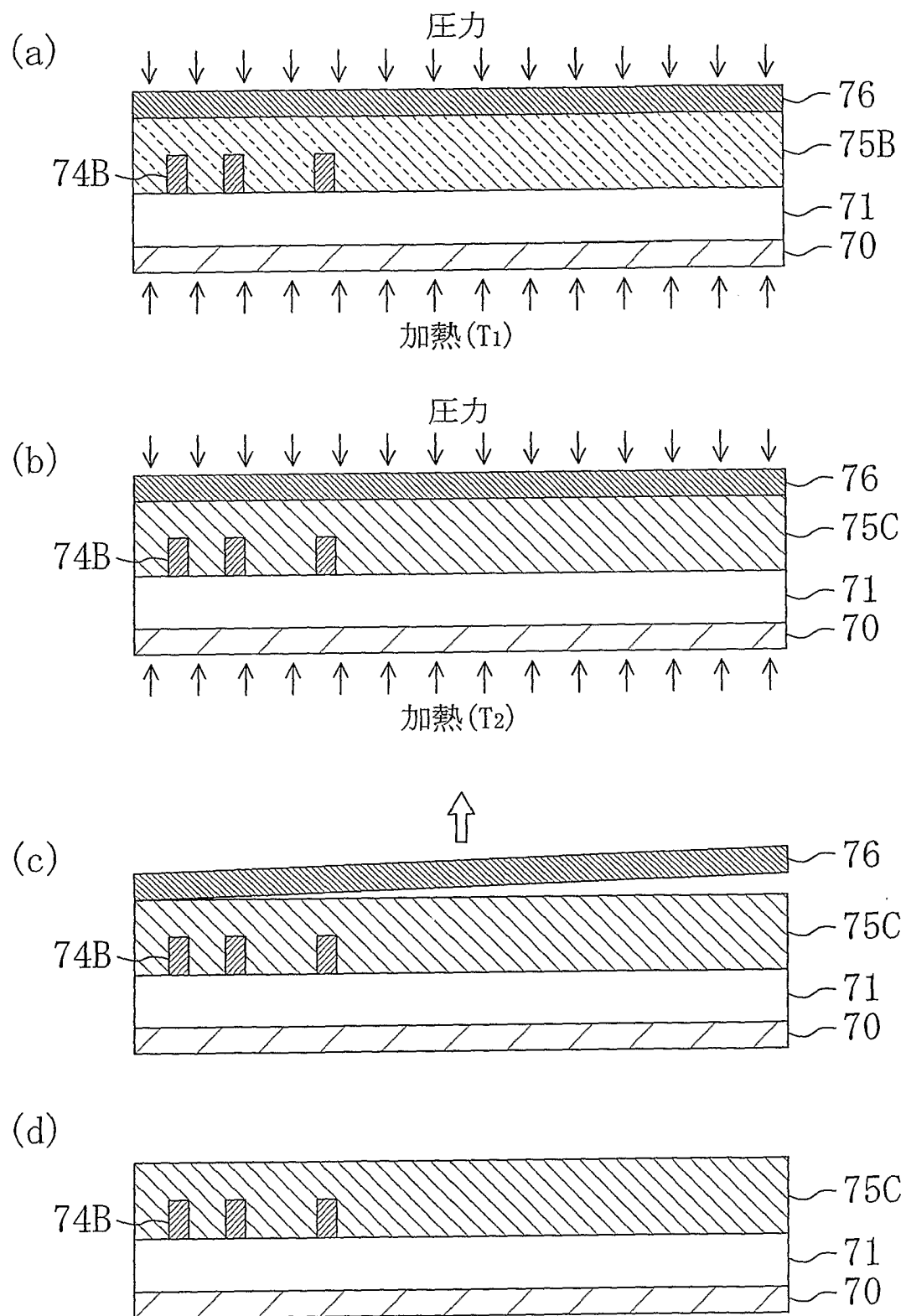


(d)



