明　細　書

発明の名称 ： 移載方法

技術分野

[0001]　本発明は、移載方法に関する。

背景技術

[0002]　近年、半導体素子の微小化に伴い半導体素子を用いた電気・電子応用製品の組み立て手段として、粘着性樹脂を用いた微小構造体移載技術が注目されている。特に、一度に何万個という大量のミニＬＥＤ（短辺が１００μｍ以上～数１００μｍのＬＥＤ素子）、あるいはマイクロＬＥＤ（短辺が１００μｍ以下、さらには５０μｍ以下のＬＥＤ素子）を移載することにより、サイネージ、ＴＶ、医療用、車載、スマートフォンなどの用途に向けたＬＥＤディスプレイを製造する技術開発が活発になってきている。

[0003]　これまでにドナー基板や移載用スタンプ材料として、シリコーン粘着性硬化物を用いてマイクロＬＥＤなどの微小構造体を移載する方法、および回路基板上へ実装する方法が開発されてきた（例えば特許文献１）。

[0004]　また、移載時の衝撃を緩和して高い精度で半導体チップを転写できる技術も提案されている（例えば特許文献２）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開２０２１－３４６１０号公報

特許文献2：特開２０１９－６７８９２号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006]　さて、移載の歩留まり向上のためには、基板などの基材からの微小構造体の剥離の際に構造体に欠けやクラックが発生するのを抑制することが重要である。

[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、基材からの微

小構造体の移載の際に微小構造体に欠けやクラックが発生するのを抑制することができる移載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

[0008] 上記課題を解決するために、本発明では、基材上に設けられた複数の微小構造体をレーザ照射により前記基材から移載する移載方法であって、

少なくとも隣接する前記微小構造体間は、高分子材料で充填されており、

前記微小構造体に向けて前記基材を通してレーザを照射する第一レーザ照射工程、及び、

前記高分子材料に向けて前記基材を通してレーザを照射する第二レーザ照射工程

を有し、

第一レーザ照射工程において、前記微小構造体に向けたレーザは、前記微小構造体に対応する領域に照射される、移載方法を提供する。

[0009] このような移載方法であれば、微小構造体間が高分子材料で充填された状態で、微小構造体にレーザを照射する第一レーザ照射工程及び高分子材料にレーザを照射する第二レーザ照射工程の２段照射を行うことにより、微小構造体に欠けやクラックが発生するのを抑制しながら、基材から微小構造体を移載することができる。

[0010] 例えば、前記第一レーザ照射工程の後に、前記第二レーザ照射工程を行うことが好ましい。

[0011] 第一レーザ照射工程の後に第二レーザ照射工程を行うことにより、例えば、第一レーザ照射工程では高分子材料を剥離せず、第二レーザ照射工程にて高分子材料を剥離することができる。これにより、微小構造体に欠けやクラックが発生するのをより確実に抑制しながら、基材から微小構造体を移載することができる。

