

明 細 書

発明の名称：

レーザー加工方法、基板の製造方法、レーザー加工装置、基板、及び半導体パッケージ基板

技術分野

[0001] 本発明は、レーザー加工方法、基板の製造方法、レーザー加工装置、基板、及び半導体パッケージ基板に関する。

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ー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、被加工物に対し、レーザー光を用いて所定の深さ位置まで形状加工を行うレーザー加工方法であって、前記被加工物に応じて最適設定されるレーザー光の単位長さ当たりにおけるエネルギーが、レーザー光の発振器に於けるパワー変動により当該レーザーパワーが増大したときにも、前記被加工物を貫通させないエネルギー範囲内となるように、レーザー光のレーザーパワー、及び被加工物とレーザー光の間の相対的な移動速度を大きくし、かつ、レーザー加工に必要な照射回数を低減させることを特徴とするレーザー加工方法が記載されている。

[0005] また、特許文献2には、被加工物の掘削領域へ、前記掘削領域に対して小さいビーム断面をなすレーザー光を順次照射させ、前記掘削領域を加工するレーザー加工方法であって、第1の形状のビーム断面をなし、前記被加工物上にて、前記第1の形状のビーム断面に相当する第1の照射領域をなすレーザー光を、前記掘削領域の全体へ順次照射させる第1の加工工程と、前記第1の形状より小さい第2の形状のビーム断面をなし、前記被加工物上にて、前記第

2の形状のビーム断面に相当する第2の照射領域をなすレーザ光を、前記掘削領域へ順次照射させる第2の加工工程と、を含み、前記第1の加工工程では、前記第1の照射領域の一部分同士が互いに重畳する重畳領域を形成するように、前記第1の照射領域をなすレーザ光を順次照射させ、前記第2の加工工程では、前記掘削領域のうち前記重畳領域以外の領域に前記第2の照射領域が含まれるように、前記第2の照射領域をなすレーザ光を順次照射させることを特徴とするレーザ加工方法が記載されている。

[0006] また、非特許文献1では、ベッセルビームを用いた、高品質・高アスペクトのSi貫通穴の形成が紹介されている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2009-22978号公報

特許文献2：国際公開第WO2013/094025号明細書

非特許文献

[0008] 非特許文献1：杉岡 幸次、”最適化した超短パルスベッセルビームによる高品質・高アスペクトSi貫通穴の形成”、FORM TECH REVIEW W 2016, VOL. 26

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 従来、レーザ加工で形成する凹部は、高解像度で形成するほど、凹部の底部の幅が、初期加工表面における凹部の開口部の幅よりも小さくなる、すなわち先端が細くなるという問題があった。貫通孔についても、従来は、高解像度で形成するほど、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、すなわち先端が細くなるという問題があった。そして、このような先細りの凹部及び／又は貫通孔の形成は、高精細で複雑なパターン（例えば回路パターン）を形成するのに不都合であった。

特に、半導体パッケージ用基板用途では、加工された凹部に金属配線が埋

め込まれることがあり、高精細のパターンになると配線抵抗が高くなってしまふことから、これを防ぐ為に加工深さが深く、また、底部まで広い幅となる加工が求められている。このような加工を行うことで、配線抵抗が低く、高品質な半導体パッケージ用基板の作製が可能となる。

[0010] 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、高解像度で凹部及び／又は貫通孔の形成を行なっても、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レーザ加工方法、高精細で複雑なパターンを有する基板を製造できる基板の製造方法、高解像度で凹部及び／又は貫通孔の形成を行なっても、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、更に配線抵抗が低い高品質の半導体パッケージ基板の提供が可能であり、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レーザ加工装置、高精細で複雑な配線パターンを実現できる基板、表面から裏面にかけての先細りが抑えられたV I A電極パターンを実現できる基板、高精細で複雑な金属配線パターンを有する半導体パッケージ基板、及び表面から裏面にかけての先細りが抑えられたV I A電極パターンを有する半導体パッケージ基板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

[0011] 上記課題を解決するために、本発明では、レーザを用いて被加工物に凹部及び／又は貫通孔を形成するレーザ加工方法であって、

前記被加工物の被加工面における前記レーザの強度分布を、前記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レーザ加工方法を提供する。

[0012] 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なっても、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、本発明のレーザ加工方法であれば

、高解像度で凹部及び／又は貫通孔の形成を行なっても、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。

[0013] 例えば、前記被加工物の深さ方向に加工が進むにつれ、前記被加工物の被加工面における前記レーザの前記強度分布の形状を変化させて加工を行うことができる。

[0014] このように、レーザの強度分布を被加工物の深さ方向に加工が進むにつれて変化させても良い。ただし、本発明では、被加工物の少なくとも1つ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えばよく、必ずしもレーザ強度分布を連続的に変化させる必要はない。

[0015] この場合、前記被加工物の前記深さ方向に加工が進むにつれ、前記レーザの強度分布における前記外側の部分の強度が前記内側の部分の強度よりも大きくなるように前記レーザの前記強度分布の形状を変化させて加工を行ってもよい。

[0016] 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。

[0017] 例えば、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、プリズムに通すことにより、前記被加工物の前記深さ方向に加工が進むにつれ、前記レーザの強度分布における前記外側の部分の強度が前記内側の部分の強度よりも大きくなるように前記レーザの前記強度分布の形状を変化させて加工を行ってもよい。

[0018] レーザの照射形状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する手段は特に限定されないが、例えば、プリズムを通してレーザの照射形状を変更することができる。

[0019] この場合、例えば、前記プリズムとして、ルーフプリズムまたは円錐プリズムを含むものを用いることができる。

- [0020] 例えば、ルーフプリズムまたは円錐プリズムを含むプリズムを用いて、レーザの照射形状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もよい。
- [0021] また、本発明では、レーザを用いて被加工物に凹部及び／又は貫通孔を形成するレーザ加工方法であって、
前記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を用いるレーザ加工方法を提供する。
- [0022] このような光学系を用いて被加工物をレーザ加工することにより、被加工物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なっても、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、本発明のレーザ加工方法であれば、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。
- [0023] 例えば、前記被加工物の初期被加工面は、前記トップハット型の照射形状のレーザで加工し、
前記初期被加工面を除く前記被加工物の少なくとも一部に対しては、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のレーザで加工を行ってもよい。
- [0024] このように、被加工物の初期被加工面は、トップハット型の照射形状のレーザで加工してもよい。
- [0025] 例えば、前記被加工物として、半導体パッケージ用基板を加工して、前記半導体パッケージ用基板に凹部及び／又は貫通孔を形成することができる。

- [0026] 被加工物は特に限定されないが、例えば半導体パッケージ基板を被加工物とすることができる。
- [0027] 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、本発明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。
- [0028] 例えば、前記レーザを、エキシマレーザ発振器を用いて発振させてもよい。
- [0029] レーザ光源は特に限定されないが、例えばエキシマレーザ発振器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A B F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可能とする。
- [0030] 前記レーザを、フォトマスクを介して、前記被加工物に照射してもよい。
- [0031] 本発明のレーザ加工は、フォトマスクを用いて行うこともできる。
- [0032] 前記レーザを前記被加工表面に対して相対的に走査しながら加工を行ってもよい。
- [0033] 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。
- [0034] 例えば、アブレーション加工を行うことができる。
- [0035] 本発明のレーザ加工方法によれば、例えばアブレーション加工を行うことができる。
- [0036] 例えば、 $20\mu\text{m}$ 以下の幅を有する前記凹部及び／又は貫通孔を形成することができる。
- [0037] 本発明のレーザ加工方法によれば、 $20\mu\text{m}$ 以下の幅を有する凹部及び／又は貫通孔を含む高精細なパターンを形成することができる。

- [0038] 例えば、 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下の深さを有する前記凹部及び／又は貫通孔を形成することもできる。
- [0039] 本発明のレーザ加工方法によれば、 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下の深さを有する凹部及び／又は貫通孔を含む高精細なパターンを形成することもできる。
- [0040] 前記凹部及び／又は貫通孔として、前記凹部の底部の幅又は前記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 以上である凹部及び／又は貫通孔を形成することができる。
- [0041] 本発明のレーザ加工方法によれば、このように高いアスペクト比の凹部及び／又は貫通孔を形成することができる。
- [0042] 前記凹部の底部の幅が、前記被加工物の初期加工表面における前記凹部の開口幅の 70% 以上である前記凹部を形成する、及び／又は、
前記貫通孔の下端開口部の幅が、前記被加工物の前記初期加工表面における前記貫通孔の上端開口部の幅の 70% 以上である前記貫通孔を形成することができる。
- [0043] 本発明のレーザ加工方法によれば、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。
- [0044] 凹部を複数形成し、隣接する前記凹部の底部間の距離を前記底部の幅の 110% 以下とすることもできる。
- [0045] 本発明のレーザ加工方法によれば、複数の凹部を高い密度で形成することもできる。
- [0046] また、本発明は、本発明のレーザ加工方法によって、前記被加工物である基板に前記凹部及び／又は貫通孔を形成することを含む、前記凹部及び／又は貫通孔を有する基板の製造方法を提供する。
- [0047] 本発明のレーザ加工方法は、上記の通り、高精細で複雑なパターンを形成することができる。したがって、本発明のレーザ加工方法を含む、本発明の基板の製造方法であれば、高精細で複雑なパターンを有する基板を製造する

