

明 細 書

発明の名称：加工装置、加工方法及び基板の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、加工装置、加工方法及び基板の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体パッケージ基板は、“More Than More”の流れから、システムをワンチップ化したSoC (System on a Chip) へと流れが移り、この流れに沿って盛んに開発されている。

[0003] また、半導体パッケージ基板の構成は複雑化・高密度化しており、そのベース基板製造にエキシマレーザを用いた装置が適用されてきている。

[0004] 半導体パッケージ基板の高密度化に伴い、半導体パッケージ基板の配線も高精細であることが求められ、配線も多層化している。このような配線の細線化及び多層化により、ラインアンドスペース (L & S) が狭く、複雑になってきている。配線幅が狭くなると、配線抵抗が大きくなる傾向がある。

[0005] 多層の配線間の接続を行う為に貫通穴 (V I A) を設けたり、配線抵抗増大の問題を解決するために、半導体パッケージ基板の作製において、トレンチ (溝) を基板に設け、これらに沿って配線を形成することが行なわれている。このような配線を形成することにより、配線の断面積を増やすことができるので、配線抵抗の増大を抑えることができる。

[0006] このような半導体パッケージ基板の工法の例を、以下に説明する。

まず、ガラスエポキシ樹脂材料を使用した内層基板 (コア層) の両面に、専用真空ラミネータを使用してビルドアップフィムを積層する。このようにして得られたビルドアップフィム表面に上記貫通穴やトレンチを設ける加工をし、それにメッキで金属層を形成して、電極を形成する。

[0007] さて、更なる高密度化の要求に応えるべく、必要とされる貫通穴の穴径そのものが小さくなってきている。また、T o p径とB o t t o m径との差が少ない寸胴形状の貫通穴 (寸胴形状V I A) を形成することも求められてい

る。トレンチも、寸胴形状トレンチとすることが求められている。

[0008] 基板に対してできるだけ真っ直ぐに加工を行って寸胴形状穴や寸胴形状トレンチを高精細に形成するには、高解像度且つ高エネルギー密度のレーザービームを用いることが有効である。このような加工には、固体レーザー装置よりも、エキシマレーザーを用いることが好ましい。エキシマレーザーは焦点深度が浅いものの、このレーザーを用いれば、高解像度且つ高エネルギー密度で加工することができ、ぼやけがなく正確な位置で、寸胴形状VIAや寸胴形状トレンチを形成できる。

[0009] 特許文献1には、レーザー穴あけ加工方法及び装置に関する発明が記載されている。例えば、特許文献1の請求項1には、線状あるいは矩形状ビームをコンタクトマスクを通してコンタクトマスク法により被加工基板の加工領域に照射し、線状あるいは矩形状ビームをコンタクトマスクに対してスキャンすることが記載されている。

[0010] また、特許文献1の段落0037には、レーザー発振器を発振させ、スキャン機構により線状ビームをL軸方向に移動させて、コンタクトマスクのパターン全域を照射することが記載されている。しかし、このような方法では、大きな面積の基板に対して深い凹凸を必要とする加工が出来ない。

[0011] また、特許文献1の段落0049及び0050には、2軸スキャン機構を用いて矩形状ビームを移動させて、コンタクトマスクの4分割された各領域に順に矩形状ビームを照射することで、各領域の直下の加工領域に穴あけを行うことが記載されている。しかし、このような方法では、各加工領域の内部は均一な深さに加工ができるものの、各加工領域同士の境界面で加工がされなかったり、或いは各加工エリアの内部の加工深さの2倍程度境界面で過加工されたりして、加工品質上問題が出てくる。

[0012] 特許文献2には、アブレーション加工用の加工装置および加工方法に関する発明が記載されている。特許文献2の請求項1のアブレーション加工用の加工装置は、ラインビーム形成光学系を内包するラインビーム形成部を装置本体に対して相対移動させ、ライン状の光を走査させる走査機構を備えてい

る。

[0013] この走査機構に関し、特許文献2の段落0022には、「走査機構60は、ラインビーム形成部20を走査方向（X方向）に沿って往復移動させることが可能であり、ラインビーム形成部20の移動に伴い、走査方向（X方向）に垂直なライン状の光が、マスクMおよび投影光学系30に対して相対移動し、マスクステージ40、加工ステージ50にそれぞれ固定されたマスクM、基板Wがスキャニングされる。」と記載されている。

[0014] また、特許文献2の段落0026には、「加工ステージ50は、基板Wを真空吸着などによって固定するとともに、X-Y方向への移動および回転によってマスクMに対して基板Wを位置決めすることができる。また、基板W全体に渡ってアブレーション加工できるように、走査方向（ここではX方向）に沿ってステップ移動可能である。」と記載されている。

[0015] そして、特許文献2の段落0033には、「ラインビーム形成部20を装置本体15に対して移動させることによって、ライン状の光を走査させる」ことが記載されている。

[0016] このような特許文献2の発明では、大きな面積の基板に対して深い凹凸を必要とする加工が出来ない。更に、走査時にレーザビームを動かすため、大きなマスクの全域に照射することが困難である。このため、基板に照射する面が大きくなると対応が難しい。更に、マスク以降の光学素子は大きなサイズが必要となるため、歪みが出やすく精度の高い加工には向かない。縮小光学レンズを入れる場合には非常に大口径のレンズを適用する必要があり、歪みが大きくなるばかりでなく、非常に高価な部品となることや、レーザビームによる熱の管理が行いにくく、長時間運転時の加工精度が悪くなる問題がある。

先行技術文献

特許文献

[0017] 特許文献1：特開2001-79678号公報

特許文献2：特開2021-49560号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0018] 半導体基板の凹凸加工の例として、マスクの開口パターンを通したレーザービームを基板に照射することで基板表面の凹凸加工、すなわちアブレーション加工による凹凸加工を行うことが挙げられる。アブレーション加工によると、貫通穴だけでなく、貫通させずにアスペクト比の高いトレンチを形成する寸止め加工も可能となる。
- [0019] 本来は、マスクの有効エリアを全てカバーする領域に、エネルギーが均一化されたレーザービームを照射するのが理想的だが、近年では半導体基板面の加工エリアが大きくなってきており、それに伴ってマスクの有効エリアも大型化している。
- [0020] そのため、そのすべてをカバーする領域に均一なレーザービームを照射すると、レーザービームのエネルギー密度が極度に減少し、基板表面の加工スレッシュホールドエネルギーに達しなくなり、加工できない。基板表面の加工を行うには、ある程度のエネルギー密度を持ったレーザービームを照射する必要がある。更に、アスペクト比の高い寸胴形状の加工（寸胴形状VIA、寸胴形状トレンチ）を行うためには、レーザーのエネルギー密度が高くないと壁面が鈍った形状になってしまう。
- [0021] また、アブレーション加工を行うためのレーザービームエネルギーは、例えば露光装置よりはるかに高いエネルギー密度が必要であり、熱に対する配慮が必要となる。
- [0022] また、アブレーション加工ができるエネルギー密度を与えたとしても、レーザービームを1回照射しただけでは目的の加工深さまで加工できず、複数回の照射が必要となる。特に近年では加工のアスペクト比に対する要求も大きくなってきており、凹凸加工の深さを深く加工することが要求されてきているため、基板上の同じ位置に複数回のレーザービームを照射して深いアブレーション加工をする必要ある。
- [0023] 従来、例えば特許文献1及び2に記載されているようなアブレーション加

工装置及びアブレーション加工方法が提案されてきたが、上記の通り、これらは、基板の被加工領域全面に亘って微細な凹凸加工を精度よく行うことができる技術ではなかった。

[0024] 本発明は、上記問題を解決するためになされたものであり、基板の被加工領域に亘って微細な凹凸加工を精度よく行うことができる加工装置、基板の被加工領域に亘って微細な凹凸加工を精度よく行うことができる加工方法、及び基板の被加工領域に亘って微細な凹凸加工が精度よく形成された基板を製造することができる基板の製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0025] 上記課題を解決するために、本発明では、第1の態様の加工装置として、基板の表面にレーザビームの照射エネルギーによるアブレーション加工で微細な凹凸を形成する加工装置であって、

パルス状に前記レーザビームを照射するレーザ光源と、前記レーザ光源からの前記レーザビームの照射形状を矩形状に成型する成形光学系とを備えた第一光学機能部と、

前記基板の被加工領域に対応するパターンを有する有効エリアを含むマスクを備える第二光学機能部と、

前記基板を保持する基板ステージと、
を含み、

前記マスクは、前記第一光学機能部を通った前記レーザビームが照射されるマスク照射エリアを含み、該マスク照射エリアは前記マスクの前記有効エリアの一部であり、

前記基板は、前記マスクを通った前記レーザビームにより前記パターンが投影される基板照射エリアを含み、

前記基板照射エリアは、前記基板の被加工領域よりも小さく、

前記基板への加工動作時に、前記基板照射エリアの一部を重畳させながら、前記マスクと前記基板ステージとを掃引照射し、前記基板の被加工領域の表面凹凸加工を行うように構成されているものである加工装置を提供する

。

[0026] このような加工装置であれば、基板の被加工領域に亘ってほぼ均一な凹凸加工を精度よく行うことが可能である。そのため、この態様の加工装置であれば、基板の被加工領域に亘って微細な凹凸加工を精度よく行うことができる。

[0027] また、このような加工装置は、高いレーザエネルギーを使用する必要がなく、使用するレーザ光源や光学部材が高価なものを使用せずに安価に構成できるうえ、レーザビームの熱ドリフトによる精度の悪化を抑えることが出来る、高精度の加工を行うことが出来る。

[0028] そして、このような加工装置であれば、高速で深いV I A加工及び／又はトレンチ加工を行うことができる。また、1ショットでの基板照射エリアを小さくできるので、高密度照射が可能になる。

[0029] また、本発明は、第2の態様の加工装置として、基板の表面にレーザビームの照射エネルギーによるアブレーション加工で微細な凹凸を形成する加工装置であって、

パルス状に前記レーザビームを照射するレーザ光源と、前記レーザ光源からの前記レーザビームの照射形状を矩形状に成型する成形光学系とを備えた第一光学機能部と、

前記基板の被加工領域に対応するパターンを有する有効エリアを含むマスクを備える第二光学機能部と、

前記基板を保持する基板ステージと、
を含み、

前記マスクは、前記第一光学機能部を通った前記レーザビームが照射されるマスク照射エリアを含み、該マスク照射エリアは前記マスクの前記有効エリアの一部であり、

前記基板は、前記マスクを通った前記レーザビームにより前記パターンが投影される基板照射エリアを含み、

前記基板照射エリアは、前記基板の被加工領域よりも小さく、

前記マスク及び前記基板ステージが、前記レーザービームが照射される方向と略垂直な面方向において同期して動作することによって、相対的に対応する位置関係を保つように構成されており、

前記基板への加工動作時に、前記レーザービームの照射位置を固定した状態で、前記マスクと前記基板ステージとを同期して動作させて、前記マスク及び前記基板ステージとを掃引照射し、前記基板の前記被加工領域の表面凹凸加工を行うように構成されているものである加工装置を提供する。

