

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6947482号
(P6947482)

(45) 発行日 令和3年10月13日 (2021. 10. 13)

(24) 登録日 令和3年9月21日 (2021. 9. 21)

(51) Int. Cl.

F I

G 0 3 F 7/40 (2006. 01)

G 0 3 F 7/40

G 0 3 F 7/038 (2006. 01)

G 0 3 F 7/038 6 0 1

G 0 3 F 7/075 (2006. 01)

G 0 3 F 7/075 5 2 1

B 8 1 B 1/00 (2006. 01)

G 0 3 F 7/038

B 8 1 C 1/00 (2006. 01)

B 8 1 B 1/00

請求項の数 15 (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2020-507597 (P2020-507597)
 (86) (22) 出願日 平成30年8月9日 (2018. 8. 9)
 (65) 公表番号 特表2020-533620 (P2020-533620A)
 (43) 公表日 令和2年11月19日 (2020. 11. 19)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2018/046118
 (87) 国際公開番号 W02019/032903
 (87) 国際公開日 平成31年2月14日 (2019. 2. 14)
 審査請求日 令和2年4月8日 (2020. 4. 8)
 (31) 優先権主張番号 15/673, 147
 (32) 優先日 平成29年8月9日 (2017. 8. 9)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 米国 (US)

(73) 特許権者 506018363
 サウジ アラビアン オイル カンパニー
 サウジアラビア国 3 1 3 1 1 ダーラン
 、 イースタン アベニュー 1
 (74) 代理人 100097320
 弁理士 宮川 貞二
 (74) 代理人 100215049
 弁理士 石川 貴志
 (74) 代理人 100131820
 弁理士 金井 俊幸
 (74) 代理人 100155192
 弁理士 金子 美代子
 (74) 代理人 100100398
 弁理士 柴田 茂夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 カルサイトチャンネルナノ流体工学

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ナノ流体デバイス内にカルサイトチャンネルを作成する方法であって、
 フォトリソストを基板上にコーティングするステップと；
 前記フォトリソストの一部分を電子ビームにより露光するステップであって、前記一部分は、チャンネルパターンで露光される、ステップと；
 前記フォトリソストの前記露光された部分を現像して前記チャンネルパターンを形成するステップと；
 カルサイト前駆体ガスを用いて、前記チャンネルパターンでカルサイトを堆積させるステップであって、前記堆積させるカルサイトは、50 ナノメートルから 100 ナノメートル
 の範囲の幅を有する、ステップと；
 前記フォトリソストの前記露光された部分を現像するステップの後に残存する前記フォトリソストを除去するステップと；を備える、
 ナノ流体デバイス内にカルサイトチャンネルを作成する方法。

【請求項 2】

前記基板は、シリコンを備える、
 請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記フォトリソストは、ネガ型フォトリソストを備える、
 請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記ネガ型フォトリソは、ポリジメチルシロキサン（P D M S）を備える、
請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記フォトリソを現像するステップは、溶媒を用いて前記フォトリソを溶解するステップと、前記基板の一部分を露出させるステップとを備える、
請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記溶媒は、プロピレングリコールメチルエーテルアセタート（P G M E A）、乳酸エチル、又はジアセトンアルコールを備える、
請求項 5 に記載の方法。

10

【請求項 7】

前記デバイスをケーシングにパッケージ化するステップを更に備え、前記ケーシングは、
窓を備える上側部分と；
前記デバイスを保持するように構成される下側部分と；
流体が前記デバイスに入ることを可能にするように構成される入口接続部と；
前記流体が前記デバイスから出ること可能にするように構成される出口接続部と；を
備える、

請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 8】

前記窓が、導電性で光学的に透明な材料を備える、
請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記導電性で透明な材料は、窒化ケイ素（S i N）を備える、
請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

基板を備える下側部分と、カルサイトチャネル構造を備える上側部分とを備え、前記カルサイトチャネルは、50 ナノメートルから 100 ナノメートルの範囲の幅を備える、ナノ流体デバイスと；
前記デバイスのためのケーシングと；
電子ビームを提供するための電子ソースと；を備える、
システム。