ことができる。

[0048] また、本発明は、レーザを用いて被加工物に凹部及び／又は貫通孔を形成するレーザ加工装置であって、

前記レーザを発振するレーザ光源と、

前記レーザの照射形状を、前記被加工物の被加工面における前記レーザの強度分布が前記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と

を具備するものであるレーザ加工装置を提供する。

[0049] このようなレーザ加工装置を用いれば、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装置を用いれば、高解像度で貫通孔の形成を行なっても、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、本発明のレーザ加工装置であれば、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できるものとなる。

[0050] 前記光学系として、

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、前記レーザの強度分布における前記外側の部分の強度が前記内側の部分の強度よりも大きくなる前記照射形状の前記レーザに変換するプリズムと、

前記プリズムにより変換された前記レーザ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と

を具備するものであることが好ましい。

[0051] 光学系として、例えば、前記プリズムと前記成形光学系とを含むものを具備することができる。

[0052] この場合、例えば、前記プリズムとして、ルーフプリズムまたは円錐プリズムを含むものを具備することができる。

- [0053] 例えば、ルーフプリズムまたは円錐プリズムを含むプリズムを用いて、レーザーの照射形状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もよい。
- [0054] 前記レーザー光源として、エキシマレーザー発振器を具備するものであることが好ましい。
- [0055] レーザ光源は特に限定されないが、例えばエキシマレーザー発振器を用いることができる。エキシマレーザーを用いることによって、例えばA B F 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、エキシマレーザーは可干渉性が低いため、極めて均一なビーム形成を可能とする。
- [0056] 前記被加工物を載置するステージと、
前記光学系と前記ステージとの間に配置したフォトマスクと
を更に具備するものであってもよい。
- [0057] 本発明のレーザー加工装置は、このようなステージ及びフォトマスクを具備することもできる。
- [0058] この場合、前記ステージ上に載置する前記被加工物と、前記フォトマスクとを同期して動かすように構成されたコントローラを更に具備するものであってもよい。
- [0059] 本発明のレーザー加工装置は、このようなコントローラを具備することもできる。
- [0060] また、本発明は、第1 態様の基板として、半導体パッケージ基板に用いられる基板であって、
該基板の表面に、前記表面に直交する断面において隣接する、少なくとも二つの凹部を有し、
前記断面における前記凹部の底部間の距離は、前記凹部の底部の幅の1 1 0 %以下であり、
前記断面における前記凹部の深さは、2 0 μ m以下であり、
前記断面における前記凹部の底部の幅に対する前記凹部の深さの比が1 .

0以上である基板を提供する。

[0061] このような基板は、凹部に配線を組み込むことで、高精細で複雑な配線パターンを実現できる。

[0062] 前記凹部の前記底部の幅は、前記表面における前記凹部の開口幅の70%以上であることが好ましい。

[0063] このような基板であれば、凹部に配線を組み込んだ場合に、低い配線抵抗の配線パターンを実現できる。また、配線と基板との界面での接触面積を多くとることができるため、配線の剥離などの不具合を起こしにくい。

[0064] 前記表面における前記凹部の前記開口幅は、 $20\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

[0065] このような基板であれば、より高精細な配線パターンを実現できる。

[0066] 前記断面における前記凹部の前記底部の幅に対する前記凹部の前記深さの比が1.1以上であってもよい。

[0067] 或いは、前記凹部の前記底部の幅に対する前記凹部の前記深さの比が1.5以上であってもよい。

[0068] 或いは、前記凹部の前記底部の幅に対する前記凹部の前記深さの比が2.4以上であってもよい。

[0069] 或いは、前記凹部の前記底部の幅に対する前記凹部の前記深さの比が3.4以上であってもよい。

[0070] 第1態様の基板において、凹部の底部の幅に対する凹部の深さの比は、1.0以上であればよく、例えば1.1以上、1.5以上、2.4以上、又は3.4以上であってもよい。

[0071] 例えば、前記凹部の前記底部の幅は、前記凹部の前記開口幅の70%以上であり、

前記凹部の前記底部の幅に対する前記凹部の前記深さの比が2.4以上の基板であってもよい。

[0072] このような基板であれば、高精細でありかつ低抵抗な配線パターンをより確実に実現できる。また、配線と基板との界面での接触面積を多くとること

ができるため、配線の剥離などの不具合を起こしにくい。

[0073] 前記凹部は、トレンチを含んでもよい。

[0074] 複数の凹部は、例えば基板の表面に平行な方向に延びるトレンチを含んでもよい。或いは、複数の凹部は、平面形状が円形や矩形の留め穴であってもよい。

[0075] 前記基板は、前記表面とは反対側の裏面を有し、
前記表面から前記裏面まで貫通する貫通孔を更に有することもできる。

[0076] このような基板であれば、V I A電極パターンを更に有するパッケージ基板を実現できる。

[0077] 例えば、前記表面における前記貫通孔の上端開口部の幅は、 $20\mu\text{m}$ 以下とすることができる。

[0078] このような基板であれば、高精細で高密度なV I A電極パターンを実現できる。

[0079] 前記裏面における前記貫通孔の下端開口部の幅に対する、前記貫通孔の加工長さの比は、 1.0 以上とすることができる。

[0080] 貫通孔の下端開口部の幅に対する加工長さの比は特に限定されないが、例えば 1.0 以上とすることができる。

[0081] 前記裏面における前記貫通孔の下端開口部の幅は、前記表面における前記貫通孔の上端開口部の幅の 70% 以上とすることが好ましい。

[0082] このような基板であれば、表面から裏面にかけての先細りが抑えられたV I A電極パターンを実現できる。

[0083] 前記裏面における前記貫通孔の下端開口部の幅に対する、前記貫通孔の加工長さの比は、 1.0 以上であり、
前記貫通孔の下端開口部の幅は、前記表面における前記貫通孔の上端開口部の幅の 70% 以上であることが好ましい。

[0084] このような基板であれば、高精細かつ表面から裏面にかけての先細りが抑えられたV I A電極パターンを実現できる。

[0085] 例えば、前記凹部の前記底部の幅は、前記凹部の前記開口幅の 70% 以上

であり、

前記凹部の前記底部の幅に対する前記凹部の深さの比が2.4以上であり

、

前記裏面における前記貫通孔の下端開口部の幅に対する前記貫通孔の加工長さの比は、1.0以上であり、

前記貫通孔の前記下端開口部の前記幅は、前記表面における前記貫通孔の上端開口部の幅の70%以上であってもよい。

[0086] このような基板であれば、高精細かつ表面から裏面にかけての先細りが抑えられた配線パターン及びVIA電極パターンをより確実に実現できる。

[0087] また、本発明は、第1態様の半導体パッケージ基板として、本発明の第1態様の基板を備える半導体パッケージ基板であって、前記凹部に金属配線が埋め込まれている半導体パッケージ基板を提供する。

[0088] このような半導体パッケージ基板であれば、高精細且つ高密度で複雑な金属配線パターンを有する半導体パッケージを実現できる。

[0089] また、本発明では、第2態様の基板として、半導体パッケージ基板に用いられる基板であって、

該基板の表面から該表面とは反対側の裏面まで貫通する貫通孔を有し、

前記裏面における前記貫通孔の下端開口部の幅は、前記表面における前記貫通孔の上端開口部の幅の70%以上である基板を提供する。

[0090] このような第2態様の基板であれば、表面から裏面にかけての先細りが抑えられたVIA電極パターンを有する半導体パッケージを実現できる。

[0091] 前記表面における前記貫通孔の上端開口部の幅は、20 μ m以下であることが好ましい。

[0092] このような基板であれば、高精細且つ高密度で複雑であり、表面から裏面にかけての先細りが抑えられたVIA電極パターンを有する半導体パッケージを実現できる。

[0093] 前記裏面における前記貫通孔の下端開口部の幅に対する、前記貫通孔の加工長さの比は、1.0以上であってもよい。

[0094] 第2態様の基板では、下端開口部の幅に対する貫通孔の加工長さの比を例えば1.0以上とすることができる。

[0095] また、本発明では、第2態様の半導体パッケージ基板として、第1態様の基板のうち貫通孔を含むものか、又は第2態様の基板を備える半導体パッケージ基板であって、

前記貫通孔は、VIA加工が施されている半導体パッケージ基板を提供する。

[0096] 第2態様の半導体パッケージ基板であれば、高精細且つ高密度で複雑であり、表面から裏面にかけての先細りが抑えられたVIA電極パターンを有することができる。

発明の効果

[0097] 以上のように、本発明のレーザ加工方法であれば、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。

