

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7636087号
(P7636087)

(45)発行日 令和7年2月26日(2025.2.26)

(24)登録日 令和7年2月17日(2025.2.17)

(51)国際特許分類	F I
H 0 1 L 21/02 (2006.01)	H 0 1 L 21/02 C
H 0 1 L 21/301 (2006.01)	H 0 1 L 21/02 B
B 2 3 K 26/53 (2014.01)	H 0 1 L 21/78 B
	B 2 3 K 26/53

請求項の数 11 (全20頁)

(21)出願番号 特願2023-525756(P2023-525756)	(73)特許権者 000219967 東京エレクトロン株式会社 東京都港区赤坂五丁目3番1号
(86)(22)出願日 令和4年5月25日(2022.5.25)	
(86)国際出願番号 PCT/JP2022/021409	(74)代理人 100107766 弁理士 伊東 忠重
(87)国際公開番号 WO2022/255189	(74)代理人 100070150 弁理士 伊東 忠彦
(87)国際公開日 令和4年12月8日(2022.12.8)	(72)発明者 松原 義久 東京都港区赤坂5-3-1 赤坂 Biz タワー 東京エレクトロン株式会社内
審査請求日 令和5年11月20日(2023.11.20)	(72)発明者 堤 義弘 東京都港区赤坂5-3-1 赤坂 Biz タワー 東京エレクトロン株式会社内
(31)優先権主張番号 特願2021-93400(P2021-93400)	(72)発明者 山下 陽平 熊本県菊池郡大津町高尾野272-4
(32)優先日 令和3年6月3日(2021.6.3)	最終頁に続く
(33)優先権主張国・地域又は機関 日本国(JP)	

(54)【発明の名称】 基板処理方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1基板と、レーザー光を吸収する第1吸収層と、第2吸収層と、デバイス層と、第2基板とをこの順番で含む、積層基板を準備することと、

前記第1基板に対して前記第2基板とは反対側から前記レーザー光を照射することと、

前記第1基板を透過した前記レーザー光を前記第1吸収層に照射し、前記第1吸収層に改質層を形成することと、

前記改質層を起点に、前記第1基板と前記第2基板を剥離することと、
を有し、

前記積層基板は、アライメントマークを含み、

前記第2吸収層は、前記レーザー光を吸収し、且つ前記アライメントマークを検出するのに用いる検出光を透過する、基板処理方法。

【請求項2】

前記アライメントマークは、前記第1基板と前記第1吸収層の間に配置される、請求項1に記載の基板処理方法。

【請求項3】

前記第2吸収層は、高屈折率層と低屈折率層とを交互に繰り返し含む、請求項1に記載の基板処理方法。

【請求項4】

第1基板と、レーザー光を吸収する第1吸収層と、第2吸収層と、デバイス層と、第2基

板とをこの順番で含む、積層基板を準備することと、

前記第 1 基板に対して前記第 2 基板とは反対側から前記レーザー光を照射することと、

前記第 1 基板を透過した前記レーザー光を前記第 1 吸収層に照射し、前記第 1 吸収層に改質層を形成することと、

前記改質層を起点に、前記第 1 基板と前記第 2 基板を剥離することと、
を有し、

前記積層基板は、アライメントマークを含み、

前記アライメントマークは、前記第 1 基板と前記第 1 吸収層の間に配置され、

前記第 2 吸収層は、高屈折率層と低屈折率層とを交互に繰り返し含む、基板処理方法。

【請求項 5】

前記第 2 吸収層は、前記レーザー光に対する吸収係数が前記第 1 吸収層よりも高い、請求項 1 又は 4 に記載の基板処理方法。

【請求項 6】

前記アライメントマークを検出するのに用いる検出光を、前記レーザー光と同じ向きで前記アライメントマークに対して照射することを有する、請求項 1 又は 4 に記載の基板処理方法。

【請求項 7】

前記アライメントマークを検出するのに用いる検出光を、前記レーザー光とは反対向きで前記アライメントマークに対して照射することを有する、請求項 1 又は 4 に記載の基板処理方法。

【請求項 8】

前記アライメントマークは、前記第 2 吸収層と前記デバイス層との間に配置される、請求項 1 に記載の基板処理方法。

【請求項 9】

前記デバイス層と前記第 2 基板を含むチップを、複数、間隔をおいて前記第 1 基板に対して接合することを有し、

前記改質層を起点に前記第 1 基板と前記第 2 基板を剥離することで、複数の前記チップと前記第 1 基板とを剥離する、請求項 1 又は 4 に記載の基板処理方法。

【請求項 10】

前記デバイス層が形成された前記第 2 基板を、前記第 2 基板と同じ大きさの前記第 1 基板に対して接合することを有し、

前記改質層を起点に前記第 1 基板と前記第 2 基板を剥離することで、前記第 2 基板に形成された前記デバイス層と前記第 1 基板とを剥離する、請求項 1 又は 4 に記載の基板処理方法。

【請求項 11】

前記レーザー光の波長は、8800nm～11000nmである、請求項 1 又は 4 に記載の基板処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、基板処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 に記載の剥離方法は、透光性の基板上に例えば非晶質シリコンよりなる光吸収層と金属薄膜よりなる反射層との積層体である分離層を形成する工程と、分離層上に直接または所定の間層を介して被転写層を形成する工程と、被転写層の基板と反対側に接着層を介して転写体を接合する工程と、を有する。また、剥離方法は、基板の裏面側から分離層にレーザー光のような照射光を照射し、光吸収層にアブレーションを起こさせ、分離層の層内および/または界面において剥離を生ぜしめ、被転写層を基板から離脱させて転写体へ転写する工程と、を有する。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 3 】

特許文献 2 に記載の剥離方法は、接着剤層を介してウエハに貼り付けられた支持体を、ウエハから剥離する剥離方法であって、接着剤層を膨潤させて、その表面の接着性を低下させる溶剤を、接着剤層に供給する工程と、ウエハから、膨潤した接着剤層を剥離する工程と、を含む。支持体と接着剤層との間には、支持体を介して照射される光を吸収することによって変質する分離層がさらに設けられている。分離層は、光等によって分解される光吸収剤を含む。光吸収剤としては、グラファイト粉末、又は黒色酸化チタン粉末等が用いられる。

【 0 0 0 4 】

特許文献 3 に記載の複合積層体は、光透過性支持体と、その光透過性支持体の上に配設された潜在剥離層と、その潜在剥離層の上に配設された接合層と、その接合層の上に配設された熱可塑性下塗層と、を備える。潜在剥離層は光熱変換層を含む。光熱変換層は、吸収剤と、接合層に隣接して配設された熱分解性樹脂と、を含む。吸収剤は、カーボンブラックを含む。

10

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 5 】

【 文献 】 日本国特開平 1 0 - 1 2 5 9 2 9 号公報

【 文献 】 日本国特開 2 0 1 4 - 0 4 9 6 9 8 号公報

【 文献 】 日本国特表 2 0 1 5 - 5 1 3 2 1 1 号公報

20

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

本開示の一態様は、レーザー光によるデバイス層の損傷を抑制する、技術を提供する。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 7 】

本開示の一態様に係る基板処理方法は、下記の処理を有する。第 1 基板と、レーザー光を吸収する第 1 吸収層と、第 2 吸収層と、デバイス層と、第 2 基板とをこの順番で含む、積層基板を準備する。前記第 1 基板に対して前記第 2 基板とは反対側から前記レーザー光を照射する。前記第 1 基板を透過した前記レーザー光を前記第 1 吸収層に照射し、前記第 1 吸収層に改質層を形成する。前記改質層を起点に、前記第 1 基板と前記第 2 基板を剥離する。前記積層基板は、アライメントマークを含む。前記第 2 吸収層は、前記レーザー光を吸収し、且つ前記アライメントマークを検出するのに用いる検出光を透過する。

30

【 発明の効果 】

【 0 0 0 8 】

本開示の一態様によれば、レーザー光によるデバイス層の損傷を抑制できる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 0 9 】

