

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-154236
(P2006-154236A)

(43) 公開日 平成18年6月15日(2006.6.15)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
G02B 5/18 (2006.01)	G02B 5/18	2H049
B29C 39/10 (2006.01)	B29C 39/10	4F204
B29L 11/00 (2006.01)	B29L 11:00	

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2004-344130 (P2004-344130)	(71) 出願人	000115728 リコー光学株式会社 岩手県花巻市大畑第十地割109番地
(22) 出願日	平成16年11月29日(2004.11.29)	(74) 代理人	100085464 弁理士 野口 繁雄
		(72) 発明者	藤村 康浩 岩手県花巻市大畑第10地割109番地 リコー光学株式会社内
		(72) 発明者	高橋 利明 岩手県花巻市大畑第10地割109番地 リコー光学株式会社内
		Fターム(参考)	2H049 AA02 AA13 AA31 AA33 AA55 AA64 4F204 AA44 AC03 AF01 AG03 AG05 AG26 AH75 AH76 EA03 EB01 EB11 EB13 EK18 EK24

(54) 【発明の名称】 樹脂硬化方法、それに使用する装置及び樹脂、並びに微細表面構造をもつ物品及びその製造方法

(57) 【要約】

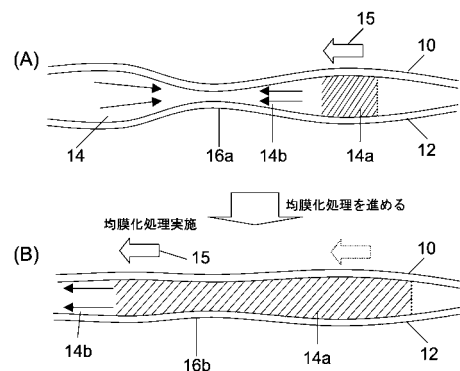
【課題】

樹脂層を硬化させる前に樹脂層厚を均一化する。

【解決手段】

2部材10, 12間に未硬化状態の光硬化型又は熱硬化型樹脂14を挟んで面合わせを行なった状態で、樹脂の完全硬化工程の前に、樹脂の硬化予定面積に比べて微小な面積部分の樹脂に完全硬化に至らない大きさのエネルギーを与えてその部分の樹脂に体積変化を起こさせるとともに、その体積変化を起こす領域14aを連続的に変化させることにより樹脂層の厚さを均一にする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

2 部材間に未硬化状態の光硬化型又は熱硬化型樹脂を挟んで面合わせを行なった状態で前記樹脂を硬化させる樹脂硬化方法において、

前記樹脂の完全硬化工程の前に、前記樹脂の硬化予定面積に比べて微小な面積部分の樹脂に完全硬化に至らない大きさのエネルギーを与えてその部分の樹脂に体積変化を起こさせるとともに、その体積変化を起こす領域を連続的に変化させることにより樹脂層の厚さを均一にする樹脂均膜化工程を備えていることを特徴とする樹脂硬化方法。

【請求項 2】

前記樹脂均膜化工程は、微小部分を加熱し、その加熱領域を変化させる工程である請求項 1 に記載の樹脂硬化方法。 10

【請求項 3】

前記樹脂均膜化工程は、硬化予定範囲全体を前記加熱温度よりも低温で加熱した状態で行なう請求項 2 に記載の樹脂硬化方法。

【請求項 4】

前記樹脂均膜化工程は、微小部分をスリット状に加熱し、その加熱領域をスリットの長手方向に垂直な方向に移動させる工程である請求項 2 又は 3 に記載の樹脂硬化方法。

【請求項 5】

前記樹脂は光硬化型樹脂であり、

前記樹脂均膜化工程は、微小部分に光を照射し、その光照射領域を変化させる工程である請求項 1 に記載の樹脂硬化方法。 20

【請求項 6】

前記光照射領域の変化は光照射開始部分からの光照射領域の拡大である請求項 5 に記載の樹脂硬化方法。

【請求項 7】

ある単位時間に硬化される樹脂体積を A とし、A の範囲に対して連続した次の単位時間に光照射される樹脂体積を B とするとき、 $A < B$ の関係をたもって光照射領域を拡大していく請求項 6 に記載の樹脂硬化方法。

【請求項 8】

光が照射される微小部分はスリット状であり、その光照射領域をスリットの長手方向に垂直な方向に移動させることにより光照射領域を変化させる請求項 5 に記載の樹脂硬化方法。 30

【請求項 9】

前記樹脂は硬化型樹脂の主剤であるモノマーのほかに、そのモノマーよりも低分子量で、相溶性をもち、硬化反応に寄与しない副剤を含んで流動性が高められている請求項 1 から 8 に記載の樹脂硬化方法。

