

明 細 書

発明の名称：

レーザ処理装置、レーザ加工装置、移載装置、レーザ処理方法、レーザ加工方法及び移載方法

技術分野

[0001] 本発明は、レーザ処理装置、レーザ加工装置、移載装置、レーザ処理方法、レーザ加工方法及び移載方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体パッケージ基板は、“More Than Moore”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] 例えば、特許文献1には、レーザ発振器からビーム状のレーザ光を射出し、 $f\theta$ レンズ（集光レンズ）を通すことでレーザ光の主光線の向きを揃え、被加工物へレーザ光（パルスレーザ光）を照射することにより、被加工物にレーザ加工を施すレーザ加工装置が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：国際公開第2013/094025号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] レンズを通して被加工物にレーザを照射してレーザ加工などのレーザ処理を行うレーザ処理装置、レーザ処理方法の場合、レーザ処理を行わない時にレーザ発振器のレーザ発振をオフにすると、次にレーザ発振を開始するとレーザ出力が安定するまでに時間がかかる。

[0007] レンズのレーザ入射側のレーザ光路に挿入・脱離自在のシャッターを設けて、レーザを連続的に発振することでレーザ出力の安定化を図ることが期待できる。しかしながら、シャッターを脱離して縮小投影光学系であるレンズへのレーザ光路が通じるとレンズもレーザ照射を受けることになるためレンズが温まるが、レンズが十分に温まりレンズの温度変化がなくなるまではレンズの寸法変化が続き、レンズからのレーザ出力が安定しないという問題があった。そのため、レンズの寸法変化がなくなりレーザの出力が安定するまで待機する必要があった。さらに、シャッターの開閉の度に装置の調整が必要となることがあった。結果としてレーザ処理のスループットが低下するという問題があった。

[0008] 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、被処理物である基板へのレーザ非照射／照射切り替え時の縮小投影光学系の温度変化によるスループットの低下を抑制可能なレーザ処理装置及びレーザ処理方法を提供することを目的とする。また、レーザ処理のインターバルが変わっても、縮小光学系の温度による変形への影響を受けない安定した処理を行うことを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明は、上記目的を達成するためになされたものであり、レーザ光を発振するレーザ装置、縮小投影光学系及び基板ステージを備え、前記基板ステージ上に配置された基板にレーザを照射してレーザ処理を行うレーザ処理装置であって、前記縮小投影光学系と前記基板ステージとの間にシャッターを有するレーザ処理装置を提供する。

[0010] このようなレーザ処理装置によれば、シャッターでレーザ光路を遮断しているときもレーザを縮小投影光学系に照射することができるものであるため、縮小投影光学系の温度を被処理体のレーザ処理時と同じ温度に維持することができ、温度変化による縮小投影光学系の寸法変化の影響を抑制でき、レーザ処理のスループットの低下を抑制できるものとなる。更に、レーザ照射の形状や位置を安定にすることができるので、レーザ処理のインターバルに

関係なく、常に安定したレーザ処理を行うことができるものとなる。

[0011] このとき、前記シャッターは、前記レーザの光軸に対して斜面をなす光路変更部材を前記レーザの光軸上に配置及び前記レーザの光軸上から除去自在のものであるレーザ処理装置とすることができる。

[0012] これにより、容易にレーザ光路を遮断・開通自在なものとなる。

[0013] このとき、前記シャッターが前記レーザの光軸を遮り前記レーザの光路が切り替えられたときに、前記切り替えられた前記レーザの光路上で前記レーザのエネルギーを吸収するダンパーを備えるものであるレーザ処理装置とすることができる。

[0014] これにより、安全性を高めることができ、また、光路が切り替えられたレーザによる装置への損傷を効果的に抑制できるものとなる。

[0015] このとき、上記レーザ処理装置を備えたレーザ加工装置であって、前記基板にレーザを照射して前記基板の表面の形状加工を行うものであるレーザ加工装置とすることができる。

[0016] これにより、レーザ加工のスループットの低下を抑制でき、安定した位置や精度にて基板表面に形状加工を行うことができるものとなる。

[0017] このとき、上記レーザ処理装置を備えた移載装置であって、前記基板を通して前記基板上に設けられた移載対象物にレーザを照射することで前記移載対象物を他の基板へ移載するものである移載装置とすることができる。

[0018] これにより、レーザ照射による移載対象物の移載のスループットの低下を抑制でき、移載対象物を確実に且つ安定した転写位置で、他の基板へ移載することができるものとなる。

[0019] 本発明は、また、レーザ光を発振するレーザ装置、縮小投影光学系、基板ステージ及び前記縮小投影光学系と前記基板ステージとの間のシャッターを備えたレーザ処理装置を用いて、前記基板ステージ上に配置された基板にレーザを照射してレーザ処理を行うレーザ処理方法であって、前記基板にレーザを照射していないときは前記レーザ光を発振した状態で前記シャッターを閉じるレーザ処理方法を提供する。

- [0020] このようなレーザー処理方法によれば、シャッターでレーザー光路を遮断しているときもレーザーを縮小投影光学系に照射するため、縮小投影光学系の温度を被処理体のレーザー処理時と同じ温度に維持することができ、温度変化による縮小投影光学系の寸法変化の影響を抑制でき、レーザー処理のスループットの低下を抑制できる。
- [0021] このとき、前記シャッターとして、前記レーザーの光軸に対して斜面をなす光路変更部材を前記レーザーの光軸上に配置及び前記レーザーの光軸上から除去自在のものを用いるレーザー処理方法とすることができる。
- [0022] これにより、容易にレーザー光路を遮断・開通することができる。
- [0023] このとき、前記シャッターを閉じることで前記レーザーの光路を切り替え、前記切り替えた前記レーザーの光路上に配置したダンパーにより前記レーザーのエネルギーを吸収するレーザー処理方法とすることができる。
- [0024] これにより、安全性を高めることができ、また、光路が切り替えられたレーザーによる装置への損傷を効果的に抑制することができる。
- [0025] このとき、上記レーザー処理方法を用い、前記レーザー処理として基板の表面の形状加工を行うレーザー加工方法とすることができる。
- [0026] これにより、レーザー加工のスループットの低下を抑制することができ、安定した位置や精度にて基板表面に形状加工を行うことができる。
- [0027] このとき、上記レーザー処理方法を用い、前記基板を通して前記基板上に設けられた移載対象物にレーザーを照射することで前記移載対象物を他の基板へ移載する移載方法とすることができる。
- [0028] これにより、レーザー照射による移載対象物の移載のスループットの低下を抑制することができ、移載対象物を確実に且つ安定した転写位置で、他の基板へ移載することができる。

発明の効果

- [0029] 以上のように、本発明のレーザー処理装置によれば、縮小投影光学系に照射するため、縮小投影光学系の温度を被処理体のレーザー処理時と同じ温度に維持することができ、温度変化による縮小投影光学系の寸法変化の影響を抑制

でき、レーザ処理のスループットの低下を抑制できるものとなる。

[0030] 本発明のレーザ加工装置によれば、レーザによる基板表面の形状加工のスループットの低下を抑制できるものとなり、安定した位置や精度にて基板表面に形状加工を行うことができるものとなる。

[0031] 本発明の移載装置によれば、レーザ照射による移載対象物の移載のスループットの低下を抑制でき、移載対象物を確実に且つ安定した転写位置で、他の基板へ移載することができるものとなる。

[0032] 本発明のレーザ処理方法によれば、シャッターでレーザ光路を遮断しているときもレーザを縮小投影光学系に照射するため、縮小投影光学系の温度を被処理体のレーザ処理時と同じ温度に維持することができ、温度変化による縮小投影光学系の寸法変化の影響を抑制でき、レーザ処理のスループットの低下を抑制することが可能となる。

[0033] 本発明のレーザ加工方法によれば、レーザによる基板表面の形状加工のスループットの低下を抑制することが可能となり、安定した位置や精度にて基板表面に形状加工を行うことができる。

