

明 細 書

発明の名称：

アブレーション加工方法、アブレーション加工装置及び基板

技術分野

[0001] 本発明は、アブレーション加工方法、アブレーション加工装置及び基板に関する。

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。また、半導体パッケージ基板の構成は、複雑化・高密度化している。

[0003] プリント配線基板の回路パターンの形成について、例えば、特許文献1には、凸版を基板上の未硬化の樹脂層の表面に押付けながら硬化し、基板上の硬化した樹脂層から凸版を剥離して樹脂層の表面に溝部を形成し、この溝部に導体ペーストを充填して導体配線を形成することを含むプリント配線基板の製造方法が記載されている。

[0004] また、特許文献2には、ビア配線を形成するための孔であるビア配線形成用ビアをフォトリソグラフィープロセスで形成することが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2004-253432号公報

特許文献2：特開2020-087981号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 半導体パッケージ基板の構成はより複雑化・高密度化の一途をたどっており、さらなる高密度化が望まれている。また、同時に、半導体パッケージ基板に形成した貫通孔や凹部などに金属を充填した金属配線の配線抵抗の低抵

抗化も望まれている。しかしながら、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、これを防ぐために、加工深さが深く、また、下部まで広い幅となる加工が求められている。特許文献1、2に記載されるような凹部の形成方法では、凹部形成の精度が低く、高密度化や配線抵抗の低抵抗化が不十分であり、高性能化が期待できなかった。

[0007] 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、高密度化と配線抵抗の低抵抗化が可能な半導体パッケージ基板に用いられる基板、そのような基板が備える凹部を加工可能で高性能なアブレーション加工方法及びアブレーション加工装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 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基板の表面に加工凹部を形成するアブレーション加工方法であって、前記加工凹部の開口側における前記加工凹部の側壁面と前記基板の表面とのなす角度が 80° 以上、 90° 以下となるようにアブレーション加工を行うアブレーション加工方法を提供する。

[0009] このようなアブレーション加工方法によれば、高精度の加工を可能とし、高密度化と配線抵抗の低抵抗化が可能な半導体パッケージ基板に用いられる基板を提供できる。

[0010] このとき、前記基板の加工部に照射する前記レーザービームのエネルギー密度を $1.0 [J/cm^2]$ 以上とすることができる。

[0011] これにより、より容易に安定して高密度化と配線抵抗の低抵抗化が可能な高性能な半導体パッケージ基板に用いられる基板を提供することができる。

[0012] このとき、前記レーザービームをNAが0.12以上である縮小投影光学レンズに通すことにより、前記レーザービームの照射サイズを縮小することができる。

[0013] これにより、より高精度の加工が可能となり、より容易に高密度化と配線抵抗の低抵抗化が可能な高性能な半導体パッケージ基板に用いられる基板を

提供することができる。

- [0014] このとき、前記レーザビームをマスクに通すことにより前記レーザビームの照射サイズを調整し、前記レーザビームを固定位置とし、前記マスクと前記基板を載置する基板ステージとを同期させて掃引動作を行うことによって、前記レーザビームを前記マスクのパターンエリアに対し相対的に掃引し、前記レーザビームの照射サイズよりも大きなサイズのアブレーション加工を行い前記加工凹部の形成を行うことができる。
- [0015] これにより、より容易に安定して高密度化と配線抵抗の低抵抗化が可能で高性能な半導体パッケージ基板に用いられる基板を提供することができる。
- [0016] 本発明は、また、上記目的を達成するためになされたものであり、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基板の表面に加工凹部を形成するアブレーション加工装置であって、前記レーザビームを照射するレーザ光源を備えた第一光学機能部と、前記基板を載置する基板ステージと、前記アブレーション加工装置の制御を行う制御部と、を含み、前記制御部は、前記加工凹部の開口側における前記加工凹部の側壁面と前記基板の表面とのなす角度が 80° 以上、 90° 以下となるようにアブレーション加工を行うように制御するものであるアブレーション加工装置を提供する。
- [0017] このようなアブレーション加工装置によれば、高精度の加工が可能であり、高密度化と配線抵抗の低抵抗化が可能な半導体パッケージ基板に用いられる基板を製造できるものとなる。
- [0018] このとき、前記制御部は、前記基板の加工部に照射する前記レーザビームのエネルギー密度を $1.0 \text{ [J/cm}^2\text{]}$ 以上とするものとすることができる。
- [0019] これにより、より容易に安定して高密度化と配線抵抗の低抵抗化が可能で高性能な半導体パッケージ基板に用いられる基板を提供することができるものとなる。
- [0020] このとき、NAが 0.12 以上である縮小投影光学レンズをさらに含み、前記レーザビームを前記縮小投影光学レンズに通すことにより、前記レーザ