30

【請求項 11】

前記基板は、シリコンを備える、
請求項 10 に記載のシステム。

【請求項 12】

前記電子ソースは、走査型電子顕微鏡（S E M）である、
請求項 10 に記載のシステム。

【請求項 13】

前記ケーシングは、
窓を備える上側部分と；
前記デバイスを保持するように構成される下側部分と；
流体がデバイスに入ることを可能にするように構成される入口接続部と；
前記流体がデバイスから出ること可能にするように構成される出口接続部と；を備える、
請求項 10 に記載のシステム。

40

【請求項 14】

前記窓は、導電性で光学的に透明な材料を備える、
請求項 13 に記載のシステム。

50

【請求項 15】

前記導電性で透明な材料は、窒化ケイ素 (SiN) を備える、
請求項 14 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願は、2017年8月9日に出願された米国特許出願第15/673,147号の優先権を主張し、その全内容は参照により本明細書に組み入れられる。

【0002】

本明細書は、ナノ流体工学 (ナノフルイディクス)、より詳細には石油物理学への応用に関する。

10

【背景技術】

【0003】

油田から抽出できる原油の量を増やすために、強化された石油回収方法が利用されている。小さなスケール (ナノメートル又はマイクロメートルオーダーのチャンネルサイズ) で見ると、流体は、表面張力などの要因が系を支配し始めるという点で、異なる挙動を示す可能性がある。小さなスケールでの流体の挙動をより良好に知ることができれば、強化された石油回収方法を改善して根源岩又は貯留層から更に多くの油を抽出できることになる。地下の貯留層で見られる条件を再現できるマイクロ流体モデルが開発されたことにより、油の抽出及び回収における物理的及び化学的な現象を観察し、評価し、及び理解するようになった。

20

【発明の概要】

【0004】

本開示は、ナノ流体工学のためのカルサイト (calcite、方解石) チャンネルを作成する方法について述べる。本明細書において述べる主題の特定の態様は、方法として実施することができる。カルサイトチャンネルは、ナノ流体デバイス内に作成される。基板上にフォトレジストをコーティングし、フォトレジストの一部を、チャンネルパターンで電子ビームにより露光する。フォトレジストの露光された部分を現像してチャンネルパターンを形成し、カルサイト前駆体ガスを用いて、カルサイトをチャンネルパターンに堆積させる。堆積したカルサイトは、略50ナノメートル (nm) から100ナノメートルの範囲の長さを有する少なくとも1つの側面 (at least one side) を含む。フォトレジストの露光された部分を現像した後、残存するフォトレジストを除去する。

30

【0005】

本態様及び他の態様は、下記特徴のうちの1つ以上を含むことができる。基板は、シリコンとすることができる。フォトレジストは、ポリジメチルシロキサン (PDMS) 又はSU-8などのネガ型フォトレジストとすることができる。フォトレジストを現像するステップは、溶媒 (solvent、溶剤) を用いてフォトレジストを溶解するステップと、基板の一部を露出させるステップとを含むことができる。フォトレジストを溶解するために用いる溶媒は、プロピレングリコールメチルエーテルアセタート (PGMEA)、乳酸エチル、又はジアセトンアルコールとすることができる。ナノ流体デバイス内にカルサイトチャンネルを作成することは、デバイスを、ケーシング内にパッケージ化するステップを含むことができる。ケーシングは、窓を含む上側部分と、デバイスを保持するための下側部分と、流体がデバイスに入ることを可能にする入口接続部と、流体がデバイスから出ることを可能にする出口接続部とを含むことができる。窓は、導電性と光透過性とを有する窒化ケイ素 (SiN) などの材料とすることができる。

40

【0006】

本明細書で述べる主題の特定の態様は、システムとして実施することができる。このシステムは、ナノ流体デバイスと、デバイス用ケーシングと、電子ビームを提供する電子ソースとを含む。デバイスは、基板を含む下側部分と、カルサイトチャンネル構造を含む上側部分とを含む。カルサイトチャンネル構造は、略50nmから100nmの範囲の長さを有

50

する少なくとも一つの側面を含む。本態様及び他の態様は、下記の特徴のうちの１つ以上を含むことができる。基板は、シリコンとすることができる。電子ソースは、走査型電子顕微鏡（SEM）とすることができる。ケーシングは、窓を含む上側部分と、デバイスを保持するための下側部分と、流体がデバイスに入ることを可能にする入口接続部と、流体がデバイスから出ることを可能にする出口接続部とを含むことができる。窓は、SiNなどの、導電性と光透過性とを有する材料とすることができる。