【 図 1 】 図 1 は、一実施形態に係る基板処理方法を示すフローチャートである。

40

【 図 2 】 図 2 は、第 1 実施例に係るステップ S 1 の断面図である。

【 図 3 】 図 3 は、第 1 実施例に係るステップ S 4 の断面図である。

【 図 4 】 図 4 は、第 1 実施例に係るステップ S 5 の断面図である。

【 図 5 】 図 5 は、第 1 実施例に係るステップ S 6 の断面図である。

【 図 6 】 図 6 は、第 1 実施例に係るステップ S 7 の断面図である。

【 図 7 】 図 7 は、第 1 実施例に係るステップ S 8 の断面図である。

【 図 8 】 図 8 は、第 2 実施例に係るステップ S 1 の断面図である。

【 図 9 】 図 9 は、第 2 実施例に係るステップ S 4 の断面図である。

【 図 1 0 】 図 1 0 は、第 2 実施例に係るステップ S 5 の断面図である。

【 図 1 1 】 図 1 1 は、第 2 実施例に係るステップ S 6 の断面図である。

50

【図 1 2】図 1 2 は、第 2 実施例に係るステップ S 7 の断面図である。

【図 1 3】図 1 3 は、第 3 実施例に係る第 1 基板と第 2 基板を剥離した後の第 2 基板を示す断面図である。

【図 1 4】図 1 4 は、第 3 実施例に係る第 2 吸収層を除去した後の第 2 基板を示す断面図である。

【図 1 5】図 1 5 は、第 3 実施例に係るアライメントマークの検出を示す断面図である。

【図 1 6】図 1 6 は、第 4 実施例に係るアライメントマークの検出を示す断面図である。

【図 1 7 A】図 1 7 A は、40 層からなるコールドフィルタの透過率の一例を示す図である。

【図 1 7 B】図 1 7 B は、20 層からなるコールドフィルタの透過率の一例を示す図である。

10

【図 1 7 C】図 1 7 C は、10 層からなるコールドフィルタの透過率の一例を示す図である。

【図 1 8 A】図 1 8 A は、シリコン基板とコールドフィルタの合計の透過率の一例を示す図である。

【図 1 8 B】図 1 8 B は、図 1 8 A の一部を拡大した図である。

【図 1 9】図 1 9 は、図 1 8 A および図 1 8 B の透過率の測定に用いたシリコン基板とコールドフィルタの TEM 画像である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

20

以下、本開示の実施形態について図面を参照して説明する。なお、各図面において同一の又は対応する構成には同一の符号を付し、説明を省略することがある。

【0011】

図 1 を参照して、一実施形態に係る基板処理方法について説明する。基板処理方法は、例えば、ステップ S 1 ~ S 8 を有する。なお、基板処理方法は、ステップ S 1 ~ S 8 以外のステップを有してもよい。また、基板処理方法は、ステップ S 1 ~ S 8 の全てを有しなくてもよい。

【0012】

ステップ S 1 では、図 2 に示すように、第 1 基板 1 1 とチップ 2 A、2 B とを接合し、積層基板を得る。接合前に、第 1 基板 1 1 の上には、例えば、後述するレーザ光 L B 2 を吸収する第 1 吸収層 1 2 と、レーザ光 L B 2 に対する吸収係数が第 1 吸収層 1 2 よりも高い第 2 吸収層 1 3 と、接合層 1 4 とが、この順番で形成される。

30

【0013】

第 1 基板 1 1 は、シリコンウェハである。第 1 基板 1 1 は、化合物半導体ウェハであってもよい。化合物半導体ウェハは、特に限定されないが、例えば GaAs ウェハ、SiC ウェハ、GaN ウェハ、InP ウェハ、又は AlN ウェハである。

【0014】

第 1 吸収層 1 2 は、第 1 基板 1 1 とチップ 2 A、2 B との間に配置される。詳しくは後述するが、図 5 に示すように、レーザ光 L B 2 は、第 1 基板 1 1 を透過し、第 1 吸収層 1 2 に照射される。レーザ光 L B 2 が第 1 吸収層 1 2 で吸収され、第 1 吸収層 1 2 に改質層 M が形成される。第 1 吸収層 1 2 は、例えばシリコン酸化層であり、熱酸化法、又は CVD (Chemical Vapor Deposition) 法などで形成される。

40

【0015】

なお、第 1 吸収層 1 2 は、改質層 M を形成できる程度に、レーザ光 L B 2 を吸収できればよく、シリコン窒化層、又はシリコン炭窒化層などであってもよい。シリコン窒化層は、熱窒化法、又は CVD 法などで形成される。シリコン炭窒化層は CVD 法などで形成される。

【0016】

第 2 吸収層 1 3 は、第 1 吸収層 1 2 で吸収しきれなかったレーザ光 L B 2 を吸収する。レーザ光 L B 2 がチップ 2 A、2 B にほとんど照射されないので、チップ 2 A、2 B、特

50

にデバイス層 2 2 A、2 2 B の損傷を抑制できる。第 2 吸収層 1 3 は、レーザ光 L B 2 に対する吸収係数が、第 1 吸収層 1 2 よりも高い。それゆえ、第 1 吸収層 1 2 のみでレーザ光 L B 2 を同程度吸収する場合に比べて、全体の厚みを薄くできる。

【 0 0 1 7 】

第 2 吸収層 1 3 は、検出光 L B 1 を透過する。検出光 L B 1 は、アライメントマーク 1 5 を検出するのに用いる。アライメントマーク 1 5 は、第 1 基板 1 1 とチップ 2 A、2 B の接合時の位置合わせ、又は接合後の位置ずれの測定に用いられる。アライメントマーク 1 5 は、位置合わせと、位置ずれの測定の両方に用いられてもよい。接合後の位置ずれの測定結果は、例えば、次回以降の第 1 基板 1 1 とチップの接合時の位置合わせに用いられる。また、接合後の位置ずれの測定結果は、不良品の判別などの品質管理に用いられてもよい。

10

【 0 0 1 8 】

アライメントマーク 1 5 は、例えば、第 1 基板 1 1 と第 1 吸収層 1 2 との間に形成される。後述するように、第 1 吸収層 1 2 に形成した改質層 M を起点として、第 1 基板 1 1 とチップ 2 A、2 B とを剥離した後に、アライメントマーク 1 5 が第 1 基板 1 1 に付いた状態のままである（図 6 参照）。従って、第 1 基板 1 1 を再利用する際に、アライメントマーク 1 5 を再形成せずに済み、アライメントマーク 1 5 を再利用できる。

【 0 0 1 9 】

アライメントマーク 1 5 は、検出光 L B 1 を用いて検出される。検出光 L B 1 は、例えば、レーザ光 L B 2 とは反対向きでアライメントマーク 1 5 に対して照射され、アライメントマーク 1 5 に対して第 1 基板 1 1 とは反対側から照射される。検出光 L B 1 は、接合層 1 4、第 2 吸収層 1 3、及び第 1 吸収層 1 2 を透過して、アライメントマーク 1 5 に対して照射される。

20

【 0 0 2 0 】

検出光 L B 1 は、例えば、赤外線である。アライメントマーク 1 5 は、例えば、赤外線カメラで撮像される。検出光 L B 1 の波長は、レーザ光 L B 2 の波長とは異なり、例えば 1 0 0 0 n m ~ 2 0 0 0 n m であり、好ましくは 1 0 0 0 n m ~ 1 2 0 0 n m である。

【 0 0 2 1 】

アライメントマーク 1 5 は、例えば検出光 L B 1 を吸収する。この場合、検出光 L B 1 の光源と、赤外線カメラは、アライメントマーク 1 5 を挟んで配置される。なお、アライメントマーク 1 5 は、検出光 L B 1 を反射してもよい。この場合、検出光 L B 1 の光源と、赤外線カメラは、アライメントマーク 1 5 の片側（同じ側）に配置される。

30

【 0 0 2 2 】

アライメントマーク 1 5 は、図 5 に示すように、レーザ光 L B 2 を透過する。レーザ光 L B 2 は、第 1 基板 1 1 及びアライメントマーク 1 5 を透過し、第 1 吸収層 1 2 に改質層 M を形成する。改質層 M は、分割面 D に複数形成される。分割面 D は、第 1 吸収層 1 2 の内部に設定されてもよいし、第 1 吸収層 1 2 と第 1 基板 1 1 の界面に設定されてもよい。

【 0 0 2 3 】

レーザ光 L B 2 の波長は、例えば 8 8 0 0 n m ~ 1 1 0 0 0 n m である。アライメントマーク 1 5 は、レーザ光 L B 2 の透過率が、例えば 4 5 % 以上 1 0 0 % 以下であり、好ましくは 5 0 % 以上 1 0 0 % 以下であり、より好ましくは 6 0 % 以上 1 0 0 % 以下である。

