

(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2014-120604

(P2014-120604A)

(43) 公開日 平成26年6月30日(2014.6.30)

(51) Int. Cl.		F I		テーマコード (参考)		
<b>H O 1 L</b>	<b>21/027</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>H O 1 L</b>	<b>21/30</b>	<b>5 O 2 D</b>	<b>4 F 2 O 2</b>
<b>B 2 9 C</b>	<b>59/02</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>B 2 9 C</b>	<b>59/02</b>	<b>Z</b>	<b>4 F 2 O 9</b>
<b>B 2 9 C</b>	<b>33/38</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>B 2 9 C</b>	<b>33/38</b>		<b>5 F 1 4 6</b>

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2012-274580 (P2012-274580)	(71) 出願人	000001007
(22) 出願日	平成24年12月17日 (2012.12.17)		キヤノン株式会社
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号
		(74) 代理人	100126240
			弁理士 阿部 琢磨
		(74) 代理人	100124442
			弁理士 黒岩 創吾
		(72) 発明者	千葉 啓子
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ ノン株式会社内
		Fターム(参考)	4F202 AA44 AF01 AG05 AH33 AH38
			AJ06 AK03 AM32 AR11 AR12
			AR20 CA19 CB01 CB29 CD02
			CD23
			最終頁に続く

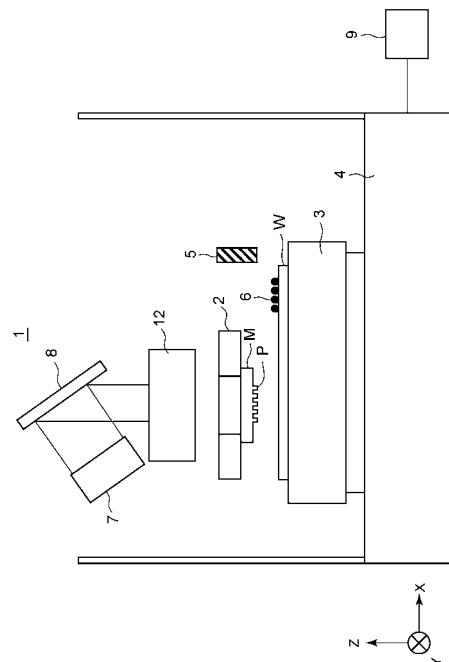
(54) 【発明の名称】 インプリント装置、デバイス製造方法及びインプリント装置に用いられる型

## (57) 【要約】

【課題】 本発明は、基板上に形成されるパターンの欠陥を減少させることができるインプリント装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 本発明のインプリント装置は、基板上の樹脂に型を用いてパターンを形成するインプリント装置であって、前記型と接触した状態の前記樹脂に該樹脂を硬化させるエネルギーを供給する供給部と、前記型と前記樹脂とが最初に離型する領域に供給するエネルギーよりも、前記型と前記樹脂とが最後に離型する領域に供給するエネルギーが多くなるように、前記供給部から前記樹脂に供給されるエネルギーを調整する調整部と、を備えることを特徴とする。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基板上の樹脂に型を用いてパターンを形成するインプリント装置であって、  
前記型と接触した状態の前記樹脂に該樹脂を硬化させるエネルギーを供給する供給部と

、  
前記型と前記樹脂とが最初に離型する領域に供給するエネルギーよりも前記型と前記樹脂とが最後に離型する領域に供給するエネルギーが多くなるように、前記供給部から前記樹脂に供給されるエネルギーを調整する調整部と、  
を備えることを特徴とするインプリント装置。

## 【請求項 2】

前記供給部は前記樹脂を硬化させる露光光を照射する光源を有し、  
前記樹脂は前記光源から露光光が照射されることにより硬化する光硬化樹脂であり、  
前記調整部は前記露光光による露光量を調整することを特徴とする請求項 1 に記載のインプリント装置。

## 【請求項 3】

前記調整部は、前記最後に離型する領域での光強度が前記最初に離型する領域での前記光強度よりも高くなるように前記露光光を調整することを特徴とする請求項 2 に記載のインプリント装置。

## 【請求項 4】

前記調整部は、前記露光光に対する透過率が、前記最初に離型する領域に対応する部分よりも前記最後に離型する領域に対応する部分よりも高いフィルタであることを特徴とする請求項 2 または 3 に記載のインプリント装置。

## 【請求項 5】

前記調整部は、前記最初に離型する領域でのエネルギーを供給する時間よりも、前記最後に離型する領域でのエネルギーを供給する時間が長くなるように前記供給部を調整することを特徴とする請求項 1 に記載のインプリント装置。

## 【請求項 6】

前記供給部は前記樹脂を硬化させる露光光を照射する光源を有し、  
前記露光光を遮光する遮光板を備え、  
前記調整部は、前記最後に離型する領域に前記露光光を照射した状態で、前記最初に離型する領域を照射する露光光を遮光するように前記遮光板を駆動することで、前記最初に離型する領域にエネルギーを供給する時間よりも、前記最後に離型する領域にエネルギーを供給する時間が長くなるように前記供給部を調整することを特徴とする請求項 5 に記載のインプリント装置。

## 【請求項 7】

前記最初に離型する領域よりも、前記最後に離型する領域の露光量が 1 . 2 倍以上 3 倍以下であることを特徴とする請求項 2 乃至 6 のいずれか一項に記載のインプリント装置。

## 【請求項 8】

前記調整部は、前記型と前記樹脂とが接触した状態で前記露光光を照射し前記樹脂を硬化させた後に、前記型と前記樹脂とを離型する際に前記露光光が照射されているように前記光源を制御する制御部であることを特徴とする請求項 2 乃至 7 のいずれか一項に記載のインプリント装置。

## 【請求項 9】

基板上の樹脂に型を用いてパターンを形成するインプリント装置であって、  
前記樹脂に該樹脂を硬化させるエネルギーを供給する供給部と、  
前記型と前記樹脂とが接触した状態で、前記型と前記樹脂とが最初に離型する領域に供給するエネルギーよりも前記型と前記樹脂とが最後に離型する領域に供給するエネルギーが多くなるように、前記供給部から前記樹脂にエネルギーを供給するよう制御する制御部と、  
を備えることを特徴とするインプリント装置。