【請求項 10】

以下の工程 (A) から (C) を備えて微細表面構造をもつ物品を製造する製造方法。

(A) 表面に微細形状をもつ金型の表面に硬化可能な樹脂を介して製品基板を押し当てて、前記金型の表面形状の反転形状を前記樹脂に転写する工程、 40

(B) 請求項 1 から 8 のいずれかに記載の樹脂硬化方法による樹脂硬化工程、及び

(C) 前記樹脂を前記製品基板に接合させた状態でその樹脂を前記金型から剥離させる工程。

【請求項 11】

以下の工程 (A) から (D) を備えて微細表面構造をもつ物品を製造する製造方法。

(A) 表面に微細形状をもつ金型の表面に硬化可能な樹脂を介して製品基板を押し当てて、前記金型の表面形状の反転形状を前記樹脂に転写する工程、

(B) 請求項 1 から 9 のいずれかに記載の樹脂硬化方法による樹脂硬化工程、

(C) 前記樹脂を前記製品基板に接合させた状態でその樹脂を前記金型から剥離させる工程、及び

(D) 前記樹脂に転写された形状を前記製品基板に転写するドライエッチング工程。

【請求項 1 2】

請求項 1 0 の製造方法により製作された物品。

【請求項 1 3】

物品の微小範囲にスリット状にエネルギーを与え、かつそのエネルギーを与える範囲をスリットの長手方向に垂直な方向に移動させる装置。

【請求項 1 4】

複数のローラが互いに平行に配置され、ローラの回転によりそれらのローラ上を物品が搬送される搬送装置にてなり、前記ローラのうちの一箇所のローラのみが加熱されていることにより、その上を搬送される物品にスリット状にエネルギーを与える請求項 1 3 に記載の装置。

10

【請求項 1 5】

硬化型樹脂主剤であるモノマーのほかに、そのモノマーよりも低分子量で、相溶性をもち、硬化反応に寄与しない副剤を含んで流動性が高められている光硬化型又は熱硬化型の樹脂。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は 2 部材間に未硬化状態の光硬化型又は熱硬化型樹脂を挟んで面合わせを行なった状態で樹脂を硬化させる樹脂硬化方法に関し、さらにはその樹脂硬化方法を使用して微細 3 次元構造物品を製造する方法、その物品、樹脂硬化方法に使用する装置及び樹脂に関するものである。

20

【背景技術】

【0002】

従来より、部材同士を樹脂接着する手法は、他の部材固着方式に対し簡便であることから広く用いられている。また、最近では樹脂を金型に押し当てて転写することで、微細 3 次元形状を作成するマイクロ/ナノインプリントといった手法が盛んに研究され、実用化されつつある(非特許文献 1 参照。)

樹脂の特定を改善し、性能を上げるべく、今まで様々な工夫がなされてきた。例えば、樹脂を硬化したときに収縮がおこるため、それに伴いクラックが発生し、光学性能や耐環境性能が低下するという問題が発生していた。このような問題に対し、樹脂を硬化させるための光をスリット状に当て、その露光範囲をスリットの長手方向に垂直な方向に動かすという手法が提案されている(特許文献 2, 3 参照。)。そのような手法によれば、収縮した樹脂の分だけ未硬化の樹脂が補充されるため、クラック等の発生を回避できるようになった。これらの手法は、数百 μm オーダーの 3 次元形状を転写するマイクロプリントの分野や、接着層の密度の均一化が求められる接合技術の分野においては大きな効果が得られている。

30

【0003】

近年、製品の更なる微細化、高精度化が進むにつれ、樹脂接着時の接着剤層厚や、インプリント時の転写樹脂層における残レイヤー(不要樹脂層)の高レベルでの制御が求められている。

40

接着剤層厚のばらつきは、例えば光学部品の接着の場合、光透過量ムラの原因となる。光学ユニットの更なる高効率を求める場合には、接着剤層は極力薄く、均一な樹脂厚さであることが肝要となる。

またインプリント時の残レイヤーの膜厚のばらつきは、特に転写樹脂層をドライエッチング等により母材に転写して微細 3 次元形状を製作する際の精度低下の原因となるため、接着の場合と同様に残レイヤー層は極力薄く、均一な樹脂厚さであることが求められる。

【0004】

図 5 にナノプリント技法の一例を示す。金型 2 a の表面を離型処理し、その上に紫外線硬化型樹脂 6 a を塗布し、その上から製品基板 8 をゆっくりと押し当て(A)、金型 2 a

50

の形状を紫外線硬化型樹脂層 6 a に転写する (B)。製品基板 8 の裏面側から均一な紫外線光を照射し、又は加熱して、紫外線硬化型樹脂層 6 a を硬化させた後 (C)、紫外線硬化型樹脂層 6 a を製品基板 8 に接合したまま金型 2 a を剥離する (D)。その後、製品基板 8 上の樹脂層 6 a の転写形状をドライエッチング法により製品基板 8 に転写して目的製品 8 a を得る (E)。

【 0 0 0 5 】

ナノプリント技法の特徴として、操作が簡単である、コスト的に安価である、量産化が可能である、パターン転写時における真空設備が不要といった多くの利点を挙げることができる。これらの利点を生かすべく、G a A s - F E T (電界効果トランジスタ) を初めとする電子デバイスや、有機 L E D (発光ダイオード) を初めとする光デバイス、さらには記録媒体への応用開発が進みつつある。

10

【非特許文献 1】電子情報通信学会論文誌 C Vol. J85-C No.9 pp.793-802 2002年9月

【特許文献 1】特開 2 0 0 2 - 1 9 2 5 0 0 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 3 - 2 9 1 1 5 9 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 0 4 - 2 0 5 9 2 4 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

