

明 細 書

発明の名称： 基板処理方法および基板処理装置

技術分野

[0001] 本発明は、複数の基板を接合して製造される積層基板の割れおよび欠けを抑制する基板処理方法、および基板処理装置に関し、特に積層基板を構成する複数の基板のエッジ部間に形成された隙間に充填剤を塗布する技術に関する。

背景技術

[0002] 近年、半導体デバイスのさらなる高密度化および高機能化を達成するために、複数の基板を積層して３次元的に集積化する３次元実装技術の開発が進んでいる。３次元実装技術では、例えば、集積回路および電気配線が形成された第１基板のデバイス面を、集積回路および電気配線が形成された第２基板のデバイス面と接合する。さらに、第１基板を第２基板に接合した後で、第２基板が研磨装置または研削装置によって薄化される。このようにして、第１基板および第２基板のデバイス面に垂直な方向に集積回路を積層することができる。

[0003] ３次元実装技術では、３枚以上の基板が接合されてもよい。例えば、第１基板に接合された第２基板を薄化した後で、第３基板を第２基板に接合し、第３基板を薄化してもよい。本明細書では、互いに接合された複数の基板の形態を「積層基板」と称することがある。

[0004] 通常、基板のエッジ部は、割れ（クラック）や欠け（チップング）を防止するために、丸みを帯びた形状または面取りされた形状に予め研磨されている。このような形状を有する第２基板を研削すると、その結果として第２基板には鋭利な端部が形成される。この鋭利な端部（以下、ナイフエッジ部という）は、研削された第２基板の裏面と第２基板の外周面とにより形成される。このようなナイフエッジ部は、物理的な接触により欠けやすく、積層基板の搬送時に積層基板自体が破損することがある。また、第１基板と第２基

板の接合が十分でないと、第2基板が研削中に割れることもある。

- [0005] そこで、ナイフエッジ部の割れ（クラック）や欠け（チップング）を防止するために、第2基板を研削する前に、積層基板のエッジ部に充填剤が塗布される。充填剤は、第1基板のエッジ部と第2基板のエッジ部との間の隙間に塗布される。充填剤は、第2基板を研削した後に形成されるナイフエッジ部を支持し、ナイフエッジ部の割れや欠けを防止することができる。

先行技術文献

特許文献

- [0006] 特許文献1：特開平5－304062号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0007] しかしながら、第1基板のエッジ部と第2基板のエッジ部との隙間に充填剤を塗布する際、予め設定された塗布条件では、充填剤の不足や、過剰塗布などの充填不良が発生することがある。充填不良が生じたまま後続の工程で積層基板を処理すると、積層基板に傷が付くなど積層基板やプロセス性能に悪影響を及ぼすおそれがある。従来、積層基板への充填剤の充填状態の確認は、充填剤の塗布が完了した後に行われ、場合によっては積層基板を破壊する必要があった。

- [0008] そこで、本発明は、第1基板のエッジ部と第2基板のエッジ部との隙間に充填剤を塗布しながら、隙間内の充填剤の充填状態を監視することができる基板処理方法および基板処理装置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

- [0009] 一態様では、第1基板と第2基板が接合された積層基板に充填剤を塗布する基板処理方法であって、前記第1基板のエッジ部と前記第2基板のエッジ部との隙間に前記充填剤を塗布し、塗布した前記充填剤を硬化し、前記充填剤を塗布した前記積層基板のエッジ部の画像を赤外撮像装置により生成し、前記画像に基づいて、前記隙間内の前記充填剤の充填状態を決定する、基板

処理方法が提供される。

一態様では、前記充填状態を決定する工程は、前記画像上の予め設定されたターゲット領域内の前記充填剤の大きさに基づいて、前記充填状態を決定する工程である。

一態様では、前記基板処理方法は、前記充填状態に基づいて、前記充填剤の塗布を終了する。

一態様では、前記基板処理方法は、前記充填状態に基づいて、前記充填剤を追加塗布する工程をさらに含む。

[0010] 一態様では、前記基板処理方法は、前記画像上の前記充填剤内に発生したボイドの数を計数し、前記ボイドの数が許容値に達したときに、異常が生じていると判断する工程をさらに含む。

一態様では、前記充填剤を塗布する工程、前記充填剤を硬化する工程、および前記画像を生成する工程は、前記積層基板を回転させながら行う。

一態様では、前記基板処理方法は、前記充填状態に基づいて、前記充填剤の塗布条件を変更する。

一態様では、前記基板処理方法は、前記積層基板が一回転する間に、前記積層基板の複数の測定点で前記画像を生成し、前記複数の測定点における前記充填状態と、前記複数の測定点の位置情報に基づいて、前記複数の測定点のうち少なくとも1つでの前記充填剤の塗布条件を変更する。

[0011] 一態様では、前記基板処理方法は、前記充填状態に基づいて、次の積層基板の前記充填剤の塗布条件を変更する工程をさらに含む。

一態様では、前記塗布条件は、前記充填剤の総塗布量、前記充填剤を塗布するための塗布装置の充填剤吐出口の形状、前記積層基板と前記充填剤吐出口との距離、単位時間あたりの前記充填剤吐出口から吐出する前記充填剤の量、前記積層基板の回転速度のうちの少なくとも1つを含む。

一態様では、前記赤外撮像装置は、赤外線を前記積層基板の前記第1基板と前記第2基板の接合面に対して略垂直に照射する。

[0012] 一態様では、第1基板と第2基板が接合された積層基板に充填剤を塗布す

るための基板処理装置であって、前記積層基板に前記充填剤を塗布するように構成された充填剤塗布モジュールと、前記充填剤塗布モジュールの動作を制御する動作制御部を備え、前記充填剤塗布モジュールは、前記積層基板を保持する基板保持部と、前記第1基板のエッジ部と前記第2基板のエッジ部との隙間に、前記充填剤を塗布するための塗布装置と、塗布した前記充填剤を硬化させるための硬化装置と、前記充填剤を塗布した前記積層基板のエッジ部の画像を生成する赤外撮像装置を備え、前記動作制御部は、前記画像に基づいて、前記隙間に塗布された前記充填剤の充填状態を決定するように構成されている、基板処理装置が提供される。