40

【 0 0 2 4 】

アライメントマーク 1 5 は、検出光 L B 1 を吸収し、且つレーザ光 L B 2 を透過してもよい。この場合、アライメントマーク 1 5 は、例えば、Ge 膜、SiGe 膜、金属シリサイド膜、又は AlN 膜などで構成される。なお、アライメントマーク 1 5 は、検出光 L B 1 を反射し、且つレーザ光 L B 2 を透過してもよい。

【 0 0 2 5 】

第 2 吸収層 1 3 は、上記の通り、検出光 L B 1 を透過し、且つレーザ光 L B 2 を吸収する。第 2 吸収層 1 3 は、いわゆるコールドフィルタなどである。第 2 吸収層 1 3 は、例えば、高屈折率層と、高屈折率層よりも屈折率の低い低屈折率層と、を交互に繰り返す

50

る。高屈折率層の材質は、例えば、酸化チタン、又は酸化ルテニウムである。一方、低屈折率層の材質は、例えば酸化シリコンである。

【0026】

酸化チタン層の数と酸化シリコン層の数の合計が40であって合計厚みが $3.5\ \mu\text{m}$ であるコールドフィルタの透過率の一例を図17Aに示す。また、酸化チタン層の数と酸化シリコン層の数の合計が20であって合計厚みが $1.56\ \mu\text{m}$ であるコールドフィルタの透過率の一例を図17Bに示す。更に、酸化チタン層の数と酸化シリコン層の数の合計が10であって合計厚みが $0.82\ \mu\text{m}$ であるコールドフィルタの透過率の一例を図17Cに示す。図17A～図17Cから明らかなように、検出光LB1の波長が $1000\ \text{nm}$ ～ $1200\ \text{nm}$ である場合、酸化チタン層の数と酸化シリコン層の数の合計は10～20の範囲で設定されることが好ましい。図17A～図17Cはコールドフィルタのみ(シリコン基板なし)の透過率をシミュレーションで求めた結果である。

10

【0027】

酸化チタン層の数と酸化シリコン層の数の合計が16であるコールドフィルタをシリコン基板の上に形成し、シリコン基板とコールドフィルタの合計の透過率を測定した結果を、図18A及び図18Bに示す。図18Bは図18Aの一部を拡大した図である。図18Aおよび図18Bから明らかなように、波長が $8800\ \text{nm}$ ～ $11000\ \text{nm}$ である場合、透過率は40%以下であった。また、波長が $9300\ \text{nm}$ である場合、透過率は5%以下であった。図18Aおよび図18Bの透過率の測定に用いたシリコン基板とコールドフィルタのTEM画像を図19に示す。図19において、「Si」、「SiO₂」、「TiO₂」は各層の材質であり、カッコ書き内の数値は各層の厚みである。

20

【0028】

接合層14は、図2に示すように第2吸収層13とチップ2A、2Bとの間に配置され、チップ2A、2Bに接触する。接合層14は、例えば、シリコン酸化層などの絶縁層である。接合層14は、第1吸収層12とは異なる材質でもよいし、同じ材質でもよい。接合層14のチップ2A、2Bに対向する接合面は、接合前に、プラズマなどで表面改質してもよく、更に、純水などで親水化してもよい。

【0029】

表面改質は、例えば、接合面のSiO₂の結合を切断し、Siの未結合手を形成し、接合面の親水化を可能にする。例えば減圧雰囲気下において処理ガスである酸素ガスが励起されてプラズマ化され、イオン化される。酸素イオンが接合面に照射され、接合面が改質される。処理ガスは、酸素ガスには限定されず、例えば窒素ガスなどでもよい。

30

【0030】

親水化は、例えば、スピンチャックによって回転させられている接合面にDIW(脱イオン水)などの純水を供給する。接合面のSiの未結合手にOH基が付き、接合面が親水化される。

【0031】

チップ2Aは、第2基板21Aと、デバイス層22Aとを有する。デバイス層22Aは、第2基板21Aの表面に形成される。第2基板21Aは、例えばシリコンウェハであるが、化合物半導体ウェハであってもよい。デバイス層22Aは、半導体素子、回路、又は端子などを含む。デバイス層22Aは、トランジスタ、素子分離、配線の少なくとも1つを含んでもよい。デバイス層22Aの形成後、第2基板21Aが複数のチップ2Aに個片化される。

40

【0032】

チップ2Bは、チップ2Aと同様に、第2基板21Bと、デバイス層22Bとを有する。第2基板21Bは、例えばシリコンウェハであるが、化合物半導体ウェハであってもよい。デバイス層22Bはデバイス層22Aとは異なる機能を有し、チップ2Aとチップ2Bとは異なる厚みを有する。デバイス層22Bは、トランジスタ、素子分離、配線の少なくとも1つを含んでもよい。デバイス層22Bの形成後、第2基板21Bが複数のチップ2Bに個片化される。

50

【0033】

チップ2 A、2 Bの接合層1 4に対向する接合面は、接合前に、プラズマなどで表面改質してもよく、更に、純水などで親水化してもよい。

【0034】

ステップS 1では、チップ2 A、2 Bを1つずつ第1基板1 1に対して一時的に接合する。チップ2 A、2 Bは、デバイス層2 2 A、2 2 Bを第1基板1 1に向けて、第1基板1 1に対して接合される。チップ2 A、2 Bと第1基板1 1とは、液状の接着剤を使用することなく、ファンデルワールス力（分子間力）及びOH基同士の水素結合などで接合される。その後、接合強度を高めるべく、加熱処理が実施されてもよい。

【0035】

本実施例によれば、チップ2 A、2 Bは、第1基板1 1に一時的に接合され、後で第1基板1 1から分離される。それゆえ、チップ2 A、2 Bと第1基板1 1との接合時に気泡が噛み込んで問題にはならない。従って、ステップS 1では、チップ2 A、2 Bを、平坦に保持した状態で、第1基板1 1に対して接合できる。チップ2 A、2 Bを変形させないので、チップ2 A、2 Bの位置制御の精度を向上でき、チップ2 A、2 Bを目的の位置に正確に置くことができる。

【0036】

また、本実施例によれば、チップ2 A、2 Bは、第1基板1 1に一時的に接合され、後で第1基板1 1から分離される。それゆえ、チップ2 A、2 Bと第1基板1 1との接合時にパーティクルが噛み込んで問題にはならない。従って、接合層1 4の接合面、及びチップ2 A、2 Bの接合面は、接合に支障をきたさない程度に、汚れていてもよい。要求される清浄度が低くて済む。

【0037】

次に、ステップS 2では、図示しないが、チップ2 A、2 Bを薄化し、チップ2 A、2 Bの厚みを均一化する。チップ2 A、2 Bのうち、第2基板2 1 A、2 1 Bが薄化され、デバイス層2 2 A、2 2 Bは薄化されない。薄化は、研削加工、又はレーザ加工を含む。

【0038】

次に、ステップS 3では、図示しないが、チップ2 A、2 Bの表面に、接合層3を形成する。接合層3は、接合層1 4と同様に、シリコン酸化層などの絶縁層であり、CVD法などで形成される。チップ2 A、2 Bは、間隔をおいて配置され、凹凸面を形成する。その凹凸面に接合層3が形成されるので、接合層3の表面も凹凸を有する。

【0039】

次に、ステップS 4では、図3に示すように、接合層3の表面を平坦化する。接合層3の表面の平坦化は、例えば、レーザ加工と、CMP（Chemical Mechanical Polishing）とをこの順番で含む。レーザ加工で凸部を除去すれば、CMPの時間を短縮できる。なお、ステップS 4は、レーザ加工とCMPの一方のみを含んでもよい。

【0040】

次に、ステップS 5では、図4に示すように、チップ2 A、2 Bと第3基板5 1を接合する。接合前に、第3基板5 1のチップ2 A、2 Bと対向する接合面には、接合層5 2が形成される。第3基板5 1は、例えばシリコンウェハであるが、化合物半導体ウェハであってもよい。接合層5 2は、シリコン酸化層などの絶縁層であり、CVD法などで形成される。チップ2 A、2 Bと第3基板5 1は、液状の接着剤を使用することなく、ファンデルワールス力（分子間力）及びOH基同士の水素結合などで接合される。