[0030] このような加工装置であれば、基板の被加工領域に亘ってほぼ均一な凹凸加工を精度よく行うことが可能である。そのため、この態様の加工装置であれば、基板の被加工領域に亘って微細な凹凸加工を精度よく行うことができる。

[0031] また、このような加工装置は、高いレーザーエネルギーを使用する必要がなく、使用するレーザー光源や光学部材が高価なものを使用せずに安価に構成できるうえ、レーザービームの熱ドリフトによる精度の悪化を抑えることが出来る、高精度の加工を行うことが出来る。また、光学部品に小型のものが使える為、安価で精度が高いものを使用することができる。

[0032] そして、このような加工装置であれば、レーザービームを走査する場合よりも高い精度で加工を行うことができる。また、このような加工装置であれば、大面積マスクを用いることもできるため、より高いエネルギー密度で加工を行うこともできる。

[0033] 第1の態様の加工装置は、前記マスク及び前記基板ステージが、前記レーザービームが照射される方向と略垂直な面方向において同期して動作することによって、相対的に対応する位置関係を保つように構成されており、

前記基板への加工動作時に、前記レーザービームの照射位置を固定した状態で、前記マスクと前記基板ステージとを同期して動作させて、前記基板照射エリアの一部を重畳させながら、前記マスク及び前記基板ステージとを掃引照射し、前記基板の前記被加工領域の表面凹凸加工を行うように構成されていることが好ましい。

- [0034] このような加工装置であれば、レーザビームを走査する場合よりも高い精度で加工を行うことができる。また、このような加工装置であれば、大面積マスクを用いることもできるため、より高いエネルギー密度で加工を行うこともできる。
- [0035] 前記レーザビームはエキシマレーザであることが好ましい。
- [0036] エキシマレーザを用いることにより、より高精細な凹凸加工が可能である。また、エキシマレーザでは加工材料へのエネルギー吸収効率がよい為、良好なアブレーション加工が可能である。
- [0037] 前記マスクを保持し、且つ前記マスクを掃引するマスクステージを更に含むことが好ましい。
- [0038] このようなマスクステージを含む加工装置であれば、効率よくマスクの掃引動作が可能である。
- [0039] 前記第二光学機能部と前記基板ステージとの間に、縮小投影光学系を備えた第三光学機能部を更に含むことが好ましい。
- [0040] このような第三光学機能部を更に含むことにより、マスクを実際の加工パターンよりも拡大することができ、マスクに照射されるレーザビームのエネルギーを基板に照射される加工エネルギーよりも小さくすることが出来る。それにより、レーザビームのエネルギーによる熱ドリフトを抑えることが出来るため、マスクの熱膨張を抑制でき、長時間の加工動作後でも高精度の加工を行うことが可能となる。また、マスクを実際の加工パターンより大きなパターンにできる為、微小なゴミの影響も受けにくくなる。
- [0041] 前記第三光学機能部は、前記縮小投影光学系を冷却する冷却手段を更に備えるものであることが好ましい。
- [0042] このような加工装置であれば、レーザビームのエネルギーによる熱ドリフトを更に抑えることが出来、長時間の加工動作後でも高精度の加工を行うことが可能となる。
- [0043] 前記成形光学系は、複数のシリンドリカルレンズを備え、前記レーザ光源からの前記レーザビームを、前記照射形状が前記矩形形状であり且つ照射エ

エネルギー密度が均一であるレーザビームに成形する光学システムであることが好ましい。

[0044] このような光学システムを含む加工装置は、エネルギー密度が極めて均一な矩形形状のビームプロファイルを持った高品質なレーザビームを成形することが可能となる。

[0045] 前記成形光学系は、複数のシリンドリカルレンズを備え、前記レーザ光源からの前記レーザビームを、前記照射形状が前記矩形形状であり且つトップハット型であるレーザビームに成形する光学システムであることが好ましい。

[0046] このような光学システムを含む加工装置は、エネルギー密度が極めて均一な矩形形状であるトップハット型のレーザビームを基板の被加工領域に照射できる。

[0047] 前記第二光学機能部は、前記第一光学機能部を通った前記レーザビームの前記照射形状を前記マスクを通して更に成形するものとすることができる。

[0048] 第二光学機能部は、矩形状に成型されたレーザビームの照射形状を、例えば、基板の被加工領域に対応するパターンに応じて、更に成形することができる。

[0049] 少なくとも1つの方向での前記掃引照射において、前記マスク及び前記基板ステージに前記レーザビームをパルス照射しながら、前記マスク及び前記基板ステージを非停止で掃引するように構成されたものであることが好ましい。

[0050] このような掃引を行うことにより、走行と停止を繰り返すステップ&リピート動作に比べて掃引の時間を大幅に減少することが可能となる。

[0051] 更に、ステップ&リピートのようにステージ動作と停止とを頻繁に繰り返すことがないから、ステージの熱負荷を抑制して高精度の位置決めを長時間に亘って維持できる。

[0052] 前記基板の特徴部分を読み取る撮像手段と、
前記マスクの特徴部分を読み取る撮像手段と、

前記基板の前記特徴部分及び前記マスクの前記特徴部分の位置情報に基づいて、前記基板と前記マスクとの相対位置を合わせるアライメント機構とを更に含むことが好ましい。

[0053] これらの撮像手段及びアライメント機構を備えることにより、基板面の正確な位置にマスクパターンを投影した凹凸加工を行うことが可能となる。

[0054] この場合、前記アライメント機構の情報に基づき、前記マスクの前記パターンに対して前記基板の加工形状を補正する手段を更に含むことが好ましい。

[0055] このような加工装置であれば、より正確な基板への凹凸加工が可能となる。

[0056] 前記マスクが、前記加工装置が設置される水平面に対して略垂直方向に設置されているものが好ましい。

[0057] このような加工装置であれば、マスクが水平面に設置されている従来の方に比べ、マスクの撓みの影響を抑え、高い精度の凹凸加工ができ、また、マスク面にゴミが付着することもおきにくいことから、ゴミによる不良をおこしにくくなる。更に、長い光路の大部分を水平面に沿わせることができるため、装置の高さを低くすることができる。

[0058] また、本発明では、第1の態様の加工方法として、基板の表面にレーザービームの照射エネルギーによるアブレーション加工で微細な凹凸を形成する加工方法であって、

レーザー光源及び成形光学系を備えた第一光学機能部と、前記基板の被加工領域に対応するパターンを有する有効エリアを含むマスクを備える第二光学機能部と、前記基板を保持する基板ステージとを含む加工装置を準備することと、

前記第一光学機能部において、前記レーザー光源から前記成形光学系に前記レーザービームをパルス状に照射して、前記レーザービームの照射形状を矩形状に成型することと、

前記第二光学機能部において、前記マスクの前記有効エリアの一部であ

るマスク照射エリアに、前記第一光学機能部を通った前記レーザービームを照射することと、

前記マスクを通った前記レーザービームを前記基板の基板照射エリアに照射して、前記パターンを前記基板照射エリアに投影することとを含み、

前記基板照射エリアが、前記基板の被加工領域よりも小さくなるようにし、

前記基板への加工動作時に、前記基板照射エリアの一部分を重畳させながら、前記マスクと前記基板ステージとを掃引照射し、前記基板の被加工領域の表面凹凸加工を行う加工方法を提供する。

[0059] このような加工方法であれば、基板の被加工領域に亘ってほぼ均一な凹凸加工を精度よく行うことが可能である。そのため、この態様の加工方法であれば、基板の被加工領域に亘って微細な凹凸加工を精度よく行うことができる。

[0060] また、このような加工方法は、高いレーザーエネルギーを使用する必要がなく、使用するレーザー光源や光学部材が高価なものを使用せずに安価に構成できるうえ、レーザービームの熱ドリフトによる精度の悪化を抑えることが出来、高精度の加工を行うことが出来る。

[0061] そして、このような加工方法であれば、高速で深いV I A加工及び／又はトレンチ加工を行うことができる。また、1ショットでの基板照射エリアを小さくできるので、高密度照射が可能になる。

[0062] また、本発明では、第2の態様の加工方法として、基板の表面にレーザービームの照射エネルギーによるアブレーション加工で微細な凹凸を形成する加工方法であって、

矩形状に成型されたレーザービームをマスクに通すことで、前記基板の被加工領域よりも小さい基板照射エリアになるように基板にレーザービームを照射し、

前記基板への加工動作時に、前記基板照射エリアの一部分を重畳させなが

ら、前記基板の被加工領域の表面凹凸加工を行う加工方法を提供する。

[0063] このような加工方法であれば、基板の被加工領域に亘ってほぼ均一な凹凸加工を精度よく行うことが可能である。そのため、この態様の加工装置であれば、基板の被加工領域に亘って微細な凹凸加工を精度よく行うことができる。

[0064] また、本発明では、第3の態様の加工方法として、基板の表面にレーザビームの照射エネルギーによるアブレーション加工で微細な凹凸を形成する加工方法であって、

レーザ光源及び成形光学系を備えた第一光学機能部と、前記基板の被加工領域に対応するパターンを有する有効エリアを含むマスクを備える第二光学機能部と、前記基板を保持する基板ステージとを含む加工装置を準備することと、

前記第一光学機能部において、前記レーザ光源から前記成形光学系に前記レーザビームをパルス状に照射して、前記レーザビームの照射形状を矩形状に成型することと、

前記第二光学機能部において、前記マスクの前記有効エリアの一部であるマスク照射エリアに、前記第一光学機能部を通った前記レーザビームを照射することと、

前記マスクを通った前記レーザビームを前記基板の基板照射エリアに照射して、前記パターンを前記基板照射エリアに投影することとを含み、

前記基板照射エリアが、前記基板の被加工領域よりも小さくなるようにし、

前記マスク及び前記基板ステージを、前記レーザビームが照射される方向と略垂直な面方向において同期して動作することによって、相対的に対応する位置関係を保ち、

前記基板への加工動作時に、前記レーザビームの照射位置を固定した状態で、前記マスクと前記基板ステージとを同期して動作させて、前記マスク及

び前記基板ステージとを掃引照射し、前記基板の前記被加工領域の表面凹凸加工を行う加工方法を提供する。

[0065] このような加工方法であれば、基板の被加工領域に亘ってほぼ均一な凹凸加工を精度よく行うことが可能である。そのため、この態様の加工方法であれば、基板の被加工領域に亘って微細な凹凸加工を精度よく行うことができる。

[0066] また、このような加工方法は、高いレーザエネルギーを使用する必要がなく、使用するレーザ光源や光学部材が高価なものを使用せずに安価に構成できるうえ、レーザビームの熱ドリフトによる精度の悪化を抑えることが出来、高精度の加工を行うことが出来る。また、光学部品に小型のものが使える為、安価で精度が高いものを使用することができる。

[0067] そして、このような加工方法であれば、レーザビームを走査する場合よりも高い精度で加工を行うことができる。また、このような加工方法であれば、大面積マスクを用いることもできるため、より高いエネルギー密度で加工を行うこともできる。

[0068] 第1の態様の加工方法では、前記マスク及び前記基板ステージを、前記レーザビームが照射される方向と略垂直な面方向において同期して動作することによって、相対的に対応する位置関係を保ち、