[0034] 本発明の移載方法によれば、レーザ照射による移載対象物の移載のスループットの低下を抑制することが可能となり、移載対象物を確実に且つ安定した転写位置で、他の基板へ移載することができる。

図面の簡単な説明

[0035] [図1]本発明のレーザ処理装置の一例を示す概略図である。

[図2]本発明のレーザ加工装置の一例を示す概略図である。

[図3]本発明のレーザ加工方法におけるレーザ照射の一例を示す概略図である。

[図4]図2のレーザ照射のアウトフォーカスを示す概略図である。

[図5]本発明のレーザ加工方法の一例を示す概略図である。

[図6]本発明のレーザ加工方法におけるレーザ照射の他の例を示す概略図である。

[図7]本発明のレーザ加工方法で形成できる凹部の例を示す概略断面図である。

。

[図8]本発明のレーザ加工方法で用いることができるレーザの一例の強度分布である。

[図9]本発明の移載装置（レーザリフトオフ装置）の第一実施形態を示す概略図である。

[図10]本発明の移載装置（レーザリフトオフ装置）の第二実施形態を示す概略図である。

[図11]本発明の移載方法の一例における一括移載工程を示す概略図である。

発明を実施するための形態

[0036] 上述のように、被処理物である基板へのレーザ非照射／照射切り替え時の縮小投影光学系の温度変化によるスループットの低下や、処理位置・処理精度の変化を抑制可能なレーザ処理装置及びレーザ処理方法を提供することが求められていた。

[0037] 本発明者らは、上記課題について鋭意検討を重ねた結果、レーザ処理装置において、縮小投影光学系と基板ステージとの間にシャッターを設けることで、基板のレーザ処理を行わない時にも縮小投影光学系にレーザを入射させて縮小投影光学系の温度変化を抑制することが可能となり、ひいてはレーザ処理のスループット低下や、処理位置・処理精度の変化を抑制できることを見出し、本発明を完成させた。

[0038] 即ち、本発明は、レーザ光を発振するレーザ装置、縮小投影光学系及び基板ステージを備え、基板ステージ上に配置された基板にレーザを照射してレーザ処理を行うレーザ処理装置であって、前記縮小投影光学系と前記基板ステージの間にシャッターを有するレーザ処理装置である。

[0039] また、本発明は、上記レーザ処理装置を備えたレーザ加工装置であって、前記基板にレーザを照射して前記基板の表面の形状加工を行うものであるレーザ加工装置である。

[0040] また、本発明は、上記レーザ処理装置を備えた移載装置であって、前記基板を通して前記基板上に設けられた移載対象物にレーザを照射することで前

記移載対象物を他の基板へ移載するものである移載装置である。

[0041] また、本発明は、レーザ光を発振するレーザ装置、縮小投影光学系、基板ステージ及び前記縮小投影光学系と前記基板ステージの間のシャッターを備えたレーザ処理装置を用いて、基板ステージ上に配置された基板にレーザを照射してレーザ処理を行うレーザ処理方法であって、前記基板にレーザを照射していない時は前記レーザ光を発振した状態で前記シャッターを閉じるレーザ処理方法である。

[0042] また、本発明は、上記レーザ処理方法を用い、前記レーザ処理として基板の表面の形状加工を行うレーザ加工方法である。

[0043] また、本発明は、上記レーザ処理方法を用い、前記基板を通して前記基板上に設けられた移載対象物にレーザを照射することで前記移載対象物を他の基板へ移載する移載方法である。

[0044] 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。

[0045] [レーザ処理装置]

図1は、本発明のレーザ処理装置の一例を示す概略図である。本発明に係るレーザ処理装置100は図1に示すように、レーザ1を発振するレーザ光源を備えたレーザ装置10、縮小投影光学系50及び基板ステージ60を備え、基板ステージ60上に配置された基板70にレーザ5を照射してレーザ処理を行うレーザ処理装置100である。そして、縮小投影光学系50と基板ステージ60との間にシャッター80を有する。

[0046] このように縮小投影光学系50よりも基板ステージ60側にシャッター80を有する本発明のレーザ処理装置であれば、シャッターを閉じて基板70のレーザ処理を行わない時でも、レーザが縮小投影光学系50に到達した状態とできるものであるため、縮小投影光学系50の温度を基板70のレーザ処理時と同じ温度に維持することができるものとなる。これにより、縮小投影光学系50の温度変化による縮小投影光学系50の寸法変化の影響を抑制することができ、レーザ処理のスループット低下を抑制でき、処理位置や処

理精度を安定できるものとなる。

[0047] シャッター80は、縮小投影光学系50を通ってきたレーザ5を遮断・開通自在なものであれば特に限定されない。例えば、レーザの光軸に対して斜面をなす光路変更部材を、レーザの光軸上に配置及びレーザの光軸上から除去自在のものであることが好ましい。このようなシャッターであれば、容易にレーザ光路を遮断・開通自在なものとなる。なお、光路変更部材を、レーザの光軸上に配置及びレーザの光軸上から除去する手段は限定されず、光路変更部材を直線的に移動させてレーザの光軸上に位置させてレーザ光路を遮断する手段でも良いし、縮小投影光学系50と基板ステージ60の間に設けたシャッター（光路変更部材）ユニット内でシャッターの角度を変えるようにしてレーザ光路を遮断する手段でもよい。

[0048] また、図1に示すようにレーザ処理装置100は、シャッター80がレーザの光軸を遮りレーザの光路が切り替えられたときに、切り替えられたレーザの光路上でレーザのエネルギーを吸収するダンパー90を備えるものであることがより好ましい。これにより、安全性を高めることができ、また、光路が切り替えられたレーザによる装置への損傷を効果的に抑制できるものとなる。

[0049] （レーザ装置）

レーザ1を発振するレーザ装置10は特に限定されないが、例えば、パルス状にレーザ1を照射（出射）するレーザ装置（レーザ発振器）であってもよい。より詳細には、図1に示すレーザ装置10は、エキシマレーザ発振器を具備するものであってもよい。エキシマレーザを用いることによって、生産性の高い処理が可能なものとなる。また、エキシマレーザは可干渉性が低いため、エキシマレーザを用いることにより、極めて均一なビーム形成を達成することができる。

[0050] なお、レーザ装置10が発振するレーザ1の照射形状は、特に限定されない。例えば、図8に示すような形状の照射形状のように、中央（内側）1aのレーザ強度が最も大きく且つ裾（外側）1bのレーザ強度が小さくなるよ

うな強度分布であってもよい。

[0051] (縮小投影光学系)

図 1 に示すレーザ処理装置 100 では、縮小投影光学系 50 を具備することにより、フォトマスク 30 に形成するマスクパターンを、被処理物に実際に処理しようとする処理パターンよりも拡大化することができる。

[0052] フォトマスク 30 に形成するマスクパターンを実際の処理パターンよりも拡大化しておくことで、フォトマスク 30 に当たるレーザ 3 のエネルギーを実際の処理エネルギーよりも小さくすることができる。縮小投影光学系 50 の縮小倍率を N とすると、基板 70 面の加工エネルギーに比べてマスク面に当たるレーザのエネルギーは $1 / (N^2)$ となる。これにより、レーザ 3 のエネルギーによる熱ドリフトを抑えることができるため、フォトマスク 30 の熱膨張を抑制でき、長時間の処理動作後でも高精度の処理を行うことが可能となる。

[0053] 更に、レーザの熱による光学部材（例えば、光学系 20 及びフォトマスク 30）の劣化も抑えることができることから、光学部材の寿命を長くすることが可能である。

[0054] 縮小投影光学系 50 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 50 が無限遠光学系である場合、縮小投影光学系 50 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。

[0055] 縮小投影レンズの NA は、基板 70 の加工に必要なエネルギー密度や処理の解像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。本発明では、高解像度で形成するために高 NA でレーザ処理を行っても、形成する凹部及び／又は貫通孔が先細りの形状になるのを抑制できる。