ビームの照射サイズを縮小するものとすることができる。

[0021] これにより、より高精度の加工が可能であり、より容易に高密度化と配線抵抗の低抵抗化が可能で高性能な半導体パッケージ基板に用いられる基板を提供することができるものとなる。

[0022] このとき、前記レーザビームを通すことにより前記レーザビームのビーム形状を調整するマスクをさらに含み、前記制御部は、前記レーザビームを固定位置とし、前記マスクと前記基板ステージとを同期させて掃引動作を行うことによって、前記レーザビームを前記マスクのパターンエリアに対し相対的に掃引し、前記レーザビームの照射サイズよりも大きなサイズのアブレーション加工を行い前記加工凹部の形成を行うものとすることができる。

[0023] これにより、より容易に安定して高密度化と配線抵抗の低抵抗化が可能で高性能な半導体パッケージ基板に用いられる基板を提供することができるものとなる。

[0024] 本発明は、また、上記目的を達成するためになされたものであり、半導体パッケージ基板に用いられる基板であって、前記基板の表面に少なくとも一つの凹部を有し、前記凹部の開口側における前記凹部の側壁面と前記基板の表面とのなす角度が 80° 以上、 90° 以下である基板を提供する。

[0025] このような基板によれば、高密度化と配線抵抗の低抵抗化が可能で高性能な半導体パッケージに用いられる基板となる。

発明の効果

[0026] 以上のように、本発明のアブレーション加工方法であれば、高精度の加工を可能とし、高密度化と配線抵抗の低抵抗化が可能で高性能な半導体パッケージ基板に用いられる基板を製造することが可能なアブレーション加工方法となる。

[0027] また、本発明のアブレーション加工装置であれば、高精度の加工が可能であり、高密度化と配線抵抗の低抵抗化が可能で高性能な半導体パッケージ基板に用いられる基板を製造することができるものとなる。

[0028] 本発明の基板であれば、高密度化と配線抵抗の低抵抗化が可能で高性能な半導体パッケージ基板に用いられる基板となる。

図面の簡単な説明

- [0029] [図1]本発明の半導体パッケージ基板に用いられる基板の一例を示す断面概略図である。
- [図2]本発明のアブレーション加工装置の一例を示す概略図である。
- [図3]本発明のアブレーション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3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]本発明のアブレーション加工方法の一例を示す概略図である。
- [図6]本発明のアブレーション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]本発明のアブレーション加工方法で形成できる加工凹部の例を示す概略断面図である。
- [図8]本発明のアブレーション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。

発明を実施するための形態

- [0030] 上述のように、高密度化と配線抵抗の低抵抗化が可能で高性能な半導体パッケージに用いられる基板、そのような基板が備える凹部を加工可能なアブレーション加工方法及びアブレーション加工装置が求められていた。
- [0031] 本発明者らは、上記課題について鋭意検討を重ねた結果、レーザビームの照射エネルギーによるアブレーション加工を行うことにより、高精度な加工が可能となり、加工凹部の開口側における加工凹部の側壁面と基板の表面とのなす角度が 80° 以上、 90° 以下となる加工凹部を備えた基板を得ることができることを見出し、本発明を完成させた。
- [0032] 即ち、本発明は、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で基板の表面に加工凹部を形成するアブレーション加工方法であって、前記加工凹部の開口側における前記加工凹部の側壁面と前記基板の表面とのなす角度が 80° 以上、 90° 以下となるようにアブレーション加工を行うアブレーション加工方法である。