一態様では、前記動作制御部は、前記充填状態に基づいて、前記充填剤塗布モジュールに指令を与えて、前記塗布装置による前記充填剤の塗布を終了させるようにさらに構成されている。

一態様では、前記動作制御部は、前記充填状態に基づいて、前記充填剤塗布モジュールに指令を与えて、前記充填剤を追加塗布するようにさらに構成されている。

一態様では、前記充填剤塗布モジュールは、前記基板保持部を回転させる回転機構をさらに備える。

一態様では、前記動作制御部は、前記充填状態に基づいて、前記充填剤の塗布条件を変更する。

発明の効果

[0013] 本発明によれば、充填剤の充填状態を監視しながら積層基板に充填剤を塗布することにより、適切なタイミングで充填剤の塗布を終了し、必要に応じて充填剤の追加塗布、塗布条件の変更を行うことで適切な充填状態を実現することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1A]図1Aは、基板のエッジ部を示す拡大断面図である。

[図1B]図1Bは、基板のエッジ部を示す拡大断面図である。

[図2]積層基板を示す拡大断面図である。

[図3]基板処理装置の一実施形態を示す平面図である。

[図4]基板処理装置の一実施形態を示す側面図である。

[図5]塗布装置の一実施形態を示す模式図である。

[図6]赤外撮像装置が画像を生成する様子を示す模式図である。

[図7]積層基板上に設定された測定点の一例を示す図である。

[図8A]図8 Aは、充填剤を充填する途中の積層基板のエッジ部の拡大断面図である。

[図8B]図8 Bは、図8 Aに示す積層基板のエッジ部の画像を示す図である。

[図9A]図9 Aは、充填剤の充填が完了した積層基板のエッジ部の拡大断面図である。

[図9B]図9 Bは、図9 Aに示す積層基板のエッジ部の画像を示す図である。

[図10]基板処理方法の一実施形態を示すフローチャートである。

[図11A]図1 1 Aは、充填剤内にボイドが発生している積層基板のエッジ部の拡大断面図である。

[図11B]図1 1 Bは、図1 1 Aに示す積層基板のエッジ部の画像を示す図である。

[図12]基板処理方法の他の実施形態を示すフローチャートである。

[図13A]図1 3 Aは、充填剤の充填不良が発生している積層基板のエッジ部の拡大断面図である。

[図13B]図1 3 Bは、図1 3 Aに示す積層基板のエッジ部の画像を示す図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

図1 Aおよび図1 Bは、基板Wのエッジ部Eを示す拡大断面図である。より詳しくは、図1 Aはいわゆるストレート型の基板Wの断面図であり、図1 Bはいわゆるラウンド型の基板Wの断面図である。エッジ部Eは、基板Wの平坦面（表側面および裏側面）に対して傾いた最外側面であり、丸みを帯びた形状または面取りされた形状を有している。図1 Aの基板Wにおいて、エ

ッジ部Eは、上側傾斜部（上側ベベル部）B1、下側傾斜部（下側ベベル部）B2、および側部（アベックス）B3から構成される基板Wの最外周面である。図1Bの基板Wにおいて、エッジ部Eは、基板Wの最外周面を構成する、湾曲した断面を有する部分である。エッジ部Eは、ベベル部と呼ばれることもある。

[0016] 図2は、積層基板Wsを示す拡大断面図である。積層基板Wsは、第1基板W1と第2基板W2が接合面Pにおいて接合された構造を有している。本実施形態で使用される第1基板W1および第2基板W2は、円形である。本実施形態の積層基板Wsは、図1Bに示すラウンド型の第1基板W1と第2基板W2が接合された構造を有しているが、一実施形態では、積層基板Wsは、図1Aに示すストレート型の第1基板W1と第2基板W2が接合された構造を有してもよい。本明細書において、積層基板Wsのエッジ部は、第1基板W1のエッジ部E1と第2基板W2のエッジ部E2を含む積層基板Wsの外縁部のことを示す。エッジ部E1、E2は、ベベル部と呼ばれることもある。第1基板W1のエッジ部E1と第2基板W2のエッジ部E2との間には、隙間Gが形成されている。この隙間Gは積層基板Wsの全周に亘って形成されている。

[0017] 図3は、基板処理装置1の一実施形態を示す平面図であり、図4は、基板処理装置1の一実施形態を示す側面図である。基板処理装置1は、第1基板W1と第2基板W2が接合された積層基板Wsに充填剤Fを塗布するための装置である。基板処理装置1は、積層基板Wsに充填剤Fを塗布するように構成された充填剤塗布モジュール9と、充填剤塗布モジュール9の動作を制御する動作制御部10を備えている。充填剤塗布モジュール9は、積層基板Wsを保持する基板保持部2と、充填剤Fを塗布するための塗布装置3と、塗布した充填剤Fを硬化させるための硬化装置4と、積層基板Wsのエッジ部の画像を生成する赤外撮像装置5を備えている。

[0018] 基板保持部2は、積層基板Wsの裏面を真空吸着により保持するステージである。充填剤塗布モジュール9は、基板保持部2の中央部に連結された回

転軸 7 と、基板保持部 2 および回転軸 7 を回転させる回転機構 8 をさらに備えている。積層基板 W_s は、積層基板 W_s の中心が回転軸 7 の軸心と一致するように基板保持部 2 の上に載置される。回転機構 8 は、モータ（図示せず）を備えている。図 3 に示すように、回転機構 8 は、基板保持部 2 および積層基板 W_s を積層基板 W_s の中心軸 C_r を中心として、矢印で示す方向に一体に回転させるように構成されている。

