(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第5761860号
(P5761860)

(45)発行日　平成27年8月12日(2015.8.12)　(24)登録日　平成27年6月19日(2015.6.19)

(51)Int.Cl.		F I		
B05C 11/10	(2006.01)	B05C	11/10	
B05C 5/00	(2006.01)	B05C	5/00	101
B05D 1/26	(2006.01)	B05D	1/26	Z
H01L 21/027	(2006.01)	H01L	21/30	502D
B29C 59/02	(2006.01)	H01L	21/30	564Z

請求項の数 14　(全 47 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2012-65609(P2012-65609)
(22)出願日　平成24年3月22日(2012.3.22)
(65)公開番号　特開2012-213761(P2012-213761A)
(43)公開日　平成24年11月8日(2012.11.8)
審査請求日　平成26年1月28日(2014.1.28)
(31)優先権主張番号　特願2011-68532(P2011-68532)
(32)優先日　平成23年3月25日(2011.3.25)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　306037311
富士フイルム株式会社
東京都港区西麻布２丁目２６番３０号
(74)代理人　100083116
弁理士　松浦　憲三
(72)発明者　児玉　憲一
神奈川県足柄上郡開成町牛島５７７番地
富士フイルム株式会社内
(72)発明者　児玉　邦彦
静岡県榛原郡吉田町川尻４０００番地　富士フイルム株式会社内
(72)発明者　大松　禎
神奈川県小田原市扇町２丁目１２番１号
富士フイルム株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】インプリントシステム、及びインプリント方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
所定の粘度を有する機能性液体を基板の上に吐出させるノズルを具備し、前記ノズルと連通される圧力室の内部の前記機能性液体を加圧するための圧電素子が設けられた液体吐出ヘッドと、
前記基板と前記液体吐出ヘッドとを相対的に移動させる相対移動手段と、
前記圧力室を静定状態から膨張させる引き波形要素及び前記膨張させた圧力室を収縮させる押し波形要素を有する駆動電圧を生成する駆動電圧生成手段と、
前記生成された駆動電圧の振幅を調整する駆動電圧調整手段と、
前記生成され、振幅が調整された駆動電圧を前記圧電素子に印加して、前記圧電素子を引き押し動作させる液体吐出ヘッド駆動手段と、
前記基板の機能性液体が着弾した面に対して、所定の凹凸パターンが形成された型の前記凹凸パターンを転写する転写手段と、
を備え、
前記駆動電圧調整手段は、前記圧電素子への前記駆動電圧の印加タイミングを基準とし、前記機能性液体が前記ノズルの開口面から３００ミクロンの位置に達するタイミングまでの時間ｔ（マイクロ秒）を用いて、ｖ＝３００／ｔ（メートル毎秒）で表される前記機能性液体の吐出速度ｖと、前記機能性液体の粘度η（ミリパスカル秒）と、前記駆動電圧の前記引き波形要素及び前記押し波形要素の傾きγ（１／マイクロ秒）と、の関係が、次式

ｖ≧－２．５×ｌｏｇ１０（γ）＋０．４×η＋６．８
を満たすように前記駆動電圧を調整し、
液体吐出ヘッド駆動手段は、前記調整された駆動電圧を前記圧電素子に印加して前記圧電素子を一回引き押し動作させて、前記ノズルから液柱状態で吐出させた前記機能性液体を複数に分裂させて前記基板の上に着弾させるように前記液体吐出ヘッドを駆動させ、
前記転写手段は、前記型における前記機能性液体の濡れやすい方向と略直交する方向に、前記分裂させた機能性液体が配置される方向が合わされるように前記型と前記基板とを接触させるか、又は、
前記駆動電圧調整手段は、前記圧電素子への前記駆動電圧の印加タイミングを基準とし、前記機能性液体が前記ノズルの開口面から３００ミクロンの位置に達するタイミングまでの時間ｔ（マイクロ秒）を用いて、ｖ＝３００／ｔ（メートル毎秒）で表される前記機能性液体の吐出速度ｖと、前記機能性液体の粘度η（ミリパスカル秒）と、前記駆動電圧の前記引き波形要素及び前記押し波形要素の傾きγ（１／マイクロ秒）と、の関係が、次式
ｖ≧３．５×ｌｏｇ１０（γ）－０．２５×η＋１３
を満たすように前記駆動電圧を調整し、
液体吐出ヘッド駆動手段は、前記調整された駆動電圧を前記圧電素子に印加して前記圧電素子を一回引き押し動作させて、前記ノズルから液柱状態で吐出させた前記機能性液体を曳糸状態で前記基板の上に着弾させるように液体吐出ヘッドを駆動させ、
前記転写手段は、前記型における前記機能性液体の濡れやすい方向と略直交する方向に、前記曳糸状態の機能性液体の長手方向が合わされるように前記型と前記基板とを接触させることを特徴とするインプリントシステム。
【請求項２】
前記型における前記機能性液体の濡れやすい方向を検出する検出手段と、
前記検出された型における前記機能性液体の濡れやすい方向と略直交する方向に、前記分裂させた機能性液体が配置されるか、あるいは前記曳糸状態の機能性液体の長手方向が合わされるように前記液体吐出ヘッドと前記基板との相対位置を調整する調整手段と、
を備えたことを特徴とする請求項１に記載のインプリントシステム。
【請求項３】
所定の粘度を有する機能性液体を基板の上に吐出させるノズルを具備し、前記ノズルと連通される圧力室の内部の前記機能性液体を加圧するための圧電素子が設けられた液体吐出ヘッドと、
前記基板と前記液体吐出ヘッドとを相対的に移動させる相対移動手段と、
前記圧力室を静定状態から膨張させる引き波形要素及び前記膨張させた圧力室を収縮させる押し波形要素を有する駆動電圧を生成する駆動電圧生成手段と、
前記生成された駆動電圧の振幅を調整する駆動電圧調整手段と、
前記生成され、振幅が調整された駆動電圧を前記圧電素子に印加して、前記圧電素子を引き押し動作させる液体吐出ヘッド駆動手段と、
前記基板の機能性液体が着弾した面に対して、所定の凹凸パターンが形成された型の前記凹凸パターンを転写する転写手段と、
前記型における前記機能性液体の濡れやすい方向を検出する検出手段と、
前記液体吐出ヘッドと前記基板との相対位置を調整する調整手段と、
を備え、
前記駆動電圧調整手段は、前記圧電素子への前記駆動電圧の印加タイミングを基準とし、前記機能性液体が前記ノズルの開口面から３００ミクロンの位置に達するタイミングまでの時間ｔ（マイクロ秒）を用いて、ｖ＝３００／ｔ（メートル毎秒）で表される前記機能性液体の吐出速度ｖと、前記機能性液体の粘度η（ミリパスカル秒）と、前記駆動電圧の前記引き波形要素及び前記押し波形要素の傾きγ（１／マイクロ秒）と、の関係が、次式
ｖ≧－２．５×ｌｏｇ１０（γ）＋０．４×η＋６．８

を満たすように前記駆動電圧を調整し、
液体吐出ヘッド駆動手段は、前記調整された駆動電圧を前記圧電素子に印加して前記圧電素子を一回引き押し動作させて、前記ノズルから液柱状態で吐出させた前記機能性液体を複数に分裂させて前記基板の上に着弾させるように前記液体吐出ヘッドを駆動させ、
前記調整手段は、前記検出された型における前記機能性液体の濡れやすい方向と略直交する方向に、前記分裂させた機能性液体が配置されるように前記液体吐出ヘッドと前記基板との相対位置を調整するか、又は、
前記駆動電圧調整手段は、前記圧電素子への前記駆動電圧の印加タイミングを基準とし、前記機能性液体が前記ノズルの開口面から３００ミクロンの位置に達するタイミングまでの時間ｔ（マイクロ秒）を用いて、ｖ＝３００／ｔ（メートル毎秒）で表される前記機能性液体の吐出速度ｖと、前記機能性液体の粘度η（ミリパスカル秒）と、前記駆動電圧の前記引き波形要素及び前記押し波形要素の傾きγ（１／マイクロ秒）と、の関係が、次式
ｖ≧３．５×ｌｏｇ$_{10}$（γ）－０．２５×η＋１３
を満たすように前記駆動電圧を調整し、
液体吐出ヘッド駆動手段は、前記調整された駆動電圧を前記圧電素子に印加して前記圧電素子を一回引き押し動作させて、前記ノズルから液柱状態で吐出させた前記機能性液体を曳糸状態で前記基板の上に着弾させるように液体吐出ヘッドを駆動させ、
前記調整手段は、前記検出された型における前記機能性液体の濡れやすい方向と略直交する方向に、前記曳糸状態の機能性液体の長手方向が合わされるように前記液体吐出ヘッドと前記基板との相対位置を調整することを特徴とするインプリントシステム。

【請求項４】
前記型における前記機能性液体の濡れやすい方向を検出する検出手段を備え、
前記転写手段は、前記検出された型における前記機能性液体の濡れやすい方向と略直交する方向に、前記分裂させた機能性液体が配置されるか、あるいは前記曳糸状態の機能性液体の長手方向が合わされるように前記型と前記基板との相対位置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システム。

【請求項５】
所定の粘度を有する機能性液体を基板の上に吐出させるノズルを具備し、前記ノズルと連通される圧力室の内部の前記機能性液体を加圧するための圧電素子が設けられた液体吐出ヘッドと、
前記基板と前記液体吐出ヘッドとを相対的に移動させる相対移動手段と、
前記圧力室を静定状態から膨張させる引き波形要素及び前記膨張させた圧力室を収縮させる押し波形要素を有する駆動電圧を生成する駆動電圧生成手段と、
前記生成された駆動電圧の振幅を調整する駆動電圧調整手段と、
前記生成され、振幅が調整された駆動電圧を前記圧電素子に印加して、前記圧電素子を引き押し動作させる液体吐出ヘッド駆動手段と、
前記基板の機能性液体が着弾した面に対して、所定の凹凸パターンが形成された型の前記凹凸パターンを転写する転写手段と、
前記型における前記機能性液体の濡れやすい方向を検出する検出手段を備え、
を備え、
前記駆動電圧調整手段は、前記圧電素子への前記駆動電圧の印加タイミングを基準とし、前記機能性液体が前記ノズルの開口面から３００ミクロンの位置に達するタイミングまでの時間ｔ（マイクロ秒）を用いて、ｖ＝３００／ｔ（メートル毎秒）で表される前記機能性液体の吐出速度ｖと、前記機能性液体の粘度η（ミリパスカル秒）と、前記駆動電圧の前記引き波形要素及び前記押し波形要素の傾きγ（１／マイクロ秒）と、の関係が、次式
ｖ≧－２．５×ｌｏｇ前記駆動電圧調整手段は、（γ）＋０．４×η＋６．８
を満たすように前記駆動電圧を調整し、
液体吐出ヘッド駆動手段は、前記調整された駆動電圧を前記圧電素子に印加して前記圧

電素子を一回引き押し動作させて、前記ノズルから液柱状態で吐出させた前記機能性液体を複数に分裂させて前記基板の上に着弾させるように前記液体吐出ヘッドを駆動させ、
前記転写手段は、前記検出された型における前記機能性液体の濡れやすい方向と略直交する方向に、前記分裂させた機能性液体が配置されるように前記型と前記基板との相対位置を調整するか、又は、
前記駆動電圧調整手段は、前記圧電素子への前記駆動電圧の印加タイミングを基準とし、前記機能性液体が前記ノズルの開口面から３００ミクロンの位置に達するタイミングまでの時間ｔ（マイクロ秒）を用いて、ｖ＝３００／ｔ（メートル毎秒）で表される前記機能性液体の吐出速度ｖと、前記機能性液体の粘度η（ミリパスカル秒）と、前記駆動電圧の前記引き波形要素及び前記押し波形要素の傾きγ（１／マイクロ秒）と、の関係が、次式
$v \geqq 3.5 \times \log_{10}(\gamma) - 0.25 \times \eta + 13$
を満たすように前記駆動電圧を調整し、
液体吐出ヘッド駆動手段は、前記ノズルから液柱状態で吐出させた前記機能性液体を曳糸状態で前記基板の上に着弾させるように液体吐出ヘッドを駆動させ、
前記転写手段は、前記検出された型における前記機能性液体の濡れやすい方向と略直交する方向に、前記曳糸状態の機能性液体の長手方向が合わされるように前記型と前記基板との相対位置を調整することを特徴とするインプリントシステム。
【請求項６】
前記相対移動手段は、前記液体吐出ヘッドを前記基板に対して走査させる走査手段と、
前記走査手段の走査方向と直交する方向について、前記基板を移動させる基板移動手段と、
を含み、
前記走査手段は、前記液体吐出ヘッドを前記基板の同一の領域について複数回走査させ、
前記液体吐出ヘッド駆動手段は、前記走査手段の複数回の走査のそれぞれについて、機能性液体を吐出させることを特徴とする請求項１から５のいずれか１項に記載のインプリントシステム。
【請求項７】
前記液体吐出ヘッド駆動手段は、前記相対移動手段の相対移動方向に沿って配置される機能性液体を複数のノズルから吐出させることを特徴とする請求項１から６のいずれか１項に記載のインプリントシステム。
【請求項８】
前記液体吐出ヘッド駆動手段は、前記機能性液体の吐出速度ｖが１２メートル毎秒以上１８メートル毎秒未満となるように前記機能性液体を吐出させることを特徴とする請求項１から７のいずれか１項に記載のインプリントシステム。
【請求項９】
前記機能性液体は、光重合性モノマー、光重合開始剤、及び溶媒を含み、
前記転写手段は、前記凹凸パターンが転写された機能性液体に対して光を照射させて硬化させることを特徴とする請求項１から８のいずれか１項に記載のインプリントシステム。
【請求項１０】
前記転写手段は、前記型の凹凸パターンが形成されている面を前記基板の液体が着弾した面に押し当てる押圧手段と、
前記型と前記基板との間の液体を硬化させる硬化手段と、
前記型と前記基板とを剥離させる剥離手段と、
を備えたことを特徴とする請求項１から９のいずれか１項に記載のインプリントシステム。
【請求項１１】
前記転写手段による転写の後に、前記型を前記基板から剥離させる剥離手段と、

凹凸パターンが転写され硬化させた液体から成る膜をマスクとして、前記型の凹凸パターンに対応するパターンを前記基板に形成するパターン形成手段と、
前記膜を除去する除去手段と、
を備えたことを特徴とする請求項１から１０のいずれか１項に記載のインプリントシステム。
【請求項１２】
所定の粘度を有する機能性液体を基板の上に吐出させるノズルを具備し、前記ノズルと連通される圧力室の内部の前記機能性液体を加圧するための圧電素子が設けられた液体吐出ヘッドと、前記基板とを相対的に移動させる相対移動工程と、
前記圧力室を静定状態から膨張させる引き波形要素及び前記膨張させた圧力室を収縮させる押し波形要素を有する駆動電圧を生成する駆動電圧生成工程と、
前記生成された駆動電圧の振幅を調整する駆動電圧調整工程と、
前記生成され、振幅が調整された駆動電圧を前記圧電素子に印加して、前記圧電素子を引き押し動作させて前記液体吐出ヘッドから前記基板の上に前記機能性液体を吐出させる機能性液体吐出工程と、
前記基板の機能性液体が着弾した面に対して、所定の凹凸パターンが形成された型の前記凹凸パターンを転写する転写工程と、
を含み、
前記駆動電圧調整工程は、前記圧電素子への前記駆動電圧の印加タイミングを基準とし、前記機能性液体が前記ノズルの開口面から３００ミクロンの位置に達するタイミングまでの時間ｔ（マイクロ秒）を用いて、ｖ＝３００／ｔ（メートル毎秒）で表される前記機能性液体の吐出速度ｖと、前記機能性液体の粘度η（ミリパスカル秒）と、前記駆動電圧の前記引き波形要素及び前記押し波形要素の傾きγ（１／マイクロ秒）と、の関係が、次式
$$v \geqq -2.5 \times \log_{10}(\gamma) + 0.4 \times \eta + 6.8$$
を満たすように前記駆動電圧を調整し、
液体吐出ヘッド駆動工程は、前記調整された駆動電圧を前記圧電素子に印加して前記圧電素子を一回引き押し動作させて、前記ノズルから液柱状態で吐出させた前記機能性液体を複数に分裂させて前記基板の上に着弾させるように前記液体吐出ヘッドを駆動させ、
前記転写工程は、前記型における前記機能性液体の濡れやすい方向と略直交する方向に、前記分裂させた機能性液体が配置される方向が合わされるように前記型と前記基板とを接触させるか、又は、
前記駆動電圧調整工程は、前記圧電素子への前記駆動電圧の印加タイミングを基準とし、前記機能性液体が前記ノズルの開口面から３００ミクロンの位置に達するタイミングまでの時間ｔ（マイクロ秒）を用いて、ｖ＝３００／ｔ（メートル毎秒）で表される前記機能性液体の吐出速度ｖと、前記機能性液体の粘度η（ミリパスカル秒）と、前記駆動電圧の前記引き波形要素及び前記押し波形要素の傾きγ（１／マイクロ秒）と、の関係が、次式
$$v \geqq 3.5 \times \log_{10}(\gamma) - 0.25 \times \eta + 13$$
を満たすように前記駆動電圧を調整し、
液体吐出ヘッド駆動工程は、前記調整された駆動電圧を前記圧電素子に印加して前記圧電素子を一回引き押し動作させて、前記ノズルから液柱状態で吐出させた前記機能性液体を曳糸状態で前記基板の上に着弾させ、
前記転写工程は、前記型における前記機能性液体の濡れやすい方向と略直交する方向に、前記曳糸状態の機能性液体の長手方向が合わされるように前記型と前記基板とを接触させることを特徴とするインプリント方法。
【請求項１３】
所定の粘度を有する機能性液体を基板の上に吐出させるノズルを具備し、前記ノズルと連通される圧力室の内部の前記機能性液体を加圧するための圧電素子が設けられた液体吐出ヘッドと、前記基板とを相対的に移動させる相対移動工程と、

前記圧力室を静定状態から膨張させる引き波形要素及び前記膨張させた圧力室を収縮させる押し波形要素を有する駆動電圧を生成する駆動電圧生成工程と、
前記生成された駆動電圧の振幅を調整する駆動電圧調整工程と、
前記生成され、振幅が調整された駆動電圧を前記圧電素子に印加して、前記圧電素子を引き押し動作させて前記液体吐出ヘッドから前記基板の上に前記機能性液体を吐出させる機能性液体吐出工程と、
前記基板の機能性液体が着弾した面に対して、所定の凹凸パターンが形成された型の前記凹凸パターンを転写する転写工程と、
前記型における前記機能性液体の濡れやすい方向を検出する検出工程と、
前記液体吐出ヘッドと前記基板との相対位置を調整する調整工程と、
を含み、
前記駆動電圧調整工程は、前記圧電素子への前記駆動電圧の印加タイミングを基準とし、前記機能性液体が前記ノズルの開口面から３００ミクロンの位置に達するタイミングまでの時間ｔ（マイクロ秒）を用いて、ｖ＝３００／ｔ（メートル毎秒）で表される前記機能性液体の吐出速度ｖと、前記機能性液体の粘度η（ミリパスカル秒）と、前記駆動電圧の前記引き波形要素及び前記押し波形要素の傾きγ（１／マイクロ秒）と、の関係が、次式
ｖ≧－２．５×ｌｏｇ１０（γ）＋０．４×η＋６．８
を満たすように前記駆動電圧を調整し、
液体吐出ヘッド駆動工程は、前記調整された駆動電圧を前記圧電素子に印加して前記圧電素子を一回引き押し動作させて、前記ノズルから液柱状態で吐出させた前記機能性液体を複数に分裂させて前記基板の上に着弾させるように前記液体吐出ヘッドを駆動させ、
前記調整工程は、前記検出された型における前記機能性液体の濡れやすい方向と略直交する方向に、前記分裂させた機能性液体が配置されるように前記液体吐出ヘッドと前記基板との相対位置を調整するか、又は、
前記駆動電圧調整工程は、前記圧電素子への前記駆動電圧の印加タイミングを基準とし、前記機能性液体が前記ノズルの開口面から３００ミクロンの位置に達するタイミングまでの時間ｔ（マイクロ秒）を用いて、ｖ＝３００／ｔ（メートル毎秒）で表される前記機能性液体の吐出速度ｖと、前記機能性液体の粘度η（ミリパスカル秒）と、前記駆動電圧の前記引き波形要素及び前記押し波形要素の傾きγ（１／マイクロ秒）と、の関係が、次式
ｖ≧３．５×ｌｏｇ１０（γ）－０．２５×η＋１３
を満たすように前記駆動電圧を調整し、
液体吐出ヘッド駆動工程は、前記調整された駆動電圧を前記圧電素子に印加して前記圧電素子を一回引き押し動作させて、前記ノズルから液柱状態で吐出させた前記機能性液体を曳糸状態で前記基板の上に着弾させ、
前記調整工程は、前記検出された型における前記機能性液体の濡れやすい方向と略直交する方向に、前記曳糸状態の機能性液体の長手方向が合わされるように前記液体吐出ヘッドと前記基板との相対位置を調整することを特徴とするインプリント方法。
【請求項１４】
所定の粘度を有する機能性液体を基板の上に吐出させるノズルを具備し、前記ノズルと連通される圧力室の内部の前記機能性液体を加圧するための圧電素子が設けられた液体吐出ヘッドと、前記基板とを相対的に移動させる相対移動工程と、
前記圧力室を静定状態から膨張させる引き波形要素及び前記膨張させた圧力室を収縮させる押し波形要素を有する駆動電圧を生成する駆動電圧生成工程と、
前記生成された駆動電圧の振幅を調整する駆動電圧調整工程と、
前記生成され、振幅が調整された駆動電圧を前記圧電素子に印加して、前記圧電素子を引き押し動作させて前記液体吐出ヘッドから前記基板の上に前記機能性液体を吐出させる機能性液体吐出工程と、
前記基板の機能性液体が着弾した面に対して、所定の凹凸パターンが形成された型の前