[0033] また、本発明は、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で基板の表面に加工凹部を形成するアブレーション加工装置であって、前記レーザビームを照射するレーザ光源を備えた第一光学機能部と、前記基板を載置する基板ステージと、前記アブレーション加工装置の制御を行う制御部と、を含み、前記制御部は、前記加工凹部の開口側における前記加工凹部の側壁面と前記基板の表面とのなす角度が 80° 以上、 90° 以下となるようにアブレーション加工を行うように制御するものであるアブレーション加工装置である。

[0034] 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、前記基板の表面に少なくとも一つの凹部を有し、前記凹部の開口側における前記凹部の側壁面と前記基板の表面とのなす角度が 80° 以上、 90° 以下である基板である。

[0035] 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。なお、本明細書において「凹部」、「加工凹部」には、底面を有する凹状の構造のもののほか、底面を有していない所謂貫通孔も含まれる。

[0036] [基板]

図1は、本発明の半導体パッケージ基板に用いられる基板の一例を示す概略図である。図1に示す半導体パッケージ基板に用いられる基板70は、基板の表面に少なくとも一つの凹部200を有するものである。そして、この凹部200の開口側における凹部200の側壁面200Sと基板の表面70Sとのなす角度(θ)が 80° 以上、 90° 以下である基板である。別の側面では、基板70の表面70Sと平行な凹部200の開口端200Tと凹部の側壁面200Sとのなす角度(θ)が 80° 以上、 90° 以下である。このような基板70であれば、高密度化と金属配線の低抵抗化の両立が図れ、高性能化が可能なものとなる。上記角度(θ)の下限值は、好ましくは 83° 以上、より好ましくは 85° 以上とすることができる。

[0037] 基板70の材料等は特に限定されない。セラミック、樹脂、半導体、金属

等の少なくとも1つを含む基板、積層体であってもよい。

[0038] 本発明の基板であれば、高密度化と配線抵抗の低抵抗化が可能で高性能な半導体パッケージ基板に用いられる基板となる。

[0039] [アブレーション加工装置]

本発明に係るアブレーション加工装置は、上述の本発明の半導体パッケージ基板に用いられる基板を製造できるものである。図2は、本発明のアブレーション加工装置の一例を示す概略図である。図2に示すアブレーション加工装置100は、レーザを用いて基板70に加工凹部（貫通孔を含む）を形成する装置である。なお、図2に示すアブレーション加工装置100は本発明のアブレーション加工装置の一例を示すものであり、本発明のアブレーション加工装置は、図2に示す装置に限定されるものではない。

[0040] 本発明に係るアブレーション加工装置100は、レーザビーム1を照射するレーザ光源10を備えた第一光学機能部20と、基板70を載置する基板ステージ60と、アブレーション加工装置100の制御を行う制御部80とを含むものである。そして、制御部80は、加工凹部の開口側における加工凹部の側壁面と基板の表面とのなす角度が80°以上、90°以下となるようにアブレーション加工を行うように制御するものである。

[0041] このような制御部80を備えた本発明に係るアブレーション加工装置は、半導体パッケージ基板等の加工において、高密度なVIA、トレンチなどの加工凹部を形成でき、尚且つアスペクト比が高い凹部形成加工を行うことができるものであるため、深さが深いVIA、トレンチなどの加工凹部を形成できるものとなる。そのため、高密度化が可能であり加工凹部に埋め込む金属配線の抵抗値を低くすることができ、高性能な半導体パッケージ基板を製造することができるアブレーション加工装置となる。

[0042] 基板ステージ60は基板70を保持することができるものであれば、構造、材料等は特に限定されない。

[0043] 第一光学機能部20はレーザビーム1を照射するレーザ光源10を備えている。レーザ光源10は、例えば、パルス状にレーザビーム1を照射（出射

）するレーザ光源（レーザ発振器）１０であってもよい。より詳細には、レーザ光源１０は、エキシマレーザ発振器を具備するものとすることができる。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。

[0044] また、エキシマレーザは、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うことができるものとなる。

[0045] なお、レーザ光源１が発振するレーザビーム１の照射形状は特に限定されず、図２、図３及び図６に示す形状のほか、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のものとすることができる。