【0007】

本願に記載された主題における１又は複数の実施の詳細は、添付の図面及び発明の詳細な説明に記載されている。本主題の他の特徴、態様及び利点は、発明の詳細な説明、図面及び特許請求の範囲から明らかになるであろう。

10

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図１】図１は、一の実施に係る、ナノ流体デバイスを作成する方法の例を示す概略図である。

【0009】

【図２Ａ】図２Ａは、一の実施に係る、ナノ流体デバイスの例を示す概略断面図である。

【0010】

【図２Ｂ】図２Ｂは、一の実施に係る、ナノ流体デバイスの例を示す概略上面図である。

【0011】

【図３】図３は、一の実施に係る、ナノ流体デバイスシステムの例を示す概略図である。

20

【0012】

【図４】図４は、一の実施に係る、ナノ流体デバイスを作成する方法の例を示すフローチャートである。

【0013】

種々の図面における類似の参照番号及び記号は、同様の要素を指す。

【発明を実施するための形態】

【0014】

詳細な下記の説明は、ナノ流体工学用のカルサイトチャネルを作成する方法について述べ、１つ以上の特定の実施の文脈で開示される主題を、当業者であれば誰でも実施し使用できるように提示する。開示する実施は、様々な改変、変更、及び置換を行うことができ、それらは、当業者に容易に明らかになる。そして、定義された一般原理は、開示の範囲から逸脱することなく、他の実施及び用途に適用できる。場合によっては、説明対象である主題の理解にとって必要ではない詳細は、そのような必要ではない詳細で１つ以上の説明対象である実施を不明瞭にしないように、そのような必要ではない詳細が当業者の技術の範囲内である限りにおいて、省略されることがある。本開示は、記載される又は図示される実施に限定されるものではなく、記載する原理及び特徴に一致する最も広い範囲に従うものである。

30

【0015】

世界の石油埋蔵量の一部は、石灰岩及び苦灰岩などの炭酸塩岩の中に存在する。しかし、これらの岩石は、同一地層内の全域にわたって、その組織（texture、質感）、空孔率（porosity、間隙率）、及び透過性（permeability、浸透性）等の特性が著しく異なる可能性がある。この多様性が、油の一定の流れの実現を困難にしている。マイクロ流体工学は、石油物理学に応用する場合に、原油と、様々な流体及び岩石層との相互作用を特徴付ける有用な方法であると考えられている。従来のカルサイト（CaCO₃）チャネルモデルは、エッチングされた天然カルサイト結晶で構成されるが、これらのモデルのスケールはマイクロメートルである。ナノスケール（すなわち、ナノメートルのオーダー）での流体工学は、原子スケールでの流体-流体の相互作用及び流体-カルサイト岩の相互作用の物理的及び化学的現象を理解するうえで有益である。

40

【0016】

図１を参照すると、ナノ流体デバイス内にカルサイトチャネルを作成する方法１００は

50

、フォトリジストを基板上にコーティングするステップによるステップ102より開始される。特定の実施において、フォトリジストは、ポリジメチルシロキサン(PDMS)又はSU-8などのネガ型フォトリジストである。基板の表面は、クリーンで平坦とすることができ、例えば、シリコンで製造することができる。フォトリジストのコーティングは、略500回転/分(rpm)から2000回転/分の範囲のスピン速度でフォトリジスト層を基板上に塗布するスピンコーティングによって、実行できる。スピン速度に依存して、フォトリジスト層の厚さを決めることができる。フォトリジスト層の厚さに依存して、ナノ流体デバイスで得られるカルサイトチャネルの高さを決めることができる。したがって、フォトリジストコーティングの厚さは、ナノ流体デバイスにおけるカルサイトチャネルの所望の高さ、例えば、10センチメートル(cm)未満の高さ、に基づいて選ぶことができる。フォトリジストの調製は、基板のエッジ上のフォトリジストの堆積物の何れをも除去するためのエッジビード除去(EBR)を含むことができる。フォトリジストの調製は焼成ステップを含むことができ、焼成ステップは、フォトリジスト層の厚さに応じて略華氏200度(°F、約93.3)で所定の時間にわたって焼成することをともなう。焼成温度は、その焼成ステップの持続時間にも影響を及ぼし得る。