[0056] 本発明のレーザ処理装置 100 は、縮小投影光学系 50 の温度を調節する温度調節手段を更に備えるものであることが好ましい。

[0057] 温度調節手段を備えることにより、更に縮小投影光学系 50 でのレーザエ

エネルギーによる熱の影響を抑えることができる。上述のように、縮小投影光学系50ではフォトマスク30を通ったレーザ4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のエネルギーは、フォトマスク30に照射されるレーザの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50に温度調節機能を付与することで、レーザのエネルギーによる熱ドリフトを抑えることができ、長時間の加工動作後でも高精度の処理を行うことが可能となる。

[0058] そして、本発明のレーザ処理方法及びレーザ処理装置100では、基板の処理中、フォトマスク30と基板ステージ60とを同期動作しレーザビームを位置固定することで、非常に小さい口径の縮小投影レンズを使用することができる。縮小投影レンズのための温度調節手段は、レンズそのものに温度調節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温度調節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。レーザ処理装置100が縮小投影光学系50の温度調節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できる。

[0059] 更に、縮小投影光学系50へのレーザ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。

[0060] (光学系)

本発明に係るレーザ処理装置100は、図1に示すように、レーザ1の照射形状を成形する光学系20とを具備するものであってもよい。図1に示すレーザ加工装置100の例では、光学系20は、レーザ1の強度分布の照射形状を変化させるプリズム21と、プリズム21からのレーザ2の照射形状をさらに成形する成形光学系22とを含むことができる。

[0061] さらに、光学系20で成形されたレーザ3を所望のパターンとするフォト

マスク 30、フォトマスク 30からのレーザ 4 の光軸を変化させる折り返しミラー 40等を含んでいてもよい。光学系 20やフォトマスク 30によるレーザの照射形状の成形については、レーザ加工の説明において詳述する。

[0062] なお、光学系 20、フォトマスク 30及び折り返しミラー 40は、本発明のレーザ加工装置 100にとって任意の部材である。

[0063] また、レーザ処理装置 100は、装置の各部や全体を制御するコントローラを更に具備するものであってもよい。特に後述するレーザ処理方法を実施するように制御可能なものとすることができる。なお、図 1 に示すレーザ処理装置 100は本発明のレーザ処理装置の一例であるが、本発明のレーザ処理装置は図 1 に示す装置に限定されるものではない。

[0064] [レーザ処理方法]

本発明に係るレーザ処理方法は、図 1 に示すような、レーザ光を発振するレーザ装置 10、縮小投影光学系 50、基板ステージ 60及び縮小投影光学系 50と基板ステージ 60との間のシャッター 80を備えたレーザ処理装置 100を用いて、基板ステージ 60上に配置された基板 70にレーザを照射してレーザ処理を行うレーザ処理方法において、基板 70にレーザを照射していない時はレーザ光を発振した状態でシャッター 80を閉じる点に特徴を有している。

[0065] 本発明のレーザ処理方法によれば、基板のレーザ処理を行わない時にはシャッターを閉じて、レーザが縮小投影光学系 50に到達した状態とできるため、縮小投影光学系 50の温度を基板 70のレーザ処理時と同じ温度に維持することができる。縮小投影光学系 50の温度変化による縮小投影光学系 50の寸法変化の影響を抑制することができるため、基板 70のレーザ処理再開時にシャッターを光路から外すだけでレーザ処理を再開することができ、レーザ処理のスループット低下を抑制できる。更に、レーザ照射の形状や位置を安定にすることができるので、レーザ処理のインターバルに関係なく、常に安定したレーザ処理を行うことができる。

[0066] また、シャッター 80として、レーザ光の光軸に対して斜面をなす光路変

更部材をレーザの光軸上に配置及びレーザの光軸上から除去自在のものを用いることが好ましい。このようにすれば、容易にレーザ光路を遮断・開通することができる。

[0067] また、シャッター80を閉じることでレーザの光路を切り替え、切り替えたレーザの光路上に配置したダンパー90によりレーザのエネルギーを吸収することが好ましい。このようにすれば、安全性を高めることができ、また、光路が切り替えられたレーザによる装置への損傷を効果的に抑制することができる。

[0068] [レーザ加工装置]

本発明に係るレーザ処理装置は、基板にレーザを照射して基板の表面の形状加工を行うレーザ加工装置であってもよい。基板の表面の形状加工としては、基板表面に凹部や貫通孔を形成する加工が挙げられる。具体的には、半導体パッケージ基板に用いられる基板表面の配線溝、VIAホール形成加工などが挙げられる。以下の説明では、上述のレーザ処理装置と同様の構成については、説明を省略することがある。

[0069] 本発明に係るレーザ加工装置の具体的な形態を図2に示す。本発明に係るレーザ加工装置100Aは、図2に示すように、縮小投影光学系50よりも基板ステージ60側にシャッター80を有する。このような本発明に係るレーザ加工装置であれば、基板のレーザ加工を行わない時にはシャッターを閉じて、レーザが縮小投影光学系50に到達した状態とできるものであるため、縮小投影光学系50の温度を基板のレーザ加工時と同じ温度に維持することができるものとなる。基板のレーザ加工再開時にはシャッターを光路から外すだけでレーザ加工を再開できる。縮小投影光学系50の温度変化による縮小投影光学系50による位置精度の変化や寸法変化の影響を抑制することができ、レーザ加工のスループット低下を抑制できるものとなる。

[0070] (レーザ装置)

レーザ1は特に限定されないが、例えばエキシマレーザを用いることができる。エキシマレーザを用いることによって、例えばABF基板のような有

機材料からなる被加工物を効率よく加工し、生産性の高い加工が可能となる。また、エキシマレーザは可干渉性が低いため、エキシマレーザを用いることにより、極めて均一なビーム形成を達成することができる。

[0071] また、エキシマレーザを用いることにより、固体レーザよりも、加工深さの高精度な調整、及び凹部及び／又は貫通孔の幅の高精度な調整が可能である。特に、エキシマレーザは、留め穴やトレンチのような凹部を形成するのに有用である。したがって、エキシマレーザを用いることにより、回路基板のような複雑な凹凸形状加工を高精度に行なうことができる。

[0072] なお、レーザ装置 10 が発振するレーザ 1 の照射形状は、特に限定されない。例えば、図 8 に示すような形状の照射形状のように、中央（内側）1 a のレーザ強度が最も大きく且つ裾（外側）1 b のレーザ強度が小さくなるような強度分布であってもよい。

[0073] （縮小投影光学系）

図 2 に示すレーザ加工装置 100 A では、縮小投影光学系 50 を具備することにより、フォトマスク 30 に形成するマスクパターンを、被加工物に実際に形成しようとする加工パターンよりも拡大化する。レーザ加工装置 100 A の縮小投影光学系は、レーザ処理装置で説明した縮小投影光学系と同様である。

[0074] （光学系）

本発明に係るレーザ加工装置 100 A は、図 2 に示すように、レーザ 1 の照射形状を、基板 70 の被加工面におけるレーザの強度分布が強度分布の外側の部分の強度が内側の部分の強度よりも大きい照射形状とする光学系 20 とを具備するものであってもよい。図 2 に示すレーザ加工装置 100 A の例では、光学系 20 は、プリズム 21 と、成形光学系 22 とを含むことができる。詳細は以下に説明するが、プリズム 21 は、中央のレーザ強度が最も大きく且つ裾のレーザ強度が小さくなるような強度分布を有するレーザを、レーザの強度分布における外側の部分の強度が内側の部分の強度よりも大きくなる照射形状のレーザに変換するプリズムであり、成形光学系 22 は、プリ

ズム 21 により変換されたレーザーの照射形状をトップハット型の照射形状に変換する成形光学系である。図 2 に示すレーザー加工装置 100A は、プリズム 21 は、ルーフプリズムを含むが、円錐プリズムを含んでもよい。