10

20

30

40

50

**【請求項 10】**

基板上の樹脂に型を用いてパターンを形成するインプリント装置であって、  
前記型と接触した状態の前記樹脂に該樹脂を硬化させるエネルギーを供給する供給部と

、  
前記基板上に形成される前記パターンの密度が低い領域よりも、前記基板上に形成される前記パターンの密度が高い領域に供給するエネルギーが多くなるように、前記供給部から前記樹脂に供給されるエネルギーを調整する調整部と、  
を備えることを特徴とするインプリント装置。

**【請求項 11】**

前記供給部は前記樹脂を硬化させる熱を供給する熱源を有し、

10

前記樹脂は前記熱源から供給される熱により硬化する熱硬化性樹脂または熱可塑性樹脂であり、

前記調整部は前記熱源による熱の供給量を調整することを特徴とする請求項 1 に記載のインプリント装置。

**【請求項 12】**

請求項 1 乃至 11 のいずれか一項に記載のインプリント装置を用いて前記パターンを前記基板に形成する工程と、

前記工程で前記パターンが形成された前記基板を加工する工程と、  
を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

**【請求項 13】**

20

請求項 1 乃至 11 のいずれか一項に記載のインプリント装置に用いられる型であって、  
前記調整部によって前記供給部から前記樹脂に供給される前記エネルギーの量によって異なる前記樹脂の収縮量に基づいて、前記型に形成されたパターン部の凹凸形状が異なることを特徴とするインプリント装置に用いられる型。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、基板上の樹脂に型を用いてパターンを形成するインプリント装置に関する。

**【背景技術】****【0002】**

30

インプリント技術は、磁気記憶媒体や半導体デバイスを生産するためのリソグラフィ技術の一つである。インプリント技術は、パターンが形成された型を原版として、基板上に供給されたインプリント材（樹脂）にパターンを形成する技術である。基板上に供給された樹脂と型とを接触させた状態で、樹脂を硬化させることで樹脂にパターンを転写することができる。樹脂を硬化させる方法としては、光を用いて樹脂を露光により硬化させる方法や、熱を用いて樹脂を硬化させる方法がある。

**【0003】**

樹脂を硬化させ、硬化させた樹脂と型とを離す（離型）際に、樹脂と型との間に付着力が発生し、樹脂からなるパターンが切断されることがある。このパターンが切断される現象は、インプリント技術におけるパターン欠陥の発生原因の一つである。パターンサイズやパターンのアスペクト比、パターンの面内配置、型に塗布してある離型剤や樹脂の種類など様々な要因によってパターン欠陥が発生する程度が違ってくる。例えば、型と樹脂とを離す速度が速いほど、樹脂のパターンが切断される問題が発生する確率は高くなる。

40

**【0004】**

従来、型と樹脂との離型は、型と樹脂とが接触した領域の周辺部から徐々に間隔を広げていき、最後に中央部で型と樹脂とを離す方法や、型を基板に対して斜めにして、型の片側から反対側にむけて徐々に間隔を広げていく方法などが知られている。一般的には、型と樹脂との距離（間隔）が等速で広がっていくように、型又は基板を動かして型と樹脂とを離型する。

**【0005】**

50

しかしながら、等速で型又は基板を動かしていても、最後に離型する瞬間は、型と樹脂の接触面積が急に小さくなる。そして、型と樹脂とが離れる速度の変化の割合が大きくなり、離型速度が速くなる。これは、インプリントに用いる型はパターンが形成された部分の厚さが薄く、変形しやすいため、最後に型と樹脂とが離れる際に、変形した型が元の形状に戻ろうとする力が加わるためである。

【 0 0 0 6 】

このため、基板上のパターン欠陥は、型と樹脂とが最後に離れる領域に多く発生していた。そこで、最後に型と樹脂とが離れるときに、型または基板を動かす速度を落とし、離型速度を遅くすることも考えられるが、速度を遅くすることによりスループットが低下してしまう。また、特許文献 1 には露光により樹脂を硬化させるインプリント装置であって、最後に離型する領域の露光量をその他の領域の露光量よりも小さくし、未硬化の状態で離型するインプリント装置が記載されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 7 】

【特許文献 1】特開 2 0 1 1 - 1 8 1 5 4 8 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 8 】

しかしながら、樹脂が未硬化の状態で離型を行うため、樹脂からなる微細パターン形状が崩れるなどのパターン欠陥が生じることがある。また、離型後に未硬化の樹脂を硬化させるために露光光で樹脂を照射する必要がある。

20

【 0 0 0 9 】

本発明は、このような状況を鑑みてなされたものであり、基板上に形成されるパターン欠陥を減少させることができるインプリント装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

本発明のインプリント装置は、基板上の樹脂に型を用いてパターンを形成するインプリント装置であって、前記型と接触した状態の前記樹脂に該樹脂を硬化させるエネルギーを供給する供給部と、前記型と前記樹脂とが最初に離型する領域に供給するエネルギーよりも、前記型と前記樹脂とが最後に離型する領域に供給するエネルギーが多くなるように、前記供給部から前記樹脂に供給されるエネルギーを調整する調整部と、を備えることを特徴とする。

30

【発明の効果】

【 0 0 1 1 】

本発明によれば、樹脂に供給するエネルギーを調整することで離型時の内部応力を適正化できるので、基板上に形成されるパターンの欠陥を減少させることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図 1】本発明の第 1 実施形態におけるインプリント装置を示す図である。

40

【図 2】樹脂の硬化収縮により発生する内部応力を示す図である。

【図 3】基板上に照射される紫外線の露光量の分布を示す図である。

【図 4】本発明におけるインプリント工程を示す図である。

【図 5】本発明の第 2 実施形態におけるインプリント装置を示す図である。

【図 6】本発明の第 3 実施形態におけるインプリント装置を示す図である。

【図 7】本発明の第 4 実施形態におけるインプリント装置を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 3 】

以下、本発明の好ましい実施形態を添付の図面に基づいて詳細に説明する。なお、各図において、同一の部材については同一の参照番号を付し、重複する説明は省略する。

50

## 【 0 0 1 4 】

## ( 第 1 実施形態 )

図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係るインプリント装置 1 を模式的に表した図である。インプリント装置 1 には、原版としての型 ( モールド ) M を保持するモールドチャック 2、基板としてのウエハ W を保持するウエハチャック 3 を備える。

