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

特許第4180654号
(P4180654)

(45)発行日　平成20年11月12日(2008.11.12)　(24)登録日　平成20年9月5日(2008.9.5)

(51)Int.Cl.		F I		
B23K 26/06	(2006.01)	B23K	26/06	J
B23K 26/00	(2006.01)	B23K	26/00	G
G03F 7/22	(2006.01)	G03F	7/22	Z
H01L 21/027	(2006.01)	H01L	21/30	514C

請求項の数 3　(全 14 頁)

(21)出願番号	特願平8-532526
(86)(22)出願日	平成8年3月29日(1996.3.29)
(65)公表番号	特表平11-504264
(43)公表日	平成11年4月20日(1999.4.20)
(86)国際出願番号	PCT/US1996/004322
(87)国際公開番号	WO1996/033839
(87)国際公開日	平成8年10月31日(1996.10.31)
審査請求日	平成15年3月28日(2003.3.28)
審判番号	不服2007-34(P2007-34/J1)
審判請求日	平成19年1月4日(2007.1.4)
(31)優先権主張番号	08/429,302
(32)優先日	平成7年4月26日(1995.4.26)
(33)優先権主張国	米国(US)

(73)特許権者　590000422
スリーエム　カンパニー
アメリカ合衆国，ミネソタ　５５１４４－１０００，セント　ポール，スリーエム　センター
(74)代理人　100099759
弁理士　青木　篤
(74)代理人　100092624
弁理士　鶴田　準一
(74)代理人　100102819
弁理士　島田　哲郎
(74)代理人　100110489
弁理士　篠崎　正海

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ステップアンドリピート露光の方法および装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
複数の反復構造を基材上に生成する方法において、
互いに同一の複数のパターンを有するマスクであって、それらパターンの各々が前記反復構造の各々に対応するように形成されているマスクを通して、前記基材を放射に曝し、
それぞれの前記反復構造が、前記複数のパターンを通した放射に曝すことにより形成されていること、
を特徴とする方法。
【請求項２】
前記放射をレーザにより放出する請求項１に記載の方法。
【請求項３】
前記基材を除去するに十分なエネルギーを前記放射により与える請求項２に記載の方法。
【発明の詳細な説明】
技術分野
本発明は、一般にレーザ融蝕技術に関する。特に、融蝕基材上の反復微細構造群の均一性を改善する、または融蝕基材上に３次元微細構造群を形成するために基材のエキシマレーザ融蝕を利用するステップアンドリピート露光プロセスの改良に関する。
背景技術
レーザ融蝕は、眼科や半導体分野で長年使用されてきた。かっては、例えば、写真平版プロセスが、半導体チップの様々なレベルの回路を接続するビアを生成するために使用され

たが、ある状況ではレーザ融蝕プロセスがこれらの写真平版プロセスにとって代わり、今やビアパターンを融蝕するために使用されている。一方、光学分野では、レーザ融蝕は、コンタクトレンズ表面の平滑化などの、コンタクトレンズの成形のために使用されている。

成形ビームでのスポット描画、シャドウマスク装置、投影マスク装置、位相マスク装置など、レーザ融蝕プロセスを使用する際には、数多くの障害が存在する。マスクを使用するこれらの装置に、完全に均一な照明をマスクに提供するには高価で、効率の悪いものとなる。エキシマレーザからのビーム強度の分布は、横断面がほぼ方形状となる。理想的なビームは、長寸法でトップハット状分布を、短寸法ではガウス横断面形状となる。ビーム強度が非均一であると、融蝕基材も非均一となり得る。第１ａ図は、典型的なエキシマレーザ横断面のエネルギー分布の描画図である。ビームの強度はビーム横断面の中央部分においては十分に均一であるが、ビームの強度はビームのエッジ近辺で急降下する。ビーム強度の非均一性は、低強度エリア内で融蝕されている材料の汚染のために材料の除去や疑似ポスト形成が少なく、高強度エリアで壁がより直線的となるなど、融蝕材料の非均一性に解釈することができる。故に、ビーム強度に固有の非均一性を克服するための方法および装置が開発されている。

ビームホモジナイザ装置が、レーザービームの横断面の均一性を改善するために開発されている。第１ｂ図は、ビームホモジナイザを通過させた後の第１ａ図に示されたエキシマレーザ横断面のエネルギー分布の描画図である。ビームホモジナイザは、マスク面全体に事実上一定のエネルギービームを出力することによって、基材全体によりムラのない一様な融蝕を行うことができる。レーザ融蝕装置に包含されたビームホモジナイザは、レーザ融蝕装置のコストを増すという理由で、より低コストの装置が求められる場合には望ましくない。さらに、ビームホモジナイザ装置は、装置のエネルギー損失のために非均質化ビームよりも効率が低くて、低パルスエネルギーのために、同量の材料を融蝕するのにより多数のパルスが必要である。

レンズを利用する投影装置などの、レーザ融蝕装置は、均一な形態学的特性を造るさらなる問題を抱えている。投影レーザー融蝕装置は、投影レンズを使用して、マスク面から基材面に所望パターンのイメージを転送する。このイメージ転送は、球面および色彩に対する収差、コマ、非点収差、フィールドの曲がりや歪み、さらにその他の波面への高度な影響などのために、決して完全ではない。これらの歪みが、融蝕基材の非均一性を引き起こすことによって、均一な、微細加工表面を形成するのに有効な精度を減少させる。レンズ収差を部分的に克服するために、より高質で、高価なレンズが投影装置で使用されるようになる。但し、これらの高コストのレンズが、全ての投影装置に見合うとは限らない。

レーザ融蝕プロセスが、融蝕基材からかなりの量のくずを生成させることにより、精密加工、すなわち融蝕基材の均一形態的特性に対するさらなる障害となる。基材上の特徴が密集して配置され、広い大きなエリアがカバーされていなければならない場合、典型的に幾分かのくずが、後に融蝕されるべきエリアに落下する。大量のくずでカバーされている基材は、きれいな基材、または非常に少量なくずでカバーされている基材と同じ融蝕特性を持たない。特に、より大きな特徴を融蝕する際には、生成されたくずが現在の、または次の融蝕部分での妨害となる。くず除去装置が、レーザ融蝕装置と使用するために開発されており、融蝕される基材上に残留するくずを除去して、レーザビームが基材の表面を十分に融蝕するために、貫通しなければならないくずの量を最小限に抑える。くずを除去する一つの方法は、ヘリウム、または酸素などの補助気体を使用する。真空中で融蝕を行うと、くずを減少させるが、装置がさらに複雑となる。補助気体、または真空を用いると、不完全なくずの除去しかできない、特により大きな特徴とではさらに不十分となり、残留物が形成されてしまう。