[0046] 第一光学機能部２０は、レーザビーム１を発振するレーザ光源１０に加えて、プリズム２１と、成形光学系２２とを含むものとすることができる。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ビームを、レーザビーム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ビーム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２に示すアブレーション加工装置１００の例において、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。

[0047] 第一光学機能部２０は、上記のようにして、レーザビーム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ものであることが好ましい。

[0048] 本発明に係るアブレーション加工装置100は、図2に示すようにアブレーション加工装置100の光路における第一光学機能部20から基板70にかけて、マスク30、折り返しミラー40及び縮小投影光学レンズ50をこの順でさらに備えるものとすることもできる。

[0049] 縮小投影光学レンズ50は、レーザビーム1を通すことによりレーザビーム1の照射サイズを縮小するものである。このような縮小投影光学レンズ50を具備することにより、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。

[0050] 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、マスク30に当たるレーザビーム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できる。縮小投影光学レンズ50の縮小倍率をNとすると、基板70の表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、レーザビーム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、マスク30の熱膨張を抑制でき、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。

[0051] さらに、レーザビームの熱による光学部材（例えば、第一光学機能部20及びマスク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。

[0052] 縮小投影光学レンズ50は、1対の縮小投影レンズを備えたものとすることができる。縮小投影光学レンズ50が無限遠光学系である場合、縮小投影光学レンズ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。

[0053] 縮小投影光学レンズ50のNAは、基板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。縮小投影光学レンズ50のNAは、0.12以上であることが好ましい。縮小投影光学レンズの

NAを0.12以上にすることにより、高いエネルギー量のレーザービームを基板の加工部に与えられるとともに、安定して解像度がより高い加工が可能となるため、微細で高アスペクトのアブレーション加工による安定した凹部加工が可能となる。本発明では、高解像度で形成するために高NAでレーザー加工を行っても、形成する加工凹部が先細りの形状になるのを抑制できる。

[0054] 半導体パッケージ加工における微細なVIA、トレンチなどの加工凹部形成において、レーザービームでの加工凹部の壁面と基板の表面に沿った平面との為す角(θ°)を、安定して垂直に近い状態に加工にするためには、加工底面の端部までアブレーションされるためのスレッシュホールドエネルギーを超えるレーザービームエネルギーを与えることが好ましい。このため、レーザーによるアブレーション加工を行う際のエネルギー密度を高くすることが好ましい。そこで制御部80は、基板70の加工部に照射するレーザービーム1のエネルギー密度を $1.0 \text{ [J/cm}^2\text{]}$ 以上とするものであることが好ましい。これにより、より容易に安定して高密度化と配線抵抗の低抵抗化が可能な半導体パッケージ基板に用いられる基板を提供することができるアブレーション加工装置となる。

[0055] また本発明に係るアブレーション加工装置100は、上述のようにマスク30を備えるものとし、制御部80が、レーザービーム1を固定位置とし、マスク30と基板70を載置する基板ステージ60とを同期させて掃引動作を行うことによって、レーザービーム1をマスク30のパターンエリアに対し相対的に掃引し、レーザービーム1の照射サイズよりも大きなサイズのアブレーション加工を行い加工凹部の形成を行うものであることが好ましい。

[0056] マスクと基板ステージとを同期させて掃引動作を行うものとするることにより、縮小投影光学レンズの開口サイズを小さくすることができる。マスクと基板ステージを固定としてレーザービームを掃引させる方法の場合と比較して、縮小投影光学レンズの開口を大きなサイズにする必要がないためレンズが重く複雑になることを回避でき、レンズを高精度にしやすい、高精度の製品を製造することができる。