[0012] 前記第二レーザ照射工程において、前記高分子材料及び前記微小構造体に向けてレーザを照射することもできる。

[0013] 第二レーザ照射工程では、高分子材料にレーザを照射すればよいが、微小

構造体にレーザを照射しても構わない。また、第二レーザ照射工程では、基材の全面にレーザを照射することもできる。

[0014] 例えば、前記第一レーザ照射工程を、前記高分子材料が充分にアブレーションするエネルギー密度で行うことができる。

[0015] 例えば、第一レーザ照射工程でのレーザ照射は、高分子材料が充分にアブレーションする高いエネルギー密度で行うことができる。

[0016] 例えば、前記複数の微小構造体は前記基材上にＧａＮを介して設けられており、

前記第一レーザ照射工程を、ＧａＮを熱分解するエネルギー密度で行うことができる。

[0017] このような第一レーザ照射工程であれば、基材上にＧａＮを介して設けられた微小構造体を基材から確実に剥離することができる。

[0018] また、例えば、前記第二レーザ照射工程を、前記高分子材料が充分にアブレーションするエネルギー密度未満で行うことができる。

[0019] 第二レーザ照射工程は、レーザ照射を前記高分子材料が充分にアブレーションするエネルギー密度未満で行ってもよい。

[0020] 例えば、前記第二レーザ照射工程を、前記高分子材料が気化するエネルギー密度で行うことができる。

[0021] このような前記第二レーザ照射工程をおこなうことで、高分子材料を気化させることができる。

[0022] 前記第二レーザ照射工程を、前記高分子材料由来の炭素系デブリス発生を抑制し得るエネルギー密度で行うことが好ましい。

[0023] 第二レーザ照射工程は、このように炭素系デブリス発生を抑制しながら行うことが好ましい。

[0024] 例えば、前記第一レーザ照射工程及び前記第二レーザ照射工程における前記レーザ照射は、波長２４８ｎｍエキシマレーザによる照射とすることができ、

前記第一レーザ照射工程におけるレーザ照射のエネルギー密度は、７００

ｍＪ／ｃｍ^{2}以上とすることができ、

前記第二レーザ照射工程におけるレーザ照射のエネルギー密度は、３０～５００ｍＪ／ｃｍ^{2}とすることができる。

[0025] レーザの波長及びエネルギー密度は、例えば、上記のように設定できる。

[0026] 前記第二レーザ照射工程を、複数回行ってもよい。

[0027] 第二レーザ照射工程は、少なくとも１回行えばよく、複数回行ってもよい。

[0028] 例えば、前記複数の微小構造体が設けられた基材は、前記複数の微小構造体を覆うように高分子材料により被覆されていてもよい。

[0029] 複数の微小構造体を覆うように高分子材料の被膜を形成してもよい。

発明の効果

[0030] 以上のように、本発明の移載方法であれば、微小構造体に欠けやクラックが発生するのを抑制しながら、基材から微小構造体を移載することができる。

図面の簡単な説明

[0031] [図1]本発明の移載方法の一例においてレーザ照射対象とする複合体を示す概略図断面図である。

[図2]図１の複合体の基材側から見た概略平面図である。

[図3]本発明の移載方法の一例における第一レーザ照射工程を説明する概略断面図である。

[図4]本発明の移載方法の一例における第二レーザ照射工程を説明する概略断面図である。

[図5]実施例１における光学顕微鏡写真である。

[図6]比較例における光学顕微鏡写真である。

発明を実施するための形態

[0032] 上述のように、基材からの微小構造体の移載の際に微小構造体に欠けやクラックが発生するのを抑制することができる移載方法の開発が求められていた。

[0033] 本発明者らは、上記課題について鋭意検討を重ねた結果、微小構造体間が高分子材料で充填された状態で、微小構造体にレーザを照射する第一レーザ照射工程及び高分子材料にレーザを照射する第二レーザ照射工程の２段照射を行うことにより、微小構造体に欠けやクラックが発生するのを抑制しながら、基材から微小構造体を移載することができることを見出し、本発明を完成させた。

[0034] 即ち、本発明は、基材上に設けられた複数の微小構造体をレーザ照射により前記基材から移載する移載方法であって、

少なくとも隣接する前記微小構造体間は、高分子材料で充填されており、

前記微小構造体に向けて前記基材を通してレーザを照射する第一レーザ照射工程、及び、

前記高分子材料に向けて前記基材を通してレーザを照射する第二レーザ照射工程

を有し、

第一レーザ照射工程において、前記微小構造体に向けたレーザは、前記微小構造体に対応する領域に照射される、移載方法である。

[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。

[0036] ［レーザ照射対象］

まず、本発明の移載方法の一例におけるレーザ照射対象を、図１及び図２を参照しながら説明する。図１は、本発明の移載方法の一例においてレーザ照射対象とする複合体を示す概略図断面図である。図２は、図１の複合体の基材側から見た概略平面図である。ただし、本発明の移載方法におけるレーザ照射対象は、図１及び図２に示す複合体に限定されるものではない。

[0037] 図１及び図２に示す複合体１０は、基材１と、基材１上に設けられた複数の（この例では４つの）微小構造体２とを含む。また、複合体１０は、高分子材料３を含む。高分子材料３は、少なくとも隣接する微小構造体２間を充填している部分３１を含む。すなわち、少なくとも隣接する微小構造体間２

は、高分子材料３で充填されている。

[0038] このような複合体１０は、例えば、基材１上に複数の微小構造体２を形成する工程と、少なくとも隣接する微小構造体２間を高分子材料３で充填する工程とによって得ることができる。

[0039] 高分子材料３は、図１及び図２に示すように、微小構造体２上を覆う部分３２及び／又は微小構造体２の外側を覆う部分３３を更に含むこともできる。すなわち、複数の微小構造体２が設けられた基材１は、複数の微小構造体２を覆うように高分子材料３により被覆されていてもよい。ただし、本発明の移載方法におけるレーザ照射対象では、高分子材料３が、少なくとも隣接する微小構造体２間を充填している部分３１を含めばよく、微小構造体２上を覆う部分３２及び微小構造体２の外側を覆う部分３３を含んでいなくてもよい。微小構造体２への衝撃を緩和する観点からは、隣接する微小構造体２間を充填している部分３１だけでなく、微小構造体２の外側を覆う部分３３にも高分子材料３を設けることが好ましい。さらには、微小構造体２上を覆う部分３２に高分子材料３を設けることにより、より微小構造体２への衝撃を緩和することができる。微小構造体２上を覆う部分３２にもうけられた高分子材料３が最終製品に不要な場合には、例えば、移載工程の後の工程にて、洗浄や研磨により除去することができる。

[0040] 微小構造体２が矩形状の場合、その全ての外周部、すなわち四辺の外側に高分子材料３が配置されていることが好ましい。しかしながら、微小構造体２の外周部の一部、例えば、矩形状の微小構造体２の一辺の外側のみに高分子材料３を配置した場合であっても、高分子材料を全く配置しない場合と比べて、微小構造体２への衝撃緩和を期待できる。また、対向する二辺の外側に高分子材料３を配置した場合には、一辺の外側のみに高分子材料３を配置した場合と比べて、微小構造体２への衝撃緩和を期待できる。

[0041] 基材１の材質は、以下に説明する第一レーザ照射工程及び第二レーザ照射工程において、それを通して微小構造体２及び／又は高分子材料３にレーザを照射できるものであれば、特に限定されない。基材１として、例えば、サ

ファイア基板、ＧａＡｓ基板（ヒ化ガリウム基板）、Ｓｉ基板、ＳｉＣ基板、石英基板等の無機透明基板を好適に用いることができる。また、レーザ照射に耐性がある有機透明基板を用いてもよい。

[0042] 基材１の厚さは、例えば０．００１ｍｍ以上３ｍｍ以下とすることができるが、特に限定されるものではない。また、リジットな基材であってもよいし、フレキシブルな基材であってもよい。基材１の形状は、例えば、四角形状や円形状が典型的であるが、楕円形状、四角形以外の多角形状、多角形の辺の一部が曲線で置換された形状等であってもよく、長尺なテープ形状であってもよい。必要に応じて、基材の外縁部にオリフラやノッチを設けることで取り扱いがしやすく、位置調整が容易となる。