【0041】

第3基板5 1は、気泡の噛み込みを防止すべく、下に凸の曲面に変形され、中心から周縁に向けて徐々に接合され、最終的に平坦面に戻る。第3基板5 1の変形は、第3基板5 1の周縁を固定し、第3基板5 1の中心を押下することで実現できる。第3基板5 1を変形させる場合、チップ2 A、2 Bを1つずつ変形させる場合に比べて、固定箇所と押下箇所との間隔が広いので、変形が容易である。変形が容易であるのは、基板同士の貼り合わ

10

20

30

40

50

せだからである。

【 0 0 4 2 】

なお、第 3 基板 5 1 と第 1 基板 1 1 の配置は逆でもよく、第 3 基板 5 1 が第 1 基板 1 1 の下方に配置されてもよい。この場合、第 3 基板 5 1 は、気泡の噛み込みを防止すべく、上に凸の曲面に変形される。また、チップ 2 A、2 B と第 3 基板 5 1 の接合は、中心から周縁に向けて徐々に進行させるべく、最初に第 3 基板 5 1 を曲げ変形させるが、最初に第 1 基板 1 1 を曲げ変形させてもよい。但し、第 1 基板 1 1 を平坦に保持し、チップ 2 A、2 B を平坦に保持することが、チップ 2 A、2 B の保護の観点からは好ましい。

【 0 0 4 3 】

次に、ステップ S 6 では、図 5 に示すように、第 1 基板 1 1 に対して第 2 基板 2 1 A、2 1 B とは反対側からレーザー光 L B 2 を照射し、第 1 基板 1 1 を透過したレーザー光 L B 2 を第 1 吸収層 1 2 に照射し、第 1 吸収層 1 2 に改質層 M を形成する。改質層 M は、分割面 D に複数形成される。改質層 M は、点状に形成され、例えば集光点又は集光点よりも上方に形成される。

10

【 0 0 4 4 】

レーザー光 L B 2 は、第 1 基板 1 1 を透過し、第 1 吸収層 1 2 に照射され、第 1 吸収層 1 2 に改質層 M を形成する。第 1 吸収層 1 2 は、第 1 基板 1 1 とチップ 2 A、2 B との間に配置され、レーザー光 L B 2 を吸収する。また、第 2 吸収層 1 3 は、第 1 吸収層 1 2 とチップ 2 A、2 B との間に配置され、第 1 吸収層 1 2 で吸収しきれなかったレーザー光 L B 2 を吸収する。レーザー光 L B 2 がチップ 2 A、2 B にほとんど照射されないため、チップ 2 A、2 B、特にデバイス層 2 2 A、2 2 B の損傷を抑制できる。

20

【 0 0 4 5 】

レーザー光 L B 2 は、第 1 基板 1 1 及びアライメントマーク 1 5 を透過し、第 1 吸収層 1 2 で吸収されるべく、例えば 8 8 0 0 nm ~ 1 1 0 0 0 nm の波長を有する。レーザー光 L B 2 の光源は、例えば CO₂ レーザである。CO₂ レーザの波長は、約 9 3 0 0 nm である。レーザー光 L B 2 は、パルス発振される。

【 0 0 4 6 】

改質層 M の形成位置は、ガルバノスキャナ又は X Y ステージによって移動される。ガルバノスキャナは、レーザー光 L B 2 を移動させる。X Y ステージは、第 1 基板 1 1 を、水平方向 (X 軸方向及び Y 軸方向) に移動させ、鉛直軸周りに回転させる。X Y ステージの代わりに、X Y Z ステージが用いられてもよい。

30

【 0 0 4 7 】

改質層 M は、第 1 基板 1 1 の周方向及び径方向に間隔をおいて複数形成される。改質層 M の形成時に、改質層 M 同士をつなぐクラック C R も形成される。

【 0 0 4 8 】

次に、ステップ S 7 では、図 6 に示すように、改質層 M を起点に、第 1 基板 1 1 と第 2 基板 2 1 A、2 1 B を剥離し、チップ 2 A、2 B と第 1 基板 1 1 を剥離する。先ず、上チャック 1 3 1 が第 1 基板 1 1 を保持し、下チャック 1 3 2 が第 3 基板 5 1 を保持する。但し、第 1 基板 1 1 と第 3 基板 5 1 の配置は上下逆でもよく、上チャック 1 3 1 が第 3 基板 5 1 を保持し、下チャック 1 3 2 が第 1 基板 1 1 を保持してもよい。次に、上チャック 1 3 1 が下チャック 1 3 2 に対して上昇すると、改質層 M を起点にクラック C R が面状に広がり、チップ 2 A、2 B と第 1 基板 1 1 が分割面 D にて剥離される。

40

【 0 0 4 9 】

上記ステップ S 7 では、上チャック 1 3 1 の上昇と共に、上チャック 1 3 1 の鉛直軸周りの回転を実施してもよい。第 1 基板 1 1 と第 2 基板 2 1 A、2 1 B を分割面 D でねじ切ることができる。なお、上チャック 1 3 1 の上昇の代わりに、又は上チャック 1 3 1 の上昇に加えて、下チャック 1 3 2 の下降が実施されてもよい。また、下チャック 1 3 2 の鉛直軸周りの回転が実施されてもよい。

【 0 0 5 0 】

上記ステップ S 7 の後、下記ステップ S 8 の前に、チップ 2 A、2 B の上に残る、第 1

50

吸収層 1 2 の一部、第 2 吸収層 1 3、及び接合層 1 4 は、CMP などによって除去してもよい。これにより、チップ 2 A、2 B のデバイス層 2 2 A、2 2 B が再び露出する。デバイス層 2 2 A、2 2 B は、例えば半導体メモリである。

【0051】

次に、ステップ S 8 では、図 7 に示すように、チップ 2 A、2 B を、第 3 基板 5 1 に接合した状態で、第 4 基板 6 1 に形成されたデバイス層 6 2 と接合する。第 4 基板 6 1 は、例えばシリコンウエハであるが、化合物半導体ウエハであってもよい。デバイス層 6 2 は、半導体素子、回路、又は端子などを含み、チップ 2 A、2 B のデバイス層 2 2 A、2 2 B と電氣的に接続される。デバイス層 6 2 は、例えば半導体メモリの周辺回路（「ペリフェラル」とも呼ぶ。）又は半導体メモリの入出回路（「I/O」とも呼ぶ。）などである。

10

【0052】

チップ 2 A、2 B と第 4 基板 6 1 は、液状の接着剤を使用することなく、ファンデルワールス力（分子間力）及び OH 基同士の水素結合などで接合される。第 4 基板 6 1 は、気泡の噛み込みを防止すべく、下に凸の曲面に変形され、中心から周縁に向けて徐々に接合され、最終的に平坦面に戻る。

【0053】

第 4 基板 6 1 の変形は、第 4 基板 6 1 の周縁を固定し、第 4 基板 6 1 の中心を押下することで実現できる。第 4 基板 6 1 を変形させる場合、チップ 2 A、2 B を 1 つずつ変形させる場合に比べて、固定箇所と押下箇所との間隔が広いので、変形が容易である。変形が容易であるのは、基板同士の貼り合わせだからである。

20

【0054】

なお、第 4 基板 6 1 と第 3 基板 5 1 の配置は逆でもよく、第 4 基板 6 1 が第 3 基板 5 1 の下方に配置されてもよい。この場合、第 4 基板 6 1 は、気泡の噛み込みを防止すべく、上に凸の曲面に変形される。また、チップ 2 A、2 B と第 4 基板 6 1 の接合は、中心から周縁に向けて徐々に実施すべく、最初に第 4 基板 6 1 を曲げ変形させるが、最初に第 3 基板 5 1 を曲げ変形させてもよい。

【0055】

上記ステップ S 8 によって、チップ付き基板が得られる。チップ付き基板は、第 4 基板 6 1 と複数のチップ 2 A、2 B を含む。チップ付き基板は、更に第 3 基板 5 1 を含む。なお、第 3 基板 5 1 はチップ 2 A、2 B から分離されてもよく、チップ付き基板は第 4 基板 6 1 とチップ 2 A、2 B を含めばよい。

30

【0056】

以上説明したように、本実施例によれば、チップ付き基板を得るのに、複数のチップ 2 A、2 B を 1 つずつ第 4 基板 6 1 の片面に接合するのではなく、まずは第 1 基板 1 1 の片面に一時的に接合する。この段階での気泡の噛み込みは問題にはならないので、チップ 2 A、2 B を、平坦に保持した状態で、第 1 基板 1 1 に対して接合できる。チップ 2 A、2 B を無理に変形させずに済むので、チップ 2 A、2 B の位置制御の精度を向上でき、チップ 2 A、2 B を目的の位置に正確に置くことができる。

