明　細　書

発明の名称 ：

スタンプ、保持部、移載方法、電気・電子応用製品の製造方法、ディスプレイの製造方法およびスタンプに保持する保持方法

技術分野

[0001] 本発明は、基板上に形成、若しくは、配置された半導体素子等の微小構造体を別の基板に移載するためのスタンプ、当該スタンプの保持部、当該スタンプによる移載方法、当該移載方法を用いた電気・電子応用製品の製造方法、ディスプレイの製造方法およびスタンプに保持する保持方法に関するものである。

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、スタンプを用いた微小構造体移載技術が注目されている。特に、この技術を用いて、一度に一つ、あるいは複数、さらには何万個という大量のミニＬＥＤ（短辺が１００μｍ以上～数１００μｍのＬＥＤ）、あるいは、マイクロＬＥＤ（短辺が１００μｍ以下、さらには、５０μ以下）を移載することにより、サイネージ、ＴＶ、医療用、車載、Ｐａｄ、スマートフォン、スマートウォッチ等のディスプレイ、ＡＲ／ＶＲなど用の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] 当該スタンプは、例えば、ＰＤＭＳ（ポリジメチルシロキサン）ゴムを用いた凸状の保持部２を有しており、当該保持部２に微小構造体を付着させて供給基板から受取基板へ移送することができる。しかしながら、加圧条件や基板の厚み、ドット高さ、スタンプの面積、マイクロＬＥＤの高さ位置の不良など、様々な条件によってスタンプの保持部２以外の部分に微小構造体が意図せず付着してしまうことがある。また、洗浄液中などのプロセス環境にコンタミとして存在することがあるマイクロＬＥＤや、他の異物などがスタンプの取り扱い中に付着してしまう場合もある。特にマイクロＬＥＤが付着

した場合、スタンプとの接触面積が比較的大きいため、洗浄での除去が非常に困難である。このようなマイクロＬＥＤが付着したスタンプを使用して、再度ピックアップをすると、付着していたマイクロＬＥＤが新しいマイクロＬＥＤに接触し損傷する可能性がある。また、異物が付着したスタンプを使用した場合、移載元のマイクロＬＥＤや移載先のマイクロＬＥＤや基板等に異物を付着させ、不良の原因となり得る。そこで、図１に示すように、保持部２以外の部分に小さい突起49を設けることで意図せぬマイクロＬＥＤの付着を防止することも考えられている（例えば、特許文献１）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第６４５３４３７

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、スタンプの保持部２以外の面を粗面にしても、スタンプの保持部２以外の部分に微小構造体が意図せず付着するのを完全に防止することは難しい。一方、スタンプの保持部２以外の面に突起49を設けると、付着した微小構造体がスタンプの洗浄工程の前にスタンプから脱落してしまい、移送経路等を汚染する原因となる。

[0006] そこで本発明は、スタンプの保持部以外の面に微小構造体が付着するのを抑制するとともに、当該面に意図せず微小構造体が付着した場合には、スタンプからの脱落を抑制できるスタンプ、スタンプ用の保持部、当該スタンプによる移載方法、当該移載方法を用いた電気・電子応用製品の製造方法、ディスプレイの製造方法およびスタンプに保持する保持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

[0007] （Ｘ１）上記目的を達成するために、本発明のスタンプは、微小構造体を移載するためのスタンプであって、基板上に形成されたベース部と、前記ベ

ース部上に形成され、前記微小構造体を保持するための保持面を有する保持部と、前記ベース部上の前記保持部の周囲に形成され、前記保持面よりも高さが低い付着抑制面を有する凸部を複数有する付着抑制部と、を具備し、前記付着抑制部に前記微小構造体が付着した場合に、当該付着抑制部は当該微小構造体の自重以下の力では外れない粘着力を有するように形成されることを特徴とする。

[0008] （Ｘ２）また、本発明のスタンプは、微小構造体を移載するためのスタンプであって、基板上に形成されたベース部と、前記ベース部上に形成され、前記微小構造体を保持するための保持面を有する保持部と、前記ベース部上の前記保持部の周囲に形成され、前記保持面よりも高さが低い付着抑制面を有する凸部を複数有する付着抑制部と、を具備し、前記付着抑制面の面積Ｂは、前記保持面の面積Ａの１／１００倍以上であることを特徴とする。

[0009] （Ｘ３）この場合、前記付着抑制面の面積Ｂは、前記保持面の面積Ａの１／２倍以下である方がよい。

[0010] （Ｘ４）また、本発明のスタンプは、微小構造体を移載するためのスタンプであって、基板上に形成されたベース部と、前記ベース部上に形成され、前記微小構造体を保持するための保持面を有する保持部と、前記ベース部上の前記保持部の周囲に形成され、前記保持面よりも高さが低い付着抑制面を有する凸部を複数有する付着抑制部と、を具備し、前記付着抑制部は、前記保持面と同形状の平面と前記付着抑制部とが任意の位置で接触した場合に、当該平面と前記付着抑制面との合計接触面積Ｔが前記保持面の面積Ａの１／１００倍以上となる形状であることを特徴とする。

[0011] （Ｘ５）この場合、前記付着抑制部は、前記保持面と同形状の平面と前記付着抑制部とが任意の位置で接触した場合に、当該平面と前記付着抑制面との合計接触面積Ｔが前記保持面の面積Ａの１／２倍以下となる形状である方がよい。

[0012] （Ｘ６）また、本発明のスタンプは、微小構造体を移載するためのスタンプであって、基板上に形成されたベース部と、前記ベース部上に形成され、

前記微小構造体を保持するための保持面を有する保持部と、前記ベース部上の前記保持部の周囲に形成され、前記保持面よりも高さが低い付着抑制面を有する凸部を複数有する付着抑制部と、を具備し、前記付着抑制部は、前記微小構造体と前記付着抑制面とが任意の位置で接触した場合に、前記付着抑制面との合計接触面積Ｔ´が前記微小構造体の面積Ａ´の少なくとも１／１００倍以上となる形状であることを特徴とするスタンプ。