## 【 0 0 1 5 】

モールド M には、ウエハ W に対向する表面に凹凸形状のパターン P が形成されている。ウエハステージ 4 は、ウエハチャック 3 に保持されたウエハ W を X Y 平面で移動させることができる。ウエハステージ 4 は、ウエハ W を Z 方向に移動させることができるようにしても良い。ディスペンサ 5 ( 塗布機構 ) はウエハ W 上に樹脂 6 を供給する。ウエハ W はウエハステージ 4 によってモールド M に形成されたパターン P の下方の所定の位置に移動したり、ディスペンサ 5 の下方に移動したりする。

10

## 【 0 0 1 6 】

樹脂 6 が供給されたウエハ W がパターン P の下方の所定の位置に移動した後、ウエハ W とモールド M との位置合わせを行う。そして、モールド M を保持するモールドチャック 2 とウエハ W を保持するウエハチャック 3 との少なくとも一方を Z 方向に移動させることで、モールド M と樹脂 6 とを接触させる ( 押印工程 ) 。

## 【 0 0 1 7 】

モールド M と樹脂 6 とを接触させ、パターン P の凹部に樹脂 6 の充填が完了した後、モールド M と樹脂 6 とが接触した状態で樹脂 6 を硬化させる。樹脂 6 を硬化させるためのエネルギーを供給する供給部として本実施形態では光源 7 を用いる。光源 7 から照射される光でウエハ W を照射することによって樹脂 6 を硬化させる。光源 7 からの光は、光学部材 8 とモールド M とを通過して樹脂 6 を照射する。モールドチャック 2 には光が通過するための開口が設けられている。また、モールド M は光を透過する部材 ( 例えば石英 ) からなる。本発明における樹脂とは、硬化前の液状のものから硬化後の固体状のものを含む。

20

## 【 0 0 1 8 】

露光強度の調整には、光学部材 8 と光学部材 8 からの光をモールド M に照射する投影レンズ 1 2 とを用いる。光学部材 8 は樹脂 6 を照明する光 ( 露光光 ) の強度を調整する調整部であり、光源 7 からの光に強度分布を持たせることができる。例えば、光学部材 8 として、DMD ( Digital Micromirror Device ) や GVL ( Grating Light Valve ) などのマイクロメカニクス技術を用いて作製された光学素子を用いる。DMD や GLV は、多数の独立に稼働するミラーが集積回路上に形成されたものであり、夫々のミラーのむきをかえることによって光照射量を調整する。ミラーを用いた光学部材 8 は、光源 7 からの光を有効に利用することができ、耐久性にも優れている。

30

## 【 0 0 1 9 】

これらインプリント装置 1 は制御部 9 によって制御される。制御部 9 は、処理部や記憶部を含むコンピュータなどである。本実施形態では、樹脂 6 として紫外線が照射されることで硬化する紫外線硬化樹脂がウエハ W 上に供給される。

## 【 0 0 2 0 】

モールドのパターンと樹脂とを離す際には、樹脂 6 とパターン P とが接触した領域の最外周から離型を開始し、接触した領域の中央部で樹脂 6 とパターン P とが最後に離れることで、離型が完了する。モールド M はパターン P が形成された部分の厚さが薄いため、モールド M とモールドチャック 2 との間の空間の圧力を大きくすることによって、モールド M を下に向かって ( - Z 方向 ) 凸状に変形させることができる。モールドと樹脂とを離型する際に、モールド M を凸状に変形させることによって、樹脂 6 とパターン P とが接触した領域の中央部で樹脂 6 とパターン P とが最後に離れるようにすることができる。

40

## 【 0 0 2 1 】

## ( 内部応力について )

図 2 を用いて、樹脂 6 の硬化収縮により発生する内部応力について説明する。図 2 はモ

50

ールドMに形成されたパターンPの一部を拡大した断面図を示している。図2(a)はモールドMに充填した樹脂6の硬化前、図2(b)はモールドMに充填した樹脂6の硬化後を示す図である。

【0022】

図2(a)に示す樹脂6の硬化前は、パターンPの凹部の深さである $T_p$ に樹脂6が充填しており、かつモールドMとウエハWとの間には厚さ $T_r$ の残存した樹脂の膜(残膜)が存在している。この残膜はパターンPの全面に広がっている。モールドMに形成されたパターンPの凸部の領域41には残膜厚 $T_r$ の樹脂6が存在し、パターンPの凹部の領域42は $T_p + T_r$ の樹脂6が存在する。

【0023】

モールドMと樹脂6とが接触した状態で樹脂を硬化させる。樹脂を硬化させると、パターンPの凸部の領域41(残膜のみの領域)では、厚さ $T_r$ に相当する残膜の樹脂6が硬化収縮しようとする。一方、パターンPの凹部の領域42では、厚さ $T_r$ の残膜に加えて、厚さ $T_p$ のパターンPの凹部に充填した樹脂6が存在する。そのため、 $T_p + T_r$ の厚さに相当する樹脂6が硬化収縮しようとする。樹脂を硬化させると、樹脂の内部に収縮しようとする力が発生する。

【0024】

図2(b)に示す樹脂6の硬化後は、樹脂6の硬化収縮によりモールドMとウエハWの間隔 $T_r2$ は硬化前と比較して狭くなる。しかし、モールドMに形成されたパターンPの凸部の領域41と、パターンPの凹部の領域42とでは、硬化収縮する樹脂6の量が違う。

【0025】

パターンPの凹部の領域42では、硬化収縮する樹脂6の量が多いため、パターンPの凸部の領域41より大きな力が発生する。しかし、図2(b)に示すように、凸部の領域41の樹脂は収縮量が小さいので、硬化収縮した後はモールドMとウエハWとに対して反発する向きに力が発生する。そのため、2つの領域のバランスがとれたところで、モールドMとウエハWの間隔 $T_r2$ が定まる。

【0026】

そして、パターンPの凹部の領域42では、樹脂6が収縮しようとする力が内部応力として残存する。内部応力の大きさによっては、樹脂6がモールドMから剥離してしまう場合もある。

【0027】

収縮により発生する内部応力は、残膜の厚さ $T_r$ が薄いほど大きくなり、また、パターンPの凹部に充填した樹脂6の厚さ $T_p$ が厚いほど大きくなる。さらに、収縮により発生する内部応力は、紫外線硬化樹脂の収縮率が大きいほど大きくなり、収縮後の樹脂のヤング率が大きいほど大きくなる。ここでの内部応力は、モールドMと樹脂6との付着力を弱める方向に働く力である。つまり、この内部応力が大きいほどモールドMと樹脂6とが離れやすく(離型しやすく)なる。