【0057】

その後、第 1 基板 1 1 に接合された複数のチップ 2 A、2 B を、第 3 基板 5 1 に対して接合する。次に、複数のチップ 2 A、2 B と第 1 基板 1 1 を剥離する。次に、複数のチップ 2 A、2 B を、第 3 基板 5 1 に接合した状態で、第 4 基板 6 1 に形成されたデバイス層 6 2 に対して接合する。

40

【0058】

その際、第 4 基板 6 1 は、気泡の噛み込みを防止すべく、曲面に変形され、中心から周縁に向けて徐々に接合され、最終的に平坦面に戻る。第 4 基板 6 1 を変形させることは、チップ 2 A、2 B を 1 つずつ変形させることに比べて容易である。基板同士の貼り合わせだからである。それゆえ、第 1 基板 1 1 にチップ 2 A、2 B を一時的に接合するステップを踏むことなく、第 4 基板 6 1 にチップ 2 A、2 B を永久的に接合する場合に比べて、気泡の噛み込みが無く、位置精度も良好な、チップ付き基板が得られる。

50

【 0 0 5 9 】

また、本実施例によれば、チップ 2 A、2 B と第 1 基板 1 1 の剥離後に、第 1 基板 1 1 にはアライメントマーク 1 5 が付いている。従って、第 1 基板 1 1 を再利用する際に、アライメントマーク 1 5 を再形成せずに済み、アライメントマーク 1 5 を再利用できる。

【 0 0 6 0 】

次に、図 8 ~ 図 1 2 を参照して、図 1 に示す基板処理方法の第 2 実施例について説明する。第 2 実施例では、図 8 に示すようにアライメントマーク 1 5 が第 2 吸収層 1 3 とチップ 2 A、2 B との間に配置される。以下、第 2 実施例と第 1 実施例の相違点について主に説明する。

【 0 0 6 1 】

ステップ S 1 では、図 8 に示すように、第 1 基板 1 1 とチップ 2 A、2 B とを接合し、積層基板を得る。接合前に、第 1 基板 1 1 の上には、第 1 実施例と同様に、後述するレーザー光 L B 2 を吸収する第 1 吸収層 1 2 と、レーザー光 L B 2 に対する吸収係数が第 1 吸収層 1 2 よりも高い第 2 吸収層 1 3 と、接合層 1 4 とが、この順番で形成されてもよい。

【 0 0 6 2 】

アライメントマーク 1 5 は、第 1 実施例と同様に、検出光 L B 1 を用いて検出される。検出光 L B 1 は、例えば、レーザー光 L B 2 とは反対向きでアライメントマーク 1 5 に対して照射され、アライメントマーク 1 5 に対して第 1 基板 1 1 とは反対側から照射される。検出光 L B 1 は、例えば、隣り合うチップ 2 A、2 B の間を通り、アライメントマーク 1 5 に照射される。

【 0 0 6 3 】

アライメントマーク 1 5 は、例えば検出光 L B 1 を反射する。反射率は、屈折率差で調節できる。アライメントマーク 1 5 が検出光 L B 1 を反射する場合、検出光 L B 1 の光源と、赤外線カメラは、アライメントマーク 1 5 の片側（同じ側）に配置される。後述するように第 2 吸収層 1 3 が検出光 L B 1 を吸収すれば、赤外線カメラで撮像される画像において、アライメントマーク 1 5 とその周辺とで輝度差が大きく、アライメントマーク 1 5 の検出精度が高い。なお、第 2 実施例の第 2 吸収層 1 3 が検出光 L B 1 を吸収してもよいのに対し、第 1 実施例の第 2 吸収層 1 3 は上記の通り検出光 L B 1 を透過する。第 1 実施例の検出光 L B 1 は、図 2 に示すように第 2 吸収層 1 3 を介してアライメントマーク 1 5 に照射されるからである。

【 0 0 6 4 】

アライメントマーク 1 5 は、第 1 実施例とは異なり、第 2 吸収層 1 3 とチップ 2 A、2 B との間に配置され、例えば接合層 1 4 のチップ 2 A、2 B に対向する接合面に形成される。後述するように、第 1 吸収層 1 2 に形成した改質層 M を起点として、第 1 基板 1 1 とチップ 2 A、2 B とを剥離した後に、アライメントマーク 1 5 がチップ 2 A、2 B に付いた状態のままである（図 1 2 参照）。従って、チップ 2 A、2 B に対する後処理で、アライメントマーク 1 5 を利用できる。

【 0 0 6 5 】

アライメントマーク 1 5 は、第 1 実施例とは異なり、第 1 基板 1 1 と第 1 吸収層 1 2 の間には形成されないので、レーザー光 L B 2 を透過しなくてもよく、レーザー光 L B 2 を吸収してもよい。レーザー光 L B 2 は、図 1 1 に示すように、第 1 基板 1 1 を透過して、第 1 吸収層 1 2 に照射され、第 1 吸収層 1 2 に改質層 M を形成する。

【 0 0 6 6 】

第 2 吸収層 1 3 は、第 1 実施例と同様に、第 1 吸収層 1 2 で吸収しきれなかったレーザー光 L B 2 を吸収する。レーザー光 L B 2 がチップ 2 A、2 B にほとんど照射されないので、チップ 2 A、2 B、特にデバイス層 2 2 A、2 2 B の損傷を抑制できる。第 2 吸収層 1 3 は、レーザー光 L B 2 に対する吸収係数が、第 1 吸収層 1 2 よりも高い。それゆえ、第 1 吸収層 1 2 のみでレーザー光 L B 2 を同程度吸収する場合に比べて、全体の厚みを薄くできる。

【 0 0 6 7 】

第 2 吸収層 1 3 は、第 1 実施例とは異なり、検出光 L B 1 を吸収する。赤外線カメラで

10

20

30

40

50

撮像される画像において、アライメントマーク 15 とその周辺とで輝度差が大きく、アライメントマーク 15 の検出精度が高い。第 2 吸収層 13 は、例えば、黒色吸収体を含む。黒色吸収体は、例えば、黒色チタン、又は黒色カーボンを含む。

【0068】

次に、ステップ S 2 では、図示しないが、チップ 2 A、2 B を薄化し、チップ 2 A、2 B の厚みを均一化する。次に、ステップ S 3 では、図示しないが、チップ 2 A、2 B の表面に、接合層 3 を形成する。次に、ステップ S 4 では、図 9 に示すように、接合層 3 の表面を平坦化する。次に、ステップ S 5 では、図 10 に示すように、チップ 2 A、2 B と第 3 基板 5 1 を接合する。

【0069】

次に、ステップ S 6 では、図 11 に示すように、第 1 基板 1 1 に対して第 2 基板 2 1 A、2 1 B とは反対側からレーザ光 L B 2 を照射し、第 1 基板 1 1 を透過したレーザ光 L B 2 を第 1 吸収層 1 2 に照射し、第 1 吸収層 1 2 に改質層 M を形成する。改質層は、分割面 D に複数形成される。第 1 吸収層 1 2 は、第 1 基板 1 1 とチップ 2 A、2 B との間に配置され、レーザ光 L B 2 を吸収する。また、第 2 吸収層 1 3 は、第 1 吸収層 1 2 とチップ 2 A、2 B との間に配置され、第 1 吸収層 1 2 で吸収しきれなかったレーザ光 L B 2 を吸収する。レーザ光 L B 2 がチップ 2 A、2 B にほとんど照射されないため、チップ 2 A、2 B、特にデバイス層 2 2 A、2 2 B の損傷を抑制できる。

【0070】

次に、ステップ S 7 では、図 12 に示すように、改質層 M を起点に、第 1 基板 1 1 と第 2 基板 2 1 A、2 1 B を剥離し、チップ 2 A、2 B と第 1 基板 1 1 を剥離する。改質層 M を起点にクラック C R が面状に広がり、チップ 2 A、2 B と第 1 基板 1 1 が分割面 D にて剥離される。

【0071】

上記ステップ S 7 の後、下記ステップ S 8 の前に、チップ 2 A、2 B の上に残る、第 1 吸収層 1 2 の一部、第 2 吸収層 1 3、及び接合層 1 4 は、CMP などによって除去してもよい。これにより、チップ 2 A、2 B のデバイス層 2 2 A、2 2 B が再び露出する。デバイス層 2 2 A、2 2 B は、例えば半導体メモリである。