[0098] また、本発明の基板の製造方法であれば、高精細で複雑なパターンを有する基板を製造することができる。

[0099] 本発明のレーザ加工装置であれば、高解像度で凹部及び／又は貫通孔を形成しても、形成する凹部及び／又は貫通孔が先細りの形状となるのを抑制でき、更に配線抵抗が低い高品質の半導体パッケージ基板の提供が可能であり、ひいては高精細で複雑なパターンを形成できるものとなる。

[0100] 本発明の第1態様の基板であれば、凹部に配線を組み込むことで、高精細且つ高密度で複雑な配線パターンを実現できる。

[0101] 本発明の第1態様の半導体パッケージ基板であれば、高精細且つ高密度で複雑な金属配線パターンを有する半導体パッケージを実現できる。

[0102] 本発明の第2態様の基板であれば、表面から裏面にかけての先細りが抑えられたVIA電極パターンを有する半導体パッケージを実現できる。

[0103] 本発明の第2態様の半導体パッケージ基板であれば、表面から裏面にかけ

ての先細りが抑えられたV I A電極パターンを有することができる。

図面の簡単な説明

[0104] [図1]本発明のレーザ加工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方法におけるレーザ照射の一例を示す概略図である。
。

[図3]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4]本発明のレーザ加工方法の一例を示す概略図である。

[図5]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6]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7]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8]従来のレーザ加工装置の一例を示す概略図である。

[図9]従来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10]図9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11]従来のレーザ加工方法の一例を示す概略図である。

[図12]従来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13]従来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14]本発明の第1態様の基板の一例の概略部分断面図である。

[図15]本発明の第1態様の基板の他の一例の概略部分斜視図である。

[図16]本発明の第1態様の基板の他の一例の概略部分断面図である。

[図17]本発明の第2態様の基板の一例の概略部分断面図である。

[図18]本発明の第1態様の半導体パッケージ基板の一例の概略部分断面図である。
。

[図19]本発明の第2態様の半導体パッケージ基板の一例の概略部分断面図で

ある。

[図20]本発明の半導体パッケージ基板の他の一例の概略部分断面図である。

[図21]本発明の半導体パッケージ基板の他の一例の概略平面図である。

発明を実施するための形態

[0105] 上述のように、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できるレーザ加工方法、高精細で複雑なパターンを有する基板を製造できる基板の製造方法、及び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できるレーザ加工装置の開発が求められていた。

[0106] 本発明者らは、上記課題について鋭意検討を重ねた結果、レーザを用いて被加工物に凹部及び／又は貫通孔を形成するレーザ加工方法であって、被加工物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により、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できることを見出し、本発明を完成させた。

[0107] 即ち、本発明は、レーザを用いて被加工物に凹部及び／又は貫通孔を形成するレーザ加工方法であって、

前記被加工物の被加工面における前記レーザの強度分布を、前記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レーザ加工方法である。

[0108] また、本発明は、レーザを用いて被加工物に凹部及び／又は貫通孔を形成するレーザ加工方法であって、

前記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を用いるレーザ加工方法である。

- [0109] また、本発明は、本発明のレーザ加工方法によって、前記被加工物である基板に前記凹部及び／又は貫通孔を形成することを含む、前記凹部及び／又は貫通孔を有する基板の製造方法である。
- [0110] また、本発明は、レーザを用いて被加工物に凹部及び／又は貫通孔を形成するレーザ加工装置であって、
前記レーザを発振するレーザ光源と、
前記レーザの照射形状を、前記被加工物の被加工面における前記レーザの強度分布が前記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と
を具備するものであるレーザ加工装置である。
- [0111] また、本発明は、半導体パッケージ基板に用いられる基板であって、
該基板の表面に、前記表面に直交する断面において隣接する、少なくとも二つの凹部を有し、
前記断面における前記凹部の底部間の距離は、前記凹部の底部の幅の110%以下であり、
前記断面における前記凹部の深さは、 $20\mu\text{m}$ 以下であり、
前記断面における前記凹部の底部の幅に対する前記凹部の深さの比が1.0以上である第1態様の基板である。
- [0112] また、本発明は、本発明の第1態様の基板を備える半導体パッケージ基板であって、前記凹部に金属配線が埋め込まれている第1態様の半導体パッケージ基板である。
- [0113] また、本発明は、半導体パッケージ基板に用いられる基板であって、
該基板の表面から該表面とは反対側の裏面まで貫通する貫通孔を有し、
前記裏面における前記貫通孔の下端開口部の幅は、前記表面における前記貫通孔の上端開口部の幅の70%以上である第2態様の基板である。
- [0114] そして、本発明は、第1態様の基板のうち貫通孔を含むものか、又は第2態様の基板を備える半導体パッケージ基板であって、
前記貫通孔は、VIA加工が施されている第2態様の半導体パッケージ基

板である。

[0115] 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。

[0116] [レーザ加工装置]

図1は、本発明のレーザ加工装置の一例を示す概略図である。図1に示すレーザ加工装置100は、レーザを用いて被加工物70に凹部及び／又は貫通孔を形成するレーザ加工装置100である。なお、図1に示すレーザ加工装置100は本発明のレーザ加工装置の一例であるが、本発明のレーザ加工装置は、図1に示す装置に限定されるものではない。

[0117] 図1に示すレーザ加工装置100は、レーザ1を発振するレーザ光源10と、レーザ1の強度分布と照射形状を、被加工物70の被加工面において変換する光学系20とを具備する。

[0118] 図1に示すレーザ加工装置100では、光学系20は、プリズム21と、成形光学系22とを含む。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1に示すレーザ加工装置100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。

[0119] 図1に示すレーザ加工装置100は、該レーザ加工装置100の光路における光学系20から被加工物70にかけて、フォトマスク30、折り返しミラー40及び縮小投影光学系50をこの順で更に備える。

[0120] レーザ加工装置100は、被加工物70を載置するステージ60と、フォトマスク30及びステージ60に電氣的に接続されたコントローラ80とを更に具備する。別の側面では、レーザ加工装置100は、被加工物70を載置するステージ60と、光学系20とステージ60との間に配置したフォト

マスク 30 とを更に具備する。

[0121] なお、フォトマスク 30、折り返しミラー 40、縮小投影光学系 50、ステージ 60 及びコントローラ 80 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。

[0122] レーザ 1 を発振する光源 10 は、例えば、パルス状にレーザ 1 を照射（出射）する光源（レーザ発振器） 10 である。より詳細には、図 1 に示すレーザ光源 10 は、エキシマレーザ発振器を具備するものである。

[0123] また、図 1 に示したレーザ加工装置 100 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、被加工物 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 とを含んでいる。マスク用アライメントカメラ 31 は、コントローラ 80 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 80 に被加工物 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 80 は、これら位置情報に基づいて、被加工物 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 80 は、ステージ 60 上に載置する被加工物 70 と、フォトマスク 30 とを同期して動かすように構成されている。

[0124] [レーザ加工方法]

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

[0125] 以下では、図 1 に示すレーザ加工装置 100 を用いて行うことができる本発明のレーザ加工方法の例を具体的に説明する。

[0126] 本発明のレーザ加工方法は、レーザを用いて被加工物 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る。

[0127] 本発明のレーザ加工では、被加工物 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。このようなレーザ加工方法を、図1～図4を参照しながら、例を挙げて説明する。

[0128] まず、図1に示すように、レーザ光源10から、図1(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2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強度分布の照射形状である。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。

[0129] 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1(b))のレーザ2に変換するプリズムである。図1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2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21a及び21bのみを代表して示している。

[0130] 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。

[0131] なお、非特許文献1には、円錐プリズムであるアキシコンレンズを用いることが開示されているが、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については何ら言及されていない。

[0132] 次に、プリズム21から出射し、図1(b)及び図2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2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1(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。

[0133] 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、被加工物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 を介してレーザを被加工物 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被加工物 70 に形成することができる。

[0134] フォトマスク 30 から出射し、図 1 (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。任意の縮小投影光学系 50 を用いることによる効果は、後述する。

[0135] 縮小投影光学系 50 から出射したレーザ 5 は、図 2 に示すように、被加工物 70 の表面 (初期被加工面) 71 に達する。図 2 では、縮小投影光学系 50 の結像点 F2 を被加工物 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、被加工物 70 の表面 71 に限定されない。

[0136] 図 2 に示すように、被加工物 70 の表面 71 に照射されるレーザ 5 の照射形状は、図 1 (e) 及び図 2 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 2 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。

[0137] 図 1 及び図 2 に示す例では、図 3 (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。

[0138] 本発明のレーザ加工方法によって、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 4 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。すなわち、本発明のレーザ加工方法によれば、加工の進行につれて先細りを

発生させずに深堀ができる。そして、本発明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、本発明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。

[0139] 一方、図8～図11を参照しながら以下に説明するように、被加工物の被加工面におけるレーザの強度分布を、前記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ない場合、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防ぐことができない。

[0140] 図8は、従来のレーザ加工装置の一例を示す概略図である。図8に示すレーザ加工装置100'は、プリズム21を含んでいないこと以外は図1に示すレーザ加工装置100と同様である。