特性 (光学特性及び耐環境性等) に優れた市販の高分子材料をその特性を損なわずにチキソ性を向上させること、すなわち粘度を制御することが工業的に重要である。ここで、チキソ性はチキソトロピーとも言い、粘弾性で用いられる用語である。ここでは型や部材間に挟まれた材料に圧力を加えた場合の流動性を意味している。

20

【 0 0 0 7 】

樹脂接着時の接着剤層厚や、インプリント時の残レイヤーの高レベルでの制御を実現するためには大きく 3 つのパラメータが考えられる。

(1) 接着又は形状転写する部材における樹脂との界面となる面の形状精度 (平面同士の接着や、平面上に微細 3 次元構造を形成する場合はそのベース面の平面度)

(2) 接着又は形状転写する際の樹脂粘度及びチキソ性 (部材界面形状への樹脂のぬい易さ)

(3) 面合わせから固定までに加える力量 (例えば基板同士の接着を実施する場合には面合わせ加圧時の圧力)

30

【 0 0 0 8 】

(3) の面合わせから固定までに加える力量に関しては、「加圧時の圧力を上げる」と加圧時間が短縮でき、また転写形状の精度も向上するが、装置が大掛かりになってしまう点、及び力がかかるため型上のパターンが破壊される可能性がある点で望ましくない。例えばマイクロレンズアレイにカバーガラスを接着するといった工程の場合、微細 3 次元形状が接着界面となるため、一定以上の圧力をかけることは性能上望ましくない。

【 0 0 0 9 】

(2) の接着又は形状転写する際の樹脂粘度及びチキソ性については、樹脂の低粘度化が盛んに研究され開発が進められている。基本的に樹脂の粘度調整にはあるベースとなる樹脂に粘度を調整するためのレジューサーを混合する。この時、ベースの樹脂とは異なるものを混合する形となるので、微妙な特性、例えば、熱膨張率や硬度、耐プラズマ性の変化は避けられない。部材の接着固定に使用する場合や、ナノインプリントで使用する際にはこの微妙な特性の変化が製品性能に大きな影響を及ぼす可能性があるため、問題となってきた。

40

本発明は、樹脂層を硬化させる前にこれらの方法以外の方法により樹脂層厚を均一化することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

本発明は、既存の樹脂接着工程の、『目的の部材に樹脂を塗布し、貼りあわせ、樹脂を硬

50

化させて固着する』といった概念に、『貼りあわせた樹脂を均一に均す』といった工程を追加することで樹脂厚の高レベルの制御を実現する。

【0011】

本発明は、面あわせ加圧後の処理に特徴を有する。樹脂層の微小範囲において体積変化を起こし、その位置を連続的に微量ずらして順に行なうという「均膜化処理」の手法を用いる。

【0012】

すなわち、本発明の樹脂硬化方法は、2部材間に未硬化状態の光硬化型又は熱硬化型樹脂を挟んで面合わせを行なった状態で樹脂厚を均一にする樹脂均膜化処理を行なう点に特徴をもっている。すなわち、本発明では、樹脂の完全硬化工程の前に、樹脂の硬化予定面積に比べて微小な面積部分の樹脂に完全硬化に至らない大きさのエネルギーを与えてその部分の樹脂に体積変化を起こさせるとともに、その体積変化を起こす領域を連続的に変化させることにより樹脂層の厚さを均一にする樹脂均膜化工程を備えている。

10

【0013】

樹脂の「完全硬化」とは、部材間の接着又は樹脂への転写の際に樹脂をそれらの目的達成に十分な程度に硬化させることを意味している。「完全硬化に至らない」とは、全く硬化していないか、硬化していても目的達成に十分な程度にまでは硬化していないことを意味している。したがって、樹脂均膜化工程では完全硬化は起こらず、完全硬化のためには樹脂均膜化工程の後に完全硬化のための硬化工程が必要である。

【0014】

樹脂均膜化工程では、樹脂の任意の部分に体積変化を起こさせる。体積変化をさせる一つの手法は、任意の部分について樹脂を加熱する方法である。その方法は、例えば、微小部分を加熱し、その加熱領域を変化させるように行なう。より具体的な一例は、微小部分をスリット状に加熱し、その加熱領域をスリットの長手方向に垂直な方向に移動させる方法である。

20

【0015】

加熱によりモノマーの体積が膨張し、変化した体積分、周辺に存在する樹脂が移動する。この時、加圧時に生じた微妙な撓み応力が開放される。樹脂が熱硬化型であっても、加熱温度は樹脂が完全硬化を起こさない温度に設定する。