前記基板への加工動作時に、前記レーザビームの照射位置を固定した状態で、前記マスクと前記基板ステージとを同期して動作させて、前記基板照射エリアの一部を重畳させながら、前記マスク及び前記基板ステージとを掃引照射し、前記基板の前記被加工領域の表面凹凸加工を行うことが好ましい。

[0069] このような加工方法であれば、レーザビームを走査する場合よりも高い精度で加工を行うことができる。また、このような加工方法であれば、大面積マスクを用いることもできるため、より高いエネルギー密度で加工を行うこともできる。

[0070] 前記レーザビームとしてエキシマレーザを用いることが好ましい。

- [0071] エキシマレーザを用いることにより、より高精細な凹凸加工が可能となる。また、エキシマレーザでは加工材料へのエネルギー吸収効率がよい為、良好なアブレーション加工が可能である。
- [0072] 第1の態様又は第3の態様の加工方法では、前記マスクを保持し、且つ前記マスクを掃引するものであるマスクステージを更に用いることが好ましい。
- [0073] このようにすると、効率よくマスクの掃引動作が可能である。
- [0074] 第1の態様又は第3の態様の加工方法では、前記加工装置として、前記第二光学機能部と前記基板ステージとの間に、縮小投影光学系を備えた第三光学機能部を更に含むものを用いることが好ましい。
- [0075] このような第三光学機能部を更に含む加工装置を用いることにより、マスクを実際の加工パターンよりも拡大することができ、その結果、マスクに照射されるレーザビームのエネルギーを基板に照射される加工エネルギーよりも小さくすることが出来る。それにより、レーザビームのエネルギーによる熱ドリフトを抑えることが出来るため、マスクの熱膨張を抑制でき、長時間の加工動作後でも高精度の加工を行うことが可能となる。また、マスクを実際の加工パターンより大きなパターンにできる為、微小なゴミの影響も受けにくくなる。
- [0076] この場合、前記第三光学機能部として、前記縮小投影光学系を冷却する冷却手段を更に備えるものを用いることが好ましい。
- [0077] このような第三光学機能部を用いることで、長時間の加工動作後でも高精度の加工を行うことが可能となる。
- [0078] 第1の態様又は第3の態様の加工方法では、前記成形光学系として、複数のシリンドリカルレンズを備える光学システムを用い、前記レーザ光源からの前記レーザビームを前記照射形状が前記矩形形状の均一レーザビームに成形することが好ましい。
- [0079] このようにすることで、エネルギー密度が極めて均一な矩形形状のビームプロファイルを持った高品質なレーザビームを成形することが可能となる。

- [0080] 第1の態様又は第3の態様の加工方法では、前記第二光学機能部において、前記第一光学機能部を通った前記レーザビームの前記照射形状を前記マスクを通して更に成形することができる。
- [0081] 第二光学機能部は、矩形状に成型されたレーザビームの照射形状を、例えば、基板の被加工領域に対応するパターンに応じて、更に成形することができる。
- [0082] 第1の態様又は第3の態様の加工方法では、少なくとも1つの方向での前記掃引照射において、前記マスク及び前記基板ステージに前記レーザビームをパルス照射しながら、前記マスク及び前記基板ステージを非停止で掃引することが好ましい。
- [0083] このような掃引を行うことにより、走行と停止を繰り返すステップ&リピート動作に比べて掃引の時間を大幅に減少することが可能となる。
- [0084] 更に、ステップ&リピートのようにステージ動作と停止とを頻繁に繰り返すことがないから、ステージの熱負荷を抑制して高精度の位置決めを長時間に亘って維持できる。
- [0085] 第1の態様又は第3の態様の加工方法では、前記基板の被加工領域ごとに、前記掃引照射を複数回繰り返し行うことができる。
- [0086] このように被加工領域ごとに掃引照射を複数回繰り返し行って、目的の深さまで加工することで、高速な加工を行うことが出来る。
- [0087] 第1の態様又は第3の態様の加工方法では、前記基板の特徴部分及び前記マスクの特徴部分を読み取ることと、
前記基板の前記特徴部分及び前記マスクの前記特徴部分の位置情報に基づいて、アライメント機構を用いて、前記基板と前記マスクとの相対位置を合せることと
を更に含むことが好ましい。
- [0088] このようにすることで、基板面の正確な位置にマスクパターンを投影した凹凸加工を行うことが可能となる。
- [0089] この場合、前記アライメント機構の情報に基づき、前記マスクの前記パタ

ーンに対して前記基板の加工形状を補正することを更に含むことが好ましい。

[0090] このような加工方法であれば、より正確な基板への凹凸加工が可能となる。

[0091] 第1の態様又は第3の態様の加工方法では、前記加工装置として、前記マスクが、前記加工装置が設置される水平面に対して垂直方向に設置されているものを用いることが好ましい。

[0092] このような加工装置を用いれば、マスクが水平面に設置されている従来の方式に比べ、マスクの撓みの影響を抑え、高い精度の凹凸加工ができ、また、マスク面にゴミが付着することもおきにくいことから、ゴミによる不良をおこしにくくなる。更に、長い光路の大部分を水平面に沿わせることができるため、装置の高さを低くすることができる。

[0093] また、本発明では、第1の態様の基板の製造方法として、レーザビームの照射エネルギーによるアブレーション加工により表面に微細な凹凸が形成された基板の製造方法であって、

レーザ光源及び成形光学系を備えた第一光学機能部と、前記基板の被加工領域に対応するパターンを有する有効エリアを含むマスクを備える第二光学機能部と、前記基板を保持する基板ステージとを含む加工装置を準備することと、

前記第一光学機能部において、前記レーザ光源から前記成形光学系に前記レーザビームをパルス状に照射して、前記レーザビームの照射形状を矩形状に成型することと、

前記第二光学機能部において、前記マスクの前記有効エリアの一部分であるマスク照射エリアに、前記第一光学機能部を通った前記レーザビームを照射することと、

前記マスクを通った前記レーザビームを前記基板の基板照射エリアに照射して、前記パターンを前記基板照射エリアに投影することとを含み、

前記基板照射エリアが、前記基板の被加工領域よりも小さくなるようにし、

前記基板への加工動作時に、前記基板照射エリアの一部分を重畳させながら、前記マスクと前記基板ステージとを掃引照射し、前記基板の被加工領域の表面凹凸加工を行う基板の製造方法を提供する。

[0094] このような基板の製造方法であれば、基板の被加工領域に亘ってほぼ均一な凹凸加工を精度よく行うことが可能である。そのため、この態様の基板の製造方法であれば、基板の被加工領域に亘って微細な凹凸加工が精度よく形成された基板を製造することができる。

[0095] また、このような基板の製造方法は、高いレーザーエネルギーを使用する必要がなく、使用するレーザー光源や光学部材が高価なものを使用せずに安価に構成できるうえ、レーザービームの熱ドリフトによる精度の悪化を抑えることが出来、高精度に加工が行なわれた基板を製造することが出来る。

[0096] そして、このような基板の製造方法であれば、高速で深いV I A加工及び／又はトレンチ加工を行うことができる。また、1ショットでの基板照射エリアを小さくできるので、高密度照射が可能になる。

[0097] また、本発明では、第2の態様の基板の製造方法として、レーザービームの照射エネルギーによるアブレーション加工により表面に微細な凹凸が形成された基板の製造方法であって、

基板の表面にレーザービームの照射エネルギーによるアブレーション加工で微細な凹凸を形成する加工方法であって、

矩形状に成型されたレーザービームをマスクに通すことで、前記基板の被加工領域よりも小さい基板照射エリアになるように基板にレーザービームを照射し、

前記基板への加工動作時に、前記基板照射エリアの一部分を重畳させながら、前記基板の被加工領域の表面凹凸加工を行う基板の製造方法を提供する。

[0098] このような基板の製造方法であれば、基板の被加工領域に亘ってほぼ均一

な凹凸加工を精度よく行うことが可能である。そのため、この態様の基板の製造方法であれば、基板の被加工領域に亘って微細な凹凸加工が精度よく形成された基板を製造することができる。

[0099] また、本発明では、第3の態様の基板の製造方法として、レーザービームの照射エネルギーによるアブレーション加工により表面に微細な凹凸が形成された基板の製造方法であって、

レーザー光源及び成形光学系を備えた第一光学機能部と、前記基板の被加工領域に対応するパターンを有する有効エリアを含むマスクを備える第二光学機能部と、前記基板を保持する基板ステージとを含む加工装置を準備することと、

前記第一光学機能部において、前記レーザー光源から前記成形光学系に前記レーザービームをパルス状に照射して、前記レーザービームの照射形状を矩形状に成型することと、

前記第二光学機能部において、前記マスクの前記有効エリアの一部分であるマスク照射エリアに、前記第一光学機能部を通った前記レーザービームを照射することと、

前記マスクを通った前記レーザービームを前記基板の基板照射エリアに照射して、前記パターンを前記基板照射エリアに投影することとを含み、

前記基板照射エリアが、前記基板の被加工領域よりも小さくなるようにし、

前記マスク及び前記基板ステージを、前記レーザービームが照射される方向と略垂直な面方向において同期して動作することによって、相対的に対応する位置関係を保ち、

前記基板への加工動作時に、前記レーザービームの照射位置を固定した状態で、前記マスクと前記基板ステージとを同期して動作させて、前記マスク及び前記基板ステージとを掃引照射し、前記基板の前記被加工領域の表面凹凸加工を行う基板の製造方法を提供する。

- [0100] このような基板の製造方法であれば、基板の被加工領域に亘ってほぼ均一な凹凸加工を精度よく行うことが可能である。そのため、この態様の基板の製造方法であれば、基板の被加工領域に亘って微細な凹凸加工が精度よく形成された基板を製造することができる。
- [0101] また、このような基板の製造方法は、高いレーザエネルギーを使用する必要がなく、使用するレーザ光源や光学部材が高価なものを使用せずに安価に構成できるうえ、レーザビームの熱ドリフトによる精度の悪化を抑えることが出来、高精度に加工が行なわれた基板を製造することが出来る。また、光学部品に小型のものが使える為、安価で精度が高いものを使用することができる。
- [0102] そして、このような基板の製造方法であれば、レーザビームを走査する場合よりも高い精度で加工を行うことができる。また、このような加工方法であれば、大面積マスクを用いることもできるため、より高いエネルギー密度で加工を行うこともできる。
- [0103] 例えば、前記基板が半導体パッケージ用基板であってもよい。
- [0104] 本発明の基板の製造方法は、半導体パッケージの製造に特に有利に適用できる。

発明の効果

- [0105] 以上のように、本発明の加工装置であれば、基板の被加工領域に亘って微細な凹凸加工を精度よく行うことができる。
- [0106] また、本発明の加工方法であれば、基板の被加工領域に亘って微細な凹凸加工を精度よく行うことができる。
- [0107] そして、本発明の基板の製造方法であれば、基板の被加工領域に亘って微細な凹凸加工が精度よく形成された基板を製造することができる。