[0141] 図8に示すレーザ加工装置100'では、図8及び図9に示すように、レーザ光源10から発振され、図8(a)に示す照射形状のレーザ1が成形光学系22に入射し、図8(b)に示すトップハット型の照射形状を有するレーザ3'となる。レーザ3'は、成形光学系22の結像点F1にあるフォトマスク30を通過し、図8(c)に示すトップハット型の照射形状を有するレーザ4'となる。レーザ4'は、折り返しミラー40で方向を変えられ、縮小投影光学系50に入射する。縮小投影光学系50を出射し、図8(d)に示すトップハット型の照射形状を有するレーザ5'は、縮小投影光学系50の結像点F2に位置する被加工物70の表面71に達する。

[0142] 次いで、加工が進み、被加工面72が被加工物70の表面71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、図10(a)～(e)に示すように、レーザ光源10から発振されたレーザ1の照射形状に近くなる。そのため、被加工物70の表面71から離れた位置にある被加工面72での加工では、図10に示すように、レーザ6'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ならない。

- [0143] このような方法でレーザ加工を行うと、例えば図 1 1 に示すように、形成する凹部及び／又は貫通孔が先細りの形状となる。特に、高解像度で凹部及び／又は貫通孔を形成する場合、先細りの発生が顕著となり、高アスペクトの加工ができない。
- [0144] 本発明のレーザ加工方法では、被加工物 7 0 の少なくとも一部の被加工面 7 2 に対して、外側の部分 6 b の強度が内側の部分 6 a の強度よりも大きい照射形状のレーザで加工を行えばよい。例えば、図 1 及び図 2 に示す例のように、被加工物 7 0 の表面（初期被加工面） 7 1 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。
- [0145] 本発明では、例えば、図 4 に示すように、被加工物 7 0 の深さ方向に加工が進むにつれ、被加工物 7 0 の被加工面 7 2 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。
- [0146] 図 4 の例は、別の側面では、被加工物 7 0 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 6 b の強度が内側の部分 6 a 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。
- [0147] 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。
- [0148] ただし、本発明では、被加工物 7 0 の少なくとも 1 つの被加工面 7 2 におけるレーザ 6 の強度分布を、強度分布の外側の部分 6 b の強度が内側の部分 6 a 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。
- [0149] 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リソマスク 3 0 を用いることもできる。フォトリソマスク 3 0 を用いた場合でも、被加工物 7 0 の被加工面 7 2 におけるレーザ 6 の強度分布を、強度分布の外側の部分 6 b の強度が内側の部分 6 a 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5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。

[0150] 一方、フォトマスク30を用いた場合でも、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わないと、図11に示す例と同様に、形成する凹部及び／又は貫通孔が先細りの形状となる。同様に、フォトマスク30を用いない場合でも、図12に示すように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わないと、図11に示す例と同様に、形成する凹部及び／又は貫通孔が先細りの形状となる。

[0151] 図1～図4を参照しながら説明した例は、別の側面では、レーザを用いて被加工物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1を外側の部分の強度が内側の部分の強度よりも大きい強度分布の照射形状のレーザ2に変換し、さらにトップハット型の照射形状のレーザ3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。

[0152] このような光学系20を用いて被加工物70をレーザ加工することにより、被加工物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なっても、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発明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。

[0153] 本発明におけるレーザ加工の対象物である被加工物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被加工物 70 とすることができる。

[0154] 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、本発明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。

[0155] 本発明によれば、例えば、被加工物 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、レーザ 5 及び 6 が被加工物 70 に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。

[0156] 本発明によれば、以上に説明したように、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、本発明によれば、例えば、 $20\text{ }\mu\text{m}$ 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。それに対し、図 8～図 12 の従来例のレーザ加工装置 100' では、 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下の幅であって、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は困難である。

[0157] また、本発明によって形成できる凹部及び／又は貫通孔は、例えば、 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下の深さを有することもできる。なお、加工深さを被加工物 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、加工深さを被加工物 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。

[0158] 別の側面では、本発明によれば、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。それに対し、図 8～図 12 の従来例のレーザ加工装置 100' では、1.0 以上のアスペクト

比の凹部及び／又は貫通孔を、先細りを抑制しながら形成することは困難である。

[0159] 更に別の側面では、本発明によれば、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。

[0160] 更に、本発明では、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6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、本発明では、複数の凹部200を高密度に形成することができる。

[0161] 一方、従来のレーザ加工方法では、例えば図13に示すように、凹部200'を複数形成した場合、各凹部200'が先細って形成されるため、隣接する凹部200'の底部間の距離202'が底部の幅201'の110%を超えてしまい、複数の凹部200'を高い密度で形成することができない。

[0162] 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、以上に説明した具体例、及び以下に説明する変形例に限定されるものではない。

[0163] <レーザ及びレーザ光源>

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。

[0164] 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。

[0165] なお、レーザ光源 1 が発振するレーザ 1 の照射形状は、図 1、図 2 及び図 5 に示す形状に限定されない。例えば、図 7 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。

[0166] <スキャン照射>

本発明では、レーザ 5 及び 6 を被加工表面 7 1 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。

[0167] スキャン加工を行うことで、大面積の被加工物 7 0 に対しても、高い精度でレーザ加工を行うことができる。

[0168] 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／又は貫通孔の数が増えても、加工時間の増大を防ぐことができる。

[0169] スキャン加工は、例えば、ステージ 6 0 上に載置する被加工物 7 0 と、フォトマスク 3 0 とを同期して動かすことにより実施することができる。

[0170] 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。

[0171] 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。

[0172] そして、この態様によれば照射に必要な縮小投影光学系 5 0 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 5 0 が小さくできるので、照射による像の歪みも少ない。

[0173] 図 1 に示すレーザ加工装置 1 0 0 では、コントローラ 8 0 を用いて、ステージ 6 0 上に載置する被加工物 7 0 と、フォトマスク 3 0 とを同期して動かすことができる。

[0174] より詳細には、コントローラ 8 0 は、マスク用アライメントカメラ 3 1 で取得するフォトマスク 3 0 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 で取得する被加工物 70 の特徴部分の位置情報に基づいて、被加工物 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。

[0175] <縮小投影光学系>

図 1 に示すレーザ加工装置 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ことができる。

[0176] フォトマスク 30 に形成するマスクパターンを実際の加工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 50 の縮小倍率を N とすると、被加工物 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出来るため、フォトマスク 30 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。

[0177] 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。

[0178] 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。

[0179] 縮小投影レンズの NA は、被加工物 70 の加工に必要なエネルギー密度や加工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 でレーザ加工を行っても、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。

[0180] 本発明のレーザ加工装置 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。

[0181] 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。

[0182] そして、本発明のレーザ加工方法及びレーザ加工装置100では、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。レーザ加工装置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出来る。

[0183] 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。

[0184] [基板の製造方法]

本発明の基板の製造方法は、本発明のレーザ加工方法によって、被加工物である基板に凹部及び／又は貫通孔を形成することを含む、凹部及び／又は貫通孔を有する基板の製造方法である。

[0185] 本発明のレーザ加工方法は、以上に説明したように、高精細で複雑なパターンを形成することができる。したがって、本発明のレーザ加工方法を含む

、本発明の基板の製造方法であれば、高精細で複雑なパターンを有する基板を製造することができる。

[0186] 〔基板〕

本発明の基板は、半導体パッケージ基板に用いられる基板である。本発明の基板は、少なくとも2つの凹部を有する第1態様の基板と、貫通孔を有する第2態様の基板との2つの態様に大別される。少なくとも2つの凹部及び貫通孔を有する基板は、第1態様及び第2態様のどちらにも包含される場合があり得る。

[0187] 以下、図面を参照しながら、第1態様の基板及び第2態様の基板のそれぞれの例をより詳細に説明する。

[0188] <第1態様>

図14に、本発明の第1態様の基板の一例の概略部分断面図を示す。図14に示す基板70は、半導体パッケージ基板に用いられる基板である。

[0189] 基板70は、その表面71に、表面71に直交する断面73において隣接する、少なくとも二つの凹部200を有する。各凹部200は、基板70の表面71における開口200Aと、底部200Bとを有する。基板70は、互いに隣接する凹部200間に凸部74を有する。少なくとも二つの凹部200は、互いに同じ形状であってもよいし、異なる形状であってもよい。すなわち、凹部200の開口部200Aの幅である開口幅 W_a 及び底部200Bの幅 W_b は、それぞれ、同じものがあってもよいし、全て異なってもよい。また、凹部200の加工深さ D_{200} （例えば、基板70の厚さ方向における凹部200の深さ）は、凹部200毎に異なってもよいし、同じ加工深さ D_{200} のものであってもよい。

[0190] 基板70の断面73における、凹部200の底部200B間の距離 W_c は、凹部200の底部200Bの幅 W_b の110%以下であり、好ましくは100%以上110%以下であり、より好ましくは100%以上105%以下である。ここでの凹部200の底部200Bの幅 W_b は、隣接する凹部200の底部200Bの幅 W_b の平均である。また、凹部200の底部200B間の距離