【0028】

上記で説明した硬化収縮により発生する応力の大きさは、パターン部の厚さ $T_p$ 、残膜の厚さ $T_r$ を用いて、以下の式1のようになる。ここで、樹脂硬化後のヤング率、樹脂の収縮率 $S$ 、定数 $k$ とする。

$$= k \times f(T_p) \times f(1/T_r) \times S \quad (\text{式1})$$

【0029】

このように、樹脂が硬化することでパターンPの凹部に発生する内部応力がモールドMのパターンPの全体で生じれば離型し易くなる。しかし、パターンPの凹部に大きな内部応力を発生させるには、樹脂を硬化させた際に樹脂6の体積を大きく収縮させる必要がある。そのため、ウエハに転写されたパターンの形状がモールドに形成されたパターンPの形状とは異なる恐れがある。

【0030】

10

20

30

40

50

さらに、パターン P の全体で樹脂 6 の収縮が生じれば、ウエハ W 上のパターン P を転写する領域（ショット領域）とモールド M に形成されたパターン P の領域とに倍率差が生じる恐れがある。そのため、ウエハ W に照射される紫外線の露光量に分布を持たせて必要以上に樹脂を収縮させないようにする。

【 0 0 3 1 】

（露光量の分布について）

図 3 を用いて、ウエハ W 上に照射される紫外線の露光量の分布について説明する。本実施形態の樹脂 6 は、樹脂に照射される紫外線の露光量が多いほど硬化収縮量が大きくなる樹脂を用いる。または、樹脂に照射される紫外線の露光量が多いほど、硬化した樹脂のヤング率が高くなる樹脂である。

【 0 0 3 2 】

図 3 はモールド M に形成されたパターン P がウエハ W 上に転写されるショット領域を示している。ショット領域はモールド M に形成されたパターン P の大きさに対応している。つまり、樹脂 6 と接触しているパターン P の領域を示している。

【 0 0 3 3 】

本実施形態では、モールド M と樹脂 6 とを離型する際には、ショット領域の周辺部から中央部に向かうようにモールド M と樹脂 6 との間隔を広げ、ショット領域の中央部で最後に離型する。

【 0 0 3 4 】

そこで、露光量の分布を調節して図 3（a）に示すように、ショット領域の中央部の露光量を大きくする。つまり、モールド M と樹脂 6 とが最後に離型する領域 3 1 の露光量を、モールド M と樹脂 6 とが最初に離型する領域 3 2 の露光量より大きくすることである。

【 0 0 3 5 】

例えば、図 3（a）においては、 $26\text{ mm} \times 33\text{ mm}$  内に、 $10\text{ mm}$  の最後に離型する領域 3 1 が存在する。最初に離型する領域 3 2 の露光強度  $35\text{ mW} / \text{cm}^2$  に対して、最後に離型する領域 3 1 は、約 3 倍の露光強度  $100\text{ mW} / \text{cm}^2$  とすることで、ショット領域内で異なる内部応力の分布を発生させることができる。

【 0 0 3 6 】

最後に離型する領域 3 1 の内部応力  $\sigma_1$  と、最初に離型する領域 3 2 の内部応力  $\sigma_2$  とを発生させる。最後に離型する領域 3 1 の露光量を大きくしているので、内部応力は  $\sigma_1 > \sigma_2$  となる。こうして、最後に離型する領域の内部応力を最初に離型する領域の内部応力よりも大きくすることができる。

【 0 0 3 7 】

最初に離型する領域 3 2 の露光量は、少なくとも樹脂 6 が硬化するために必要な露光量（エネルギー）である。ショット領域内の樹脂が硬化しているので、離型後に未硬化の樹脂によるパターン欠陥を低減することができる。

【 0 0 3 8 】

最後に離型する領域 3 1 の内部応力が最初に離型する領域 3 2 よりも大きく発生しているため、最後に樹脂とモールドとが離型する際に、離型の速度が急激に速くなっても、樹脂とモールドとが離れやすい。モールド M と樹脂 6 とを離型する際に、樹脂の切断などのパターン欠陥を低減することができる。

【 0 0 3 9 】

露光量の分布の与え方は図 3（a）に限らない。図 3（a）では、露光量の分布が 2 値の場合を示したが、露光量の分布に傾斜を与えても良い。図 3（b）のように、ショット領域内全体に露光量の分布を持たせた場合は、露光量が最大になる領域を最後に離型する領域 3 1 とし、その他の領域を最初に離型する領域 3 2 とする。最初に離型する領域で露光量に分布があっても構わない。最後に離型する領域 3 1 の紫外線の露光量が最大になるように、最初に離型する領域 3 2 に露光量に傾斜を与える。例えば、ショット領域の周辺部から中心部に向かって露光量が徐々に大きくなるように傾斜を与える。

【 0 0 4 0 】

10

20

30

40

50

例えば、図3(b)においては、 $33\text{ mm} \times 52\text{ mm}$ 内に、 $12\text{ mm}$ の最後に離型する領域31が存在する。露光強度は $100\text{ mW/cm}^2$ から $200\text{ mW/cm}^2$ まで、2倍の範囲で徐々に変化させる。

【0041】

図3(a)、(b)ではショット領域の中央部を最後に離型する場合を説明したが、最後に離型する領域は、中央部でなくても良い。モールドM全体を斜めにして、ショット領域の片側(周辺部の一辺)から反対側(対辺)に向けて徐々に離型しても良い。

【0042】

この場合、図3(c)のように、ショット領域の周辺部の一辺を、最後に離型する領域31として、最初に離型する領域32の露光量よりも大きくする。最初に離型する領域32の露光量は、図3(b)と同様に複数の露光量の分布や、傾斜を持った露光量の分布を与えても良い。図3(c)のような応力分布を生じさせ、最後に離型する領域31での離型速度の上昇による離型時に発生するパターン欠陥を低減することができる。

【0043】

このように本実施形態では、最初に離型する領域と比較し、最後に離型する領域の露光量が多くなるように、露光量の分布を調節することを特徴とする。

【0044】

このようにして、最後に離型する領域31の内部応力を、最初に離型する領域32の内部応力よりも大きくすることができるため、モールドMと樹脂6との離型時に、最後に離型する領域もモールドMと樹脂とを離れやすくすることができる。