[0019] 塗布装置 3 は、基板保持部 2 上の積層基板 W_s の半径方向外側に位置しており、積層基板 W_s の第 1 基板 W_1 のエッジ部 E_1 と第 2 基板 W_2 のエッジ部 E_2 との隙間 G に充填剤 F を塗布するように構成されている。図 5 は、塗布装置 3 の一実施形態を示す模式図である。塗布装置 3 は、充填剤 F を吐出するためのシリンジ 21 と、シリンジ 21 内を往復動可能なピストン 22 と、シリンジ 21 を積層基板 W_s に近接または離間させる水平移動機構（図示せず）を備えている。この水平移動機構により、塗布装置 3 は、積層基板 W_s と塗布装置 3 の充填剤吐出口 21a との距離を調整することができる。一実施形態では、塗布装置 3 は、水平移動機構を省略してもよい。この場合、充填剤 F が積層基板 W_s の隙間 G に適切に注入されるように、積層基板 W_s と充填剤吐出口 21a との距離が予め決定されている。

[0020] シリンジ 21 は中空構造を有しており、その内部に充填剤 F を充填されるように構成されている。ピストン 22 は、シリンジ 21 内に配置されている。シリンジ 21 は、その先端に充填剤 F を吐出するための充填剤吐出口 21a を有している。充填剤吐出口 21a を含むシリンジ 21 の先端は、着脱可能に構成されていてもよい。充填剤吐出口 21a の形状は、塗布する充填剤 F の物性（例えば、粘度など）によって適当な形状が選択される。充填剤吐出口 21a は、第 1 基板 W_1 のエッジ部 E_1 と第 2 基板 W_2 のエッジ部 E_2 との隙間 G に対向するように配置されている。

[0021] 塗布装置 3 は、気体供給ライン 25 を介して気体供給源に接続されている。気体供給源から気体（例えば、ドライエアーまたは窒素ガス）をシリンジ 21 に供給すると、ピストン 22 がシリンジ 21 内を前進する。ピストン 2

2の前進によって、シリンジ21内の充填剤Fは、充填剤吐出口21aから吐出される。

[0022] 気体供給ライン25には、圧力調整装置26と、開閉弁27が配置されている。開閉弁27は、電動弁または電磁弁などのアクチュエータ駆動型弁である。開閉弁27を開くと、気体は気体供給源から塗布装置3に供給され、塗布装置3は充填剤Fを積層基板Wsに塗布する。開閉弁27を閉じると、気体の塗布装置3への供給が停止され、これにより、充填剤Fの塗布が停止される。圧力調整装置26は、気体供給源から塗布装置3に供給される気体の圧力を調整することで、単位時間あたりの充填剤吐出口21aから吐出する充填剤Fの量を調整することができる。圧力調整装置26と開閉弁27の動作は、動作制御部10によって制御される。

[0023] 一実施形態では、塗布装置3はシリンジ21とピストン22の組み合わせに代えて、スクリーフィーダーを備えてもよい。

[0024] 図3および図4に示すように、硬化装置4は、基板保持部2上の積層基板Wsの半径方向外側に位置している。硬化装置4は、積層基板Wsの回転方向において塗布装置3の下流側に配置されており、塗布装置3によって積層基板Wsに塗布された充填剤Fを硬化させるように構成されている。硬化装置4による充填剤Fの硬化は、積層基板Wsを回転させながら行われる。本実施形態において、充填剤Fは熱硬化性を有する充填剤である。このような充填剤の例としては、熱硬化性の樹脂が挙げられる。

[0025] 硬化装置4はエアヒーターであり、積層基板Wsに塗布された充填剤Fに向けて熱風を吹き付けるように構成されている。硬化装置4は、吹き付ける熱風の風圧および温度を調整可能に構成されている。熱風によって加熱された充填剤Fは、架橋反応により硬化する。充填剤Fに溶剤が含まれる場合は、溶剤は加熱によって揮発される。硬化装置4は、充填剤Fを加熱して硬化させることができればエアヒーターに限らず、ランプヒーターやその他の構成であってもよい。

[0026] 本実施形態では、充填剤Fは熱硬化性を有する充填剤であるが、一実施形

態では、充填剤Fは紫外線硬化性を有する充填剤であってもよい。この場合、硬化装置4は紫外線を照射させて充填剤Fを硬化させるUV照射装置であってもよい。充填剤Fに溶剤が含まれる場合は、エアヒーターなどを併用して加熱し、溶剤を揮発させてもよい。

[0027] 赤外撮像装置5は、積層基板Wsの回転方向において硬化装置4の下流側に配置されている。赤外撮像装置5は、塗布装置3によって積層基板Wsに塗布され、硬化装置4によって硬化された充填剤Fを含む画像を生成するように構成されている。赤外撮像装置5と硬化装置4との距離は、赤外撮像装置5と塗布装置3との距離よりも短い。赤外撮像装置5は、積層基板Wsのエッジ部の上方に位置しており、積層基板Wsのエッジ部の画像を生成するように構成されている。より具体的には、赤外撮像装置5は、積層基板Wsのエッジ部に赤外線を照射し、積層基板Wsのエッジ部から反射した赤外線を受け、積層基板Wsのエッジ部の画像を生成するように構成されている。赤外撮像装置5の例としては、赤外顕微鏡が挙げられる。

[0028] 図6は、赤外撮像装置5が画像を生成する様子を示す模式図である。赤外撮像装置5は、赤外線を積層基板Wsの第1基板W1と第2基板W2の接合面Pに対して略垂直に照射する。赤外撮像装置5は、塗布装置3によって積層基板Wsに塗布され、硬化装置4によって硬化された充填剤Fを含む撮像領域Rの画像を生成する。赤外撮像装置5による画像の生成は、積層基板Wsを回転させながら行ってもよい。赤外線は、シリコンを透過する波長を有している。本実施形態では、第1基板W1および第2基板W2は基本的にシリコンウェーハから構成されており、赤外撮像装置5から照射された赤外線は、第1基板W1および第2基板W2を透過する。赤外線は充填剤Fを透過しないため、赤外撮像装置5は、積層基板Wsのエッジ部から反射した赤外線から、充填剤Fを含む撮像領域Rの画像を生成することができる。

[0029] 動作制御部10は、上述のように構成された充填剤塗布モジュール9の動作を制御するように構成されている。塗布装置3、硬化装置4、赤外撮像装置5、回転機構8、圧力調整装置26、および開閉弁27を含む充填剤塗布