[0013] （Ｘ７）ここで、前記付着抑制部は、前記微小構造体と前記付着抑制部とが任意の位置で接触した場合に、前記付着抑制面との合計接触面積Ｔ´が前記微小構造体の面積Ａ´の多くとも１／２倍以下となる形状である方がよい。

[0014] （Ｘ８）また、本発明のスタンプは、微小構造体を移載するためのスタンプであって、基板上に形成されたベース部と、前記ベース部上に形成され、前記微小構造体を保持するための保持面を有する保持部と、前記ベース部上の前記保持部の周囲に形成され、前記保持面よりも高さが低い付着抑制面を有する凸部を複数有する付着抑制部と、を具備し、前記付着抑制面を構成する材料の粘着力と前記付着抑制面の面積の積が、前記付着保持部を構成する材料の粘着力と前記付着保持部の面積の積の１／１００倍以上となる形状であることを特徴とする。

[0015] （Ｘ９）ここで、前記付着抑制面を構成する材料の粘着力と前記付着抑制面の面積の積が、前記付着保持部を構成する材料の粘着力と前記付着保持部の面積の積の１／２倍以下である方がよい。

[0016] （Ｘ１０）また、本発明のスタンプは、微小構造体を移載するためのスタンプであって、基板上に形成されたベース部と、前記ベース部上に形成され、前記微小構造体を保持するための保持面を有する保持部と、を具備し、前記ベース部と前記保持面を連結する側面上に、前記保持面よりも高さが低い付着抑制面を有する凸部を複数有することを特徴とする。

[0017] （Ｘ１１）ここで、前記保持部の少なくとも一部分は、円柱形状、多角柱形状、円錐台形状、多角錐台形状、これらの一部分を面取りした形状である

方がよい。

[0018] （Ｘ１２）また、本発明の移載方法は、上述した本発明のスタンプを使用して微小構造体を移載することができる。また、本発明の電気・電子応用製品の製造方法は、当該移載方法により微小構造体を移載する工程を有する。また、本発明のディスプレイの製造方法は、当該移載方法により微小構造体を移載する工程を有する。

[0019] （Ｘ１３）また、本発明の保持部は、微小構造体を移載するためのスタンプの構成部分である保持部であって、前記微小構造体を保持するための保持面と、当該保持面とは反対側の面に向けて延びる側面と、を具備し、前記側面上に付着抑制面を有する凸部を複数有することを特徴とする。

[0020] （Ｘ１４）また、本発明の移載方法は、スタンプで微小構造体を移載するための移載方法であって、前記スタンプの保持面に前記微小構造体を保持するピックアップ工程と、前記スタンプの保持面から前記微小構造体を脱離する脱離工程と、を有し、前記スタンプは、基板上に形成されたベース部と、前記ベース部上に形成され、前記微小構造体を保持するための保持面を有する保持部と、前記ベース部上の前記保持部の周囲に形成され、前記保持面よりも高さが低い付着抑制面を有する凸部を複数有する付着抑制部とを備え、前記付着抑制部に前記微小構造体が付着した場合に、当該付着抑制部は当該微小構造体の自重以下の力では外れない粘着力を有するものであることを特徴とする。

[0021] （Ｘ１５）ここで、前記付着抑制面から前記微小構造体を除去可能な除去工程を有する方がよい。

[0022] （Ｘ１６）また、本発明の移載方法は、移載対象の微小構造体及び移載対象以外の微小構造体をピックアップしたスタンプによる微小構造体の移載方法であって、前記スタンプは、基板上に形成されたベース部と、前記ベース部上に形成され、前記微小構造体を保持するための保持面を有する保持部と、前記ベース部上の前記保持部の周囲に形成され、前記保持面よりも高さが低い付着抑制面を有する凸部を複数有する付着抑制部とを備え、前記移載対

象の微小構造体を前記保持部に保持するピックアップ工程、及び、前記保持部に保持された移載対象の微小構造体を移載する移載工程を有し、前記ピックアップ工程時に前記移載対象以外の微小構造体が前記付着抑制部に保持され、前記付着抑制部に保持された移載対象以外の微小構造体は、前記移載工程時に前記付着抑制部に保持され続けるように前記付着抑制部の粘着力を制御することを特徴とする。

[0023] （Ｘ１７）ここで、前記付着抑制部に保持され続けた前記移載対象以外の微小構造体を除去する除去工程をさらに有し、前記除去工程により前記移載対象以外の微小構造体が除去されるように前記付着抑制部の粘着力又は前記除去工程の除去力を制御するものであってもよい。

[0024] （Ｘ１８）また、本発明の電気・電子応用製品の製造方法は、上述した本発明の移載方法により微小構造体を移載する工程を有する。また、本発明のディスプレイの製造方法は、当該移載方法により微小構造体を移載する工程を有する。

[0025] （Ｘ１９）また、本発明の保持方法は、ピックアップ対象外の微小構造体をスタンプに保持する保持方法であって、前記スタンプは、基板上に形成されたベース部と、前記ベース部上に形成され、前記微小構造体を保持するための保持面を有する保持部と、前記ベース部上の前記保持部の周囲に形成され、前記保持面よりも高さが低い付着抑制面を有する凸部を複数有する付着抑制部とを備え、供給基板上に配置されたピックアップ対象の微小構造体を前記スタンプの前記保持面に保持するピックアップ工程、及び、前記保持面に保持された前記ピックアップ対象の微小構造体を前記保持面から脱離して受取基板に移載する脱離工程を有し、前記ピックアップ工程中に前記供給基板から外れたピックアップ対象外の微小構造体を前記付着抑制部に付着させ、前記ピックアップ対象外の微小構造体を前記スタンプに保持した状態で脱離工程を経て、その後に設けられる除去工程において前記スタンプに保持された状態の前記ピックアップ対象外の微小構造体を前記付着抑制面から除去することを特徴とする。