19/22

FIG. 19



20/22

FIG. 20

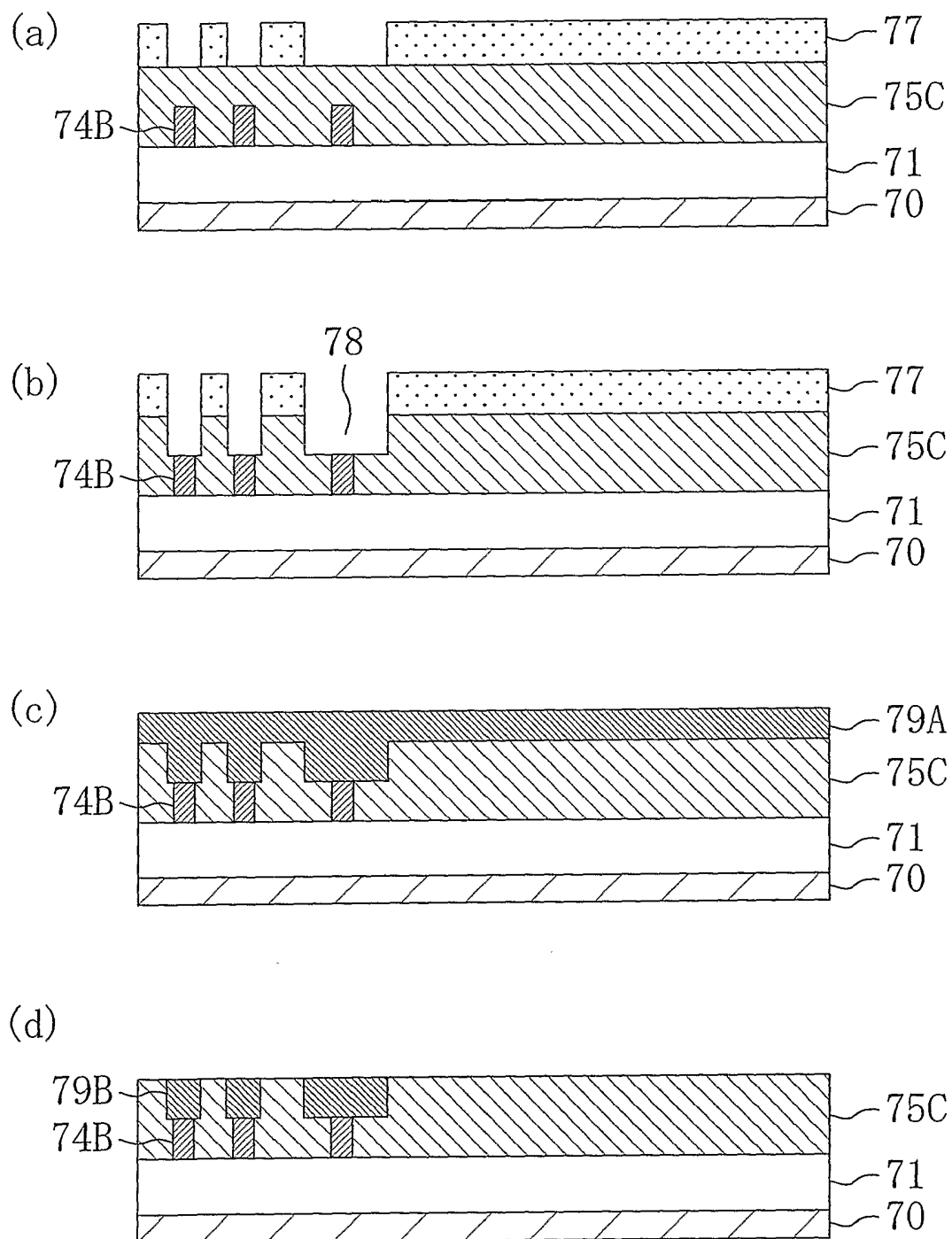