W_c は、凹部200の底部200B間の最短距離である。なお、本発明の第1態様の基板70は、凹部200の底部200B間の距離 W_c が凹部200の底部200Bの幅 W_b の110%以下である少なくとも二つの凹部200を有していればよく、このような関係を満たさない凹部を含んでいてもよい。

[0191] また、基板70では、断面73における凹部200の深さ D_{200} は、 $20\mu m$ 以下である。また、基板70では、断面73における凹部200の底部200Bの幅 W_b に対する凹部200の深さ D_{200} の比(D_{200}/W_b)が1.0以上である。

[0192] このような基板70は、凹部200の底部200B間の距離 W_c が凹部200の底部200Bの幅 W_b の110%以下であり、かつ凹部200の深さ D_{200} は $20\mu m$ 以下である。凹部200の底部200Bの幅 W_b に対する凹部200の深さ D_{200} の比(D_{200}/W_b)が1.0以上を満たすので、幅 W_b を非常に小さいものとすることができる。したがって、このような基板70は、高精細な凹部パターンを有することができる。そして、基板70のこのような凹部200に配線、例えば金属配線を組み込むことで、高精細で複雑な配線パターンを実現することができる。

[0193] このような第1態様の基板は、例えば、先に説明した本発明のレーザ加工方法、又は本発明の基板の製造方法により製造することができる。また、このような第1態様の基板は、例えば、先に説明した本発明のレーザ加工装置を用いて製造することができる。

[0194] したがって、例えば凹部200の底部200Bの幅 W_b を、表面71における凹部200の開口幅 W_a の70%以上とすることができ、80%以上とすることが好ましく、90%以上とすることがより好ましい。

[0195] このような基板70は、凹部200が先細りの形状でなく、いわゆる寸胴形状に近いため、この凹部200に配線を組み込んだ場合、この配線は低い抵抗を示すことができる。よって、このような態様の基板70は、低い配線抵抗の配線パターンを実現できる。また、配線と基板との界面での接触面積を多く取ることができるため、配線の剥離などの不具合を起こしにくくなる。

。

- [0196] 凹部200の底部200Bの幅 W_b は、開口幅 W_a と等しいこと（100%）が理想である。
- [0197] また、例えば、表面71における凹部200の開口幅 W_a は20 μm 以下であることが好ましい。
- [0198] このような基板70であれば、より高精細な配線パターンを実現できる。下限は特に限定されないが、例えば、表面71における凹部200の開口幅 W_a は、1 μm 以上20 μm 以下とすることができる。
- [0199] 第1態様の基板70において、比 D_{200}/W_b は、1.0以上であればよく、例えば1.1以上、1.5以上、2.4以上、又は3.4以上であってもよい。比 D_{200}/W_b の上限は特に限定されないが、比 D_{200}/W_b は例えば10.0以下とすることができる。
- [0200] 表面71における凹部200の開口幅 W_a は、20 μm 以下とすることができる。
- [0201] このような基板であれば、より高精細な配線パターンを実現できる。開口幅 W_a は、下限は特に限定されないが、例えば、1 μm 以上とすることができる。
- [0202] 例えば、第1態様の基板70は、凹部200の底部200Bの幅 W_b が凹部200の開口幅 W_a の70%以上であり、凹部200の底部200Bの幅 W_b に対する凹部200の深さ D_{200} の比が2.4以上である基板であってもよい。
- [0203] このような基板70であれば、高精細で複雑でありかつ低抵抗な配線パターンをより確実に実現できる。
- [0204] 凹部200は、例えば図15の斜視図に示すようなトレンチ200Tを含んでいてもよい。トレンチ200Tは、基板70の表面71と平行な方向に延びている。複数のトレンチ200Tは、図15に例として示すように、互いに延びる方向が異なってもよい。
- [0205] 凹部200は、トレンチ200Tに限られない。例えば、図15に示す例

のように、矩形状の表面形状を有する留め穴200Sや、円形の表面形状を有する留め穴200Uを含んでいてもよい。その他の表面形状を有する凹部200を含んでいても構わない。

[0206] 比 D_{200}/W_b が1.0以上である凹部200がトレンチ200Tである場合、幅 W_b 及び開口幅 W_a は、トレンチが延びる方向に直行する方向のトレンチ200Tの幅とする。比 D_{200}/W_b が1.0以上である凹部200が矩形状の表面形状を有する留め穴200Sである場合、表面形状において最も小さい幅を幅 W_b 及び開口幅 W_a とする。比 D_{200}/W_b が1.0以上である複数の凹部200が円形状の表面形状を有する留め穴200Uである場合、円の直径を幅 W_b 及び開口幅 W_a とする。表面形状が楕円である場合、その短径を幅 W_b 及び開口幅 W_a とする。

[0207] なお、本発明の第1態様の基板70は、先に説明したように、比 D_{200}/W_b が1.0以上である少なくとも2つの凹部200を有していればよく、全ての凹部で比 D_{200}/W_b が1.0以上を満たす必要はない。

[0208] 断面73における凹部200の加工深さ D_{200} （例えば、基板70の厚さ方向における凹部200の深さ）は、凹部200毎に異なってもよい、同じ加工深さ D_{200} のものがあってもよい。凹部200の加工深さ D_{200} は、例えば、5 μm 以上20 μm 以下とすることができる。

[0209] 変形例において、第1態様の基板70は、図16に示すように、基板70の表面71とは反対側の裏面71Bを有し、表面71から裏面71Bまで貫通する貫通孔300を更に有することもできる。

[0210] このような基板70であれば、VIA電極パターンを更に有するパッケージ基板を実現できる。

[0211] 例えば、表面71における貫通孔300の上端開口部300Aの幅 W_d は、20 μm 以下とすることが好ましい。

[0212] このような基板70であれば、高精細且つ高密度なVIA電極パターンを実現できる。

[0213] 上端開口部300Aの幅 W_d は、下限は特に限定されないが、例えば、1 μ

m以上とすることができる。

[0214] 裏面71Bにおける貫通孔300の下端開口部300Bの幅 W_b に対する、貫通孔300の加工長さ D_{300} の比は、1.0以上とすることができる。

[0215] 貫通孔300の下端開口部300Bの幅 W_b に対する加工長さ D_{300} の比の上限は特に限定されないが、例えば1.0以上10.0以下とすることができる。

[0216] このような貫通孔300を有する基板70も、例えば、先に説明した本発明のレーザ加工方法、又は本発明の基板の製造方法により形成することができる。また、基板70は、例えば、先に説明した本発明のレーザ加工装置を用いて製造することができる。

[0217] したがって、裏面71Bにおける貫通孔300の下端開口部300Bの幅 W_b は、表面71における貫通孔300の上端開口部300Aの幅 W_d の70%以上とすることでき、このような貫通孔300を有することが好ましい。このような貫通孔300と先に説明した少なくとも二つの凹部200とを有する基板70は、第1態様の基板であり且つ第2態様の基板である。

[0218] このような基板70は、貫通孔300が先細りの形状でなく、いわゆる寸胴形状に近いため、この貫通孔300にVIA加工を施した場合、かくして形成されるVIA電極は低い抵抗を示すことができる。また、配線と基板との界面での接触面積を多く取ることができるため、配線の剥離などの不具合を起こしにくくなる。よって、このような変形例の基板70は、高精細で複雑でありかつ低抵抗のVIA電極パターンを実現できる。

[0219] 貫通孔300の下端開口部300Bの幅 W_b は、上端開口部300Aの幅 W_d と等しいこと(100%)が理想である。貫通孔300の下端開口部300Bの幅 W_b は、上端開口部300Aの幅 W_d の70%以上とすることができ、好ましくは80%以上、さらに好ましくは90%以上である。

[0220] 例えば、第1態様の基板70は、裏面71Bにおける貫通孔300の下端開口部300Bの幅 W_b に対する、貫通孔300の加工長さ D_{300} の比が1.0以上であり、貫通孔300の下端開口部300Bの幅 W_b が表面71にお

る貫通孔300の上端開口部300Aの幅 W_d の70%以上であることができ、このような態様が好ましい。

[0221] このような基板70であれば、高精細でありかつ表面から裏面にかけての先細りが抑えられたVIA電極パターンを確実に実現できる。また、配線と基板との界面での接触面積を多く取ることができるため、配線の剥離などの不具合を起こしにくくなる。

[0222] また、例えば、第1態様の基板70は、凹部200の底部200Bの幅 W_b が、凹部200の開口幅 W_a の70%以上であり、凹部200の底部200Bの幅 W_b に対する凹部200の深さ D_{200} の比が2.4以上であり、裏面71Bにおける貫通孔300の下端開口部300Bの幅 W_e に対する貫通孔300の加工長さ D_{300} の比が1.0以上であり、貫通孔300の下端開口部300Bの幅 W_e が表面71における貫通孔300の上端開口部300Aの幅 W_d の70%以上である基板であってもよい。

[0223] このような基板70であれば、高精細でありかつ表面から裏面にかけての先細りが抑えられたVIA電極パターンをより確実に実現できる。また、配線と基板との界面での接触面積を多く取ることができるため、配線の剥離などの不具合を起こしにくくなる。