【0017】

方法100は、ステップ102からステップ104へ進み、そこで、フォトリジストの一部分を電子ビームにより露光する。フォトリジストの一部分を電子ビームに露光するステップにより、フォトリジストの一部分が除去されるようにすることができる。特定の実施では、フォトリジストを除去するために電子ビームリソグラフィを用いる。電子ビームリソグラフィは、ナノメートル(nm)スケールでパターン化する手法であり、レジスト上で、例えばPDMSのようなレジスト上で、電子ビームを走査するステップを含む。リソグラフィ工程は、残存するレジストにパターンを形成するための、レジストの露光及び露光されたレジストの現像を含む。電子ビームなどのエネルギー源へのレジストの露光は、レジストを、物理的に、化学的に、又は、物理的かつ化学的に改質する。特定の実施において、電子ビームは、走査型電子顕微鏡(SEM)によって供給される。レジストの露光後に、フォトリジスト層の厚さに応じた所定の焼成時間にわたる、略200°Fでの焼成をともなう露光後焼成ステップを行うことができる。

【0018】

電子ビームに露光されるフォトリジストの一部分は、チャンネルパターンで露光することができる。一般に、このフォトリジストの一部分は、エネルギー源に露光され、現像されてチャンネルパターンを形成する。チャンネルパターンの大きさは、ナノ流体デバイス内のカルサイトチャネルの所望の大きさに基づいて選ぶことができる。ポジ型レジストの場合、レジストの現像は、レジストの露光された部分を除去する。ネガ型レジストの場合、レジストの現像は、レジストの露光されていない部分を除去する。レジストを現像するステップは、溶媒を用いてレジストを溶解するステップと、フォトリジストの下基板の表面の一部分を露出させるステップとを伴う。特定の実施において、溶媒は、プロピレングリコールメチルエーテルアセタート(PGMEA)、乳酸エチル、又はジアセトンアルコール等の有機溶媒である。現像時間は、フォトリジスト層の厚さに依存する。現像後に残存するフォトリジストの部分は、最終的なナノ流体デバイスにおけるカルサイトチャネルの逆パターンを形成する。現像後、デバイスを新鮮な溶媒ですすいだ後、イソプロピルアルコールなどの別の溶媒で2回目の洗浄を行うことができる。次に、デバイスを、窒素などのガスで乾燥させることができる。

【0019】

方法100は、ステップ104からステップ106へ進み、そこで、カルサイト前駆体ガスを用いて、カルサイトを、チャンネルパターンで堆積させる。特定の実施では、原子層堆積法を用いてカルサイトを堆積させる。原子層堆積法は、材料を気相から堆積させる手法であり、基板と反応するガス状の化学的前駆物質を、順次に交番導入するステップを含む。個々のガス表面反応は、半反応(half-reactions)と呼ばれる。各半反応持続中において、指定された時間の間、前駆体ガスが導入されることにより、前駆体

10

20

30

40

50

ガスは基板表面と十分に反応し、基板表面に単層を堆積することができる。デバイスは、次に、窒素又はアルゴンなどの不活性ガスでパージされ、未反応の前駆体、反応副生成物、又はその両方を除去する。その後、次の前駆体ガスが導入されて別の層を堆積し、同様にパージされる。この工程は、交番する前駆体ガスが1層ずつ堆積させるようにして、所望の高さに達するまで繰り返される。特定の実施において、原子層堆積プロセスは、カルサイト層がフォトレジストの元のコーティングと同じくらいの高さ又は同じ高さに達するまで続けることができる。堆積したカルサイトは、略50nmから100nmの範囲の長さを持つ少なくとも一つの側面を有することができる。方法100は、ステップ106からステップ108へ進み、そこで、ステップ104においてフォトレジストの被露光部分を現像した後に残存するフォトレジストが除去される。残存するフォトレジストの除去は、ステップ104でレジストを現像する際に用いた溶媒等の溶媒を用いてフォトレジストを溶解するステップを伴う。残存するカルサイトと基板は、ナノ流体デバイスを画成する。