図面の簡単な説明

- [0108] [図1]本発明の加工装置の一例を示す概略図である。
- [図2]本発明における、基板の被加工領域と基板照射エリアとの関係の一例を示す図である。

[図3]一軸方向における重畳照射の一例を説明する図である。

[図4]一列目から三列目までの重畳照射の一例を説明する図である。

[図5]成形光学系の一例におけるレーザビームの照射形状の成形の概念図である。

発明を実施するための形態

[0109] 上述のように、基板の被加工領域に亘って微細な凹凸加工を精度よく行うことができる加工装置の開発が求められていた。

[0110] 本発明者らは、上記課題について鋭意検討を重ねた結果、基板の表面にレーザビームの照射エネルギーによるアブレーション加工で微細な凹凸を形成する加工において、1ショットでレーザビームが照射される基板照射エリアを基板の被加工領域よりも小さくし、基板への加工動作時に、基板照射エリアの一部分を重畳させながらマスク及び基板ステージを掃引照射して、基板の被加工領域の表面凹凸加工を行う、及び／又はレーザビームの照射位置を固定した状態でマスクと基板ステージとを同期して動作させて、マスク及び基板ステージを掃引照射して、基板の被加工領域の表面凹凸加工を行うことにより、基板の被加工領域に亘って微細な凹凸加工を精度よく行うことができることを見出し、本発明を完成させた。

[0111] 即ち、本発明の第1の態様の加工装置は、基板の表面にレーザビームの照射エネルギーによるアブレーション加工で微細な凹凸を形成する加工装置であって、

パルス状に前記レーザビームを照射するレーザ光源と、前記レーザ光源からの前記レーザビームの照射形状を矩形状に成型する成形光学系とを備えた第一光学機能部と、

前記基板の被加工領域に対応するパターンを有する有効エリアを含むマスクを備える第二光学機能部と、

前記基板を保持する基板ステージと、
を含み、

前記マスクは、前記第一光学機能部を通った前記レーザビームが照射され

るマスク照射エリアを含み、該マスク照射エリアは前記マスクの前記有効エリアの一部分であり、

前記基板は、前記マスクを通った前記レーザービームにより前記パターンが投影される基板照射エリアを含み、

前記基板照射エリアは、前記基板の被加工領域よりも小さく、

前記基板への加工動作時に、前記基板照射エリアの一部分を重畳させながら、前記マスクと前記基板ステージとを掃引照射し、前記基板の被加工領域の表面凹凸加工を行うように構成されているものである加工装置である。

[0112] また、本発明の第2の態様の加工装置は、基板の表面にレーザービームの照射エネルギーによるアブレーション加工で微細な凹凸を形成する加工装置であって、

パルス状に前記レーザービームを照射するレーザー光源と、前記レーザー光源からの前記レーザービームの照射形状を矩形状に成型する成形光学系とを備えた第一光学機能部と、

前記基板の被加工領域に対応するパターンを有する有効エリアを含むマスクを備える第二光学機能部と、

前記基板を保持する基板ステージと、
を含み、

前記マスクは、前記第一光学機能部を通った前記レーザービームが照射されるマスク照射エリアを含み、該マスク照射エリアは前記マスクの前記有効エリアの一部分であり、

前記基板は、前記マスクを通った前記レーザービームにより前記パターンが投影される基板照射エリアを含み、

前記基板照射エリアは、前記基板の被加工領域よりも小さく、

前記マスク及び前記基板ステージが、前記レーザービームが照射される方向と略垂直な面方向において同期して動作することによって、相対的に対応する位置関係を保つように構成されており、

前記基板への加工動作時に、前記レーザービームの照射位置を固定した状態

で、前記マスクと前記基板ステージとを同期して動作させて、前記マスク及び前記基板ステージとを掃引照射し、前記基板の前記被加工領域の表面凹凸加工を行うように構成されているものである加工装置である。

[0113] また、本発明の第1の態様の加工方法は、基板の表面にレーザビームの照射エネルギーによるアブレーション加工で微細な凹凸を形成する加工方法であって、

レーザ光源及び成形光学系を備えた第一光学機能部と、前記基板の被加工領域に対応するパターンを有する有効エリアを含むマスクを備える第二光学機能部と、前記基板を保持する基板ステージとを含む加工装置を準備することと、

前記第一光学機能部において、前記レーザ光源から前記成形光学系に前記レーザビームをパルス状に照射して、前記レーザビームの照射形状を矩形状に成型することと、

前記第二光学機能部において、前記マスクの前記有効エリアの一部分であるマスク照射エリアに、前記第一光学機能部を通った前記レーザビームを照射することと、

前記マスクを通った前記レーザビームを前記基板の基板照射エリアに照射して、前記パターンを前記基板照射エリアに投影することとを含み、

前記基板照射エリアが、前記基板の被加工領域よりも小さくなるようにし、

前記基板への加工動作時に、前記基板照射エリアの一部分を重畳させながら、前記マスクと前記基板ステージとを掃引照射し、前記基板の被加工領域の表面凹凸加工を行う加工方法である。

[0114] また、本発明の第2の態様の加工方法は、基板の表面にレーザビームの照射エネルギーによるアブレーション加工で微細な凹凸を形成する加工方法であって、

矩形状に成型されたレーザビームをマスクに通すことで、前記基板の被加

工領域よりも小さい基板照射エリアになるように基板にレーザビームを照射し、

前記基板への加工動作時に、前記基板照射エリアの一部分を重畳させながら、前記基板の被加工領域の表面凹凸加工を行う加工方法である。

[0115] また、本発明の第3の態様の加工方法は、基板の表面にレーザビームの照射エネルギーによるアブレーション加工で微細な凹凸を形成する加工方法であって、

レーザ光源及び成形光学系を備えた第一光学機能部と、前記基板の被加工領域に対応するパターンを有する有効エリアを含むマスクを備える第二光学機能部と、前記基板を保持する基板ステージとを含む加工装置を準備することと、

前記第一光学機能部において、前記レーザ光源から前記成形光学系に前記レーザビームをパルス状に照射して、前記レーザビームの照射形状を矩形状に成型することと、

前記第二光学機能部において、前記マスクの前記有効エリアの一部分であるマスク照射エリアに、前記第一光学機能部を通った前記レーザビームを照射することと、

前記マスクを通った前記レーザビームを前記基板の基板照射エリアに照射して、前記パターンを前記基板照射エリアに投影することとを含み、

前記基板照射エリアが、前記基板の被加工領域よりも小さくなるようにし、

前記マスク及び前記基板ステージを、前記レーザビームが照射される方向と略垂直な面方向において同期して動作することによって、相対的に対応する位置関係を保ち、

前記基板への加工動作時に、前記レーザビームの照射位置を固定した状態で、前記マスクと前記基板ステージとを同期して動作させて、前記マスク及び前記基板ステージとを掃引照射し、前記基板の前記被加工領域の表面凹凸

加工を行う加工方法である。

[0116] また、本発明の第1の態様の基板の製造方法は、レーザービームの照射エネルギーによるアブレーション加工により表面に微細な凹凸が形成された基板の製造方法であって、

レーザー光源及び成形光学系を備えた第一光学機能部と、前記基板の被加工領域に対応するパターンを有する有効エリアを含むマスクを備える第二光学機能部と、前記基板を保持する基板ステージとを含む加工装置を準備することと、

前記第一光学機能部において、前記レーザー光源から前記成形光学系に前記レーザービームをパルス状に照射して、前記レーザービームの照射形状を矩形状に成型することと、

前記第二光学機能部において、前記マスクの前記有効エリアの一部分であるマスク照射エリアに、前記第一光学機能部を通った前記レーザービームを照射することと、

前記マスクを通った前記レーザービームを前記基板の基板照射エリアに照射して、前記パターンを前記基板照射エリアに投影することとを含み、

前記基板照射エリアが、前記基板の被加工領域よりも小さくなるようにし、

前記基板への加工動作時に、前記基板照射エリアの一部分を重畳させながら、前記マスクと前記基板ステージとを掃引照射し、前記基板の被加工領域の表面凹凸加工を行う基板の製造方法である。

[0117] また、本発明の第2の態様の基板の製造方法は、レーザービームの照射エネルギーによるアブレーション加工により表面に微細な凹凸が形成された基板の製造方法であって、

基板の表面にレーザービームの照射エネルギーによるアブレーション加工で微細な凹凸を形成する加工方法であって、

矩形状に成型されたレーザービームをマスクに通すことで、前記基板の被加

工領域よりも小さい基板照射エリアになるように基板にレーザビームを照射し、

前記基板への加工動作時に、前記基板照射エリアの一部分を重畳させながら、前記基板の被加工領域の表面凹凸加工を行う基板の製造方法である。

[0118] また、本発明の第3の態様の基板の製造方法は、レーザビームの照射エネルギーによるアブレーション加工により表面に微細な凹凸が形成された基板の製造方法であって、

レーザ光源及び成形光学系を備えた第一光学機能部と、前記基板の被加工領域に対応するパターンを有する有効エリアを含むマスクを備える第二光学機能部と、前記基板を保持する基板ステージとを含む加工装置を準備することと、

前記第一光学機能部において、前記レーザ光源から前記成形光学系に前記レーザビームをパルス状に照射して、前記レーザビームの照射形状を矩形状に成型することと、

前記第二光学機能部において、前記マスクの前記有効エリアの一部分であるマスク照射エリアに、前記第一光学機能部を通った前記レーザビームを照射することと、

前記マスクを通った前記レーザビームを前記基板の基板照射エリアに照射して、前記パターンを前記基板照射エリアに投影することとを含み、

前記基板照射エリアが、前記基板の被加工領域よりも小さくなるようにし、

前記マスク及び前記基板ステージを、前記レーザビームが照射される方向と略垂直な面方向において同期して動作することによって、相対的に対応する位置関係を保ち、

前記基板への加工動作時に、前記レーザビームの照射位置を固定した状態で、前記マスクと前記基板ステージとを同期して動作させて、前記マスク及び前記基板ステージとを掃引照射し、前記基板の前記被加工領域の表面凹凸

加工を行う基板の製造方法である。

[0119] 以下、本発明について詳細に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

[0120] [加工装置]

図1は、本発明の加工装置の一例を示す概略図である。図1に示す加工装置100は、基板80の表面にレーザービーム4の照射エネルギーによるアブレーション加工で微細な凹凸を形成する加工装置である。

[0121] 図1に示す加工装置100は、第一光学機能部10と、第二光学機能部20と、基板80を保持する基板ステージ40とを含む。

[0122] 第一光学機能部10は、パルス状にレーザービーム1を照射（出射）するレーザー光源（レーザー発振器）11と、レーザー光源11からレーザービーム1を照射される成形光学系12とを備えている。成形光学系12は、レーザービーム1の例えば図1（a）に示す照射形状を、例えば図1（b）に示す矩形形状の照射形状に成型するものである。矩形形状の照射形状を有するレーザービーム2は、均一な照射エネルギー密度を示すことができ、例えばトップハット形状を示すビームプロファイルである。

[0123] 第二光学機能部20は、マスク21を備える。マスク21は、基板80の被加工領域に対応するパターンを有する有効エリア22を含む。

[0124] マスク21は、第一光学機能部10を通ったレーザービーム2が照射されるマスク照射エリアを含む。このマスク照射エリアは、マスク21の有効エリア22の一部である。