記凹凸パターンを転写する転写工程と、
前記型における前記機能性液体の濡れやすい方向を検出する検出工程と、
を含み、
前記駆動電圧調整工程は、前記圧電素子への前記駆動電圧の印加タイミングを基準とし、前記機能性液体が前記ノズルの開口面から３００ミクロンの位置に達するタイミングまでの時間ｔ（マイクロ秒）を用いて、ｖ＝３００／ｔ（メートル毎秒）で表される前記機能性液体の吐出速度ｖと、前記機能性液体の粘度η（ミリパスカル秒）と、前記駆動電圧の前記引き波形要素及び前記押し波形要素の傾きγ（１／マイクロ秒）と、の関係が、次式
ｖ≧－２．５×ｌｏｇ１０（γ）＋０．４×η＋６．８
を満たすように前記駆動電圧を調整し、
液体吐出ヘッド駆動工程は、前記調整された駆動電圧を前記圧電素子に印加して前記圧電素子を一回引き押し動作させて、前記ノズルから液柱状態で吐出させた前記機能性液体を複数に分裂させて前記基板の上に着弾させるように前記液体吐出ヘッドを駆動させ、
前記転写工程は、前記検出された型における前記機能性液体の濡れやすい方向と略直交する方向に、前記分裂させた機能性液体が配置されるように前記型と前記基板との相対位置を調整するか、又は、
前記駆動電圧調整工程は、前記圧電素子への前記駆動電圧の印加タイミングを基準とし、前記機能性液体が前記ノズルの開口面から３００ミクロンの位置に達するタイミングまでの時間ｔ（マイクロ秒）を用いて、ｖ＝３００／ｔ（メートル毎秒）で表される前記機能性液体の吐出速度ｖと、前記機能性液体の粘度η（ミリパスカル秒）と、前記駆動電圧の前記引き波形要素及び前記押し波形要素の傾きγ（１／マイクロ秒）と、の関係が、次式
ｖ≧３．５×ｌｏｇ１０（γ）－０．２５×η＋１３
を満たすように前記駆動電圧を調整し、
液体吐出ヘッド駆動工程は、前記調整された駆動電圧を前記圧電素子に印加して前記圧電素子を一回引き押し動作させて、前記ノズルから液柱状態で吐出させた前記機能性液体を曳糸状態で前記基板の上に着弾させ、
前記転写工程は、前記検出された型における前記機能性液体の濡れやすい方向と略直交する方向に、前記曳糸状態の機能性液体の長手方向が合わされるように前記型と前記基板との相対位置を調整することを特徴とするインプリント方法。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は機能性液体吐出装置及びインプリントシステム並びに機能性液体吐出方法に係り、特に、インクジェット方式により基板等の媒体上に機能性を有する液体を付与する液体付与技術に関する。
【背景技術】
【０００２】
近年、半導体集積回路の微細化、高集積化に伴い、基板上に微細構造を形成するための技術として、基板上に配置したレジスト（ＵＶ硬化性樹脂）に転写すべき所望の凹凸パターンが形成されたモールドを押し当てた状態で紫外線を照射してレジストを硬化させ、モールドを基板上のレジストから分離（離型）することで、モールドに形成された微細パターンを基板（レジスト）へ転写するナノインプリント方法が知られている。
【０００３】
基板にインプリント材（レジスト液）を付与する形態として、インクジェット方式が適用されたシステムが提案されている。インクジェット方式が適用されたシステムでは、スループットの向上、残渣厚の均一化のために、吐出（打滴）密度や吐出量が変更される（特許文献１、２等）。
【０００４】

特許文献１は、基板のある領域上に複数の液滴を分配する際に、当該領域内の液滴の合計容量が、当該領域に形成しようとするパターンの容積の関数とされるインプリントシステムを開示している。

【０００５】

特許文献１に開示されたインプリントシステムでは、パターンの容積は当該領域に形成しようとする残留層の厚さ、領域に形成しようとするフィーチャのサイズ等によって、パターンの容積が決められている。

【０００６】

また、特許文献２は、揮発分として補填されるインプリント材の分布を示す揮発補填分塗布量分布、テンプレートの凹凸パターンに入り込むインプリント材の分布を示すパターン充填分塗布量分布、基板上に一様に形成される残膜となるインプリント材の分布を表す残膜厚分塗布量分布を足し合わせてインプリント材塗布分布を算出し、該インプリント材塗布分布に基づいて基板上にインプリント材が塗布されるインプリントシステムを開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００７】

【特許文献１】特表２００８－５０２１５７号公報

【特許文献２】特開２００９－８８３７６号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００８】

しかしながら、特許文献１及び特許文献２は、どのような機能性液体の配置がよいかについて、アルゴリズムを開示しているだけであり、理想的なインプリント材の配置を実現するための具体的なシステム（装置）構成を開示していない。

【０００９】

また、インクジェット方式によるインプリント材の具体的な配置や、インプリント材に転写される凹凸パターンが形成されるモールド（テンプレート）の物性値との関係についても開示されていない。

【００１０】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたもので、基板上に離散的に吐出させた機能性液体の好ましい配置が実現される、機能性液体吐出装置及びインプリントシステム並びに機能性液体吐出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】

【００１１】

上記目的を達成するために、本発明に係るインプリントシステムは、所定の粘度を有する機能性液体を基板の上に吐出させるノズルを具備し、前記ノズルと連通される圧力室の内部の前記機能性液体を加圧するための圧電素子が設けられた液体吐出ヘッドと、前記基板と前記液体吐出ヘッドとを相対的に移動させる相対移動手段と、前記圧力室を静定状態から膨張させる引き波形要素及び前記膨張させた圧力室を収縮させる押し波形要素を有する駆動電圧を生成する駆動電圧生成手段と、前記生成された駆動電圧の振幅を調整する駆動電圧調整手段と、前記生成され、振幅が調整された駆動電圧を前記圧電素子に印加して、前記圧電素子を引き押し動作させる液体吐出ヘッド駆動手段と、前記基板の機能性液体が着弾した面に対して、所定の凹凸パターンが形成された型の前記凹凸パターンを転写する転写手段と、を備え、前記駆動電圧調整手段は、前記圧電素子への前記駆動電圧の印加タイミングを基準とし、前記機能性液体が前記ノズルの開口面から３００ミクロンの位置に達するタイミングまでの時間ｔ（マイクロ秒）を用いて、ｖ＝３００／ｔ（メートル毎秒）で表される前記機能性液体の吐出速度ｖと、前記機能性液体の粘度η（ミリパスカル秒）と、前記駆動電圧の前記引き波形要素及び前記押し波形要素の傾きγ（１／マイクロ秒）と、の関係が、次式$v \geqq -2.5 \times \log_{10}(\gamma) + 0.4 \times \eta + 6.8$を満たす

ように前記駆動電圧を調整し、液体吐出ヘッド駆動手段は、前記調整された駆動電圧を前記圧電素子に印加して前記圧電素子を一回引き押し動作させて、前記ノズルから液柱状態で吐出させた前記機能性液体を複数に分裂させて前記基板の上に着弾させるように前記液体吐出ヘッドを駆動させ、前記転写手段は、前記型における前記機能性液体の濡れやすい方向と略直交する方向に、前記分裂させた機能性液体が配置される方向が合わされるように前記型と前記基板とを接触させるか、又は、前記駆動電圧調整手段は、前記圧電素子への前記駆動電圧の印加タイミングを基準とし、前記機能性液体が前記ノズルの開口面から３００ミクロンの位置に達するタイミングまでの時間ｔ（マイクロ秒）を用いて、ｖ＝３００／ｔ（メートル毎秒）で表される前記機能性液体の吐出速度ｖと、前記機能性液体の粘度η（ミリパスカル秒）と、前記駆動電圧の前記引き波形要素及び前記押し波形要素の傾きγ（１／マイクロ秒）と、の関係が、次式$v \geqq 3.5 \times \log_{10}(\gamma) - 0.25 \times \eta + 13$を満たすように前記駆動電圧を調整し、液体吐出ヘッド駆動手段は、前記調整された駆動電圧を前記圧電素子に印加して前記圧電素子を一回引き押し動作させて、前記ノズルから液柱状態で吐出させた前記機能性液体を曳糸状態で前記基板の上に着弾させるように液体吐出ヘッドを駆動させ、前記転写手段は、前記型における前記機能性液体の濡れやすい方向と略直交する方向に、前記曳糸状態の機能性液体の長手方向が合わされるように前記型と前記基板とを接触させることを特徴とする。

【発明の効果】

【００１２】

本発明によれば、一回の圧電素子の引き押し動作によって、ノズルから液柱状態で吐出させた機能性液体を基板上に分裂させて着弾させるか、曳糸状態で着弾させるように、機能性液体の吐出速度ｖと、機能性液体の粘度ηと、駆動電圧の傾きγが決められるので、ノズル数やヘッド数の増加、吐出周波数の高速化をすることなく、基板上に着弾させた機能性液体の液滴量が微小化された状態と等しい状態を得ることができ、かつ、微細化された状態と等しい状態の機能性液体を高密度に配置させることが可能となる。また、型の濡れの異方性に合わせて濡れにくい方向により多くの機能性液体を配置させることで、機能性液体を効率よく濡れ広がらせることができ、型の凹凸パターンへの充填時間が短縮され、タクトアップが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【００１３】

【図１】光硬化性樹脂液体の吐出状態及び着弾状態を模式的に示す説明図

【図２】本発明に係るナノインプリントシステムの各工程を説明する図

【図３】本発明に係るナノインプリントシステムの全体構成図

【図４】図３に示す光硬化性樹脂液体吐出部の概略構成を示す構成図

【図５】図４に示すインクジェットヘッドの構造例を示す平面図

【図６】図４に示すインクジェットヘッドの立体構造を示す断面図

【図７】図３に示すナノインプリントシステムの制御系の概略構成を示すブロック図

【図８】図７に示すヘッドドライバーの構成例を示すブロック図

【図９】駆動電圧の説明図

【図１０】粘度１２ミリパスカル秒における駆動電圧の傾きに対する光硬化性樹脂液体の吐出速度の関係を説明する図

【図１１】粘度８ミリパスカル秒における駆動電圧の傾きに対する光硬化性樹脂液体の吐出速度の関係を説明する図

【図１２】粘度４ミリパスカル秒における駆動電圧の傾きに対する光硬化性樹脂液体の吐出速度の関係を説明する図

【図１３】図３に示すモールドの濡れの異方性を説明する図

【図１４】モールドの濡れの異方性を考慮した光硬化性樹脂液体の配置例を説明する図

【図１５】モールドの濡れの異方性を考慮した光硬化性樹脂液体の他の配置例を説明する図

【図１６】曳糸状態で着弾した光硬化性樹脂液体の配置例を説明する図

【図１７】図１４に示す光硬化性樹脂液体の配置との比較例を説明する図
【図１８】図１５に示す光硬化性樹脂液体の配置との比較例を説明する図
【図１９】図３に示すインクジェットヘッドの変形例を説明する図
【図２０】モールドの濡れの異方性を検査する方法の説明図
【発明を実施するための形態】
【００１４】
以下、添付図面に従って本発明の好ましい実施の形態について詳説する。
【００１５】
〔ナノインプリント方法の説明〕
（概要）
図１は、インクジェットヘッド２４から吐出させた光硬化性樹脂液体の吐出状態（飛翔中の状態）、及び基板２０への着弾状態が模式的に図示されている。図１（ａ）は、一回の吐出により液柱状態で吐出させた光硬化性樹脂液体が二滴（符号２５Ａ、２５Ｂを付して図示）に分裂され、基板２０に着弾させた状態が模式的に図示されている。
【００１６】
また、図１（ｂ）は、一回の吐出により液柱状態で吐出させた光硬化性樹脂液体が飛翔中に延ばされた状態（曳糸状態、符号２５Ｃを付して図示）のまま基板２０に着弾させた状態が模式的に図示されている。
【００１７】
図１（ｃ）は、一回の吐出により液柱状態で吐出させた光硬化性樹脂液体が曳糸状態と滴状態に分裂されて基板２０に着弾させた状態が模式的に図示されている。
【００１８】
本例に示すナノインプリント方法は、図１（ａ）～（ｃ）に示すように、インクジェットヘッドのノズルから一回の吐出動作により液柱状態で吐出させた光硬化性樹脂液体（機能性液体）を飛翔中に二滴以上に分裂させて基板上に着弾させるか、該光硬化性樹脂液体が飛翔中に延ばされた状態（曳糸状態）のまま基板上に着弾させている。
【００１９】
インプリントシステムでは、基板上に着弾した光硬化性樹脂液体のサイズをより小さくし、かつ、光硬化性樹脂液体をより密に配置することで、スループットが向上することが知られている。
【００２０】
一方、インクジェット方式において、一回の吐出における光硬化性樹脂液体を微細化すると、基板上に必要量の光硬化性樹脂液体を吐出させるためには、吐出数を多くしなければならない。
【００２１】
また、微細化された光硬化性樹脂液体を高密度に配置させ、かつ、所定の生産性を維持するには、ノズル数（ヘッド数）を多くするとともにノズルを高密度に配置し、さらに、インクジェットヘッドの吐出周波数を高くする必要がある。
【００２２】
しかし、液滴サイズの微細化による吐出性能のロバストの低下や、ノズル数の増加、吐出周波数の高速化による吐出安定性の低下が懸念される。
【００２３】
そこで、本例に示すナノインプリント方法では、一回の吐出により液柱状態の大きな光硬化性樹脂液体を吐出させ、飛翔中に二滴以上に分裂させて吐出時よりも小さい光硬化性樹脂液体を複数の位置に着弾させるか、又は飛翔中に延ばされた状態のまま、すなわち、小さい液滴が高密度に配置される状態と等価の状態で着弾させることで、ノズル数（ヘッド数）の増加、ノズルの高密度配置、吐出周波数の高速化をすることなく、光硬化性樹脂液体の吐出総量を増加させずに、光硬化性樹脂液体を微細液滴化させ、かつ、高密度に配置させることと等価の状態を実現している。
【００２４】

図１（ａ）～（ｃ）に図示した光硬化性樹脂液の着弾状態は、光硬化性樹脂液の粘度η（ミリパスカル秒）、駆動電圧の傾きγ（１／マイクロ秒）、光硬化性樹脂液体の吐出速度ｖ（メートル毎秒）が所定の条件を満たすことで実現される（詳細後述）。

【００２５】

（各工程の説明）

まず、図２（ａ）～（ｆ）を用いて、本発明の実施形態に係るナノインプリント方法について、工程順を追って説明する。

【００２６】

本例に示すナノインプリント方法は、モールド（型、例えば、Ｓｉモールド）に形成された凹凸パターンを、基板（石英基板等）上に形成された光硬化性樹脂液体（機能性液体、例えば、レジスト液）を硬化させた光硬化性樹脂層に転写し、該光硬化性樹脂層をマスクパターンとして基板上に微細パターンを形成するものである。

【００２７】

まず、図２（ａ）に示す石英基板２０（以下、単に「基板」と記載する。）を準備する。図２（ａ）に示す基板２０は、表側面２０Ａにハードマスク層２１が形成されており、この表側面２０Ａに微細パターンが形成される。基板２０は、紫外線などの光を透過させる所定の透過性を有し、厚みが０．３ミリメートル（ｍｍ）以上であればよい。光透過性を有することで基板２０の裏側面２０Ｂからの露光が可能となる。

【００２８】

Ｓｉモールドを用いる場合に適用される基板２０として、表面をシランカップリング剤で被覆したもの、Ｃｒ、Ｗ、Ｔｉ、Ｎｉ、Ａｇ、Ｐｔ、Ａｕなどからなる金属層を積層したもの、CrO_2、WO_2、TiO_2などからなる金属酸化膜層を積層したもの、これらの積層体の表面をシランカップリング剤で被覆したものなどが挙げられる。

【００２９】

すなわち、図２（ａ）に図示したハードマスク層２１は、上記の金属膜や金属酸化膜等の積層体（被覆材）が用いられる。積層体の厚みが３０ナノメートル（ｎｍ）を超えると光透過性が低下してしまい、光硬化性樹脂の硬化不良が起こりやすいので、該積層体の厚みは３０ナノメートル以下であり、好ましくは２０ナノメートル以下である。

【００３０】

「所定の透過性」とは、基板２０の裏側面２０Ｂから照射した光が表側面２０Ａから出射して、表面に形成される機能性を有する液体（例えば、図１（ｃ）に符号２５”を付して図示した光硬化性樹脂層）を十分に硬化させることができればよく、例えば、裏側面から照射された波長２００ナノメートル以上の光の光透過率が５％以上であるとよい。

【００３１】

また、基板２０の構造は単層構造であってもよいし、積層構造であってもよい。基板２０の材質は、石英以外にも、シリコン、ニッケル、アルミニウム、ガラス、樹脂、などを適宜用いることができる。これらの材料は、一種単独で使用してもよいし、二種以上を適宜合成して併用してもよい。

【００３２】

なお、基板２０に石英以外の材料を用いるときは、モールド（同図に符号２６を付して図示）の材料に石英を用いて、モールド側から露光がされる。

【００３３】

基板２０の厚みは０．０５ミリメートル以上が好ましく、０．１ミリメートル以上がより好ましい。基板２０の厚みが０．０５ミリメートル未満であると、被パターン形成体とモールドとの密着時に基板側に撓みが発生し、均一な密着状態を確保できない可能性がある。また、ハンドリングやインプリント中の押圧による破損を避けることを考慮して、基板２０の厚みを０．３ミリメートル以上とするとより好ましい。

【００３４】

基板２０の表側面２０Ａに対して、インクジェットヘッド２４から光硬化性樹脂を含有する複数の光硬化性樹脂液体２５を離散的に吐出させる（図２（ｂ）：吐出工程）。ここ

でいう「離散的に吐出させる液滴」とは、基板２０上における隣接する着弾位置に着弾した他の液滴と接触せずに、所定の間隔を空けて着弾した複数の液滴を意味している。

【００３５】

図２（ｂ）に示す吐出工程では、インクジェットヘッド２４に具備される圧力室（図６に符号３２を付して図示）を膨張させた後に収縮させて圧力室内の光硬化性樹脂液体を吐出させている。

【００３６】

また、一回の吐出動作で吐出させた液柱状態の光硬化性樹脂２５’は、二滴以上に分裂させて基板２０に着弾させるか、曳糸状態で基板２０に着弾させている。図２（ｂ）には、二滴に分裂させて基板２０に着弾させた光硬化性樹脂液体２５が図示されている。

【００３７】

かかる吐出状態及び着弾状態を実現するために、光硬化性樹脂液体の粘度η、光硬化性樹脂液体の吐出速度ｖ、駆動電圧の傾きγの関係が決められている（詳細後述）。

【００３８】

また、光硬化性樹脂液体２５の吐出量、配置密度は予め設定（調整）されている。例えば、吐出量及び配置密度は、モールド（図２（ｃ）に符号２６を付して図示）の凹凸パターンの凹部の空間体積が大きい領域では相対的に大きくされ、凹部の空間体積が小さい領域や凹部がない領域では相対的に小さくされるように調整される。調整後、所定の配置パターンに従って、基板２０上に光硬化性樹脂液体２５が配置される。

【００３９】

図２（ｂ）に示す吐出工程の後に、凹凸パターンが形成されたモールド２６の凹凸パターン面を基板２０の表側面２０Ａに所定の押圧力によって押し付けて基板２０上の光硬化性樹脂液体２５を濡れ広がらせ、濡れ広がらせた複数の光硬化性樹脂液体２５の結合からなる光硬化性樹脂層２５”が形成される（図２（ｃ）：光硬化性樹脂層形成工程）。

【００４０】

光硬化性樹脂層形成工程では、モールド２６と基板２０との間の雰囲気を減圧または真空雰囲気にした後に、モールド２６を基板２０に押し付けることで残留気体を低減させることができる。

【００４１】

ただし、高真空雰囲気下では硬化前の光硬化性樹脂層２５”が揮発してしまい、均一な膜厚を維持することが困難となる可能性がある。そこで、モールド２６と基板２０との間の雰囲気を、ヘリウム（Ｈｅ）雰囲気または減圧Ｈｅ雰囲気にすることで残留気体を低減するとよい。Ｈｅは石英基板２０を透過するため、取り込まれた残留気体（Ｈｅ）は徐々に減少する。Ｈｅの透過には時間を要すため減圧Ｈｅ雰囲気とすることがより好ましい。

【００４２】

モールド２６の押圧力は、１００キロパスカル（ｋＰａ）以上１０メガパスカル（ＭＰａ）以下の範囲とされる。押圧力が相対的に大きい方が樹脂の流動が促進され、また残留気体の圧縮、残留気体の光硬化性樹脂への溶解や、基板２０中のＨｅの透過が促進され、タクトアップにつながる。

【００４３】

しかし、押圧力が大きすぎるとモールド２６が基板２０に接触するときに異物を噛みこんでしまい、モールド２６及び基板２０を破損してしまう可能性があるので、モールド２６の押圧力は上記範囲とされる。