樹脂均膜化工程は、硬化予定範囲全体を上記の微小部分加熱温度よりも低温で加熱した状態で行なうようにしてもよい。

30

【0016】

加熱により体積変化を起こさせて均膜化を行なう場合の概念図を図1に示す。(A)に示されるように、2つの部材10, 12を樹脂14で接着するものとする。2つの部材10, 12間に樹脂14を塗布して加圧したときに面の当たり等により発生した撓み16aが存在するものとする。樹脂14は光硬化型で光照射により硬化するものとする。ここでは、その後の樹脂硬化反応に影響を及ぼさない程度に加熱して体積変化を起こさせるものとする。樹脂14は加熱された部分14aが膨張し、未硬化部分14bの樹脂を押し出す。このとき、押し出された樹脂は撓み16aの部分に押し込まれるため、撓みが改善する。その加熱領域を矢印15で示されるように連続的に移動させることにより、部材の撓みにより部材間の樹脂が少ない場所には比較的樹脂の多い部分から供給され、(B)に示されるように、撓みが16bで示されるように緩和される。

40

【0017】

体積変化をさせる他の手法は、樹脂が紫外線硬化型の場合のように、光照射によりエネルギーを受けて硬化するもの場合、任意の部分について樹脂に紫外線のような光を照射する方法である。この場合も、照射する光の強度は、樹脂が完全硬化を起こさない強度に設定する。この工程での硬化を仮硬化という。

光照射による方法は、微小部分に光を照射し、その光照射領域を変化させる。

【0018】

光照射領域を変化させる一つの方法は、光照射開始部分からの光照射領域の拡大である

50

。その場合、ある単位時間に硬化される樹脂体積を A とし、A の範囲に対して連続した次の単位時間に光照射される樹脂体積を B とするとき、A と B の関係をたもって光照射領域を拡大していくようにすることができる。

【0019】

光照射領域を変化させる他の方法は、光が照射される微小部分をスリット状とし、その光照射領域をスリットの長手方向に垂直な方向に移動させることにより光照射領域を変化させる。

【0020】

任意の位置から順に硬化を実施する方法は、微細形状転写時のマイクロクラックやヒケ等の回避手段として提案されている（特許文献 2，3 参照。）。しかし、その場合の硬化は、完全硬化であって、均膜化を目的とする本発明での仮硬化とは異なる。

10

【0021】

樹脂は硬化型樹脂の主剤であるモノマーのほかに、そのモノマーよりも低分子量で、相溶性をもち、硬化時に硬化反応に寄与しない副剤を含んで流動性が高められているものを使用してもよい。相溶性とは、未硬化の樹脂と混ぜ合わせたときに分離することなく均一に混ざり合うことができる性質をいう。硬化反応には寄与しないとは、モノマーの官能基と反応しないことを意味する。副剤は主剤のモノマーに比べて分子量が 5 分の 1 以下程度であることが好ましい。

【0022】

副剤を混合した樹脂を硬化した際、副剤はモノマーとは反応しないため、樹脂の架橋構造に組み込まれることはない。結果として、混合した副剤は硬化後の樹脂とは分離する形となる。

20

この現象は、硬化前の樹脂に副剤を混合して使用しても、硬化後の樹脂は、副剤を含まない樹脂を硬化したのと同じものであることを意味している。

【0023】

本発明の製造方法は、以下の工程（A）から（D）を備えて微細表面構造をもつ物品を製造する方法である。

（A）表面に微細形状をもつ金型の表面に硬化可能な樹脂を介して製品基板を押し当てて、前記金型の表面形状の反転形状を前記樹脂に転写する工程、

（B）本発明の樹脂硬化方法による樹脂硬化工程、

30

（C）前記樹脂を前記製品基板に接合させた状態でその樹脂を前記金型から剥離させる工程、及び

（D）前記樹脂に転写された形状を前記製品基板に転写するドライエッチング工程。

【0024】

本発明の樹脂硬化方法により金型から樹脂に転写した微細 3 次元形状をドライエッチングする場合には、製品基板はガラス、シリコン（Si）、石英、（GaAl）As、PZT（チタン酸ジルコン酸鉛）など半導体材料を初めとするドライエッチングが可能な基板である。

【0025】

ドライエッチング工程は前記樹脂を一部残した状態で終了し、その後前記樹脂を選択的に除去する他の工程、例えば半導体の CAROS 洗浄や、O₂ドライエッチング法によりその残った樹脂を除去するようにしてもよい。

40

また、ドライエッチングを行わずに工程（C）での転写材料をそのまま製品とすることもできる。その場合には、製品仕様を満たせばよいので、製品基板には上記のような制限はない。

本発明はまた、本発明の樹脂を用いて製造された微細 3 次元構造体も含んでいる。

【発明の効果】

【0026】

本発明では、面合わせ加圧後、『貼りあわせた樹脂を均一に均す』といった工程を追加することで樹脂厚の均一化を実現することができる。

50

樹脂厚がそれなりに大きい(数十 μm ~数百 μm 程度)場合には、樹脂の存在する空間において、表面積に対する存在する樹脂の体積が大きいために樹脂を流動するために必要な力が小さく、例えば、面合わせ後に基板をスピンさせたり、微小な振動を与えてやることで、ある程度の均膜化の効果を得ることは可能である。

【0027】

しかしながら、樹脂厚が数 μm 以下のオーダーになると、表面積に対する存在する樹脂の体積が小さくなり、樹脂の流れ方が乱流・層流から、層流のみになるため、樹脂の流動性が極端に低下する。このとき、本発明の均膜化手法を用いて面合わせされた内部の樹脂の体積を局部的に変化させていくため、外部から力を加える場合に比べ移動を効率よく起こすことができる。