[0125] 第二光学機能部20を通り、例えば図1（c）に示す照射形状を有するレーザービーム3は、任意の折り返しミラー50により図1（d）に示すように進行方向が変えられ、任意の第三光学機能部30（後段で説明する）に入射する。図1に示す加工装置100は、第三光学機能部30から出たレーザービーム4が、基板ステージ40に保持された基板80の一部分に照射されるように構成されている。

[0126] 基板80は、マスク21（及び任意の第三光学機能部30）を通ったレー

ザビームによりパターンが投影される基板照射エリアを含む。

[0127] 図2に、基板80のレーザビーム4が照射される基板照射エリア90と、基板80の被加工領域81との関係の一例を示す。図2に示すように、基板照射エリア90は、基板80の被加工領域81よりも小さい。

[0128] 図2に示す基板照射エリア90は、パルス状のレーザビーム4のワンショットによる照射エリアである。また、基板照射エリア90は、マスク21を通ったレーザビームによりパターンが投影されるので、マスク21の有効エリア22の一部分であるマスク照射エリアに対応する。

[0129] 図1の例では、マスク21は、図1に示す掃引軸21X及び21Yに沿ってスキャン（掃引）されるように構成されている。また、基板ステージ40は、図1に示す掃引軸80X及び80Yに沿ってスキャンされるように構成されている。

[0130] そして、本発明の加工装置100は、レーザビーム4によりマスク21と基板ステージ40とを掃引照射し、基板80の被加工領域81の表面凹凸加工を行うように構成されている。

[0131] 更に、本発明の加工装置100は、以下に詳細に説明する、重畳照射を行うように（第1の態様）、及び／又は、レーザビームの照射位置を固定した状態での同期掃引照射を行うように（第2の態様）構成されている。

[0132] [第1の態様]

第1の態様の加工装置100は、基板80への加工動作時に、基板照射エリア90の一部分を重畳させながら、マスク20と基板ステージ80とを掃引照射し、基板80の被加工領域81の表面凹凸加工を行うように構成されている。以下、基板照射エリア90の一部分を重畳させながらレーザビームの照射を行うことを、重畳照射と呼ぶ。

[0133] 次に、図3及び図4を参照しながら、重畳照射の例を説明する。

[0134] 図3（a）は、パルス状の1ショットのレーザビームによる基板80上の基板照射エリア90を示している。この例の重畳照射では、マスク20と基板ステージ80とを掃引し、図3（b）に示すように、1ショット目の基板

照射エリア 9 1 と 2 ショット目の基板照射エリア 9 2 とが、掃引軸 8 0 X に沿った矢印の方向で一部分重畳するように、レーザビームを照射する。続いて、3 ショット目の基板照射エリア 9 3 が、1 ショット目の基板照射エリア 9 1 及び 2 ショット目の基板照射エリア 9 2 と一部分重畳するように、レーザビームを照射する。4 ショット目以降もこのような重畳照射を繰り返すことにより、掃引軸 8 0 X に沿って加工領域が広がっていく。

[0135] 図 4 (a) は、図 3 (b) に示した重畳照射により、被加工領域 8 1 の 1 行目を掃引軸 8 0 X に沿ってアブレーション加工する工程を示している。次いで、図 4 (b) に示すように、図 4 (a) で重畳照射を行った領域の一部部分と掃引軸 8 0 Y (掃引軸 8 0 X に直交する) の方向に重畳するように、掃引軸 8 0 X に沿って重畳照射をし、被加工領域 8 1 の 2 行目を掃引軸 8 0 X に沿ってアブレーション加工する。次いで、図 4 (c) に示すように、図 4 (a) 及び (b) で重畳照射を行った領域の一部部分と掃引軸 8 0 Y の方向に重畳するように、掃引軸 8 0 X に沿って重畳照射をし、被加工領域 8 1 の 3 行目を掃引軸 8 0 X に沿ってアブレーション加工する。被加工領域 8 1 の 4 行目以降もこのような重畳照射を繰り返すことにより、加工領域が被加工領域 8 1 に亘って広がっていく。その結果、掃引軸 8 0 X 及び 8 0 Y の 2 方向で夫々に一定の間隔で重畳照射を行うことができる。

[0136] 基板照射エリアの重畳した部分は、複数回のレーザビームの照射を受ける。その結果、その部分はマスクのパターン形状に応じた深いアブレーション加工を受け、被加工領域 8 1 に求められるマスクのパターン形状に応じた目的の深さの加工を達成することができる。

[0137] このような第 1 の態様の加工装置 1 0 0 では、照射エネルギー密度が均一な、パルス状であり且つ矩形状のレーザビームをマスク 2 1 を通して加工形状に変換したレーザビーム 4 が基板 8 0 の基板照射エリア 9 0 に照射される。そのため、マスク 2 1 の有効エリア 2 2 の一部分であるマスク照射エリアに対応する基板 8 0 内の基板照射エリア 9 0 の加工深さを均一化して複数回の照射を行うことができ、基板 8 0 の被加工領域 8 1 に亘ってほぼ均一な凹

凸加工を精度よく行うことが可能である。そのため、この加工装置１００であれば、基板８０の被加工領域８１に亘って微細な凹凸加工を精度よく行うことができる。

[0138] また、このような加工装置１００は、高いレーザエネルギーを使用する必要がなく、使用するレーザ光源や光学部材が高価なものを使用せずに安価に構成できるうえ、レーザビームの熱ドリフトによる精度の悪化を抑えることが出来、高精度の加工を行うことが出来る。

[0139] そして、加工装置１００は、パルス状にレーザビーム４を基板に照射できるので、上記重畳照射を高速で行うことができる。

[0140] つまり、本発明の第１の態様の加工装置１００であれば、高速で深いＶＩＡ加工及び／又はトレンチ加工を行うことができる。

[0141] 更に、本発明の第１の態様の加工装置１００であれば、重複照射を行うので、１ショットでの基板照射エリアを小さくできる。その結果、高密度照射が可能になる。

[0142] [第２の態様]

第２の態様の加工装置１００は、マスク２１及び基板ステージ４０が、レーザビーム２及び４が照射される方向と略垂直な面方向において同期して動作することによって、相対的に対応する位置関係を保つように構成されている。

[0143] 図１の例では、掃引軸２１Ｘに沿ったマスク２１の動作が掃引軸８０Ｘに沿った基板ステージ８０の動作と同期し、且つ掃引軸２１Ｙに沿ったマスク２１の動作が掃引軸８０Ｙに沿った基板ステージ８０の動作と同期し、マスク２１と基板ステージ４０とが相対的に対応する位置関係を保つように、これらが構成されている。

[0144] また、第２の態様の加工装置１００は、基板８０への加工動作時に、レーザビーム４の照射位置を固定した状態で、マスク２１と基板ステージ４０とを同期して動作させて、マスク２１及び基板ステージ４０とを掃引照射し、基板８０の被加工領域８１の表面凹凸加工を行うように構成されている。第

2の態様の加工装置100で行うことができるこのような掃引照射を、以下、「レーザビームの照射位置を固定した状態での同期掃引照射」と呼ぶ。

[0145] このような同期掃引照射によれば、レーザビームを走査する場合よりも高い精度で加工を行うことができる。また、このような加工装置100であれば、マスク21として大面積マスクを用いることもでき、大面積マスクと後段で説明する第三光学機能部30とを併用することにより、より高いエネルギー密度で加工を行うこともできる。

[0146] また、このような第2の態様の加工装置100では、第1の態様の加工装置100と同様に、照射エネルギー密度が均一な、パルス状であり且つ矩形状のレーザビームをマスク21を通して加工形状に変換したレーザビーム4が基板80の基板照射エリア90に照射される。そのため、第2の態様の加工装置100でも、第1の態様と同様に、マスク21の有効エリア22の一部分であるマスク照射エリアに対応する基板80内の基板照射エリア90の加工深さを均一化して複数回の照射を行うことができ、基板80の被加工領域81に亘ってほぼ均一な凹凸加工を精度よく行うことが可能である。そのため、この加工装置100でも、基板80の被加工領域81に亘って微細な凹凸加工を精度よく行うことができる。

[0147] また、このような加工装置100は、高いレーザエネルギーを使用する必要がなく、使用するレーザ光源や光学部材が高価なものを使用せずに安価に構成できるうえ、レーザビームの熱ドリフトによる精度の悪化を抑えることが出来、高精度の加工を行うことが出来る。また、光学部品に小型のものが使える為、安価で精度が高いものを使用することができる。

[0148] なお、第1の態様の加工装置100は、先に説明した重畳照射に加え、第2の態様と同様の、レーザビームの照射位置を固定した状態での同期掃引照射を行うように構成されていることが好ましい。

[0149] 以下、本発明の加工装置100の各構成要素の任意事項について、説明する。

[0150] [第1光学機能部10]

レーザ光源 11 から照射されるレーザビーム 1 はエキシマレーザであることが好ましい。

- [0151] エキシマレーザは、従来の固体レーザ、例えば LD 励起固体 (DPSS) レーザに対して波長が短いことから、その分解能が高い。そのため、エキシマレーザを用いることにより、より高精細な凹凸加工が可能である。また、例えば、エポキシ系の基板材料に対して、エキシマレーザは非常に大きな吸収性があり、加工能力が高い。
- [0152] 成形光学系 12 は、複数のシリンドリカルレンズを備え、レーザ光源 11 からのレーザビーム 1 を、照射形状が矩形形状であり且つ照射エネルギー密度が均一であるレーザビーム、特にトップハット型のレーザビームに成形する光学システムであることが好ましい。
- [0153] 図 5 に、複数のシリンドリカルレンズを備えた成形光学系におけるレーザビームの照射形状の成形の概念図を示す。
- [0154] 図 5 に示す成形光学系 12 は、X1 シリンドリカルレンズ 13、Y1 シリンドリカルレンズ 14、X2 シリンドリカルレンズ 15 及び Y2 シリンドリカルレンズ 16 からなる複数のシリンドリカルレンズと、集光レンズ 17 とを具備する。X1 シリンドリカルレンズ 13 及び X2 シリンドリカルレンズ 15 は、図 5 の下段に示すように、これらの焦点距離 f_1 の 2 倍の間隔で配置されている。Y1 シリンドリカルレンズ 14 及び Y2 シリンドリカルレンズ 16 も、これらの焦点距離の 2 倍の間隔で配置されている。
- [0155] 図 1 に示すレーザ光源 11 により発振したレーザビーム 1 は、図 5 に示すように、不均一な照射形状 (ビームプロファイル) を有する。このような照射形状を有するレーザビーム 1 が成形光学系 12 に入射すると、レーザビーム 1 の各成分が、それらの X 方向及び Y 方向の位置に応じて成形される。図 5 の下段では、例えば、「2」で示した成分が、シリンドリカルレンズ 14 及び 16 を通って成形される様子を概略的に示している。レーザビーム 1 の各成分は、シリンドリカルレンズ 13 ~ 16 によって成型され、集光レンズ 17 から焦点距離 f_2 だけ離れた位置に集光される。各成分が集光されるこ