【0045】

(モールドについて)

上述のように露光量に分布を与えて樹脂を硬化させると、最後に離型する領域の樹脂は最初に離型する領域の樹脂よりも大きく収縮する。そのため、最後に離型する領域に転写されるパターンの形状は、モールドMに形成されたパターンPとは異なる恐れがある。そこで、樹脂の収縮を予め考慮して設計されたモールドMを用いても良い。

【0046】

図4(a)~(d)に樹脂の収縮を考慮して設計されたモールドMの断面図と、モールドMを用いたインプリント工程を示す。ここでは、図3(a)、(b)のようにショット領域の中心部で最後に離型する場合について説明する。

【0047】

図4(a)は、モールドMの断面図を示している。モールドMと樹脂6とが最後に離型する領域31におけるパターンPの凹部の幅を、最後に離型する領域以外の領域(最初に離型する領域32)におけるパターンPの凹部の幅よりも広くする。最後に離型する領域31のパターンPの凹部の幅は、例えば、樹脂6の硬化収縮量を考慮して補正する。

【0048】

これにより、露光量が多い領域(最後に離型する領域)の樹脂の収縮量が大きくなっても、任意の形状で樹脂のパターンをウエハ上に転写することができる。

【0049】

このようなモールドを用いてパターンの転写について説明する。

【0050】

図4(b)は、モールドMとウエハWに供給された樹脂6とを接触させて、モールドMのパターンPに樹脂6が充填された図である。領域31には、領域32に比べ、強度の高い紫外線が照射される。本実施形態では、領域32の露光強度に対して、領域31は、3倍の露光強度とした。

【0051】

そのため、図4(c)のように、領域31のパターンPの凹部に充填した樹脂6は、領域32の凹部に充填した樹脂6よりも多く硬化収縮する。そのため、領域31の凹部には領域32の凹部よりも大きな内部応力が生じている。領域32は少なくとも樹脂6が硬化するのに必要な露光量の紫外線を照射すればよい。パターンの形状を考慮すれば、できる

10

20

30

40

50



だけ硬化収縮させない方がよい。領域 3 1 では、樹脂 6 の硬化収縮量によって、硬化した樹脂 6 がモールド M の凹部からすでに離れてしまっている場合もある。その場合、領域 3 1 の樹脂とモールドはモールド M とウエハ W の間隔を広げる前に離型しており、最後に離型する領域の離型速度の上昇による離型時に発生するパターン欠陥を低減することが可能になる。

【 0 0 5 2 】

樹脂 6 を硬化させた後、モールド M と硬化した樹脂 6 とを離型することで、図 4 ( d ) のようにパターンがウエハ W 上に形成される。

【 0 0 5 3 】

領域 3 2 の露光強度に対して、領域 3 1 の露光強度の比率が大きいほど、領域 3 1 の樹脂 6 の硬化収縮量は大きくなり、離型しやすくなる。しかし、領域 3 1 の露光強度が大き過ぎると熱の影響によりウエハ W の変形や温度上昇など問題が発生してしまう。

【 0 0 5 4 】

そのため、領域 3 1 の露光強度を決める際には、ウエハ W に熱の影響が生じない範囲の露光強度にするのが望ましい。特にウエハ W に対する熱の影響が大きい場合には、領域 3 1 の樹脂 6 に内部応力が発生するのに十分な硬化収縮量が生じる露光強度のうち、最も低い露光強度が望ましい。

【 0 0 5 5 】

一般的なインプリントに用いられる紫外線硬化樹脂の特性から考えると、硬化収縮させる領域の露光強度は、硬化収縮させない領域の露光強度の 1 . 2 倍以上 3 倍以下であることが望ましい。そのため、露光強度を調整する調整部で露光強度が 1 . 2 倍から 3 倍まで変えることができればよい。

【 0 0 5 6 】

モールド M に形成されたパターン P の補正は、凹部の幅に限らず、凹部の厚さ方向（形成されるパターンの高さ方向）の補正を行っても良い。厚さ方向の補正も、パターン P の凹部に充填した樹脂の収縮量を考慮して、領域 3 1 の凹部の厚さ方向の厚さ  $T_{p31}$  を領域 3 2 の凹部の厚さ方向の厚さ  $T_{p32}$  よりも大きくすることができる。このように、樹脂 6 の効果収縮量を考慮してパターン部の凹凸形状を決めても良い。

【 0 0 5 7 】

ここで、モールド M に形成されたパターン P の補正については、幅方向と厚さ方向の何れの場合も樹脂 6 の収縮量を考慮した。しかし、厚さ方向の補正はインプリント工程後のプロセスを考慮しても良い。

【 0 0 5 8 】

つまり、半導体プロセスにインプリント工程を用いる場合には、インプリント工程後に、ドライエッチングなど基板を加工する工程を行う場合が多い。この場合、硬化収縮後の樹脂のエッチング耐性を考慮して厚さ方向の補正を行う。本実施形態では、硬化収縮によって、領域 3 1 の樹脂 6 の高さ（厚さ）が領域 3 2 の樹脂 6 の高さよりも小さくなった。しかし、硬化収縮量が多くても、エッチング耐性が領域 3 2 の樹脂 6 と、同等である場合には、モールド M の厚さ方向の補正は、行わなくても良い。

【 0 0 5 9 】

（第 2 実施形態）

図 5 を用いて第 2 実施形態のインプリント装置について説明する。

【 0 0 6 0 】

図 5 は、第 2 実施形態のインプリント装置 1 を模式的に示した断面図である。図 5 のインプリント装置は、第 1 実施形態のインプリント装置とほぼ同様の装置である。第 2 実施形態では、露光強度の調整にフィルタ 10 を用いる。フィルタ 10 はモールド M（モールドチャック 2）と光源 7 との間に配置されている。また、フィルタ 10 は、モールド M の近くに配置するのが好ましい。

【 0 0 6 1 】

また、不図示の駆動機構により、フィルタ 10 を所定の場所に配置することができる。

10

20

30

40

50

モールドMに対して最後に離型する領域の露光量が多くなるようにフィルタを配置する。露光光の強度を調整する調整部としてのフィルタ10により、光強度分布を調整して露光光を樹脂に照射する。