10

【0028】

部材間の樹脂を加圧しながら均一にするためには、部材にかかった力に樹脂の移動が追従するようある程度の時間をかけて加圧することが必要となる。しかしながら、硬化の前に均膜化処理の工程を追加することで、加圧時に実現する樹脂厚分布が高精度を要求されなくなるため、加圧時間の大幅な短縮が可能となり、最終的な加工時間の短縮につながる。

【0029】

本発明を用いることで、ナノプリント工程におけるプレス時間の短縮、そして更なる高精度化が可能となる。

加熱により均膜化を行なう方法は、加熱された部分の樹脂の流動性が向上するため、大きな均膜化の効果を得ることが可能となる。

20

【0030】

樹脂に副剤を混合して用いた場合には、樹脂の流動性が上がり、効率よく均膜化の効果を得ることができる。そして、樹脂硬化後には副剤の分子は架橋構造に組み込まれず分離するので、樹脂の性能を保ちつつ転写形状及び貼り合わせ樹脂面の高精度化を達成することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0031】

[実施例1]

この実施例では、バイナリー(Binary)位相型回折光学素子にカバーガラスの接合を行なう。バイナリー位相型回折光学素子の一例は、表面に50 μm 程度の幅と20 μm 程度の深さをもつ溝が50 μm 程度の一定間隔で互いに平行に多数形成されたものであり、入射ビームをほぼ同じエネルギーを含む2つのビームに分割するものである。

30

【0032】

(1) 製品基板の表面処理

製品基板として石英ガラス基板を使用する。製品基板の表面(素子が形成されている面を表面という。)にはバイナリー位相型回折光学素子を構成する互いに平行な多数の溝が形成されている。

【0033】

まず、製品基板-樹脂間の密着性を大きくするために製品基板の表面にシランカップリング処理を行なった。シランカップリング処理は樹脂転写の際の密着不良回避を目的とした、密着性向上のための一般的処理である。

40

シランカップリング処理の一例は、次のものである。市販のカップリング処理剤(例えば、信越シリコン社製、KBM503)を水に溶かし、表面処理した後、加熱硬化させる。その後、有機溶剤で洗浄し、カップリング処理剤を基板上に1分子層だけ残す。

【0034】

(2) 製品基板の接合

(2-1) 樹脂塗布

まず、樹脂吐出装置に製品基板をセットし、基板の表面の中心に紫外線硬化型樹脂(スリーボンド3034(スリーボンド社の製品))を200mg塗布した。

50

次にカバーガラス用基板を同装置にセットし、製品基板の表面に接合する面に同樹脂を50mg塗布した。

【0035】

(2-2) 面合わせ

次に製品基板にカバーガラス用基板を載せる形で面合わせを行なった。このとき、それぞれの基板に塗布した樹脂同士が最初に接するようにする。このことにより、面合わせ時に樹脂内に気泡が入るのを防ぐことができる。

【0036】

(2-3) 加圧

次に面合わせを行なった製品基板とカバーガラス基板を互いに押し付けるように、自動加圧機を用いて加圧処理を施して基板接合体とした。このとき、基板間の樹脂厚は約3~10μmに制御されている。

【0037】

(2-4) 均膜化処理

次にその基板接合体をアルミニウム製のローラが多数個並んだコンベアの上におき、コンベア上を移動した。

コンベアは図2に示されるように、1個のローラ20が直径10mmで15mm間隔で、100個互いに平行に並んで配置されたものである。中心付近の2個のローラ20aのみを50℃に加熱し、残りのローラ20は室温とした。

【0038】

このコンベアの上を、基板接合体22を1mm/秒の速度で移動させた。図3(A)~(D)は基板接合体22の移動を時間経過とともに示したものである。この処理により、基板接合体22は25mmの範囲で50℃に加熱され、その範囲を1mm/秒の速度で移動するので、ローラ20aによって25秒間加熱された後、再び、ローラ20によって室温に戻される。部分22aは加熱されて樹脂が膨張した部分であり、部分22bはその後に冷却して樹脂が収縮した部分である。この加熱・冷却の時の樹脂の膨張と収縮により、加熱周辺部位の樹脂移動がおき、この時、基板の撓み応力が開放され、樹脂厚分布が均一になる。

【0039】

(2-5) 硬化

次に樹脂硬化を行なった。本実施例では全面にわたって同時に照度 $15\text{ mW/cm}^2 \times 867\text{ 秒}$ (13005mj)の照射を窒素雰囲気下で行なった。

以上の工法で接合された基板は、バイナリー位相型回折光学素子とカバーガラスの接着樹脂厚分布は $6.5\text{ }\mu\text{m} \pm 1\text{ }\mu\text{m}$ を達成することができた。

【0040】

[実施例2]

この実施例では、マイクロレンズアレイへのカバーガラスの接合を行なう。

(1) 製品基板の表面処理

製品基板として石英ガラス基板を使用する。製品基板の表面にはマイクロレンズアレイが形成されている(マイクロレンズアレイ素子が形成されている面を表面という。)