モジュール 9 は、動作制御部 10 に電氣的に接続されている。

[0030] 動作制御部 10 は少なくとも 1 台のコンピュータから構成される。動作制御部 10 は、充填剤塗布モジュール 9 の動作を制御するためのプログラムが格納された記憶装置 10 a と、プログラムに含まれる命令に従って演算を実行する処理装置 10 b を備えている。記憶装置 10 a は、ランダムアクセスメモリ (RAM) などの主記憶装置と、ハードディスクドライブ (HDD)、ソリッドステートドライブ (SSD) などの補助記憶装置を備えている。処理装置 10 b の例としては、CPU (中央処理装置)、GPU (グラフィックプロセッシングユニット) が挙げられる。ただし、動作制御部 10 の具体的構成はこれらの例に限定されない。

[0031] 赤外撮像装置 5 は、積層基板 W_s が一回転する間に、予め設定された測定点で積層基板 W_s のエッジ部の画像を生成する。測定点の数は 1 つであってもよいし、2 つ以上であってもよい。図 7 は、積層基板 W_s 上に設定された測定点の一例を示す図である。本実施形態では、測定点の数は 4 つである。

[0032] 図 7 に示すように、4 つの測定点 $M_1 \sim M_4$ は、積層基板 W_s のエッジ部において、積層基板 W_s の中心軸 C_r の周りに等間隔に位置している。動作制御部 10 は、充填剤 F の塗布開始点、および測定点 $M_1 \sim M_4$ の位置情報 (例えば、角度情報) を有している。積層基板 W_s は矢印で示す方向に回転している。充填剤 F の塗布開始点が測定点 M_1 と一致するとき、塗布装置 3 は、測定点 M_1 から塗布を開始し、その後充填剤 F は積層基板 W_s のエッジ部に連続的に塗布される。充填剤 F は、その総塗布量に応じて、積層基板 W_s が複数回転する間に塗布されてもよい。

[0033] 同様に、硬化装置 4 は、積層基板 W_s のエッジ部に塗布された充填剤 F を連続的に硬化する。さらに、赤外撮像装置 5 は、測定点 M_1 , M_2 , M_3 , M_4 の順に各測定点における積層基板 W_s のエッジ部の画像を生成する。動作制御部 10 は、生成された画像に基づいて、第 1 基板 W_1 のエッジ部 E_1 と第 2 基板 W_2 のエッジ部 E_2 との隙間 G (図 5 参照) に塗布された充填剤 F の充填状態を決定する。動作制御部 10 は、決定された充填剤 F の充填状

態に基づいて、適切なタイミングで塗布装置 3 による充填剤 F の塗布を終了させる。

[0034] 次に、充填剤 F の充填状態を決定する方法について説明する。図 8 A は、充填剤 F を充填途中の積層基板 W s のエッジ部の拡大断面図である。図 8 B は、図 8 A に示す積層基板 W s のエッジ部の画像を示す図である。図 8 A に示す積層基板 W s のエッジ部は、図 6 に示す撮像領域 R に対応している。図 8 B は、積層基板 W s のエッジ部の上方に配置された赤外撮像装置 5 によって生成された撮像領域 R の画像を示す。本実施形態では、赤外撮像装置 5 によって生成される画像は二次元であるが、一実施形態では、赤外撮像装置 5 によって生成される画像は三次元であってもよい。

[0035] 図 8 A において、幅 $\times 1$ は、撮像領域 R 内の、第 1 基板 W 1 と第 2 基板 W 2 が接合されている部分の半径方向の幅である。幅 $\times 2$ は、第 1 基板 W 1 のエッジ部 E 1 と第 2 基板 W 2 のエッジ部 E 2 との隙間 G の半径方向の幅である。幅 $\times 3$ は、隙間 G に塗布された充填剤 F の半径方向の幅である。

[0036] 図 8 B に示す幅 $\times 1 \sim \times 3$ は、図 8 A に示す幅 $\times 1 \sim \times 3$ に対応している。充填剤 F が存在しない部分に対応する領域 R n は、赤外撮像装置 5 から照射された赤外線が第 2 基板 W 2 および第 1 基板 W 1 を透過するため、白色に近い色で画像上に現れる。充填剤 F が存在する部分に対応する領域 R f は、赤外撮像装置 5 から照射された赤外線が第 2 基板 W 2 を透過し、充填剤 F から反射するため、黒色に近い色で画像上に現れる。

[0037] 動作制御部 10 は、赤外撮像装置 5 によって生成された画像に基づいて、第 1 基板 W 1 のエッジ部 E 1 と第 2 基板 W 2 のエッジ部 E 2 との隙間 G に塗布された充填剤 F の充填状態を決定する。より具体的には、動作制御部 10 は、画像上の予め設定されたターゲット領域 T 内の充填剤 F の大きさに基づいて、充填状態を決定する。ターゲット領域 T は、画像の一部でもよいし、全部でもよい。本実施形態のターゲット領域 T は、図 8 B に示すように、半径方向の幅が $\times 1 + \times 2$ 、半径方向に垂直な方向の長さが y の領域である。一実施形態では、ターゲット領域 T は、半径方向の幅が $\times 2$ 、半径方向に垂

直な方向の長さが y の領域（符号 T_x で示す）に設定されてもよい。ターゲット領域 T は、その半径方向の幅において、充填剤 F が存在する部分を全て含む範囲であれば、任意に設定することができる。

[0038] 図 8 A に示す積層基板 W_s は、半径方向の幅 $\times 3$ で充填剤 F が充填されているが、充填剤 F が半径方向の幅 $\times 2$ まで塗布されたときに充填剤 F の充填が完了する。すなわち、本実施形態の充填剤 F の充填状態は、「充填未了」である。動作制御部 10 は、ターゲット領域 T 内の充填剤 F の大きさ（すなわち、領域 R_f の面積）が所定の閾値よりも小さいときに、充填状態を「充填未了」と決定する。本実施形態では、所定の閾値は、半径方向の幅が $\times 2$ であるときの、ターゲット領域 T 内の充填剤 F の大きさ（すなわち、半径方向の幅が $\times 2$ のときの領域 R_f の面積）が設定されている。