非常に高いフルエンスが基材から材料を融蝕するために必要とされるので、基材におけるイメージフィールドのエリアは、典型的にかなり小さく、１平方センチメートル未満程度である。典型的なステップアンドリピートプロセスは、互いに遠く離れて移動される多数のイメージの生成を可能にするので、プロセスによって生成されるくずや、イメージ間で

の非均一性が出てこない。但し、基材上の大きなエリアをカバーするために、ステップアンドリピートプロセス、またはマスク走査作業が行われても良い。ステップアンドリピートプロセスにおいて、第１のイメージは、所要数のレーザビームパルスに露光されるので、基材は所望の深さまで融蝕される。次に、この基材は、基材の未露光エリアがイメージフィールドの範囲内に来るまで移動され、好ましくは、それで第２のイメージが第１のイメージに近接して露光される。このプロセスは、所望のエリアが反復イメージでカバーされるまで反復される。

ステップアンドリピートプロセスが基材の大きなエリアをカバーするために使用される場合、基材の大きなエリア上の近接イメージ間の交差を隠すことが困難となるので、非均一性が出てくることとなる。第２図は、ステップアンドリピートイメージ形成で造られたパターンを有する基材の拡大斜視図を示す。基材上の角穴の反復パターンは、角穴の反復パターンを有する近接角形イメージを融蝕することによって生成されても良い。交差点１０は、４つのイメージの交差である。１つのイメージでは、壁１１は露光不足であることに因り、壁の頂上部にポリイミドが残留している。第２のイメージでは、壁１２は、露光過剰であることに因り、過度にポリイミドを除去しすぎて、不完全な壁となっている。例えば、上述の非均質なビーム分布、イメージの僅かな歪み、または近接イメージを融蝕することによって残ったくずを貫通させて融蝕を行うことによって引き起こされる非常に僅かなパターンの差も、目で見て分かるほどとなる。マスク走査作業においては、カバーされるべき全エリアに対応するパターンをその上に備えた大きなエリアが使用されて、マスクが基材と同期して移動される。但し、これらの大きなエリアマスクは、造るのが非常に高価となる。

レーザ融蝕装置は、微細加工にも使用できる。超小型電子技術や超小型機械技術は、小型の構造群や小型の部品を製造するための製造技術を必要とする。レーザ融蝕は、小型の精密構造群の精密な製造、特に穴あけ加工、切断加工、材料の除去、それに材料の表面修正加工を必要とする用途に適している。エキシマレーザは、小型の構造群の加工が求められる際に、金属、セラミック、それにポリイミドを加工するために使用されてきた。例えば、スポット描画装置では、エキシマレーザは、レーザビームが１ミクロンの融蝕分解能を有するところでは、スタイラスとして使用されても良い。このタイプの単一スポット描画装置で３次元構造群を融蝕することができるが、レーザーは典型的に２，０００Ｈｚ前後で動作する。表面エリアを融蝕するこの速度は、緩慢であるので、大きなエリアをカバーする場合にはこの方法は非実用的なものとなる。

より大きな３次元構造群を融蝕するために、３次元構造群はｘ－ｙ面と平行をなすスライスに分割されても良い。各スライスの厚みは、１つ以上のレーザーパルス数による除去深度に匹敵する。最大マスクで開始すると、各スライスと関連した表面は、単一マスクで除去される。このプロセスは、３次元構造群が造られるまで、より小さくなるマスクサイズで継続される。３次元構造群を造る上述の方法は、高価で、用途が限定されているか、非効率的であるかのいずれかである。例えば、精密制御機構は、レーザビーム、またはマスクを移動させて、基材に対してそのビーム、またはマスクを精密に位置決めするために存在する。そのような精密な位置決めによって、３次元構造群のスライスの精密な融蝕が可能となる。他の高価で非効率的な方法は、単一マスク上に全パターンを配置して、マスクの未使用部分を破砕することによって、レーザからの光を全て使用せずに、または複数のマスクを必要とせずに、３次元パターン全体を造ることができる。

発明の開示

本発明は、基材をパターン化された放射エネルギーに露光させるための方法および装置を提供する。本発明の方法は、３次元構造部の製造を可能にするだけでなく、基材上の反復構造群の均一性を改善する。一つの方法は、構造群を造るために所要レベル未満の照明を基材に提供し、残量の照明を後に１回以上提供することによってステップアンドリピートプロセスを修正する。第２の方法は、照明への基材の各露光の間にイメージフィールドサイズ未満の距離だけ基材を移動させることによってステップアンドリピートプロセスを修正する。代わりに、第２の方法は、各露光が様々な時間に起こり、パターン化されたマス

クの複数の部分を通過する光に基材のエリアを露光させる。これらの方法を実行するための装置も説明される。

【図面の簡単な説明】

本発明を、添付の図を参照してさらに詳述するが、ここで同一の参照符号は対応する構成部分を示す。

第１ａ図は、典型的なエキシマレーザビーム横断面のエネルギー分布の描画図である。

第１ｂ図は、ビームホモジナイザ通過後の第１ａ図のエキシマレーザビーム横断面のエネルギー分布の描画図である。

第２図は、ステップアンドリピートプロセスを使用する反復構造群の４つのイメージの交差の走査型電子ビーム顕微鏡写真の画像である。

第３図は、本発明の装置を示す。

第４図は、反復角穴パターンを有するマスクパターンの例を示す。

第５図は、マスクパターンのサイズがいかに基材におけるイメージフィールドサイズと対応するかを示す。

第６図は、基材のエリアにおいてマスク上の反復特徴群を重複させる第１の方法を示す。

第７図は、基材のエリアにおいてマスク上の反復特徴群を重複させる第２の方法を示す。

第８図は、本発明の方法を用いて造られた複数の反復構造群の走査型電子ビーム顕微鏡写真の画像である。

第９図は、各象限が様々なフルエンスを有するイメージフィールドの４つの象限を示す。

第１０ａ図～１０ｄ図は、本発明がいかに融蝕構造の均一性を改善するかを示す。

第１１図は、３次元構造を造るために使用されたマスクを示す。

第１２ａ図～１２ｄ図は、第１１図に示されたマスクがいかに３次元構造を造るために使用できるかを示す。

第１３図は、本発明の方法を用いる小型レンズの走査型電子ビーム顕微鏡写真の画像である。

発明を実施するための最良の形態

好適実施例の次の詳細な説明において、その一部を形成すると共に、本発明が実施され得る特定実施例を実例によって示す添付の図が参照される。他の実施例が利用され、構造の変更が本発明の範囲から逸脱することなく実行され得ることは理解されよう。

