

(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2017-201060

(P2017-201060A)

(43) 公開日 平成29年11月9日 (2017.11.9)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C 2 3 C 14/12 (2006.01)	C 2 3 C 14/12	3 C 0 8 1
H 0 1 L 21/768 (2006.01)	H 0 1 L 21/90	4 K 0 2 9
H 0 1 L 23/532 (2006.01)	B 8 1 C 1/00	5 F 0 3 3
B 8 1 C 1/00 (2006.01)		

審査請求 有 請求項の数 20 O L 外国語出願 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2017-92414 (P2017-92414)	(71) 出願人	000219967
(22) 出願日	平成29年5月8日 (2017.5.8)		東京エレクトロン株式会社
(31) 優先権主張番号	62/333, 262		東京都港区赤坂五丁目3番1号
(32) 優先日	平成28年5月8日 (2016.5.8)	(74) 代理人	100107766
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 伊東 忠重
		(74) 代理人	100070150
			弁理士 伊東 忠彦
		(74) 代理人	100091214
			弁理士 大貫 進介
		(72) 発明者	ジャックス, ファーゲ
			アメリカ合衆国 テキサス州 78704
			オースティン ウェスト モンロー ス
			トリート 305 ユニット ビー

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 重合化学蒸着を使用して平坦化層を堆積させる方法

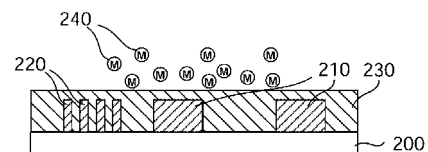
(57) 【要約】

【課題】 逐次重合化学蒸着を用いて基板上のフィーチャ上に平坦化層を堆積させる方法が提供される。

【解決手段】 一実施形態によれば、当該方法は、複数のフィーチャを含み、前記複数のフィーチャの間にギャップを有する基板を提供するステップと、前記基板への気相暴露によって前駆体分子を送達するステップと、

前記基板上に前記前駆体分子を吸着させるステップであって、前記吸着された前駆体分子の層で、前記ギャップを少なくとも実質的に充填するステップと、

前記前駆体分子を反応させるステップであって、前記ギャップを少なくとも実質的に充填するポリマー層を形成するステップと、を含む。



【選択図】 図2B

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板を処理する方法であって、

複数のフィーチャを含み、前記複数のフィーチャの間にギャップを有する基板を提供するステップと、

前記基板への気相暴露によって前駆体分子を送達するステップと、

前記基板上に前記前駆体分子を吸着させるステップであって、前記吸着された前駆体分子の層で、前記ギャップを少なくとも実質的に充填するステップと、

前記前駆体分子を反応させるステップであって、前記ギャップを少なくとも実質的に充填するポリマー層を形成するステップと、

を含む、方法。

10

【請求項 2】

前記ポリマー層が前記ギャップをオーバーフィルする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記吸着ステップおよび反応ステップが少なくとも部分的な時間的重複を有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記吸着ステップおよび反応ステップが部分的な時間的重複を有しない、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

20

前記複数のフィーチャは、前記基板上の第 1 および第 2 の領域を形成し、且つ、前記第 1 の領域における前記複数のフィーチャは、前記第 2 の領域よりも前記複数のフィーチャよりも広いギャップを有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記ポリマー層が前記ギャップをオーバーフィルする請求項 5 に記載の方法であって、当該方法は前記ポリマー層を平坦化することをさらに含む、方法。

【請求項 7】

前記前駆体分子がアクリレートを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

前記前駆体分子が、重合可能である有機化合物のモノマー、ダイマーまたはオリゴマーを含む、請求項 1 に記載の方法。

30

【請求項 9】

前記前駆体分子が、ビニル官能基 ($-C=C-$) または炭素-炭素三重結合 ($-C\equiv C-$) を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

前記前駆体分子が、2 つ以上の異なる反応性分子を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

1 つの前駆体分子がヒドロキシル基 ($-OH$) を含み、且つ、別の前駆体分子がアミン基 ($-NH_2$) を含む、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