[0224] 貫通孔300の平面形状は、特に限定されない。貫通孔300が矩形状の表面形状を有する場合、表面形状において最も小さい幅を幅 W_d 及び幅 W_e とする。貫通孔300が円形状の表面形状を有する場合、円の直径を幅 W_d 及び幅 W_e とする。表面形状が楕円である場合、その短径を幅 W_d 及び幅 W_e とする。

[0225] <第2態様>

図17に、本発明の第2態様の基板の一例の概略部分断面図を示す。図17に示す基板70は、半導体パッケージ基板に用いられる基板である。

[0226] 基板70は、表面71から該表面71とは反対側の裏面71Bまで貫通する貫通孔300を有し、裏面71Bにおける貫通孔300の下端開口部300Bの幅 W_e は、表面71における貫通孔300の上端開口部300Aの幅 W_d

d の70%以上である。

[0227] このような基板70は、貫通孔300が先細りの形状でなく、いわゆる寸胴形状に近いため、この貫通孔300にVIA加工を施した場合、かくして形成されたVIA電極は低い抵抗を示すことができる。よって、このような態様の基板70は、低抵抗のVIA電極パターンを実現できる。

[0228] また、貫通孔300は、先細りの形状でないため、貫通孔300の下端開口部300Bの幅 W_b の大きさの確保のために、貫通孔300の上端開口部300Aの幅 W_d を必要以上に大きくする必要はない。そのため、この態様の基板70は、高精細で複雑なVIAパターンを実現することもできる。

[0229] 貫通孔300の下端開口部300Bの幅 W_b は、上端開口部300Aの幅 W_d と等しいこと(100%)が理想である。貫通孔300の下端開口部300Bの幅 W_b は、上端開口部300Aの幅 W_d の70%以上とすることができ、好ましくは80%以上、さらに好ましくは90%以上である。

[0230] 貫通孔300は、1つでもよいし、複数でもよい。複数の貫通孔300を含む場合、複数の貫通孔300の幅 W_d 及び幅 W_b は、同じであってもよいし、異なってもよい。

[0231] 貫通孔300の平面形状は、特に限定されない。貫通孔300が矩形状の表面形状を有する場合、表面形状において最も小さい幅を幅 W_d 及び幅 W_b とする。貫通孔300が円形状の表面形状を有する場合、円の直径を幅 W_d 及び幅 W_b とする。表面形状が楕円である場合、その短径を幅 W_d 及び幅 W_b とする。

[0232] このような基板70は、例えば、先に説明した本発明のレーザ加工方法、又は本発明の基板の製造方法により形成することができる。また、基板70は、例えば、先に説明した本発明のレーザ加工装置を用いて製造することができる。

[0233] 表面71における貫通孔300の上端開口部300Aの幅 W_d は、 $20\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

[0234] このような基板70であれば、より高精細なVIA電極パターンを有する

半導体パッケージを実現できる。

[0235] 上端開口部 300A の幅 W_d は、下限は特に限定されないが、例えば、 $1\ \mu\text{m}$ 以上とすることができる。

[0236] 裏面 71B における貫通孔 300 の下端開口部 300B の幅 W_e に対する、貫通孔 300 の加工長さ D_{300} の比は、例えば、 1.0 以上とすることができる。貫通孔 300 の下端開口部 300B の幅 W_e に対する加工長さ D_{300} の比は、特に限定されないが、例えば 1.0 以上 10.0 以下とすることができる。

[0237] 第 2 態様の基板 70 は、表面 71 から裏面 71B まで貫通していない凹部を更に含むこともできる。例えば、基板 70 は、図 16 に示すのと同様に、少なくとも二つの凹部 200 を含むことができ、断面 73 における凹部 200 の深さ D_{200} が $20\ \mu\text{m}$ 以下であり、断面 73 における凹部 200 の底部 200B の幅 W_b に対する凹部 200 の深さ D_{200} の比 (D_{200}/W_b) が 1.0 以上である基板 70 であってもよい。このような基板 70 は、第 1 態様の基板ということもできる。

[0238] なお、本発明の基板は、先に説明したように、例えば、本発明のレーザ加工方法、又は本発明の基板の製造方法により形成することができるが、他の方法で製造してもよい。また、本発明の基板は、例えば、本発明のレーザ加工装置を用いて製造することができるが、他の装置を用いて製造してもよい。

[0239] [半導体パッケージ基板]

本発明の半導体パッケージ基板は、半導体パッケージに用いられる基板である。半導体パッケージとは、例えば、半導体デバイスを外部環境から保護し、該デバイスをプリント配線板等を実装する際の外部接続配線端子を提供するといった役割を果たすものである。すなわち、半導体パッケージ基板は、半導体パッケージに用いられる基板であって、半導体デバイスを搭載したものであってもよいし、半導体デバイスを搭載していないものであってもよい。また、半導体デバイスを保護する部材を含んでもよいし、含まなくても

よい。以下では、例として、半導体デバイス及びこれを保護する部材を含まない基板を図面を参照しながら説明する。

[0240] 図 18 に、本発明の第 1 態様の半導体パッケージ基板の一例の概略部分断面図を示す。

[0241] 図 18 に示す半導体パッケージ基板 90 は、図 14 を参照しながら説明した、本発明の第 1 態様の一例の基板 70 を備える。

[0242] また、図 18 に示す半導体パッケージ基板 90 は、図 14 に示した凹部 200 に金属配線 91 が埋め込まれている。別の側面では、半導体パッケージ基板 90 は、基板 70 の凸部 74 に挟まれた金属配線 91 を備えることができる。

[0243] 基板 70 の凹部 200 の存在により、先に説明したように、高精細で複雑な配線パターンを実現できる。したがって、このような半導体パッケージ基板 90 であれば、高精細で複雑な金属配線 91 のパターンを有する半導体パッケージを実現できる。また、配線と基板との界面での接触面積を多く取ることができるため、配線の剥離などの不具合を起こしにくくなる。

[0244] 図 19 に、本発明の第 2 態様の半導体パッケージ基板の一例の概略部分断面図を示す。

[0245] 図 19 に示す半導体パッケージ基板 90 は、図 17 に示す本発明の第 2 態様の一例の基板 70 を含む。

[0246] 図 19 に示す半導体パッケージ基板 90 では、貫通孔 300 に V I A 加工が施されている。より詳細には、基板 70 のうち貫通孔 300 を規定する面に、V I A 電極 92 が形成されている。

[0247] 第 2 態様の基板 70 は、先に説明した理由で、高精細でありかつ表面から裏面にかけての先細りが抑えられた V I A 電極パターンを実現できる。したがって、第 2 態様の半導体パッケージ基板 90 であれば、高精細でありかつ表面から裏面にかけての先細りが抑えられた V I A 電極パターンを有することができる。

[0248] なお、図 19 では、V I A 電極 92 が中空部分（貫通孔 300）を含んで

いるが、VIA電極92は中空部分を含んでいなくてもよい。

[0249] 第2態様の半導体パッケージ基板90は、例えば図20に示すように、埋め込まれた金属配線91を更に含むこともできる。この金属配線91は、第1態様の基板で説明した凹部200に埋め込まれたものである。従って、図20に示す例の半導体パッケージ基板90は、第1態様の半導体パッケージ基板の一例ということもできる。

[0250] なお、金属配線91の大きさは、図20に示すようにそれぞれ異なってもよいし、同じものがあってもよい。

[0251] 本発明の半導体パッケージ基板90は、例えば図21に平面図を示す例のように、表面絶縁膜93を更に具備していてもよい。表面絶縁膜93は、破線で示すように、金属配線91を覆い隠すことができる。一方、VIA電極92の一部は、図21に示すように、露出することもできる。

[0252] 本発明によれば、例えば図21に示すように、VIA電極92間に、複数の金属配線91を高精細で複雑なパターンとして形成できる。

[0253] なお、本発明の加工対象の基板は、金属配線などの回路やレジストが設けられていてもよく、これらが設けられていなくてもよい。

[0254] また、本発明のレーザ加工方法の加工対象の基板、本発明の基板、及び本発明の半導体パッケージ基板のそれぞれは、矩形の平面形状を有していてもよいし、又はその他の形状、例えば円形、楕円形若しくは多角形の平面形状を有していてもよい。

[0255] 本明細書は、以下の態様を包含する。

[1] レーザを用いて被加工物に凹部及び／又は貫通孔を形成するレーザ加工方法であって、前記被加工物の被加工面における前記レーザの強度分布を、前記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レーザ加工方法。

[2] 前記被加工物の深さ方向に加工が進むにつれ、前記被加工物の被加工面における前記レーザの前記強度分布の形状を変化させて加工を行う[1]に記載のレーザ加工方法。

〔３〕前記被加工物の前記深さ方向に加工が進むにつれ、前記レーザの強度分布における前記外側の部分の強度が前記内側の部分の強度よりも大きくなるように前記レーザの前記強度分布の形状を変化させて加工を行う〔２〕に記載のレーザ加工方法。