第３図は、本発明のレーザ融蝕装置を示す。レーザ融蝕装置は、好ましくはパターン化されたマスクを利用するレーザ投影融蝕装置であるが、シャドウマスク装置、または位相マスク装置が使用されても良い。投影イメージ形成レーザ融蝕は、基材表面上に非常に小さな部品、すなわち１ミクロンから数ミリメートルまでの程度のサイズを有する非常に小さな構造群を造るための技術であり、これによって、光がパターン化されたマスクを通過して、そのパターンが基材上に形成される。本装置はレーザを利用するものが説明されるが、レーザによって提供される照明は、赤外線、またはｘ線ソースなどの、任意の光であっても良い。さらに、本発明は、他のタイプの放射エネルギーを生成するソースを利用するものにも適用可能である。材料は光を受けるエリア内の基材から除去される。

レーザ２０は、光の波長が短い、好ましくは２４８ｎｍ程度のビームを放射するＫｒＦエキシマレーザであるのが好ましい。当業者には、F_2，ＡｒＦ，ＫｒＣｌ、またはＸｅＣｌ型エキシマレーザなどの任意のエキシマレーザが使用されても良いことは容易に理解されよう。エキシマレーザは、エキシマレーザが、約１０，６００ｎｍの波長を有するビームを発射するCO_2レーザなどのレーザよりも小さな構造群を分解可能で、付帯的な損傷がより少なくなり、ネオジムドープ化イットリウムアルミニウムガーネット（Ｎｄ：ＹＡＧ）レーザなどの金属を処理するために通常使用されるレーザに対しては透過的である大抵の重合体やセラミックにも使用できるので、好ましい。エキシマレーザは、ＵＶ波長で、重合体などのほとんどの材料が高吸収作用を有するので、さらに好ましい。故に、より多くのエネルギーがより浅い深度で集中され、エキシマレーザはよりきれいな切断を可能にする。エキシマレーザは、５～３００ナノ秒の範囲のパルス数で動作するパルス化されたレーザである。

マスク２２は、標準半導体平版マスク技術を用いて製造されたパターン２４を有するパターン化されたマスクであるのが好ましい。マスク２２のパターン化された部分は、ＵＶ光に対して不透明でなければならないが、支持基材はＵＶ光に対して透明でなければならない。一実施例において、パターン化された部分は好ましくはアルミニウムであるが、マスク２２用の支持基材は好ましくは溶融シリカ（SiO_2）である。溶融シリカは、中間と、はるかに短いＵＶ波長においても透明である数少ない材料の１つであるので、支持基材として好ましい。アルミニウムは、中間～ＵＶ光を反射するので、パターン化材料として好ましい。さらに好ましいものは、パターン化誘電体スタックをその頂上部に備えた溶融シリカである。

イメージ形成レンズ２６は、単一レンズ、または多数のレンズおよび他の光学構成要素から成る完全光学系であっても良い。イメージ形成レンズ２６は、マスクのイメージを、厳密に言えば、マスクを通過する光のパターンのイメージを基材３０の表面に投影する。光学系のレンズは、レンズからマスクまでの距離をレンズからイメージまでの距離で割ったものである共役比の最適倍率を有する。基材３０は、多数の金属、セラミック、または重合体の任意のものであっても良い。ある安価で、純粋な重合体には、ポリイミド、ポリエステル、ポリスチレン、ポリメチルメタクリレート、それにポリカーボネートとを含む。基材３０は、基材の上部層３２がポリイミドで、底部層３４が銅から成る第３図に示されるような材料の組み合わせであっても良い。底部層３４には、蝕刻止めなどの目的のために、または上部層３２が切断された場合にそれら自身を支持しないパターンに対する支持を提供するために包含されても良い。

テーブル２８は融蝕基材３０を支持、位置決めする。基材３０は、真空チャック３６、静電気、機械的締め具、またはウェイトによってなど、テーブル２８にしっかり支持される。テーブル２８は、ｚ軸に沿ってなど回動的だけでなく、ｘ、ｙ、ｚ軸上で基材３０を移動させることによって基材３０を位置決めすることができる。テーブル２８は、約５ｎｍきざみまで、さらに典型的には、約１００ｎｍの再現可能精度で、約０．１ミクロンきざみまで基材３０を移動させることができる。この再現可能精度によって、ステップアンドリピートプロセスがパターンで使用できるようになり、基材３０上の、何フィートもの程度の、より大きなエリアの融蝕も可能となる。テーブル２８は、手動で位置決めされるか、またはさらに好ましくは、コンピュータ制御されて行われても良い。テーブルがコンピュータ制御されると、レーザからの発光とテーブル移動との実行可能な同期化だけでなくテーブル移動のプリプログラミングも可能となる。テーブルは、コンピュータに接続されたジョイスティックなどを用いて、手動でも制御できる。

第３図に示される装置と同様の装置が、非均質ビーム分布、レンズの歪み、くずの不十分な除去など装置の限界によって引き起こされる不均一を克服するステップアンドリピート操作法を利用して反復パターンを造るために使用できる。本発明の方法は、これらの問題を克服して、基材上のそれぞれの所定エリアをイメージフィールド内の多くの様々なエリアに露光させ、それによりイメージフィールド内でビーム強度の変量およびレンズ歪みに基材を露光させることによって、均一な反復構造群を造る。さらに、この方法は、それぞれのステップアンドリピート操作で大量のくずを生成しないので、大量のくずが蓄積するのを防止すると共に、イメージ形成プロセスでのくずによる干渉の問題を克服することができる。

本発明の方法で使用されるマスクには、好ましくは均一な反復パターンを造るための基材内で融蝕される反復パターンを含む。単一の構造を本発明の幾つかの実施例で造ることができるが、少なくとも２つの完全パターンを有するのが好ましく、マスク上にかなり多数の特徴を持たせるのがさらに好ましい。第４図は、基材に角穴のパターンを融蝕するために使用できるマスクパターンの例を示す。当業者は、チャネル、円、多角形、文字、それに数字などの多数の様々な形状寸法がマスクパターン内に反復できることは容易に認識されよう。当業者はさらに、反復のレベルが必ずしも第４図に示される程度にまでなる必要がないことは理解されよう。