発明の効果

[0026] 本発明の微小構造体の移載用スタンプ、当該スタンプ用保持部および当該スタンプによる移載方法は、付着抑制部の構造により、意図しない微小構造体の付着が生じた場合に、その意図しない脱落を抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0027] [図1]従来のスタンプを示す概略断面図である。

[図2]本発明のスタンプを示す概略断面図である。

[図3]本発明のスタンプを示す概略平面図である。

[図4]本発明のスタンプを示す概略平面図である。

[図5]本発明の別のスタンプを示す概略断面図である。

発明を実施するための形態

[0028] 以下に、本発明のスタンプ100について説明する。本発明のスタンプ100は、図２、図３に示すように、微小構造体200を移載するためのものであって、基板10上に形成されたベース部１と、微小構造体200を保持するための保持面21を有する保持部２と、保持面21よりも高さが低い付着抑制面41を有する凸部４を複数有する付着抑制部３と、で構成される。

[0029] ここで、微小構造体200とは、広義にはおよそ数ｍｍ以下の微小物体を意味する。具体的には、ＩＣチップ、ＩＣ及びＬＳＩを複合実装した１次元から３次元のパッケージ、発光ダイオード（ＬＥＤ）等の無機若しくは有機の半導体からなる素子、抵抗、キャパシタ、コイルなど電気回路素子が微小構造体200の対象であり、通常のチップボンダでは取り扱えないサイズの素子が対象となる。特に、ＬＥＤの場合、数１００μｍ以下サイズの素子へのニーズが高まっている。本発明は、このようなμｍ単位の寸法を少なくとも一部に有する構造体へ好適に適用できる。

[0030] 微小構造体200がＬＥＤの場合、短辺が１００μｍ以上～数１００μｍのＬＥＤの所謂ミニＬＥＤの場合、現在ＬＥＤの高さは１００μｍ乃至１３０μｍのものが入手可能である。短辺が１００μｍ未満、さらには、５０μｍ以下の所謂マイクロＬＥＤの場合にはサファイア基板層が除去され、厚さ６μ

ｍとなってくる。このような場合、スタンプ部品１３の微小構造体200と付着する面部の面内バラツキは、ＬＥＤの厚さ（高さ）のおよそ数倍程度であることが好ましい。

[0031] さらに、電気・電子回路素子以外でも直接真空吸引により掴むことができない微小物体は、本発明の微小構造体移載装置を用いて、任意の移載・組み立てが可能であり、本発明
の移載対象である微小構造体200となる。

[0032] ベース部１とは、基板10上に形成されるもので、後述する保持部２や付着抑制部３の土台となる部分である。ベース部１は保持部２や付着抑制部３の土台となればどのような材質でもよいが、例えばシリコーン系ゴムやＰＤＭＳ（ポリジメチルシロキサン）ゴムなどの樹脂が挙げられる。

[0033] ベース部１は、厚すぎると保持部２が変形した時に、移載対象以外の微小構造体200がベース部１に接触し易くなる。また、加圧時に基板10及びベース部１が加圧方向と対向する側に凸状に変形し易く、この点からも移載対象以外の微小構造体200がベース部１に接触し易くなる。これらは、意図しない微小構造体200の付着の原因になる。したがって、ベース部１は保持部２の高さの３倍以下、好ましくは１倍以下、更に好ましくは１／２倍以下の高さにするのがよい。

[0034] 基板10とはベース部１の土台となる部分である。基板10はベース部１の土台となればどのような材質でもよいが、例えば石英ガラス基板等が挙げられる。石英ガラス基板は、合成石英ガラスであると好ましい。微小構造体200の大きさが小さく、高さが数十μｍより小さくなると、保持部２の土台となるベース部１の平坦性が重要になる。当該平坦性は、おおよそ微小構造体200の高さ程度以内のバラツキであることが好ましい。シリコーン系ゴム膜等のベース部１の平坦性を出すためには、その基材である石英ガラス基板の平坦性が大きく影響する。合成石英ガラスの場合はおよそ１μｍ以下の面内膜厚均一性（ＴＴＶ：ｔｏｔａｌ　ｔｈｉｃｋｎｅｓｓ　ｖａｒｉａｔｉｏｎ）を実現できるため、合成石英ガラスを用いることにより、スタンプ部品全体の

膜厚バラツキを最小化することができる。さらに、合成石英ガラスを使用することのメリットは、微小構造体移載動作を繰りかえす際の熱的安定性が得られることである。すなわち、合成石英ガラス基板は他の石英ガラス基板と比べておよそ１／５の熱膨張係数を有し、動作中の熱歪を小さくできる。特に、保持部２を有するスタンプ100の場合、熱伸縮による保持部２の保持面21の位置ずれ・歪（ディストーション）を低減できるため、正確な移載動作が可能となる。なお、基板10は、ベース部１等と一体に形成するものであってもよい。例えば、基板10と保持部２と付着抑制部３を全て樹脂で一括成型することも可能である。

[0035] また、基板はリジッド基板であることが好ましい。リジッド基板とすることで、ピックアップ工程時における保持部間のベース部のたるみを抑制することができる。そのため、リジッド基板を用いない場合と比べて、ピックアップ工程時にスタンプの加圧を強めることができる。本発明において、リジッド基板とは、ピックアップ工程の加圧時に形状の変化やゆがみが実質的にない基板のことを意味し、その具体例としては、上述した石英ガラス基板等の無機基板や金属基板が挙げられる。なお、リジッド基板であれば、有機基板を使用してもよく、フレキシブル基板に使われる有機材料であっても、基板等の厚みを調整することによりリジッド基板として使用可能となる。可視光線に透明であると、スタンプを通して微小構造体を容易に観察することができ、アライメントが容易になるため好ましい。

[0036] 保持部２とは、ベース部１上に形成され、微小構造体200を保持するための保持面21を有するものである。保持部２の数は、ベース部１上に１つでも複数でもよい。ベース部１上に１つ配置する場合には、供給基板上に密集して配置されている微小構造体200の一つを保持面21に選択的に付着して掴み取り、受取基板上の任意の位置に配置することができる。これにより、不良の微小構造体200の位置に選択的に正常な微小構造体200を移載するリペアに使用することができる。一方、ベース部１上に複数配置する場合には、保持部２の位置に対応した複数の微小構造体200を一度に移載することができる。