[0075] 図 2 に示すレーザー加工装置 100A は、該レーザー加工装置 100A の光路における光学系 20 から基板 70 にかけて、さらに、フォトマスク 30 及び折り返しミラー 40 をこの順で更に備えるものであってもよい。また、レーザー加工装置 100A は、装置の各部や全体を制御するコントローラを更に具備するものであってもよい。

[0076] なお、光学系 20、フォトマスク 30、折り返しミラー 40 及びコントローラ 300 は、本発明のレーザー加工装置 100A において任意の部材である。

[0077] 図 2 に示すようにレーザー加工装置 100A は、フォトマスク 30 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 31 と、基板 70 の特徴部分を読み取る撮像手段としての被加工物用アライメントカメラ 61 とを含んでもよい。マスク用アライメントカメラ 31 は、コントローラ 300 にフォトマスク 30 の特徴部分の位置情報を送るように構成されている。被加工物用アライメントカメラ 61 は、コントローラ 300 に基板 70 の特徴部分の位置情報を送るように構成されている。コントローラ 300 は、これら位置情報に基づいて、基板 70 とフォトマスク 30 との相対位置を合わせるように構成されている。別の側面では、コントローラ 300 は、ステージ 60 上に載置する基板 70 と、フォトマスク 30 とを同期して動かすように構成することができる。

[0078] [レーザー加工方法]

本発明のレーザー加工方法は、例えば、本発明のレーザー加工装置を用いて行うことができるが、本発明のレーザー加工装置以外の装置を用いて行うこともできる。

[0079] 本発明のレーザー加工方法は、レーザーを用いて基板 70 の表面の形状加工を行うレーザー加工方法である。基板の表面の形状加工としては、基板表面に凹

部や貫通孔を形成する加工が挙げられる。具体的には、半導体パッケージ基板に用いられる基板表面の配線溝、VIAホール形成加工などが挙げられる。

[0080] 本発明のレーザ加工方法によれば、基板のレーザ加工を行わない時にはシャッターを閉じて、レーザが縮小投影光学系50に到達した状態とできるため、縮小投影光学系50の温度を基板のレーザ処理時と同じ温度に維持することができる。縮小投影光学系50の温度変化による縮小投影光学系50の寸法変化の影響を抑制することができるため、基板のレーザ加工再開時にシャッターを光路から外すだけでレーザ加工を再開することができ、レーザ加工のスループット低下を抑制できる。更に、レーザ照射の形状や位置を安定にすることができるので、レーザ加工のインターバルに関係なく、常に安定した加工処理を行うことができる。

[0081] 以下では、図2に示すレーザ加工装置100Aを用いて行うことができる本発明のレーザ加工方法の一実施形態について具体的に説明する。

[0082] 以下、本発明のレーザ加工方法及びレーザ加工装置の任意事項について説明するが、本発明は、以下に説明する例に限定されるものではない。

[0083] 本発明におけるレーザ加工の対象物である基板70は特に限定されないが、例えば半導体パッケージ基板を基板70とすることができる。

[0084] 本発明の一実施形態のレーザ加工では、基板70の被加工面におけるレーザの強度分布を、強度分布の外側の部分の強度が内側の部分の強度よりも大きい照射形状として加工を行うことができる。このようなレーザ加工方法を、図2～図5を参照しながら、例を挙げて説明する。

[0085] まず、図2に示すように、レーザ装置10から、図2(a)に示す照射形状を有するレーザ1を発振する。この例のレーザ1の照射形状は、図3に示すように、内側1aの部分のレーザ強度が外側1bの部分のレーザ強度よりも大きい形状であるレーザの照射形状である。別の側面では、レーザ1の照射形状は、中央(内側)1aのレーザ強度が最も大きく且つ裾(外側)1bのレーザ強度が小さくなるような強度分布である。

- [0086] 次に、レーザ１は、光学系２０のプリズム２１に入射する。プリズム２１は、レーザ１の強度分布における外側の部分の強度が内側の部分の強度よりも大きくなる照射形状（図２（ｂ））のレーザ２に変換するプリズムである。図２では、プリズム２１の例として、４つ（２対）のルーフプリズムからなるプリズム２１を示している。なお、図３では、レーザ１のうち紙面に平行な面の照射形状に関与する２つのルーフプリズム２１ a及び２１ bのみを代表して示している。
- [0087] プリズム２１は、ルーフプリズムに限定されず、例えば円錐プリズムを含むものを用いることもできる。
- [0088] 次に、プリズム２１から出射し、図２（ｂ）及び図３に示す照射形状を有するレーザ２は、成形光学系２２に入射する。成形光学系２２は、図３に示すように、結像点Ｆ１に向かってレーザ２の各成分を集光し、レーザ２の照射形状を、図２（ｃ）に示すトップハット型の照射形状に成形し、レーザ３とする。
- [0089] レーザ３は、結像点Ｆ１の位置にあるフォトマスク３０に入射する。フォトマスク３０は、基板７０に加工しようとするパターンに対応するマスクパターンを有している。フォトマスク３０を介してレーザを基板７０にスキャンニング照射することにより、凹部及び／又は貫通孔を所望のパターンで基板７０に形成することができる。
- [0090] フォトマスク３０から出射し、図２（ｄ）に示す照射形状（トップハット形状）を有するレーザ４は、折り返しミラー４０で方向が変換され、縮小投影光学系（投影レンズ）５０に入射する。縮小投影光学系５０を用いることによる効果は、後述する。
- [0091] 縮小投影光学系５０から出射したレーザ５は、図３に示すように、基板７０の表面（初期被加工面）７１に達する。図３では、縮小投影光学系５０の結像点Ｆ２を基板７０の表面７１に合わせた例を示している。しかし、縮小投影光学系５０の結像点Ｆ２は、基板７０の表面７１に限定されない。
- [0092] 図３に示すように、基板７０の表面７１に照射されるレーザ５の照射形状

は、図2（e）に示すようにトップハット型である。一方、結像点F2から更に加工が進んだ被加工面72においては、図3に示すように、レーザ6の強度分布を、強度分布の外側の部分6bの強度が内側の部分6aの強度よりも大きい照射形状として加工を行う。

[0093] 図2及び図3に示す例では、図4（a）～（e）に概略を示すように結像点F2から離れる（アンダーフォーカスU）につれ、レーザ6の照射形状が、成形光学系22による成型前のレーザ2の照射形状に近くなってくる。これが、レーザ6の強度分布が、強度分布の外側の部分6bの強度が内側の部分6aの強度よりも大きくなる理由である。

[0094] 被加工面72において、レーザ6の強度分布を、強度分布の外側の部分6bの強度が内側の部分6aの強度よりも大きい照射形状として加工を行うことにより、図5に概略的に示すように、形成する凹部200が先細りの形状となるのを抑制することができる。加工を続けることにより、先細りが抑制された貫通孔を形成することができる。そして、本実施形態のレーザ加工方法では、このように形成する凹部及び／又は貫通孔が先細りの形状となるのを抑制できるので、高精細で複雑なパターンを形成できる。そして、本実施形態のレーザ加工方法によれば、高解像度で凹部及び／又は貫通孔を形成しても、形成する凹部200及び／又は貫通孔が先細りの形状となるのを抑制できる。

[0095] 本実施形態のレーザ加工方法では、基板70の少なくとも一部の被加工面72に対して、外側の部分6bの強度が内側の部分6aの強度よりも大きい照射形状のレーザで加工を行うことができる。例えば、図2及び図3に示す例のように、基板70の表面（初期被加工面）71は、トップハット型の照射形状のレーザ5で加工してもよい。

[0096] 本実施形態では、例えば、図5に示すように、基板70の深さ方向に加工が進むにつれ、基板70の被加工面72におけるレーザ6の強度分布の形状を変化させて加工を行うことができる。

[0097] 図5の例は、別の側面では、基板70の深さ方向に加工が進むにつれ、レ

ーザ6の強度分布における外側の部分6bの強度が内側の部分6aの強度よりも大きくなるようにレーザ6の強度分布の形状を変化させて加工を行う例であるということもできる。