【００４４】

モールド２６の押圧力の範囲は、より好ましくは１００キロパスカル以上５メガパスカル以下であり、更に好ましくは１００キロパスカル以上１メガパスカル以下である。１００キロパスカル以上としたのは、大気中でインプリントを行う際、モールド２６と基板２０との間が光硬化性樹脂液体２５で満たされているためであり、モールド２６と基板２０との間が大気圧（約１０１キロパスカル）で加圧されているためである。

【００４５】

その後、基板２０の裏側面２０Ｂから紫外線を照射して、光硬化性樹脂層２５”に対する露光が行われ、光硬化性樹脂層２５”を硬化させる（図２（ｃ）：光硬化性樹脂層硬化工程）。本例では、光（紫外線）によって光硬化性樹脂層２５”を硬化させる光硬化方式を例示したが、熱硬化性樹脂を含有する液体を用いて熱硬化性樹脂液体の層を形成し、加熱によって熱硬化性樹脂液体の層を硬化させる熱硬化方式など、他の硬化方式を適用してもよい。

【００４６】

光硬化性樹脂層２５”が十分に硬化した後に、光硬化性樹脂層２５”からモールド２６を剥離させる（図２（ｄ）：剥離工程）。モールド２６を剥離させる方法は、光硬化性樹脂層２５”のパターンに欠損が生じにくい方法であればよく、基板２０の縁部から徐々に剥離させる方法や、モールド２６の側から加圧しながら剥離させ、モールド２６が光硬化性樹脂層２５”から剥離する境界線上での光硬化性樹脂層２５”へかかる力を低減させて剥離する方法（加圧剥離法）などの方法を用いることができる。

【００４７】

さらに、光硬化性樹脂層２５”の近傍を加温し、モールド２６と光硬化性樹脂層２５”との界面での光硬化性樹脂層２５”とモールド２６の表面との付着力を低減させ、かつ、光硬化性樹脂層２５”のヤング率を低下させて、脆性が良化させて変形による破断を抑制して剥離する方法（加熱アシスト剥離）を適用することも可能である。なお、上記の方法を適宜組み合わせた複合的手法を用いてもよい。

【００４８】

図２（ａ）～（ｄ）に示す各工程を経て、基板２０の表側面２０Ａに形成された光硬化性樹脂層２５”にモールド２６の凹凸パターンが転写される。基板２０上に形成された光硬化性樹脂層２５”は、モールド２６の凹凸形状や光硬化樹脂を含有する液体の液物性に対応して、光硬化性樹脂層２５”となる光硬化性樹脂液体２５の吐出密度が最適化されているので、残渣厚が均一化され、欠損のない好ましい凹凸パターンが形成される。

【００４９】

次に、光硬化性樹脂層２５”をマスクとして基板２０（又は基板２０に被覆させた金属膜等）に微細パターンが形成される。

【００５０】

基板２０上の光硬化性樹脂層２５”の凹凸パターンが転写されると、光硬化性樹脂層２５”の凹部内の光硬化性樹脂が除去され、基板２０の表側面２０Ａ、又は表側面２０Ａに形成される金属層等を露出させる（図２（ｅ）：アッシング工程）。

【００５１】

さらに、光硬化性樹脂層２５”をマスクとしてドライエッチングが行われ（図２（ｆ）：エッチング工程）、光硬化性樹脂層２５”が除去されると、光硬化性樹脂層２５”に形成された凹凸パターンに対応した微細パターンが基板２０上に形成される。

【００５２】

なお、基板２０の表側面２０Ａに金属膜や金属酸化膜が形成される場合は、金属膜又は金属酸化膜に対して所定のパターンが形成される。

【００５３】

ドライエッチングの具体例としては、光硬化性樹脂層２５”をマスクとして用いることができればよく、イオンミリング法、反応性イオンエッチング（ＲＩＥ）、スパッタエッチング、などが挙げられる。これらの中でも、イオンミリング法、反応性イオンエッチング（ＲＩＥ）が特に好ましい。

【００５４】

イオンミリング法は、イオンビームエッチングとも言われ、イオン源にＡｒなどの不活性ガスを導入し、イオンを生成する。これを、グリッドを通して加速させ、試料基板に衝突させてエッチングするものである。

【００５５】

イオン源としては、カウフマン型、高周波型、電子衝撃型、デュオプラズマトロン型、

フリーマン型、ＥＣＲ（電子サイクロトロン共鳴）型などが挙げられる。イオンビームエッチングでのプロセスガスとしては、Ａｒガス、ＲＩＥのエッチャントとしては、フッ素系ガスや塩素系ガスを用いることができる。

【００５６】

以上のように、本例に示すナノインプリント方法を用いた微細パターンの形成は、モールド２６の凹凸パターンが転写された光硬化性樹脂層２５”をマスクとして、残膜の厚みムラおよび残留気体による欠陥のない当該マスクを用いてドライエッチングを行っているので、高精度で歩留まりよく基板２０に微細パターンを形成することが可能となる。

【００５７】

〔ナノインプリントシステムの説明〕

次に、上述したナノインプリント方法を実現するためのナノインプリントシステム（ナノインプリント装置）について説明する。以下の説明では、先の説明と同一又は類似する部分には同一の符号を付し、その説明は省略することとする。

【００５８】

（全体構成）

図３は、本発明の実施形態に係るナノインプリントシステムの概略構成図である。同図に示すナノインプリントシステム１０は、石英ガラスなどの光透過性を有する基板２０上に光硬化性樹脂液体（レジスト液）を吐出させる光硬化性樹脂液体吐出部１２と、基板２０上に配置された光硬化性樹脂液体に所望のパターンを転写するパターン転写部１４と、基板２０を搬送する搬送部２２と、を備えて構成される。

【００５９】

光硬化性樹脂液体吐出部１２は、複数のノズル（図３中不図示、図５に符号２３を付して図示）が形成されるインクジェットヘッド２４を備え、各ノズルから光硬化性樹脂液体２５を吐出させ、飛翔中に分裂又は曳糸状態にさせて、この状態で基板２０の表面（光硬化性樹脂液体着弾面）に光硬化性樹脂液体２５を着弾させる。

【００６０】

パターン転写部１４は、基板２０上の光硬化性樹脂液体２５に転写すべき所望の凹凸パターンが形成されたモールド２６と、紫外線を照射する紫外線照射装置２８と、を備え、光硬化性樹脂液体２５が着弾した基板２０の表面にモールド２６を押し当てた状態で、基板２０の裏側（モールド２６を押し当てた表面と反対側の面）から紫外線照射を行い、基板２０上の光硬化性樹脂液体２５を硬化させることにより、基板２０上の光硬化性樹脂液体２５（光硬化性樹脂層２５”）に対してパターン転写を行う。

【００６１】

モールド２６は、シリコンが適用される。また、基板２０が紫外線照射装置２８から照射される紫外線を透過可能な光透過性材料から構成されることにより、基板２０の下方（モールド２６とは反対側）に配置される紫外線照射装置２８から紫外線照射が行われたとき、基板２０で遮られることなく基板２０上の光硬化性樹脂液体２５に紫外線が照射され、該光硬化性樹脂液体２５を硬化させることができる。

【００６２】

光透過性材料としては、例えば、ガラス、石英などを使用することができる。

【００６３】

モールド２６は、図３の上下方向（両矢印線により図示した方向）に移動可能に構成されており、基板２０の表面に対してモールド２６のパターン形成面が略平行となる状態を維持しながら下方に移動して、基板２０の表面全体に略同時に接触するように押し当てられ、パターン転写が行われる。

【００６４】

なお、図示は省略するが、モールド２６を光透過性材料により構成し、基板２０の表側（モールド側）から紫外線を照射する形態も可能である。

【００６５】

搬送部２２は、例えば、搬送ステージなどの基板２０を固定して搬送する搬送手段を含

んで構成され、基板２０を搬送手段の表面に保持しつつ、該基板２０を光硬化性樹脂液体吐出部１２からパターン転写部１４に向かう方向（以下、「ｙ方向」ということもある。）に搬送を行う。

【００６６】

該搬送手段の具体例として、リニアモータとエアスライダーの組み合わせや、リニアモータとＬＭガイドの組み合わせなどがあり得る。なお、基板２０を移動させる代わりに、光硬化性樹脂液体吐出部１２やパターン転写部１４を移動させるように構成してもよいし、両者を移動させてもよい。

【００６７】

（光硬化性樹脂液体吐出部の説明）

図４は、光硬化性樹脂液体吐出部１２の概略構成を示す構成図である。同図に示す光硬化性樹脂液体吐出部１２は、シリアル型のインクジェットヘッド２４を具備し、インクジェットヘッド２４は、ｘ方向に沿って設けられたガイド２７に沿って移動可能なキャリッジ２９に搭載されている。

【００６８】

図４に示す光硬化性樹脂液体吐出部１２は、インクジェットヘッド２４をｘ方向に走査させながらｘ方向への光硬化性樹脂液体２５（図２参照）を吐出させ、ｘ方向について一回の走査が終了すると基板２０をｙ方向へ所定量移動させて、次の領域への光硬化性樹脂液体２５を吐出させ、この動作を繰り返しながら基板２０の全面にわたって光硬化性樹脂液体２５を配置させるように構成されている。

【００６９】

図５（ａ），（ｂ）は、図４に示すシリアル型のインクジェットヘッド２４のノズル配置例を示す平面図である。図５（ａ）に示すインクジェットヘッド２４は、ｙ方向に沿って複数のノズル２３が並べられた構造を有している。また、図５（ｂ）に示すように、複数のノズル２３を千鳥状に配置して、ｙ方向の実質的なノズルピッチを小さくすることも可能である。

【００７０】

なお、本例ではシリアル方式のインクジェットヘッド２４を例示したが、基板２０の全幅に対応する長さにわたって、複数のノズルが並べられた構造を有するフルライン型のインクジェットヘッドを適用することも可能である。

【００７１】

また、ノズル配置は、マトリクス配置を適用してもよいし、千鳥配置や一列配置を適用してもよい。

【００７２】

（インクジェットヘッドの構造）

図６は、インクジェットヘッド２４の一チャンネル分の液滴吐出素子の立体的構成を示す断面図である。同図に示すインクジェットヘッド２４は、複数のノズル２３の開口が形成されたノズルプレート２３Ａと、圧力室３２や共通流路３５等の流路が形成された流路板等を積層接合した構造から成る。

【００７３】

ノズルプレート２３Ａは、インクジェットヘッド２４のノズル面２３Ｂを構成し、各圧力室３２にそれぞれ連通する複数のノズル２３が形成されている。なお、図６では、一チャンネル分の図示のため、ノズル２３が一つだけ図示されている。

【００７４】

流路板は、圧力室３２の側壁部を構成するとともに、共通流路３５から圧力室３２にインクを導く個別供給路の絞り部（最狭窄部）としての供給口３４を形成する流路形成部材である。

【００７５】

なお、説明の便宜上、図６では簡略的に図示しているが、流路板は一枚又は複数の基板を積層した構造である。ノズルプレート２３Ａ及び流路板は、シリコンを材料として半導

体製造プロセスによって所要の形状に加工することが可能である。

【００７６】

共通流路３５はインク供給源たるインクタンク（不図示）と連通しており、インクタンクから供給されるインクは共通流路３５を介して各圧力室３２に供給される。

【００７７】

圧力室３２の一部の面（図７において天面）を構成する振動板３６には、上部（個別）電極３７Ａ及び下部（共通）電極３７Ｂを備え、上部電極３７Ａと下部電極３７Ｂとの間に圧電体３８Ａがはさまれた構造を有する圧電素子３８が接合されている。

【００７８】

振動板３６を金属薄膜や金属酸化膜により構成すると、圧電素子３８の下部電極３７Ｂに相当する共通電極として機能する。なお、樹脂などの非導電性材料によって振動板を形成する態様では、振動板部材の表面に金属などの導電材料による下部電極層が形成される。

【００７９】

上部電極３７Ａに駆動電圧を印加することによって圧電素子３８が変形して圧力室３２の容積が変化し、これに伴う圧力変化によりノズル２３からインクが吐出される。インク吐出後、圧電素子３８が元の状態に戻る際、共通流路３５から供給口３４を通って新しいインクが圧力室３２に再充填される。

【００８０】

（制御系の説明）

図７は、ナノインプリントシステム（ナノインプリント装置）１０の制御系の概略構成を示すブロック図である。同図に示す制御系は、通信インターフェース５０、システムコントローラ５２、メモリ５４、モータドライバー５６、ヒータドライバー５８、吐出制御部６０、転写制御部６１、バッファメモリ６２、ヘッドドライバー６４等を備えている。

【００８１】

通信インターフェース５０は、ホストコンピュータ６６から送られてくる光硬化性樹脂液体の配置を表す吐出データを受信するインターフェース部である。通信インターフェース５０としては、シリアルインターフェースを適用してもよいし、パラレルインターフェースを適用してもよい。この部分には、通信を高速化するためのバッファメモリ（不図示）を搭載してもよい。

【００８２】

システムコントローラ５２は、通信インターフェース５０、メモリ５４、モータドライバー５６、ヒータドライバー５８等の各部を制御する制御部である。システムコントローラ５２は、中央演算処理装置（ＣＰＵ）及びその周辺回路等から構成され、ホストコンピュータ６６との間の通信制御、メモリ５４の読み書き制御等を行うとともに、搬送系のモータ６８やヒータ６９を制御する制御信号を生成する。

【００８３】

メモリ５４は、データの一時記憶領域、及びシステムコントローラ５２が各種の演算を行うときの作業領域として使用される記憶手段である。通信インターフェース５０を介して入力された光硬化性樹脂液体の配置を表す吐出データは、ナノインプリントシステム１０に取り込まれ、一旦メモリ５４に記憶される。

【００８４】

また、メモリ５４は、光硬化性樹脂液体の粘度の情報、モールド２６の情報（濡れやすい方向の情報等）などが記憶されている。これ以外にも、インクジェットヘッド２４の情報等の装置各部の情報が適宜記憶される。

【００８５】

例えば。光硬化性樹脂液体の粘度の情報は、不図示のユーザインターフェースから入力されてもよいし、光硬化性樹脂液体対が収容される容器に取り付けられた情報記憶体（ＩＣタグ等）から自動的に読み取られてもよい。また、モールド２６の情報はモールド２６を検査して取得され、記憶される。

【００８６】
メモリ５４としては、半導体素子からなるメモリの他、ハードディスクなどの磁気媒体を用いることができる。
【００８７】
モータドライバー５６は、システムコントローラ５２からの指示に従ってモータ６８を駆動するドライバー（駆動回路）である。モータ６８には、図２の搬送部２２を駆動するためのモータやモールド２６を上下動させるためのモータが含まれる。
【００８８】
ヒータドライバー５８は、システムコントローラ５２からの指示に従ってヒータ６９を駆動するドライバーである。ヒータ６９には、ナノインプリントシステム１０の各部に設けられた温度調節用のヒータ（例えば、光硬化性樹脂液体を吐出させる前の基板２０を加熱するヒータ等）が含まれる。
【００８９】
吐出制御部６０は、システムコントローラ５２の制御に従い、メモリ５４内の光硬化性樹脂液体の配置データから吐出制御用の信号を生成するための各種加工、補正などの処理を行う信号処理機能を有し、生成した吐出制御信号をヘッドドライバー６４に供給する制御部である。
【００９０】
吐出制御部６０において所要の信号処理が施され、該吐出データに基づいてヘッドドライバー６４を介してインクジェットヘッド２４から吐出される光硬化性樹脂液体の吐出量、吐出位置、インクジェットヘッド２４の吐出タイミングの制御が行われる。これにより、所望の光硬化性樹脂液体の液滴の配置（分布）が実現される。
【００９１】
吐出制御部６０にはバッファメモリ６２が備えられており、吐出制御部６０における吐出データ処理時に、吐出データやパラメータなどのデータがバッファメモリ６２に一時的に格納される。なお、図７では、バッファメモリ６２は吐出制御部６０に付随する態様で示されているが、メモリ５４と兼用することも可能である。
【００９２】
また、吐出制御部６０とシステムコントローラ５２とを統合して１つのプロセッサで構成する態様も可能である。
【００９３】
ヘッドドライバー６４は、吐出制御部６０から与えられる吐出データに基づいてインクジェットヘッド２４の圧電素子３８（図７参照）を駆動するための駆動信号を生成し、圧電素子３８に生成した駆動信号を供給する。ヘッドドライバー６４にはインクジェットヘッド２４の駆動条件を一定に保つためのフィードバック制御系を含んでいてもよい。
【００９４】
センサ５７は、インクジェットヘッド２４から吐出させた液滴の飛翔状態を検出するためのセンサ（撮像素子）、基板２０の位置を検出するためのセンサなど、基板２０又はインクジェットヘッド２４、モールド２６等の回転角度（アライメントマーク）を検出するためのセンサ、本システム（装置）各部に設けられている各種センサが含まれる。
【００９５】
センサ５７によって得られた情報は、システムコントローラ５２へ送られ、装置各部の制御に利用される。
【００９６】
転写制御部６１は、モールド２６（図３参照）を移動（回転）させるモールド移動機構６３の動作（モールド２６の移動及び押圧）を制御するとともに、紫外線照射装置２８のオンオフ、照射光量を制御する。
【００９７】
すなわち、光硬化性樹脂液体２５（図２参照）を着弾させた基板２０がパターン転写部１４へ送られると、モールド２６を移動させて基板２０に押圧させ、紫外線照射装置２８

から紫外線を照射させる。

【００９８】

モールド２６の凹凸パターンが転写され、光硬化性樹脂液体２５が硬化して、光硬化性樹脂層２５”（図２参照）によるマスクパターンが形成されると、紫外線照射が停止され、モールド２６を基板から離間させる。

【００９９】

図８は、ヘッドドライバー６４の構成例を示すブロック図である。同図に示す構成例は、ヘッドコントローラ８２（図７のシステムコントローラ５２、吐出制御部６０に相当）から伝送されるデジタル形式の波形信号に基づいてアナログ形式の波形信号（駆動波形）を生成する駆動波形生成部８４と、該駆動波形を電圧増幅及び電流増幅する増幅部（ＡＭＰ）８６と、を具備している。

【０１００】

ヘッドコントローラ８２から伝送されるシリアル形式の印字データは、クロック信号に同期してクロック信号とともにシフトレジスタ８８へ伝送される。駆動波形生成部８４によって生成される駆動波形は、複数の波形要素が含まれる。この複数の波形要素の中から一つ又は複数の波形要素を選択することで、光硬化性樹脂液体の吐出量を段階的に変更することが可能となっている。

【０１０１】

また、図示は省略するが、増幅部８６はゲインを可変させるゲイン調整機能を有しており、増幅部８６のゲインを可変させることで駆動電圧の最大電圧（振幅）を調整することができ、光硬化性樹脂液体の吐出速度を調整可能である。

【０１０２】

すなわち、駆動電圧の最大電圧を調整する駆動電圧調整手段を備え、該駆動電圧調整手段による駆動電圧の調整によって、光硬化性樹脂液体の吐出速度を調整することが可能である。

【０１０３】

例えば、増幅部８６のゲインを相対的に大きくすると、駆動電圧の最大電圧は相対的に大きくなり、光硬化性樹脂液体の吐出速度は相対的に大きくなる。なお、駆動電圧の最大電圧は、ヘッドコントローラ８２におけるシリアル形式の印字データ（デジタルデータ）の調整により可変させることも可能である。

【０１０４】

シフトレジスタ８８に記憶された印字データは、ラッチ信号に基づいてラッチ回路９０へラッチされる。ラッチ回路９０にラッチされた信号はレベル変換回路９２においてスイッチＩＣ９４を構成するスイッチ素子９６を駆動可能な所定の電圧に変換される。

【０１０５】

このレベル変換回路９２の出力信号によってスイッチ素子９６のオンオフが制御することで、複数の波形要素の中から少なくとも１つの波形要素が選択されて吐出量が決められ、ヘッドコントローラ８２から送出されるセレクト信号及びイネーブル信号によって駆動される圧電素子３８が選択される。

【０１０６】

なお、インクジェットヘッド２４の駆動方式は、共通の駆動電圧（駆動波形）を選択的に印加する方式に限定されず、総ノズル数が比較的少ないインクジェットヘッドでは、ノズルごとに駆動波形が生成される方式を適用することも可能である。

【０１０７】

〔光硬化性樹脂液体が分裂状態又は曳糸状態で着弾する条件の説明〕

次に、図１に図示した、液柱状態で吐出させた光硬化性樹脂液体が分裂状態又は曳糸状態で着弾するための条件について説明する。

【０１０８】

（駆動電圧の説明）

図９（ａ），（ｂ）は、インクジェットヘッド２４に適用される駆動電圧の一例を示す

図である。図９（ａ）に示す駆動電圧１００は、静定状態の圧力室３２（図６参照）を拡張させるように圧電素子３８を動作させる引き波形１０２と、圧力室３２を膨張させて状態を維持するように圧電素子３８を動作させる維持波形１０４と、膨張させた圧力室３２を収縮させる押し波形１０６が含まれる。

【０１０９】

また、図９（ｂ）に示す駆動電圧１１０は、静定状態の圧力室３２を膨張させるように圧電素子３８を動作させる第１の引き波形１１２と、圧力室３２を膨張させて状態を維持するように圧電素子３８を動作させる第１の維持波形１１４と、膨張させた圧力室３２を静定状態よりも収縮させるように圧電素子３８を動作させる押し波形１１６と、圧力室３２を静定状態よりも収縮させた状態を維持するように圧電素子３８を動作させる第２の維持波形１１８と、静定状態よりも収縮させた圧力室３２を静定状態まで膨張させるように圧電素子３８を動作させる第２の引き波形１２０と、を含んでいる。