- [0057] したがって、このようなマスク 30 及び制御部 80 を備えるものであれば、さらに容易に高密度化と配線抵抗の低抵抗化が可能な半導体パッケージ基板に用いられる基板を提供することが可能なアブレーション加工装置となる。
- [0058] 本発明のアブレーション加工装置 100 は、縮小投影光学レンズ 50 の温度を調節する温度調節手段をさらに備えるものであることが好ましい。温度調節手段を備えることにより、縮小投影光学レンズ 50 でのレーザエネルギーによる熱の影響を効果的に抑えることができる。縮小投影光学レンズ 50 では、マスク 30 を通ったレーザビーム 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ビームのエネルギーは、マスク 30 に照射されるレーザビーム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、縮小投影光学レンズ 50 に温度調節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。そして、本発明のアブレーション加工方法及びアブレーション加工装置 100 では、非常に小さい口径の縮小投影光学レンズを使用することができる。
- [0059] 特に、上述のように $1.0 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以上の高エネルギー密度のレーザビームを使用するものの場合、縮小投影光学レンズに入射するレーザビームによる温度上昇により照射の僅かな位置ずれが発生し、加工のパターンが歪むことがある。縮小投影光学レンズに入射する熱をできる限り精密にコントロールするため、縮小投影光学レンズの開口径を小さくし、縮小投影レンズの周囲のジャケットによる冷却部からの温度コントロールを効率よく行うことが出来るようにすることが望ましい。
- [0060] このように縮小投影光学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ものでなくてもよい。レンズを保持するジャケット部を冷却するものであってよい。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。そのため、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。アブレーション加工装置100が縮小投影光学レンズ50の温度調節機能を有するものであれば、レンズ口径を小さくすることで、このような不具合をより効果的に抑えることができる。さらに、縮小投影光学レンズ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。

[0061] このように、特に、制御部80が、レーザビーム1を固定位置とし、マスク30と基板70を載置する基板ステージ60とを同期させて掃引動作を行うものとし、さらに縮小投影光学レンズ50の温度調節機能を有するものであれば、縮小投影光学レンズ50のNAを0.12以上の高精度のものを使用し、 $1.0\text{ mJ}/\text{cm}^2$ 以上の高エネルギー密度のレーザビームを使用したレーザーアブレーション加工ができるものとなる。

[0062] また、図2に示したアブレーション加工装置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、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とを含むものとして構成することができる。マスク用アライメントカメラ31は、制御部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することができる。被加工物用アライメントカメラ61は、制御部80に基板70の特徴部分の位置情報を送るように構成することができる。制御部80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することができる。別の側面では、制御部80は、基板ステージ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。

[0063] [アブレーション加工方法]

本発明のアブレーション加工方法は、例えば、本発明のアブレーション加工装置を用いて行うことができるが、上記のアブレーション加工装置以外の装置を用いて行うこともできる。

[0064] 以下では、図2に示すアブレーション加工装置100を用いて行うことが

できる本発明のアブレーション加工方法の例を具体的に説明する。

- [0065] 本発明のアブレーション加工方法は、レーザビーム1の照射エネルギーによるアブレーション加工で基板70の表面に加工凹部を形成するアブレーション加工方法である。そして、加工凹部の開口側における加工凹部の側壁面と基板70の表面とのなす角度が 80° 以上、 90° 以下となるようにアブレーション加工を行う。このような本発明のアブレーション加工方法によれば、半導体パッケージ基板等の加工において、高密度なVIA、トレンチなどの加工凹部を形成でき、尚且つアスペクト比が高い凹部形成加工を行うことができるため、深さが深いVIA、トレンチなどの加工凹部を形成できる。そのため、高密度化が可能であり加工凹部に埋め込む金属配線の抵抗値を低くすることができ、高性能な半導体パッケージ基板を製造することができる。
- [0066] また、半導体パッケージ加工における微細なVIA、トレンチなどの加工凹部形成において、レーザビームでの加工凹部の壁面と、基板の表面に沿った平面との為す角を安定して垂直に近い加工にするためには、加工底面の端部までアブレーションされるためのスレッシュホールドエネルギーを超えるレーザビームエネルギーを与えることが好ましい。このため、レーザによるアブレーション加工を行う際のエネルギー密度を高くすることが好ましい。そこで、基板70の加工部に照射するレーザビーム5のエネルギー密度を $1.0 \text{ [J/cm}^2\text{]}$ 以上とすることが好ましい。このようにすることで、より容易に高密度化と配線抵抗の低抵抗化が可能な半導体パッケージ基板に用いられる基板を提供することができる。
- [0067] また、レーザビーム4をNAが0.12以上である縮小投影光学レンズ50に通すことにより、レーザビーム4の照射サイズを縮小すること好ましい。縮小投影光学レンズのNAを0.12以上にすることにより、高いエネルギー量のレーザビームを基板の加工部に与えられるとともに、安定して解像度がより高い加工が可能となるため、安定した微細で高アスペクトのアブレーション加工による凹形状加工が可能となる。このため、より容易に高密度