まず、製品基板-樹脂間の密着性を大きくするために、製品基板表面に、実施例1と同様のシランカップリング処理を行なった。

【0041】

(2) 製品基板の接合

(2-1) 樹脂塗布

まず、樹脂吐出装置に製品基板をセットし、基板表面の中心に紫外線硬化型樹脂スリーボンド3034(スリーボンド社の製品)を200mg塗布した。

次にカバーガラス用基板を同装置にセットし、製品基板の表面に接合する面に同樹脂を50mg塗布した。

【0042】

10

20

30

40

50

(2-2) 面合わせ

次に製品基板表面にカバーガラス用基板を載せる形で面合わせを行なった。この時それぞれの基板に塗布した樹脂同士が最初に接するようにする。このことにより、面合わせ時に樹脂内に気泡が入るのを防ぐことができる。

【0043】

(2-3) 加圧

次に面合わせを行なった製品基板とカバーガラス基板を互いに押し付けるように、自動加圧機を用いて加圧処理を施して基板接合体とした。このとき、基板間の樹脂厚は約3~10 μm に制御されている。

【0044】

(2-4) 仮硬化(均膜化処理)

次に基板接合体の間に挟み込まれた樹脂に対して仮硬化を行なった。仮硬化では、紫外線照射により完全に硬化するエネルギーの70%程のエネルギーを与え、ある程度の硬化度をもたせる。紫外線照射は製品基板とカバーガラス基板のどちらの側から行なってもよい。

【0045】

図3に示されるように、まず基板接合体30の中心の5mmの円形領域32に紫外線(照度15mW/cm²)を照射し、この照射範囲を破線の同心円で示されるように、絞り機構により照射範囲を中心から半径方向に同心円状に広げていった。その広げる速度は、半径方向に50 μm /秒の等速とした。すなわち、ある単位時間に硬化される樹脂体積をAとし、Aの範囲に対して連続した次の単位時間に光照射される樹脂体積をBとするとき、A=Bの関係をもつて光照射領域を拡大していくことになる。また、照射面積を広げていったときも単位面積あたりの紫外線照度は15mW/cm²で一定に保った。

【0046】

この紫外線照射の時、ある部分が硬化し始めたとき、常にそのすぐ隣に未硬化の樹脂が存在するため、硬化収縮した分、未硬化の樹脂を補充する形となる。この樹脂移動により、加圧時に生じた微妙な撓み応力が開放される。

この紫外線照射において、中心部ほど照射時間が長くなって中心部では完全硬化が起こることもあるが、均膜化処理が終わった後に硬化するので、差し支えはない。全体が完全硬化することはない。

なお、図3において、「OF」は基板の方向を決めるためのオリフラ(オリエンテーション・フラット)である。

【0047】

(2-5) 硬化

次に樹脂に十分な接合強度及び対環境性能をもたせることを目的とした樹脂完全硬化を行なった。本実施例では全面にわたって同時に照度15mW/cm²×867秒(13005mj)の照射を窒素雰囲気下で行なった。

以上の工法で接合された基板は、マイクロレンズアレイ基板のレンズ頂部とカバーガラス表面の間の接着樹脂厚分布は6.5 μm ±1 μm を達成することができた。

【0048】

[実施例3]

実施例3を図4を参照して説明する。

この実施例ではマザー金型を使用して樹脂への転写を行なう。形成しようとする3次元形状はライン・アンド・スペースパターンである。

【0049】

(1) マザー金型の製作

予め電子線描画用レジストを0.1 μm の厚さに塗布した直径100mmのシリコン基板を用意し、EB(電子線)描画装置で所定の条件下で20mm×20mmの範囲のレジストにライン・アンド・スペース用のパターンを描画し、現像、リンスを行なって線幅50nm、間隔50nm、深さ150nmのレジストパターンを形成した。そのレジストパ

10

20

30

40

50

ターンをマスクとしてシリコン基板をドライエッチングし、表面にライン・アンド・スペースパターンをもつマザー金型を形成した。

この実施例では、このマザー金型を樹脂転写用の金型として用い、樹脂転写及びドライエッチングによって製品基板に所望のパターンを転写する。

【0050】

(2) 製品基板の表面処理

製品基板として石英ガラス基板を使用する。

まず、製品基板 - 樹脂間の密着性を大きくするために、製品基板表面に、実施例1と同様のシランカップリング処理を行なった。

【0051】

(3) 金型表面の洗浄

金型表面にキャロス洗浄を施し、続いてエキシマ処理を施した。キャロス洗浄は硫酸と H_2O_2 の混合液による洗浄方法である。エキシマ洗浄は O_2 ガスを流しながらエキシマ光を照射して O_3 を発生させ、基板表面の有機物質を酸化して除去する洗浄方法である。

金型表面には離型処理を施しておくのが好ましい。離型処理を行うと、樹脂硬化後に金型の剥離が容易となる。離型処理の一例はフッ素系プライマー処理である。

【0052】

(4) 樹脂転写(ナノプリント)