本発明の方法には、それぞれの修正が単独で、またはステップアンドリピートプロセスス

テップと一緒に、または組み合わせにて使用できる典型的ステップアンドリピートプロセスの２つの基本的なプロセス修正を含めることができる。第１の修正は、基材上の次のイメージ位置に移動する前に基材上の第１のイメージ位置に所要量未満の光を提供することから成る。これは、第１のイメージ位置におけるパターンの不完全な融蝕となる。パターンが選択されるときに、各特徴を造るのに十分な深さにまで基材から材料を融蝕するのに必要なレーザビームパルス数が決定される。例えば、パターンは、８００ｍＪ／ｃｍ^{2}のフルエンスを有するＫｒＦエキシマレーザを使用して、５０ミクロン厚のポリイミドの融蝕が求められる場合、このエキシマレーザは約０．５ミクロン毎パルスのポリイミドを融蝕する。このようなパターンに対しては、所望の深さまでポリイミドを十分に除去するのに約１００パルスが必要である。故に、追加の９９個のパルスが後に何回か続いて提供されて、基材のそのエリアに所望の構造群を完全に融蝕する。この露光は、基材の同領域がマスクの同一部分を通過する光での同一のイメージパターン、マスクの異なる部分を通過する光での同一のイメージパターン、またはマスクの異なる部分を通過する光での異なるイメージパターンによって一回以上露光された後に終了する。同一イメージパターンが、マスクの異なる部分を通過する光で使用される際には、そのマスクは、基材上に均一な構造群を造るために特徴群を反復するパターンを持たねばならない。異なるイメージパターンが、マスクの異なる部分を通過する光で使用される際には、そのマスクは、３次元構造群を造るために基材の不完全に露光されたエリアに対応する特徴群を持たねばならない。その露光が、イメージパターンを重複させて終了すると、１つ以上のイメージ位置が、基材の特定領域を完全に露光するために使用されて、所望の構造群を造る。

各露光の所望の強度、すなわちエネルギー／パルス（ｍＪ）は、基材材料、融蝕の所望深度、ビーム放射装置、それに所望の壁角度とにより決まる。典型的エキシマレーザは、ビーム放射装置の５０％効率で、１Ｊ／パルスの最大エネルギーを有する。重合体に対しては、例えば融蝕に必要とされるスレッショルド強度は、約５０ｍＪ／ｃｍ^{2}であるが、最も効率的な処理強度は２００ｍＪ／ｃｍ^{2}であり、好ましいレベルは８００ｍＪ／ｃｍ^{2}程度である。ほとんどのビーム放射装置の効率のために、典型的に基材の０．１ｃｍ^{2}から０．５ｃｍ^{2}までの範囲しか、一度に処理されない。本発明においては、各露光の強度は同じであるのが好ましいが、他の実施例では、それぞれの一連の露光の強度は、融蝕の深さなど、パターンの要件によって異なる。

従来技術のステップアンドリピートプロセスに対する第２の修正は、イメージを１つの全イメージパターン寸法未満移動させることを含む。第５図および第６図は、いかにしてこのプロセス修正がマスクイメージの異なる部分を基材のいずれかのエリアに露光させるかを説明するために使用される。第５図は、マスク５０およびレンズ５２を備えたレーザ投影融蝕装置の略図である。オブジェクトフィールドサイズ５６は、マスク５０上のパターンの外部寸法に対応する。イメージ５８において、基材の表面上で、イメージフィールドサイズ６０は、マスク５０上のパターンと形状が対応し、さらにレンズ５２の倍率によって決定される比率で縮小されたオブジェクトフィールドサイズ５６とにサイズが対応する。第６図は、複数回露光された基材８０の一部を示す。第１のイメージ７０の境界は、基材８０の第１の位置で融食された状態で示されており、第１のイメージ７０内の反復パターンは示されていない。従来技術のステップアンドリピートプロセスでは、第１のイメージが完全に融食された後、第１のイメージ７０に続いて融食されるイメージ、イメージ７２が、第１のイメージ７０に近接して、完全に融食されたであろう。但し、本発明の方法では、基材８０は、基材におけるイメージフィールドサイズ未満移動されるので、点線で示される第２のイメージ７４が第１のイメージ７０と重複する一部分を有することとなる。故に、第３の融蝕イメージがイメージ７４となる。反復パターンの均一性が本発明の目標である場合、上述の第１のプロセス修正で説明されるように、不完全融蝕が各ステップ毎に実行される。イメージ内の一直線に配列された反復パターンの重複によって、続いて行われる露光に基材のエリアへの露光を完了させることができる。

ステップアンドリピートプロセスへの第２の修正の代わりになるべき実施例において、第１のイメージ９０が融食された後、基材１００は、基材１００における少なくともイメー

ジフィールドサイズに匹敵する量が移動される。これは、第２のイメージ９２が第１のイメージ９０に近接する従来技術のステップアンドリピートプロセスと同様である。第１の修正は、第２の修正との組み合わせにて使用される場合、各ステップ毎に、パターンが基材１００内に部分的にしか融食されない。故に、重複が第１の一連の融蝕では全く起こらない。但し、第２の一連の融蝕では、基材１００は移動されるので、基材１００におけるイメージフィールドの少なくとも一部が、第１の一連の融蝕で先に融食された基材１００上のエリアと重複する。第７図において、点線で示された第２の一連の融蝕１０２の第１のイメージは、第１の一連の融蝕からの２つの追加のイメージだけでなく、第１のイメージ９０および第２のイメージ９２と重複する。第２の一連の融蝕は、第１の一連の融蝕と同じように行われても良い、ここではそれぞれの次のイメージが先の第２の一連のイメージと重複しない、または第６図に示されるプロセスと同じように行われても良い、ここではそれぞれの次のイメージが先の第２の一連のイメージと重複する、または両方の組み合わせを用いて行われても良い。同様に、第６図において、第１の一連の重複イメージが融食された後に、次の一連の、すなわち次の複数の連続融蝕イメージが、重複と非重複イメージとの任意の組み合わせにて行われても良い。反復パターンの均一性が本発明の目的である場合には、第１の一連の融蝕は、基材上の所望の融蝕エリアの全てを十分にカバーするのが好ましい。さらに、第１の一連の融蝕は、次の一連の融蝕で提供される所要量の光を残して、所要量未満の光を提供する。均一な反復構造群を融蝕するための好適実施例において、ステップアンドリピートプロセスへの第１の修正および第２の修正の両方が利用される。例えば、第３図に示されるようなエキシマレーザ投影融蝕装置を用いて、角穴の反復パターンを造ることができる。第４図に示されるパターンと同様のパターンを有する、４６ｘ４６個の要素配列、すなわち２１１６個の要素から成る６ｍｍｘ６ｍｍマスクが、マスクパターンとして使用されても良い。５０ミクロンの厚みを有するポリイミドなどの重合体を融蝕する場合、約８００ｍＪ／ｃｍ^{2}のフルエンスの範囲が好ましい、よって約０．５ミクロン／パルスを除去することができる。故に、約１００回の露光が各構造に対して所望深度までポリイミドを除去するのに必要である。しばしば各露光の間に単一特徴きざみで進むことが好ましいが、１００回の露光しか必要でなく、２１１６個の要素がこの例のイメージフィールド内に存在するので、単一特徴きざみで進めることは好ましくない。単一特徴きざみで進めるのではなく、行を横切って基材を移動する際に４つの特徴を水平方向にきざんで進み、列を横切って基材を移動する際に垂直方向にきざんで進むなど、各きざみが複数の特徴のものであっても良い。