[0039] 図 9 A は、充填剤 F の充填が完了した積層基板 W_s のエッジ部の拡大断面図である。図 9 B は、図 9 A に示す積層基板 W_s のエッジ部の画像を示す図である。特に説明しない本実施形態の詳細は、図 8 A および図 8 B を参照して説明した実施形態と同じであるので、その重複する説明を省略する。図 9 A において、幅 $\times 1$ は、撮像領域 R 内の、第 1 基板 W_1 と第 2 基板 W_2 が接合されている部分の半径方向の幅である。幅 $\times 2$ は、第 1 基板 W_1 のエッジ部 E_1 と第 2 基板 W_2 のエッジ部 E_2 との隙間 G の半径方向の幅である。幅 $\times 3$ は、隙間 G に塗布された充填剤 F の半径方向の幅である。

[0040] 図 9 B に示す幅 $\times 1 \sim \times 3$ は、図 9 A に示す幅 $\times 1 \sim \times 3$ に対応している。充填剤 F が存在しない部分に対応する領域 R_n は、赤外撮像装置 5 から照射された赤外線が第 2 基板 W_2 および第 1 基板 W_1 を透過するため、白色に近い色で画像上に現れる。充填剤 F が存在する部分に対応する領域 R_f は、赤外撮像装置 5 から照射された赤外線が第 2 基板 W_2 を透過し、充填剤 F から反射するため、黒色に近い色で画像上に現れる。

[0041] 動作制御部 10 は、赤外撮像装置 5 によって生成された画像に基づいて、第 1 基板 W_1 のエッジ部 E_1 と第 2 基板 W_2 のエッジ部 E_2 との隙間に塗布された充填剤 F の充填状態を決定する。より具体的には、動作制御部 10 は

、画像上のターゲット領域T内の充填剤Fの大きさに基づいて、充填状態を決定する。

[0042] 図9Aに示す積層基板Wsは、半径方向の幅×3で充填剤Fが充填されているが、充填剤Fが半径方向の幅×2まで塗布されたときに充填が完了する。すなわち、本実施形態の充填剤Fの充填状態は、「充填完了」である。動作制御部10は、ターゲット領域T内の充填剤Fの大きさ（すなわち、領域Rfの面積）が所定の閾値以上のときに、充填状態を「充填完了」と決定する。本実施形態では、所定の閾値は、半径方向の幅が×2であるときの、ターゲット領域T内の充填剤Fの大きさ（すなわち、半径方向の幅が×2のときの領域Rfの面積）が設定されている。

[0043] 動作制御部10は、決定した充填剤Fの充填状態に基づいて、塗布装置3による充填剤Fの塗布を終了させる。より具体的には、動作制御部10は、充填剤Fの充填状態が「充填未了」と決定したときに、充填剤塗布モジュール9に指令を与えて、塗布装置3による充填剤Fの塗布を継続させ、充填剤Fの充填状態が「充填完了」と決定したときに、充填剤塗布モジュール9に指令を与えて、塗布装置3による充填剤Fの塗布を終了させる。

[0044] 図10は、基板処理方法の一実施形態を示すフローチャートである。

ステップS101では、動作制御部10は、充填剤塗布モジュール9の回転機構8に指令を与えて、基板保持部2および積層基板Wsを所定の回転速度で回転させる。

ステップS102では、動作制御部10は、充填剤塗布モジュール9の開閉弁27に指令を与えて、開閉弁27を開き、気体供給源から塗布装置3に気体を供給させる。この動作によって、回転する積層基板Wsの第1基板W1のエッジ部E1と第2基板W2のエッジ部E2との隙間Gに充填剤Fが注入される。

ステップS103では、動作制御部10は、充填剤塗布モジュール9の硬化装置4に指令を与えて、積層基板Wsを加熱させ、塗布された充填剤Fを硬化させる。

ステップS 1 0 4では、動作制御部1 0は、充填剤塗布モジュール9の赤外撮像装置5に指令を与えて、積層基板W s上の測定点において積層基板W sのエッジ部の画像を生成させる。

[0045] ステップS 1 0 5では、動作制御部1 0は、赤外撮像装置5によって生成された画像上のターゲット領域T内の充填剤Fの大きさを所定の閾値と比較する。

動作制御部1 0は、ターゲットT内の充填剤Fの大きさが所定の閾値よりも小さいときに、充填状態を「充填未了」と決定する（ステップS 1 0 6－1）。動作制御部1 0は、充填状態を「充填未了」と決定した場合、充填剤塗布モジュール9に指令を与えて、塗布装置3による充填剤Fの塗布を継続させ、ステップS 1 0 2～S 1 0 5を繰り返す。

動作制御部1 0は、ターゲットT内の充填剤Fの大きさが所定の閾値以上のときに、充填状態を「充填完了」と決定する（ステップS 1 0 6－2）。動作制御部1 0は、充填状態を「充填完了」と決定した場合、充填剤塗布モジュール9に指令を与えて、充填剤Fの塗布を終了させる。動作制御部1 0は、充填剤Fの塗布開始点が塗布装置3の塗布位置に到達したときに、充填剤塗布モジュール9に指令を与えて、充填剤Fの塗布を停止させてもよい。

[0046] 本実施形態によれば、赤外撮像装置5と硬化装置4との距離は、赤外撮像装置5と塗布装置3との距離よりも短いため、充填剤Fの充填状態の決定は、硬化装置4による充填剤Fの硬化後すぐに行われる。したがって、充填剤Fの充填状態をリアルタイムで監視し、適切なタイミングで充填剤Fの塗布を終了することができる。これにより、適切な充填剤Fの充填状態を実現することができる。

[0047] 一実施形態では、動作制御部1 0は、塗布装置3、硬化装置4の動作を停止した後に、ターゲット領域T内の充填剤Fの大きさと所定の閾値とを比較して、充填状態の決定を行ってもよい（ステップS 1 0 5）。この場合、充填状態が「充填未了」と決定されたときは（ステップS 1 0 6－1）、動作制御部1 0は、充填剤塗布モジュール9に指令を与えて、塗布装置3および