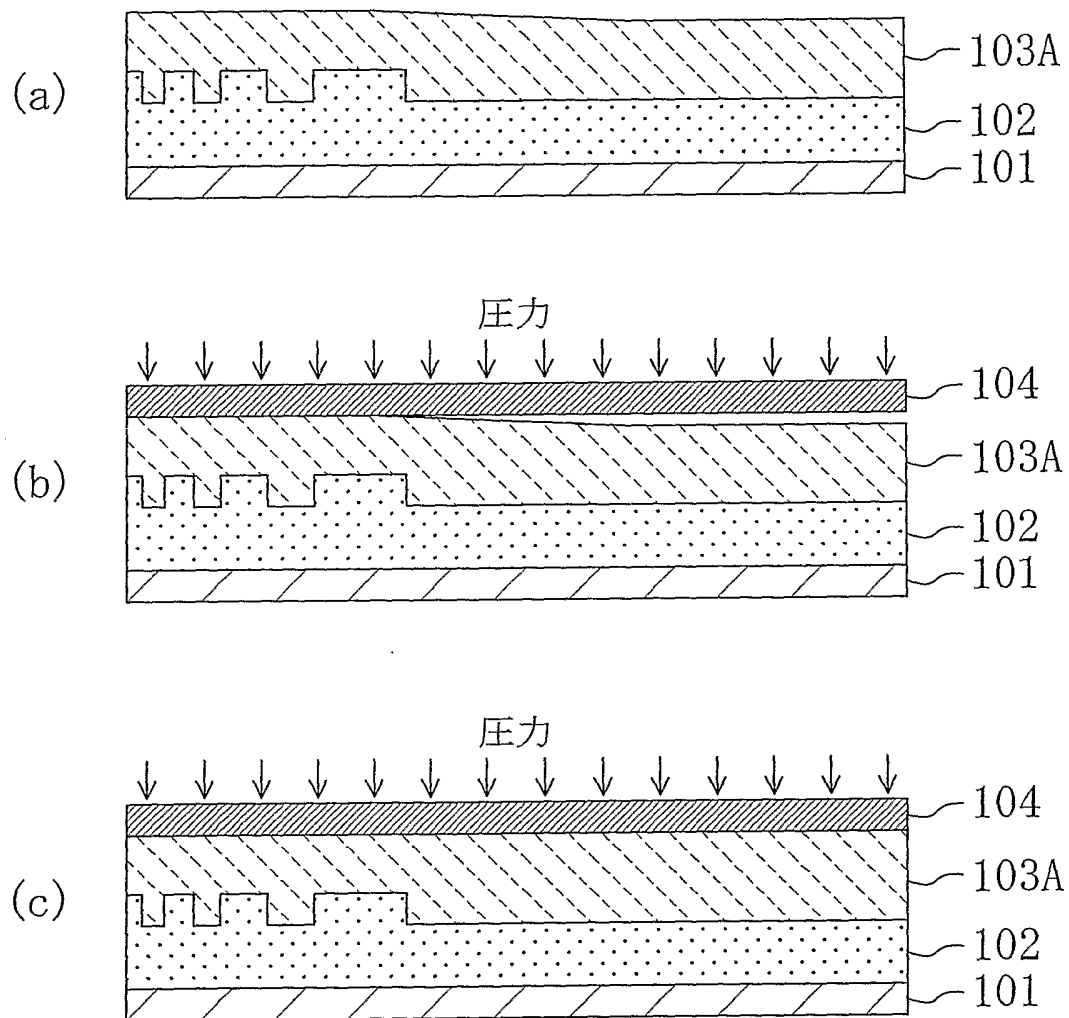
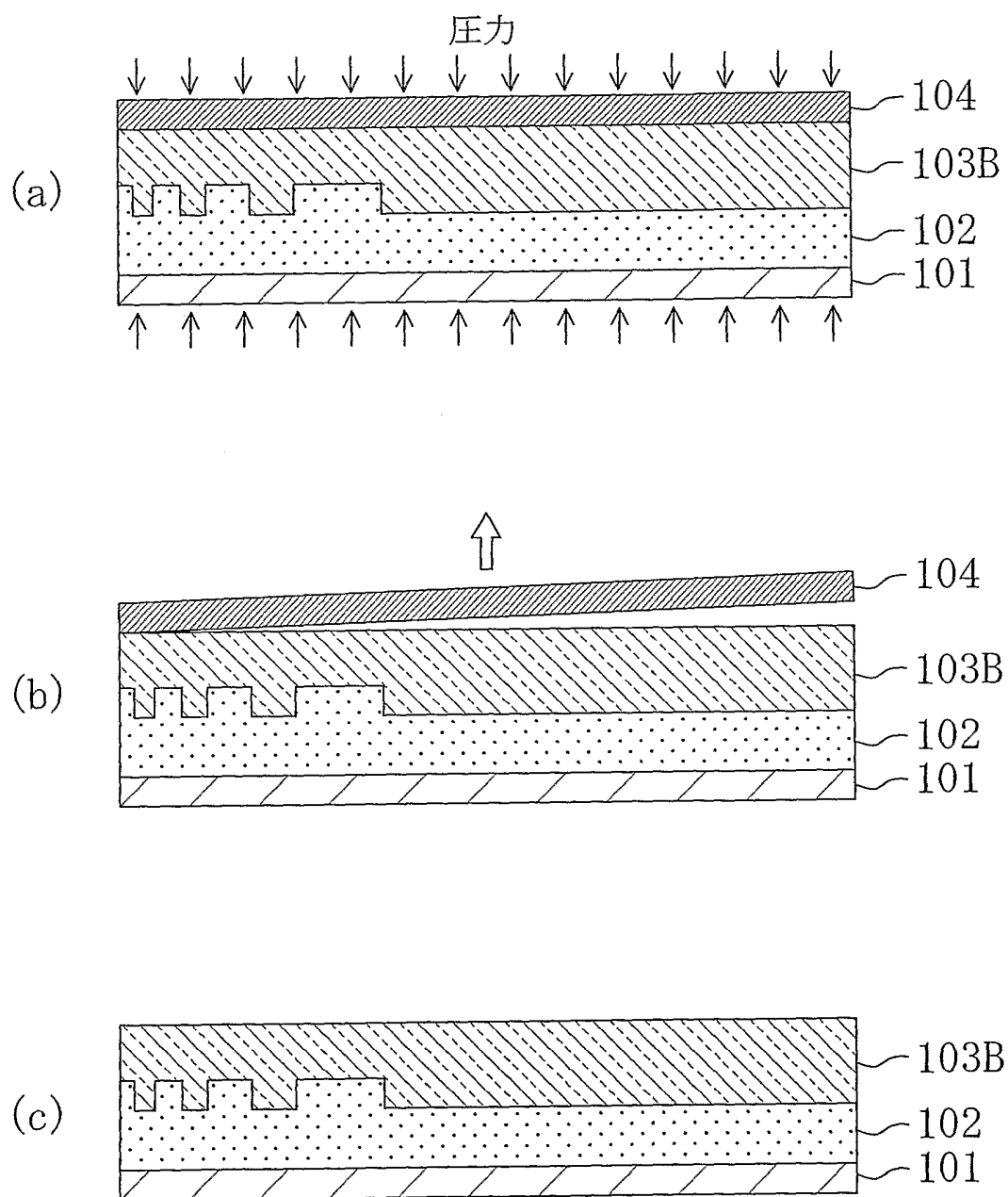