[0043] 微小構造体２は、特に限定されず、例えば、マイクロＬＥＤ、ミニＬＥＤ等のＬＥＤチップであってもよいし、半導体チップ又は他の電子部品であってもよい。

[0044] 一般的に微小構造体２の平面形状は四角形状であるが、特に制限はなく、円形状、楕円形状、四角形以外の多角形状、多角形の辺の一部が曲線で置換された形状等であってもよい。

[0045] 微小構造体２の形状が四角形状である場合、その一辺の上限は、例えば２．５ｍｍとすることができる。本発明の移載方法によれば、詳細な理由は以下に説明するが、例えば１ｍｍ角の微小構造体２であっても、欠けやクラックを発生させずに、移載することができる。微小構造体２の一辺の下限は、特に限定されないが、例えば、０．００１ｍｍとすることができる。微小構造体２の一辺は、０．００５ｍｍ以上２ｍｍ以下であることが好ましい。もちろん、２．５ｍｍ超や０．００１ｍｍ未満の一辺を有する微小構造体にも本発明を適用することができる。微小構造体の厚みは、特に制限されないが、一般的には２００μｍ以下であり、１００μｍ以下であっても、５０μｍ以下であってもよい。特に厚みが５０μｍ以下になると、微小構造体に生じる小さな欠けですら、後の工程で致命的な破損につながる可能性が高まり、本発明の移載方法を効果的に適用できる。更に３０μｍ以下の厚みの場合に

は顕著である。厚みの下限は技術の発展とともに小さくなっていっているが、１μｍ程度である。

[0046] 微小構造体２の構成材料は特に限定されないが、例えば微小構造体２の基材１側の表面は、例えば窒化ガリウム（ＧａＮ）、リン化ガリウム（ＧａＰ）又はリン化インジウム（ＩｎＰ）を含むことができる。典型的には、複数の微小構造体２は、基材１上にＧａＮ２１等の無機材料を介して設けられている。より具体的には、サファイア基板等のエピタキシャル基板上に製造されたＬＥＤチップであってもよい。もちろん、前述した各種無機透明基板や有機透明基板上に接着剤等を介して設けた微小構造体であってもよい。

[0047] 微小構造体や基材の大きさにもよるが、一般的には、数万個～数十万個の微小構造体がマトリクス状に基材上に設けられている。隣接する微小構造体はスペースを設けて並んでいる。このスペースの部分には微小構造体がなく、基材が露出している状態であり、ストリートと呼ばれることもある。ストリートの幅は、ＬＥＤチップの大きさやダイシングの種類によって左右されることが多い。マイクロＬＥＤチップや化学的なダイシングの場合、ストリート幅が小さいことが多く、一般的には数μｍ程度（１～１０μｍ程度）である。ミニＬＥＤや機械的なダイシングの場合、ストリート幅は少し大きくなることが多く、一般的には数十μｍ程度（１０～１００μｍ程度）である。

[0048] 高分子材料３は、特に限定されないが、例えば、ポリイミド、シリコーン、ポリスチレン及びアクリル樹脂から成る群より選択される材料の樹脂やそれを含む組成物やそれらの硬化物であり得る。微小構造体２への衝撃を緩和するという観点からは、ゴム状物のようなある程度の弾性を有する材料であることが好ましい。シリコーンとしては、例えば、ジメチルシリコーン、メチルフェニルシリコーン等のストレートシリコーン、アクリル変性シリコーン、メタクリル変性シリコーン等の変性シリコーン、これらの組み合わせが挙げられる。これらは、側鎖型、片末端型及び両末端型のいずれの型でもよい。

[0049] 高分子材料は、例えば、液状等の樹脂を塗布することにより充填することができる。これら塗布の方法としては、スピンコータ、ディスペンサ等により塗布可能である。塗布時に隣接する微小構造体間に充填できるように充分な流動性を有し、必要に応じ、塗布後に流動性を小さくできるような材料であると塗布が容易である。したがって、熱可塑性材料、熱硬化性材料、光硬化性材料、これらを溶剤に溶解した溶解物等が有用である。特に溶剤に可溶な熱可塑性樹脂等の樹脂やそれを溶剤に溶解した溶解物であると、移載後の高分子化合物を溶剤により容易に除去することができる。なお、隣接する微小構造体間の高分子材料の充填は、気泡や空隙ができないように充填してもよいし、基材側に空隙を残すように充填してもよい。微小構造体への衝撃を緩和するという観点からは、微小構造体の厚さの半分以上は充填されていてもよい。気泡ができないように充填する場合においても、製造プロセス上避けることが難しい気泡の混入は許容される。

[0050] なお、高分子材料３として熱硬化性材料又は光硬化性材料を使用し、移載後に熱硬化性材料又は光硬化性材料が強固に硬化している状態の場合、移載後に微小構造体２から高分子材料３を取り除くことが困難になる時がある。そのような場合には、硬化後にゴム状物となる硬化性材料を用いたり、反応率が低くなるように、例えばＢステージ状になるように硬化性材料を硬化させたり、硬化性材料の組成物中にゴム成分を含有させることで硬化物の柔軟性を高めたり、することができる。

[0051] また、光照射により接着力が低下する光硬化性材料も使用することができる。ＵＶ照射により接着力（粘着力）が低下する光硬化性材料が、ダイシングテープとして広く使用されており、代表的には、（メタ）アクリル共重合体等のベース樹脂、多官能（メタ）アクリレート等の光硬化成分、及び、光ラジカル発生剤等の光開始剤を含有する。この場合、移載方法において使用されるレーザの波長の吸収が充分に小さい光開始剤を使用することが好ましい。