40

1 つの前駆体分子がヒドロキシル基 ($-OH$) を含み、且つ、別の前駆体分子がカルボン酸基 ($-COOH$) または塩化アシル ($-COCl$) を含む、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 13】

前記反応ステップが、気体環境中で前記基板を熱処理することによって行われる、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 14】

前記反応ステップが、前記基板を電磁 (EM) 放射線に曝すことによって行われる、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 15】

50

前記反応ステップが、開始剤分子から形成されるフリーラジカルを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記開始剤分子が過酸化物を含む、請求項 1 5 に記載の方法。

【請求項 1 7】

前記過酸化物が過酸化水素 ($\text{H}-\text{O}-\text{O}-\text{H}$)、 $\text{R}-\text{O}-\text{O}-\text{H}$ 、 $\text{R}-\text{O}-\text{O}-\text{R}'$ および $\text{R}-\text{C O}-\text{O}-\text{O}-\text{H}$ からなる群から選択され、ここで、 R および R' は炭化水素部分である、請求項 1 6 に記載の方法。

【請求項 1 8】

前記反応させるステップは、前記吸着された前駆体分子の前記層を、プラズマ中で生成される陽イオンおよびフリーラジカルに暴露するステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 1 9】

請求項 1 に記載の方法であって、

前記吸着された前駆体分子の前記層の上面から前記吸着された前駆体分子の前記層の底面まで、前記吸着された前駆体分子の前記層の厚さにわたって垂直温度勾配を発生させるステップ、をさらに含む、方法。

【請求項 2 0】

請求項 1 に記載の方法であって、

前記吸着された前駆体分子の前記層に、架橋剤分子を送達するステップをさらに含み、前記架橋剤分子は少なくとも 2 つの反応部位を含む、方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

関連出願とのクロスリファレンス

本出願は、2016 年 5 月 8 日に提出された米国仮特許出願第 60/333,262 号に関係し、優先権を主張する。その全内容は参照により本明細書に組み込まれる。

【0 0 0 2】

発明の分野

本発明は、重合化学蒸着を用いて平坦化層を堆積させる方法に関する。この方法は、複数のフィーチャ(features)の間にギャップを有する複数のフィーチャを含む基板のトポグラフィ平坦化に使用することができる。

30

【背景技術】

【0 0 0 3】

微小電気機械システム (microelectromechanical systems, MEMS, メムス) および IC アーキテクチャの製造フローは、より小さい (smaller and smaller) フィーチャサイズを組み込んでいる。これにより、これらのクリティカルディメンション (CD) を得るための表面平坦度の要件に制約が課せられる。このように、充填/平坦化プロセスは、デバイス製造のための重要なプロセスステップのいくつかと考えられている。現在、平坦化層は、孤立した/緻密なフィーチャを均一に満たすために、スピニングおよびエッチバックを含む多段階プロセスによって得られる。その結果、孤立したフィーチャと緻密なフィーチャとの間に均一な膜を堆積させる単一ステップの平坦化技術は、プロセス効率を改善することができる。

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 4】

重合化学蒸着を用いて平坦化層を堆積する方法が提供される。当該方法は、複数のフィーチャの間にギャップを有する複数のフィーチャを含む基板のトポグラフィ平坦化に使用することができる。