【０１１０】

なお、図９（ｂ）の駆動電圧１１０における電圧V_1は、圧力室３２の静定状態が維持されるように圧電素子３８を動作（静定）させるための電圧である。

【０１１１】

すなわち、図９（ａ）に図示した駆動電圧１００及び図９（ｂ）に図示した駆動電圧１１０は、圧電素子３８を引き押し駆動させて圧力室３２を変形させ、圧力室３２と光硬化性樹脂液体２５との共振現象を利用してノズル２３（図６参照）から光硬化性樹脂液体２５を吐出させるものである。

【０１１２】

図９（ａ）に図示した駆動電圧１００の引き波形１０２の傾き（スリューレート）γ_1（１／マイクロ秒）は、次式（１）と表すことができる。また、図９（ｂ）に図示したように、中間電位V_1（$V_1 \neq V_{max}$、$V_1 \neq V_{min}$）のとき、駆動電圧１１０（引き波形１１２）の傾きγ_2は、次式（２）と表すことができる。さらに、図９（ｂ）に図示した駆動電圧１１０（押し波形１１６）の傾きγ_3は、次式（２’）と表すことができる。

【０１１３】

$$\gamma_1 = |1/\Delta t| \text{（１／マイクロ秒）} \quad \cdots (1)$$

$$\gamma_2 = |\{(V_1 - V_{min})/(V_{max} - V_{min})\}/\Delta t| \text{（１／マイクロ秒）} \quad \cdots (2)$$

$$\gamma_3 = |\{(V_1 - V_{max}) \times (V_1 - V_{min})/(V_{max} - V_{min})\}/\Delta t| \text{（１／マイクロ秒）} \quad \cdots (2')$$

すなわち、駆動電圧の傾きγ（γ_1，γ_2，γ_3）は、１マイクロ秒あたりの電圧変化率であり、駆動電圧の最大値V_{max}と駆動電圧の最小値V_{min}との差を１として求められている。例えば、１マイクロ秒で駆動電圧の最小値V_{min}から最大値V_{max}まで変化している場合の傾きγは１である。

【０１１４】

なお、圧力室３２の膨張、収縮に関わらず駆動電圧１００（１１０）の傾きγは、上記式（１）から式（３）のように絶対値とする。

【０１１５】

以下の説明では、押し波形１０２（１１２）の傾きと引き波形１０６（１１６）の傾きが等しいものとし、これらを総称して傾きγと記載する。

【０１１６】

（評価実験の概要）

駆動電圧の傾きγを変えて、インクジェットヘッドから光硬化性樹脂液体を吐出させ、液柱状態で吐出させた光硬化性樹脂液体が分裂して着弾する条件、及び液柱状態で吐出させた光硬化性樹脂液体の曳糸状態が着弾まで継続する条件について評価した。

【０１１７】

また、駆動電圧の傾きγごとに駆動電圧の最大電圧（電圧差）を変えて、吐出速度の違

いによる光硬化性樹脂液体が分裂して着弾する条件、及び液柱状態で吐出させた光硬化性樹脂液体の曳糸状態が着弾まで継続する条件を評価した。

【０１１８】

実験装置は、ダイマティックス・マテリアルプリンター、ＤＭＰ‐２８３１（富士フイルムダイマティック社製）を使用し、インクジェットヘッドから液滴を連続吐出させ、装置に内蔵されている観察用カメラを用いて液滴の飛翔状態を撮影した。

【０１１９】

吐出速度ｖは、駆動電圧の入力タイミングから光硬化性樹脂液体２５（図２参照）が所定位置に到達するまでの時間で、ノズル面２３Ｂ（図６参照）から該所定位置までの距離を除算して求められる。

【０１２０】

本評価実験の「所定位置」はノズル面２３Ｂから垂直方向（光硬化性樹脂液体２５の理想的な吐出方向）について３００マイクロメートルの位置であり、ｖ＝３００／ｔ（メートル毎秒）とした。

【０１２１】

ノズル面２３Ｂから基板２０（図２参照）までの距離は０．８ミリメートルとし、ノズル面２３Ｂから基板２０まで間で二滴に分裂しているか、曳糸状態であるかを観察した。なお、ノズル面から基板までの距離は一般的なインクジェット方式の画像形成と同様に、０．５ミリメートル以上１．５ミリメートル以下とすることが可能である。

【０１２２】

吐出周波数を２キロヘルツ（ｋＨｚ）から１０キロヘルツの範囲で可変させ、いずれの吐出周波数においても吐出状態に変化がなかったことを確認した。すなわち、吐出後のメニスカス残響の影響がない範囲で評価が行われた。

【０１２３】

吐出ノズル数は、全ノズル（１６ノズル）とした。吐出ノズル数を１ノズルとしても、吐出状態に差はなく、クロストークの影響がない範囲での評価であることを確認した。

【０１２４】

駆動電圧のパルス幅は、維持波形１０４の時間を吐出速度が最大になるように調整した。すなわち、傾きγ及び駆動電圧が決められた後に、維持波形１０４の時間を変化させて吐出速度を評価して、吐出速度が最大となる維持波形１０４の時間を、ある傾きγ及び駆動電圧における維持波形１０４の時間とした。

【０１２５】

（評価結果）

図１０は、光硬化性樹脂液体の粘度ηが１２ミリパスカル秒の場合の駆動電圧の傾きγ（対数表示）と光硬化性樹脂液体の吐出速度ｖとの関係を示している。また、図１１は、光硬化性樹脂液体の粘度ηが８ミリパスカル秒の場合の駆動電圧の傾きγ（対数表示）と光硬化性樹脂液体の吐出速度ｖとの関係を示し、図１２は、光硬化性樹脂液体の粘度ηが４ミリパスカル秒の場合の駆動電圧の傾きγ（対数表示）と光硬化性樹脂液体の吐出速度ｖとの関係を示している。なお、光硬化性樹脂液体の粘度ηは、インクジェットヘッドの温度を変えることで、上記の値に設定した。

【０１２６】

図１０から図１２において、「○」は曳糸状態（図１（ｂ）参照）となったことを表し、「△」は曳糸状態になる場合があることを表している。また、「□」は二滴（図１（ａ）参照）になったことを表し、「▲」は二滴にはなったが、滴間隔が小さい場合を表している。「×」は二滴にもならず、かつ、曳糸状態にもならない状態を表している。

【０１２７】

さらに、「◇」は、二滴に分裂し、一方が曳糸状態（図１（ｃ）参照）であることを表している。

【０１２８】

なお、上側の曳糸境界は「△」を含まないものであり、下側の曳糸境界は「△」を含む

ものである。また、上側の二滴境界は「▲」を含まないものである、下側の二滴境界は「▲」を含むものである。

【０１２９】

図１０から図１２において、二滴となる境界条件は破線により図示され、曳糸状態となる境界条件は二点破線により図示されている。

【０１３０】

光硬化性樹脂液体の吐出速度ｖに関して、光硬化性樹脂液体の吐出速度ｖが１２（メートル毎秒）以上となると、光硬化性樹脂液体の粘度ηや光硬化性樹脂液体の吐出速度ｖにかかわらず、二滴状態又は曳糸状態が得られる。

【０１３１】

一方、光硬化性樹脂液体の吐出速度ｖが１８（メートル毎秒）以上となると、曳糸状態が得られるものの、吐出が不安定となった。これは、吐出後のメニスカスの振動が大きくなり、連続吐出に影響したと考えられる。

【０１３２】

すなわち、駆動電圧の傾きγ及び光硬化性樹脂液体の粘度ηによらず、光硬化性樹脂液体の吐出速度ｖが、次式（３）を満たすと、二滴状態が得られる。

【０１３３】

１２（メートル毎秒）≦ｖ＜１８（メートル毎秒）　…（３）

駆動電圧の傾きγに関して、駆動電圧の傾きγを大きくすると二滴になる場合が多くなる。これは、液柱状態で吐出された光硬化性樹脂液体に高周波の振動が重畳され、曳糸状態が切れやすいと考えられる。

【０１３４】

また、光硬化性樹脂液体の粘度ηに関して、光硬化性樹脂液体の粘度ηが低いと二滴になる場合が多くなる。これは、粘度が低いと曳糸状態が維持されにくく二滴に分裂するためと考えられる。

【０１３５】

上記の実験結果から、二滴となる境界条件は、次式（４）で表される。

【０１３６】

$v \geqq -2.5 \times \log_{10}(\gamma) + 0.4\eta + 6.8$　…（４）

上記式（４）は、図１０から図１２における「▲」を含んだ条件であり、図１０から図１２における「▲」を含まない、より好ましい二滴境界条件は次式（４’）で表される。

【０１３７】

$v \geqq -2.5 \times \log_{10}(\gamma) + 0.4\eta + 7.8$　…（４’）

また、曳糸状態となる境界条件は、次式（５）と表すことができる。

【０１３８】

$v \geqq 3.5 \times \log_{10}(\gamma) - 0.25 \times \eta + 13$　…（５）

上記式（５）は、図１０から図１２における「△」を含んだ条件であり、図１０から図１２における「△」を含まない、より好ましい曳糸境界条件は、次式（５’）と表すことができる。

また、曳糸状態となる境界条件は、次式（５）と表すことができる。

【０１３９】

$v \geqq 3.5 \times \log_{10}(\gamma) - 0.25 \times \eta + 14$　…（５’）

なお、上記式（４），（４’），（５），（５’）の右辺と左辺の単位が整合するように、上記各式における右辺の第一項、第二項の定数は単位を持った値である。また、図１０から図１２に示した光硬化性樹脂液体の粘度は、本例に示すナノインプリントシステム（装置）に適用される光硬化性樹脂液体の粘度の例示である。

【０１４０】

一般に、インクジェット方式による液体吐出において、吐出させた液滴の分離や曳糸状態のまとまりやすさは、液体の粘度η、液体の吐出速度（代表速度）Ｕ、液体の表面張力αを用いた無次元数のキャピラリー数Ｃａ（＝（η×Ｕ）／α）で考えることができる。

【０１４１】
したがって、上記式（４）、（４’）、（５）、（５’）の粘度ηを含む定数項は、粘度の一次関数となることが合理的であり、上記式（４）、（４’）、（５）、（５’）は、実験パラメータとして例示した４ミリパスカル秒、８ミリパスカル秒、１２ミリパスカル秒以外の粘度であっても、インクジェット方式に適用可能な粘度の範囲で拡張して考えることができる。
【０１４２】
上記の如く構成されたナノインプリント方法及びシステムによれば、光硬化性樹脂液体の吐出速度ｖが上記式（３）を満たすことで、液柱状態で吐出させた光硬化性樹脂液体を二滴に分裂させて基板上に着弾させることができる。
【０１４３】
また、光硬化性樹脂液体の吐出速度ｖ、駆動電圧の傾きγ、光硬化性樹脂液体の粘度ηが上記（４）の関係を満たすことで、液柱状態で吐出させた光硬化性樹脂液体を二滴に分裂させて基板上に着弾させることができる。より好ましくは、光硬化性樹脂液体の吐出速度ｖ、駆動電圧の傾きγ、光硬化性樹脂液体の粘度ηが上記（４’）の関係を満たすことである。
【０１４４】
さらに、光硬化性樹脂液体の吐出速度ｖ、駆動電圧の傾きγ、光硬化性樹脂液体の粘度ηが上記（５）の関係を満たすことで、液柱状態で吐出させた光硬化性樹脂液体を曳糸状態で基板上に着弾させることができる。より好ましくは、光硬化性樹脂液体の吐出速度ｖ、駆動電圧の傾きγ、光硬化性樹脂液体の粘度ηが上記（５’）の関係を満たすことである。
【０１４５】
〔応用例〕
次に、上述した実施形態の応用例について説明する。
【０１４６】
（概要）
図１３（ａ），（ｂ）は、モールド２６の光硬化性樹脂液体２５に対する濡れの異方性を模式的に示す説明図である。
【０１４７】
一般に、モールド２６は、光硬化性樹脂液体２５に対して濡れやすさの異方性がある。図１３（ａ）に示すモールド２６は、同図における横方向に濡れやすい性質を有しており、破線により図示した光硬化性樹脂液体２５にモールド２６を押し当てると、光硬化性樹脂液体２５は、符号２５Ａを付して実線により図示した形状となる。
【０１４８】
図１３（ｂ）に示すモールド２６は、同図中斜め方向（右下がり方向）に濡れやすい性質を有しており、破線により図示した光硬化性樹脂液体２５にモールド２６を押し当てると、該光硬化性樹脂液体２５は、符号２５Ａを付して実線により図示した形状となる。
【０１４９】
このように、モールド２６は濡れやすさに異方性があるので、濡れやすい方向と略直交する方向に二滴に分裂した状態の光硬化性樹脂液体を配置するか、濡れやすい方向と略直交する方向が曳糸状態の長手方向となるように光硬化性樹脂液体２５を配置することで、濡れやすい方向に光硬化性樹脂液体２５が少なく、濡れにくい方向に光硬化性樹脂液体２５が多くなり、モールド２６を基板２０（図２参照）に押し当てて光硬化性樹脂液体２５を濡れ広がらせる効率が向上し、スループットの向上につながる。
【０１５０】
図１４（ａ）～（ｄ）は、モールド２６の濡れの異方性を考慮した光硬化性樹脂液体２５の配置例を説明する図である。以下の説明において、同一又は類似する部分には同一の符号を付して、その説明は省略する。
【０１５１】

図１４（ａ）は、光硬化性樹脂液体２５が配置された基板２０の全体を示す平面図であり、図１４（ｂ）は、図１４（ａ）の符号２０’を付した領域の拡大図である。図１４（ｂ）は、モールド２６の濡れやすい方向が同図中上下方向である場合の光硬化性樹脂液体２５の配置例を示している。

【０１５２】

また、図１４（ｃ）は、モールド２６が押し当てられた光硬化性樹脂液体２５が濡れ広げられる状態が模式的に図示され、図１４（ｄ）は光硬化性樹脂液体２５がさらに濡れ広げられる状態が模式的に図示されている。

【０１５３】

二滴に分裂させた状態又は曳糸状態で基板２０に光硬化性樹脂液体２５を着弾させるためには、インクジェットヘッド２４と基板２０とを相対的に高速で移動させる必要がある。一方、インクジェットヘッド２４と基板２０とを相対的に高速で移動させると、インクジェットヘッド２４の吐出周波数を高くしなければ、異なるタイミングで吐出させる光硬化性樹脂液体２５の間隔が離れてしまい、モールド２６内に必要量の光硬化性樹脂液体２５を充填できなくなる。

【０１５４】

そこで、モールド２６の濡れやすい方向をインクジェットヘッド２４の走査方向（ｘ方向）として、インクジェットヘッド２４をｘ方向に複数回走査させて、一回の走査により吐出させた光硬化性樹脂液体２５‐１の間を、異なる走査により吐出させた光硬化性樹脂液体２５‐２により埋めることで、異なるタイミングで吐出させた光硬化性樹脂液体２５の間隔が調整される。

【０１５５】

また、光硬化性樹脂層２５”（図２参照）の厚みが面内でばらつくと、エッチング工程における処理厚みのばらつきの原因となるので、残渣厚（モールド２６の凹凸に入り込まない光硬化性樹脂層２５”の厚み）のばらつきを低減させて、光硬化性樹脂層２５”の厚みを面内で一定する必要がある。

【０１５６】

したがって、インクジェットヘッド２４をｘ方向に複数回走査させて、ｘ方向に並ぶように配置される光硬化性樹脂液体２５が、異なるノズル２３から吐出させたものを含むようにノズル２３を選択することで、インクジェットヘッド２４のノズル間の吐出量のばらつきが補正される。

【０１５７】

もちろん、基板２０の搬送方向（図４に図示したｙ方向）についても、同方向に並ぶ光硬化性樹脂液体２５は複数のノズル２３から吐出させたものを含むように、ノズル２３が選択される態様も好ましい。

【０１５８】

図１４（ｂ）に示す光硬化性樹脂液体の配置例では、符号２５‐１を付した近接して配置される二つの光硬化性樹脂液体は、一回の吐出動作において二滴に分裂して着弾したものであり、一回目の走査により吐出させたものである。

【０１５９】

一方、符号２５‐２を付した近接して配置される二つの光硬化性樹脂液体は、一回の吐出動作において二滴に分裂して着弾したものであり、二回目の走査により吐出させたものである。

【０１６０】

このようにして、モールド２６の濡れやすい方向を考慮して、モールド２６の濡れやすい方向についてより分散的に光硬化性樹脂液体２５を配置するとともに、複数回のインクジェットヘッド２４の走査により、モールド２６の濡れやすい方向と直交する方向の光硬化性樹脂液体２５の配置間隔を調整することで、モールド２６の濡れの異方性が考慮された光硬化性樹脂液体２５の配置が実現される。

【０１６１】

図１５（ａ），（ｂ）は、モールド２６の濡れの異方性が考慮された光硬化性樹脂液体２５の他の配置例を説明する図である。

【０１６２】

図１５（ａ）に示すように、基板２０上の光硬化性樹脂液体２５‐１，２５‐２の間隔を等間隔とするように、インクジェットヘッド２４の走査速度、走査回数が調整され、吐出に用いられるノズルが選択される。

【０１６３】

図１６（ａ）～（ｄ）は、曳糸状態で着弾させた光硬化性樹脂液体２５の配置例を説明する図である。

【０１６４】

図１６（ｂ）に示すように、モールド２６の濡れやすい方向と直交する方向が曳糸状態の長手方向となるように光硬化性樹脂液体２５を配置することで、モールド２６の濡れの異方性が考慮された光硬化性樹脂液体２５の配置が実現される。

【０１６５】

（比較例の説明）

図１７（ａ）～（ｄ）及び図１８（ａ），（ｂ）は、一滴状態で着弾させた光硬化性樹脂液体２５の配置を示している。図１４（ａ）～（ｄ）及び図１５（ａ），（ｂ）と比較すると、光硬化性樹脂液体２５が均一に濡れ広げられていないことがわかる。かかる場合には、光硬化性樹脂液体２５が足りない領域にさらに光硬化性樹脂液体２５を配置する必要があるが、光硬化性樹脂液体２５が過剰となる領域が生じる可能性がある。

【０１６６】

（具体的な装置構成の説明）

図１９は、モールド２６の濡れやすい方向に光硬化性樹脂液体２５を配置するための装置構成を示す構成図である。

【０１６７】

同図に示す光硬化性樹脂液体吐出部２１２は、インクジェットヘッド２２４をｘｙ平面内で回転させるインクジェットヘッド回転機構２２１と、インクジェットヘッド２２４が搭載されるキャリッジ２２９と、インクジェットヘッド２２４をｘ方向に走査させる走査機構２２７と、基板２２０をｙ方向に移動させる水平移動機構２２２と、インクジェットヘッド２２４をｚ方向（ｘ方向及びｙ方向と直交する垂直方向）に移動させる垂直移動機構２２５と、インクジェットヘッド２２４のｚ方向における位置を規制するストッパー２２３とを備えている。

【０１６８】

モールド２６の濡れの異方性は、モールド２６に形成されるパターンによって異なるために、図１９に示す光硬化性樹脂液体吐出部２１２は、モールド２６の濡れの異方性に合わせて、基板２２０とインクジェットヘッド２２４との位置を調整できるように構成されている。

【０１６９】

図１９に示す構成では、インクジェットヘッド２２４を基板２２０に対して回転可能に構成されている。モールド２６の濡れの異方性は最大で９０°の違いがあるので、インクジェットヘッド回転機構２２１は、９０°以上の回転が必要である。

【０１７０】

一般的なインクジェットヘッド２２４は－１０°から＋１０°程度のアライメント機能が具備されているので、このアライメント機能との併用を考慮して、インクジェットヘッド回転機構２２１は－１０°から＋１００℃の範囲でインクジェットヘッド２２４を回転させるように構成される。

【０１７１】

なお、インクジェットヘッド２２４を回転させる代わりに、又はこれと併用して、基板２２０をインクジェットヘッド２２４に対して回転させてもよい。上述したように、基板２２０のアライメントを考慮して、基板２２０の回転範囲は－１０°から＋１００°とさ