[0052] 微小構造体２の移載先である受け取り基板としては、特に制限はないが、

例えば、サファイア基板、ＧａＡｓ基板（ヒ化ガリウム基板）、Ｓｉ基板、ＳｉＣ基板、石英基板等の無機透明基板を好適に用いることができる。本発明の移載方法に後続する工程において、受け取り基板を通したレーザ照射がない場合には不透明な基板であってもよい。同様に、後続する工程において、受け取り基板が過度な加熱下に晒されたり、過度な化学処理下に晒されたりしなければ有機基板を採用することもできる。受け取り基板の形状は、例えば、四角形状や円形状が典型的であるが、楕円形状、四角形以外の多角形状、多角形の辺の一部が曲線で置換された形状等であってもよく、長尺なテープ形状であってもよい。必要に応じて、基材の外縁部にオリフラやノッチを設けることで取り扱いがしやすく、位置調整が容易となる。

[0053] また、微小構造体２が移載される受け取り基板の面（移載面）には、例えば、移載された微小構造体を一時的又は永続的に保持する接着層を部分的又は全面に有することができる。ここで、微小構造体２と高分子材料３が一緒に移載される場合には、高分子材料３によって微小構造体２を受け取り基板に保持することができる。

[0054] 本発明において、例えば、複数の微小構造体が設けられた基材上に高分子材料を塗布し、高分子材料が設けられた側に受け取り基板を接触させることで得られる積層体を用いて、レーザを照射することができる。必要に応じて、塗布後に溶剤の乾燥工程を設けることができる。同様に、必要に応じて、受け取り基板の接触前後に硬化工程を設けることができる。また、受け取り基板を接触させた状態ではなく、離間した状態、すなわち非接触状態でレーザを照射してもよい。受け取り基板を接触させた積層体を使用する場合、基材と受け取り基板は同じ形状であることが好ましい。

[0055] また、受け取り基板上に高分子材料を塗布し、塗布された高分子材料を基材上に設けられた複数の微小構造体に押し当てることにより、隣接する微小構造体間に高分子材料を充填することもできる。この場合、必要に応じ、塗布後ではなく、充填後に高分子材料の流動性を小さくすることができる。

[0056] ［第一レーザ照射工程］

本発明の移載方法における第一レーザ照射工程では、例えば図３に示すように、微小構造体２に向けて基材１を通してレーザＬ１を照射する。

[0057] また、本発明の移載方法における第一レーザ照射工程では、微小構造体２に向けたレーザＬ１は、微小構造体２に対応する領域１２に照射される。

[0058] ここで、微小構造体２に対応する領域１２は、微小構造体２だけを含んでいてもよいし、或いは、図３に示すように、微小構造体２と、高分子材料３のうち微小構造体２に隣接する部分３４とを含んでもよい。また、第二レーザ照射工程により基材１からの剥離が可能な範囲であれば、微小構造体２の外縁部分より内側の領域であってもよい。したがって、微小構造体２に対応する領域の面積は、微小構造体２の面積の９０～１２０％程度であることが好ましく、９５～１１０％程度であることがより好ましく、９８～１０５％であることが特に好ましい。

[0059] なお、第一レーザ照射工程において、微小構造体２に対応する領域１２への照射は、必ずしも一回の照射で行われる必要はない。例えば、照射領域を変えて複数回の照射を行うことで、微小構造体２への衝撃を緩和することができる。また、基材１から微小構造体２を剥離させるには不十分に弱いエネルギー密度で、照射領域が重なるように、複数回の照射を行うことで微小構造体２への衝撃を緩和するとともに、異物の発生も低減することができる。さらには、微小構造体２の外縁部分より内側の領域を照射した後に微小構造体全体を照射してもよい。

[0060] この例の第一レーザ照射工程におけるレーザＬ１の照射により、高分子材料３のうち隣接する微小構造体２間を充填する部分３１は基材１上に留まったまま（剥離させず）、微小構造体２を基材１から剥離することができる。高分子材料３の一部３１の存在により、微小構造体２は、基材１から分離しない状態を維持することができる。

[0061] 第一レーザ照射工程におけるレーザＬ１の照射条件については、後述する。

[0062] ［第二レーザ照射工程］

第二レーザ照射工程では、例えば図４に示すように、高分子材料３に向けて基材１を通してレーザＬ２を照射する。

[0063] 第二レーザ照射工程では、高分子材料３に向けてレーザＬ２を照射すればよいが、図４に示すように更に微小構造体２に向けてレーザＬ２を照射しても構わない。更には、複数の微小構造体２に向けてレーザＬ２を照射してもよく、複合体１０の全面にレーザＬ２を照射してもよい。なお、複合体の面積が大きい場合、高パワーのレーザ発振器が必要になるため、照射領域が大きくなりすぎないように、レーザをライン状や矩形状に成形することが好ましい。

[0064] この例の第二レーザ照射工程におけるレーザＬ２の照射により、高分子材料３のうち隣接する微小構造体２間を充填する部分３１を基材１から剥離することができる。

[0065] 典型的には、第一レーザ照射工程の後に、第二レーザ照射工程が行われる。上記の通り、第一レーザ照射工程の後では、微小構造体２は、基材１から剥離はされているものの、基材１から分離しない状態を維持することができる。

[0066] 本発明では、基材１から微小構造体２を剥離するために必要な最小エネルギー密度Ａが、基材１から高分子材料３を剥離するために必要な最小エネルギー密度Ｂよりも大きい場合に特に有効である。この場合、最小エネルギー密度Ａで一様に移載工程を行うと、そのエネルギー密度の大きさにより微小構造体２への衝撃が大きくなりやすく、微小構造体２に欠けやクラックが発生する原因となりやすい。本発明は、微小構造体２への衝撃が大きくなりやすい最小エネルギー密度Ａや、それ以上のエネルギー密度で微小構造体にレーザを照射したとしても、高分子材料３の存在により衝撃が緩和されるため、微小構造体２に欠けやクラックが発生するのを抑制することができる。したがって、エネルギー密度をより大きくし、転写成功率を向上させることが可能となる。