10

【0020】

図2A及び図2Bはそれぞれ、例としてのナノ流体デバイス200の断面図及び上面図を示す。デバイス200は、シリコン基板209とカルサイトチャンネル207とを含む。チャンネル207を構成するカルサイト堆積物の形状は、円柱体又は直方体などの任意の形状とすることができる。カルサイト堆積物の形状を変えることに加え、カルサイトチャンネル207のパターンを変えることもできる。例えば、チャンネル207のパターンを、図2Bに示すように、積み重ねた列パターンとすることができ、そこでは、各カルサイト堆積物の中心が、直上の列又は直下の列のカルサイト堆積物の中心と一致するように整列する。実施によっては、チャンネル207のパターンを、各カルサイト堆積物の中心が、直上の列又は直下の列のカルサイト堆積物の中心と一致せず、ずれたパターンとすることができる。カルサイト堆積物の直線エッジ又は曲線エッジ及びチャンネルパターンは、天然のカルサイト貯留層で生ずるさまざまな形状を表すことができる。実施によっては、ナノ流体デバイス200のカルサイトチャンネル207は、少なくとも一つの寸法において50nmから100nmの範囲の長さを持つことができる。例えば、各カルサイトチャンネル207の幅の範囲を、50nmから100nmとすることができる。

20

【0021】

引き続き図2A及び図2Bを参照すると、シリコン基板209及びカルサイトチャンネル207を、カルサイトチャンネル207の上に電子ビームに対して透明な窓201を有するケーシング211にパッケージ化することができる。特定の実施において、ケーシング211は、導電性金属で製造することができ、窓201は、光学的に透明な窒化ケイ素(SiN)等の導電性材料で製造することができる。この導電性は、窓201が電荷の蓄積しないようにすることができ、窓201の透明性により、観察することができる。図示のように、ケーシングは、ブライン(bline、塩水)溶液213等の流体がナノ流体デバイス200に入れるようにする入口接続部203と、この流体が出られるようにする出口接続部205とを有する。図2A、図2B、及び図3に示すように、入口接続部203と出口接続部205は、デバイス200の同じ側に配置することができる。実施によっては、入口接続部203と出口接続部205とを、デバイス200の互いに反対側に又は隣りあう側に配置することができる。

30

40

【0022】

図3は、ナノ流体デバイス200を試験するための例示のシステム300を示す。例えば、このシステム300は、カルサイトチャンネル207と流体との反応を画像化することができる。ナノ流体デバイス200は、チャンバ322の内側に配置されるサンプル台324上に位置決めされる。チャンバ322は、デバイス200を外部干渉から隔離することができ、真空引きすることができる。すなわち、チャンバ内に真空を形成することができる。ブライン溶液等の流体を、入口ライン203を介してデバイスに導入でき、出口ライン205を介して出すことができる。流体がデバイス200に流入及び流出するときに、電子ビーム銃320は、電子ビームを発射して、流体と相互作用しながらカルサイトチ

50

ヤネル 207 の画像を生成する。電子ビーム銃 320、チャンバ 322、及びサンプル台 324 は、SEM などの単一の装置の構成要素とすることができる。特定の実施において、電子ビーム銃 320 は、ナノ流体デバイス 200 の作成において、電子ビームリソグラフィを実行するために用いられるものと同じ電子ソース、例えば、電子ビームリソグラフィを実行できる改良 SEM である。

【0023】

カルサイト貯留層は不均質であるのが普通である。貯留層には、大きな空隙を含有する可能性がある領域がある一方、結合性に乏しく、透過性が低い可能性がある領域もある。酸注入は、貯留層の領域の結合性を高めることができる強化された石油回収法である。酸注入は、酸、例えば 10% 塩酸を含有する、ブライン溶液 213 を含むことができる。酸注入は、炭酸塩の溶解を引き起こし、細孔スケール及び原子スケールでの酸の流れによる地層溶解の動力学（ダイナミクス）により、正味の流動挙動を特定できる。動力学は、漏れ、油とガスの回収、又は貯蔵容量の見込み等の他の貯留層特性も特定できる。ブライン溶液 213 がナノ流体デバイス 200 を通って流れるときに、SEM を利用してデバイス 200 におけるナノメートルスケールでのカルサイトの溶解及びブラインの選択流を観察することができる。その観察結果を、炭酸塩の酸溶解の定量化、カルサイト層などの帯水層を通るブラインの移動予測に利用できる。