第８図は、上述の方法を利用して融蝕したポリイミド基材の一部の拡大図を示す。第８図の融蝕パターンにおいて、基材全体の均一性は、本発明の方法が、マスクの照明の強度の非均一性を平均化するだけでなく、ポリイミドの表面上のくずの蓄積をも十分に排除するので、達成される。第１の修正の不完全融蝕は、くずの除去を容易にする。基材を次のイメージ位置に移動する前にレーザによって１個のパルスしか、または数個のパルスしか発射されない場合、くずの蓄積は基材の材料の融蝕特性に事実上影響を与えないほど小さいものである。不完全融蝕に関連して、基材のエリアが第２の修正で説明されたような、後に行われる一連の融蝕の際の追加的照明に露光されるように、基材を移動すると、所望深度までの融蝕を完了させることができる。基材におけるイメージパターンが重複すると、特にイメージパターンがそれぞれ不完全な露光間で単一特徴きざみで進められる場合には、全体の融蝕基材表面上にビームの非均一な照明を放射することとなる。この放射は、それぞれの融蝕構造を、ビーム断面の比較的高強度の部分とビーム断面の比較的低強度の部分と実質的に同じパターンに露光させる。イメージパターンが、水平に移動する際に４つの特徴きざみで、垂直に移動する際には５つの特徴きざみで進められる上記例のように、イメージパターンが、それぞれの不完全露光間で単一特徴以上のきざみ量で進められる実施例においては、ビームは、各４ｘ５個の特徴群の断面積上で実質的に均一でさえあれば、均一性を達成することができる。

ビームの相対的強度はその断面上で異なるので、基材の各エリアがビームの一部に露光される順序が、そのエリア内の最終融蝕特徴群の均一性に影響を与える。露光の質および結

果は、ビームのフルエンスに対して変動する。例えば、フルエンスがより高ければ、壁がより真っ直ぐとなると共に融蝕が深くなり、くずの除去がより効率的になり、基材の汚染による疑似ポスト形成がより少なくなる。逆に、フルエンスが低ければ、融蝕がより浅くなり、しばしば融蝕特徴群の壁に多少角度がつくこととなる。各露光が様々なフルエンスレベルを有する一連の不完全露光に基材のエリアが露光される場合、最終融蝕特徴群の形状は、露光の順序により変動する。例えば、壁の角度は、単一の特徴の範囲内だけでなく様々な特徴間でも変動し、壁の部分は、より高いフルエンスレベルに露光された際にはより垂直となり、より低いフルエンスレベルに露光された際にはより大きな角度が付く。

本発明の方法において、基材の各エリアが露光される順序は、基材の全エリアを通じて同じになるように行われても良いので、特徴間の均一性はさらに達成される。高度に単純化した例において、第９図は、イメージフィールド１２０の境界を示す。イメージフィールド１２０の範囲内において、ビームの強度は、イメージフィールド１２０の象限１２２、１２４、１２６、１２８から成る４つの象限間で異なる。

第１０ａ図は、イメージパターンがイメージフィールド１２０内で部分的に最初露光される基材１３２の一部を示す。第９図を再度参照して、イメージフィールド１２０の範囲内の点線で示された基材１３２のエリア１３０は、イメージフィールド１２０の第４象限１２８に対応する。基材が水平に移動されて、第１０ｂ図に示されるように、二回目のイメージパターンが部分的に露光されると、基材１３２のエリア１３０は、マスクの異なる部分とビームの断面の異なる部分とから２回目の露光を受け、今回はイメージフィールド１２０の象限１２６に対応する。行を横切る融蝕が完了した後に、第２の行の融蝕が始まる。第１０ｃ図は、３回目の部分的に露光されたイメージパターンを示し、基材１３２のエリア１３０はイメージフィールド１２０の象限１２４からの照明を受ける。最後に、４回目の露光中に、エリア１３０はイメージフィールド１２０の象限１２２からの照明を受ける。基材１２０の外部境界、照明を受けない外部境界、不十分な照明を受ける内部境界とに加えて、基材１２０の残りの部分は、エリア１３０と同程度の照明、つまり象限１２８の第１と、象限１２６の第２と、象限１２４の第３と、象限１２２の第４とからの照明も受けるので、融蝕特徴間の均一性を容易に保つことができる。第１０ａ～１０ｄ図に示されるように、本発明の方法は、融蝕基材の縁の所望パターンを部分的にしか融蝕しない。基材の部分的に融食されるこれらの部分によって形成された境界は、典型的に特徴を完成しないので、無視されても良い。

本発明の方法は、効率的、且つ費用効果的な方法で３次元構造を造るのにさらに利用できる。より厳密に言えば、本発明の方法は、段階的パターンを造るのに使用できる。理論的には、レーザ融蝕装置が無限の分解能を有する場合にのみ段階的パターンを造ることができる。但し、実際には、レーザ投影融蝕装置内のレンズの分解能や回折限界などの装置の限界が、融蝕特徴群の壁に湾曲を与える。さらに、この壁角度は、制御可能であるので、装置に３次元パターンの湾曲を形成させることができる。湾曲構造を造るために、より小さなきざみサイズおよびより低いビームのフルエンスが使用される。