[0067] また、第一レーザ照射工程において、最小エネルギー密度Ａ未満のレーザ

を微小構造体２に照射したとしても、第二レーザ照射工程において、微小構造体を含むようにレーザを照射することで移載が可能となるというメリットもある。したがって、微小構造体へのレーザ照射による衝撃を緩和することができる。このように、第一レーザ照射工程における微小構造体２の基材１からの剥離が完全でない場合や、その後の温度低下により剥離された微小構造体２が基材１に再固着した場合においても、第二レーザ照射工程により移載が可能となる。

[0068] 第二レーザ照射工程は、必要に応じて、複数回行うこともできる。また、第二レーザ照射工程を１回行って１つの微小構造体２を基材１から分離した後、別の微小構造体２に対して第一レーザ照射工程を行ってもよい。

[0069] 以下、第一レーザ照射工程及び第二レーザ照射工程におけるレーザＬ１及びＬ２の照射条件の好ましい態様及び具体例を説明する。

[0070] 第一レーザ照射工程及び第二レーザ照射工程におけるレーザＬ１及びＬ２の波長は、微小構造体２を構成する材料及び高分子材料３を考慮して、適宜設定できる。例えば、波長２４８ｎｍエキシマレーザ、波長２６６ｎｍエキシマレーザ、波長１９３ｎｍエキシマレーザ、又は波長３５１ｎｍエキシマレーザとすることができるが、特に限定されない。

[0071] 例えば、第一レーザ照射工程を、高分子材料３が充分にアブレーションするエネルギー密度（例えば７００ｍＪ／ｃｍ^{2}以上２０００ｍＪ／ｃｍ^{2}以下）で行うことができる。

[0072] ここで、アブレーションとは、一般的に、固体又は液体の表面にレーザ光を照射した時に、プラズマの発生とともに表面の構成物質が爆発的に放出される現象である。一般的には、高分子材料をアブレーションした場合、高分子材料が熱分解及び光分解される。また、高分子材料３をアブレーションした場合、高分子材料の一部は煤（すす）状の炭素系デブリスとなる場合がある。

[0073] 高分子材料３がポリイミドである場合、例えば、第一レーザ照射工程におけるエネルギー密度を波長２４８ｎｍ　パルス幅２０ｎ秒において４０ｍＪ

／ｃｍ^{2}以上４００ｍＪ／ｃｍ^{2}以下にすることが好ましく、８０ｍＪ／ｃｍ^{2}以上３００ｍＪ／ｃｍ^{2}以下にすることがより好ましい。高分子材料３がシリコーンである場合、例えば、第一レーザ照射工程におけるエネルギー密度を波長２４８ｎｍ　パルス幅２０ｎ秒において１００ｍＪ／ｃｍ^{2}以上５００ｍＪ／ｃｍ^{2}以下にすることが好ましく、２００ｍＪ／ｃｍ^{2}以上４００ｍＪ／ｃｍ^{2}以下にすることがより好ましい。高分子材料３がアクリル樹脂である場合、例えば、第一レーザ照射工程におけるエネルギー密度を波長２４８ｎｍ　パルス幅２０ｎ秒において４０ｍＪ／ｃｍ^{2}以上７００ｍＪ／ｃｍ^{2}以下にすることが好ましく、８０ｍＪ／ｃｍ^{2}以上４００ｍＪ／ｃｍ^{2}以下にすることがより好ましい。

[0074] 複数の微小構造体２が基材１上にＧａＮ２１を介して設けられている場合、例えば、第一レーザ照射工程を、ＧａＮを熱分解するエネルギー密度（例えば、波長２４８ｎｍ　パルス幅２０ｎ秒において０．８Ｊ／ｃｍ^{2}以上２Ｊ／ｃｍ^{2}以下）で行うことができる。

[0075] このような第一レーザ照射工程であれば、基材１上にＧａＮ２１を介して設けられた微小構造体２を基材１から確実に剥離することができる。

[0076] 第二レーザ照射工程は、例えば、高分子材料３が充分にアブレーションするエネルギー密度未満で行うことができる。すなわち、第二レーザ照射工程におけるレーザＬ２のエネルギー密度は、第一レーザ照射工程におけるレーザＬ１のエネルギー密度より小さくすることができる。微小構造体２に設けられた領域に与える影響を小さくするためには、第二レーザ照射工程におけるエネルギー密度は、第一レーザ照射工程におけるエネルギー密度よりも充分に小さくすることが好ましい。波長２４８ｎｍ　パルス幅２０ｎ秒において１００ｍＪ／ｃｍ^{2}以上の差を有することが好ましく、３００ｍＪ／ｃｍ^{2}以上の差を有することがより好ましく、５００ｍＪ／ｃｍ^{2}以上の差を有することが特に好ましい。エネルギー密度の差の上限は、特に限定されないが、例えば１２００ｍＪ／ｃｍ^{2}とすることができる。なお、「高分子材料が充分にアブレーションするエネルギー密度未満」とは、言い換えると、微小構造

体が移載可能なエネルギー密度よりも小さいことを意味する。このような充分に弱いエネルギー密度の照射を複数回に分けて行うことで炭素系デブリスの発生を抑制しながら移載することができる。より弱いエネルギー密度で、より多くの回数の照射を行う方が、炭素系デブリスの発生を抑制することができるが、スループット向上の観点からは、照射の回数を２回～２０回程度にすることが好ましく、２回～１０回程度にすることがより好ましい。