【0024】

図 4 は、カルサイトチャンネルナノ流体デバイスを作成する例示の方法 400 を示すフローチャートである。ステップ 402 において、ナノ流体デバイスの下側部分となるシリコン基板が準備される。基板の大きさと形状は、SEM のサンプル台 324 によって決めることができる。特定の実施では、ナノ流体デバイスはパッケージ化され、基板の大きさは、サンプル台 324 よりも小さい。基板の準備には、基板のクリーニングを含むことができる。ステップ 404 において、フォトレジストが、例えばスピンコーティングにより基板にコーティングされる。スピン速度、フォトレジストの粘度、温度、及び他のパラメータ等の多数のパラメータにより、フォトレジストのコーティングする層の厚さを決めることができる。実施によっては、厚さは、ナノ流体デバイスにおけるカルサイトチャンネルの所望の高さと等しくすることができる。特定の実施において、フォトレジストは、PDMS 又は SU-8 などのネガ型フォトレジストである。ステップ 406 において、電子ビームリソグラフィを用いてチャンネルパターンが形成される。チャンネルパターンを形成するステップは、フォトレジストの一部分を、例えば SEM からの電子ビームに露光させるステップを伴う。ステップ 408 において、フォトレジストの露光された部分が現像される、すなわち除去される。フォトレジストを現像するステップは、PGMEA、乳酸エチル、又はジアセトンアルコールなどの溶媒を用いてフォトレジストを溶解するステップを伴う。フォトレジストを現像するステップは、基板の表面の一部分を露出させるステップも伴う。ステップ 410 において、カルサイト前駆体ガスによる原子層堆積法を用いて、カルサイトをチャンネルパターンに堆積させる。原子層堆積法は、カルサイトを 1 層ずつ堆積させるステップを伴う。特定の実施において、カルサイトチャンネルの高さが、ステップ 404 でコーティングされたフォトレジストの元の高さと同じ位又は同じになるまで、カルサイトを 1 層ずつ堆積させる。ステップ 412 において、溶媒を用いてフォトレジストの残存部分を溶解させる。基板と、基板上に堆積させたカルサイトチャンネル構造とが残存する。形成されたカルサイトチャンネルの長さの範囲は、少なくとも 1 つの寸法が 50 nm から 100 nm である。ステップ 414 において、基板とカルサイトチャンネルとを含むデバイスは、ケーシングにパッケージ化される。ケーシングは、窓を有する上側部分、デバイスを保持することができる下側部分、流体がデバイスに入ることを可能にする入口接続部、及び流体がデバイスから出ることを可能にする出口接続部を含むことができる。窓は、導電性で光学的に透明な SiN などの材料で製造することができ、基板上に堆積させたカルサイトチャンネルの上に設けることができる。特定の実施において、パッケージは、基板の周囲に金属ケーシングを含む。

【0025】

本明細書は多くの特定の実施の詳細を含む一方で、これらは、任意の発明の範囲又は請求される得る範囲の制限として解釈されるべきではなく、むしろ、特定の発明概念の特定の実施固有の特徴の説明として解釈されるべきである。個別の実施の観点で本明細書において説明された機能は、組み合わせて又は単一の実施で、実現できる。逆に、単一の実施の観点で既述された様々な特徴は、複数の実施で、個別に、又は任意のサブコンビネーションで実施されることもできる。さらには、既述の特徴は特定の組み合わせで動作するものとして説示され、最初はそのようなものとして請求されているが、一又は複数の特徴は、請求された組み合わせから場合によっては削除され、またサブコンビネーション又はサブコンビネーションの変形であり得る。

【 0 0 2 6 】

10

主題の特定の実施が説明された。記載された実施の置換、変更、及び他の実施は、当業者には明らかである以下の請求の範囲内である。操作は特許請求の範囲に又は特定の順序で図面に描かれている一方で、これは、望ましい結果を達成するために、示された特定の順序で又は順番でそのような操作が実行されること又は全ての図示された操作が実行される（いくつかの操作は随意的と見なされる）ことを要求するものとして理解されるべきではない。