とにより、図5に示すように、トップハットビーム形状を有するレーザービーム2となり、出射光として成形光学系12から出射される。

[0156] X方向及びY方向のシリンドリカルレンズの構成を組み替えることにより、正方形、長方形などのビーム形状に成型が可能となる。

[0157] このような複数のシリンドリカルレンズ13～16を用いてレーザービーム1の照射形状を成型することにより、エネルギー密度が極めて均一な矩形形状、特にトップハット型のビームプロファイルを持った高品質なレーザービーム2を成形することが可能となる。

[0158] 特に、第1の態様の加工装置100では、このような矩形形状のビームプロファイルを用いて重畳照射を行うことにより、照射されない領域である死点無く、目的の加工の許容範囲内で平均化された凹凸加工ができ、極めて効率の良い基板80の凹凸加工が可能である。

[0159] [第二光学機能部20]

第二光学機能部20は、マスク21を保持し、且つマスク21を掃引するマスクステージを更に含むことが好ましい。

マスク21が保持されるマスクステージに掃引軸を取り付けることにより、効率よくマスクの掃引動作が可能である。

[0160] また、マスクステージに補正機能（チルト軸、 θ 軸）を取り付けることにより、加工する基板80の表面形状に対して容易に補正ができるため、正確な加工を行うことが可能となる。

[0161] 第二光学機能部20は、第一光学機能部10を通ったレーザービーム2の照射形状をマスク21を通して更に成形するものとすることができる。

第二光学機能部20は、矩形状に成型されたレーザービーム2の照射形状を、例えば、基板80の被加工領域81に対応するパターンに応じて、更に成形することができる。

[0162] マスク21が、加工装置100が設置される水平面に対して略垂直方向に設置されているものであることが好ましい。

[0163] 前述の通り、基板の加工サイズは大型のものが要求されており、それに伴

いマスクが大型になってきている。更に、縮小投影光学系を行う場合にはマスクサイズは更に大型になる。

[0164] 一方で、基板に対する凹凸加工の精細度は上がっており、マスクの像に歪みがあると加工の精度に影響が出る。

[0165] 特許文献2のように、マスクを装置が設置される水平面と同じ水平方向に設置する場合、マスクを単独で設置すると、その重力で歪みが発生し加工精度が悪化する。

[0166] マスクの下部にサポートを入れて撓みの発生を抑える場合、サポートは光学的に透過するものである必要があるが、マスクが大型になるとサポート材の厚さを厚くする必要があり、コスト的に問題になるばかりでなく、レーザエネルギーの吸収がこのサポート材の中で大きくなり、レーザ照射のエネルギー効率が悪くなる。

[0167] また、水平面に設置した場合にはマスクにゴミが載るリスクが大きくなり、ゴミが載ったまま生産を行った場合には大量の製品に対しての品質不良を引き起こす。

[0168] 更に、マスクの下部のサポート材とマスクとの間にゴミが入った場合には、ゴミの影響による製品不良やマスクが傷つくばかりでなく、サポート材とマスクの間に部分的に発生する僅かな隙間では屈折率が異なることから光学的な不均一が発生する。その為、不均一なレーザビームが照射されることになる。

[0169] 更に、レーザ光源から基板に至るまでの光路長が長いため、マスクを水平にすると装置の高さが高くなる。マスクを立てることにより、装置高さを低くすることが可能になる。

[0170] この好ましい例のようにマスク21を加工装置100が設置される水平面に対して略垂直方向に設置すれば、マスク21が撓むことが無く、光学的透明材によるたわみ防止のサポートが不要であることから、レーザエネルギーの使用効率が高く、高精度で非常に均一性の高い加工を行うことが出来る。

[0171] なお、本発明の加工装置100では、マスク21を通ったレーザビーム3

の照射面積を以下で説明する任意の縮小光学系 31 を通して縮小し、基板に照射するレーザービーム 4 のエネルギー密度を高めることができる。そのため、大面積のマスク 21 を大きくしても、それに合わせた縮小光学系 31 を併用することで、目的の微細な凹凸加工を実施することができる。

[0172] マスク 21 の大きさは、特に限定されない。例えば、外形が 700 mm × 800 mm であり、有効エリア 22 の大きさが 600 mm × 600 mm のマスク 21 を用いることができる。

[0173] [第三光学機能部 30]

図 1 に示す加工装置 100 のように、第二光学機能部 20 と基板ステージ 40 との間に、縮小投影光学系 31 を備えた第三光学機能部を更に含むことが好ましい。

[0174] 近年では基板の加工の微細化が進んでおり、その加工の最小幅として数 μ m が要求されてきている。これは微細なゴミに対しても影響してしまい、特にマスク部分に付着した微細ゴミは、大量の加工不良を引き起こす。そのため、マスク 21 を実際の加工よりも拡大しておき、マスク 21 を通ったレーザービーム 3 をその後段の縮小投影光学系 31 で縮小投影露光することで、微細ゴミに対しての影響を最小化できる。

[0175] また、マスク 21 を実際の加工パターンよりも拡大化しておくことで、マスク 21 に当たるレーザービーム 2 のエネルギーを加工エネルギーよりも小さくすることが出来る。縮小投影光学系 31 の縮小倍率を N とすると、基板 80 面の加工エネルギーに比べてマスク面に当たるレーザービームのエネルギーは $1 / (N^2)$ となる。これにより、レーザービーム 2 のエネルギーによる熱ドリフトを抑えることが出来るため、マスク 21 の熱膨張を抑制でき、長時間の加工動作後でも高精度の加工を行うことが可能となる。

[0176] 更に、レーザービームの熱による光学部材（例えば、成形光学系 12 及びマスク 21）の劣化も抑えることが出来ることから、光学部材の寿命を長くすることが可能である。

[0177] そして、先に説明した、レーザービームの照射位置を固定した状態での同期

掃引照射を行うように構成された加工装置 100 では、レーザビームの照射位置を動かす例えば特許文献 2 の方法に比べて、非常に小さい口径の縮小投影レンズを使用することが出来る。その為、金額面で有利であることに加え、レンズの歪みが少ないことや、レンズによる収差が小さくできるため、基板の加工精度を非常に高くすることが出来る。

[0178] 縮小投影光学系 31 は、1 対の縮小投影レンズを備えることができる。縮小投影光学系 31 が無限遠光学系である場合、縮小投影光学系 31 による倍率は、例えば、縮小投影レンズの焦点距離の比と、縮小投影レンズ間の距離とによって調整することができる。

[0179] 縮小投影レンズは、高 NA（開口数）のものであることが好ましい。高 NA の縮小投影レンズを用いることにより、寸胴形状により近い V I A やトレంచిを形成できる。

[0180] 縮小投影レンズの NA は、基板 80 の加工に必要なエネルギー密度に合わせて選択することが好ましい。縮小投影レンズの NA は、0.12 以上であることが好ましい。

[0181] 第三光学機能部 30 は、縮小投影光学系 31 を冷却する冷却手段を更に備えるものであることが好ましい。

[0182] 冷却手段を備えることにより、更に縮小投影光学系 30 でのレーザビームエネルギーによる熱の影響を抑えることが出来る。縮小投影光学系 30 では、マスク 21 を通ったレーザビーム 3 が $1/N$ の縮小投影をされるため、対物先端のレンズ部分を通るレーザビームのエネルギーは、マスク 21 に照射されるレーザビームエネルギーに比べて N^2 倍になり、この部分での熱影響が出やすい。そのため、この熱エネルギーを抑えるべく、縮小投影光学系 30 に冷却機能を付与することで、レーザビームのエネルギーによる熱ドリフトを抑えることが出来、長時間の加工動作後も高精度の加工を行うことが可能となる。

[0183] そして、先に説明した、レーザビームの照射位置を固定した状態での同期掃引照射を行うように構成された加工装置 100 では、特許文献 2 の方法に

比べて、非常に小さい口径の縮小投影レンズを使用することが出来る。縮小投影レンズの冷却手段は、レンズそのものに冷却手段を直接付与できるわけではなく、レンズを保持するジャケット部を冷却するため、レンズ口径が大きくなると、レンズの周囲部分では温度管理ができるものの、肝心の中央部分付近では冷却効果が行き渡りにくく、熱管理がしにくい。その為、長時間のレーザービーム照射によるレンズ内への僅かなエネルギー吸収でも、熱による歪みが発生しやすくなる。第三光学機能部30が冷却機能を有したものであれば、レンズ口径を小さくできることから、このような不具合を抑えることが出来る。

[0184] 更に、縮小投影光学系31へのレーザービーム照射による不良を抑制し、寿命を延ばすことも可能となる。

[0185] [掃引機構]

加工装置100は、少なくとも1つの方向での掃引照射において、マスク21及び基板ステージ40にレーザービーム2及び4をそれぞれパルス照射しながら、マスク21及び基板ステージ40を非停止で掃引するように構成されたものであることが好ましい。

[0186] 非停止での掃引照射を行うことによって、走行と停止とを繰り返すステップ&リピート動作に比べて掃引の時間を大幅に減少することが可能となる。特に、走行状態から停止する際の位置決めを行わなくてよいことから、その加減速による位置精度の悪化を防止することができる。

[0187] また、これらの動作は頻繁に起こるため、走行と停止を繰り返す場合、走行軸やモータに負荷が大きくなる。非停止での掃引照射動作を行うことで、軸にかかる負担を減らし、走行軸部分での発熱も抑制できるため、熱ドリフトによる位置精度の悪化を更に防止することが出来、非常に高精度な基板凹凸加工を行うことが可能となる。

[0188] [撮像手段及びアライメント機構]

本発明の加工装置100は、基板80の特徴部分を読み取る撮像手段と、マスク21の特徴部分を読み取る撮像手段と、前記基板の前記特徴部分及び

前記マスクの前記特徴部分の位置情報に基づいて、前記基板と前記マスクとの相対位置を合せるアライメント機構とを更に含むことが好ましい。

- [0189] 図1に示す加工装置100は、マスク21の特徴部分を読み取る撮像手段としてのマスク用アライメントカメラ23と、基板80の特徴部分を読み取る撮像手段としての基板用アライメントカメラ60と、図示しないアライメント機構とを含んでいる。マスク用アライメントカメラ23は、アライメント機構にマスク21の特徴部分の位置情報を送るように構成されている。基板用アライメントカメラ60は、アライメント機構に基板80の特徴部分の位置情報を送るように構成されている。アライメント機構は、これら位置情報に基づいて、基板80とマスク21との相対位置を合わせるように構成されている。
- [0190] マスク21の位置と基板80の位置とを撮像手段によって合わせることで、基板80面の正確な位置にマスクパターンを投影した凹凸加工を行うことが可能である。
- [0191] 特に、基板は複数層に亘って加工することが多く、各層の加工位置が正確に目的の位置に合っていないと、各層の回路が繋がらなかったり、繋がったとしても導通抵抗が大きいなどの品質不良が発生する。これを抑えるために、加工位置の正確さが必要である。
- [0192] この場合、アライメント機構の情報に基づき、マスク21のパターンに対して基板80の加工形状を補正する手段を更に含むことが好ましい。
- [0193] 基板80の加工形状に対して、マスク21のパターンの投影像の形状が正確に相似形状であるとは限らず、また、熱膨張などの影響により倍率も常に同一であるとは限らない。また、基板80の微小な歪みや変形などによっても基板80への加工形状をマスク21の投影像に対して変形させる必要が出てくる場合がある。
- [0194] そこで、上記の通りマスク21の位置と基板80の位置とを撮像手段（マスク用アライメントカメラ23及び基板用アライメントカメラ60）によっ