【0062】

フィルタ10としては、金属膜のNDフィルタが一般的である。金属膜の膜厚を変えることによって、光の透過率を変える。金属膜の材料はアルミニウムかクロムである。フィルタの透過率は、図3(a)や(c)のように、フィルタ面内で一部だけ変えても良いし、図3(b)のように徐々に変えても良い。

【0063】

ここでは、光源7からの紫外線がショット領域内に均一に照射されるとすると、領域31に対応するフィルタの透過率は、領域32に対応するフィルタの透過率と比較して1.2倍から3倍までの間で設定されていることが望ましい。

【0064】

光の透過率や光の透過分布が異なるフィルタ10を複数用意して、基板上に転写されるパターンや離型方法に応じてフィルタ10を切り替えても良い。

【0065】

このようなフィルタ10を用いることで、樹脂6に照射する露光光の強度を調整することができ、最後に離型する領域31の露光量を増やすことができる。フィルタは、レンズ類で調節する場合に比べ、耐久性には乏しいが、安価に設置することができる。型と樹脂の接触面積の変化に伴い離型速度が変化するが、離型速度の変化に合うよう徐々に応力を調整することにより、パターン欠陥の発生を抑えつつ離型の速さを向上させたインプリントが可能となる。

【0066】

(第3実施形態)

図6を用いて第3実施形態のインプリント装置について説明する。

【0067】

図6は、第3実施形態のインプリント装置1を模式的に示した断面図である。図6のインプリント装置は、第1実施形態のインプリント装置とほぼ同様の装置である。第3実施形態では、露光強度の調整にブレード11(遮光板)を用いる。ブレード11を用いて光源7からの紫外線によりショット領域の樹脂6が露光される時間の調整を行う。露光時間をショット領域内で調整することで、露光量を調整する。

【0068】

第3実施形態のインプリント装置1は、モールドM(モールドチャック2)と光源7との間にブレード11を備えている。ブレード11は、露光量を調整する調整部として、ショット内の露光時間を調整することができる。

【0069】

ブレード11は不図示の駆動機構により、露光光を遮るように移動する。ブレード11を用いて露光時間を調整する方法を説明する。

【0070】

モールドMと樹脂6とが接触した後、紫外線を射出し樹脂を硬化させる。最初はブレード11で露光光を遮光せずにショット全面を露光する。ショット領域のうち最初に離型する領域32の樹脂が硬化するために必要な露光量で全面に紫外線を照射した後、領域32に光が照射されないように、ブレード11で光源7からの紫外線を遮光する。ブレード11で露光領域の範囲を限定して領域31を露光する。

【0071】

最初に離型する領域が露光されないようにブレードを用いて露光光を遮光し、最後に離型する領域31のみ連続して露光する。ブレード11を用いて露光光を遮光することによって、最後に離型する領域31の露光時間を長くすることができる。本実施形態では、樹脂6として紫外線による露光時間が長くなるとヤング率が上昇する紫外線硬化樹脂を用いた。ブレードの移動は、図3(a)や図3(c)のように2段階でも良いし、図3(b)

10

20

30

40

50

のように徐々に移動させても良い。

【0072】

第3実施形態では、ブレード11を用いて露光光を遮光することによって、最後に離型する領域31は、最初に離型する領域32と比較して露光量が多くなり、最後に離型する領域31で内部応力が発生するのに十分な樹脂6の硬化収縮が生じる。

【0073】

(第4実施形態)

図7を用いて第4実施形態のインプリント装置について説明する。

【0074】

図7は、第4実施形態のインプリント装置1を模式的に示した断面図である。一般的なインプリント装置では、露光光で樹脂6を照射することにより樹脂6を硬化させる。その後、光源7から露光光の射出を止めてから、モールドMと樹脂6との離型を開始する。つまり、離型時には露光光が照射されていない。

【0075】

第4実施形態では、最初に離型する領域32の樹脂6が硬化するために必要な露光量で全面に紫外線を照射した後、露光光の照射を継続させたまま離型を開始する。

【0076】

離型を開始して、モールドMと樹脂6とが離れた領域は、モールドMと樹脂6との間に空間ができる。このため、モールドMを照射した露光光はモールドMと空気との界面で反射がおき、樹脂6を照射する露光光の強度が減少する。一方で、最後に離型する領域31は、離型が完了する直前までモールドMと樹脂6とが接触しているので、露光光の強度は減少することなく樹脂6を露光する。

【0077】

このとき、目標とする硬化収縮量が生じるための露光量にあわせて、制御部9は離型を開始してから離型が完了するまでの時間を調整する。制御部9はモールドMと樹脂6とが接触した状態から、最初に離型する領域32からモールドMと樹脂6との間隔が開くようにモールドチャック2を制御する。そこで、モールドMと樹脂6との間隔が開く時間を制御することで、樹脂6に照射される露光量を調整することができる。

【0078】

このように制御部9は、露光量を調整する調整部として機能する。モールドMの代わりにウエハWを制御して離型を行っても良い。光源7からの露光光の照射は離型が完了するまで継続しても良いし、最初に離型する領域32のモールドMと樹脂6との間隔が開いた後、最後に離型する領域31を照射する露光量が必要な量になった時点で、樹脂6の照射を停止しても良い。

【0079】

第4実施形態では、離型を開始した後も露光光の照射を続けることによって、最後に離型する領域31は、最初に離型する領域32と比較して露光量が多くなり、最後に離型する領域31で内部応力が発生するのに十分な樹脂6の硬化収縮が生じる。

【0080】

上述したいずれの実施形態のインプリント装置も、ディスペンサ5を用いて樹脂6をウエハW上に供給する装置を説明した。しかし、インプリント装置とは異なる装置を用いて樹脂が供給されたウエハ(例えば、スピンコートにより樹脂が供給されたウエハ)をインプリント装置内部に搬入してインプリント処理を行っても良い。また、インプリントによって樹脂が形成される基板は、ウエハでなくガラス基板などを用いてもよい。

【0081】

上述したいずれの実施形態のインプリント装置も、エネルギーを供給する供給部として紫外線を照射する光源を用い、樹脂には光硬化樹脂を用いたインプリント装置について説明をした。しかし本発明は、熱を用いてインプリントを行うインプリント装置であっても良い。