れる。
【０１７２】
なお、フルライン型インクジェットヘッドを備える形態では、吐出データを変更して（データ上でパターンを回転させて）、光硬化性樹脂液体が吐出されるノズルを変更することで、モールド２６（図３参照）の濡れの異方性に対応することが可能である。
【０１７３】
また、モールド２６と基板２０との位置合わせを行う際に、基板２０に着弾した光硬化性液体のパターンと、モールド２６の濡れやすい方向とを合わせるように、基板２０とモールド２６との位置が調整される。
【０１７４】
固定された基板２０に対してモールド２６を回転させる回転機構を備えてもよいし、固定されたモールド２６に対して基板２０を回転させる回転機構を備えてもよい。
【０１７５】
（モールドの濡れの異方性の検査）
モールド２６の濡れの異方性に対応してインクジェットヘッド２２４又は基板２２０を回転させる際に、モールド２６の濡れの異方性を検査しておき、モールド２６の濡れの異方性情報を取得し、記憶しておく必要がある。
【０１７６】
図２０（ａ）～（ｄ）は、モールド２６の濡れの異方性を検査する方法を模式的に図示した説明図である。
【０１７７】
図２０（ａ）に示すように、インクジェットヘッド２４（又はピペットのような滴下部材）からモールド２６へ光硬化性樹脂液体２５を滴下する。図２０（ｂ）は、モールド２６に光硬化性樹脂液体２５が滴下された状態である。
【０１７８】
図２０（ｃ）は、モールド２６に滴下された光硬化性樹脂液体２５が濡れ広がった状態を観察装置２４０によって観察されている様子が模式的に図示されている。図２０（ｃ）に示す矢印線の方向は、モールド２６の濡れやすい方向となる。
【０１７９】
このモールド２６の濡れやすい方向の情報は、モールド２６の情報として所定の記憶部に記憶される。観察装置２４０の形態の一例として、拡大光学系を備えた観察装置（顕微鏡等）が挙げられる。
【０１８０】
〔光硬化性樹脂液体の説明〕
次に、本例に示すナノインプリントシステムに適用される光硬化性樹脂液体の一例として、レジスト組成物（以下、単に「レジスト」と記載することがある。）について詳細に説明する。
【０１８１】
レジスト組成物は、一種以上のフッ素を含む界面活性剤（含フッ素界面活性剤）と重合性化合物と、光重合開始剤Ｉとを少なくとも含有するインプリント用硬化性組成物である。
【０１８２】
レジスト組成物には、機能として多官能重合性基を有することによる架橋性の発現を狙い、又は炭素密度を高める、又は結合エネルギーの総量を高める、又は硬化後の樹脂中に含まれるＯ、Ｓ、Ｎ、等の電気陰性度が高い部位の含有率を抑制する等によりエッチング耐性を向上させる目的で重合性官能基を有する１官能以上のモノマー成分を含んでもよく、更に、必要に応じて、基板とのカップリング剤、揮発性溶剤、酸化防止剤等を含んでもよい。
【０１８３】
基板とのカップリング剤としては、前述の基板の密着処理剤と同様の材料を用いること

ができる。含有量としては、基板とレジスト層との界面に配置する程度に含有していれば良く、１０質量パーセント（質量％）以下であれば良く、５質量パーセント以下がより好ましく、２質量パーセント以下が更により好ましく、０．５質量パーセント以下であることが最も好ましい。

【０１８４】

レジスト組成物の粘度は、モールド２６（図６参照）に形成されたパターンへのレジスト組成物中の固形分（揮発溶剤成分を除いた成分）の入り込みと、モールド２６への濡れ広がり性の観点から、固形分の粘度は、１０００ミリパスカス秒以下であることが好ましく、１００ミリパスカス秒以下であることがより好ましく、２０ミリパスカス秒以下であることが更により好ましい。しかしながら、インクジェット方式を利用する場合は、室温またはヘッドで吐出時に温度制御可能であればその温度範囲内にて２０ミリパスカス秒以下となることが好ましく、またレジスト組成物の表面張力が２０ミリニュートン毎メートル（ｍＮ／ｍ）以上４０ミリニュートン毎メートル以下の範囲、さらにミリニュートン毎メートル以上、３６ミリニュートン毎メートル以下となることが、インクジェットでの吐出安定性を確保する観点で好ましい。

【０１８５】

（重合性化合物）

レジスト組成物の主成分となる重合性化合物としては、以下の〔数１〕で示される化合物中のフッ素含有率が５％以下であるか、またはフルオロアルキル基またはフルオロアルキルエーテル基を実質的に含まない重合性化合物であることとする。

【０１８６】

【数１】

$$\text{フッ素含有率} = \frac{(\text{重合性化合物中のフッ素原子の数}) \times (\text{フッ素原子の原子量})}{\text{重合性化合物の分子量}} \times 100$$

【０１８７】

重合性化合物としては、硬化後のパターンの精度及びエッチング耐性等の品質の良好なものであることが好ましい。かかる重合性化合物としては、重合により架橋して三次元構造を有する重合体となる多官能単量体を含むことが好ましく、多官能単量体は、少なくとも１つの２価又は３価の芳香族基を有するものであることが好ましい。

【０１８８】

硬化（重合）後に三次元構造を有するレジストの場合は、硬化処理後の形状維持性が良く、モールド剥離時にモールドとレジストとの付着力によって、レジストにかかる応力がレジスト構造体の特定エリアに集中し、パターンが塑性変形することが抑制される。しかしながら、重合後に三次元構造を有する重合体となる多官能モノマーの比率や、重合後に三次元架橋を形成する部位の密度が上昇すると、硬化後のヤング率が大きくなって変形性が低下し、また膜の脆性が悪化するため、モールド剥離時に破断しやすくなってしまうことが懸念される。特にパターンサイズが３０ナノメートル幅以下でパターンアスペクト比が２以上のパターンを残膜厚みが１０ナノメートル以下となる態様では、ハードディスクパターンや半導体パターンなどの広エリアでの形成を試みた場合に、パターンの剥がれやもげが発生する確率が大きくなると考えられる。

【０１８９】

従って、多官能単量体は、重合性化合物中に１０質量パーセント以上含有されることが好ましく、２０質量パーセント以上含有されることがより好ましく、３０質量パーセント以上含有されることが更に好ましく、４０質量パーセント以上であることが最も好ましいことを見出した。

【０１９０】

また、次式〔数２〕で表される架橋密度が０．０１個／ナノ平方メートル以上１０個／ナノ平方メートル以下であることが好ましく、０．１個／ナノ平方メートル以上６個／ナノ平方メートル以下であることがより好ましく、０．５個／ナノ平方メートル以上５．０

個／ナノ平方メートル以下であることがもっとも好ましいことを見出した。組成物の架橋密度は、各分子の架橋密度を求め、更に重量平均より求めるか、または組成物の硬化後密度を測定し、Ｍｗ、および（Ｎｆ－１）についてそれぞれの値を重量平均した値と次式〔数２〕より求める。

【０１９１】

【数２】

$$Da = \frac{Na \times Dc}{Mw} \times (Nf - 1)$$

Ｄａ：１分子の架橋密度
Ｄｃ：硬化後密度
Ｎｆ：モノマー１分子中に含まれるアクリレート官能基数
Ｎａ：アボガドロ定数
Ｍｗ：分子量

【０１９２】

但し、Ｄａは１分子の架橋密度、Ｄｃは硬化後密度、Ｎｆはモノマー１分子中に含まれるアクリレート官能基数、Ｎａはアボガドロ定数、Ｍｗは分子量である。

【０１９３】

重合性化合物の重合性官能基としては、特に制限されないが、反応性及び安定性が良好であることから、メタクリレート基、アクリレート基が好ましく、アクリレート基がより好ましい。

【０１９４】

ドライエッチング耐性は、レジスト組成物の大西パラメータ及びリングパラメータにより評価することができる。大西パラメータが小さく、また、リングパラメータが大きいものほどドライエッチング耐性に優れる。本発明において、レジスト組成物は、大西パラメータが４．０以下、好ましくは３．５以下、より好ましくは３．０以下となるように、また、リングパラメータが０．１以上、好ましくは０．２以上、より好ましくは０．３以上となるものを好適としている。

【０１９５】

上記各パラメータは、レジスト組成物を構成する揮発溶剤成分以外の構成物質について、構造式を元に後述の計算式を用いて算出された材料パラメータ値を、組成重量比を元に組成物全体で平均化した値として求める。従って、レジスト組成物の主成分である重合性化合物についても、レジスト組成物中のその他の成分、及び上記パラメータを考慮して選択することが好ましい。

【０１９６】

大西パラメータ＝（化合物中の総原子数）／｛（化合物中の炭素原子数）－（化合物中の酸素原子数）｝

リングパラメータ＝（環構造を形成する炭素質量）／（化合物の全質量）

重合性化合物としては、以下に示す重合性単量体、及びかかる重合性単量体が数単位重合したオリゴマー等が挙げられる。パターン形成性とエッチング耐性の観点から、重合性単量体（Ａｘ）、及び特開２００９－２１８５５０号公報明細書の段落〔００３２〕～〔００５３〕に記載の化合物のうちの少なくとも１種類以上を含むことが好ましい。

【０１９７】

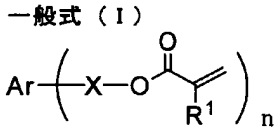
（重合性単量体（Ａｘ））

重合性単量体（Ａｘ）は、以下の〔化１〕に示す一般式（Ｉ）で表される。

【０１９８】

【化１】

一般式（Ｉ）



【０１９９】

なお、上記〔化１〕に示す一般式（Ｉ）中、Ａｒは置換基を有していてもよい２価または３価の芳香族基を表し、Ｘは単結合または有機連結基を表し、Ｒ^{1}は水素原子または置換基を有していてもよいアルキル基を表し、ｎは２または３を表す。

【０２００】

上記の一般式（Ｉ）中、Ａｒとしては、ｎ＝２のときは２価の芳香族基（すなわちアリーレン基）を表し、ｎ＝３のときは３価の芳香族基を表す。アリーレン基としてはフェニレン基、ナフチレン基などの炭化水素系アリーレン基；インドール、カルバゾールなどが連結基となったヘテロアリーレン基などが挙げられ、好ましくは炭化水素系アリーレン基であり、さらに好ましくは粘度、エッチング耐性の観点からフェニレン基である。アリーレン基は置換基を有していてもよく、好ましい置換基としては、アルキル基、アルコキシ基、水酸基、シアノ基、アルコキシカルボニル基、アミド基、スルホンアミド基が挙げられる。

【０２０１】

Ｘの有機連結基としては、鎖中にヘテロ原子を含んでいてもよいアルキレン基、アリーレン基、アラルキレン基が挙げられる。その中でも、アルキレン基、オキシアルキレン基が好ましく、アルキレン基がより好ましい。Ｘとしては、単結合またはアルキレン基であることが特に好ましい。

【０２０２】

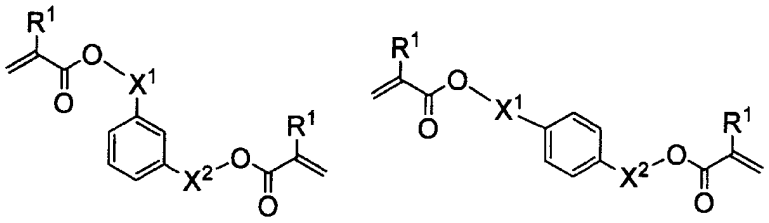
Ｒ^{1}は、好ましくは水素原子又はメチル基であり、より好ましくは水素原子である。Ｒ^{1}が置換基を有する場合、好ましい置換基としては、特に制限はないが、例えば水酸基、ハロゲン原子（フッ素を除く）、アルコキシ基、アシルオキシ基を挙げることができる。ｎは２または３であり、好ましくは２である。

【０２０３】

重合性単量体（Ａｘ）は、以下の〔化２〕に示す一般式（Ｉ－ａ）、又は一般式（Ｉ－ｂ）で表される重合性単量体であることが、組成物粘度を低下させる観点から好ましい。

【０２０４】

【化２】



一般式（Ｉ－ａ）　　一般式（Ｉ－ｂ）

【０２０５】

なお、上記の一般式（Ｉ－ａ）、（Ｉ－ｂ）中、Ｘ^{1}、Ｘ^{2}は、それぞれ独立に単結合または炭素数１～３の置換基を有していてもよいアルキレン基を表し、Ｒ^{1}は水素原子または置換基を有していてもよいアルキル基を表す。

【０２０６】

一般式（Ｉ－ａ）中、前記Ｘ^{1}は、単結合またはメチレン基であることが好ましく、メチレン基であることが粘度低減の観点からより好ましい。Ｘ^{2}の好ましい範囲は、前記Ｘ^{1}の好ましい範囲と同様である。

【０２０７】

R1は上記の一般式（Ｉ）におけるとＲ^{1}と同義であり、好ましい範囲も同様である。

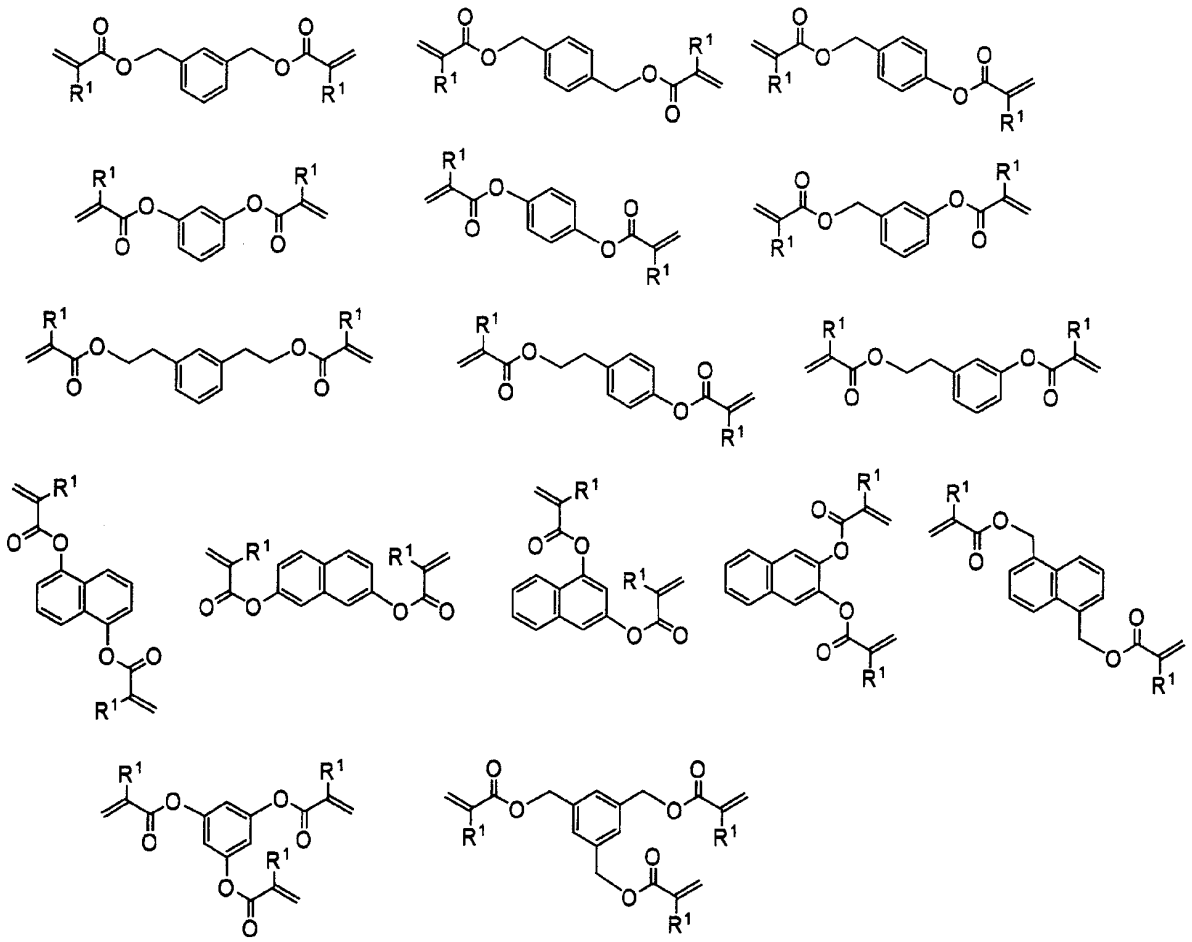
重合性単量体（Ａｘ）は２５℃において液体であると、添加量を増やした際にも異物の発生が抑制でき好ましい。重合性単量体（Ａｘ）は２５℃における粘度が７０ミリパスカル秒未満であることがパターン形成性の観点から好ましく、５０ミリパスカル秒以下であることがより好ましく、３０ミリパスカル秒以下であることが特に好ましい。

【０２０８】

以下の〔化３〕に好ましい重合性単量体（Ａｘ）の具体例を示す。R^1は一般式（Ｉ）におけるR1と同義である。R^1としては硬化性の観点から、水素原子が好ましい。

【０２０９】

【化３】

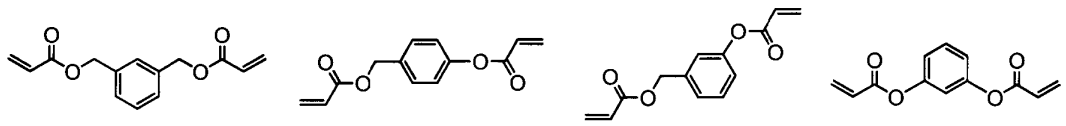


【０２１０】

これらの中でも、以下の〔化４〕に示す化合物が２５℃において液体であり、かつ、低粘度で、さらに良好な硬化性を示し、特に好ましい。

【０２１１】

【化４】



【０２１２】

レジスト組成物においては、組成物粘度、ドライエッチング耐性、インプリント適性、硬化性等の改良の観点から、必要に応じて重合性単量体（Ａｘ）と、以下に説明する重合性単量体（Ａｘ）とは異なる他の重合性単量体と、を併用することが好ましい。

【０２１３】

（他の重合性単量体）

他の重合性単量体としては、例えば、エチレン性不飽和結合含有基を１～６個有する重

合性不飽和単量体；オキシラン環を有する化合物（エポキシ化合物）；ビニルエーテル化合物；スチレン誘導体；フッ素原子を有する化合物；プロペニルエーテルまたはブテニルエーテル等を挙げることができ、硬化性の観点から、エチレン性不飽和結合含有基を１～６個有する重合性不飽和単量体が好ましい。

【０２１４】

これらの他の重合性単量体のうち、インプリント適性とドライエッチング耐性、硬化性、粘度等の観点から、特開２００９‐２１８５５０号公報明細書の段落〔００３２〕～〔００５３〕に記載の化合物をより好ましく含むことが出来る。更に他に含むことが出来る前記エチレン性不飽和結合含有基を１～６個有する重合性不飽和単量体（１～６官能の重合性不飽和単量体）について説明する。

【０２１５】

まず、エチレン性不飽和結合含有基を１個有する重合性不飽和単量体（１官能の重合性不飽和単量体）としては具体的に、２‐アクリロイロキシエチルフタレート、２‐アクリロイロキシ２‐ヒドロキシエチルフタレート、２‐アクリロイロキシエチルヘキサヒドロフタレート、２‐アクリロイロキシプロピルフタレート、２‐エチル‐２‐ブチルプロパンジオールアクリレート、２‐エチルヘキシル（メタ）アクリレート、２‐エチルヘキシルカルビトール（メタ）アクリレート、２‐ヒドロキシブチル（メタ）アクリレート、２‐ヒドロキシエチル（メタ）アクリレート、２‐ヒドロキシプロピル（メタ）アクリレート、２‐メトキシエチル（メタ）アクリレート、３‐メトキシブチル（メタ）アクリレート、４‐ヒドロキシブチル（メタ）アクリレート、アクリル酸ダイマー、ベンジル（メタ）アクリレート、１‐または２‐ナフチル（メタ）アクリレート、ブタンジオールモノ（メタ）アクリレート、ブトキシエチル（メタ）アクリレート、ブチル（メタ）アクリレート、セチル（メタ）アクリレート、エチレンオキシド変性（以下「ＥＯ」という。）クレゾール（メタ）アクリレート、ジプロピレングリコール（メタ）アクリレート、エトキシ化フェニル（メタ）アクリレート、エチル（メタ）アクリレート、イソアミル（メタ）アクリレート、イソブチル（メタ）アクリレート、イソオクチル（メタ）アクリレート、シクロヘキシル（メタ）アクリレート、イソボルニル（メタ）アクリレート、ジシクロペンタニル（メタ）アクリレート、ジシクロペンタニルオキシエチル（メタ）アクリレート、イソミリスチル（メタ）アクリレート、ラウリル（メタ）アクリレート、メトキシジプロピレングリコール（メタ）アクリレート、メトキシトリプロピレングリコール（メタ）アクリレート、メトキシポリエチレングリコール（メタ）アクリレート、メトキシトリエチレングリコール（メタ）アクリレート、メチル(メタ)アクリレート、ネオペンチルグリコールベンゾエート(メタ)アクリレート、ノニルフェノキシポリエチレングリコール(メタ)アクリレート、ノニルフェノキシポリプロピレングリコール(メタ)アクリレート、オクチル(メタ)アクリレート、パラクミルフェノキシエチレングリコール(メタ)アクリレート、エピクロロヒドリン（以下「ECH」という）変性フェノキシアクリレート、フェノキシエチル(メタ)アクリレート、フェノキシジエチレングリコール(メタ)アクリレート、フェノキシヘキサエチレングリコール(メタ)アクリレート、フェノキシテトラエチレングリコール(メタ)アクリレート、ポリエチレングリコール(メタ)アクリレート、ポリエチレングリコール－ポリプロピレングリコール(メタ)アクリレート、ポリプロピレングリコール(メタ)アクリレート、ステアリル(メタ)アクリレート、ＥＯ変性コハク酸(メタ)アクリレート、ｔｅｒｔ－ブチル(メタ)アクリレート、トリブロモフェニル(メタ)アクリレート、ＥＯ変性トリブロモフェニル(メタ)アクリレート、トリドデシル(メタ)アクリレート、ｐ－イソプロペニルフェノール、スチレン、α－メチルスチレン、アクリロニトリル、が例示される。

【０２１６】

これらの中で特に、芳香族構造および／または脂環炭化水素構造を有する単官能（メタ）アクリレートがドライエッチング耐性を改善する観点から好ましい。具体例ベンジル（メタ）アクリレート、ジシクロペンタニル（メタ）アクリレート、ジシクロペンタニルオキシエチル（メタ）アクリレート、イソボロニル（メタ）アクリレート、アダマンチル（