[0098] このように加工を行うことにより、形成する凹部及び／又は貫通孔が先細りの形状となるのをより確実に抑制でき、ひいては高精細で複雑なパターンをより確実に形成することができる。

[0099] ただし、本実施形態では、基板70の少なくとも1つの被加工面72におけるレーザ6の強度分布を、強度分布の外側の部分6aの強度が内側の部分6bの強度よりも大きい照射形状として加工を行えばよく、レーザ強度分布を連続的に変化させる必要はない。

[0100] 本発明では、所定の凹部及び／又は貫通孔をパターン形成する為にフォトマスク30を用いることもできる。フォトマスク30を用いた場合でも、基板70の被加工面72におけるレーザ6の強度分布を、強度分布の外側の部分6bの強度が内側の部分6aの強度よりも大きい照射形状として加工を行うことにより、形成する凹部及び／又は貫通孔が先細りの形状となるのを抑制でき、ひいては高精細で複雑なパターンを確実に形成することができる。或いは、図6に示すように、本発明においては、フォトマスク30を用いなくても良い。

[0101] 図2～図5を参照しながら説明した本発明の一実施形態は、別の側面では、レーザを用いて基板70に凹部及び／又は貫通孔を形成するレーザ加工方法であって、レーザの強度分布において、外側の部分の強度が内側の部分の強度よりも大きい形状であるレーザ2の照射形状をトップハット型の照射形状に成型する光学系20を用いるレーザ加工方法ということもできる。

[0102] このような光学系20を用いて基板70をレーザ加工することにより、基板70のうち表面から離れた少なくとも一部においては、外側の部分6bの強度が内側の部分6aの強度よりも大きい形状であるレーザ6の照射形状で加工をすることができる。このようなレーザ加工方法であれば、高解像度で凹部の形成を行っても、凹部の底部の幅が初期加工表面71における凹部の

開口部の幅よりも小さくなるのを抑制できる。また、このようなレーザ加工方法であれば、高解像度で貫通孔の形成を行っても、貫通孔の下端開口部の幅が貫通孔の上端部の幅よりも小さくなるのを抑制できる。つまり、この側面で表現される本実施形態のレーザ加工方法では、高解像度で凹部及び／又は貫通孔を形成しても、形成する凹部及び／又は貫通孔が先細りの形状となるのを抑制でき、ひいては高精細で複雑なパターンを形成することができる。

- [0103] 特に半導体パッケージ基板の加工の場合、貫通孔や、凹部、例えばV I A加工や溝加工などが混在するような加工パターンがある。この場合、V I A加工と溝加工の工程を分けることなく、本実施形態の方法により同一工程で加工が可能となる。また、半導体パッケージ基板は高密度化が進んでおり、従来から行われているV I A加工におけるレーザドリル方式では高密度化に伴う穴加工数の増大によって加工時間が大きくなるものに比べて、本方式では穴加工数の増加やパターンの高精細化による加工時間の増加がない。
- [0104] 本発明のレーザ加工方法の他の実施形態によれば、例えば、基板70に対してアブレーション加工を行うことができる。アブレーション加工であれば、基板70がレーザ5及び6に対してエネルギー吸収される範囲内で、レーザの設定を、アブレーション加工ができる波長及びエネルギー密度の中で自由に行うことができる。
- [0105] 以上に説明したように、本発明の一実施形態によれば、高精細な凹部及び／又は貫通孔のパターンを形成することができる。具体的には、本発明の一実施形態によれば、例えば、20 μ m以下の幅を有し、先細りが抑制された凹部及び／又は貫通孔を形成することができる。
- [0106] また、本発明の一実施形態において形成できる凹部及び／又は貫通孔は、例えば、20 μ m以下の深さを有することもできる。なお、加工深さを基板70の厚さよりも小さくすれば、凹部を形成することができ、加工深さを基板70の厚さと同じにすれば貫通孔を形成することができる。
- [0107] 別の側面では、本発明の一実施形態によれば、高アスペクト比の凹部及び

／又は貫通孔のパターンを形成することができる。本発明の一実施形態によれば、例えば、凹部の底部の幅に対する加工部高さの比が1.0以上である凹部を形成することができる。また、本発明によれば、例えば貫通孔の下端開口部の幅に対する加工部高さの比が1.0以上である凹部を形成することができる。

[0108] 更に別の側面では、本発明の一実施形態によれば、例えば、凹部の底部の幅が被加工物の初期加工表面における凹部の開口幅の70%以上である凹部、及び／又は貫通孔の下端開口部の幅が被加工物の初期加工表面における貫通孔の上端開口部の幅の70%以上である貫通孔を形成することができる。

[0109] 更に、本発明の一実施形態では、先細りを抑制しながら凹部を形成することができるので、図7に示すように、凹部200を複数形成し、隣接する凹部200の底部間の距離202を底部の幅201の110%以下とすることもできる。したがって、本発明の一実施形態では、複数の凹部200を高密度に形成することができる。

[0110] <スキャン照射>

本発明では、レーザ5及び6を被加工表面71に対して相対的に走査しながら加工を行ってもよい。すなわち、本発明のレーザ加工は、スキャン加工とすることもできる。

[0111] スキャン加工を行うことで、大面積の基板70に対しても、高い精度でレーザ加工を行うことができる。

[0112] また、スキャン加工を行うことにより、加工すべき凹部及び／又は貫通孔の密度が増えても、加工時間の増大を防ぐことができる。

[0113] スキャン加工は、例えば、ステージ60上に載置する基板70と、フォトマスク30とを同期して動かすことにより実施することができる。

[0114] このようにすることで、レーザ1～6自体を動かさずにレーザ加工を行うことができる。

[0115] また、この態様では、加工領域がレンズのエリアに制限されないので、レンズのエリアよりも大きな面積（画角）を加工できる。

[0116] そして、この態様によれば照射に必要な縮小投影光学系50を小さくすることができ、レーザ照射位置精度や温度コントロール性も良好に行うことができる。更に、以下に説明する縮小投影光学系50が小さくできるので、照射による像の歪みも少ない。

[0117] 図2に示すレーザ加工装置100Aでは、コントローラ300を用いて、ステージ60上に載置する基板70と、フォトマスク30とを同期して動かすことができる。

[0118] より詳細には、コントローラ300は、マスク用アライメントカメラ31で取得するマスク30の特徴部分の位置情報、及び被加工物用アライメントカメラ61で取得する基板70の特徴部分の位置情報に基づいて、基板70とフォトマスク30との相対位置を合わせるように構成されている。

[0119] [移載装置]

本発明に係る移載装置は、移載対象物を備えた基板（第一基板）に対し、移載対象物と第一基板との界面にレーザを照射することで移載対象物を第一基板から剥離し（レーザリフトオフ：L a s e r L i f t - O F F（L L O））、剥離した移載対象物を他の基板（第二基板）へ移載する装置であってもよい。なお、レーザリフトオフ法は、所謂ギャップレーザリフトオフ（G a p - L L O）と、コンタクトレーザリフトオフ（C o n t a c t - L L O）とが知られている。

[0120] 図9に、本発明の移載装置の一実施形態を概略的に示す。図9に示す移載装置100Bは、G a p - L L Oを行うように構成された装置である。移載装置100Bは、レーザ装置（レーザ発振器）110と、基板ステージ160と、縮小投影光学系150と、縮小投影光学系150と基板ステージ160との間のシャッター80を具備している。

[0121] 本発明の移載装置は、移載対象物の移載を行わない時にはシャッターを閉じて、レーザが縮小投影光学系150に到達した状態とできるため、縮小投影光学系150の温度を移載対象物の移載時と同じ温度に維持することができるものとなる。縮小投影光学系150の温度変化による縮小投影光学系1

50の寸法変化の影響を抑制することができるため、基板のレーザ加工再開時にシャッターを光路から外すだけで移載対象物の移載を再開することができ、移載対象物の移載のスループット低下を抑制できるものである。