３次元構造群を造るために、所望の構造は、断面輪郭、すなわち特徴に分解される。さわってみると滑らかな湾曲構造が望まれる場合、約１０ミクロン未満の輪郭、すなわちきざみサイズが要求される。目で見て滑らかな湾曲構造が望まれる場合、約０．５ミクロン未満のきざみサイズが要求される。各構造に必要な輪郭数の決定後に、マスクが、好ましくは等サイズで等間隔の断面に分割される。各マスク断面は、所望の３次元構造を融蝕するのに必要な輪郭の一つを包含するのに十分な大きさでなければならない。次に、各輪郭が描かれて、マスクが生成される。後述されるように、必要な輪郭を有する各マスク断面は、マスク上の適切な位置に位置決めされる。第１１図は、４つの輪郭、輪郭１５２、１５４、１５６、１５８を備えたマスク１５０の一部を示す。第１１図に示されたマスク１５０の部分は単一構造を造るために使用された４つの輪郭を示すが、マスク上に物理的に適合することができる任意の数の輪郭がマスク上に配置されても良い。さらに、複数の同一、または異なる反復、または３次元構造を造ることができる任意の数の同一、または異なる組の輪郭が単一マスク上に配置されても良い。

マスクは、第３図に示される装置などのレーザ融蝕装置で光をパターン化するために使用される。均一な反復構造群を造るための好適実施例と同じように、各輪郭の融蝕は、好ましくは基材をレーザビームの単一パルスに露光させることによって実行されて、くずの除去を容易にする。そのような好適実施例において、特定の輪郭の融蝕の深さは、ビームのフルエンスに対応する。他の実施例においては、基材は、基材が移動される前に複数のパルスに露光されるので、より大きな深さの融蝕が達成される。より低いフルエンスだけでなくより深い融蝕も望まれる他の実施例においては、次のパルスが、同ステップにおいてではなく、後に通過する際に提供される。さらに、マスク全体が照明され、マスクの未使用部分を覆い隠す必要がないので、レーザからの照明を不要にする。第１の露光後の結果として生じる露光は、第１２ａ図に示されるように、それぞれが同じ深さの複数の異なる形状の輪郭となる。

第１の露光後、基材１６０は、基材におけるイメージフィールドサイズ未満の距離だけ移動される。より厳密に言えば、基材１６０は、次の所望の輪郭が先に融食された輪郭に関して適切に一直線に配列されるように移動される。故に、輪郭がマスク上に配列される際に、各ステップにおいて輪郭が適切に一直線に配列されるように位置だけでなく、正しい順序で融食されるように順序でも輪郭を配置することが必要である。マスク上の正確な位置に必要な輪郭を全て配置することによって、本発明の装置では、高価なビームアライメント装置だけでなく、多数のマスクや、マスクアライメント装置が不要となる。第１２ｂ図は、第２の露光後の基材１６０の一部を示す。第１２ｂ図において、同数のパルスが第１の露光と同様の融蝕深さを造るために使用されたが、それよりも多少多い、または少ないパルス数でも使用できる。基材の移動の変量は、均一性の目的のために説明された上述の変量と同様である。

第１２ｃ図は、基材１６０が再度移動されて、３回目が露光された後の基材１６０の一部を示す。第１２ｄ図は、基材１６０を移動して、４回目の露光後の基材１６０の一部を示す。第１２ｄ図において、ボックス１７０で囲まれた基材は、第１の完全構造、おそらく小型レンズである。例えば、小型レンズなどの幾つかの構造群を造る際に、マスク１５０の輪郭１５８に対応する特徴群などの、最初に最小の特徴を融蝕し、基材をより大きな輪郭に連続的に露光させることが好ましい。融蝕の２つの特定順序が３次元構造を造るために説明されてきたが、特徴のサイズのいかなる順序が所望の３次元構造を基にして配置されても良い。第１２ｄ図に示されるように、構造群１７２、１７４、１７６は、不完全な構造である。本発明の方法において、不完全構造の境界は、存在するが、無視、または放棄することができる。第１３図は、説明した方法を用いて製造された複数の小型レンズの拡大図を示す。

好適実施例が本発明に対して例示、説明してきたが、これと同じ目的を達成するように意図される任意の方法、または装置が示された特定の構造およびステップと置き換えられても良いことは当業者には理解されよう。本願書は、本発明のいかなる適応、または変更も含むことを意図するものである。故に、本発明は添付の請求の範囲およびそれと等価なもの以外によって限定されるものではない。