【0072】

次に、ステップ S 8 では、第 1 実施例と同様に、図 7 に示すように、チップ 2 A、2 B を、第 3 基板 5 1 に接合した状態で、第 4 基板 6 1 に形成されたデバイス層 6 2 と接合する。デバイス層 6 2 は、チップ 2 A、2 B のデバイス層 2 2 A、2 2 B と電氣的に接続される。デバイス層 6 2 は、例えば半導体メモリの周辺回路、又は入出回路などである。上記ステップ S 8 によって、チップ付き基板が得られる。

【0073】

次に、図 13 ~ 図 15 を参照して、第 3 実施例に係る基板処理方法について説明する。第 3 実施例では、レーザ光 L B 2 を第 1 吸収層 1 2 に照射した後で、検出光 L B 1 をアライメントマーク 15 に照射する。また、第 3 実施例では、検出光 L B 1 を、レーザ光 L B 2 と同じ向きでアライメントマーク 15 に照射する。以下、第 3 実施例と第 2 実施例の相違点について主に説明する。

【0074】

第 3 実施例は、第 2 実施例のステップ S 6 と同様に、図 11 に示すように、第 1 基板 1 1 に対して第 2 基板 2 1 A、2 1 B とは反対側からレーザ光 L B 2 を照射し、第 1 基板 1 1 を透過したレーザ光 L B 2 を第 1 吸収層 1 2 に照射し、第 1 吸収層 1 2 に改質層 M を形成する。改質層は、分割面 D に複数形成される。

【0075】

次に、第 3 実施例は、第 2 実施例のステップ S 7 と同様に、図 12 に示すように、改質層 M を起点に、第 1 基板 1 1 と第 2 基板 2 1 A、2 1 B を剥離し、チップ 2 A、2 B と第 1 基板 1 1 を剥離する。その結果、図 13 に示すように、チップ 2 A、2 B の上に、アライメントマーク 15 が残る。チップ 2 A、2 B の上には、アライメントマーク 15 の他に

10

20

30

40

50

、第1吸収層12の一部、及び第2吸収層13も残る。

【0076】

次に、第3実施例は、図14に示すように、第1吸収層12の一部、及び第2吸収層13を、CMPなどによって除去する。接合層14は、除去されてもよいし、図14に示すように除去されなくてもよい。アライメントマーク15は、除去されずに、チップ2A、2Bの上に残される。従って、後述するように、チップ2A、2Bに対する後処理で、アライメントマーク15を利用できる。

【0077】

次に、第3実施例は、図15に示すように、チップ2A、2Bの上に絶縁層81を形成する。絶縁層81は、例えば、シリコン酸化層などである。アライメントマーク15は、絶縁層81に形成するビアの位置を調節することなどに用いられる。アライメントマーク15は、検出光LB1を用いて検出される。

10

【0078】

検出光LB1は、例えば、レーザ光LB2と同じ向きで、アライメントマーク15に対して照射される。検出光LB1は、絶縁層81及び接合層14を透過して、アライメントマーク15に対して照射される。アライメントマーク15は、検出光LB1を吸収してもよいし、反射してもよい。検出光LB1は例えば赤外線であり、アライメントマーク15は例えば赤外線カメラで撮像される。

【0079】

検出光LB1は、上記の通り、レーザ光LB2と同じ向きで、アライメントマーク15に対して照射される。レーザ光LB2の照射時と、検出光LB1の照射時とで、チップ2A、2Bを上下反転させることが不要である。従って、チップ2A、2Bを上下反転させる機構が不要であり、基板処理装置の構造を簡易化できる。

20

【0080】

本実施例では、検出光LB1の照射前に第2吸収層13が除去されるので、第2吸収層13は検出光LB1を透過しなくてもよい。そこで、第2吸収層13は、レーザ光LB2を吸収し、且つ検出光LB1を吸収する材料で形成されてもよい。第2吸収層13の構造を単純化できる。第2吸収層13は、例えば、黒色吸収体などを含む。

【0081】

次に、図16を参照して、第4実施例に係る基板処理方法について説明する。第4実施例では、第3実施例とは異なり、チップ2A、2Bと第1基板11を剥離した後に、第2吸収層13をCMPなどによって除去することなく、第2吸収層13を残す。以下、第4実施例と第3実施例の相違点について主に説明する。

30

【0082】

第4実施例は、図16に示すように、チップ2A、2Bの上に絶縁層81を形成する際に、第2吸収層13の上に絶縁層81を形成する。絶縁層81は、例えば、シリコン酸化層などである。アライメントマーク15は、絶縁層81に形成するビアの位置を調節することなどに用いられる。アライメントマーク15は、検出光LB1を用いて検出される。

【0083】

検出光LB1は、例えば、レーザ光LB2と同じ向きで、アライメントマーク15に対して照射される。検出光LB1は、絶縁層81、第2吸収層13及び接合層14を透過して、アライメントマーク15に対して照射される。アライメントマーク15は、検出光LB1を吸収してもよいし、反射してもよい。検出光LB1は例えば赤外線であり、アライメントマーク15は例えば赤外線カメラで撮像される。

40

【0084】

検出光LB1は、上記の通り、レーザ光LB2と同じ向きで、アライメントマーク15に対して照射される。レーザ光LB2の照射時と、検出光LB1の照射時とで、チップ2A、2Bを上下反転させることが不要である。従って、チップ2A、2Bを上下反転させる機構が不要であり、基板処理装置の構造を簡易化できる。

【0085】

50

本実施例では、検出光 L B 1 は第 2 吸収層 1 3 を透過する。第 2 吸収層 1 3 は、レーザー光 L B 2 を吸収し、且つ検出光 L B 1 を透過する。第 2 吸収層 1 3 は、いわゆるコールドフィルタなどである。第 2 吸収層 1 3 は、例えば、高屈折率層と、高屈折率層よりも屈折率の低い低屈折率層と、を交互に繰り返す。

【 0 0 8 6 】

なお、上記第 1 実施例、上記第 2 実施例、上記第 3 実施例、及び上記第 4 実施例では、デバイス層 2 2 A、2 2 B と第 2 基板 2 1 A、2 1 B を含むチップ 2 A、2 B を、間隔をおいて第 1 基板 1 1 に対して接合するが、本開示の技術は C 2 W (C h i p t o W a f e r) に限定されず、W 2 W (W a f e r t o W a f e r) に適用されてもよい。

【 0 0 8 7 】

つまり、図示しないが、デバイス層が形成された第 2 基板を、第 2 基板と同じ大きさの第 1 基板に対して接合してもよい。第 1 基板と第 2 基板は、例えば、同じ大きさの接合面を有すればよい。この場合、改質層 M を起点に第 1 基板と第 2 基板を剥離することで、第 2 基板に形成されたデバイス層と第 1 基板とを剥離する。

【 0 0 8 8 】

以上、本開示に係る基板処理方法の実施形態について説明したが、本開示は上記実施形態などに限定されない。特許請求の範囲に記載された範疇内において、各種の変更、修正、置換、付加、削除、及び組み合わせが可能である。それらについても当然に本開示の技術的範囲に属する。

【 0 0 8 9 】

本出願は、2021年6月3日に日本国特許庁に出願した特願 2021 - 093400 号に基づく優先権を主張するものであり、特願 2021 - 093400 号の全内容を本出願に援用する。