〔４〕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、プリズムに通すことにより、前記被加工物の前記深さ方向に加工が進むにつれ、前記レーザの強度分布における前記外側の部分の強度が前記内側の部分の強度よりも大きくなるように前記レーザの前記強度分布の形状を変化させて加工を行う〔３〕に記載のレーザ加工方法。

〔５〕前記プリズムとして、ルーフプリズムまたは円錐プリズムを用いる〔４〕に記載のレーザ加工方法。

〔６〕レーザを用いて被加工物に凹部及び／又は貫通孔を形成するレーザ加工方法であって、前記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を用いるレーザ加工方法。

〔７〕前記被加工物の初期被加工面は、前記トップハット型の照射形状のレーザで加工し、前記初期被加工面を除く前記被加工物の少なくとも一部に対しては、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のレーザで加工を行う〔６〕に記載のレーザ加工方法。

〔８〕前記被加工物として、半導体パッケージ用基板を加工して、前記半導体パッケージ用基板に凹部及び／又は貫通孔を形成する〔１〕～〔７〕の何れか１つに記載のレーザ加工方法。

〔９〕前記レーザを、エキシマレーザ発振器を用いて発振させる〔１〕～〔８〕の何れか１つに記載のレーザ加工方法。

〔１０〕前記レーザを、フォトマスクを介して、前記被加工物に照射する〔１〕～〔９〕の何れか１つに記載のレーザ加工方法。

〔１１〕前記レーザを前記被加工表面に対して相対的に走査しながら加工

を行う〔１〕～〔１０〕の何れか１つに記載のレーザ加工方法。

〔１２〕アブレーション加工を行う〔１〕～〔１１〕の何れか１つに記載のレーザ加工方法。

〔１３〕 $20\mu\text{m}$ 以下の幅を有する前記凹部及び／又は貫通孔を形成する〔１〕～〔１２〕の何れか１つに記載のレーザ加工方法。

〔１４〕 $20\mu\text{m}$ 以下の深さを有する前記凹部及び／又は貫通孔を形成する〔１〕～〔１３〕の何れか１つに記載のレーザ加工方法。

〔１５〕前記凹部及び／又は貫通孔として、前記凹部の底部の幅又は前記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 以上である凹部及び／又は貫通孔を形成する〔１〕～〔１４〕の何れか１つに記載のレーザ加工方法。

〔１６〕前記凹部の底部の幅が、前記被加工物の初期加工表面における前記凹部の開口幅の 70% 以上である前記凹部を形成する、及び／又は、前記貫通孔の下端開口部の幅が、前記被加工物の前記初期加工表面における前記貫通孔の上端開口部の幅の 70% 以上である前記貫通孔を形成する〔１〕～〔１５〕の何れか１つに記載のレーザ加工方法。

〔１７〕前記凹部を複数形成し、隣接する前記凹部の底部間の距離を前記底部の幅の 110% 以下とする〔１〕～〔１６〕の何れか１つに記載のレーザ加工方法。

〔１８〕〔１〕～〔１７〕の何れか１つに記載のレーザ加工方法によって、前記被加工物である基板に前記凹部及び／又は貫通孔を形成することを含む、前記凹部及び／又は貫通孔を有する基板の製造方法。

〔１９〕レーザを用いて被加工物に凹部及び／又は貫通孔を形成するレーザ加工装置であって、前記レーザを発振するレーザ光源と、前記レーザの照射形状を、前記被加工物の被加工面における前記レーザの強度分布が前記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とを具備するものであるレーザ加工装置。

〔２０〕前記光学系として、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、前記レーザの強度分布における前記外側の部分の強度が前記内側の部分の強度よりも大きくなる前記照射形状の前記レーザに変換するプリズムと、前記プリズムにより変換された前記レーザ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とを具備するものである〔19〕に記載のレーザ加工装置。

〔21〕前記プリズムとして、ルーフプリズムまたは円錐プリズムを含むものを具備する〔20〕に記載のレーザ加工装置。

〔22〕前記レーザ光源として、エキシマレーザ発振器を具備するものである〔19〕～〔21〕の何れか1つに記載のレーザ加工装置。

〔23〕前記被加工物を載置するステージと、前記光学系と前記ステージとの間に配置したフォトマスクとを更に具備するものである〔19〕～〔22〕の何れか1つに記載のレーザ加工装置。

〔24〕前記ステージ上に載置する前記被加工物と、前記フォトマスクとを同期して動かすように構成されたコントローラを更に具備するものである〔23〕に記載のレーザ加工装置。

〔25〕半導体パッケージ基板に用いられる基板であって、該基板の表面に、前記表面に直交する断面において隣接する、少なくとも二つの凹部を有し、前記断面における前記凹部の底部間の距離は、前記凹部の底部の幅の110%以下であり、前記断面における前記凹部の深さは、 $20\mu\text{m}$ 以下であり、前記断面における前記凹部の底部の幅に対する前記凹部の深さの比が1.0以上である基板。

〔26〕前記凹部の前記底部の幅は、前記表面における前記凹部の開口幅の70%以上である〔25〕に記載の基板。

〔27〕前記表面における前記凹部の前記開口幅は、 $20\mu\text{m}$ 以下である〔26〕に記載の基板。

〔28〕前記断面における前記凹部の前記底部の幅に対する前記凹部の前記深さの比が1.1以上である〔25〕～〔27〕の何れか1つに記載の基板。

〔29〕前記凹部の前記底部の幅に対する前記凹部の前記深さの比が1.5以上である〔25〕～〔28〕の何れか1つに記載の基板。

〔30〕前記凹部の前記底部の幅に対する前記凹部の前記深さの比が2.4以上である〔25〕～〔29〕の何れか1つに記載の基板。

〔31〕前記凹部の前記底部の幅に対する前記凹部の前記深さの比が3.4以上である〔25〕～〔30〕の何れか1つに記載の基板。

〔32〕前記凹部の前記底部の幅は、前記凹部の前記開口幅の70%以上であり、

前記凹部の前記底部の幅に対する前記凹部の前記深さの比が2.4以上である〔25〕に記載の基板。

〔33〕前記凹部は、トレンチを含む〔25〕～〔32〕の何れか1つに記載の基板。

〔34〕前記基板は、前記表面とは反対側の裏面を有し、前記表面から前記裏面まで貫通する貫通孔を更に有する〔25〕～〔32〕の何れか1つに記載の基板。

〔35〕前記表面における前記貫通孔の上端開口部の幅は、 $20\mu\text{m}$ 以下である〔34〕に記載の基板。

〔36〕前記裏面における前記貫通孔の下端開口部の幅に対する、前記貫通孔の加工長さの比は、1.0以上である〔34〕又は〔35〕に記載の基板。

〔37〕前記裏面における前記貫通孔の下端開口部の幅は、前記表面における前記貫通孔の上端開口部の幅の70%以上である〔34〕～〔36〕の何れか1つに記載の基板。

〔38〕前記裏面における前記貫通孔の下端開口部の幅に対する、前記貫通孔の加工長さの比は、1.0以上であり、

前記貫通孔の下端開口部の幅は、前記表面における前記貫通孔の上端開口部の幅の70%以上である〔34〕又は〔35〕に記載の基板。

〔39〕前記凹部の前記底部の幅は、前記凹部の前記開口幅の70%以上

であり、

前記凹部の前記底部の幅に対する前記凹部の深さの比が2.4以上であり

、

前記裏面における前記貫通孔の下端開口部の幅に対する前記貫通孔の加工長さの比は、1.0以上であり、

前記貫通孔の前記下端開口部の幅は、前記表面における前記貫通孔の上端開口部の幅の70%以上である〔34〕に記載の基板。

〔40〕〔25〕～〔39〕の何れか1つに記載の基板を備える半導体パッケージ基板であって、前記凹部に金属配線が埋め込まれている半導体パッケージ基板。

〔41〕半導体パッケージ基板に用いられる基板であって、該基板の表面から該表面とは反対側の裏面まで貫通する貫通孔を有し、前記裏面における前記貫通孔の下端開口部の幅は、前記表面における前記貫通孔の上端開口部の幅の70%以上である基板。

〔42〕前記表面における前記貫通孔の上端開口部の幅は、 $20\mu\text{m}$ 以下である〔41〕に記載の基板。

〔43〕前記裏面における前記貫通孔の下端開口部の幅に対する、前記貫通孔の加工長さの比は、1.0以上である〔41〕又は〔42〕に記載の基板。

〔44〕〔34〕～〔39〕、〔41〕～〔43〕の何れか1つに記載の基板を備える半導体パッケージ基板であって、前記貫通孔は、VIA加工が施されている半導体パッケージ基板。