て取得し、それらの情報に基づいてマスク 21 の投影像を基板の加工すべき形状に合わせることで、正確な基板への凹凸加工が可能となる。

[0195] 具体的には、例えば、マスク 21 の投影像の投影位置を、ビーム像検出カメラ 70 によって取得し、この投影位置の情報に基づいて補正して、第三光学機能部 30 による投影倍率を最適化し、また、掃引照射時の掃引速度を前記情報に基づいて最適化する。これによって、マスク 21 の像に対する基板 80 の縦方向倍率、横方向倍率をある程度の範囲で任意に変更することが出来、最適な基板加工形状を適用することが出来る。

[0196] [加工方法]

本発明の第 1 の態様の加工方法は、上記第 1 の態様の加工装置 100 を用いて、先に説明した重畳照射を行う方法である。したがって、本発明の第 1 の態様の加工方法によれば、基板の被加工領域に亘って微細な凹凸加工を精度よく行うことができる。また、高エネルギー密度での照射を行うことができ、高速で深い V I A 加工及び／又はトレンチ加工を行うことができる。

[0197] 本発明の加工方法は、上記第 1 の態様の加工装置 100 の装置を用いる方法に限られない。

[0198] 例えば、本発明の第 2 の態様の加工方法は、基板の表面にレーザービームの照射エネルギーによるアブレーション加工で微細な凹凸を形成する加工方法であって、矩形状に成型されたレーザービームをマスクに通すことで、基板の被加工領域よりも小さい基板照射エリアになるように基板にレーザービームを照射し、基板への加工動作時に、基板照射エリアの一部分を重畳させながら、基板の被加工領域の表面凹凸加工を行う加工方法である。

[0199] このような加工方法であれば、基板の被加工領域よりも小さい基板照射エリアになるように基板にレーザービームを照射し、基板照射エリアの一部分を重畳させながら、前記基板の被加工領域の表面凹凸加工を行う、即ち重畳照射を行うので、基板の被加工領域に亘ってほぼ均一な凹凸加工を精度よく行うことが可能である。そのため、この態様の加工装置であれば、基板の被加工領域に亘って微細な凹凸加工を精度よく行うことができる。

- [0200] なお、本発明の第2の態様の加工方法では、エキシマレーザを用いることにより、より高精細な凹凸加工が可能となる。
- [0201] 或いは、本発明の第3の態様の加工方法は、上記第2の態様の加工装置100を用いて、先に説明したレーザビームの照射位置を固定した状態での同期掃引照射を行う方法である。したがって、本発明の第3の態様の加工方法によれば、基板の被加工領域に亘って微細な凹凸加工を精度よく行うことができる。また、第3の態様の加工方法によれば、レーザビームを走査する場合よりも高い精度で加工を行うことができる。また、このような加工方法であれば、マスク21として大面積マスクを用いることもでき、大面積マスクと先に説明した第三光学機能部30とを併用することにより、より高いエネルギー密度で加工を行うこともできる。
- [0202] 基板への加工動作時に、上記重畳照射と、レーザビームの照射位置を固定した状態での上記同期掃引照射との両方を行うことが特に好ましい。
- [0203] 本発明の第1の態様又は第3の態様の加工方法では、先に説明した任意事項のうちの1つ又は複数を満たす加工装置100を用いることが好ましい。
- [0204] また、本発明の第1の態様又は第3の態様の加工方法では、少なくとも1つの方向での掃引照射において、マスク21及び基板ステージ40にレーザビーム2又は4のそれぞれをパルス照射しながら、マスク21及び基板ステージ40を非停止で掃引することが好ましい。
- [0205] このような掃引を行うことにより、先に説明した理由により、走行と停止を繰り返すステップ&リピート動作に比べて掃引の時間を大幅に減少することが可能となる。
- [0206] また、本発明の第1の態様又は第3の態様の加工方法において、基板80の加工領域81ごとに、掃引照射を複数回繰り返し行うことが好ましい。
- [0207] 前記の通り、基板の凹凸加工は高精細を要求されているにも関わらず、その深さは深くしたいという、高アスペクト加工の要求がある。
- [0208] しかし、1回の掃引（1 P a s s）で加工できる深さは限られており、特に上記非停止掃引での加工では、1回の加工部分に対して複数回照射するこ

とが出来ない。

[0209] そのため、掃引しながらレーザパルス照射を行い、それを基板 80 の被加工領域 81 ごとに複数回行うことで、目的の深さまで加工することができ、高速な加工を行うことが出来る。

[0210] なお、各掃引動作（１回目掃引、２回目掃引、・・・）の間では、例えば図 3 及び図 4 を参照しながら説明したように、基板照射エリア 90 をずらしながら回数ごとにずらして照射を行うことで、加工深さが平均化され、均一な深さの加工を行うことが可能となる。

[0211] 第 1 の態様又は第 3 の態様の加工方法では、基板 80 の特徴部分及びマスク 21 の特徴部分を読み取ることと、基板 80 の特徴部分及びマスク 21 の特徴部分の位置情報に基づいて、アライメント機構を用いて、基板 80 とマスク 21 との相対位置を合せることを更に含むことが好ましい。

[0212] 基板 80 の特徴部分は、例えば、基板用アライメントカメラ 60 により読み取ることができる。マスク 21 の特徴部分は、例えばマスク用アライメントカメラ 23 を用いて読み取ることができる。

[0213] マスク 21 の位置と基板 80 位置とを上記アライメントカメラ 23 及び 60 で得られた情報に基づいてアライメント機構によって合わせることで、基板 80 面の正確な位置にマスクパターンを投影した凹凸加工を行うことが可能となる。

[0214] この場合、アライメント機構の情報に基づき、マスク 21 のパターンに対して基板 80 の加工形状を補正することを更に含むことが好ましい。

[0215] このような加工方法であれば、より正確な基板への凹凸加工が可能となる。このような補正は、例えば、第三光学機能部 30、ビーム像検出カメラ 70、マスク 21 の掃引機構、基板ステージ 80 の掃引機構などを組み合わせて行うことができる。

[0216] [基板の製造方法]

本発明の基板の製造方法では、本発明の加工方法によって基板の加工を行う。

- [0217] このような基板の製造方法であれば、マスクの有効エリアの一部であるマスク照射エリアに対応する基板内の基板照射エリアの加工深さを均一化して複数回の照射を行うことが出来るため、基板の被加工領域に亘ってほぼ均一な凹凸加工を精度よく行うことが可能である。そのため、この態様の基板の製造方法であれば、基板の被加工領域に亘って微細な凹凸加工が精度よく形成された基板を製造することができる。
- [0218] また、このような基板の製造方法は、高いレーザエネルギーを使用する必要がなく、使用するレーザ光源や光学部材が高価なものを使用せずに安価に構成できるうえ、レーザビームの熱ドリフトによる精度の悪化を抑えることが出来、高精度に加工が行なわれた基板を製造することが出来る。
- [0219] 特に、上記第1の態様の加工方法を行う基板の製造方法であれば、基板への加工動作時に、上記重畳照射を行うので、高速で深いVIA加工及び／又はトレンチ加工を行うことができる。また、1ショットでの基板照射エリアを小さくできるので、高密度照射が可能になる。
- [0220] また、上記第3の態様の加工方法を行う基板の製造方法であれば、基板への加工動作時に、レーザビームの照射位置を固定した状態での上記同期掃引照射を行うので、レーザビームを走査する場合よりも高い精度で加工を行うことができる。また、このような加工方法であれば、大面積マスクを用いることもできるため、より高いエネルギー密度で加工を行うこともできる。
- [0221] 本発明の基板の製造方法は、半導体パッケージの製造に特に有利に適用できる。
- [0222] なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

請求の範囲

- [請求項1] 基板の表面にレーザビームの照射エネルギーによるアブレーション加工で微細な凹凸を形成する加工装置であって、
- パルス状に前記レーザビームを照射するレーザ光源と、前記レーザ光源からの前記レーザビームの照射形状を矩形状に成型する成形光学系とを備えた第一光学機能部と、
- 前記基板の被加工領域に対応するパターンを有する有効エリアを含むマスクを備える第二光学機能部と、
- 前記基板を保持する基板ステージと、
- を含み、
- 前記マスクは、前記第一光学機能部を通った前記レーザビームが照射されるマスク照射エリアを含み、該マスク照射エリアは前記マスクの前記有効エリアの一部であり、
- 前記基板は、前記マスクを通った前記レーザビームにより前記パターンが投影される基板照射エリアを含み、
- 前記基板照射エリアは、前記基板の被加工領域よりも小さく、
- 前記基板への加工動作時に、前記基板照射エリアの一部を重畳させながら、前記マスクと前記基板ステージとを掃引照射し、前記基板の被加工領域の表面凹凸加工を行うように構成されているものである加工装置。
- [請求項2] 基板の表面にレーザビームの照射エネルギーによるアブレーション加工で微細な凹凸を形成する加工装置であって、
- パルス状に前記レーザビームを照射するレーザ光源と、前記レーザ光源からの前記レーザビームの照射形状を矩形状に成型する成形光学系とを備えた第一光学機能部と、
- 前記基板の被加工領域に対応するパターンを有する有効エリアを含むマスクを備える第二光学機能部と、
- 前記基板を保持する基板ステージと、

を含み、

前記マスクは、前記第一光学機能部を通った前記レーザービームが照射されるマスク照射エリアを含み、該マスク照射エリアは前記マスクの前記有効エリアの一部であり、

前記基板は、前記マスクを通った前記レーザービームにより前記パターンが投影される基板照射エリアを含み、

前記基板照射エリアは、前記基板の被加工領域よりも小さく、

前記マスク及び前記基板ステージが、前記レーザービームが照射される方向と略垂直な面方向において同期して動作することによって、相対的に対応する位置関係を保つように構成されており、

前記基板への加工動作時に、前記レーザービームの照射位置を固定した状態で、前記マスクと前記基板ステージとを同期して動作させて、前記マスク及び前記基板ステージとを掃引照射し、前記基板の前記被加工領域の表面凹凸加工を行うように構成されているものである加工装置。

[請求項3]

前記マスク及び前記基板ステージが、前記レーザービームが照射される方向と略垂直な面方向において同期して動作することによって、相対的に対応する位置関係を保つように構成されており、

前記基板への加工動作時に、前記レーザービームの照射位置を固定した状態で、前記マスクと前記基板ステージとを同期して動作させて、前記基板照射エリアの一部分を重畳させながら、前記マスク及び前記基板ステージとを掃引照射し、前記基板の前記被加工領域の表面凹凸加工を行うように構成されているものである請求項1に記載の加工装置。

[請求項4]

前記レーザービームはエキシマレーザーである請求項1～3の何れか1項に記載の加工装置。

[請求項5]