[0122] 移載装置100Bは、任意の構成部材として、成形光学系120と、フォトマスク130、折り返しミラー140と、アライメントカメラ170と、コントローラ300とを更に具備している。以下、上述のレーザ処理装置やレーザ加工装置と共通する構成については、説明を省略することがある。

[0123] 基板ステージ160は、開口部161aを有し且つ第一基板70Aを支持する上ステージ161と、第二基板70Bを支持する下ステージ162とから構成されている。第一基板70Aは、複数の移載対象物75を備えていてもよい。基板ステージ160は、第一基板70A及び第二基板70Bを互いに対向させて支持するように構成することができる。

[0124] レーザ装置110は、レーザ1を発振するように構成されている。移載装置100Bでは、レーザ装置110から発振されたレーザ1が、成形光学系120を通してレーザ3に成形され、レーザ3がフォトマスク130を通してレーザ4に成形され、レーザ4が、折り返しミラー140で進行方向が変えられ、さらに縮小投影光学系150を通してレーザ5となり、このレーザ5が上ステージ161の開口部161aを通過して、第一基板70Aに到達する光路を形成するように、各部材が配置されている。すなわち、フォトマスク130は、レーザ装置110と基板ステージ160との光路間に配置されている。

[0125] そして、図9に示す移載装置100Bでは、レーザ装置110、フォトマスク130及び基板ステージ160（上ステージ161及び下ステージ162）が、レーザ装置110からのレーザを複数の移載対象物75と第一基板70Aとの界面に一括で照射するように構成されている。

[0126] 以下、レーザ装置110から発振されたレーザ及びその光路について説明する。

[0127] レーザ装置110から発振されるレーザ1は、例えばエキシマレーザとす

ることができる。

[0128] 任意の成形光学系 120 は、レーザ装置 110 から発振されたレーザ 1 の例えば図 9 (a) に示す照射形状を、例えば図 9 (b) に示す矩形形状の照射形状に成形してレーザ 3 として射出するものである。矩形形状の照射形状を有するレーザ 3 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。ただし、成形光学系 120 によるレーザ成形は、これに限定されない。

[0129] フォトマスク 130 は、入射したレーザ 3 の照射形状を、図 9 (c) に示すようにパターン状に成形してレーザ 4 として射出するように構成されている。より具体的には、フォトマスク 130 は、レーザ装置 110 からのレーザを、複数の移載対象物 75 の各々の第一基板 70A との界面の一部分のみに照射する形状に成形するパターンを有している。また、フォトマスク 130 は、受け入れたレーザを複数の移載対象物 75 の各々の第一基板 70A との界面に一括で照射するように構成されており、複数の移載対象物 75 の各々の第一基板 70A との界面の一部分のみの照射領域となるようにレーザを成形するパターンを有するものということもできる。

[0130] フォトマスク 130 は、複数の移載対象物 75 の各々の第一基板 70A との界面の全面に照射する形状に成形するパターンを更に有していても良い。フォトマスク 130 のその他の詳細については、後述する。

[0131] フォトマスク 130 から射出されたレーザ 4 は、折り返しミラー 140 で進行方向が変えられ、縮小投影光学系 150 に入射する。縮小投影光学系 150 は、入射したレーザ 4 の照射形状を、例えば図 9 (d) に示すものから図 9 (e) に示すものに縮小し、レーザ 5 として射出する。

[0132] 縮小投影光学系 150 を光路に組み込むことで、フォトマスク 130 に入射するレーザ 20b のエネルギーを、第一基板 70A からの移載対象物 75 の剥離に必要なエネルギーよりも小さくすることができる。縮小投影光学系 150 の縮小倍率を N とすると、第一基板 70A からの移載対象物 75 の剥離に必要なレーザ 5 のエネルギーに比べてフォトマスク 130 に当たるレー

ザ3のエネルギーは $1/(N^2)$ となる。これにより、成形光学系120やフォトマスク130のレーザ照射による劣化を防止するとともに、レーザ3のエネルギーによる熱ドリフトを抑えることができるため、フォトマスク130の熱膨張を抑制でき、長時間のレーザリフトオフ後も高精度の移載を行うことが可能となる。更に、フォトマスク130の劣化を抑えて寿命を延ばすことができる。また、フォトマスクの遮光材の厚さを薄くすることができ、例えば1000 Å以下とすることができる。

[0133] アライメントカメラ170及びコントローラ300は、第一基板70Aに対するレーザの照射領域を監視すると共に、レーザ装置110、フォトマスク130及びステージ160（上ステージ161及び下ステージ162）を制御するように構成されている。コントローラ300は、例えば、フォトマスク130を動かして、レーザ3の光路に対するフォトマスク130のパターンの位置を変更することができる。また、コントローラ300は、上ステージ161を同一平面上で移動及び／又は回転させて、レーザ5の光路に対する第一基板70Aの位置、特に移載対象物75の位置を変更することができる。また、コントローラ300は、下ステージ162を同一平面上で移動及び／又は回転させて、レーザ5の光路に対する第二基板70Bの位置を変更することができる。

[0134] 図9に示すレーザリフトオフ装置100Bでは、レーザ装置110、フォトマスク130、アライメントカメラ170、上ステージ161及び下ステージ162が、それぞれ、コントローラ300に電氣的に接続されている。

[0135] コントローラ300は、後述のような本発明のレーザリフトオフ方法を行うように、レーザリフトオフ装置100Bを制御することができる。

[0136] 本発明の移載装置100Bは、図9に示すようなGap-LLOを行う装置に限らず、Contact-LLOを行う装置であっても良い。

[0137] 図10は、本発明の移載装置の第二実施形態の概略図である。図10に示す移載装置100Cは、Contact-LLOを行うように構成された装置である。図10に示す移載装置100Cは、開口部160aを有する基板

ステージ１６０が、第一基板７０Ａと第二基板７０Ｂとを、第一基板７０Ａ上の移載対象物７５が第二基板７０Ｂに接した状態で支持する点以外は、図９に示す移載装置１００Ｂと同一である。

[0138] 〔移載方法〕

本発明の移載方法は、本発明のレーザ処理方法によって、基板を通して該基板上に設けられた移載対象物にレーザを照射することで、移載対象物を他の基板へ移載する移載方法である。本発明の移載方法は、図９に示す移載装置１００Ｂで行うことができるがこれに限定されず、図１０に示す移載装置１００Ｃや、その他の装置で行うこともできる。

[0139] 本発明の移載方法によれば、移載対象物の移載を行わない時にはシャッター８０を閉じて、レーザが縮小投影光学系１５０に到達した状態とできるため、縮小投影光学系１５０の温度を移載対象物の移載時と同じ温度に維持することができる。縮小投影光学系１５０の温度変化による縮小投影光学系１５０の寸法変化の影響を抑制することができるため、移載再開時にシャッターを光路から外すだけで移載対象物の移載を再開することができ、移載対象物の移載のスループット低下を抑制できるとともに、移載対象物を、割れやクラックなどの不具合を起こすことなく、確実に且つ位置安定させた状態で移載することができる。

[0140] 以下では、本発明の移載方法の一実施形態として、図９に示す移載装置１００Ｂを用いて行うことができる本発明の移載方法の例を具体的に説明する。

[0141] 本発明の移載方法は、図１１を参照しながら以下に説明する、部分照射による一括移載工程を含む。

[0142] 図１１（ａ）は、本発明の移載方法の一例における一括移載工程でのレーザ照射の概念を示す概略断面図である。図１１（ｂ）は、図１１（ａ）に示すレーザ照射の際の、フォトマスクのパターンと１つの移載対象物との位置関係を示す図である。