【符号の説明】

【 0 0 9 0 】

1 1 第 1 基板

1 2 第 1 吸収層

1 3 第 2 吸収層

2 1 A、2 1 B 第 2 基板

2 2 A、2 2 B デバイス層

M 改質層

L B 2 レーザ光

10

20

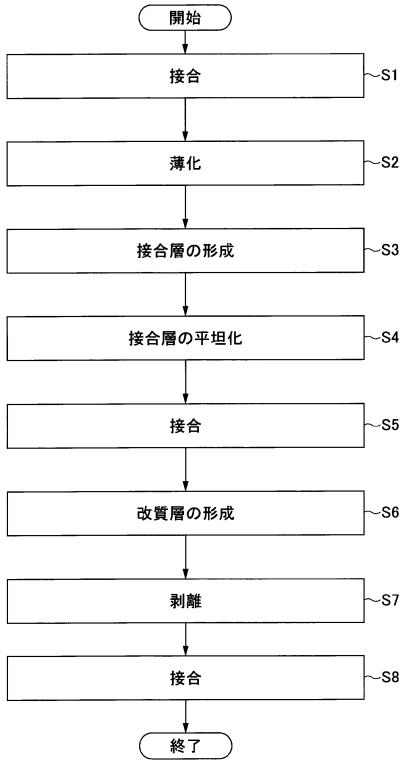
30

40

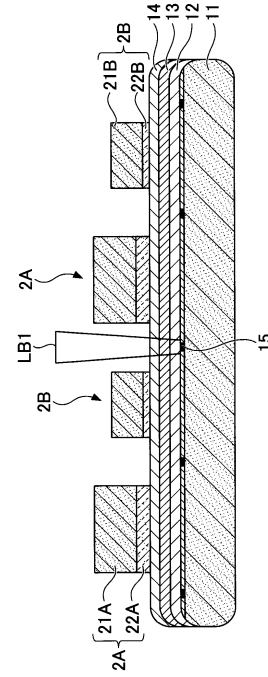
50

【図面】

【図 1】



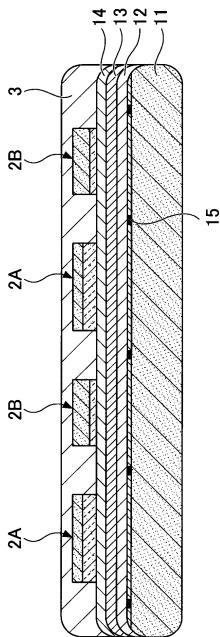
【図 2】



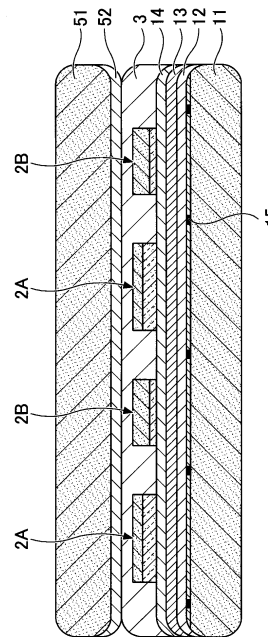
10

20

【図 3】



【図 4】

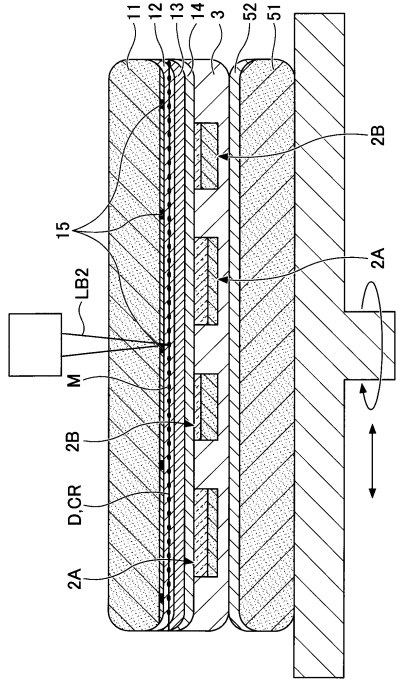


30

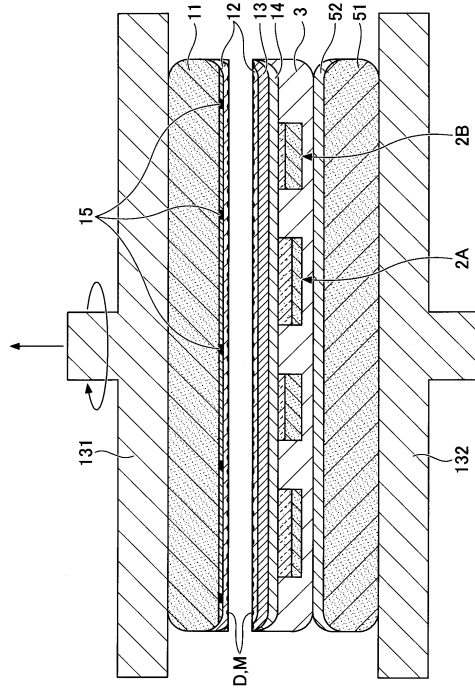
40

50

【 図 5 】



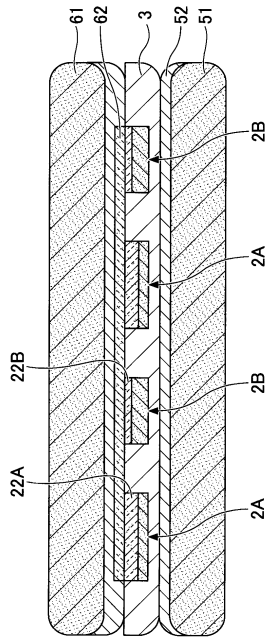
【 図 6 】



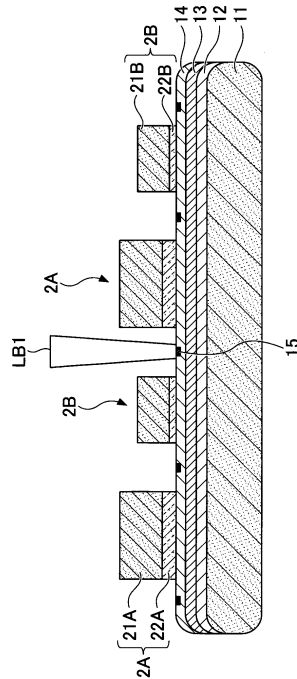
10

20

【 図 7 】



【 図 8 】

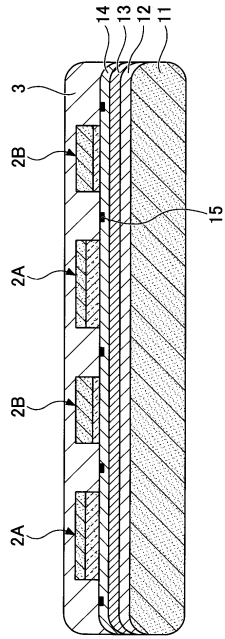


30

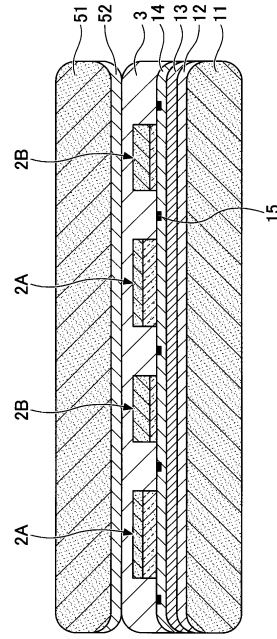
40

50

【図 9】



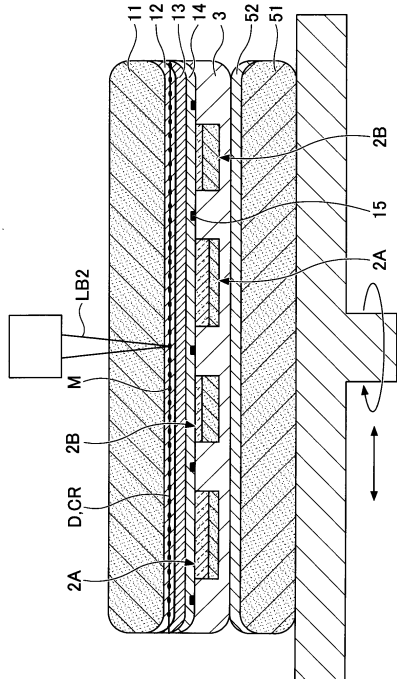
【図 10】



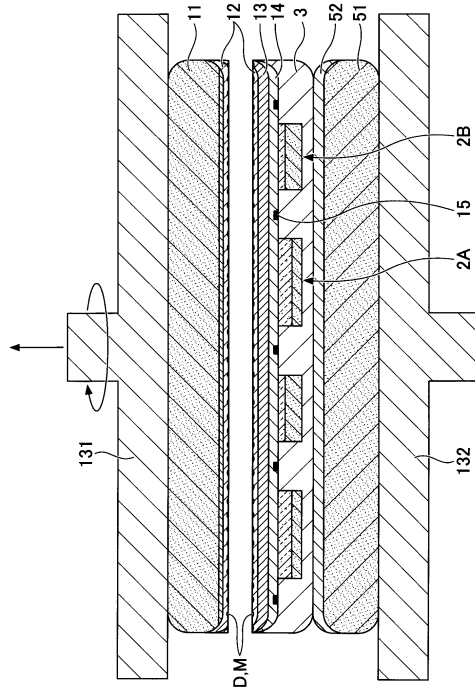
10

20

【図 11】



【図 12】