化と配線抵抗の低抵抗化が可能な半導体パッケージ基板に用いられる基板を提供することができる。

[0068] また、レーザビーム 3 をマスク 30 に通すことによりレーザビーム 3 の照射サイズを調整し、レーザビーム 5、6 を固定位置とし、マスク 30 と基板ステージ 60 とを同期させて掃引動作を行うことによって、レーザビームをマスクのパターンエリアに対し相対的に掃引し、レーザビーム 5、6 の照射サイズよりも大きなサイズのアブレーション加工を行い加工凹部の形成を行うこと好ましい。このようなレーザ照射による加工をスキャン加工ともいう。このようにすることで、さらに容易に高密度化と配線抵抗の低抵抗化が可能な半導体パッケージ基板に用いられる基板を提供することができる。

[0069] 上記のように本発明では、レーザビーム 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う、スキャン加工とすることも有効である。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。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。

[0070] スキャン加工を、基板ステージ 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で、レーザビーム 1～6 自体を動かさずにレーザ加工を行うことができる。

[0071] 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。

[0072] そして、この態様によれば照射に必要な縮小投影光学レンズ 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。さらに、以下に説明する縮小投影光学レンズ 50 が小さくできるので、照射による像の歪みも少ない。

[0073] 図 2 に示すアブレーション加工装置 100 において、制御部 80 を用いて基板ステージ 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場合には、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

微部分の位置情報、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することができる。

[0074] 本発明のアブレーション加工方法では、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好ましい。このようなアブレーション加工方法を、図2～図5を参照しながら、例を挙げて説明する。

[0075] まず、図2に示すように、レーザ光源10から、図2(a)に示す照射形状を有するレーザビーム1を発振する。この例のレーザビーム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、レーザビーム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。

[0076] 次に、レーザビーム1は、第一光学機能部20のプリズム21に入射する。プリズム21は、レーザビーム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))のレーザビーム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、レーザビーム1のうち紙面に平行な面の照射形状に關与する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。なお、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。

[0077] 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ビーム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に向かってレーザビーム2の各成分を集光し、レーザビーム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、レーザビーム3とする。

[0078] レーザビーム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を介してレーザービームを基板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。

[0079] 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)を有するレーザービーム4は、折り返しミラー40で方向が変換され、縮小投影光学レンズ(投影レンズ)50に入射する。任意の縮小投影光学レンズ50を用いることによる効果は、後述する。

[0080] 縮小投影光学レンズ50から出射したレーザービーム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、縮小投影光学レンズ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、縮小投影光学レンズ50の結像点F2は、基板70の表面71に限定されない。

[0081] 図3に示すように、基板70の表面71に照射されるレーザービーム5の照射形状は、図2(e)及び図3に示すようにトップハット型である。一方、結像点F2からさら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、レーザービーム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。

[0082] 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、レーザービーム6の照射形状が、成形光学系22による成型前のレーザービーム2の照射形状に近くなってくる。これが、レーザービーム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。

[0083] 本発明のアブレーション加工方法によって、被加工面72において、レーザービーム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より効果的かつ安定して抑制することができる。加工を続けることにより、安定して先細

りが抑制された貫通孔を形成することができる。したがって、安定して加工凹部の開口側における加工凹部の側壁面と基板の表面とのなす角度が 80° 以上、 90° 以下とすることができる。また、本発明のアブレーション加工方法では、このように形成する加工凹部が先細りの形状となるのをより効果的かつ安定して抑制できるので、高精細で複雑なパターンを形成できる。そして、本発明のアブレーション加工方法によれば、高解像度で加工凹部を形成しても、より効果的かつ安定して形成する凹部200が先細りの形状となるのを抑制できる。

[0084] 本発明のアブレーション加工方法では、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ーで加工を行うことがより好ましい。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ービーム5で加工してもよい。

[0085] 本発明では、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におけるレーザービーム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。

[0086] 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、レーザービーム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ービーム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。