硬化装置4の動作を再度開始させて、塗布装置3による充填剤Fの追加塗布を行い（ステップS102）、ステップS103～S105を繰り返してもよい。

[0048] 一実施形態では、充填剤Fの追加塗布は、複数の測定点における充填剤Fの充填状態と、複数の測定点の位置情報に基づいて、積層基板Wsのエッジ部の一部のみで行われてもよい。例えば、動作制御部10は、図7に示す複数の測定点M1～M4において、充填剤Fの充填状態を決定し、測定点M1において充填状態が「充填未了」、測定点M2～M4において充填状態が「充填完了」と決定したときに、測定点M1のみで充填剤Fの追加塗布を充填剤塗布モジュール9に行わせてもよい。

[0049] 次に、基板処理方法の他の実施形態について説明する。図11Aは、充填剤F内にボイドBが発生している積層基板Wsのエッジ部の拡大断面図である。ボイドBとは、積層基板Wsに塗布された充填剤F内に形成された空隙である。図11Bは、図11Aに示す積層基板Wsのエッジ部の画像を示す図である。特に説明しない本実施形態の詳細は、図8Aおよび図8Bを参照して説明した実施形態と同じであるので、その重複する説明を省略する。充填剤Fの塗布条件などによって、塗布された充填剤F内にボイドBが発生することがある。図11Aにおいて、幅×1は、撮像領域R内の、第1基板W1と第2基板W2が接合されている部分の半径方向の幅である。幅×2は、第1基板W1のエッジ部E1と第2基板W2のエッジ部E2との隙間Gの半径方向の幅である。幅×3は、隙間Gに塗布された充填剤Fの半径方向の幅である。

[0050] 図11Bに示す幅×1～×3は、図11Aに示す幅×1～×3に対応している。充填剤Fが存在しない部分に対応する領域Rnは、赤外撮像装置5から照射された赤外線が第2基板W2および第1基板W1を透過するため、白色に近い色で画像上に現れる。充填剤Fが存在する部分に対応する領域Rfは、赤外撮像装置5から照射された赤外線が第2基板W2を透過し、充填剤Fから反射するため、黒色に近い色で画像上に現れる。充填剤Fに発生した

ボイドBは、白色に近い色で画像上に現れる。

[0051] 動作制御部10は、赤外撮像装置5によって生成された画像に基づいて、第1基板W1のエッジ部E1と第2基板W2のエッジ部E2との隙間Gに塗布された充填剤Fの充填状態を決定する。より具体的には、動作制御部10は、画像中の充填剤F（すなわち、領域Rf）内にボイドBを検出したときに、充填状態を「ボイド発生」と決定する。さらに、動作制御部10は、画像上のボイドBの数を計数し、ボイドBの数が予め設定した許容値に達したときに、「異常発生」と判断する。

[0052] 図12は、基板処理方法の他の実施形態を示すフローチャートである。本実施形態のステップS201～S204は、図10を参照して説明した実施形態のステップS101～S104と同じであるので、重複する説明を省略する。

[0053] ステップS205では、動作制御部10は、赤外撮像装置5によって生成された画像に基づいて、充填剤FにボイドBが発生しているかを判定する。

動作制御部10は、充填剤FにボイドBが発生しているときに、充填状態を「ボイド発生」と決定する（ステップS206）。動作制御部10は、充填剤FにボイドBが発生していないと決定した場合（ステップ205の「No」）、充填剤塗布モジュール9による充填剤Fの塗布を継続させ、ステップS202～S205を繰り返す。

[0054] 動作制御部10は、充填剤FにボイドBが発生している場合（ステップ205の「Yes」）、赤外撮像装置5によって生成された画像上のボイドBの数を計数する（ステップS207）。

ステップS208では、動作制御部10は、ボイドBの数が所定の許容値に達しているかを判定する。動作制御部10は、ボイドBの数が許容値に達しているときに、「異常発生」と判断する（ステップS209）。動作制御部10は、「異常発生」と判断した場合、充填剤塗布モジュール9に指令を与えて、充填剤Fの塗布を終了させる。

動作制御部10は、ボイドBの数が所定の許容値に達していない場合（ス

トップS208の「No」)、充填剤塗布モジュール9に指令を与えて、充填剤Fの塗布を継続させ、ステップS202～S205を繰り返す。

[0055] 本実施形態によれば、赤外撮像装置5と硬化装置4との距離は、赤外撮像装置5と塗布装置3との距離よりも短いため、充填剤Fの充填状態の決定は、硬化装置4による充填剤Fの硬化後すぐに行われる。したがって、充填剤Fの充填状態をリアルタイムで監視し、異常の発生を迅速に検知することができる。

[0056] 一実施形態では、動作制御部10は、画像上のターゲット領域T(図11B参照)内の充填剤Fの大きさの増加率に基づいて、充填剤F内のボイドBを検出してもよい。充填剤Fの大きさの増加率は、ターゲット領域T内の単位時間あたりの充填剤Fの大きさの増加量である。充填剤F内にボイドBが発生すると、ボイドBが発生していない場合と比較して、隙間Gに塗布された充填剤Fの半径方向の幅×3(図11A、図11B参照)が大きくなる。そこで、本実施形態では、動作制御部10は、ターゲット領域T内の充填剤Fの大きさの増加率(すなわち、領域Rfの面積の増加率)が所定の基準値よりも大きいときに、充填状態を「ボイド発生」と決定する。所定の基準値は、例えば、予め実験などで得られた、充填剤F内にボイドBが発生していない場合の充填剤Fの大きさの増加率に基づいて設定されてもよい。