メタ）アクリレートが好ましく、ベンジル（メタ）アクリレート、が特に好ましい。

【０２１７】

他の重合性単量体として、エチレン性不飽和結合含有基を２個有する多官能重合性不飽和単量体を用いることも好ましい。好ましく用いることのできるエチレン性不飽和結合含有基を２個有する２官能重合性不飽和単量体の例としては、ジエチレングリコールモノエチルエーテル（メタ）アクリレート、ジメチロールジシクロペンタンジ（メタ）アクリレート、ジ（メタ）アクリル化イソシアヌレート、１，３－ブチレングリコールジ（メタ）アクリレート、１，４‐ブタンジオールジ（メタ）アクリレート、ＥＯ変性１，６‐ヘキサンジオールジ（メタ）アクリレート、ＥＣＨ変性１，６‐ヘキサンジオールジ（メタ）アクリレート、アリロキシポリエチレングリコールアクリレート、１，９‐ノナンジオールジ（メタ）アクリレート、ＥＯ変性ビスフェノールＡジ（メタ）アクリレート、ＰＯ変性ビスフェノールＡジ（メタ）アクリレート、変性ビスフェノールＡジ（メタ）アクリレート、ＥＯ変性ビスフェノールＦジ（メタ）アクリレート、ＥＣＨ変性ヘキサヒドロフタル酸ジアクリレート、ヒドロキシピバリン酸ネオペンチルグリコールジ（メタ）アクリレート、ネオペンチルグリコールジ（メタ）アクリレート、ＥＯ変性ネオペンチルグリコールジアクリレート、プロピレンオキシド（以後「ＰＯ」という。）変性ネオペンチルグリコールジアクリレート、カプロラクトン変性ヒドロキシピバリン酸エステルネオペンチルグリコール、ステアリン酸変性ペンタエリスリトールジ（メタ）アクリレート、ＥＣＨ変性フタル酸ジ（メタ）アクリレート、ポリ（エチレングリコール－テトラメチレングリコール）ジ（メタ）アクリレート、ポリ（プロピレングリコール－テトラメチレングリコール）ジ（メタ）アクリレート、ポリエステル（ジ）アクリレート、ポリエチレングリコールジ（メタ）アクリレート、ポリプロピレングリコールジ（メタ）アクリレート、ＥＣＨ変性プロピレングリコールジ（メタ）アクリレート、シリコーンジ（メタ）アクリレート、トリエチレングリコールジ（メタ）アクリレート、テトラエチレングリコールジ（メタ）アクリレート、ジメチロールトリシクロデカンジ（メタ）アクリレート、ネオペンチルグリコール変性トリメチロールプロパンジ（メタ）アクリレート、トリプロピレングリコールジ（メタ）アクリレート、ＥＯ変性トリプロピレングリコールジ（メタ）アクリレート、トリグリセロールジ（メタ）アクリレート、ジプロピレングリコールジ（メタ）アクリレート、ジビニルエチレン尿素、ジビニルプロピレン尿素が例示される。

【０２１８】

これらの中で特に、ネオペンチルグリコールジ（メタ）アクリレート、１，９－ノナンジオールジ（メタ）アクリレート、トリプロピレングリコールジ（メタ）アクリレート、テトラエチレングリコールジ（メタ）アクリレート、ヒドロキシピバリン酸ネオペンチルグリコールジ（メタ）アクリレート、ポリエチレングリコールジ（メタ）アクリレート等が本発明に好適に用いられる。

【０２１９】

エチレン性不飽和結合含有基を３個以上有する多官能重合性不飽和単量体の例としては、ＥＣＨ変性グリセロールトリ（メタ）アクリレート、ＥＯ変性グリセロールトリ（メタ）アクリレート、ＰＯ変性グリセロールトリ（メタ）アクリレート、ペンタエリスリトールトリアクリレート、ＥＯ変性リン酸トリアクリレート、トリメチロールプロパントリ（メタ）アクリレート、カプロラクトン変性トリメチロールプロパントリ（メタ）アクリレート、ＥＯ変性トリメチロールプロパントリ（メタ）アクリレート、ＰＯ変性トリメチロールプロパントリ（メタ）アクリレート、トリス（アクリロキシエチル）イソシアヌレート、ジペンタエリスリトールヘキサ（メタ）アクリレート、カプロラクトン変性ジペンタエリスリトールヘキサ（メタ）アクリレート、ジペンタエリスリトールヒドロキシペンタ（メタ）アクリレート、アルキル変性ジペンタエリスリトールペンタ（メタ）アクリレート、ジペンタエリスリトールポリ（メタ）アクリレート、アルキル変性ジペンタエリスリトールトリ（メタ）アクリレート、ジトリメチロールプロパンテトラ（メタ）アクリレート、ペンタエリスリトールエトキシテトラ（メタ）アクリレート、ペンタエリスリトールテトラ（メタ）アクリレート等が挙げられる。

【０２２０】
これらの中で特に、ＥＯ変性グリセロールトリ（メタ）アクリレート、ＰＯ変性グリセロールトリ（メタ）アクリレート、トリメチロールプロパントリ（メタ）アクリレート、ＥＯ変性トリメチロールプロパントリ（メタ）アクリレート、ＰＯ変性トリメチロールプロパントリ（メタ）アクリレート、ジペンタエリスリトールヘキサ（メタ）アクリレート、ペンタエリスリトールエトキシテトラ（メタ）アクリレート、ペンタエリスリトールテトラ（メタ）アクリレート等が本発明に好適に用いられる。
【０２２１】
オキシラン環を有する化合物（エポキシ化合物）としては、例えば、多塩基酸のポリグリシジルエステル類、多価アルコールのポリグリシジルエーテル類、ポリオキシアルキレングリコールのポリグリシジルエーテル類、芳香族ポリオールのポリグリシジルエテーテル類、芳香族ポリオールのポリグリシジルエーテル類の水素添加化合物類、ウレタンポリエポキシ化合物およびエポキシ化ポリブタジエン類等を挙げることができる。これらの化合物は、その一種を単独で使用することもできるし、また、その二種以上を混合して使用することもできる。
【０２２２】
オキシラン環を有する化合物（エポキシ化合物）の具体例として、例えばビスフェノールＡジグリシジルエーテル、ビスフェノールＦジグリシジルエーテル、ビスフェノールＳジグリシジルエーテル、臭素化ビスフェノールＡジグリシジルエーテル、臭素化ビスフェノールＦジグリシジルエーテル、臭素化ビスフェノールＳジグリシジルエーテル、水添ビスフェノールＡジグリシジルエーテル、水添ビスフェノールＦジグリシジルエーテル、水添ビスフェノールＳジグリシジルエーテル、１,４‐ブタンジオールジグリシジルエーテル、１,６‐ヘキサンジオールジグリシジルエーテル、グリセリントリグリシジルエーテル、トリメチロールプロパントリグリシジルエーテル、ポリエチレングリコールジグリシジルエーテル、ポリプロピレングリコールジグリシジルエーテル類；エチレングリコール、プロピレングリコール、グリセリンなどの脂肪族多価アルコールに１種または２種以上のアルキレンオキサイドを付加することにより得られるポリエーテルポリオールのポリグリシジルエーテル類；脂肪族長鎖二塩基酸のジグリシジルエステル類；脂肪族高級アルコールのモノグリシジルエーテル類；フェノール、クレゾール、ブチルフェノールまたはこれらにアルキレンオキサイドを付加して得られるポリエーテルアルコールのモノグリシジルエーテル類；高級脂肪酸のグリシジルエステル類などが挙げられる。
【０２２３】
これらの中で特に、ビスフェノールＡジグリシジルエーテル、ビスフェノールＦジグリシジルエーテル、水添ビスフェノールＡジグリシジルエーテル、水添ビスフェノールＦジグリシジルエーテル、１,４‐ブタンジオールジグリシジルエーテル、１,６‐ヘキサンジオールジグリシジルエーテル、グリセリントリグリシジルエーテル、トリメチロールプロパントリグリシジルエーテル、ネオペンチルグリコールジグリシジルエーテル、ポリエチレングリコールジグリシジルエーテルおよびポリプロピレングリコールジグリシジルエーテルが好ましい。
【０２２４】
グリシジル基含有化合物として好適に使用できる市販品としては、ＵＶＲ‐６２１６（ユニオンカーバイド社製）、グリシドール、ＡＯＥＸ２４、サイクロマーＡ２００、（以上、ダイセル化学工業（株）製）、エピコート８２８、エピコート８１２、エピコート１０３１、エピコート８７２、エピコートＣＴ５０８（以上、油化シェル（株）製）、ＫＲＭ‐２４００、ＫＲＭ‐２４１０、ＫＲＭ‐２４０８、ＫＲＭ‐２４９０、ＫＲＭ‐２７２０、ＫＲＭ‐２７５０（以上、旭電化工業（株）製）などを挙げることができる。これらは、１種単独で、または２種以上組み合わせて用いることができる。
【０２２５】
また、これらのオキシラン環を有する化合物はその製法は問わないが、例えば、丸善ＫＫ出版、第四版実験化学講座２０有機合成ＩＩ、２１３～、平成４年、Ed.by Alfred Has

fner,The chemistry ofheterocyclic compounds－SmallRingHeterocycles part3 Oxiranes,John & Wiley and Sons,AnInterscience Publication,New York,1985、吉村、接着、２９巻１２号、３２、１９８５、吉村、接着、３０巻５号、４２、１９８６、吉村、接着、３０巻７号、４２、１９８６、特開平１１－１００３７８号公報明細書、特許第２９０６２４５号公報明細書、特許第２９２６２６２号公報明細書などの文献を参考にして合成できる。

【０２２６】

本発明で用いる他の重合性単量体として、ビニルエーテル化合物を併用してもよい。ビニルエーテル化合物は公知のものを適宜選択することができ、例えば、２－エチルヘキシルビニルエーテル、ブタンジオール－１，４－ジビニルエーテル、ジエチレングリコールモノビニルエーテル、ジエチレングリコールモノビニルエーテル、エチレングリコールジビニルエーテル、トリエチレングリコールジビニルエーテル、１，２－プロパンジオールジビニルエーテル、１，３－プロパンジオールジビニルエーテル、１，３－ブタンジオールジビニルエーテル、１，４－ブタンジオールジビニルエーテル、テトラメチレングリコールジビニルエーテル、ネオペンチルグリコールジビニルエーテル、トリメチロールプロパントリビニルエーテル、トリメチロールエタントリビニルエーテル、ヘキサンジオールジビニルエーテル、テトラエチレングリコールジビニルエーテル、ペンタエリスリトールジビニルエーテル、ペンタエリスリトールトリビニルエーテル、ペンタエリスリトールテトラビニルエーテル、ソルビトールテトラビニルエーテル、ソルビトールペンタビニルエーテル、エチレングリコールジエチレンビニルエーテル、トリエチレングリコールジエチレンビニルエーテル、エチレングリコールジプロピレンビニルエーテル、トリエチレングリコールジエチレンビニルエーテル、トリメチロールプロパントリエチレンビニルエーテル、トリメチロールプロパンジエチレンビニルエーテル、ペンタエリスリトールジエチレンビニルエーテル、ペンタエリスリトールトリエチレンビニルエーテル、ペンタエリスリトールテトラエチレンビニルエーテル、１，１，１－トリス〔４－（２－ビニロキシエトキシ）フェニル〕エタン、ビスフェノールＡジビニロキシエチルエーテル等が挙げられる。

【０２２７】

これらのビニルエーテル化合物は、例えば、Stephen.C.Lapin,PolymersPaintColour Journal.179(4237)、321(1988)に記載されている方法、即ち多価アルコールもしくは多価フェノールとアセチレンとの反応、または多価アルコールもしくは多価フェノールとハロゲン化アルキルビニルエーテルとの反応により合成することができ、これらは１種単独あるいは２種以上を組み合わせて用いることができる。

【０２２８】

また、他の重合性単量体としては、スチレン誘導体も採用できる。スチレン誘導体としては、例えば、スチレン、ｐ－メチルスチレン、ｐ－メトキシスチレン、β－メチルスチレン、ｐ－メチル－β－メチルスチレン、α－メチルスチレン、ｐ－メトキシ－β－メチルスチレン、ｐ－ヒドロキシスチレン、等を挙げることができる。

【０２２９】

また、モールドとの剥離性や塗布性を向上させる目的で、トリフルオロエチル(メタ)アクリレート、ペンタフルオロエチル(メタ)アクリレート、（パーフルオロブチル）エチル(メタ)アクリレート、パーフルオロブチル－ヒドロキシプロピル(メタ)アクリレート、（パーフルオロヘキシル）エチル(メタ)アクリレート、オクタフルオロペンチル(メタ)アクリレート、パーフルオロオクチルエチル(メタ)アクリレート、テトラフルオロプロピル（メタ）アクリレート等のフッ素原子を有する化合物も併用することができる。

【０２３０】

他の重合性単量体としては、プロペニルエーテルおよびブテニルエーテルを用いることもできる。前記プロペニルエーテルまたはブテニルエーテルとしては、例えば１－ドデシル－１－プロペニルエーテル、１－ドデシル－１－ブテニルエーテル、１－ブテノキシメチル－２－ノルボルネン、１－４－ジ（１－ブテノキシ）ブタン、１，１０－ジ（１－ブ

テノキシ）デカン、１，４‐ジ（１‐ブテノキシメチル）シクロヘキサン、ジエチレングリコールジ（１‐ブテニル）エーテル、１，２，３‐トリ（１‐ブテノキシ）プロパン、プロペニルエーテルプロピレンカーボネート等が好適に適用できる。

【０２３１】

（含フッ素界面活性剤）

本例に示すインプリントシステムでは、含フッ素界面活性剤は、レジストパターンの一部となるため、良好なパターン形成性、硬化後のモールド離型性及びエッチング耐性の良好なレジスト特性を有するものであることが好ましい。

【０２３２】

含フッ素界面活性剤の含有量は、レジスト組成物中、例えば、０．００１質量パーセント以上５質量パーセント以下であり、好ましくは０．００２質量パーセント以上４質量パーセント以下であり、さらに好ましくは、０．００５質量パーセント以上３質量パーセント以下である。２種類以上の界面活性剤を用いる場合は、その合計量が前記範囲となる。界面活性剤が組成物中０．００１質量パーセント以上５質量パーセント以下の範囲にあると、塗布の均一性の効果が良好であり、界面活性剤の過多によるモールド転写特性の悪化や、インプリント後のエッチング工程におけるエッチング適性の劣化を招きにくい。

【０２３３】

（重合開始剤Ｉ）

重合開始剤Ｉとしては、レジスト組成物を硬化させる際に用いる光Ｌ１により活性化してレジスト組成物に含まれる重合性化合物の重合を開始する活性種を発生するものであれば特に制限されない。重合開始剤Ｉとしては、ラジカル重合開始剤が好ましい。また、本発明において、重合開始剤Ｉは複数種を併用してもよい。

【０２３４】

重合開始剤Ｉとしては、アシルホスフィンオキシド系化合物、オキシムエステル系化合物が硬化感度、吸収特性の観点から好ましく、例えば、特開平２００８‐１０５４１４号公報明細書の段落〔００９１〕に記載のものを好ましく採用することができる。

【０２３５】

重合開始剤Ｉの含有量は、溶剤を除く全組成物中、例えば、０．０１質量パーセント以上１５質量パーセント以下であり、好ましくは０．１質量パーセント以上１２質量パーセント以下であり、さらに好ましくは０．２質量パーセント以上７質量パーセント以下である。２種類以上の光重合開始剤を用いる場合は、その合計量が前記範囲となる。

【０２３６】

光重合開始剤の含有量が０．０１質量パーセント以上であると、感度(速硬化性)、解像性、ラインエッジラフネス性、塗膜強度が向上する傾向にあり好ましい。一方、光重合開始剤の含有量を１５質量パーセント以下とすると、光透過性、着色性、取り扱い性などが向上する傾向にあり、好ましい。

【０２３７】

これまで、染料および／または顔料を含むインクジェット用組成物や液晶ディスプレイカラーフィルタ用組成物においては、好ましい光重合開始剤の添加量が種々検討されてきたが、インプリント用等の光インプリント用硬化性組成物についての好ましい光重合開始剤の添加量については報告されていない。すなわち、染料および／または顔料を含む系では、開始剤がラジカルトラップ剤として働くことがあり、光重合性、感度に影響を及ぼす。その点を考慮して、これらの用途では、光重合開始剤の添加量が最適化される。一方で、レジスト組成物では、染料および／または顔料は必須成分でなく、光重合開始剤の最適範囲がインクジェット用組成物や液晶ディスプレイカラーフィルタ用組成物等の分野のものとは異なる場合がある。

【０２３８】

本例に示すインプリントシステムに適用されるレジストに含有するラジカル光重合開始剤としては、アシルホスフィン系化合物、オキシムエステル系化合物が硬化感度、吸収特性の観点から好ましい。本発明で使用されるラジカル光重合開始剤は、例えば、市販され

ている開始剤を用いることができる。これらの例としては、例えば、特開平２００８‐１０５４１４号公報明細書の段落〔００９１〕に記載のものを好ましく採用することができる。

【０２３９】

なお、光Ｌ１には、紫外、近紫外、遠紫外、可視、赤外等の領域の波長の光や、電磁波の他に、放射線も含まれる。前記放射線には、例えばマイクロ波、電子線、ＥＵＶ、Ｘ線が含まれる。また２４８ナノメートルエキシマレーザー、１９３ナノメートルエキシマレーザー、１７２ナノメートルエキシマレーザーなどのレーザー光も用いることができる。これらの光は、光学フィルターを通したモノクロ光（単一波長光）を用いてもよいし、複数の波長の異なる光(複合光)でもよい。露光は、多重露光も可能であり、膜強度、エッチング耐性を高めるなどの目的でパターン形成した後、全面露光することも可能である。

【０２４０】

光重合開始剤Ｉは、使用する光源の波長に対して適時に選択する必要があるが、モールド加圧・露光中にガスを発生させないものが好ましい。ガスが発生すると、モールドが汚染されるため、頻繁にモールドを洗浄しなければならなくなったり、レジスト組成物がモールド内で変形し、転写パターン精度を劣化させてしまったりするなどの問題を生じる。

【０２４１】

レジスト組成物では、含まれる重合性単量体がラジカル重合性単量体であり、光重合開始剤Ｉが光照射によりラジカルを発生するラジカル重合開始剤であることが好ましい。

【０２４２】

（その他成分）

既に述べたように、本例に示すインプリントシステムに適用されるレジスト組成物は、上述の重合性化合物、含フッ素界面活性剤、及び光重合開始剤Ｉの他に種々の目的に応じて、本発明の効果を損なわない範囲で、界面活性剤、酸化防止剤、溶剤、ポリマー成分等その他の成分を含んでいてもよい。以下にその他の成分について概要を説明する。

【０２４３】

（酸化防止剤）

レジスト組成物では、公知の酸化防止剤を含有することができる。酸化防止剤の含有量は、重合性単量体に対し、例えば、０．０１質量パーセント以上１０質量パーセント以下であり、好ましくは０．２質量パーセント以上５質量パーセント以下である。２種類以上の酸化防止剤を用いる場合は、その合計量が上記範囲となる。

【０２４４】

前記酸化防止剤は、熱や光照射による退色およびオゾン、活性酸素、NO_x、SO_x（Ｘは整数）などの各種の酸化性ガスによる退色を抑制するものである。特に本発明では、酸化防止剤を添加することにより、硬化膜の着色を防止や、分解による膜厚減少を低減できるという利点がある。このような酸化防止剤としては、ヒドラジド類、ヒンダードアミン系酸化防止剤、含窒素複素環メルカプト系化合物、チオエーテル系酸化防止剤、ヒンダードフェノール系酸化防止剤、アスコルビン酸類、硫酸亜鉛、チオシアン酸塩類、チオ尿素誘導体、糖類、亜硝酸塩、亜硫酸塩、チオ硫酸塩、ヒドロキシルアミン誘導体などを挙げることができる。この中でも、特にヒンダードフェノール系酸化防止剤、チオエーテル系酸化防止剤が硬化膜の着色、膜厚減少の観点で好ましい。

【０２４５】

前記酸化防止剤の市販品としては、商品名Ｉｒｇａｎｏｘ１０１０、１０３５、１０７６、１２２２（以上、チバガイギー（株）製）、商品名 Ａｎｔｉｇｅｎｅ Ｐ、３Ｃ、ＦＲ、スミライザーＳ、スミライザーＧＡ８０（住友化学工業（株）製）、商品名アデカスタブＡＯ７０、ＡＯ８０、ＡＯ５０３（（株）ＡＤＥＫＡ製）等が挙げられる。これらは単独で用いてもよいし、混合して用いてもよい。

【０２４６】

（重合禁止剤）

レジスト組成物は、重合禁止剤を少量含有することが好ましい。重合禁止剤の含有量と

しては、全重合性単量体に対し、０．００１質量パーセント以上１質量パーセント以下であり、より好ましくは０．００５質量パーセント以上０．５質量パーセント以下、さらに好ましくは０．００８質量パーセント以上０．０５質量パーセント以下である、重合禁止剤を適切な量配合することで高い硬化感度を維持しつつ経時による粘度変化が抑制できる。

【０２４７】

（溶剤）

レジスト組成物は、必要に応じて、種々の溶剤を含むことができる。好ましい溶剤としては常圧における沸点が８０～２８０℃の溶剤である。溶剤の種類としては組成物を溶解可能な溶剤であればいずれも用いることができるが、好ましくはエステル構造、ケトン構造、水酸基、エーテル構造のいずれか１つ以上を有する溶剤である。具体的に、好ましい溶剤としてはプロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート、シクロヘキサノン、２－ヘプタノン、ガンマブチロラクトン、プロピレングリコールモノメチルエーテル、乳酸エチルから選ばれる単独あるいは混合溶剤であり、プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテートを含有する溶剤が塗布均一性の観点で最も好ましい。