【 0 0 2 7 】

さらに、既述の実施における様々なシステムモジュール及びコンポーネントの分離又は統合が、全ての実施においてそのような分離又は統合を必要とするものとして理解されるべきではない。また、記載されたプログラムコンポーネント及びシステムは、一般的には、単一のソフトウェア製品に統合でき、又は複数のソフトウェア製品にパッケージ化できることが理解されるべきである。

20

【 0 0 2 8 】

これに従って、既述の例示的な実施は、本願を定義し又は制約しない。他の変更、置換、及び変更も、本開示の範囲及び精神から逸脱することなく可能である。

以下、本発明の実施の態様の例を列挙する。

[第 1 の局面]

ナノ流体デバイス内にカルサイトチャネルを作成する方法であって；

フォトレジストを基板上にコーティングするステップと；

前記フォトレジストの一部分を電子ビームにより露光するステップであって、前記一部分は、チャネルパターンで露光される、ステップと；

30

前記フォトレジストの前記露光された部分を現像して前記チャネルパターンを形成するステップと；

カルサイト前駆体ガスを用いて、前記チャネルパターンでカルサイトを堆積させるステップであって、前記堆積させるカルサイトは、略 5 0 ナノメートルから 1 0 0 ナノメートルの範囲の長さを有する少なくとも一つの側面を備える、ステップと；

前記フォトレジストの前記露光された部分を現像するステップの後に残存する前記フォトレジストを除去するステップと；を備える、

ナノ流体デバイス内にカルサイトチャネルを作成する方法。

[第 2 の局面]

40

前記基板は、シリコンを備える、

第 1 の局面に記載の方法。

[第 3 の局面]

前記フォトレジストは、ネガ型フォトレジストを備える、

第 1 の局面に記載の方法。

[第 4 の局面]

前記ネガ型フォトレジストは、ポリジメチルシロキサン (P D M S) 又は S U - 8 を備える、

第 3 の局面に記載の方法。

[第 5 の局面]

50

前記フォトリジストを現像するステップは、溶媒を用いて前記フォトリジストを溶解するステップと、前記基板の一部分を露出させるステップとを備える、

第 1 の局面に記載の方法。

[第 6 の局面]

前記溶媒は、プロピレングリコールメチルエーテルアセタート (P G M E A)、乳酸エチル、又はジアセトンアルコールを備える、

第 5 の局面に記載の方法。

[第 7 の局面]

前記デバイスをケーシングにパッケージ化するステップを更に備え、前記ケーシングは
:

窓を備える上側部分と；

前記デバイスを保持するように構成される下側部分と；

流体が前記デバイスに入ることを可能にするように構成される入口接続部と；

前記流体が前記デバイスから出ることが可能にするように構成される出口接続部と；を
備える、

第 1 の局面に記載の方法。

[第 8 の局面]

前記窓が、導電性で光学的に透明な材料を備える、

第 7 の局面に記載の方法。

[第 9 の局面]

前記導電性で透明な材料は、窒化ケイ素 (S i N) を備える、

第 8 の局面に記載の方法。

[第 10 の局面]

基板を備える下側部分と、カルサイトチャネル構造を備える上側部分とを備え、前記カルサイトチャネルは、略 50 ナノメートルから 100 ナノメートルの範囲の長さを有する
少なくとも一つの側面を備える、ナノ流体デバイスと；

前記デバイスのためのケーシングと；

電子ビームを提供するための電子ソースと；を備える、
システム。

[第 11 の局面]

前記基板は、シリコンを備える、

第 10 の局面に記載のシステム。

[第 12 の局面]

前記電子ソースは、走査型電子顕微鏡 (S E M) である、

第 10 の局面に記載のシステム。

[第 13 の局面]

前記ケーシングは：

窓を備える上側部分と；

前記デバイスを保持するように構成される下側部分と；

流体がデバイスに入ることを可能にするように構成される入口接続部と；

前記流体がデバイスから出ることが可能にするように構成される出口接続部と；を備え
る、

第 10 の局面に記載のシステム。

[第 14 の局面]

前記窓は、導電性で光学的に透明な材料を備える、

第 13 の局面に記載のシステム。

[第 15 の局面]