[0077] 一方、炭素系デブリスの発生を許容したり、炭素系デブリスが発生しづらい高分子材料を使用したりする場合には、高分子材料が充分にアブレーションするエネルギー密度、換言すると上記最小エネルギー密度Ｂ以上のエネルギー密度で照射を行ってもよい。

[0078] 例えば、第二レーザ照射工程を、高分子材料３が気化するエネルギー密度で行うことができる。

[0079] このような第二レーザ照射工程をおこなうことで、高分子材料３を気化させることができる。

[0080] 第二レーザ照射工程を、高分子材料３由来の炭素系デブリス発生を抑制し得るエネルギー密度で行うことが好ましい。

[0081] 第二レーザ照射工程は、このように炭素系デブリス発生を抑制しながら行うことが好ましい。第二レーザ照射工程では、デブリス発生がゼロであるようなエネルギー密度（例えば、０．０８Ｊ／ｃｍ^{2}以下）にすることが最も好ましい。一方で、移載成功率の観点からは、高分子材料３を十分にアブレーションした時のデブリス発生量と比較して１０％以下のデブリス発生量となるようにエネルギー密度を高くしてもよい。

[0082] 具体例としては、第二レーザ照射工程におけるレーザ照射のエネルギー密度は、例えば、３０～５００ｍＪ／ｃｍ^{2}とすることができる。

[0083] 具体的には、例えば、高分子材料３がポリイミドであり、波長１９３ｎｍのレーザＬ２を使用した場合、そのエネルギー密度は２０ｍＪ／ｃｍ^{2}以上程度であることが好ましく、２０～２００ｍＪ／ｃｍ^{2}程度であることがより好ましい。同様に、波長２４８ｎｍのレーザＬ２を使用した場合、そのエネル

ギー密度は３０ｍＪ／ｃｍ^{2}以上程度であることが好ましく、３０～５００ｍＪ／ｃｍ^{2}程度であることがより好ましい。波長２６６ｎｍのレーザＬ２を使用した場合、そのエネルギー密度は４０ｍＪ／ｃｍ^{2}以上程度であることが好ましく、４０～４００ｍＪ／ｃｍ^{2}程度であることがより好ましい。波長３５１ｎｍのレーザＬ２を使用した場合、そのエネルギー密度は８０ｍＪ／ｃｍ^{2}以上程度であることが好ましい。

[0084] また、波長１９３ｎｍのレーザＬ２を使用し、高分子材料３がポリスチレンの場合、そのエネルギー密度は１０ｍＪ／ｃｍ^{2}以上程度であることが好ましい。波長１９３ｎｍのレーザＬ２を使用し、高分子材料３がアクリル樹脂の場合、そのエネルギー密度は６０ｍＪ／ｃｍ^{2}以上程度であることが好ましい。

[0085] 本発明の移載方法は、例えば、レーザリフトオフ（Ｌａｓｅｒ　Ｌｉｆｔ－Ｏｆｆ：ＬＬＯ）やＬＩＦＴ（Ｌａｓｅｒ　Ｉｎｄｕｃｅｄ　Ｆｏｒｗａｒｄ　Ｔｒａｎｓｆｅｒ）の１種であり得る。本発明の移載方法に使用される具体的な装置構成や、操作方法などは、例えば、国際公開第２０１９／２４４３６２号を参考に実施可能である。

[0086] 本発明の移載工程を使用すると、移載工程における微小構造体３への衝撃を緩和することができるため、脆く割れやすい微小構造体３への適用が効果的である。脆く割れやすい微小構造体３としては、例えば、赤色ＬＥＤチップや、Ｂｕｍｐなどの凹凸面を有するＬＥＤチップが挙げられる。Ｂｕｍｐを搭載している場合、電極上に、更にＢｕｍｐが形成されているため凹凸差が大きいため、破損しやすい。また、ＭＥＳＡ領域を有する微小構造体は一般的にＭＥＳＡ領域の両端に電極が形成されているため、微小ながら凹凸のある形状となっており、破損しやすい。

[0087] また、マイクロＬＥＤチップ（短辺が１００μｍ以下、さらには５０μｍ以下のＬＥＤ素子）と比べてサイズが大きいミニＬＥＤチップ（短辺が１００μｍ以上～数１００μｍのＬＥＤ素子）は、チップを移載する際、チップが割れてしまう不具合が多い。また、マイクロＬＥＤチップも上記したよう

に凹凸面を有する場合に破損しやすい。赤色ＬＥＤチップは、青色もしくは緑色のＬＥＤチップとは構成される元素群が異なることから、比較的脆く、割れやすい欠点がある。そのため同様にして、移載工程にて割れる現象があった。

[0088] また、微小構造体３の本体の厚さは、特に制限されないが、好ましくは３～１０μｍ程度である。前記電極の厚さは特に制限されないが、好ましくは２μｍ以下であり、前記Ｂｕｍｐの厚さは特に制限されないが、好ましくは１～１０μｍ程度である。

[0089] また、本発明における高分子材料３は、基材１上に設けられた複数の微小構造体２をレーザ照射により前記基材１から移載する時に、微小構造体２を移載時の衝撃から保護するために設けられる保護材として有用である。この保護材は微小構造体２の移載後に除去されると、微小構造体２自体の利用が容易になるため好ましい。