以上が樹脂転写の前工程となる。続いて樹脂転写工程を具体的に説明する。

(4-1) 樹脂塗布

まず、樹脂吐出装置に製品基板をセットし、転写しようとする領域上に、紫外線硬化型樹脂(スリーポンド3034(スリーポンド社の製品):オリジナル樹脂)とアセトン(副剤)を4:1の割合で混ぜ合わせた樹脂を0.3mgずつ塗布した。

次に金型を同装置にセットし、金型表面の転写したい部分に同樹脂を0.3mgずつ塗布した。

【0053】

(4-2) 面合わせ

次に金型表面に製品基板を載せる形で面合わせを行なった。このとき、空気が転写領域に入り込まないように注意する。

【0054】

(4-3) 加圧

次に面合わせを行なった金型と製品基板を互いに押し付けるように、自動加圧機を用いて加圧処理を施した。この時点で残レイヤー層(パターン下部と転写母材との間の樹脂層)の厚さは 40 ± 20 nmであった。

【0055】

(4-5) 均膜化処理

次に金型と製品基板の間に挟み込まれた樹脂に対して均膜化処理を行なった。均膜化処理に必要な体積変化を、樹脂を仮硬化することで得た。

ここでの仮硬化も完全に硬化するエネルギーの70%程のエネルギーを与え、ある程度の硬化度をもたせた。硬化の方法としては、製品基板側から樹脂層の小さい範囲をスリットを介して露光し、金型と製品基板を固定してスリットを移動させるか、スリットを固定して金型と製品基板を移動させるか、又は両方を移動させることにより、露光位置を少しずつずらして行き、金型パターンの形状の通りに仮硬化させた。

【0056】

(4-6) 硬化

次に金型からの樹脂の離型処理及び樹脂に十分なエッチング耐性をもたせることを目的とした樹脂完全硬化を行なった。このときの硬化処理は全面にわたって同時に照度 15 mW/cm² × 867秒(13005mj)の照射を窒素雰囲気下で行ない、樹脂を引けさせる(硬化による樹脂収縮)ことで効果的に離型を行なった。

【0057】

10

20

30

40

50

(4-7) 離型

次に金型と製品基板の組を製品基板側を上にして離型治具に設置し、製品基板を金型から剥がした。金型表面に離型処理を施していたことにより、金型に樹脂残りが発生せず剥離できた。これにより、製品基板上の樹脂層に金型の微細形状が転写され、樹脂によるライン・アンド・スペースパターンが形成された。

なお、剥がされた金型は洗浄して繰り返し使用する。先に実施した均膜化処理の硬化により、残レイヤー層の厚さは $40 \pm 5 \text{ nm}$ となり、ばらつきは 5 nm 以下に抑えることができた。

【0058】

(5) ドライエッチング

続いてドライエッチングによる微細形状加工処理を示す。

(5-1) ダミー処理

ダミー基板（樹脂層は付着していない）をチャンバーに設置した後、チャンバー内を $4.0 \times 10^{-4} \text{ Torr}$ 以下に排気した。ダミー基板は特に限定されるものではないが、例えば製品基板と同じもので樹脂層の付着していないものである。その後、RIE（反応性イオンエッチング）装置の上部電極パワーを 1250 W 、下部電極（RF）パワーを 50 W に設定し、 CHF_3 を 17 sccm で供給して5分間ドライエッチング処理を行なった。この処理を実施することでチャンバー内の雰囲気、製品基板を処理するガスとした。

【0059】

(5-2) ドライエッチング

次にチャンバーからダミー基板を取り出し、微細3次元形状が形成されている樹脂層が付着している製品基板をチャンバー内に設置した後、チャンバー内を $4.0 \times 10^{-4} \text{ Torr}$ 以下に排気した。その後、RIE装置の上部電極パワーを 1250 W 、下部電極（RF）パワーを 300 W に設定し、 CHF_3 を 17 sccm で供給して15秒間ドライエッチング処理を行なった。このドライエッチング処理により、製品基板がエッチングされてライン・アンド・スペースパターンが形成されたが、このドライエッチングはライン・アンド・スペースパターンのラインパターン上に樹脂層がまだ残っている状態で終了した。

【0060】

(5-3) ダミー処理

製品基板を一度チャンバーから取り出し、ダミー基板をチャンバーに設置した後、チャンバー内を $4.0 \times 10^{-4} \text{ Torr}$ 以下に排気した。その後、RIE装置で O_2 を 200 sccm で供給しながら5分間 O_2 クリーニング処理を行なった。この処理を実施することでチャンバー内を O_2 雰囲気とした。

【0061】

(5-4) アッシング

上部に樹脂層を残してエッチングを終了した製品基板をチャンバー内に設置した後、チャンバー内を $4.0 \times 10^{-4} \text{ Torr}$ 以下に排気した。その後、RIE装置の上部電極パワーを 1250 W 、下部電極（RF）パワーを 200 W に設定し、 O_2 を 20 sccm で供給して10秒間アッシング処理を行ない、ドライエッチング時に樹脂表面に堆積した堆積物を除去した。これにより、次工程で実施する洗浄の際に残留樹脂層を完全に除去することが可能となる。このアッシング処理では、先に O_2 クリーニングを実施していることによりチャンバー内が O_2 雰囲気になっているので、形状転写時のドライエッチングの残ガスによるパターンの形状の崩れを防止することができる。