[0087] このように加工を行うことにより、形成する加工凹部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。

[0088] なお、基板70の少なくとも1つの被加工面72におけるレーザービーム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う場合、レーザー強度分布を連続的に変化させる必要はない。

[0089] 本発明では、所定の加工凹部をパターン形成するためにマスク30を用い

ることできる。マスク30を用いた場合でも、基板70の被加工面72におけるレーザビーム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、形成する加工凹部（貫通孔を含む）が先細りの形状となるのを効果的に抑制でき、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、マスク30を用いなくても良い。

[0090] 図2～図5を参照しながら説明した例は、別の側面では、レーザビームを用いて基板70に加工凹部を形成するアブレーション加工方法であって、レーザビーム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ビーム2の照射形状をトップハット型の照射形状に成型する第一光学機能部20を用いるアブレーション加工方法ということもできる。

[0091] 上述のような第一光学機能部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ビーム6の照射形状で加工をすることができる。このようなアブレーション加工方法であれば、高解像度で加工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より確実かつ安定して抑制できる。また、このようなアブレーション加工方法であれば、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より確実かつ安定して抑制できる。つまり、この側面で表現される本発明のアブレーション加工方法では、高解像度で加工凹部を形成しても、形成する加工凹部が先細りの形状となるのをより確実かつ安定して抑制でき、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。

[0092] 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。

- [0093] 特に半導体パッケージ基板の加工の場合、加工凹部として、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、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。
- [0094] 本発明によれば、以上に説明したように、高精細な加工凹部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、 $20\mu\text{m}$ 以下の幅を有し、先細りが抑制された加工凹部を形成することができる。
- [0095] また、本発明によって形成できる加工凹部は、例えば、 $20\mu\text{m}$ 以下の深さを有することもできる。なお、加工深さを基板70の厚さよりも小さくすれば、有底の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。
- [0096] 別の側面では、本発明によれば、高アスペクト比の加工凹部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以上である加工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以上である加工凹部を形成することができる。
- [0097] さらに別の側面では、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。
- [0098] さらに、本発明では、先細りを抑制しながら凹部を形成できるので、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、本発明では、複数の凹部200を高密度に形成することができる。

[0099] 本発明のアブレーション加工方法は、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、本発明のアブレーション加工方法を含む、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。

[0100] 本明細書は、以下の態様を包含する。

[1] 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基板の表面に加工凹部を形成するアブレーション加工方法であって、前記加工凹部の開口側における前記加工凹部の側壁面と前記基板の表面とのなす角度が 80° 以上、 90° 以下となるようにアブレーション加工を行うアブレーション加工方法。

[2] 前記基板の加工部に照射する前記レーザビームのエネルギー密度を $1.0 \text{ [J/cm}^2\text{]}$ 以上とする[1]に記載のアブレーション加工方法。

[3] 前記レーザビームをNAが0.12以上である縮小投影光学レンズに通すことにより、前記レーザビームの照射サイズを縮小する[1]又は[2]に記載のアブレーション加工方法。

[4] 前記レーザビームをマスクに通すことにより前記レーザビームの照射サイズを調整し、前記レーザビームを固定位置とし、前記マスクと前記基板を載置する基板ステージとを同期させて掃引動作を行うことによって、前記レーザビームを前記マスクのパターンエリアに対し相対的に掃引し、前記レーザビームの照射サイズよりも大きなサイズのアブレーション加工を行い前記加工凹部の形成を行う[1]から[3]のいずれか1つに記載のアブレーション加工方法。

[5] 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基板の表面に加工凹部を形成するアブレーション加工装置であって、

前記レーザビームを照射するレーザ光源を備えた第一光学機能部と、

前記基板を載置する基板ステージと、

前記アブレーション加工装置の制御を行う制御部と、

を含み、

前記制御部は、前記加工凹部の開口側における前記加工凹部の側壁面と前記基板の表面とのなす角度が 80° 以上、 90° 以下となるようにアブレーション加工を行うように制御するものであるアブレーション加工装置。

〔6〕 前記制御部は、前記基板の加工部に照射する前記レーザービームのエネルギー密度を $1.0 \text{ [J/cm}^2\text{]}$ 以上とするものである〔5〕に記載のアブレーション加工装置。