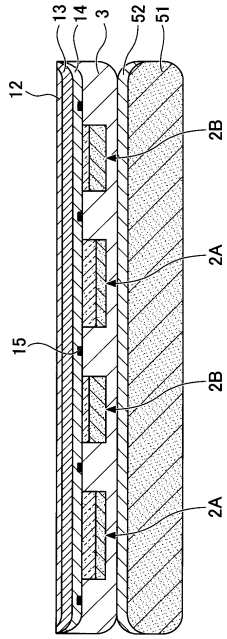


30

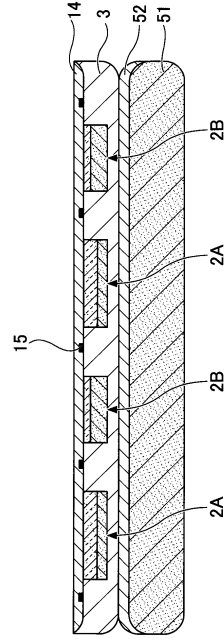
40

50

【図 1 3】



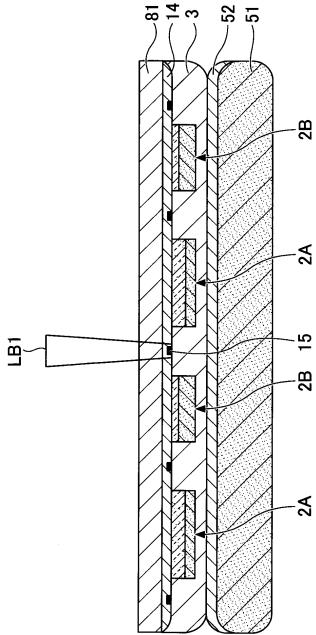
【図 1 4】



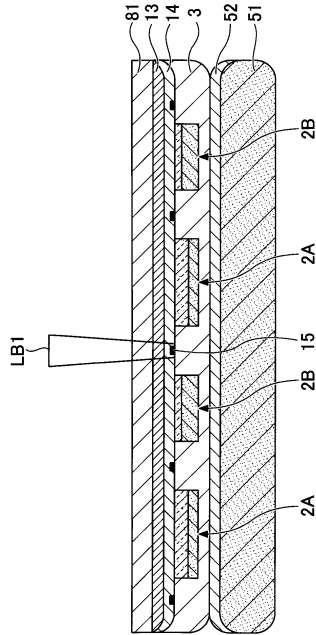
10

20

【図 1 5】



【図 1 6】

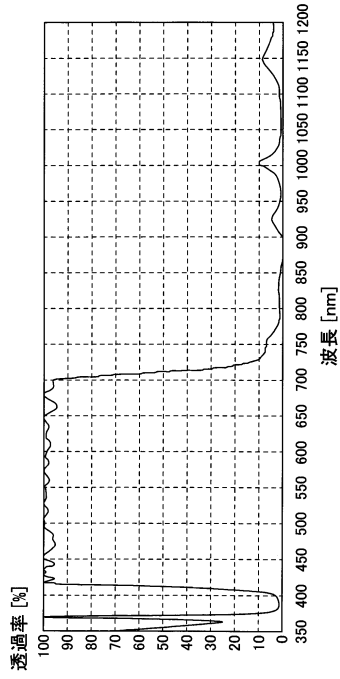


30

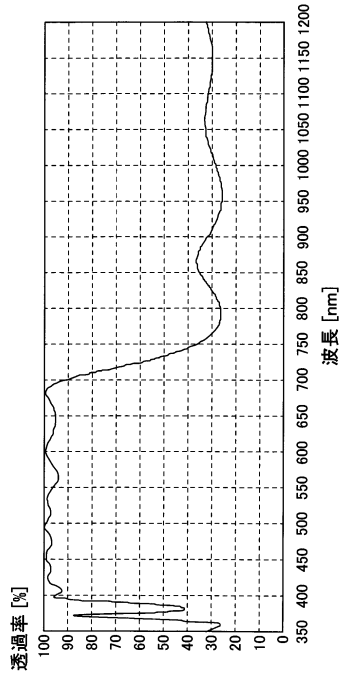
40

50

【図 17 A】



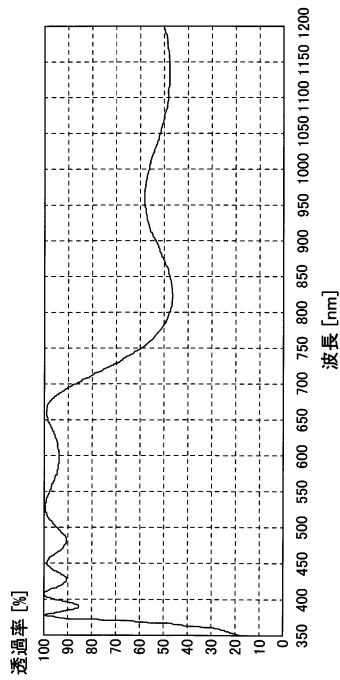
【図 17 B】



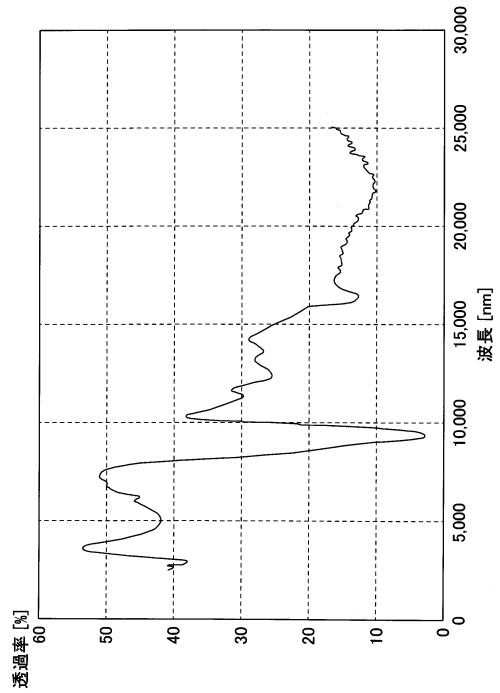
10

20

【図 17 C】



【図 18 A】

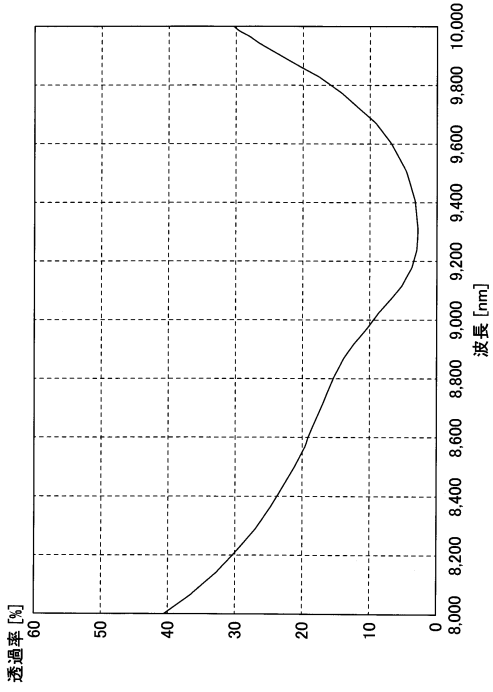


30

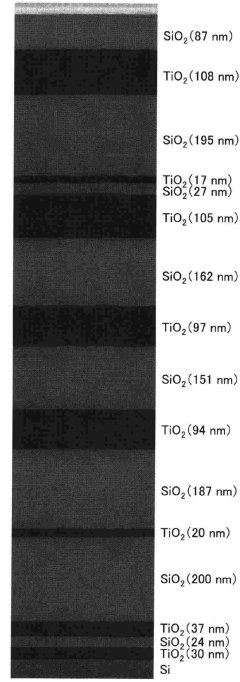
40

50

【 18 B】



【 19】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

東京エレクトロン九州株式会社内

審査官 平野 崇

- (56)参考文献 特開平10-125929(JP,A)
国際公開第2021/084902(WO,A1)
国際公開第2020/111146(WO,A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01L 21/02
H01L 21/301
B23K 26/53