【課題を解決するための手段】

50

【0005】

一実施形態によれば、当該方法は、

複数のフィーチャを含み、前記複数のフィーチャの間にギャップを有する基板を提供するステップと、

前記基板への気相暴露によって前駆体分子を送達するステップと、

前記基板上に前記前駆体分子を吸着させるステップであって、前記吸着された前駆体分子の層で、前記ギャップを少なくとも実質的に充填する(fill)ステップと、

前記前駆体分子を反応させるステップであって、前記ギャップを少なくとも実質的に充填するポリマー層を形成するステップと、
を含む。

10

【図面の簡単な説明】

【0006】

添付図面において、

【図1】本発明の一実施形態による重合プロセスのためのプロセスフロー図である。

【図2】図2A～図2Eは、本発明の一実施形態による連鎖成長重合プロセスを模式的に示す断面図である。

【図3】図3は、本発明の一実施形態によるフリーラジカル重合を模式的に示す。

【図4】図4A～図4Cは、本発明の一実施形態によるステップ成長(step-growth)重合プロセスのための方法の概略断面図である。

【図5】図5A～図5Cは、本発明の一実施形態による、重合化学蒸着を用いて平坦化層を堆積するための実験結果を示す。

20

【発明を実施するための形態】

【0007】

複数の実施形態の詳細な説明

重合化学蒸着を用いて基板上のフィーチャ上に平坦化層を堆積させる方法は、複数の実施形態に記載されている。

【0008】

関連技術分野の当業者は、様々な実施形態が、特定の詳細の1つ以上なしに、または他の置換および／または追加の方法、材料、または成分(components)ありで実施され得ることを認識するであろう。他の場合では、本発明の様々な実施形態の態様を不明瞭にすることを避けるために、周知の構造、材料、または動作を詳細に図示または説明しない。同様に、説明のために、本発明の完全な理解を提供するために、特定の数、材料、および構成が示されている。それにもかかわらず、本発明は特定の詳細なしに実施することができる。さらに、図面に示された様々な実施形態は例示的なものであり、必ずしも縮尺通りに描かれていないことが理解される。

30

【0009】

本明細書を通じて、「一実施形態」または「実施形態」は、実施形態に関連して説明された特定のフィーチャ(feature)、構造、材料または特性が本発明の少なくとも1つの実施形態に含まれることを意味するが、それらはすべての実施形態に存在することを意味しない。したがって、本明細書全体を通して、様々な場所での「一実施形態では」または「実施形態における」という表現の出現は、必ずしも本発明の同じ実施形態を指すとは限らない。さらに、特定のフィーチャ、構造、材料、または特性は、1以上の実施形態においていずれの適切な方法で組み合わせることができる。さまざまな追加の層および／または構造が含まれてもよく、および／または説明されたフィーチャは他の実施形態では省略されてもよい。

40

【0010】

本明細書で使用される「基板」は、一般に、本発明に従って処理される物体を指す。基板は、デバイス、特に半導体または他のエレクトロニクスデバイスのいずれの材料部分または構造を含むことができ、およびたとえば、半導体基板またはベース基板構造の上または上にある(overlying)層、例えば薄膜とすることができる。従って、基板は、パターン

50

形成された又はパターン化されていないいずれの特定のベース構造、下層又は上層に限定されるものではなく、そのような層又はベース構造、並びに層及び／又はベース構造のいずれの組み合わせを含むことが意図される。以下の説明は、特定のタイプの基板を参照することができるが、これは例示の目的のみであり、限定するものではない。

【0011】

本明細書で使用される「フィーチャ」は、基板上の多くの異なるタイプのフィーチャを指すことができる。1つの例は、半導体ウェハ上に複数の隆起フィーチャ(raised features)を含む。別の例は、半導体基板上に複数の隆起フィーチャを含み、複数の隆起フィーチャが基板上に第1および第2の領域を形成し、且つ、第1の領域内の複数のフィーチャが第2の領域よりも(than)複数のフィーチャよりも広いギャップを有する。これは、通常、基板上の等密度(iso-dense)領域と呼ばれる。しかしながら、基板上の他のタイプの隆起特徴も企図され、使用されてもよい。

【0012】

本発明の一実施形態によれば、前駆体分子(例えば、モノマー)が気相で基板に曝されるプロセスシーケンスが記載される。気相暴露は、基板上の前駆体分子の吸着をもたらす。吸着は、気相組成、ガス圧、基板温度、および P_m/P_{sat} 比率を介して制御することができる。ここで、 P_m は前駆体分子(モノマー)の分圧を表し、 P_{sat} は基体表面温度での前駆体分子の飽和圧力を指す。吸着された前駆体分子は、重合プロセスによって基板上にポリマーを形成する。ポリマーは、低分子量分子が脱着または分解して、その後脱着するより軽い分子になる温度までの熱安定性を提供する高分子量を有する。