FIG. 21



22/22

FIG. 22



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/008654

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl.⁷ H01L21/312-21/318

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.Cl.⁷ H01L21/312-21/318

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

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 Y	JP 8-213390 A (Toshiba Corp.), 20 August, 1996 (20.08.96), Column 12, line 29 to column 13, line 12; Fig. 3 & US 5679610 A	1, 6, 9, 20, 21 <u>2-5, 7, 8,</u> <u>10-19, 22-28</u>
Y	WO 2002/041381 A1 (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 23 May, 2002 (23.05.02), Claims; page 21, lines 9 to 29 & JP 2002-158221 A & EP 1341224 A1	2-5, 7, 8, 10-19, 22-28
Y	JP 2002-124513 A (Fujitsu Ltd.), 26 April, 2002 (26.04.02), Column 4, lines 11 to 25 (Family: none)	4, 5

☐ 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
02 September, 2004 (02.09.04)

Date of mailing of the international search report
21 September, 2004 (21.09.04)

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 H01L21/312 - 21/318

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 H01L21/312 - 21/318

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 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004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
X Y	JP 8-213390 A (株式会社東芝) 1996. 08. 20, 第12欄第29行-第13欄第12行, 図3 & US 5679610 A	1, 6, 9, 20, 21 2-5, 7, 8, 10-19, 22-28
Y	WO 2002/041381 A1 (松下電器産業株式会社) 2002. 05. 23; 請求の範囲, 第21頁第9-29行 & JP 2002-158221 A & EP 1341224 A1	2-5, 7, 8, 10-19, 22-28

☒ 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

02. 09. 2004

国際調査報告の発送日

21. 9. 2004

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)

田中 永一

4 R

9539

電話番号 03-3581-1101 内線 3469

C (続き) . . . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリ*	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
Y	JP 2002-124513 A (富士通株式会社) 2002.04.26, 第4欄第11-25行 (ファミリーなし)	4,5