【０２４８】

レジスト組成物中の溶剤の含有量は、溶剤を除く成分の粘度、塗布性、目的とする膜厚によって最適に調整されるが、塗布性改善の観点から、全組成物中０～９９質量パーセントが好ましく、０～９７質量パーセントがさらに好ましい。特に膜厚５００ナノメートル以下のパターンを形成する際には２０質量パーセント以上９９質量パーセント以下が好ましく、４０質量パーセント以上９質量パーセント以下がさらに好ましく、７０質量パーセント以上９８質量パーセント以下が特に好ましい。

【０２４９】

（ポリマー成分）

レジスト組成物では、架橋密度をさらに高める目的で、前記多官能の他の重合性単量体よりもさらに分子量の大きい多官能オリゴマーを、本発明の目的を達成する範囲で配合することもできる。光ラジカル重合性を有する多官能オリゴマーとしてはポリエステルアクリレート、ウレタンアクリレート、ポリエーテルアクリレート、エポキシアクリレート等の各種アクリレートオリゴマーが挙げられる。オリゴマー成分の添加量としては組成物の溶剤を除く成分に対し、０～３０質量パーセントが好ましく、より好ましくは０～２０質量パーセント、さらに好ましくは０～１０質量パーセント、最も好ましくは０～５質量パーセントである。

【０２５０】

レジスト組成物はドライエッチング耐性、インプリント適性、硬化性等の改良を観点から、ポリマー成分を含有していてもよい。かかるポリマー成分としては側鎖に重合性官能基を有するポリマーが好ましい。前記ポリマー成分の重量平均分子量としては、重合性単量体との相溶性の観点から、２０００以上１０００００以下が好ましく、５０００以上５００００以下がさらに好ましい。

【０２５１】

ポリマー成分の添加量としては組成物の溶剤を除く成分に対し、０～３０質量パーセントが好ましく、より好ましくは０～２０質量パーセント、さらに好ましくは０～１０質量パーセント、最も好ましくは２質量パーセント以下である。パターン形成性の観点から、レジスト組成物において、溶剤を除く成分中、分子量２０００以上のポリマー成分の含有量が３０質量パーセント以下である方が好ましい。樹脂成分はできる限り少ない方が好ましく、界面活性剤や微量の添加剤を除き、樹脂成分を含まないことが好ましい。

【０２５２】

レジスト組成物には、上記した成分の他に必要に応じて離型剤、シランカップリング剤、紫外線吸収剤、光安定剤、老化防止剤、可塑剤、密着促進剤、熱重合開始剤、着色剤、エラストマー粒子、光酸増殖剤、光塩基発生剤、塩基性化合物、流動調整剤、消泡剤、分散剤等を添加してもよい。

【０２５３】
レジスト組成物は、上述の各成分を混合して調整することができる。また、各成分を混合した後、例えば、孔径０．００３マイクロメートル～５．０マイクロメートルのフィルターで濾過することによって溶液として調製することもできる。光インプリント用硬化性組成物の混合・溶解は、通常、０℃～１００℃の範囲で行われる。濾過は、多段階で行ってもよいし、多数回繰り返してもよい。また、濾過した液を再濾過することもできる。濾過に使用するフィルターの材質は、ポリエチレン樹脂、ポリプロピレン樹脂、フッソ樹脂、ナイロン樹脂などのものが使用できるが特に限定されるものではない。
【０２５４】
かかるレジスト組成物は、インクジェット方式による微小液滴化が可能な範囲の粘度に調整される。インクジェット方式による吐出可能な粘度の範囲は、４ミリパスカル秒から２０ミリパスカル秒であり、好ましくは８ミリパスカル秒から１５ミリパスカル秒である。このときの溶媒量は、１０重量パーセント以下とされる。また、経時により溶媒が揮発した場合の粘度上昇は、１０ミリパスカル秒以下とされる。
【０２５５】
上記のようにインクジェット方式に適した粘度に調整されたレジスト組成物の表面張力は、２０ミリニュートン毎メートル以上４０ミリニュートン毎メートル以下であり、好ましくは２５ミリニュートン毎メートル以上３５ミリニュートン毎メートル以下である。
【０２５６】
上記実施形態では、光硬化性樹脂液体吐出部１２と、パターン転写部１４と備えたナノインプリントシステム１０を例示したが、光硬化性樹脂液体吐出部１２及びパターン転写部１４を個別の装置として構成する態様も可能である。
【０２５７】
すなわち、本発明に係るナノインプリントシステム（装置）１０として、光硬化性樹脂液体吐出装置と、パターン転写装置と、を備える構成も可能である。
【０２５８】
本発明に係る機能性液体吐出装置及びインプリントシステム並びに機能性液体吐出方法は、以下のような製造の際に好適に用いることができる。
【０２５９】
第一の技術としては、成型した形状（パターン）そのものが機能を持ち、様々なナノテクノロジーの要素部品、あるいは構造部材として応用できる場合である。例としては、各種のマイクロ・ナノ光学要素や高密度の記録媒体、光学フィルム、フラットパネルディスプレイにおける構造部材などが挙げられる。
【０２６０】
第二の技術は、マイクロ構造とナノ構造との同時一体成型や、簡単な層間位置合わせにより積層構造を構築し、これをμ－ＴＡＳ（Micro-Total Analysis System）やバイオチップの作製に応用しようとするものである。
【０２６１】
第三の技術としては、形成されたパターンをマスクとし、エッチング等の方法により基板を加工する用途に利用されるものである。かかる技術では高精度な位置合わせと高集積化とにより、従来のリソグラフィ技術に代わって高密度半導体集積回路の作製や、液晶ディスプレイのトランジスタへの作製、パターンドメディアと呼ばれる次世代ハードディスクの磁性体加工等に応用できる。
【０２６２】
さらに、マイクロ電気機械システム（ＭＥＭＳ）、センサ素子、回折格子やレリーフホログラム等の光学部品、ナノデバイス、光学デバイス、フラットパネルディスプレイ製作のための光学フィルムや偏光素子、液晶ディスプレイの薄膜トランジタ、有機トランジスタ、カラーフィルタ、オーバーコート層、柱材、液晶配向用のリブ材、マイクロレンズアレイ、免疫分析チップ、DNA分離チップ、マイクロリアクター、ナノバイオデバイス、光導波路、光学フィルター、フォトニック液晶、反射防止構造体（モスアイ）などの永久膜

形成用途においても有用である。

【０２６３】

以上、本発明に係る液体吐出装置及び液体吐出方法並びにナノインプリントシステムの具体例として、ナノインプリントシステム（装置）について詳細に説明したが、本発明は、以上の例には限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、各種の改良や変形を行ってもよい。

【０２６４】

＜付記＞

上記に詳述した実施形態についての記載から把握されるとおり、本明細書では以下に示す発明を含む多様な技術思想の開示を含んでいる。

【０２６５】

（発明１）：所定の粘度を有する機能性液体を基板の上に吐出させるノズルを具備し、前記ノズルと連通される圧力室の内部の前記機能性液体を加圧するための圧電素子が設けられた液体吐出ヘッドと、前記基板と前記液体吐出ヘッドとを相対的に移動させる相対移動手段と、前記圧力室を静定状態から膨張させる引き波形要素及び前記膨張させた圧力室を収縮させる押し波形要素を有する駆動電圧を生成する駆動電圧生成手段と、前記生成された駆動電圧の振幅を調整する駆動電圧調整手段と、前記生成され、振幅が調整された駆動電圧を前記圧電素子に印加して、前記圧電素子を引き押し動作させる液体吐出ヘッド駆動手段と、を備え、前記駆動電圧調整手段は、前記圧電素子への前記駆動電圧の印加タイミングを基準とし、前記機能性液体が前記ノズルの開口面から３００ミクロンの位置に達するタイミングまでの時間ｔ（マイクロ秒）を用いて、ｖ＝３００／ｔ（メートル毎秒）で表される前記機能性液体の吐出速度ｖと、前記機能性液体の粘度η（ミリパスカル秒）と、前記駆動電圧の前記引き波形要素及び前記押し波形要素の傾きγ（１／マイクロ秒）と、の関係が、次式ｖ≧－２．５×ｌｏｇ$_{10}$（γ）＋０．４×η＋６．８を満たすように前記駆動電圧を調整するか、次式ｖ≧３．５×ｌｏｇ$_{10}$（γ）－０．２５×η＋１３を満たすように前記駆動電圧を調整し、液体吐出ヘッド駆動手段は、前記調整された駆動電圧を前記圧電素子に印加して前記圧電素子を一回引き押し動作させて、前記ノズルから液柱状態で吐出させた前記機能性液体を複数に分裂させて前記基板の上に着弾させるように前記液体吐出ヘッドを駆動させるか、前記ノズルから液柱状態で吐出させた前記機能性液体を曳糸状態で前記基板の上に着弾させるように液体吐出ヘッドを駆動させることを特徴とする機能性液体吐出装置。

【０２６６】

本発明によれば、一回の圧電素子の引き押し動作によって、ノズルから液柱状態で吐出させた機能性液体を基板上に分裂させて着弾させるか、曳糸状態で着弾させるように、機能性液体の吐出速度ｖと、機能性液体の粘度ηと、駆動電圧の傾きγが決められるので、ノズル数やヘッド数の増加、吐出周波数の高速化をすることなく、基板上に着弾させた機能性液体の液滴量が微小化された状態と等しい状態を得ることができ、かつ、微細化された状態と等しい状態の機能性液体を高密度に配置させることが可能となる。

【０２６７】

「機能性液体」とは、基板上に微細パターンを形成しうる機能性材料の成分を含有する液体であり、その一例としてレジスト液などの光硬化性樹脂液体や、熱硬化性樹脂液体が挙げられる。

【０２６８】

機能性液体が「分裂」させた状態とは、ノズルから液柱状態で吐出させた機能性液体が二つ以上の微液滴に分かれた状態や、微液滴と曳糸状態に分かれた状態が含まれる。

【０２６９】

機能性液体の「曳糸状態」とは、ノズルから液柱状態で吐出させた機能性液体が飛翔中に延ばされた状態をいう。機能性液体が曳糸状態で基板に着弾すると、機能性液体が薄く延ばされた状態と等価になり、単位面積あたりの機能性液体量を小さくすることができる。

【０２７０】
本発明において、ｖ≧－２．５×ｌｏｇ$_{10}$（γ）＋０．４×η＋７．８を満たして、前記ノズルから液柱状態で吐出させた前記機能性液体を複数に分裂させて前記基板上に着弾させるように前記液体吐出ヘッドを駆動させるか、ｖ≧３．５×ｌｏｇ$_{10}$（γ）－０．２５×η＋１３を満たして、前記ノズルから液柱状態で吐出させた前記機能性液体を曳糸状態で前記基板上に着弾させるように液体吐出ヘッドを駆動させる態様も好ましい。
【０２７１】
（発明２）：発明１に記載の機能性液体吐出装置において、前記相対移動手段は、前記液体吐出ヘッドを前記基板に対して走査させる走査手段と、前記走査手段の走査方向と直交する方向について、前記基板を移動させる基板移動手段と、を含み、前記走査手段は、前記液体吐出ヘッドを前記基板の同一の領域について複数回走査させ、前記インクジェットヘッド駆動手段は、前記走査手段の複数回の走査のそれぞれについて、機能性液体を吐出させることを特徴とする。
【０２７２】
かかる態様によれば、液体吐出ヘッドの走査速度を上げて、所定の機能性液体の配置密度を確保することができる。
【０２７３】
（発明３）：発明１又は２に記載の機能性液体吐出装置において、前記液体吐出ヘッド駆動手段は、前記相対移動手段の相対移動方向に沿って配置される機能性液体を複数のノズルから吐出させることを特徴とする。
【０２７４】
かかる態様によれば、ノズルごとの吐出特性に起因する吐出量のばらつきにより生じる、残渣厚のばらつきを低減させることができる。
【０２７５】
（発明４）：発明１から３のいずれかに記載の機能性液体吐出装置において、前記液体吐出ヘッド駆動手段は、前記機能性液体の吐出速度ｖが１２メートル毎秒以上１８メートル毎秒未満となるように前記機能性液体を吐出させることを特徴とする。
【０２７６】
かかる態様によれば、機能性液体の吐出の安定性を確保しつつ、確実に分裂状態又は曳糸状態の機能性液体を基板に着弾させることができる。
【０２７７】
（発明５）：所定の粘度を有する機能性液体を基板の上に吐出させるノズルを具備し、前記ノズルと連通される圧力室の内部の前記機能性液体を加圧するための圧電素子が設けられた液体吐出ヘッドと、前記基板と前記液体吐出ヘッドとを相対的に移動させる相対移動手段と、前記圧力室を静定状態から膨張させる引き波形要素及び前記膨張させた圧力室を収縮させる押し波形要素を有する駆動電圧を生成する駆動電圧生成手段と、前記生成された駆動電圧の振幅を調整する駆動電圧調整手段と、前記生成され、振幅が調整された駆動電圧を前記圧電素子に印加して、前記圧電素子を引き押し動作させる液体吐出ヘッド駆動手段と、を備え、前記駆動電圧調整手段は、前記圧電素子への前記駆動電圧の印加タイミングを基準とし、前記機能性液体が前記ノズルの開口面から３００ミクロンの位置に達するタイミングまでの時間ｔ（マイクロ秒）を用いて、ｖ＝３００／ｔ（メートル毎秒）で表される前記機能性液体の吐出速度ｖと、前記機能性液体の粘度η（ミリパスカル秒）と、前記駆動電圧の前記引き波形要素及び前記押し波形要素の傾きγ（１／マイクロ秒）と、の関係が、次式ｖ≧－２．５×ｌｏｇ$_{10}$（γ）＋０．４×η＋６．８を満たすように前記駆動電圧を調整するか、次式ｖ≧３．５×ｌｏｇ$_{10}$（γ）－０．２５×η＋１３を満たすように前記駆動電圧を調整し、液体吐出ヘッド駆動手段は、前記調整された駆動電圧を前記圧電素子に印加して前記圧電素子を一回引き押し動作させて、前記ノズルから液柱状態で吐出させた前記機能性液体を複数に分裂させて前記基板の上に着弾させるように前記液体吐出ヘッドを駆動させるか、前記ノズルから液柱状態で吐出させた前記機能性液体を曳糸状態で前記基板の上に着弾させるように液体吐出ヘッドを駆動させることを特

徴とするインプリントシステム。
【０２７８】
本発明によれば、基板上に着弾させた機能性液体の液滴量が微小化された状態と等しい状態を得ることができ、かつ、微細化された状態と等しい状態の機能性液体を高密度に配置させることが可能となり、均一な残渣厚を有する好ましい機能性液体の凹凸パターンを形成しうる。
【０２７９】
（発明６）：発明５に記載のインプリントシステムにおいて、前記転写手段は、前記型における前記機能性液体の濡れやすい方向と略直交する方向に、前記分裂させた機能性液体が配置される方向、あるいは前記曳糸状態の機能性液体の長手方向が合わされるように前記型と前記基板とを接触させることを特徴とする。
【０２８０】
かかる態様において、型の濡れの異方性に合わせて濡れにくい方向により多くの機能性液体を配置させることで、機能性液体を効率よく濡れ広がらせることができ、型の凹凸パターンへの充填時間が短縮され、タクトアップが可能となる。
【０２８１】
（発明７）：発明５又は６に記載のインプリントシステムにおいて、前記型における前記機能性液体の濡れやすい方向を検出する検出手段と、前記検出された型における前記機能性液体の濡れやすい方向と略直交する方向に、前記分裂させた機能性液体が配置されるか、あるいは前記曳糸状態の機能性液体の長手方向が合わされるように前記液体吐出ヘッドと前記基板との相対位置を調整する調整手段を備えたことを特徴とする。
【０２８２】
かかる態様における検出手段の一例として、型に機能性液体を滴下させ、濡れ広がる状態を観察する態様がある。また、検出結果が型情報として記憶される態様も好ましい。
【０２８３】
かかる態様における調整手段の一例として、液体吐出ヘッド及び前記基板のいずれか一方を回転させる態様が挙げられる。
【０２８４】
（発明８）：発明５又は６に記載のインプリントシステムにおいて、前記型における前記機能性液体の濡れやすい方向を検出する検出手段を備え、前記転写手段は、前記検出された型における前記機能性液体の濡れやすい方向と略直交する方向に、前記分裂させた機能性液体が配置されるか、あるいは前記曳糸状態の機能性液体の長手方向が合わされるように前記型と前記基板との相対位置を調整することを特徴とする。
【０２８５】
かかる態様における型と基板との相対位置調整の一例として、基板を固定して型を回転させる態様、型を固定して基板を回転させる態様。型及び基板の両方を回転させる形態が挙げられえる。
【０２８６】
（発明９）：発明５から８のいずれか１項に記載のインプリントシステムにおいて、前記相対移動手段は、前記液体吐出ヘッドを前記基板に対して走査させる走査手段と、前記走査手段の走査方向と直交する方向について、前記基板を移動させる基板移動手段と、を含み、前記走査手段は、前記液体吐出ヘッドを前記基板の同一の領域について複数回走査させ、前記液体吐出ヘッド駆動手段は、前記走査手段の複数回の走査のそれぞれについて、機能性液体を吐出させることを特徴とする。
【０２８７】
（発明１０）：発明５から９のいずれか１項に記載のインプリントシステムにおいて、前記液体吐出ヘッド駆動手段は、前記相対移動手段の相対移動方向に沿って配置される機能性液体を複数のノズルから吐出させることを特徴とする。
【０２８８】
（発明１１）：発明５から１０のいずれか１項に記載のインプリントシステムにおいて

、前記液体吐出ヘッド駆動手段は、前記機能性液体の吐出速度ｖが１２メートル毎秒以上１８メートル毎秒未満となるように前記機能性液体を吐出させることを特徴とする。

【０２８９】

（発明１２）：発明５から１１のいずれかに記載のインプリントシステムにおいて、前記機能性液体は、光重合性モノマー、光重合開始剤、及び溶媒を含み、前記転写手段は、前記凹凸パターンが転写された機能性液体に対して光を照射させて硬化させることを特徴とする。

【０２９０】

かかる態様において、光重合性モノマー、光重合開始剤が反応しうる様々な波長の光を適用しうる。例えば、紫外線、可視光線などが挙げられる。

【０２９４】

（発明１３）：発明５から１２のいずれかに記載のインプリントシステムにおいて、前記転写手段は、前記型の凹凸パターンが形成されている面を前記基板の液体が着弾した面に押し当てる押圧手段と、前記型と前記基板との間の液体を硬化させる硬化手段と、前記型と前記基板とを剥離させる剥離手段と、を備えたことを特徴とする。

【０２９５】

かかる態様によれば、型の凹凸パターンが転写されたマスクパターンが形成される。（発明１４）：発明５から１２のいずれかに記載のインプリントシステムにおいて、前記転写手段による転写の後に、前記型を前記基板から剥離させる剥離手段と、凹凸パターンが転写され硬化させた液体から成る膜をマスクとして、前記型の凹凸パターンに対応するパターンを前記基板に形成するパターン形成手段と、前記膜を除去する除去手段と、を備えたことを特徴とする。

【０２９６】

（発明１５）：所定の粘度を有する機能性液体を基板の上に吐出させるノズルを具備し、前記ノズルと連通される圧力室の内部の前記機能性液体を加圧するための圧電素子が設けられた液体吐出ヘッドと、前記基板とを相対的に移動させる相対移動工程と、前記圧力室を静定状態から膨張させる引き波形要素及び前記膨張させた圧力室を収縮させる押し波形要素を有する駆動電圧を生成する駆動電圧生成工程と、前記生成された駆動電圧の振幅を調整する駆動電圧調整工程と、前記生成され、振幅が調整された駆動電圧を前記圧電素子に印加して、前記圧電素子を引き押し動作させて前記液体吐出ヘッドから前記基板の上に前記機能性液体を吐出させる機能性液体吐出工程と、を含み、前記駆動電圧調整工程は、前記圧電素子への前記駆動電圧の印加タイミングを基準とし、前記機能性液体が前記ノズルの開口面から３００ミクロンの位置に達するタイミングまでの時間ｔ（マイクロ秒）を用いて、ｖ＝３００／ｔ（メートル毎秒）で表される前記機能性液体の吐出速度ｖと、前記機能性液体の粘度η（ミリパスカル秒）と、前記駆動電圧の前記引き波形要素及び前記押し波形要素の傾きγ（１／マイクロ秒）と、の関係が、次式$v \geqq -2.5 \times \log_{10}(\gamma) + 0.4 \times \eta + 6.8$を満たすように前記駆動電圧を調整するか、次式$v \geqq 3.5 \times \log_{10}(\gamma) - 0.25 \times \eta + 13$を満たすように前記駆動電圧を調整し、液体吐出ヘッド駆動工程は、前記調整された駆動電圧を前記圧電素子に印加して前記圧電素子を一回引き押し動作させて、前記ノズルから液柱状態で吐出させた前記機能性液体を複数に分裂させて前記基板の上に着弾させるように前記液体吐出ヘッドを駆動させるか、前記ノズルから液柱状態で吐出させた前記機能性液体を曳糸状態で前記基板の上に着弾させるように液体吐出ヘッドを駆動させることを特徴とする機能性液体吐出方法。