【0013】

ここで、本発明のいくつかの実施形態を示すために図面を参照する。図1は、本発明の一実施形態による重合プロセスのプロセスフロー図である。プロセスフロー100は、102において、複数のフィーチャの間にギャップを有する複数のフィーチャを含む基板を提供することを含む。一実施形態によれば、第1の複数のフィーチャが第1の領域を形成し、且つ、第2の複数のフィーチャが基板上に第2の領域を形成し、第1の領域内の第1の複数のフィーチャは、第2の領域よりも(than)第2の複数のフィーチャよりも広いギャップを有する。

【0014】

プロセスフロー100は、104において、基板への気相暴露によって前駆体分子を送達すること、および106において、基板上に前駆体分子を吸着させて、吸着された前駆体の層でギャップを少なくとも実質的に満たすことをさらに含む。基板上の前駆体分子の吸着の程度は、気相組成、ガス圧、基板温度、および P_m/P_{sat} 比によって制御することができる。吸着された前駆体分子によるギャップの完全またはほぼ完全な充填が基板上で達成されると、気相暴露を停止することができる。

【0015】

本発明のいくつかの実施形態によれば、前駆体分子は、低分子量(<900ダルトン)の有機化合物のモノマーまたはダイマーを含むことができる。例には、重合が誘発された(triggered)ときにポリマー鎖の連鎖成長(chain propagation)が可能な有機化合物が含まれる。一例では、前駆体分子はビニル官能基($-C=C-$)または炭素-炭素三重結合($-C\equiv C-$)を含むことができる。ビニルという名称は、その炭素-炭素二重結合を含む化合物、すなわち $R-C=C-R'$ (式中、RおよびR'はいずれの原子群である)に使用される。例には、少なくとも1つの炭素-炭素二重結合を含む不飽和炭化水素であるアルケンが含まれる。唯一の二重結合を有し、他の官能基を有しない最も単純な非環式アルケンは、一般式 C_nH_{2n} を有する同族の一連の(homologous series)炭化水素を形成する。最も単純なアルケンは、室温で無色のガスであるエチレン(C_2H_4)である。

【0016】

本発明のいくつかの実施形態によれば、前駆体分子は、アクリレート、例えばネオペンチルメタクリレート(nPMA)前駆体分子を含むことができる。

【0017】

10

20

30

40

50

図1において、プロセスフロー100は、ステップ108において、前駆体分子を反応させて、ギャップを少なくとも実質的に充填するポリマー層を形成するステップをさらに含む。一実施形態によれば、ステップ106および108は、同時に、順次に、または互いに重複して(over-lapping)実行することができる。

【0018】

重合プロセスは、段階的な(step-by-step)成長であり得る。一例は、分子が共に結合する縮合重合であり、副生成物、例えば水またはメタノールとして失われる小分子である。脱水合成では、両末端の(on either end)ヒドロキシル基($-OH$)を有するモノマーは、両端で自由にイオン化された($-H$)モノマーと反応して水を失うことによりポリマーを形成する。例えば、ナイロンは、ジアミン($R-(NH_2)_2$)とジカルボキシル酸($R'-(COOH)_2$)を反応させることにより形成される縮合ポリマーである。ポリエステルは、ジオール($R-(OH)_2$)と二酸($R'-(COOH)_2$)を反応させることにより形成される縮合ポリマーである。

10

【0019】

一実施形態によれば、前駆体分子は2つ以上の異なる反応性分子を含むことができる。一例では、1つの前駆体分子はヒドロキシル基($-OH$)を含み、且つ、別の前駆体分子はアミン基($-NH_2$)を含む。別の例では、1つの前駆体分子はヒドロキシル基($-OH$)を含み、且つ、別の前駆体分子はカルボン酸基($-COOH$)または塩化アシル($-COCl$)を含む。