[0057] 充填剤Fの大きさの増加率は、積層基板Wsが回転するごとに、赤外撮像装置5によって生成された画像上のターゲット領域T内の充填剤Fの大きさから求めることができる。例えば、動作制御部10は、充填剤Fの塗布開始から積層基板Wsが一回転したときの画像上のターゲット領域T内の充填剤Fの大きさと、積層基板Wsがさらに一回転したときの画像上のターゲット領域T内の充填剤Fの大きさから、充填剤Fの大きさの増加量を算出する。動作制御部10は、算出された充填剤Fの大きさの増加量を積層基板が一回転する時間で除算することにより、単位時間あたりの充填剤Fの大きさの増加量、すなわち充填剤Fの大きさの増加率を算出する。

[0058] さらに、動作制御部10は、ターゲット領域T内の充填剤Fの大きさの増

加率が上記基準値よりも大きいときに、充填剤塗布モジュール 9 に指令を与えて、充填剤 F の塗布を終了させてもよい。

[0059] 充填剤 F 内に多くのボイドが発生すると、塗布された充填剤 F の体積が想定を越えて大きくなる。そこで、一実施形態では、動作制御部 10 は、ターゲット領域 T 内の充填剤 F の大きさ（すなわち、領域 R f の面積）が予め設定した上限値よりも大きいときに、充填状態を「ボイド発生」と決定してもよい。さらに、動作制御部 10 は、ターゲット領域 T 内の充填剤 F の大きさ（すなわち、領域 R f の面積）が予め設定した上記上限値よりも大きいときに、充填剤塗布モジュール 9 に指令を与えて、充填剤 F の塗布を終了させてもよい。

[0060] 一実施形態では、動作制御部 10 は、充填剤 F の充填状態に基づいて、充填剤 F の塗布条件を変更してもよい。塗布条件は、充填剤 F の総塗布量、塗布装置 3 の充填剤吐出口 21 a（図 5 参照）の形状、積層基板 W s と充填剤吐出口 21 a との距離、単位時間あたりの充填剤吐出口 21 a から吐出する充填剤 F の量、積層基板 W s の回転速度のうちの少なくとも 1 つを含む。一実施形態では、塗布条件は、硬化装置 4 から吹き付ける熱風の風圧および温度をさらに含んでもよい。

[0061] 一実施形態では、塗布条件の変更は、複数の測定点における充填剤 F の充填状態と、複数の測定点の位置情報に基づいて、積層基板 W s のエッジ部の一部のみで行われてもよい。動作制御部 10 は、図 7 に示す複数の測定点 M 1 ～M 4 において、充填剤 F の充填状態を決定する。動作制御部 10 は、測定点 M 1 において充填状態が「充填不良」、測定点 M 2 ～M 4 において充填状態が「充填未了」と決定したときに、測定点 M 1 ～M 4 の位置情報に基づいて、測定点 M 1 での充填剤 F の塗布条件のみを変更してもよい。

[0062] 本実施形態によれば、赤外撮像装置 5 と硬化装置 4 との距離は、赤外撮像装置 5 と塗布装置 3 との距離よりも短いため、充填剤 F の充填状態の決定は、硬化装置 4 による充填剤 F の硬化後すぐに行われる。したがって、充填剤 F の充填状態をリアルタイムで監視し、塗布条件を調整して最適な充填状態

を実現することができる。

[0063] 一実施形態では、積層基板 W_s の充填剤 F の充填状態に基づいて、次の積層基板の充填剤 F の塗布条件に反映させてもよい。これにより、次の積層基板が同様の構成を有するときに、塗布条件を途中で調整することなく、適切な充填状態で塗布することができる。

[0064] 次に、基板処理方法のさらに他の実施形態について説明する。図13Aは、充填剤 F の充填不良が発生している積層基板 W_s のエッジ部の拡大断面図である。図13Bは、図13Aに示す積層基板 W_s のエッジ部の画像を示す図である。特に説明しない本実施形態の詳細は、図8Aおよび図8Bを参照して説明した実施形態と同じであるので、その重複する説明を省略する。図13Aにおいて、幅 x_1 は、撮像領域 R 内の、第1基板 W_1 と第2基板 W_2 が接合されている部分の半径方向の幅である。幅 x_2 は、充填剤 F よりも半径方向内側において、充填剤 F が塗布されていない部分の半径方向の幅である。幅 x_3 は、隙間 G に塗布された充填剤 F の半径方向の幅である。幅 x_4 は、充填剤 F よりも半径方向外側において、充填剤 F が塗布されていない部分の半径方向の幅、すなわち、充填剤 F の半径方向の最外端から積層基板 W_s の半径方向の最外端までの幅である。

[0065] 図13Bに示す幅 $x_1 \sim x_4$ は、図13Aに示す幅 $x_1 \sim x_4$ に対応している。充填剤 F が存在しない領域 R_n は、赤外撮像装置5から照射された赤外線が第2基板 W_2 および第1基板 W_1 を透過するため、白色に近い色で画像上に現れる。充填剤 F が存在する領域 R_f は、赤外撮像装置5から照射された赤外線が第2基板 W_2 を透過し、充填剤 F から反射するため、黒色に近い色で画像上に現れる。

[0066] 動作制御部10は、赤外撮像装置5によって生成された画像に基づいて、第1基板 W_1 のエッジ部 E_1 と第2基板 W_2 のエッジ部 E_2 との隙間 G に塗布された充填剤 F の充填状態を決定する。より具体的には、動作制御部10は、画像上の充填剤 F の位置に基づいて、充填状態を決定する。

[0067] 図13Aに示す積層基板 W_s には、充填剤 F の充填不良が発生しており、

半径方向の幅×2の部分には、充填剤Fが塗布されていない。この場合、図13Bに示すように、領域Rfの半径方向内側の端部位置Lfは、第1基板W1のエッジ部E1と第2基板W2のエッジ部E2との隙間Gの半径方向内側の端部位置Loよりも半径方向外側に位置する。動作制御部10は、充填剤Fの半径方向内側の端部位置（すなわち、領域Rfの半径方向内側の端部位置Lf）が、隙間Gの半径方向内側の端部位置Loよりも半径方向外側であるときに、充填状態を「充填不良」と決定する。動作制御部10は、充填剤Fの充填状態が「充填不良」と決定した場合、塗布装置3による充填剤Fの塗布を終了する。