【0082】

この場合、供給部としてウエハ上の樹脂に熱エネルギーを供給するヒータなどの熱源を用いる。熱エネルギーの分布は図3に示すように、モールドMと樹脂6とが最後に離型する領域31の熱の供給量を、モールドMと樹脂6とが最初に離型する領域32の熱の供給量より大きくする。

【0083】

樹脂には熱硬化性樹脂を用いても良いし、熱可塑性樹脂を用いても良い。使用する樹脂に応じて最後に離型する領域31で発生する内部応力の大きさが、最初に離型する領域32の内部応力よりも大きくなるように熱エネルギーを供給する。

【0084】

また、硬化した樹脂からモールドを離型する工程では、型に形成されたパターンの密度が低い領域よりパターンの密度が高い領域の方が、硬化した樹脂からモールドが離れにくいことが分かっている。そのため、モールドに形成されたパターンの密度が高い領域に供給するエネルギーが多くなるように露光量や熱の分布を決めても良い。

【0085】

つぎに、本発明の一実施形態のデバイス（半導体デバイス、液晶表示デバイス等）の製造方法について説明する。半導体デバイスは、ウエハに集積回路を作る前工程と、前工程で作られたウエハ上の集積回路チップを製品として完成させる後工程を経ることにより製造される。前工程は、前述のインプリント方法あるいはインプリント装置を使用して型のパターンを基板上の樹脂に転写する工程を含む。後工程は、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）と、パッケージング工程（封入）を含む。液晶表示デバイスは、透明電極を形成する工程を経ることにより製造される。透明電極を形成する工程は、透明導電膜が蒸着されたガラス基板に樹脂を塗布する工程と、前述のインプリント方法あるいはインプリント装置を使用して樹脂が塗布されたガラス基板に型のパターンを転写する工程を含む。本実施形態のデバイス製造方法によれば、従来よりも高品位のデバイスを安価で製造することができる。