[0037] 保持部２の形状は微小構造体200を保持できればどのようなものでもよく、微小構造体200の形状や大きさに合わせて最適に保持できるように適宜設計すればよい。例えば、保持部２の少なくとも一部分は、円柱形状や多角柱形状のような柱状、円錐台形状や多角錐台形状のような錐台状、またはこれらの一部分を面取りした形状、もしくはこれらを組み合わせた形状を用いることができる。

[0038] また、保持部２同士の間隔が大きいと、保持部２が変形した時に、ベース部１に移載対象以外の微小構造体200が接触し易く、意図しない微小構造体200の付着の原因になる。したがって、保持部２同士は、少なくとも保持部２の高さの１／２倍以上、好ましくは１倍以上、更に好ましくは２倍以上の距離だけ離す方がよい。

[0039] また、付着抑制部３の凸部４に移載対象以外の微小構造体200が意図せず付着した場合、保持部２の高さが低いと、移載対象の微小構造体200の移載の妨げになる。したがって、保持部２は、少なくとも凸部４の高さと微小構造体200の厚みの合計の２倍以上、好ましくは３倍以上、更に好ましくは５倍以上の高さに形成する方がよい。

[0040] 保持部２の材質は微小構造体200を損傷させずに保持できればどのような材料でもよいが、例えば、シリコーン系ゴムやＰＤＭＳ（ポリジメチルシロキサン）ゴムなどの樹脂が挙げられる。また、保持部２とベース部１は異なる材料で形成してもよいが、同一の材料で一体に形成してもよい。

[0041] 保持面21は、保持部２のベース部１とは対向する側に設けられた面であり、当該面の粘着力で微小構造体200を保持するためのものである。保持面21は微小構造体200と直接的な接触が可能であり、これによって微小構造体200を保持することができる。保持面21の形状は、微小構造体200を保持できればどのような形でもよく、微小構造体200の形状や大きさに対し最適な粘着力を発揮できるように適宜設計すればよい。例えば、微小構造体200が保持面21で保持される側の面（以下、被保持面201という）が平面視で矩形の場合には、それに合わせて矩形に形成することができる。また、保持面21は、平面に限定

されるものではない。

[0042] 付着抑制部３は、ベース部１上の保持部２の周囲に形成される領域である。また、付着抑制部３には、保持面21よりも高さが低い付着抑制面41を有する凸部４を複数有する。これにより、ベース部１上に微小構造体200が付着するのを抑制することができる。付着抑制部３の材質はどのような材料でもよいが、例えば、シリコーン系ゴムやＰＤＭＳ（ポリジメチルシロキサン）ゴムなどの樹脂が挙げられる。また、付着抑制部３とベース部１は異なる材料で形成してもよいが、同一の材料で一体に形成してもよい。

[0043] このようなスタンプは、例えば、WO2021/132142に記載されるようなインプリント方法で製造することができる。その場合、予め、ベース部、保持部及び付着抑制部の成型パターンを有するモールドを作製することにより、同一材料での一体成型が容易となる。もちろん、他の成型方法であってもよい。また、成型を複数回に分けることで、ベース部、保持部及び付着抑制部を異なる材料で成型することも可能である。

また、付着抑制面及び／又は保持面に異なる材料を設けることで、付着抑制面と保持面の粘着力差を制御することができる。

[0044] 付着抑制面41は、微小構造体200の付着を抑制できればどのような面でもよく、平面でも曲面でもよい。また、これらに加えて、頂点を含む多面構造であってもよく、その場合、ベース部表面（基板表面）に垂直な面による頂点を通る断面形状における頂角は１５０度以上であることが好ましい。付着抑制面の全てが平面又は曲面で構成される必要はなく、部分的に平面又は曲面を有していてもよく、これらの組合せであってもよい。また、中心部分等に凹部による空間を設けたり、よりミクロな凹凸を有したりすることもできる。このように、実質的に平坦な面を付着抑制面として好ましく使用することができる。

[0045] 付着抑制部３は、微小構造体200の付着を抑制するために、保持面21より微小構造体200との粘着力が弱くなるように形成される。例えば、付着抑制部３は、凸部４を複数有することにより、保持面21よりも微小構造体200と付着す

る面積が小さくなるように形成される。

[0046] 付着抑制面の形状は、ベース部表面（基板表面）に垂直な方向から観察した場合の長軸径が短軸径の２倍以下であることが好ましく、１．５倍以下であることが好ましく、１倍であることが特に好ましい。この範囲内にすることで、ピックアップ対象外の微小構造体の付着を抑制しながら付着抑制部における凸部の密度を高めることが容易となる。ここで、短軸径は、付着抑制面の輪郭をこれに接する二本の平行線で挟んだ時の最も小さい間隔と定義し、長軸径は短軸径に直角な方向に測った間隔と定義する。付着抑制面の形状は、円形状、楕円形状、多角形状等の形状にすることで、長軸径と短軸径の関係の制御が容易となる。

[0047] 付着抑制部を構成する凸部とベース部の接続部分（凸部の基部）の形状も、上述した付着抑制面の形状と同様に、ベース部表面（基板表面）に垂直な方向から観察した場合の長軸径が短軸径の２倍以下であることが好ましく、１．５倍以下であることが好ましく、１倍であることが特に好ましい。この範囲内にすることで、ピックアップ対象外の微小構造体の付着を抑制しながら付着抑制部における凸部の密度を高めることが容易となる。ここで、短軸径は、凸部とベース部の接続部分（凸部の基部）の輪郭をこれに接する二本の平行線で挟んだ時の最も小さい間隔と定義し、長軸径は短軸径に直角な方向に測った間隔と定義する。凸部とベース部の接続部分（凸部の基部）の形状は、円形状、楕円形状、多角形状等の形状にすることで、長軸径と短軸径の関係の制御が容易となる。