[0143] この例では、図９に示すレーザ装置（レーザ発振器）１１０から発振され

たレーザ１が成形光学系１２０によって成形されてレーザ３となる。このレーザ３が、図１１（ａ）及び（ｂ）に示すフォトマスク１３０に入射する。

[0144] 図１１（ａ）及び（ｂ）に示すフォトマスク１３０は、レーザ透過性の基材１３１と、該基材１３１上に形成されたパターン形成層１３２とを具備する。図１１（ｂ）に示すように、パターン形成層１３２には、複数の開口部１３２ａを含むパターン３１が形成されている。

[0145] パターン形成層１３２の開口部１３２ａ以外の部分はレーザを遮蔽するので、フォトマスク１３０に入射したレーザ３のうち、開口部１３２ａに対応する部分を通った成分のみがフォトマスク１３０を透過する。その結果、フォトマスク１３０からは、パターン３１を有した照射形状のレーザ（図９に示すレーザ４）が射出される。次いで、図１１には図示していないが、レーザ４は、図９に示す縮小投影光学系１５０に入射する。縮小投影光学系１５０では、レーザ４が、照射形状が図１１（ｂ）に示すパターン３１を保持したまま縮小されて、レーザ５として射出される。

[0146] 縮小投影光学系１５０から射出されたレーザ５は、シャッター８０の開放時には第一基板７０Ａの移載対象物７５とは反対側の面に入射する。レーザ５は第一基板７０Ａを透過し、第一基板７０Ａと移載対象物７５との界面７６に達する。

[0147] ここで、界面とは厳密な境界面を意味するものではなく、レーザ照射により分解等される領域を意味する。したがって、アブレーション層と言い換えることも可能である。具体的には、第一基板７０Ａの移載対象物７５を備えた側の少なくとも一部分がアブレーション層である形態、第一基板７０Ａ上の移載対象物７５を備えた側にアブレーション層が形成されている形態、移載対象物７５の第一基板７０Ａ側の少なくとも一部分がアブレーション層である形態、移載対象物７５の第一基板７０Ａ側にアブレーション層が形成されている形態、第一基板７０Ａと移載対象物７５との間にアブレーション層が位置している形態が含まれ、第一基板７０Ａや移載対象物７５の一部分がアブレーション層であっても、第一基板７０Ａや移載対象物７５とは別にア

ブレーション層が設けられていてもよい。

[0148] なお、図 1 1 では 1 つの移載対象物 7 5 しか示していないが、本実施形態の移載方法では、一括移載工程において、複数の移載対象物 7 5 と第一基板 7 0 A との界面 7 6 に一括でレーザ 5 を照射する。ただし、複数の移載対象物 7 5 は、必ずしも隣り合ったものである必要はなく、例えば、隣り合わず離れて配置された複数の移載対象物 7 5 であってもよい。

[0149] さて、先に述べたように、レーザ 5 は、フォトリソマスク 1 3 0 のパターン 3 1 を有する照射形状を有する。そのため、レーザ 5 は、図 1 1 (a) 及び (b) に示すように、複数の移載対象物 7 5 の各々の第一基板 7 0 A との界面 7 6 の全てではなく一部分 7 6 a のみに照射される。つまり、本発明のレーザリフトオフ方法では、一括移載工程において、複数の移載対象物 7 5 の各々の第一基板 7 0 A との界面 7 6 の一部分 7 6 a のみにレーザ 5 を照射する (部分照射)。

[0150] 一括移載工程では、複数の移載対象物 7 5 に対してこのようにしてレーザ 5 を部分照射することにより、複数の移載対象物 7 5 を第一基板 7 0 A から剥離する。

[0151] 剥離に必要なエネルギーは、移載対象物 7 5 と第一基板 7 0 A との結合力 (例えば、接着力や接合力) を弱めて、移載対象物 7 5 と第一基板 7 0 A とを分離できるエネルギーである。例えば、移載対象物 7 5 と第一基板 7 0 A との界面に GaN 層がある場合、移載対象物 7 5 を剥離するためには、GaN 層を分解する (アブレーションする) 必要がある。この際に必要なレーザエネルギー密度は高い。更に、GaN 層の分解により窒素ガスが生じる。生じた窒素ガスの圧力が推進力となり、第一基板 7 0 A から剥離された移載対象物 7 5 は、第二基板 7 0 B へと移動する。これにより、移載が達成される。

[0152] GaN は分解されにくいですが、エネルギーの閾値を超えると急激に分解される。そのため、一括移載工程において、複数の移載対象物 7 5 の各々の第一基板 7 0 A との界面 7 6 の全面に、移載対象物 7 5 と第一基板 7 0 A との剥

離を達成できるエネルギーでレーザを照射すると、窒素ガスが急激に大量に発生し、発生ガスによる噴出ベクトルが大きくなり過ぎる。それにより、第一基板 70A から剥離した移載対象物 75 は、過大な圧力を受けたり、初速が大きくなり過ぎたりして、第一基板 70A から第二基板 70B へと非常に大きな噴出力で第二基板 70B の表面に衝突する。その結果、移載対象物 75 が第一基板 70A から第二基板 70B への移動中に割れやすくなるか、或いは第二基板 70B に到達した際に移載対象物 75 に割れや欠けが生じてしまいやすくなる。また、過大な噴出ベクトルにより、移載対象物 75 の第二基板 70B への移動を制御しにくくなり、移載対象物 75 を第二基板 70B に転写する際に意図せぬ位置ずれが発生しやすくなる。

[0153] それに対し、本発明の移載方法では、先に説明したように一括移載工程において複数の移載対象物 75 に対して界面 76 の一部のみにレーザ 5 を部分照射することにより、複数の移載対象物 75 の第一基板 70A からの剥離の際のガスの発生量が小さくなり、第一基板 70A から剥離した移載対象物 75 が受ける圧力を小さくすることができる。その結果、第一基板 70A から剥離した移載対象物 75 に付与される推進力が適度に抑えられ、移載対象物 1 と第二基板 70B との接触による衝撃を減らすことができる。また、剥離した移載対象物 75 が第一基板 70A から第二基板 70B へと真っ直ぐに移動させることができ、転写位置精度が高いリフトオフ工程を実現できる。

[0154] 以上では、剥離の際に GaN 層が分解する場合を例に挙げて説明したが、レーザリフトオフによる剥離はアブレーションに基づくものであるため、全面照射の場合には上記と同様に噴出ベクトルが大きくなり過ぎる問題が必然的に生じる。一方、本実施形態のレーザリフトオフ法では、一括移載工程において部分照射を行うことにより、この噴出ベクトルを小さく抑えることができるので、第一基板 70A と移載対象物 75 との組み合わせによらず、移載対象物 75 の割れや欠けなどの破損を防ぎながら、移載対象物 75 の移載を行うことができる。また、ここではアブレーションを利用したレーザリフトオフへの部分照射の適用について説明したが、アブレーションを利用しな

いがレーザー照射により移載対象物に推進力が与えられるような転写方法においてもレーザーの部分照射により前記推進力を緩和することができ転写精度の向上に繋げることができる。

[0155] 更に、例えば図10に示す移載装置100Cを用いたContact-LL法による移載でも、全面照射の場合には上記と同様に噴出ベクトルが大きくなり過ぎることを原因とした割れや欠けが発生することがある。本発明の移載方法によれば、Contact-LL法でも、移載対象物75の割れや欠けなどの破損を防ぎながら、移載対象物75の移載を行うことができる。

[0156] そして、レーザー照射により分解物が生成される場合には、その生成物の発生量を減らすことができ、後の清浄工程の簡易化を図ることができる。

[0157] [移載対象物]

本発明の移載方法における移載対象物は特に限定されない。例えば移載対象物として、半導体チップ、LEDチップ、樹脂材料膜及び無機膜からなる群より選択されるものを移載することができる。前記樹脂材料膜において、その膜中に無機材料が含まれていてもよい。また、前記樹脂材料膜は多層構造を有していてもよく、多層構造を構成する複数の膜は樹脂材料膜のみからなっているてもよいし、樹脂材料膜と無機材料膜との組合せからなっているてもよい。