20

【0020】

一実施形態によれば、反応ステップは、吸着された前駆体分子の層を、プラズマ中で生成される陽イオンおよびフリーラジカルに暴露することを含むことができる。

【0021】

前駆体分子の気相暴露の間またはその後、重合プロファイルにわたって動的制御を提供するため、基板を熱処理することができる。一例では、これは、吸着した前駆体分子の層の上面全体から吸着した前駆体分子の層の底面まで伸びる、吸着された前駆体分子の層の厚さにわたって(across)垂直な温度勾配を生成することにより達成することができる。温度は、吸着された前駆体分子の層の上面から吸着された前駆体分子の底面まで増加または減少することができる。温度は、底面からよりも上面から基板に、多かれ少なかれ熱を加えることによって増減することができる。

30

【0022】

重合プロセスは、化学反応においてモノマーまたはダイマー分子と一緒に反応させて、ポリマー鎖または三次元ネットワークを形成するプロセスである。重合プロセスは、モノマーもしくはダイマーの官能基間のステップ成長反応、または炭素-炭素二重もしくは三重結合を組み込むことによって分子同士を連結することを含む連鎖成長重合、を特徴とすることができる。

【0023】

連鎖成長重合は、不飽和前駆体分子(例えば、モノマー)が成長するポリマー鎖の活性部位に一度に1つずつ(one at a time)添加する重合プロセスである。不飽和モノマーの例には、アルケンおよび脂環式化合物が含まれる。ポリマーの成長は、1つ(またはそれ以上の可能性がある)末端でのみ起こり、且つ、各モノマー単位の添加は、活性部位を再生する。このタイプの重合は、低い変換率で形成される高分子量ポリマーをもたらす。この最終重量は、個々の連鎖終結反応の速度と比較した連鎖成長速度(the rate of propagation)によって決定され、前記連鎖終結反応(which)は、連鎖移動および連鎖終結の両方のステップを含む。

40

【0024】

図2A~図2Eは、本発明の一実施形態による連鎖成長重合プロセスの概略断面図である。図2Aは、複数のフィーチャ220、210を含み、前記複数のフィーチャ220、210の間にギャップ222、212を有する基板200を示す。一実施形態によれば、複数のフィーチャ210は第1の領域を形成し、且つ、複数のフィーチャ220は基板上

50

に第2の領域を形成する。第1の領域内の複数のフィーチャ210は、第2の領域よりも(than)複数のフィーチャ220よりも広いギャップを有する。

【0025】

図2Bは、基板200への気相暴露による前駆体分子240の送達、および基板200上への前駆体分子240の吸着を示し、それによって吸着された前駆体の層230でギャップ212, 222を少なくとも実質的に満たす。図2Bに示す例において、層230は、ギャップをオーバーフィルする(overfills)。基板200上の前駆体分子240の吸着の程度は、気相組成、ガス圧、基板温度、および P_m / P_{sat} 比によって制御することができる。基板200上でギャップ212, 222が吸着された前駆体分子240で完全にまたはほぼ完全に充填されると、気相曝露を停止することができる。

10

【0026】

図2Cは、例えばフリーラジカル250を用いて吸着された前駆体の層230上で開始される重合を示す。一例では、フリーラジカル250は、開始剤分子を壊す(cracks)熱フィラメントの近くに開始剤分子を流すことによって形成され得る。熱フィラメントの温度は、例えば、約300℃以下であり得る。いったん開始すると、ポリマー層260の連鎖成長を介して(via)、吸着された前駆体の層230を貫通して(through)重合が進行する。開始剤分子の例には、酸素-酸素単結合を含む化合物である過酸化物が含まれる。最も簡単な安定過酸化物は、過酸化水素($H-O-O-H$)である。他の過酸化物の例としては、 $R-O-O-R'$ 、 $R-O-O-H$ および $R-CO-O-O-H$ が含まれ、RおよびR'は炭化水素部分を表す。

20

【0027】

図2Dは、吸着された前駆体の層230のさらなる重合を示し、且つ、図2Eは、完全に重合したポリマー層260を示す。図22に示す例において、ポリマー層260は、平坦化層を形成するため、ギャップをオーバーフィルする。