[0090] また、本発明のコンセプトは移載方法に有効に適用できるが、剥離方法にも同様に適用可能である。例えば、基材上に設けられた複数の微小構造体をレーザ照射により前記基材から剥離する剥離方法であって、少なくとも隣接する前記微小構造体間は、高分子材料で充填されており、前記微小構造体に向けて前記基材を通してレーザを照射する第一レーザ照射工程、及び、前記高分子材料に向けて前記基材を通してレーザを照射する第二レーザ照射工程を有し、第一レーザ照射工程において、前記微小構造体に向けたレーザは、前記微小構造体に対応する領域に照射される、剥離方法が挙げられる。剥離方法において使用される各構成部材や条件等については、前述した移載方法におけるものを使用することができる。

[0091] また、本発明における高分子材料３は、基材１上に設けられた複数の微小構造体２をレーザ照射により前記基材１から剥離する時に、微小構造体２を剥離時の衝撃から保護するために設けられる保護材として有用である。この保護材は微小構造体２の剥離後に除去されると、微小構造体２自体の利用が容易になるため好ましい。一方で、剥離後に保護材を除去せずに、一時的又

は永続的に微小構造体の支持体として使用してもよい。

実施例

[0092] 以下、実施例及び比較例を用いて本発明を具体的に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

[0093] （実施例１）

［複合体の準備］

まず、図１及び図２を参照しながら説明した複合体１０と同様の構造を有する複合体を準備した。準備した複合体１０において、基材１は厚さ７００μｍ、直径４インチのサファイア基板であり、複数の微小構造体２は、それぞれ０．３８ｍｍ角のＬＥＤチップであり、基材１上にＧａＮ２１を介して設けられていた。なお、微小構造体は、幅７５μｍのストリートを挟んでマトリクス状に約５万個が基材上に配列していた。高分子材料３は、ポリイミドであり、図１及び図２に示すのと同様に、少なくとも隣接する微小構造体２間を充填している部分３１、微小構造体２上を覆う部分３２及び微小構造体２の外側を覆う部分３２を含んでいた。次いで、受け取り基板として基材と同じ形状の石英基板を準備し、複合体の高分子材料３が設けられた側に接触させて張り合わせて積層体を得た。得られた積層体をレーザ照射装置のステージに吸着固定した。

[0094] ［第一レーザ照射工程］

この状態で、複合体１０の基材１側から、図３に示すように、微小構造体２に対応する領域１２にレーザＬ１を照射した。レーザＬ１は、波長２４８ｎｍパルス幅２０ｎ秒においてのエキシマレーザとし、そのエネルギー密度（照射密度）は１１００ｍＪ／ｃｍ^{2}とした。この第一レーザ照射工程により、微小構造体２は、基材から剥離されたが、高分子材料３の存在により基材１から分離されていない状態を保っていた。

[0095] ［第二レーザ照射工程］

図４に示すように、微小構造体２及び高分子材料３にレーザＬ２を照射した。レーザＬ２は、波長２４８ｎｍのエキシマレーザとし、そのエネルギー

密度（照射密度）は１５０ｍＪ／ｃｍ^{2}とした。この第二レーザ照射工程により、微小構造体１が、基材１から分離し、受け取り基板へと移載された。

[0096] 移載後の受け取り基板上の約５万個の微小構造体を確認したところ、移載による微小構造体２の目立ったクラック及び欠けは見当たらなかった。図５に光学顕微鏡写真を示す。

[0097] （実施例２）

高分子材料３をシリコーンとし、第二レーザ照射工程におけるレーザＬ２を、波長２４８ｎｍのエキシマレーザとし、そのエネルギー密度（照射密度）は３００ｍＪ／ｃｍ^{2}としたこと以外は実施例１と同様にして、複合体１０からの微小構造体２の移載を行った。移載後の受け取り基板上の約５万個の微小構造体を確認したところ、移載による微小構造体２の目立ったクラック及び欠けは見当たらなかった。

[0098] （実施例３）

高分子材料３をアクリル樹脂とし、第二レーザ照射工程におけるレーザＬ２を、波長２４８ｎｍのエキシマレーザとし、そのエネルギー密度（照射密度）は２００ｍＪ／ｃｍ^{2}としたこと以外は実施例１と同様にして、複合体１０からの微小構造体２の移載を行った。移載後の受け取り基板上の約５万個の微小構造体を確認したところ、移載による微小構造体２の目立ったクラック及び欠けは見当たらなかった。

[0099] （実施例４）

第二レーザ照射工程におけるレーザＬ２を、波長１９３ｎｍのエキシマレーザとし、そのエネルギー密度（照射密度）は１００ｍＪ／ｃｍ^{2}としたこと以外は実施例１と同様にして、複合体１０からの微小構造体２の移載を行った。移載後の受け取り基板上の約５万個の微小構造体を確認したところ、移載による微小構造体２の目立ったクラック及び欠けは見当たらなかった。

[0100] （実施例５）

第二レーザ照射工程におけるレーザＬ２を、波長３０８ｎｍのエキシマレーザとし、そのエネルギー密度（照射密度）は２００ｍＪ／ｃｍ^{2}としたこと

以外は実施例１と同様にして、複合体１０からの微小構造体２の移載を行った。移載後の受け取り基板を確認したところ、移載による微小構造体２のクラック及び欠けは見当たらなかった。

[0101] （実施例６）

第二レーザ照射工程におけるレーザＬ２を、波長３５１ｎｍのエキシマレーザとし、そのエネルギー密度（照射密度）は２００ｍＪ／ｃｍ^{2}としたこと以外は実施例１と同様にして、複合体１０からの微小構造体２の移載を行った。移載後の受け取り基板上の約５万個の微小構造体を確認したところ、移載による微小構造体２の目立ったクラック及び欠けは見当たらなかった。