〔7〕 NAが 0.12 以上である縮小投影光学レンズをさらに含み、前記レーザービームを前記縮小投影光学レンズに通すことにより、前記レーザービームの照射サイズを縮小するものである〔5〕又は〔6〕に記載のアブレーション加工装置。

〔8〕 前記レーザービームを通すことにより前記レーザービームのビーム形状を調整するマスクをさらに含み、

前記制御部は、前記レーザービームを固定位置とし、前記マスクと前記基板ステージとを同期させて掃引動作を行うことによって、前記レーザービームを前記マスクのパターンエリアに対し相対的に掃引し、前記レーザービームの照射サイズよりも大きなサイズのアブレーション加工を行い前記加工凹部の形成を行うものである〔5〕から〔7〕のいずれか1つに記載のアブレーション加工装置。

〔9〕 半導体パッケージ基板に用いられる基板であって、

前記基板の表面に少なくとも一つの凹部を有し、

前記凹部の開口側における前記凹部の側壁面と前記基板の表面とのなす角度が 80° 以上、 90° 以下である基板。

〔0101〕 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] レーザビームの照射エネルギーによるアブレーション加工で基板の表面に加工凹部を形成するアブレーション加工方法であって、
前記加工凹部の開口側における前記加工凹部の側壁面と前記基板の表面とのなす角度が 80° 以上、 90° 以下となるようにアブレーション加工を行うアブレーション加工方法。
- [請求項2] 前記基板の加工部に照射する前記レーザビームのエネルギー密度を $1.0 \text{ [J/cm}^2\text{]}$ 以上とする請求項1に記載のアブレーション加工方法。
- [請求項3] 前記レーザビームをNAが0.12以上である縮小投影光学レンズに通すことにより、前記レーザビームの照射サイズを縮小する請求項1に記載のアブレーション加工方法。
- [請求項4] 前記レーザビームをマスクに通すことにより前記レーザビームの照射サイズを調整し、前記レーザビームを固定位置とし、前記マスクと前記基板を載置する基板ステージとを同期させて掃引動作を行うことによって、前記レーザビームを前記マスクのパターンエリアに対し相対的に掃引し、前記レーザビームの照射サイズよりも大きなサイズのアブレーション加工を行い前記加工凹部の形成を行う請求項1から3のいずれか一項に記載のアブレーション加工方法。
- [請求項5] 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基板の表面に加工凹部を形成するアブレーション加工装置であって、
前記レーザビームを照射するレーザ光源を備えた第一光学機能部と、
前記基板を載置する基板ステージと、
前記アブレーション加工装置の制御を行う制御部と、
を含み、
前記制御部は、前記加工凹部の開口側における前記加工凹部の側壁面と前記基板の表面とのなす角度が 80° 以上、 90° 以下となるよ

うにアブレーション加工を行うように制御するものであるアブレーション加工装置。

[請求項6] 前記制御部は、前記基板の加工部に照射する前記レーザービームのエネルギー密度を $1.0 \text{ [J/cm}^2\text{]}$ 以上とするものである請求項5に記載のアブレーション加工装置。

[請求項7] NAが0.12以上である縮小投影光学レンズをさらに含み、前記レーザービームを前記縮小投影光学レンズに通すことにより、前記レーザービームの照射サイズを縮小するものである請求項5に記載のアブレーション加工装置。

[請求項8] 前記レーザービームを通すことにより前記レーザービームのビーム形状を調整するマスクをさらに含み、

前記制御部は、前記レーザービームを固定位置とし、前記マスクと前記基板ステージとを同期させて掃引動作を行うことによって、前記レーザービームを前記マスクのパターンエリアに対し相対的に掃引し、前記レーザービームの照射サイズよりも大きなサイズのアブレーション加工を行い前記加工凹部の形成を行うものである請求項5から7のいずれか一項に記載のアブレーション加工装置。

[請求項9] 半導体パッケージ基板に用いられる基板であって、

前記基板の表面に少なくとも一つの凹部を有し、

前記凹部の開口側における前記凹部の側壁面と前記基板の表面とのなす角度が 80° 以上、 90° 以下である基板。