前記導電性で透明な材料は、窒化ケイ素 (S i N) を備える、

第 14 の局面に記載のシステム。

10

20

30

40

50

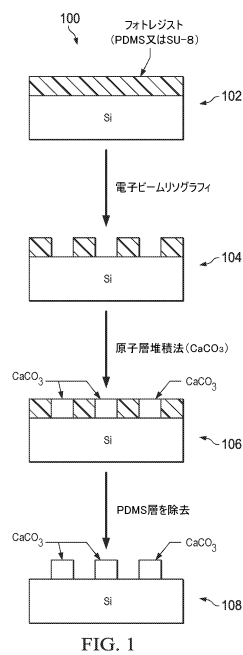
【符号の説明】

【 0 0 2 9 】

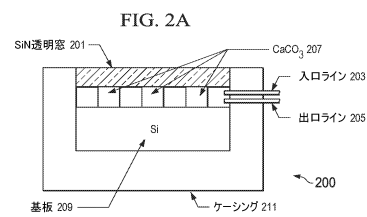
- 2 0 0 ナノ流体デバイス
 2 0 1 窓
 2 0 3 入口接続部（入口ライン）
 2 0 5 出口接続部（出口ライン）
 2 0 7 カルサイトチャネル
 2 0 9 基板
 2 1 1 ケーシング
 2 1 3 ブライン溶液（流体）

10

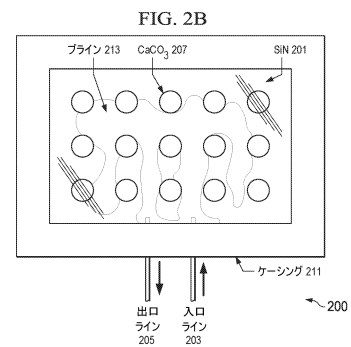
【図 1】



【図 2 A】



【図 2 B】



【図 3】

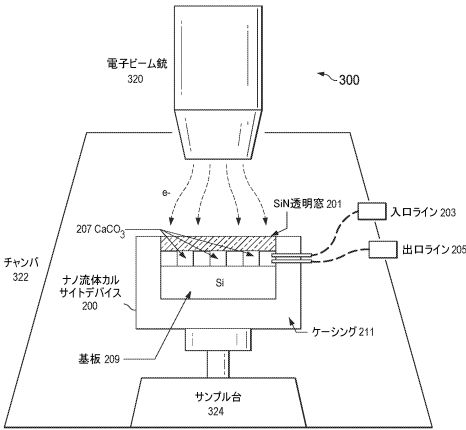


FIG. 3

【図 4】

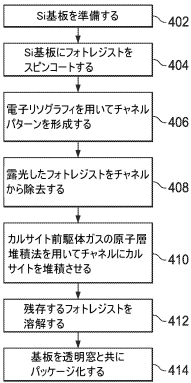


FIG. 4

400

 フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	
B 8 2 Y	40/00	(2011.01)	B 8 1 C 1/00
B 8 2 Y	30/00	(2011.01)	B 8 2 Y 40/00
			B 8 2 Y 30/00

(72)発明者 チャ, ドン キュ
 サウジアラビア王国 アブカイク 3 1 3 1 1 ピー・オー・ボックス 1 1 7 9, サウジ ア
 ムコ

(72)発明者 アル オタイビ, モハメッド
 サウジアラビア王国 アブカイク 3 1 3 1 1 ピー・オー・ボックス 1 0 3 1 1, サウジ ア
 ラムコ

(72)発明者 アル-ユーセフ, アリ アブダラ
 サウジアラビア王国 ダーラン 3 1 3 1 1 ピー・オー・ボックス 8 8 7 5

審査官 川村 大輔

(56)参考文献 特開 2 0 0 9 - 1 3 4 2 5 5 (J P , A)
 特開 2 0 1 5 - 1 2 8 8 1 8 (J P , A)
 米国特許出願公開第 2 0 1 1 / 0 2 9 6 9 0 3 (U S , A 1)
 韓国公開特許第 1 0 - 2 0 1 6 - 0 0 1 4 5 0 4 (K R , A)

(58)調査した分野(Int.Cl., D B 名)
 G 0 3 F 7 / 0 0 - 7 / 4 2