[0048] 凸部の高さは、凸部とベース部の接続部分（凸部の基部）の長軸径の１．５倍以下とすることが好ましく、１．０倍以下とすることがより好ましい。ベース部表面との距離を確保し、ベース部へのピックアップ対象外の微小構造体の付着を抑制するためには、０．３倍以上とすることが好ましく、０．５倍以上とすることがより好ましい。

[0049] 一方、付着抑制部３は、微小構造体200が付着するのを抑制するだけでなく、図３に示すように、当該付着抑制部３に一度付着したら当該微小構造体200

が自重等によりスタンプ100から移送経路等に脱落するのを抑制できる方が好ましい。このためには、付着抑制部３に微小構造体200が付着した場合に、付着抑制部３は少なくとも微小構造体200の自重以下の力では外れない粘着力を有するように形成される方がよい。このような付着抑制部３としては、移載する微小構造体200を考慮して、種々の設計方法が考えられる。例えば、下記のように設計すればよい。

[0050] （１）保持面21の面積Ａが、保持する微小構造体200の重さを基に形成される場合、付着抑制面41の面積Ｂは、保持面21の面積Ａとの比を用いて設計することができる。発明者は、微小構造体200を安定的に保持するには、保持部面の接着エネルギーは、微小構造体200を保持するのに必要な接着エネルギーの１００倍以上である必要があることを見出した。したがって、保持面21と付着抑制面41が同一材料で形成されている場合、一度付着した微小構造体200がスタンプ100から脱落するのを抑制するためには、付着抑制面41の面積Ｂは、保持面21の面積Ａの１／１００倍以上、好ましくは１／５０倍以上、更に好ましくは１／３０倍以上に形成するのがよい。また、付着抑制部３に微小構造体200が付着するのを抑制するために、付着抑制面41の面積Ｂは、保持面21の面積Ａの１／２倍以下、好ましくは１／５倍以下、更に好ましくは１／１０倍以下に形成するのがよい。

なお、付着抑制面４１が曲面の場合、その面積Ｂは、例えば、ヘルツの接触理論から、下式により見積もることができる。

Ｂ＝ｎπ（３（１－ν２）／４Ｅ）×（Ｌ／ｎ）×ｒ）２／３

ここで、

ｎ：微小構造体２００に接触する凸部４の個数

ｒ：凸部４の曲率半径

Ｅ：凸部４のヤング率

ν：凸部４のポアソン比

Ｌ：微小構造体２００の荷重

である。

[0051] （２）また、保持面21の形状は、一般的には保持する微小構造体200の形状に合わせて形成されるため、当該形状に基づいて設計することもできる。例えば、付着抑制部３は、図４に示すように、保持面21と同形状の仮想の平面300と付着抑制部３とが任意の位置で接触した場合に、当該平面300と付着抑制面41との合計接触面積Ｔと保持面21の面積Ａとの比を用いて設計することができる。一度付着した微小構造体200がスタンプ100から脱落するのを抑制するためには、付着抑制部３は、当該合計接触面積Ｔが保持面21の面積Ａの１／１００倍以上、好ましくは１／５０倍以上、更に好ましくは１／３０倍以上となる形状にするのがよい。また、付着抑制部３に微小構造体200が付着するのを抑制するためには、付着抑制部３は、当該合計接触面積Ｔが保持面21の面積Ａの１／２倍以下、好ましくは１／５倍以下、更に好ましくは１／１０倍以下となる形状にするのがよい。なお、このような合計接触面積Ｔの調節は、付着抑制部３の凸部４の数や配置、付着抑制面41の形状や面積を調節すればよい。なお、前記平面と接触する凸部が４個以上、好ましくは５個以上になるように付着抑制部における凸部の数と配置を調整することで、意図せずに付着したピックアップ対象外の微小構造体の保持が容易となる。この数の上限は１０個程度でれば付着抑制と保持のバランスをとりやすい。

[0052] （３）また、微小構造体200の被保持面201の面積Ａ´に基づいて設計することもできる。付着抑制部３は、図３に示すように、微小構造体200と付着抑制部３とが任意の位置で接触した場合に、当該被保持面201と付着抑制面41との合計接触面積Ｔ´と微小構造体200の面積Ａ´との比を用いて設計すればよい。例えば、一度付着した微小構造体200がスタンプ100から脱落するのを抑制するためには、付着抑制部３は、当該合計接触面積Ｔ´が前記微小構造体200の面積Ａ´の１／１００倍以上、好ましくは１／５０倍以上、更に好ましくは１／３０倍以上となる形状にするのがよい。また、付着抑制部３に微小構造体200が付着するのを抑制するためには、付着抑制部３は、当該合計接触面積Ｔ´が前記微小構造体200の面積Ａ´の１／２倍以下、好ましくは１／５倍以下、更に好ましくは１／１０倍以下となる形状にするのがよい。なお、こ

のような合計接触面積Ｔ´の調節は、付着抑制部３の凸部４の数や、付着抑制面41の形状や面積を調節すればよい。

[0053] （４）また、付着抑制面41を保持面21と異なる材料で構成しても良い。その場合、保持面21と付着抑制面41を構成する材料の粘着力と接触面積の積の比を用いて設計すればよい。保持面21、付着抑制面41を構成する材料の粘着力をそれぞれＰＡ、ＰＢとすると、一度付着した微小構造体200がスタンプ100から脱落するのを抑制するために、ＰＡ×ＡがＰＢ×Ｂの１／１００倍以上、好ましくは１／５０倍以上、更に好ましくは１／３０倍以上となる形状にするのがよい。また、付着抑制部３に微小構造体200が付着するのを抑制するために、ＰＡ×ＡがＰＢ×Ｂの１／２倍以下、好ましくは１／５倍以下、更に好ましくは１／１０倍以下に形成するのがよい。