【0028】

図3は、本発明の一実施形態によるフリーラジカル重合を模式的に示す。フリーラジカル重合プロセスは、開始(initiation)、成長反応(propagation)および停止(termination)によって説明することができる。開始は、低温での開始剤分子(例えば、 $R-O-O-R$)の熱分解からのフリーラジカル(例えば、 $R-O\cdot$)の形成を指す。フリーラジカルは、ポリマーフリーラジカル(例えば、 $R-O-C-C\cdot$)を生成するため、吸着された前駆体分子(例えば、 C_2H_4)と反応する化学的トリガーである。成長反応(propagation)とは、ポリマーフリーラジカルと別の前駆体分子とのさらなる反応を指すのであって、ポリマーフリーラジカルの長さは各反応により増加する。停止(termination)は、2つのポリマーフリーラジカルの反応およびクエンチングを指す。

30

【0029】

図4A～図4Cは、本発明の一実施形態によるステップ成長重合プロセスのための方法の概略断面図である。ステップ成長重合は、モノマーが最初にダイマー、次いでトリマー、より長いオリゴマー、そして最終的には長鎖ポリマーを形成するために反応することができるメカニズムの一種である。重合メカニズムの性質に起因して、高分子量を達成するためには高度の反応が必要である。

40

【0030】

図4Aは、複数のフィーチャ410, 420を含み、前記複数のフィーチャ410, 420間にギャップ412, 422を有する基板400を示す。一実施形態によれば、複数のフィーチャ410は第1の領域を形成し、且つ、複数のフィーチャ420は基板上に第2の領域を形成し、第1の領域における複数のフィーチャ410は、第2の領域よりも(than)複数のフィーチャ420よりも広いギャップを有する。

【0031】

図4Bは、基板400への気相暴露による前駆体分子440および開始剤分子460の送達を示す。本発明の実施形態によれば、前駆体分子440および開始剤分子460の気相暴露は、同時に、逐次的に、または互いに重複して(over-lapping)行われる。一実施形

50

態によれば、前駆体分子 440 と開始剤分子 460 の気相暴露は同時に行うことができ、それにより、ボトムアップ重合およびフィーチャ上のコンフォーマルな(conformal, 共形)ポリマー膜の形成をもたらす。長時間の(prolonged)気相暴露を用いてフィーチャをポリマーフィルムで完全に充填することができる。一例では、開始剤分子 460 を最初に基板 400 にグラフト化し、およびその後、前駆体分子 440 の気相暴露は基板 400 上の重合をもたらす。

【0032】

開始剤分子 460 は分解してポリマーのステップ成長を開始させるフリーラジカルを形成することができる。開始剤分子 460 からのフリーラジカル形成は、例えば、温度および/または電磁放射線によってトリガーされ得る。図 4C に描かれるように、完全に重合された層 470 が形成されるまで、ポリマーの成長反応(propagation)が進行する。

10

【0033】

一実施形態によれば、重合プロセスは、基板を架橋剤分子に暴露することによって増強することができる。これは、前駆体分子、開始剤分子および/またはフリーラジカルへの気相暴露と並行して、または順番に(in sequence)行うことができる。架橋剤分子は、前駆体分子との反応が最終ポリマーの架橋度を増加させることができる分子当たり 1 つ以上の反応部位を有する。架橋の程度は、ポリマーの材料特性、例えば分子量および熱分解開始(onset)温度を調整するために使用することができる。

【0034】

一実施形態によれば、重合プロセスは、不活性ガスの、または反応性ガス(例えば、 O_2 、 H_2 、またはそれらの組み合わせ)と不活性ガスとの混合物の存在下で、行うことができる。別の実施形態によれば、重合プロセスは、基板を電磁(EM)放射線に暴露することによってトリガーされてもよく、前記 EM 放射線は、紫外(UV)スペクトル、可視スペクトル、赤外(IR)スペクトル、またはマイクロ波スペクトルにおける発光(emission)、またはそれらの組み合わせを含むことができる。