【0062】

(5-5) 洗浄

次に O_2 アッシング処理を施した製品基板を H_2SO_4 と H_2O_2 の混合液で6分間洗浄して残っていた樹脂層14を除去した。

以上の工程により、シリコン基板に形成した金型の高精度の微細形状を他の材料に転写

10

20

30

40

50

することが可能となる。

【0063】

製品基板は石英のほか、パイレックス（登録商標）、テンパックス（登録商標）といったガラス材料を使用することができる。製品基板は基本的にドライエッチング可能な材料であれば使用可能である。

【0064】

転写を仲介する樹脂として、実施例では紫外線硬化性樹脂を用いているので、紫外線照射により樹脂を硬化させるために、製品基板と金型の少なくとも一方は紫外線を透過させる特性のものである必要がある。しかし、転写樹脂として、熱硬化性樹脂など、他の方法で硬化する樹脂を使用することもできる。熱硬化性樹脂の場合は製品基板も金型も光を通す必要がない。

10

【産業上の利用可能性】

【0065】

本発明の均膜化処理の手法は、マイクロレンズアレイその他の光学素子へのカバーガラス接合や、マイクロレンズアレイや導光素子を初めとした、微細な3次元表面構造をもつ物品を製作するために利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0066】

【図1】均膜化処理を概念的に示す断面図である。

【図2】一実施例における加熱による均膜化処理を示す工程図である。

20

【図3】他の実施例における紫外線照射による均膜化処理を示す平面図である。

【図4】さらに他の実施例を工程順に示すフローチャート図である。

【図5】ナノインプリント技法の一例を示す工程断面である。

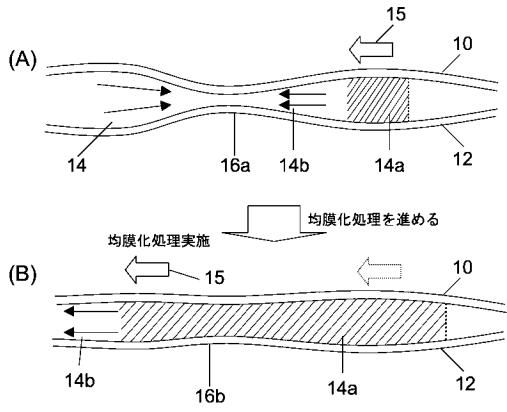
【符号の説明】

【0067】

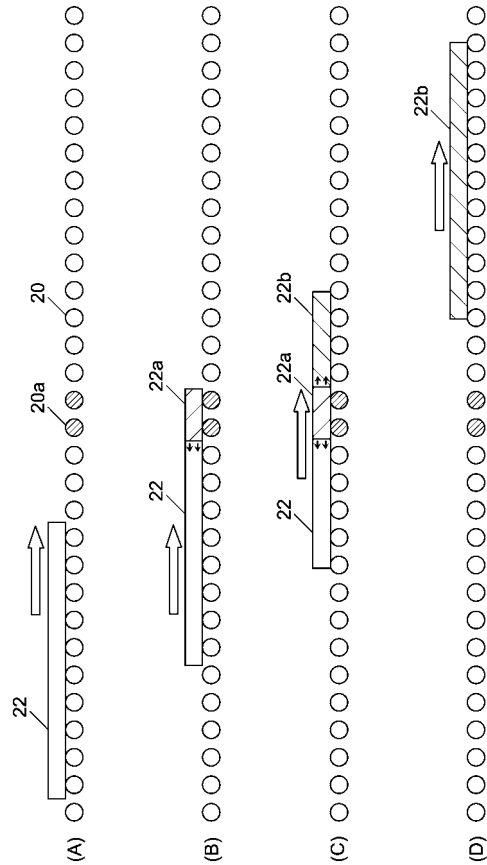
- | | |
|--------|----------|
| 10, 12 | 部材 |
| 14 | 樹脂 |
| 14a | 仮硬化した樹脂 |
| 14b | 未硬化樹脂 |
| 20 | ローラ |
| 20a | 加熱されたローラ |
| 22, 30 | 基板接合体 |

30

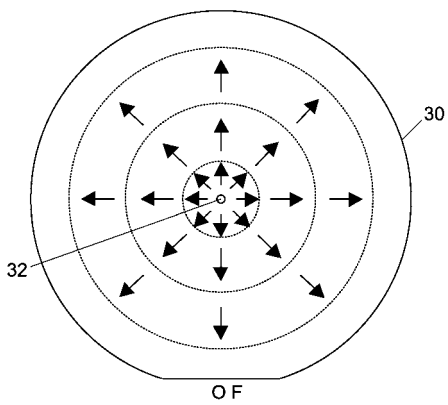
【 図 1 】



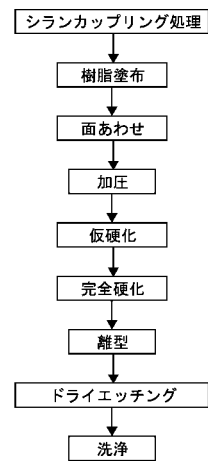
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】