[0054] なお、上述した保持面21、付着抑制面41を構成する材料の粘着力は、次のようにして測定する。

まず、アルミシャーレの中に保持面21又は付着抑制面41を構成する材料を厚みが１ｍｍとなるようにして、サンプルを形成する。この際、当該サンプルの表面が略水平になるようにして形成する。また、当該サンプルの表面性状は粘着力に影響を与えるため、気泡が残存したり、大きな凹凸や傾斜が存在したりすることなく、平滑な状態を保つようにする。また、測定中を含め、当該サンプルの表面（接着面）にホコリが付かないようにし、接着面に触れたり、異物を付着させたりさせないようにする。

次いで、２３℃、５０％ＲＨ（相対湿度）の環境下で、アルミシャーレの裏面に両面接着テープ（日東電工社製　製品名：一般用両面テープNo.501F）を貼り、島津製作所製社製　小型卓上試験機ＥＺ－ＳＸの試料台である下圧盤に十分に固定する。試験機に取り付けた１ｍｍ角の四角柱状のＳＵＳ製プローブをサンプルの表面（接着面）に垂直になるように上方から下方に向けて押し付ける。この押し付けは、プローブを接着面に０．０５ｍｍ／秒の速度で接触させた後に、１５秒間の接触荷重１ＭＰａを付与する。

その後、押し付けとは逆に、サンプルの表面（接着面）に垂直になるよう

に下方から上方に向けて２００ｍｍ／ｍｉｎの速度でプローブを移動させ、プローブがサンプルの表面から剥離するのに必要な力を測定し、測定される最大値を粘着力とする。測定は一つのサンプルにつき５回行い、各測定における粘着力の平均値を持って本発明における粘着力とする。

なお、本測定においてプローブの表面性状が粘着力に与える影響は無視できない。そのため、材質をＳＵＳ３０４にするとともに、表面粗さを二乗平均平方根粗さ（Ｒｑ）で２５０～５００ｎｍ程度のものに制限する。

[0055] なお、ベース部１と保持面21を連結する側面25上に、付着抑制面51を有する凸部５を複数形成することも可能である。この場合、凸部５は、付着抑制面51の高さが保持面21の高さよりも低く形成される。これにより、保持面21に微小構造体200を保持する際に、誤って保持部２の側面25に微小構造体200が付着するのを抑制することができる。保持部の側面がベース部表面（基板表面）に対して傾いていない（直角である）場合、ピックアップ工程時の加圧により保持部が変形し、側面がピックアップ対象外の微小構造体に接触することがあるが、側面に付着抑制部を構成する凸部を設けることにより、望まない微小構造体のピックアップを抑制することができる。また、図５のように、側面がベース部表面（基板表面）に対して傾いている（傾斜角が９０度未満、好ましくは４０度～７０度）場合、傾いていない場合と比較して加圧による保持部の変形は生じにくいが、ピックアップ対象外の微小構造体と側面との距離が近くなるため、側面に設けられた付着抑制部を構成する凸部が効果的に作用する。

[0056] また、本発明の移載方法について説明する。本発明の移載方法は、スタンプで微小構造体200を移載するための方法であって、ピックアップ工程と、脱離工程と、で主に構成される。また、スタンプとしては、上述した本発明のスタンプ100を用いることができる。例えば、基板10上に形成されたベース部１と、ベース部１上に形成され、微小構造体200を保持するための保持面21を有する保持部２と、ベース部１上の保持部２の周囲に形成され、保持面21よりも高さが低い付着抑制面41を有する凸部４を複数有する付着抑制部３とを

備え、付着抑制部３に微小構造体200が付着した場合に、当該付着抑制部３は当該微小構造体200の自重以下の力では外れない粘着力を有するスタンプを用いることができる。

[0057] ピックアップ工程は、スタンプの保持面21に微小構造体200を接触させて保持する工程である。例えば、供給基板上に大量に配置された微小構造体200の１つ又は複数に対し、スタンプの保持面21を接触させて加圧し、当該微小構造体200を保持面21に付着させる。次に、スタンプを供給基板から離間させれば、スタンプの保持面21に微小構造体200をピックアップして保持することができる。

[0058] 脱離工程は、スタンプの保持面21から微小構造体200を脱離する工程である。脱離工程は、スタンプの保持面21から微小構造体200を脱離できればどのような方法で行ってもよい。例えば、スタンプの保持面21の粘着力よりも大きい粘着力を有する膜を受取基板に形成しておく。そして、ピックアップ工程でスタンプの保持面21に保持された微小構造体200を当該受取基板上に押圧する。続いてスタンプと受取基板を離間させることにより、スタンプの保持面21に保持した微小構造体200を脱離することができる。

[0059] また、付着抑制面41から微小構造体200を除去可能な除去工程を有する方がよい。除去工程は、付着抑制面41から微小構造体200を除去可能であればどのように行ってもよいが、例えば、ウェット洗浄やドライ洗浄を行うことができる。例えば、ウェット洗浄として、イソプロパノール漕にスタンプに浸し、超音波を印加する方法が取られる。また、例えば、ドライ洗浄として、超臨界ＣＯ２洗浄などがあげられる。

これにより、付着抑制面41に付着した微小構造体200を除去することができる。

[0060] このように、ピックアップ対象外の微小構造体が付着抑制面に付着した場合、除去工程までピックアップ対象外の微小構造体が付着抑制面に付着し続けることによって、移送経路等のシステム環境の汚染を抑制することができる。マイクロＬＥＤや、ミニＬＥＤなどの微小構造体は寸法が非常に小さく

、移送経路等に脱落してシステム環境を汚染したとしても、その確認が難しく、それらが意図せずに他のスタンプ、供給基板、受取基板等の部材や、装置などに付着又は巻き込まれることで更なる不良に繋がるおそれがある。そのため、意図せずに供給基板から脱落した微小構造体の全てはコントロールされることが好ましい。一方で、脱落した微小構造体のコントロールが全てではなく部分的だったとしても、システム環境の汚染を低減することができる。

このように、供給基板から脱落したピックアップ対象外の微小構造体を除去工程までスタンプに保持させることで、その回収を除去工程に効率よく集約することができ、起こり得るリスクとその解明にかかる時間を低減することができる。