20

【0035】

EM 放射線は、紫外線(UV)放射線を含むことができる。UV 放射線は、200 nm より大きい、もしくは 200 nm に等しい UV 波長、を含むか、もしくは、を主成分とすることができる(consist essentially of)。あるいは、UV 放射線は、UV 放射線は、220 nm より大きい、もしくは 220 nm に等しい UV 波長、を含むか、もしくは、を主成分とすることができる。あるいは、UV 放射線は、240 nm より大きい、もしくは 240 nm に等しい UV 波長、を含むか、もしくは、を主成分とすることができる。あるいは、UV 放射線は、300 nm より大きい、もしくは 300 nm に等しい UV 波長、を含むか、もしくは、を主成分とすることができる。より長い UV 波長は、基板への損傷のリスクを低減し、且つ、金属化されたパターンの汚染を低減することができる。

30

【0036】

UV 放射線への曝露は、実質的に単色放射線、または多色放射線を含み得る。紫外線は連続的に照射され(applied)てもよいし、パルスされ(pulsed)てもよい。例えば、UV 線への曝露は、高 UV 強度と低 UV 強度との間で循環する(cycle)ことができ、前記高 UV 強度への曝露のための曝露時間は 100 msec 未満、または 10 msec 未満、または 1 msec 未満である。

40

【0037】

UV 放射線(radiation)への曝露は、赤外線(IR)放射線への曝露をさらに含むことができる。IR 放射線は、実質的に単色放射線または多色放射線を含むことができる。IR 放射線は連続的に照射され(applied)てもよいし、パルスされ(pulsed)てもよい。例えば、IR 放射線への曝露は、高 IR 強度と低 IR 強度との間で循環することができ、前記高 IR 強度への曝露のための曝露時間は 100 msec 未満、または 10 msec 未満、または 1 msec 未満である。

【0038】

EM 放射線への曝露の間、基板は平行移動される(translated)か、または回転され得る

50

。これに加えて、または代替として、E M放射線を基板にわたって走査することができる。スループットを改善するために、E M放射線の複数の(multiple)ビームを生成し、且つ、基板にわたって走査することができる。所望のレベルの重合を達成するために、E M放射線のビームの複数パス(multiple passes)を行うことができる。一例として、基板をU Vフラッシュ露光などのU V放射線に曝露した後、U VまたはI RなどのE M放射線のビームを介して選択的に加熱することができる。

【0039】

図5A～図5Cは、本発明の一実施形態による、重合化学蒸着を用いて平坦化層を堆積するための実験結果を示す。図5Aにおける断面走査型電子分光法(S E M)画像に示すように、厚さ463nmのポリマーフィルム510を、ネオペンチルメタクリレート(n P M A)前駆体分子を用いて平らな(flat)基板500上に形成した。この例では、n P M Aモノマーおよび開始剤を処理チャンバ内に連続して(sequentially)導入した。まず、n P M Aモノマー膜を過飽和条件下($P_m / P_{sat} > 1$)で基板上に吸着させ、吸着したn P M Aモノマー膜の所望の厚さが得られたら、開始剤を処理チャンバ内に導入した。次いで、n P M Aモノマー膜は、吸着されたn P M Aモノマー膜の脱離速度よりも速い重合成長(propagation)速度のたに起因して、上から下に(from the top down)重合された。図5Aに示すように、得られたポリマーフィルムは滑らかであり、粗さは小さい(low roughness)。

【0040】

図5Bは、基板530上に約5のアスペクト比(aspect ratio, A R)を有するフィーチャ520を有するパターン形成された基板の断面S E M画像を示す。

【0041】

図5Cは、図5Bのパターン形成された基板を示し、本発明の一実施形態によるn P M Aおよび開始剤を用いてフィーチャ520上に堆積された厚さ120nmのポリマー膜530の堆積の後である。孤立し、且つ、高密度のフィーチャにわたるポリマーの厚さは、パターン化されたウエハにわたって同様であることが観察された。これは、パターニングされたウエハを横切って吸着されたn P M Aモノマー膜の表面張力駆動自己平坦化に起因すると考えられる。これは、フィルム(疑似液体)の厚さが表面トポグラフィよりも大きい場合に発生する。