[0256] 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] レーザを用いて被加工物に凹部及び／又は貫通孔を形成するレーザ加工方法であって、
前記被加工物の被加工面における前記レーザの強度分布を、前記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レーザ加工方法。
- [請求項2] 前記被加工物の深さ方向に加工が進むにつれ、前記被加工物の被加工面における前記レーザの前記強度分布の形状を変化させて加工を行う請求項1に記載のレーザ加工方法。
- [請求項3] 前記被加工物の前記深さ方向に加工が進むにつれ、前記レーザの強度分布における前記外側の部分の強度が前記内側の部分の強度よりも大きくなるように前記レーザの前記強度分布の形状を変化させて加工を行う請求項2に記載のレーザ加工方法。
- [請求項4] 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、プリズムに通すことにより、前記被加工物の前記深さ方向に加工が進むにつれ、前記レーザの強度分布における前記外側の部分の強度が前記内側の部分の強度よりも大きくなるように前記レーザの前記強度分布の形状を変化させて加工を行う請求項3に記載のレーザ加工方法。
- [請求項5] 前記プリズムとして、ルーフプリズムまたは円錐プリズムを含むものを用いる請求項4に記載のレーザ加工方法。
- [請求項6] レーザを用いて被加工物に凹部及び／又は貫通孔を形成するレーザ加工方法であって、
前記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を用いるレーザ加工方法。
- [請求項7] 前記被加工物の初期被加工面は、前記トップハット型の照射形状のレーザで加工し、

前記初期被加工面を除く前記被加工物の少なくとも一部に対しては、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のレーザーで加工を行う請求項 6 に記載のレーザー加工方法。

[請求項8] 前記被加工物として、半導体パッケージ用基板を加工して、前記半導体パッケージ用基板に凹部及び／又は貫通孔を形成する請求項 1 ～ 7 の何れか 1 項に記載のレーザー加工方法。

[請求項9] 前記レーザーを、エキシマレーザー発振器を用いて発振させる請求項 1 ～ 7 の何れか 1 項に記載のレーザー加工方法。

[請求項10] 前記レーザーを、フォトリソを介して、前記被加工物に照射する請求項 1 ～ 7 の何れか 1 項に記載のレーザー加工方法。

[請求項11] 前記レーザーを前記被加工表面に対して相対的に走査しながら加工を行う請求項 1 ～ 7 の何れか 1 項に記載のレーザー加工方法。

[請求項12] アブレーション加工を行う請求項 1 ～ 7 の何れか 1 項に記載のレーザー加工方法。

[請求項13] 20 μ m 以下の幅を有する前記凹部及び／又は貫通孔を形成する請求項 1 ～ 7 の何れか 1 項に記載のレーザー加工方法。

[請求項14] 20 μ m 以下の深さを有する前記凹部及び／又は貫通孔を形成する請求項 13 に記載のレーザー加工方法。

[請求項15] 前記凹部及び／又は貫通孔として、前記凹部の底部の幅又は前記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 以上である凹部及び／又は貫通孔を形成する請求項 1 ～ 7 の何れか 1 項に記載のレーザー加工方法。

[請求項16] 前記凹部の底部の幅が、前記被加工物の初期加工表面における前記凹部の開口幅の 70% 以上である前記凹部を形成する、及び／又は、前記貫通孔の下端開口部の幅が、前記被加工物の前記初期加工表面における前記貫通孔の上端開口部の幅の 70% 以上である前記貫通孔を形成する請求項 1 ～ 7 の何れか 1 項に記載のレーザー加工方法。

[請求項17] 前記凹部を複数形成し、隣接する前記凹部の底部間の距離を前記底

部の幅の 110%以下とする請求項 1～7 の何れか 1 項に記載のレーザー加工方法。

[請求項18] 請求項 1～7 の何れか 1 項に記載のレーザー加工方法によって、前記被加工物である基板に前記凹部及び／又は貫通孔を形成することを含む、前記凹部及び／又は貫通孔を有する基板の製造方法。

[請求項19] レーザを用いて被加工物に凹部及び／又は貫通孔を形成するレーザー加工装置であって、

前記レーザーを発振するレーザー光源と、

前記レーザーの照射形状を、前記被加工物の被加工面における前記レーザーの強度分布が前記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と
を具備するものであるレーザー加工装置。

[請求項20] 前記光学系として、

中央のレーザー強度が最も大きく且つ裾のレーザー強度が小さくなるような強度分布を有するレーザーを、前記レーザーの強度分布における前記外側の部分の強度が前記内側の部分の強度よりも大きくなる前記照射形状の前記レーザーに変換するプリズムと、

前記プリズムにより変換された前記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と
を具備するものである請求項 19 に記載のレーザー加工装置。

[請求項21] 前記プリズムとして、ルーフプリズムまたは円錐プリズムを含むものを具備する請求項 20 に記載のレーザー加工装置。

[請求項22] 前記レーザー光源として、エキシマレーザー発振器を具備するものである請求項 19～21 の何れか 1 項に記載のレーザー加工装置。

[請求項23] 前記被加工物を載置するステージと、
前記光学系と前記ステージとの間に配置したフォトマスクと
を更に具備するものである請求項 19～21 の何れか 1 項に記載のレーザー加工装置。

- [請求項24] 前記ステージ上に載置する前記被加工物と、前記フォトマスクとを同期して動かすように構成されたコントローラを更に具備するものである請求項23に記載のレーザ加工装置。
- [請求項25] 半導体パッケージ基板に用いられる基板であって、
該基板の表面に、前記表面に直交する断面において隣接する、少なくとも二つの凹部を有し、
前記断面における前記凹部の底部間の距離は、前記凹部の底部の幅の110%以下であり、
前記断面における前記凹部の深さは、 $20\mu\text{m}$ 以下であり、
前記断面における前記凹部の底部の幅に対する前記凹部の深さの比が1.0以上である基板。
- [請求項26] 前記凹部の前記底部の幅は、前記表面における前記凹部の開口幅の70%以上である請求項25に記載の基板。
- [請求項27] 前記表面における前記凹部の前記開口幅は、 $20\mu\text{m}$ 以下である請求項26に記載の基板。
- [請求項28] 前記断面における前記凹部の前記底部の幅に対する前記凹部の前記深さの比が1.1以上である請求項25に記載の基板。
- [請求項29] 前記凹部の前記底部の幅に対する前記凹部の前記深さの比が1.5以上である請求項25に記載の基板。
- [請求項30] 前記凹部の前記底部の幅に対する前記凹部の前記深さの比が2.4以上である請求項25に記載の基板。
- [請求項31] 前記凹部の前記底部の幅に対する前記凹部の前記深さの比が3.4以上である請求項25に記載の基板。
- [請求項32] 前記凹部の前記底部の幅は、前記凹部の前記開口幅の70%以上であり、
前記凹部の前記底部の幅に対する前記凹部の前記深さの比が2.4以上である請求項25に記載の基板。
- [請求項33] 前記凹部は、トレンチを含む請求項25に記載の基板。

- [請求項34] 前記基板は、前記表面とは反対側の裏面を有し、
前記表面から前記裏面まで貫通する貫通孔を更に有する請求項25
に記載の基板。
- [請求項35] 前記表面における前記貫通孔の上端開口部の幅は、 $20\mu\text{m}$ 以下で
ある請求項34に記載の基板。
- [請求項36] 前記裏面における前記貫通孔の下端開口部の幅に対する、前記貫通
孔の加工長さの比は、 1.0 以上である請求項34に記載の基板。
- [請求項37] 前記裏面における前記貫通孔の下端開口部の幅は、前記表面におけ
る前記貫通孔の上端開口部の幅の 70% 以上である請求項34記載の
基板。
- [請求項38] 前記裏面における前記貫通孔の下端開口部の幅に対する、前記貫通
孔の加工長さの比は、 1.0 以上であり、
前記貫通孔の下端開口部の幅は、前記表面における前記貫通孔の上
端開口部の幅の 70% 以上である請求項34に記載の基板。
- [請求項39] 前記凹部の前記底部の幅は、前記凹部の前記開口幅の 70% 以上で
あり、
前記凹部の前記底部の幅に対する前記凹部の深さの比が 2.4 以上
であり、
前記裏面における前記貫通孔の下端開口部の幅に対する前記貫通孔
の加工長さの比は、 1.0 以上であり、
前記貫通孔の前記下端開口部の幅は、前記表面における前記貫通孔
の上端開口部の幅の 70% 以上である請求項34に記載の基板。
- [請求項40] 請求項25～39の何れか1項に記載の基板を備える半導体パッケ
ージ基板であって、前記凹部に金属配線が埋め込まれている半導体パ
ッケージ基板。
- [請求項41] 半導体パッケージ基板に用いられる基板であって、
該基板の表面から該表面とは反対側の裏面まで貫通する貫通孔を有
し、

前記裏面における前記貫通孔の下端開口部の幅は、前記表面における前記貫通孔の上端開口部の幅の70%以上である基板。

[請求項42] 前記表面における前記貫通孔の上端開口部の幅は、 $20\mu\text{m}$ 以下である請求項41に記載の基板。

[請求項43] 前記裏面における前記貫通孔の下端開口部の幅に対する、前記貫通孔の加工長さの比は、1.0以上である請求項41に記載の基板。

[請求項44] 請求項34～39、41～43の何れか1項に記載の基板を備える半導体パッケージ基板であって、
前記貫通孔は、VIA加工が施されている半導体パッケージ基板。