なお、除去工程の前にピックアップ工程及び除去工程を複数回繰り返してもよく、他の工程を挿入してもよい。

[0061] また、本発明の別の移載方法は、移載対象の微小構造体200及び移載対象以外の微小構造体200をピックアップしたスタンプによる微小構造体200の移載方法であって、ピックアップ工程と移載工程、とで主に構成される。また、スタンプとしては、上述した本発明のスタンプ100を用いることができる。例えば、基板10上に形成されたベース部１と、ベース部１上に形成され、微小構造体200を保持するための保持面21を有する保持部２と、ベース部１上の保持部２の周囲に形成され、保持面21よりも高さが低い付着抑制面41を有する凸部４を複数有する付着抑制部３とを備えたスタンプを用いることができる。

[0062] ピックアップ工程は、移載対象の微小構造体200を保持部２に保持する工程である。例えば、供給基板上に大量に配置された微小構造体200の１つ又は複数に対し、スタンプの保持面21を接触させて加圧し、当該微小構造体200を保持面21に付着させる。次に、スタンプを供給基板から離間させれば、スタンプの保持面21に微小構造体200をピックアップして保持することができる。

[0063] 移載工程は、保持部２に保持された移載対象の微小構造体200を移載する工

程である。例えば、供給基板上から微小構造体200をピックアップした後、保持部２に保持された微小構造体200を供給基板上から受取基板上まで移送し、当該微小構造体200を受取基板上に載置するまでの工程である。

[0064] ここで、ピックアップ工程時に移載対象以外の微小構造体200が付着抑制部３に保持された場合、付着抑制部３に保持された移載対象以外の微小構造体200は、移載工程時に付着抑制部３に保持され続けるように付着抑制部３の粘着力を制御する。粘着力の制御は、例えば、付着抑制面の粘着力を調節したり、上述した本発明のスタンプ100のように、付着抑制部３の凸部４の数や、付着抑制面41の形状や面積を調節したりすればよい。

[0065] また、付着抑制部３に保持され続けた移載対象以外の微小構造体200を除去する除去工程をさらに有していてもよい。この場合、除去工程により移載対象以外の微小構造体200が除去されるように付着抑制部３の粘着力又は除去工程の除去力を制御する。除去工程は、付着抑制面41から微小構造体200を除去可能であればどのように行ってもよいが、例えば、ウェット洗浄やドライ洗浄を行うことができる。

[0066] 上述した本発明の移載方法は、当該移載方法により微小構造体を移載する工程を有する電気・電子応用製品の製造方法に適用することができる。また、上述した本発明の移載方法は、当該移載方法により微小構造体を移載する工程を有するディスプレイの製造方法に適用することもできる。

[0067] 前述した多くの実施形態における各構成要件を細分化し、細分化された構成要件を各々単独で、又は組み合わせて、これら（Ｘ１）～（Ｘ１８）に導入することができる。また、細分化された構成要件やそれらの組合せは、それぞれのメカニズムを実現する発明として機能し得る。その場合、そのメカニズムの実現に実質的に貢献しない他の構成要件は発明の特徴として除外できることは言うまでもない。基板、ベース部、保持部、付着抑制部、付着抑制部を構成する凸部、保持面、付着抑制面、側面等の構成要件と、それらの材質、形状、寸法、配置、関係等が代表的な例である。

符号の説明

[0068] 1 ベース部
2 保持部
3 付着抑制部
4 凸部
5 凸部
10 基板
21 保持面
25 側面
41 付着抑制面
51 付着抑制面
100 スタンプ
200 微小構造体
300 平面

請求の範囲

[請求項1] 微小構造体を移載するためのスタンプであって、

基板上に形成されたベース部と、

前記ベース部上に形成され、前記微小構造体を保持するための保持面を有する保持部と、

前記ベース部上の前記保持部の周囲に形成され、前記保持面よりも高さが低い付着抑制面を有する凸部を複数有する付着抑制部と、を具備し、

前記付着抑制部に前記微小構造体が付着した場合に、当該付着抑制部は当該微小構造体の自重以下の力では外れない粘着力を有するように形成されることを特徴とするスタンプ。

[請求項2] 微小構造体を移載するためのスタンプであって、

基板上に形成されたベース部と、

前記ベース部上に形成され、前記微小構造体を保持するための保持面を有する保持部と、

前記ベース部上の前記保持部の周囲に形成され、前記保持面よりも高さが低い付着抑制面を有する凸部を複数有する付着抑制部と、を具備し、

前記付着抑制面の面積Ｂは、前記保持面の面積Ａの１／１００倍以上であることを特徴とするスタンプ。

[請求項3] 前記付着抑制面の面積Ｂは、前記保持面の面積Ａの１／２倍以下であることを特徴とする請求項２記載のスタンプ。

[請求項4] 微小構造体を移載するためのスタンプであって、

基板上に形成されたベース部と、

前記ベース部上に形成され、前記微小構造体を保持するための保持面を有する保持部と、

前記ベース部上の前記保持部の周囲に形成され、前記保持面よりも高さが低い付着抑制面を有する凸部を複数有する付着抑制部と、を具

備し、

前記付着抑制部は、前記保持面と同形状の平面と前記付着抑制部とが任意の位置で接触した場合に、当該平面と前記付着抑制面との合計接触面積Ｔが前記保持面の面積Ａの１／１００倍以上となる形状であることを特徴とするスタンプ。

[請求項5] 前記付着抑制部は、前記保持面と同形状の平面と前記付着抑制部とが任意の位置で接触した場合に、当該平面と前記付着抑制面との合計接触面積Ｔが前記保持面の面積Ａの１／２倍以下となる形状であることを特徴とする請求項４記載のスタンプ。