[0068] 本実施形態によれば、赤外撮像装置5と硬化装置4との距離は、赤外撮像装置5と塗布装置3との距離よりも短いため、充填剤Fの充填状態の決定は、硬化装置4による充填剤Fの硬化後すぐに行われる。したがって、充填剤Fの充填状態をリアルタイムで監視し、充填不良を迅速に検知することができる。

[0069] 上述した実施形態は、本発明が属する技術分野における通常の知識を有する者が本発明を実施できることを目的として記載されたものである。上記実施形態の種々の変形例は、当業者であれば当然になしうることであり、本発明の技術的思想は他の実施形態にも適用しうる。したがって、本発明は、記載された実施形態に限定されることはなく、特許請求の範囲によって定義される技術的思想に従った最も広い範囲に解釈されるものである。

産業上の利用可能性

[0070] 本発明は、複数の基板を接合して製造される積層基板の割れおよび欠けを抑制する基板処理方法、および基板処理装置に関し、特に積層基板を構成する複数の基板のエッジ部間に形成された隙間に充填剤を塗布する技術に利用可能である。

符号の説明

[0071] 1 基板処理装置
 2 基板保持部

- 3 塗布装置
- 4 硬化装置
- 5 赤外撮像装置
- 7 回転軸
- 8 回転機構
- 9 充填剤塗布モジュール
- 10 動作制御部
- 10 a 記憶装置
- 10 b 処理装置
- 21 シリンジ
- 21 a 充填剤吐出口
- 22 ピストン
- 25 気体供給ライン
- 26 圧力調整装置
- 27 開閉弁

請求の範囲

- [請求項1] 第1基板と第2基板が接合された積層基板に充填剤を塗布する基板処理方法であって、
- 前記第1基板のエッジ部と前記第2基板のエッジ部との隙間に前記充填剤を塗布し、
- 塗布した前記充填剤を硬化し、
- 前記充填剤を塗布した前記積層基板のエッジ部の画像を赤外撮像装置により生成し、
- 前記画像に基づいて、前記隙間内の前記充填剤の充填状態を決定する、基板処理方法。
- [請求項2] 前記充填状態を決定する工程は、前記画像上の予め設定されたターゲット領域内の前記充填剤の大きさに基づいて、前記充填状態を決定する工程である、請求項1に記載の基板処理方法。
- [請求項3] 前記充填状態に基づいて、前記充填剤の塗布を終了する、請求項1または2に記載の基板処理方法。
- [請求項4] 前記充填状態に基づいて、前記充填剤を追加塗布する工程をさらに含む、請求項1または2に記載の基板処理方法。
- [請求項5] 前記画像上の前記充填剤内に発生したボイドの数を計数し、前記ボイドの数が許容値に達したときに、異常が生じていると判断する工程をさらに含む、請求項1乃至4のいずれか一項に記載の基板処理方法。
- [請求項6] 前記充填剤を塗布する工程、前記充填剤を硬化する工程、および前記画像を生成する工程は、前記積層基板を回転させながら行う、請求項1乃至5のいずれか一項に記載の基板処理方法。
- [請求項7] 前記充填状態に基づいて、前記充填剤の塗布条件を変更する、請求項6に記載の基板処理方法。
- [請求項8] 前記積層基板が一回転する間に、前記積層基板の複数の測定点で前記画像を生成し、

前記複数の測定点における前記充填状態と、前記複数の測定点の位置情報に基づいて、前記複数の測定点のうち少なくとも１つでの前記充填剤の塗布条件を変更する、請求項 7 に記載の基板処理方法。

[請求項9] 前記充填状態に基づいて、次の積層基板の前記充填剤の塗布条件を変更する工程をさらに含む、請求項 1 に記載の基板処理方法。

[請求項10] 前記塗布条件は、前記充填剤の総塗布量、前記充填剤を塗布するための塗布装置の充填剤吐出口の形状、前記積層基板と前記充填剤吐出口との距離、単位時間あたりの前記充填剤吐出口から吐出する前記充填剤の量、前記積層基板の回転速度のうちの少なくとも１つを含む、請求項 7 乃至 9 のいずれか一項に記載の基板処理方法。

[請求項11] 前記赤外撮像装置は、赤外線を前記積層基板の前記第 1 基板と前記第 2 基板の接合面に対して略垂直に照射する、請求項 1 乃至 10 のいずれか一項に記載の基板処理方法。

[請求項12] 第 1 基板と第 2 基板が接合された積層基板に充填剤を塗布するための基板処理装置であって、

前記積層基板に前記充填剤を塗布するように構成された充填剤塗布モジュールと、

前記充填剤塗布モジュールの動作を制御する動作制御部を備え、

前記充填剤塗布モジュールは、

前記積層基板を保持する基板保持部と、

前記第 1 基板のエッジ部と前記第 2 基板のエッジ部との隙間に、前記充填剤を塗布するための塗布装置と、

塗布した前記充填剤を硬化させるための硬化装置と、

前記充填剤を塗布した前記積層基板のエッジ部の画像を生成する赤外撮像装置を備え、

前記動作制御部は、前記画像に基づいて、前記隙間に塗布された前記充填剤の充填状態を決定するように構成されている、基板処理装置

。

- [請求項13] 前記動作制御部は、前記充填状態に基づいて、前記充填剤塗布モジュールに指令を与えて、前記塗布装置による前記充填剤の塗布を終了させるようにさらに構成されている、請求項12に記載の基板処理装置。
- [請求項14] 前記動作制御部は、前記充填状態に基づいて、前記充填剤塗布モジュールに指令を与えて、前記充填剤を追加塗布するようにさらに構成されている、請求項12に記載の基板処理装置。
- [請求項15] 前記充填剤塗布モジュールは、前記基板保持部を回転させる回転機構をさらに備える、請求項12乃至14のいずれか一項に記載の基板処理装置。
- [請求項16] 前記動作制御部は、前記充填状態に基づいて、前記充填剤の塗布条件を変更する、請求項15に記載の基板処理装置。