[0158] 厚さが $1 \sim 10 \mu\text{m}$ と薄い移載対象物を通常のレーザーリフトオフ方法にて全面照射した場合、移載対象物の長手方向の寸法や移載対象物の面積が大きくなるとレーザーリフトオフ時に移載対象物が破損しやすくなる。具体的には、長手方向の寸法が $80 \mu\text{m}$ 以上の移載対象物や、面積が $6400 \mu\text{m}^2$ 以上の移載対象物の場合には、全面照射によるレーザーリフトオフ時に移載対象物が割れやすいため、移載対象物に与える推進力を緩和することができる本発明の適用は効果的である。前記長手方向の寸法と前記面積の上限には特に制限はないが、生産容易性の観点からは各々 $500 \mu\text{m}$ 以下、 $40000 \mu\text{m}^2$ 以下程度である。もちろん、本発明では、部分照射による照射方法ではなく

移載対象物に一括全面にレーザを照射してレーザリフトオフを実施する方法でもよい。

[0159] 以上詳述したように、本発明のレーザ処理装置によれば、縮小投影光学系に照射するため、縮小投影光学系の温度を被処理体のレーザ処理時と同じ温度に維持することができ、温度変化による縮小投影光学系の寸法変化の影響を抑制でき、レーザ処理のスループットの低下を抑制できるものとなる。また、本発明のレーザ加工装置によれば、レーザ加工のスループットの低下を抑制できるものとなる。更に、レーザ照射の形状や位置を安定にすることができるので、レーザ加工のインターバルに関係なく、常に安定した加工処理を行うことができるものとなる。

[0160] 本発明の移載装置によれば、レーザ照射による移載対象物の移載のスループットの低下を抑制できるものとなる。また、本発明のレーザ処理方法によれば、シャッターでレーザ光路を遮断しているときもレーザを縮小投影光学系に照射するため、縮小投影光学系の温度を被処理体のレーザ処理時と同じ温度に維持することができ、温度変化による縮小投影光学系の寸法変化の影響を抑制でき、レーザ処理のスループットの低下を抑制することが可能となるとともに、移載対象物を、割れやクラックなどの不具合を起こすことなく、確実に且つ位置安定させた状態で移載することができるものとなる。

[0161] 本発明のレーザ加工方法によれば、レーザ加工のスループットの低下を抑制することが可能となる。更に、レーザ照射の形状や位置を安定にすることができるので、レーザ加工のインターバルに関係なく、常に安定した加工処理を行うことができる。また、本発明の移載方法によれば、レーザ照射による移載対象物の移載のスループットの低下を抑制することが可能となるとともに、移載対象物を、割れやクラックなどの不具合を起こすことなく、確実に且つ位置安定させた状態で移載することができる。

[0162] 本明細書は、以下の態様を包含する。

[1] レーザ光を発振するレーザ装置、縮小投影光学系及び基板ステージを備え、前記基板ステージ上に配置された基板にレーザを照射してレーザ

処理を行うレーザ処理装置であって、前記縮小投影光学系と前記基板ステージとの間にシャッターを有するレーザ処理装置。

〔２〕 前記シャッターは、前記レーザの光軸に対して斜面をなす光路変更部材を前記レーザの光軸上に配置及び前記レーザの光軸上から除去自在のものである〔１〕に記載のレーザ処理装置。

〔３〕 前記シャッターが前記レーザの光軸を遮り前記レーザの光路が切り替えられたときに、前記切り替えられた前記レーザの光路上で前記レーザのエネルギーを吸収するダンパーを備えるものである〔１〕又は〔２〕に記載のレーザ処理装置。

〔４〕 〔１〕～〔３〕の何れかに記載のレーザ処理装置を備えたレーザ加工装置であって、前記基板にレーザを照射して前記基板の表面の形状加工を行うものであるレーザ加工装置。

〔５〕 〔１〕～〔３〕の何れかに記載のレーザ処理装置を備えた移載装置であって、前記基板を通して前記基板上に設けられた移載対象物にレーザを照射することで前記移載対象物を他の基板へ移載するものである移載装置。

〔６〕 レーザ光を発振するレーザ装置、縮小投影光学系、基板ステージ及び前記縮小投影光学系と前記基板ステージとの間のシャッターを備えたレーザ処理装置を用いて、前記基板ステージ上に配置された基板にレーザを照射してレーザ処理を行うレーザ処理方法であって、前記基板にレーザを照射していないときは前記レーザ光を発振した状態で前記シャッターを閉じるレーザ処理方法。

〔７〕 前記シャッターとして、前記レーザの光軸に対して斜面をなす光路変更部材を前記レーザの光軸上に配置及び前記レーザの光軸上から除去自在のものを用いる〔６〕に記載のレーザ処理方法。

〔８〕 前記シャッターを閉じることで前記レーザの光路を切り替え、前記切り替えた前記レーザの光路上に配置したダンパーにより前記レーザのエネルギーを吸収する〔６〕又は〔７〕に記載のレーザ処理方法。

〔 9 〕 〔 6 〕 ～ 〔 8 〕 の何れか 1 つに記載のレーザ処理方法を用い、前記レーザ処理として基板の表面の形状加工を行うレーザ加工方法。

〔 1 0 〕 〔 6 〕 ～ 〔 8 〕 の何れか 1 つに記載レーザ処理方法を用い、前記基板を通して前記基板上に設けられた移載対象物にレーザを照射することで前記移載対象物を他の基板へ移載する移載方法。

[0163] 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] レーザ光を発振するレーザ装置、縮小投影光学系及び基板ステージを備え、前記基板ステージ上に配置された基板にレーザを照射してレーザ処理を行うレーザ処理装置であって、
前記縮小投影光学系と前記基板ステージとの間にシャッターを有するレーザ処理装置。
- [請求項2] 前記シャッターは、前記レーザの光軸に対して斜面をなす光路変更部材を前記レーザの光軸上に配置及び前記レーザの光軸上から除去自在のものである請求項1に記載のレーザ処理装置。
- [請求項3] 前記シャッターが前記レーザの光軸を遮り前記レーザの光路が切り替えられたときに、前記切り替えられた前記レーザの光路上で前記レーザのエネルギーを吸収するダンパーを備えるものである請求項1に記載のレーザ処理装置。
- [請求項4] 請求項1から3のいずれか一項に記載のレーザ処理装置を備えたレーザ加工装置であって、前記基板にレーザを照射して前記基板の表面の形状加工を行うものであるレーザ加工装置。
- [請求項5] 請求項1から3のいずれか一項に記載のレーザ処理装置を備えた移載装置であって、前記基板を通して前記基板上に設けられた移載対象物にレーザを照射することで前記移載対象物を他の基板へ移載するものである移載装置。
- [請求項6] レーザ光を発振するレーザ装置、縮小投影光学系、基板ステージ及び前記縮小投影光学系と前記基板ステージとの間のシャッターを備えたレーザ処理装置を用いて、前記基板ステージ上に配置された基板にレーザを照射してレーザ処理を行うレーザ処理方法であって、
前記基板にレーザを照射していないときは前記レーザ光を発振した状態で前記シャッターを閉じるレーザ処理方法。
- [請求項7] 前記シャッターとして、前記レーザの光軸に対して斜面をなす光路変更部材を前記レーザの光軸上に配置及び前記レーザの光軸上から除

去自在のものを用いる請求項6に記載のレーザ処理方法。

[請求項8] 前記シャッターを閉じることで前記レーザの光路を切り替え、前記切り替えた前記レーザの光路上に配置したダンパーにより前記レーザのエネルギーを吸収する請求項6に記載のレーザ処理方法。

[請求項9] 請求項6から8のいずれか一項に記載のレーザ処理方法を用い、前記レーザ処理として基板の表面の形状加工を行うレーザ加工方法。

[請求項10] 請求項6から8のいずれか一項に記載のレーザ処理方法を用い、前記基板を通して前記基板上に設けられた移載対象物にレーザを照射することで前記移載対象物を他の基板へ移載する移載方法。