[請求項6] 微小構造体を移載するためのスタンプであって、

基板上に形成されたベース部と、

前記ベース部上に形成され、前記微小構造体を保持するための保持面を有する保持部と、

前記ベース部上の前記保持部の周囲に形成され、前記保持面よりも高さが低い付着抑制面を有する凸部を複数有する付着抑制部と、を具備し、

前記付着抑制部は、前記微小構造体と前記付着抑制部とが任意の位置で接触した場合に、前記付着抑制面との合計接触面積Ｔ´が前記微小構造体の面積Ａ´の１／１００倍以上となる形状であることを特徴とするスタンプ。

[請求項7] 前記付着抑制部は、前記微小構造体と前記付着抑制部とが任意の位置で接触した場合に、前記付着抑制面との合計接触面積Ｔ´が前記微小構造体の面積Ａ´の１／２倍以下となる形状であることを特徴とする請求項６記載のスタンプ。

[請求項8] 微小構造体を移載するためのスタンプであって、

基板上に形成されたベース部と、

前記ベース部上に形成され、前記微小構造体を保持するための保持面を有する保持部と、

前記ベース部上の前記保持部の周囲に形成され、前記保持面よりも高さが低い付着抑制面を有する凸部を複数有する付着抑制部と、を具備し、

前記付着抑制面の粘着力と面積の積が、前記保持面の粘着力と面積の積の１／１００倍以上であることを特徴とするスタンプ。

[請求項9] 前記付着抑制面の接着力と面積の積が、前記保持面の接着力と面積の積の１／２倍以下であることを特徴とする請求項８記載のスタンプ。

[請求項10] 微小構造体を移載するためのスタンプであって、

基板上に形成されたベース部と、

前記ベース部上に形成され、前記微小構造体を保持するための保持面を有する保持部と、を具備し、

前記ベース部と前記保持面を連結する側面上に、前記保持面よりも高さが低い付着抑制面を有する凸部を複数有することを特徴とするスタンプ。

[請求項11] 前記保持部の少なくとも一部分は、円柱形状、多角柱形状、円錐台形状、多角錐台形状、これらの一部分を面取りした形状であることを特徴とする請求項９記載のスタンプ。

[請求項12] 微小構造体を移載するためのスタンプの構成部分である保持部であって、

前記微小構造体を保持するための保持面と、当該保持面とは反対側の面に向けて延びる側面と、を具備し、

前記側面上に付着抑制面を有する凸部を複数有することを特徴とする保持部。

[請求項13] スタンプで微小構造体を移載するための移載方法であって

前記スタンプの保持面に前記微小構造体を保持するピックアップ工程と、

前記スタンプの保持面から前記微小構造体を脱離する脱離工程と、

を有し、

前記スタンプは、基板上に形成されたベース部と、前記ベース部上に形成され、前記微小構造体を保持するための保持面を有する保持部と、前記ベース部上の前記保持部の周囲に形成され、前記保持面よりも高さが低い付着抑制面を有する凸部を複数有する付着抑制部とを備え、前記付着抑制部に前記微小構造体が付着した場合に、当該付着抑制部は当該微小構造体の自重以下の力では外れない粘着力を有するものであることを特徴とする移載方法。

[請求項14] 前記付着抑制面から前記微小構造体を除去可能な除去工程を有することを特徴とする請求項１３記載の移載方法。

[請求項15] 移載対象の微小構造体及び移載対象以外の微小構造体をピックアップしたスタンプによる微小構造体の移載方法であって、

前記スタンプは、基板上に形成されたベース部と、前記ベース部上に形成され、前記微小構造体を保持するための保持面を有する保持部と、前記ベース部上の前記保持部の周囲に形成され、前記保持面よりも高さが低い付着抑制面を有する凸部を複数有する付着抑制部とを備え、

前記移載対象の微小構造体を前記保持部に保持するピックアップ工程、及び、前記保持部に保持された移載対象の微小構造体を移載する移載工程を有し、

前記ピックアップ工程時に前記移載対象以外の微小構造体が前記付着抑制部に保持され、

前記付着抑制部に保持された前記移載対象以外の微小構造体は、前記移載工程時に前記付着抑制部に保持され続けるように前記付着抑制部の粘着力を制御することを特徴とする移載方法。

[請求項16] 前記付着抑制部に保持され続けた前記移載対象以外の微小構造体を除去する除去工程をさらに有し、前記除去工程により前記移載対象以外の微小構造体が除去されるように前記付着抑制部の粘着力又は前記

除去工程の除去力を制御することを特徴とする請求項１５記載の移載方法。

[請求項17] 請求項１から１１までのいずれか一項に記載のスタンプを使用して微小構造体を移載することを特徴とする移載方法。

[請求項18] 請求項１７記載の移載方法により微小構造体を移載する工程を有する電気・電子応用製品の製造方法。

[請求項19] 請求項１３から１６までのいずれか一項に記載の移載方法により微小構造体を移載する工程を有する電気・電子応用製品の製造方法。

[請求項20] 請求項１７記載の移載方法により微小構造体を移載する工程を有するディスプレイの製造方法。

[請求項21] 請求項１３から１６までのいずれか一項に記載の移載方法により微小構造体を移載する工程を有するディスプレイの製造方法。

[請求項22] ピックアップ対象外の微小構造体をスタンプに保持する保持方法であって、

前記スタンプは、基板上に形成されたベース部と、前記ベース部上に形成され、前記微小構造体を保持するための保持面を有する保持部と、前記ベース部上の前記保持部の周囲に形成され、前記保持面よりも高さが低い付着抑制面を有する凸部を複数有する付着抑制部とを備え、

供給基板上に配置されたピックアップ対象の微小構造体を前記スタンプの前記保持面に保持するピックアップ工程、及び、前記保持面に保持された前記ピックアップ対象の微小構造体を前記保持面から脱離して受取基板に移載する脱離工程を有し、

前記ピックアップ工程中に前記供給基板から外れたピックアップ対象外の微小構造体を前記付着抑制部に付着させ、前記ピックアップ対象外の微小構造体を前記スタンプに保持した状態で脱離工程を経て、その後に設けられる除去工程において前記スタンプに保持された状態の前記ピックアップ対象外の微小構造体を前記付着抑制面から除去す

る、保持方法。