【0086】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形および変更が可能である。

【符号の説明】

【0087】

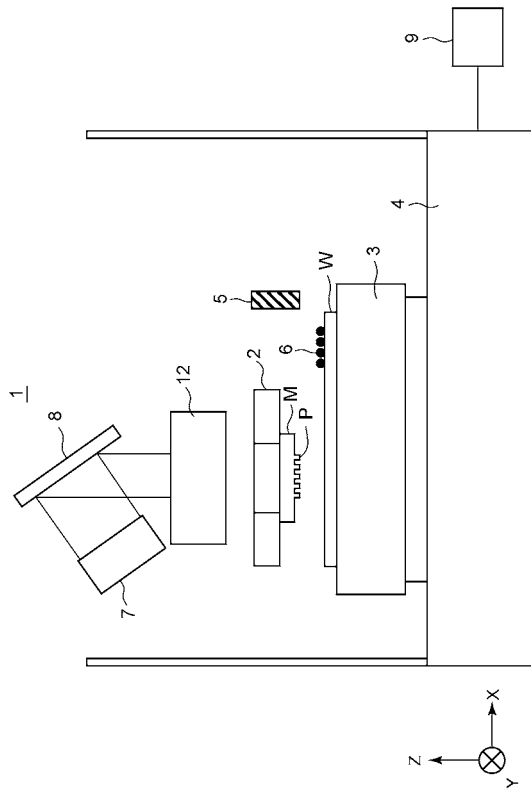
- 1 インプリント装置
- 7 光源
- 8 光学部材

10

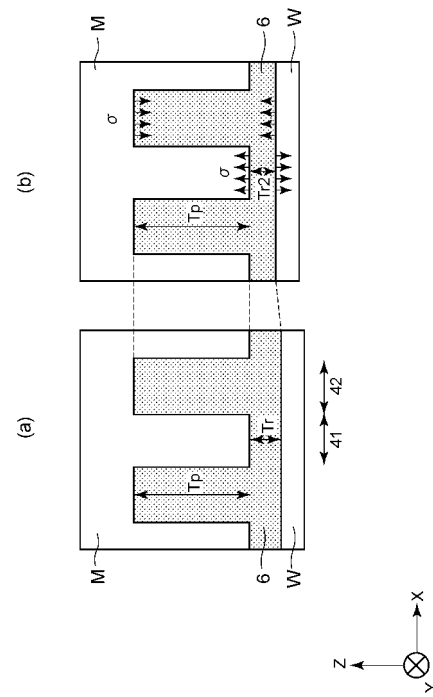
20

30

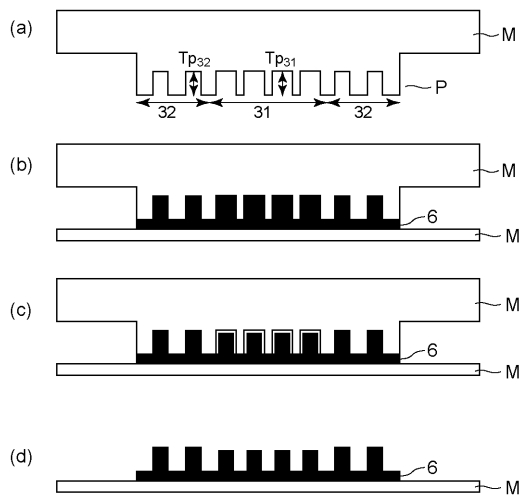
【図 1】



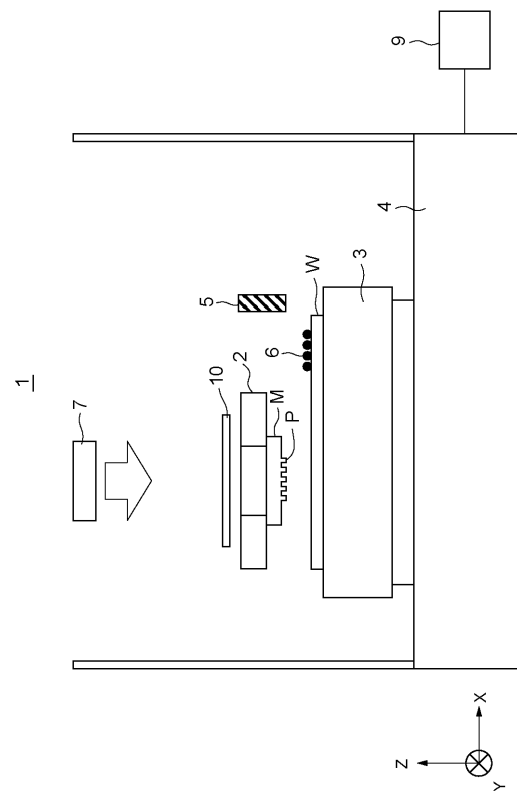
【図 2】



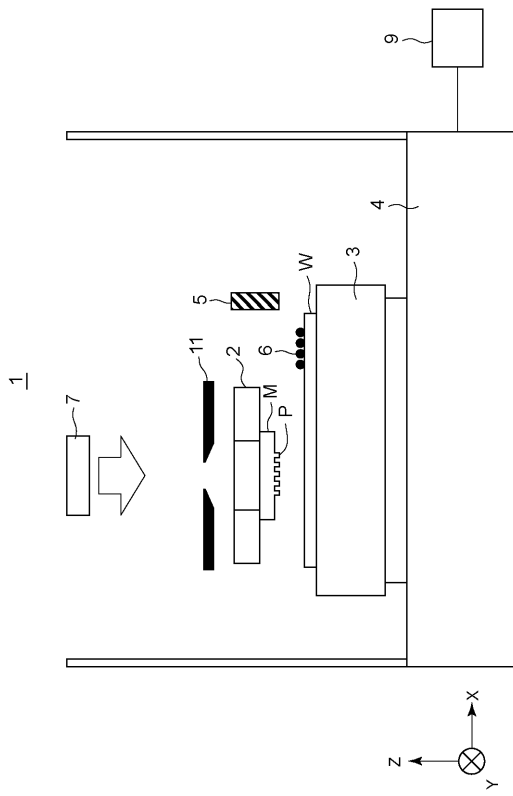
【図 4】



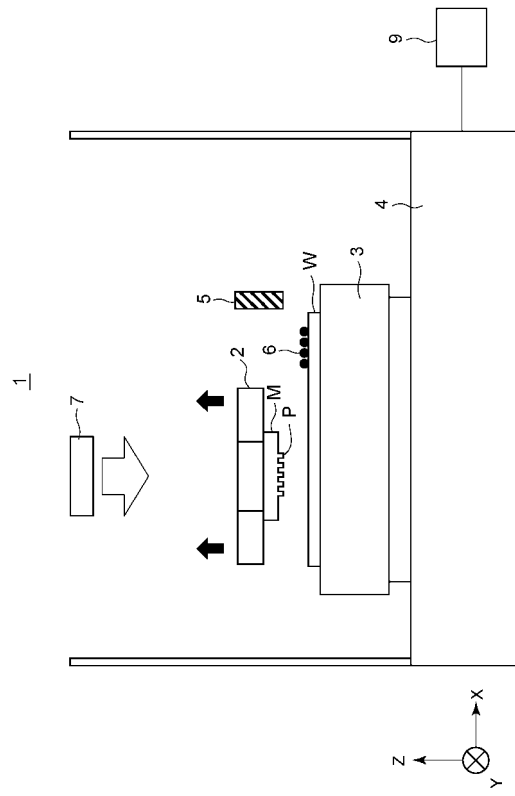
【図 5】



【図 6】

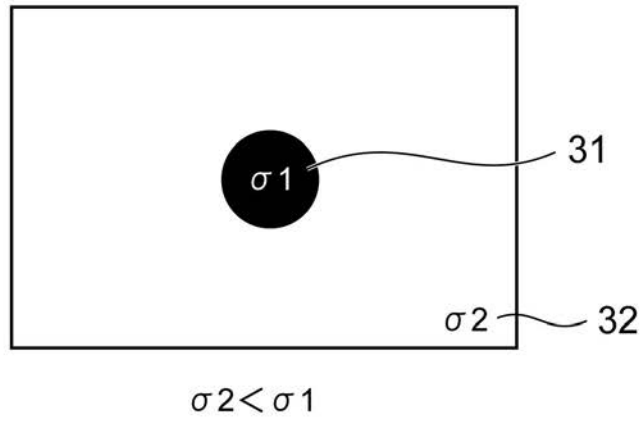


【図 7】

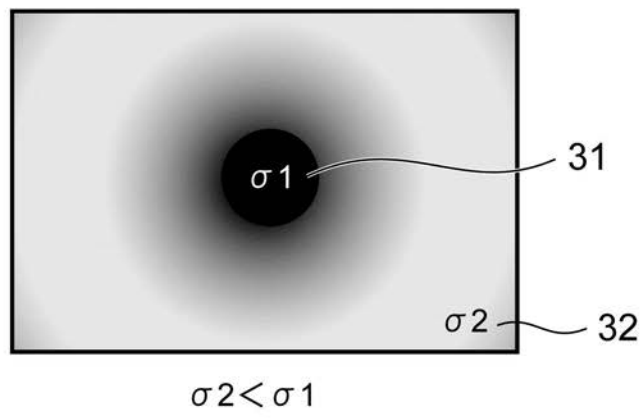


【 図 3 】

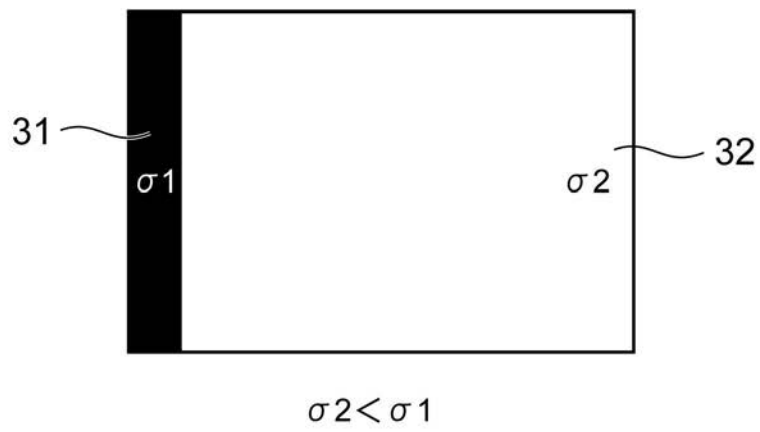
(a)



(b)



(c)



---

フロントページの続き

F ターム(参考) 4F209 AA44 AF01 AG05 AH33 AH38 AJ06 AK03 AM32 AR11 AR20  
PA02 PB01 PC01 PC05 PN03 PN09 PN13 PQ11  
5F146 AA32 AA34