【０２９７】

本発明において、相対移動工程は、液体吐出ヘッドを基板に対して走査させる走査工程と、走査工程の走査方向と直交する方向について、基板を移動させる基板移動工程と、を含み、前記走査工程は、液体吐出ヘッドを前記基板の同一の領域について複数回走査させ、機能性液体吐出工程は、走査工程の複数回の走査のそれぞれについて、機能性液体を吐出させる態様が好ましい。

【０２９８】

また、機能性液体吐出工程は、相対移動工程の相対移動方向に沿って配置される機能性液体が複数のノズルから吐出される態様が好ましい。

【０２９９】

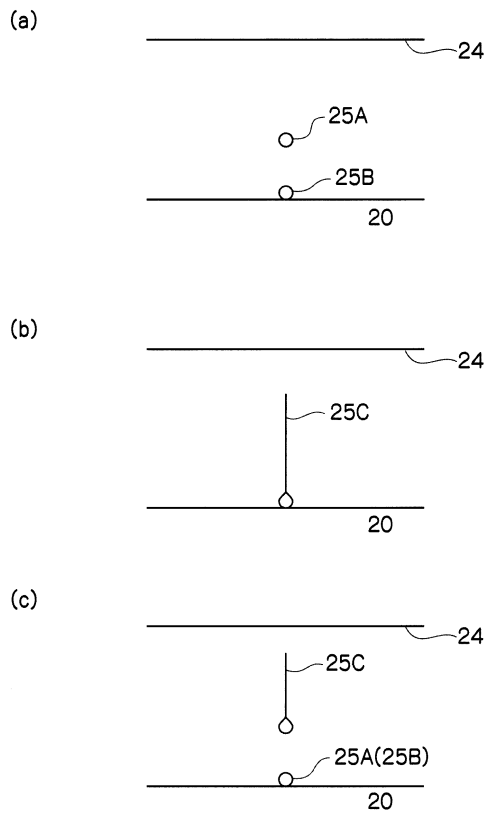
また、機能性液体吐出工程は、機能性液体の吐出速度ｖが１２メートル毎秒以上１８メートル毎秒未満となるように前記機能性液体を吐出させる態様が好ましい。

【符号の説明】

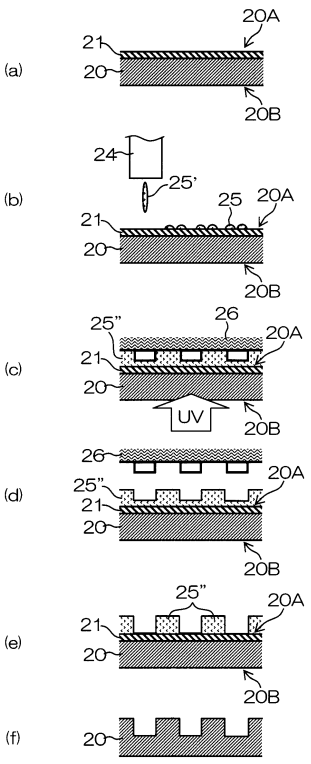
【０３００】

１０…ナノインプリントシステム（装置）、１２…光硬化性樹脂液体吐出部、１４…パターン転写部、２０…基板、２２…搬送部、２３…ノズル、２４…インクジェットヘッド、２５…光硬化性液体、２６…モールド、２８…紫外線照射装置。３２…圧力室、３８…圧電素子、５２…システムコントローラ、６０…吐出制御部、６１…転写制御部、８４…駆動波形生成部、１００…駆動電圧（波形）、１０２…引き波形、１０６…押し波形

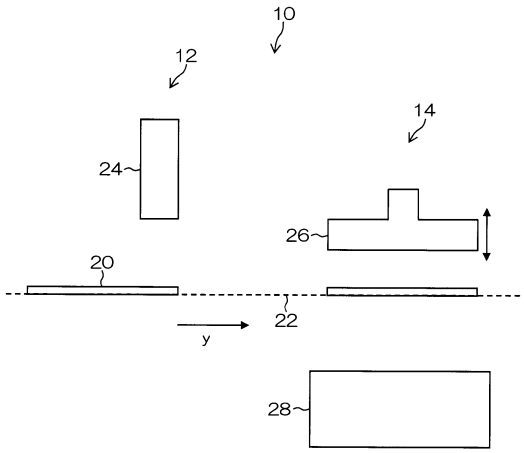
【図１】



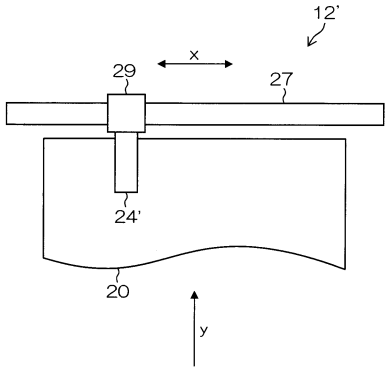
【図２】



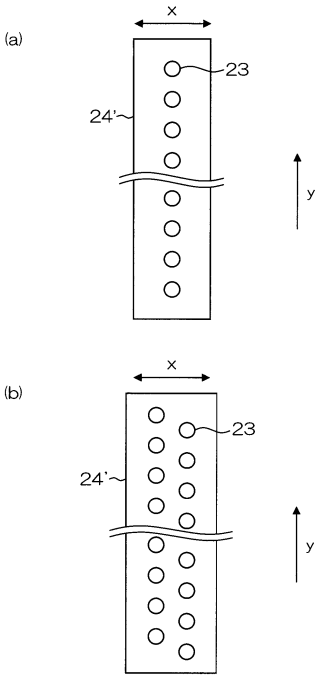
【図３】


10
12
14
24
26
20
22
y
28

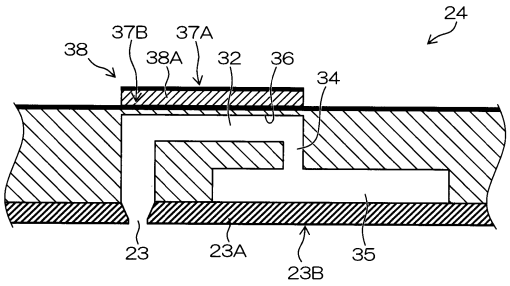
【図４】


12'
x
29
27
24'
20
y

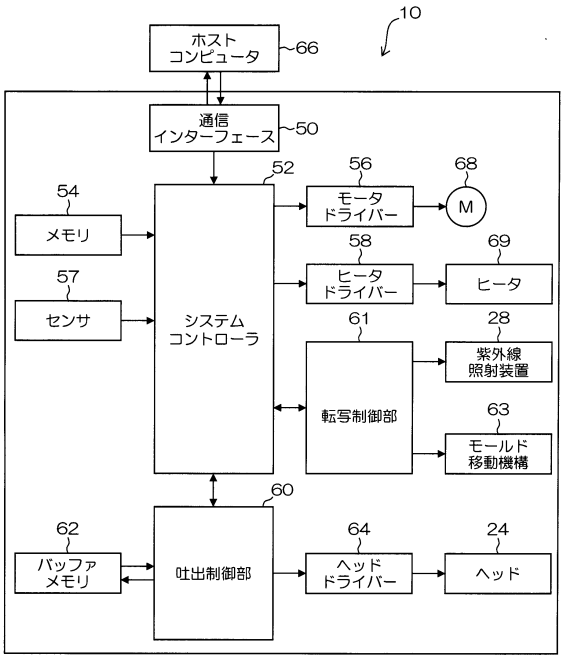
【図５】


(a)
x
23
24'
y
(b)
x
23
24'
y

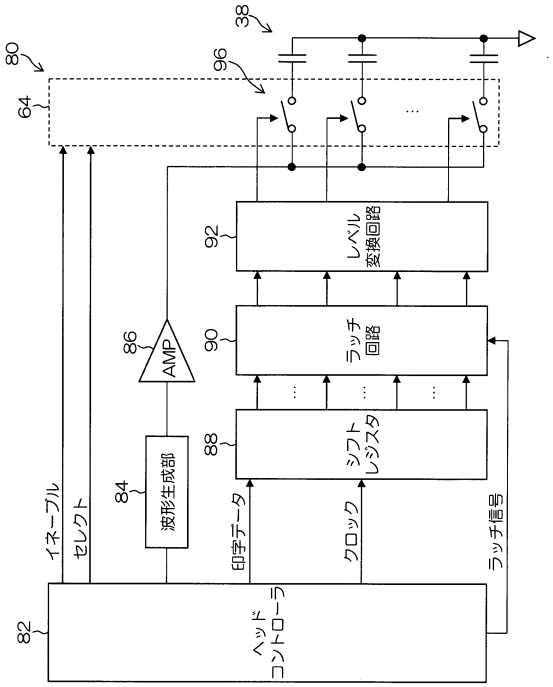
【図６】


24
37B
37A
38
38A
32
36
34
23
23A
23B
35

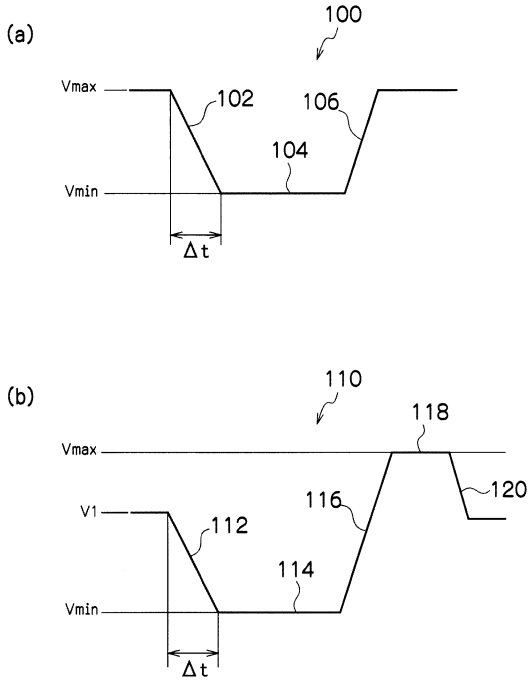
【図７】


10
ホスト
コンピュータ
66
通信
インターフェース
50
52
54
メモリ
57
センサ
システム
コントローラ
56
モータ
ドライバー
68
M
58
ヒータ
ドライバー
69
ヒータ
61
転写制御部
28
紫外線
照射装置
63
モールド
移動機構
60
62
バッファ
メモリ
吐出制御部
64
ヘッド
ドライバー
24
ヘッド

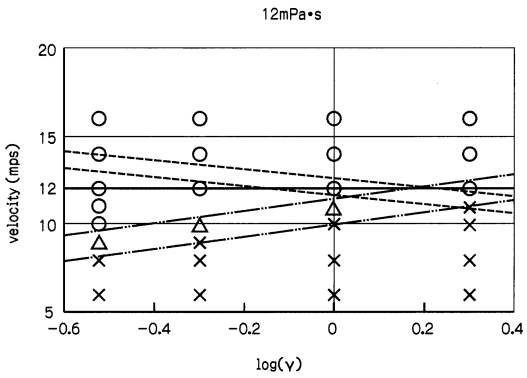
【図８】



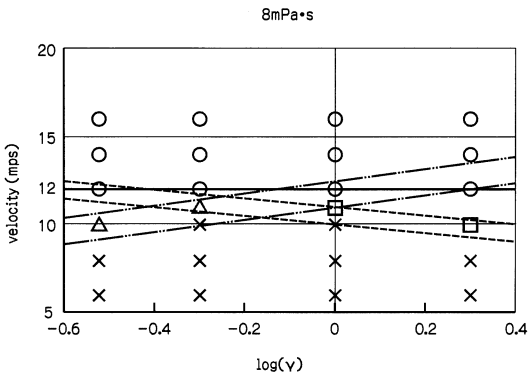
【図９】



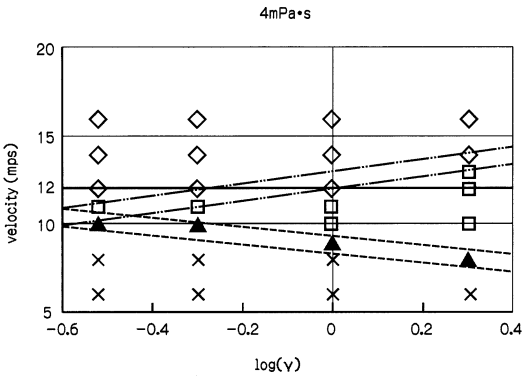
【図１０】



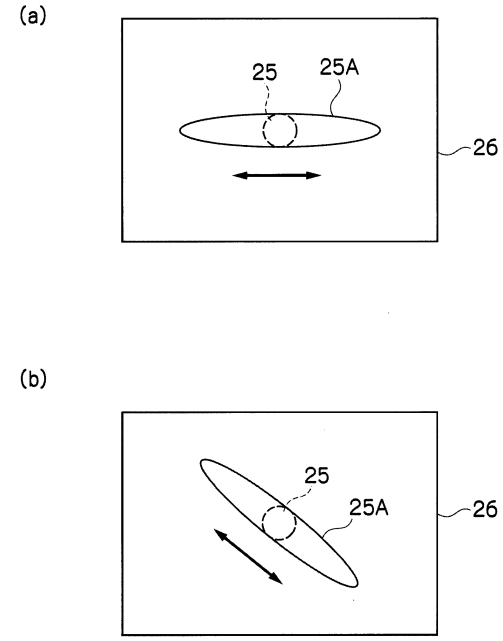
【図１１】



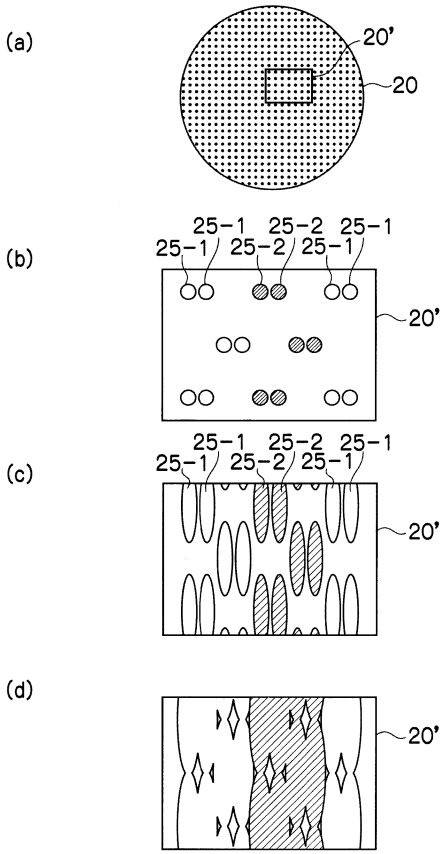
【図１２】



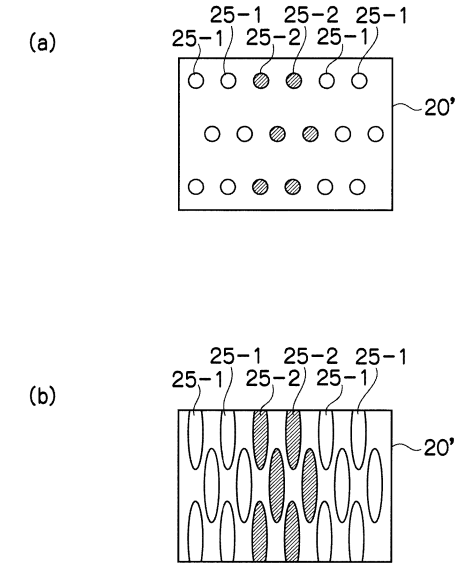
【図１３】



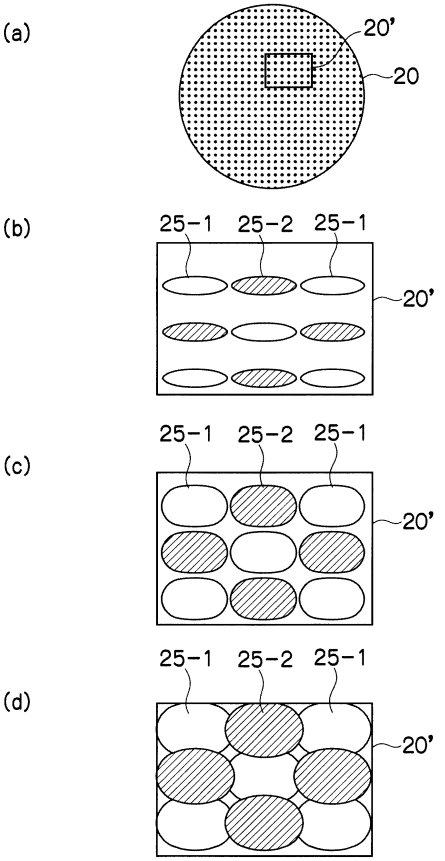
【図１４】



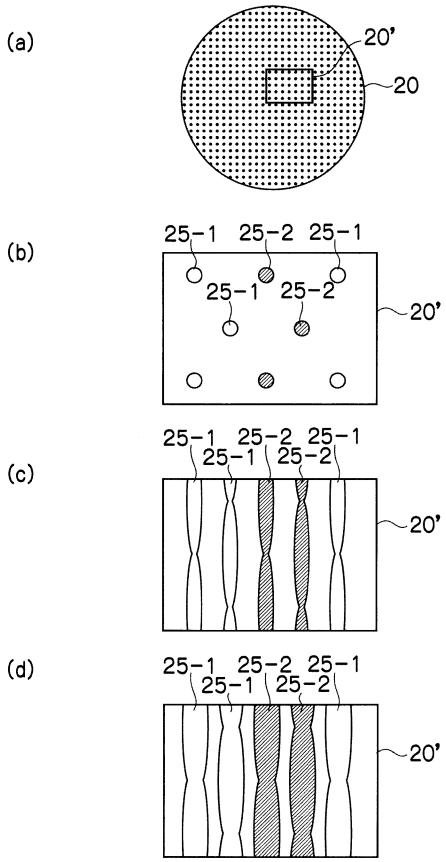
【図１５】



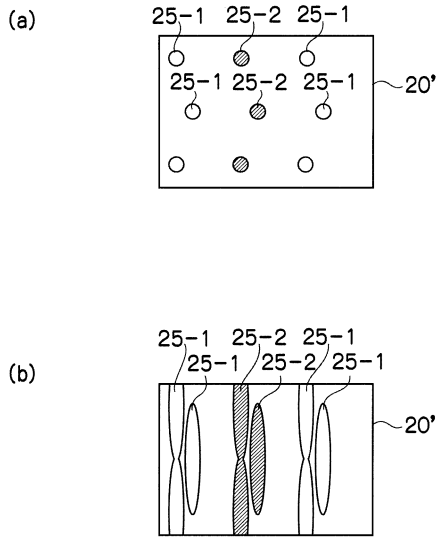
【図１６】



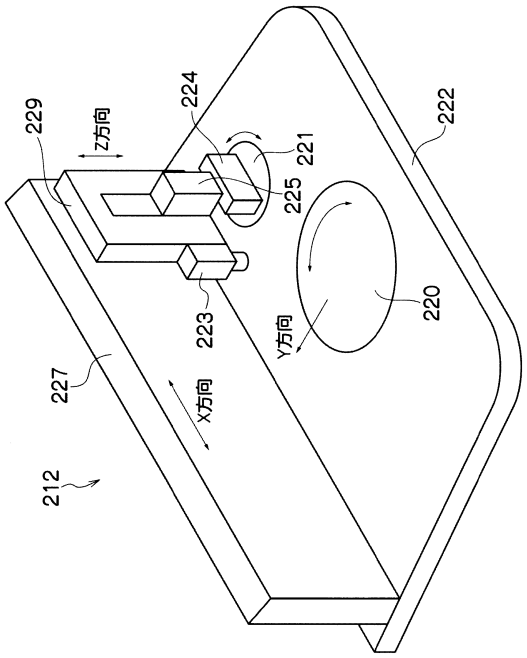
【図１７】



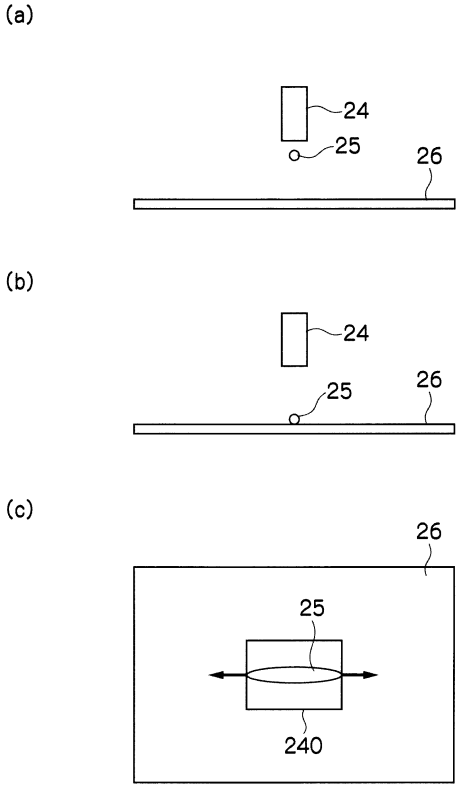
【図１８】



【図１９】



【図２０】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. FI
B29C 59/02 Z

(72)発明者 若松 哲史
神奈川県小田原市扇町２丁目１２番１号 富士フイルム株式会社内

審査官 八板 直人

(56)参考文献 特開平０５－３１８７３１（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－１０３４１５（ＪＰ，Ａ）
特表２００７－５２３２４９（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－１５５１９２（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ０５Ｃ ５／００－２１／００
Ｂ０５Ｄ １／００－７／２６
Ｂ４１Ｊ ２／０１５－２／１６；２／２０５
Ｈ０１Ｌ ２１／３０；２１／４６
Ｂ２９Ｃ ５３／００－５３／８４；５７／００－５９／１８