【図１ａ】

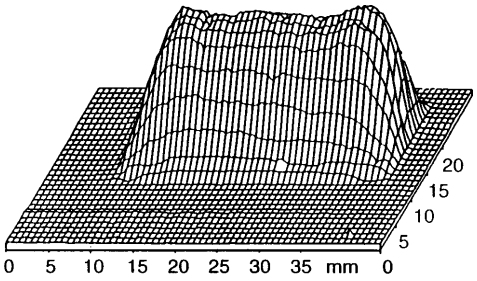

FIG.1a

【図１ｂ】

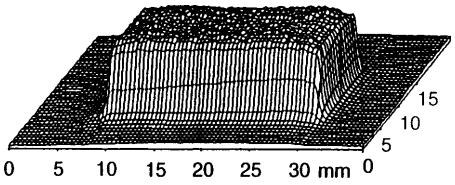

FIG.1b

【図２】

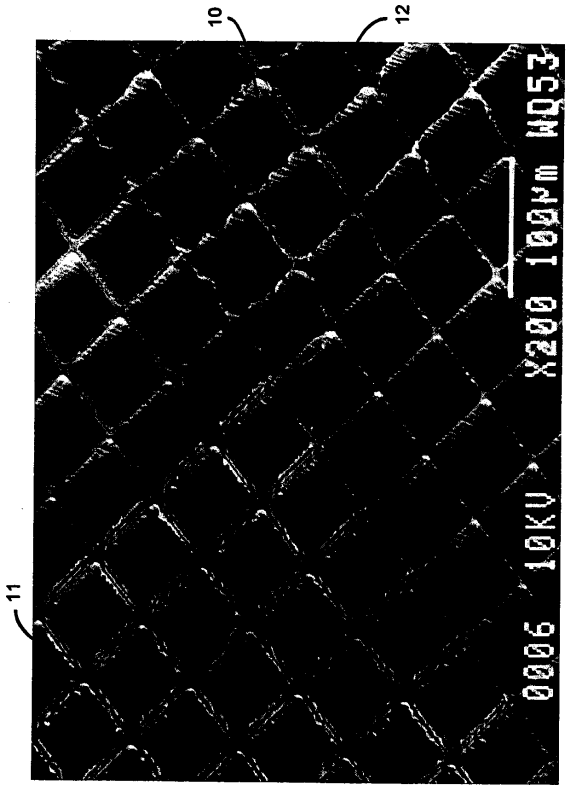

FIG. 2

【図３】

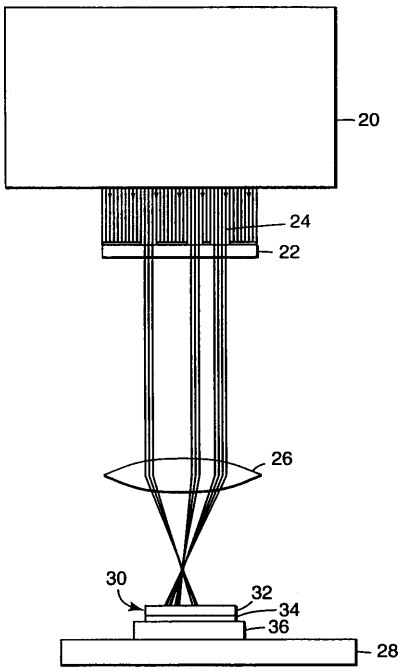

FIG. 3

【図４】

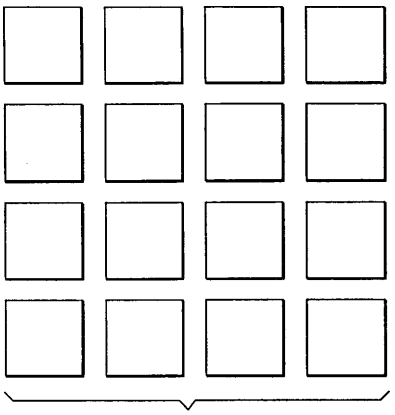

FIG. 4

【図５】

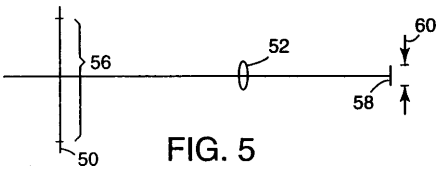

FIG. 5

【図１１】

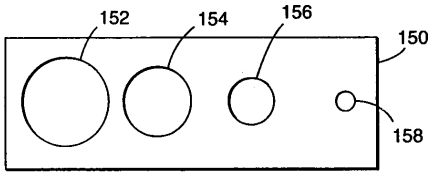

FIG. 11

【図６】

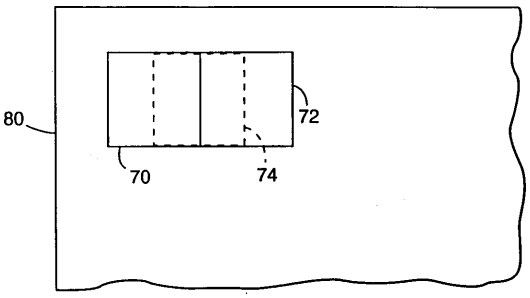

FIG. 6

【図７】

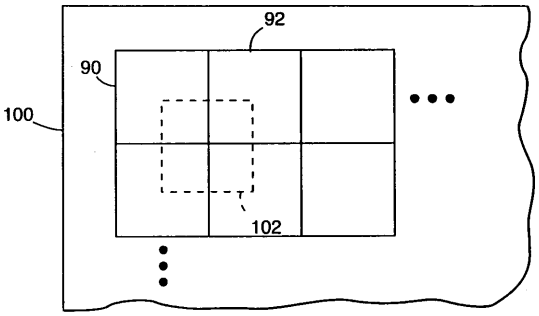

FIG. 7

【図８】

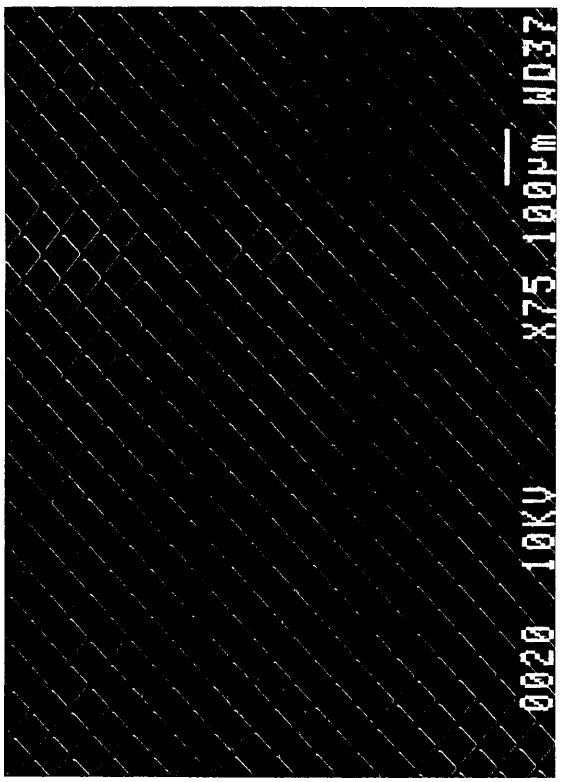

FIG. 8

【図９】

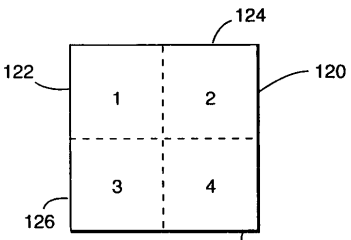

FIG. 9

【図１０ａ】

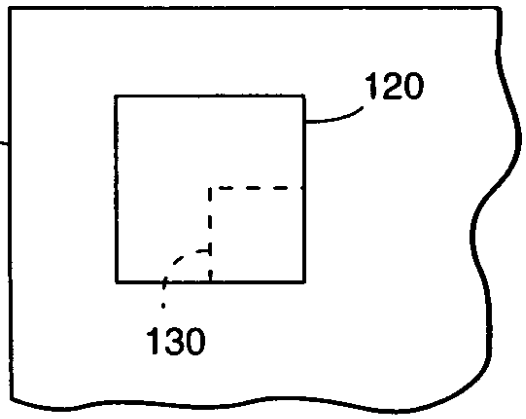

FIG. 10a

【図１０ｂ】

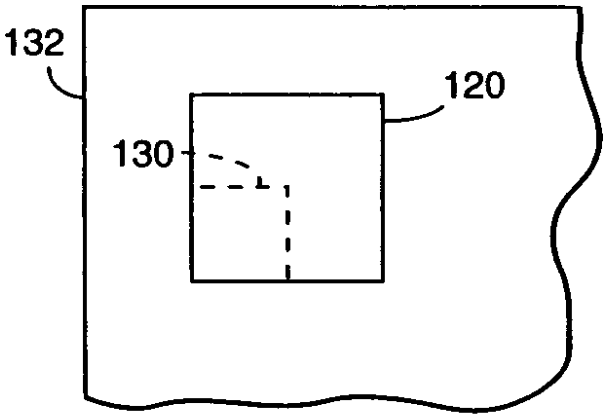

FIG. 10b

【図１０ｃ】

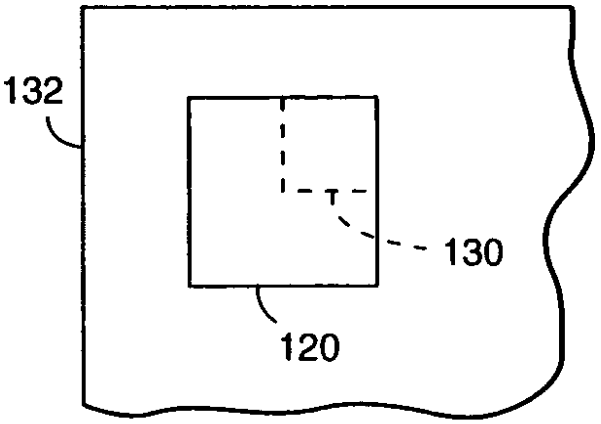