[0102] （比較例）

第一レーザ照射工程において微小構造体２及び高分子材料３のすべてにレーザＬ１を照射し、第二レーザ照射工程を行わなかったこと以外は実施例１と同様にして、複合体１０からの微小構造体２の移載を行った。移載後の受け取り基板上の約５万個の微小構造体を確認したところ、移載により、殆どの微小構造体２にクラックが発生していた。図６に光学顕微鏡写真を示す。

[0103] 以上の結果により、本発明の移載方法であれば、クラックや欠けの発生を抑制しながら微小構造体２を移載できることが確認された。

[0104] また、実施例１～６の移載後の基材１には、高分子材料３由来のデブリスが残っていなかった。

[0105] 本明細書は、以下の態様を包含する。

［１］基材上に設けられた複数の微小構造体をレーザ照射により前記基材から移載する移載方法であって、

少なくとも隣接する前記微小構造体間は、高分子材料で充填されており、

前記微小構造体に向けて前記基材を通してレーザを照射する第一レーザ照射工程、及び、

前記高分子材料に向けて前記基材を通してレーザを照射する第二レーザ照射工程

を有し、

第一レーザ照射工程において、前記微小構造体に向けたレーザは、前記微小構造体に対応する領域に照射される、移載方法。

［２］前記第一レーザ照射工程の後に、前記第二レーザ照射工程を行う［１］記載の移載方法。

［３］前記第二レーザ照射工程において、前記高分子材料及び前記微小構造体に向けてレーザを照射する［１］又は［２］記載の移載方法。

［４］前記第一レーザ照射工程を、前記高分子材料が充分にアブレーションするエネルギー密度で行う［１］～［３］のいずれか１つに記載の移載方法。

［５］前記複数の微小構造体は前記基材上にＧａＮを介して設けられており、

前記第一レーザ照射工程を、ＧａＮを熱分解するエネルギー密度で行う［１］～［４］のいずれか１つに記載の移載方法。

［６］前記第二レーザ照射工程を、前記高分子材料が充分にアブレーションするエネルギー密度未満で行う［１］～［５］のいずれか１つに記載の移載方法。

［７］前記第二レーザ照射工程を、前記高分子材料が気化するエネルギー密度で行う［６］記載の移載方法。

［８］前記第二レーザ照射工程を、前記高分子材料由来の炭素系デブリス発生を抑制し得るエネルギー密度で行う［７］記載の移載方法。

［９］前記第一レーザ照射工程及び前記第二レーザ照射工程における前記レーザ照射は、波長２４８ｎｍエキシマレーザによる照射であり、

前記第一レーザ照射工程におけるレーザ照射のエネルギー密度は、７００ｍＪ／ｃｍ^{2}以上であり、

前記第二レーザ照射工程におけるレーザ照射のエネルギー密度は、３０～５００ｍＪ／ｃｍ^{2}である［１］～［８］のいずれか１つに記載の移載方法。

［１０］前記第二レーザ照射工程を、複数回行う［１］～［９］のいずれか１つに記載の移載方法。

［１１］前記複数の微小構造体が設けられた基材は、前記複数の微小構造体を覆うように高分子材料により被覆されている［１］～［１０］のいずれか１つに記載の移載方法。

[0106] 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] 基材上に設けられた複数の微小構造体をレーザ照射により前記基材から移載する移載方法であって、

少なくとも隣接する前記微小構造体間は、高分子材料で充填されており、

前記微小構造体に向けて前記基材を通してレーザを照射する第一レーザ照射工程、及び、

前記高分子材料に向けて前記基材を通してレーザを照射する第二レーザ照射工程

を有し、

第一レーザ照射工程において、前記微小構造体に向けたレーザは、前記微小構造体に対応する領域に照射される、移載方法。

[請求項2] 前記第一レーザ照射工程の後に、前記第二レーザ照射工程を行う請求項１記載の移載方法。

[請求項3] 前記第二レーザ照射工程において、前記高分子材料及び前記微小構造体に向けてレーザを照射する請求項１記載の移載方法。

[請求項4] 前記第一レーザ照射工程を、前記高分子材料が充分にアブレーションするエネルギー密度で行う請求項１記載の移載方法。

[請求項5] 前記複数の微小構造体は前記基材上にＧａＮを介して設けられており、

前記第一レーザ照射工程を、ＧａＮを熱分解するエネルギー密度で行う請求項１記載の移載方法。

[請求項6] 前記第二レーザ照射工程を、前記高分子材料が充分にアブレーションするエネルギー密度未満で行う請求項１記載の移載方法。

[請求項7] 前記第二レーザ照射工程を、前記高分子材料が気化するエネルギー密度で行う請求項６記載の移載方法。

[請求項8] 前記第二レーザ照射工程を、前記高分子材料由来の炭素系デブリス発生を抑制し得るエネルギー密度で行う請求項７記載の移載方法。

[請求項9] 前記第一レーザ照射工程及び前記第二レーザ照射工程における前記レーザ照射は、波長２４８ｎｍエキシマレーザによる照射であり、

前記第一レーザ照射工程におけるレーザ照射のエネルギー密度は、７００ｍＪ／ｃｍ^{2}以上であり、

前記第二レーザ照射工程におけるレーザ照射のエネルギー密度は、３０～５００ｍＪ／ｃｍ^{2}である請求項１記載の移載方法。

[請求項10] 前記第二レーザ照射工程を、複数回行う請求項１記載の移載方法。

[請求項11] 前記複数の微小構造体が設けられた基材は、前記複数の微小構造体を覆うように高分子材料により被覆されている請求項１記載の移載方法。