前記マスクを保持し、且つ前記マスクを掃引するマスクステージを更に含む請求項1～4の何れか1項に記載の加工装置。

- [請求項6] 前記第二光学機能部と前記基板ステージとの間に、縮小投影光学系を備えた第三光学機能部を更に含む請求項1～5の何れか1項に記載の加工装置。
- [請求項7] 前記第三光学機能部は、前記縮小投影光学系を冷却する冷却手段を更に備えるものである請求項6に記載の加工装置。
- [請求項8] 前記成形光学系は、複数のシリンドリカルレンズを備え、前記レーザー光源からの前記レーザービームを、前記照射形状が前記矩形形状であり且つ照射エネルギー密度が均一であるレーザービームに成形する光学システムである請求項1～7の何れか1項に記載の加工装置。
- [請求項9] 前記成形光学系は、複数のシリンドリカルレンズを備え、前記レーザー光源からの前記レーザービームを、前記照射形状が前記矩形形状であり且つトップハット型であるレーザービームに成形する光学システムである請求項1～7の何れか1項に記載の加工装置。
- [請求項10] 前記第二光学機能部は、前記第一光学機能部を通った前記レーザービームの前記照射形状を前記マスクを通して更に成形するものである請求項1～9の何れか1項に記載の加工装置。
- [請求項11] 少なくとも1つの方向での前記掃引照射において、前記マスク及び前記基板ステージに前記レーザービームをパルス照射しながら、前記マスク及び前記基板ステージを非停止で掃引するように構成されたものである請求項1～10の何れか1項に記載の加工装置。
- [請求項12] 前記基板の特徴部分を読み取る撮像手段と、
前記マスクの特徴部分を読み取る撮像手段と、
前記基板の前記特徴部分及び前記マスクの前記特徴部分の位置情報に基づいて、前記基板と前記マスクとの相対位置を合せるアライメント機構と
を更に含む請求項1～11の何れか1項に記載の加工装置。
- [請求項13] 前記アライメント機構の情報に基づき、前記マスクの前記パターンに対して前記基板の加工形状を補正する手段を更に含む請求項12に

記載の加工装置。

[請求項14] 前記マスクが、前記加工装置が設置される水平面に対して略垂直方向に設置されているものである請求項1～13の何れか1項に記載の加工装置。

[請求項15] 基板の表面にレーザビームの照射エネルギーによるアブレーション加工で微細な凹凸を形成する加工方法であって、

レーザ光源及び成形光学系を備えた第一光学機能部と、前記基板の被加工領域に対応するパターンを有する有効エリアを含むマスクを備える第二光学機能部と、前記基板を保持する基板ステージとを含む加工装置を準備することと、

前記第一光学機能部において、前記レーザ光源から前記成形光学系に前記レーザビームをパルス状に照射して、前記レーザビームの照射形状を矩形状に成型することと、

前記第二光学機能部において、前記マスクの前記有効エリアの一部分であるマスク照射エリアに、前記第一光学機能部を通った前記レーザビームを照射することと、

前記マスクを通った前記レーザビームを前記基板の基板照射エリアに照射して、前記パターンを前記基板照射エリアに投影することとを含み、

前記基板照射エリアが、前記基板の被加工領域よりも小さくなるようにし、

前記基板への加工動作時に、前記基板照射エリアの一部分を重畳させながら、前記マスクと前記基板ステージとを掃引照射し、前記基板の被加工領域の表面凹凸加工を行う加工方法。

[請求項16] 基板の表面にレーザビームの照射エネルギーによるアブレーション加工で微細な凹凸を形成する加工方法であって、

矩形状に成型されたレーザビームをマスクに通すことで、前記基板の被加工領域よりも小さい基板照射エリアになるように基板にレーザ

ビームを照射し、

前記基板への加工動作時に、前記基板照射エリアの一部を重畳させながら、前記基板の被加工領域の表面凹凸加工を行う加工方法。

[請求項17]

基板の表面にレーザビームの照射エネルギーによるアブレーション加工で微細な凹凸を形成する加工方法であって、

レーザ光源及び成形光学系を備えた第一光学機能部と、前記基板の被加工領域に対応するパターンを有する有効エリアを含むマスクを備える第二光学機能部と、前記基板を保持する基板ステージとを含む加工装置を準備することと、

前記第一光学機能部において、前記レーザ光源から前記成形光学系に前記レーザビームをパルス状に照射して、前記レーザビームの照射形状を矩形状に成型することと、

前記第二光学機能部において、前記マスクの前記有効エリアの一部であるマスク照射エリアに、前記第一光学機能部を通った前記レーザビームを照射することと、

前記マスクを通った前記レーザビームを前記基板の基板照射エリアに照射して、前記パターンを前記基板照射エリアに投影することとを含み、

前記基板照射エリアが、前記基板の被加工領域よりも小さくなるようにし、

前記マスク及び前記基板ステージを、前記レーザビームが照射される方向と略垂直な面方向において同期して動作することによって、相対的に対応する位置関係を保ち、

前記基板への加工動作時に、前記レーザビームの照射位置を固定した状態で、前記マスクと前記基板ステージとを同期して動作させて、前記マスク及び前記基板ステージとを掃引照射し、前記基板の前記被加工領域の表面凹凸加工を行う加工方法。

[請求項18]

前記マスク及び前記基板ステージを、前記レーザビームが照射され

る方向と略垂直な面方向において同期して動作することによって、相対的に対応する位置関係を保ち、

前記基板への加工動作時に、前記レーザビームの照射位置を固定した状態で、前記マスクと前記基板ステージとを同期して動作させて、前記基板照射エリアの一部分を重畳させながら、前記マスク及び前記基板ステージとを掃引照射し、前記基板の前記被加工領域の表面凹凸加工を行う請求項 15 に記載の加工方法。

- [請求項19] 前記レーザビームとしてエキシマレーザを用いる請求項 15、17 又は 18 に記載の加工方法。
- [請求項20] 前記レーザビームとしてエキシマレーザを用いる請求項 16 に記載の加工方法。
- [請求項21] 前記マスクを保持し、且つ前記マスクを掃引するものであるマスクステージを更に用いる請求項 15、17～19 の何れか 1 項に記載の加工方法。
- [請求項22] 前記加工装置として、前記第二光学機能部と前記基板ステージとの間に、縮小投影光学系を備えた第三光学機能部を更に含むものを用いる請求項 15、17～19 及び 21 の何れか 1 項に記載の加工方法。
- [請求項23] 前記第三光学機能部として、前記縮小投影光学系を冷却する冷却手段を更に備えるものを用いる請求項 22 に記載の加工方法。
- [請求項24] 前記成形光学系として、複数のシリンドリカルレンズを備える光学システムを用い、前記レーザ光源からの前記レーザビームを前記照射形状が前記矩形形状の均一レーザビームに成形する請求項 15、17～19、及び 21～23 の何れか 1 項に記載の加工方法。
- [請求項25] 前記第二光学機能部において、前記第一光学機能部を通った前記レーザビームの前記照射形状を前記マスクを通して更に成形する請求項 15、17～19、及び 21～24 の何れか 1 項に記載の加工方法。
- [請求項26] 少なくとも 1 つの方向での前記掃引照射において、前記マスク及び前記基板ステージに前記レーザビームをパルス照射しながら、前記マ

スク及び前記基板ステージを非停止で掃引する請求項 15、17～19、及び 21～25 の何れか 1 項に記載の加工方法。

[請求項27] 前記基板の被加工領域ごとに、前記掃引照射を複数回繰り返す行う請求項 15、17～19、及び 21～26 の何れか 1 項に記載の加工方法。

[請求項28] 前記基板の特徴部分及び前記マスクの特徴部分を読み取ることと、
前記基板の前記特徴部分及び前記マスクの前記特徴部分の位置情報に基づいて、アライメント機構を用いて、前記基板と前記マスクとの相対位置を合せることと、
を更に含む請求項 15、17～19、及び 21～27 の何れか 1 項に記載の加工方法。

[請求項29] 前記アライメント機構の情報に基づき、前記マスクの前記パターンに対して前記基板の加工形状を補正することを更に含む請求項 28 に記載の加工方法。

[請求項30] 前記加工装置として、前記マスクが、前記加工装置が設置される水平面に対して垂直方向に設置されているものを用いる請求項 15、17～19、21～29 の何れか 1 項に記載の加工方法。

[請求項31] レーザビームの照射エネルギーによるアブレーション加工により表面に微細な凹凸が形成された基板の製造方法であって、

レーザ光源及び成形光学系を備えた第一光学機能部と、前記基板の被加工領域に対応するパターンを有する有効エリアを含むマスクを備える第二光学機能部と、前記基板を保持する基板ステージとを含む加工装置を準備することと、

前記第一光学機能部において、前記レーザ光源から前記成形光学系に前記レーザビームをパルス状に照射して、前記レーザビームの照射形状を矩形状に成型することと、

前記第二光学機能部において、前記マスクの前記有効エリアの一部分であるマスク照射エリアに、前記第一光学機能部を通った前記レー

ザビームを照射することと、

前記マスクを通った前記レーザービームを前記基板の基板照射エリアに照射して、前記パターンを前記基板照射エリアに投影することとを含み、

前記基板照射エリアが、前記基板の被加工領域よりも小さくなるようにし、

前記基板への加工動作時に、前記基板照射エリアの一部分を重畳させながら、前記マスクと前記基板ステージとを掃引照射し、前記基板の被加工領域の表面凹凸加工を行う基板の製造方法。

[請求項32]

レーザービームの照射エネルギーによるアブレーション加工により表面に微細な凹凸が形成された基板の製造方法であって、

基板の表面にレーザービームの照射エネルギーによるアブレーション加工で微細な凹凸を形成する加工方法であって、

矩形状に成型されたレーザービームをマスクに通すことで、前記基板の被加工領域よりも小さい基板照射エリアになるように基板にレーザービームを照射し、

前記基板への加工動作時に、前記基板照射エリアの一部分を重畳させながら、前記基板の被加工領域の表面凹凸加工を行う基板の製造方法。

[請求項33]

レーザービームの照射エネルギーによるアブレーション加工により表面に微細な凹凸が形成された基板の製造方法であって、

レーザー光源及び成形光学系を備えた第一光学機能部と、前記基板の被加工領域に対応するパターンを有する有効エリアを含むマスクを備える第二光学機能部と、前記基板を保持する基板ステージとを含む加工装置を準備することと、

前記第一光学機能部において、前記レーザー光源から前記成形光学系に前記レーザービームをパルス状に照射して、前記レーザービームの照射形状を矩形状に成型することと、

前記第二光学機能部において、前記マスクの前記有効エリアの一部であるマスク照射エリアに、前記第一光学機能部を通った前記レーザービームを照射することと、

前記マスクを通った前記レーザービームを前記基板の基板照射エリアに照射して、前記パターンを前記基板照射エリアに投影することとを含み、

前記基板照射エリアが、前記基板の被加工領域よりも小さくなるようにし、

前記マスク及び前記基板ステージを、前記レーザービームが照射される方向と略垂直な面方向において同期して動作することによって、相対的に対応する位置関係を保ち、

前記基板への加工動作時に、前記レーザービームの照射位置を固定した状態で、前記マスクと前記基板ステージとを同期して動作させて、前記マスク及び前記基板ステージとを掃引照射し、前記基板の前記被加工領域の表面凹凸加工を行う基板の製造方法。

[請求項34]

前記基板が半導体パッケージ用基板である請求項31～33いずれか一項に記載の基板の製造方法。