FIG. 10c

【図１０ｄ】

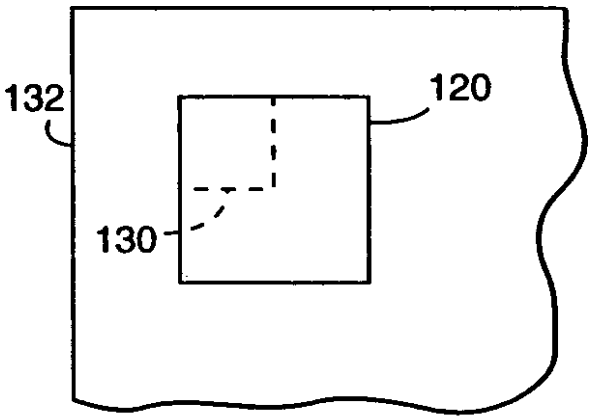

FIG. 10d

【図１２ａ】

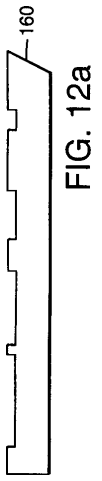

FIG. 12a

【図１２ｂ】

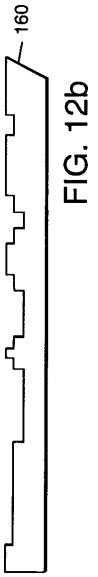

FIG. 12b

【図１２ｃ】

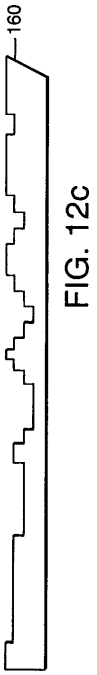

FIG. 12c

【図１２ｄ】

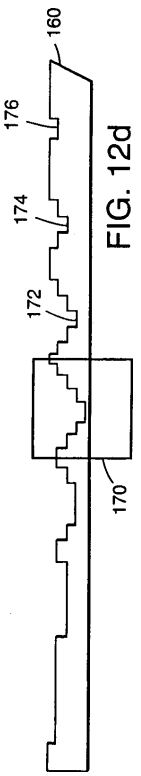

FIG. 12d

【図１３】

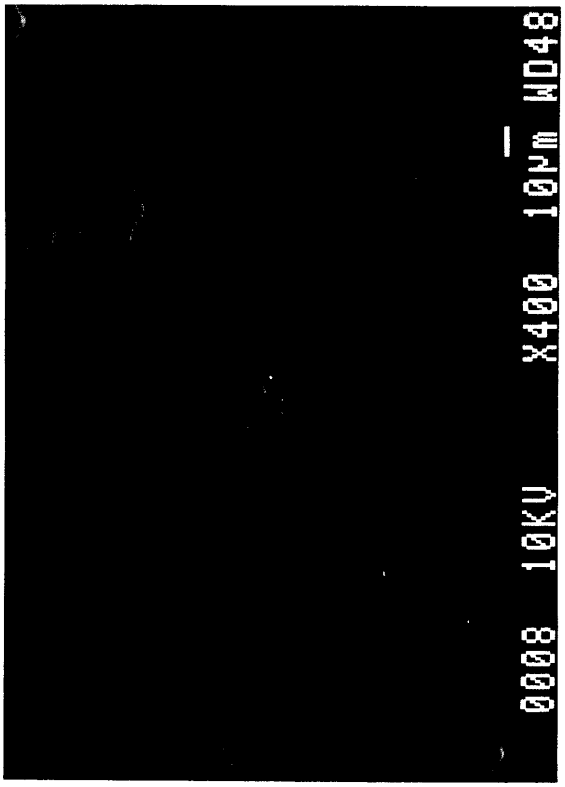

FIG. 13

フロントページの続き

(72)発明者 フレミング, パトリック アール.
アメリカ合衆国, ミネソタ ５５１３３－３４２７, セント ポール, ポスト オフィス ボックス ３３４２７
(72)発明者 アウダーカーク, アンドリュー, ジェイ.
アメリカ合衆国, ミネソタ ５５１３３－３４２７, セント ポール, ポスト オフィス ボックス ３３４２７
(72)発明者 ボーチャーズ, エリック ジェイ.
アメリカ合衆国, ミネソタ ５５１３３－３４２７, セント ポール, ポスト オフィス ボックス ３３４２７

合議体
審判長 野村 亨
審判官 豊原 邦雄
審判官 福島 和幸

(56)参考文献 特開平７－１１７２（ＪＰ, Ａ）
特開平８－２０６８６６（ＪＰ, Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
B23K 26/00
H01L 21/30,514
G03F 7/00