【0042】

重合化学蒸着を用いて平坦化層を堆積させる方法は、様々な実施形態において開示されている。以上、本発明の特定の実施形態のみを詳細に説明したが、本発明の新規な教示および利点から実質的に逸脱することなく、多くの変更が可能であることを当業者は容易に理解するであろう。したがって、そのような改変はすべて本発明の範囲内に含まれることが意図される。

【符号の説明】

【0043】

100	プロセスフロー	
102、104、106、108	ステップ	
200、400	基板	
210、220、410、420	フィーチャ	
212、222、412、422	ギャップ	
230	吸着された前駆体の層	
240、440	前駆体分子	
250	フリーラジカル	
260	ポリマー層	
460	開始剤分子	
470	完全に重合された層	

10

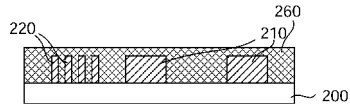
20

30

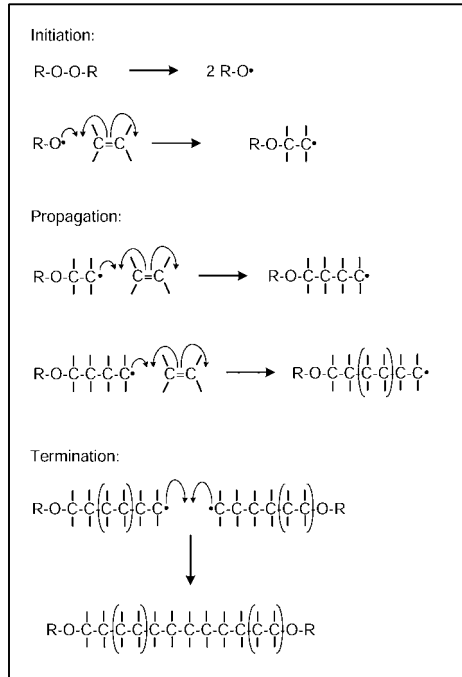
40

50

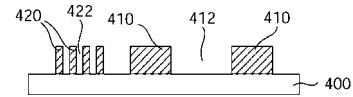
【図 2 E】



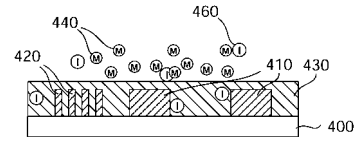
【図 3】



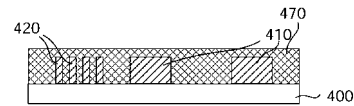
【図 4 A】



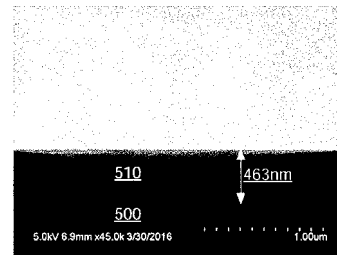
【図 4 B】



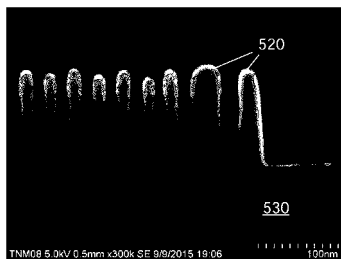
【図 4 C】



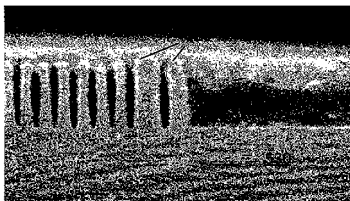
【図 5 A】



【図 5 B】



【図 5 C】



フロントページの続き

(72)発明者 ブルース エー. アルテムス

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 2 3 0 2 スコティア サカンダーガ ロード 9 4 6

(72)発明者 市木 和弥

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 2 0 8 4 ギルダーランド ヘリテージ ロード 1 0 1

アパートメント 8

Fターム(参考) 3C081 AA17 BA04 BA10 CA02 CA29 DA02 DA31

4K029 AA29 BA62 BD01 CA11 CA12

5F033 RR21 SS01 SS11 XX01

【外国語明細書】
2017201060000001.pdf