

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5525519号
(P5525519)

(45) 発行日 平成26年6月18日(2014.6.18)

(24) 登録日 平成26年4月18日(2014.4.18)

(51) Int.Cl.

F I

B 4 1 J 2/05 (2006.01)

B 4 1 J 3/04 1 O 3 B

B 4 1 J 2/16 (2006.01)

B 4 1 J 3/04 1 O 3 H

請求項の数 3 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2011-514607 (P2011-514607)
 (86) (22) 出願日 平成21年6月17日(2009.6.17)
 (65) 公表番号 特表2011-525437 (P2011-525437A)
 (43) 公表日 平成23年9月22日(2011.9.22)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2009/003625
 (87) 国際公開番号 W02010/011250
 (87) 国際公開日 平成22年1月28日(2010.1.28)
 審査請求日 平成24年3月28日(2012.3.28)
 (31) 優先権主張番号 12/143,880
 (32) 優先日 平成20年6月23日(2008.6.23)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 590000846
 イーストマン コダック カンパニー
 アメリカ合衆国 ニューヨーク州 ロチェ
 スター ステート ストリート 343
 (74) 代理人 100070150
 弁理士 伊東 忠彦
 (74) 代理人 100091214
 弁理士 大貫 進介
 (74) 代理人 100107766
 弁理士 伊東 忠重
 (72) 発明者 レベンズ, ジョン アンドリュウ
 アメリカ合衆国 ニューヨーク州 146
 50 ロチェスター ステイト・ストリー
 ト 343

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 分離されたヒータを有するプリントヘッド

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 の表面を含む基板；

前記第 1 の表面上に配置された第 1 の誘電体層；

前記第 1 の誘電体層を覆う第 2 の誘電体層であり、当該第 2 の誘電体層は、接触部で前記第 1 の誘電体層と接触し、且つキャビティ部で前記第 1 の誘電体層から離隔され、それにより、該キャビティ部において前記第 1 の誘電体層と当該第 2 の誘電体層との間にキャビティが形成され、該キャビティは複数の突起部を含む、第 2 の誘電体層；

前記第 2 の誘電体層上に配置され、電気コンタクト同士の間の長さ方向に沿って第 1 のエッジを含む加熱素子；

前記加熱素子の前記第 1 のエッジの外側に突出する前記複数の突起部で前記キャビティを封止する絶縁性封止材料；及び

前記加熱素子の上方に配置されたノズルを含むチャンバであり、当該チャンバが液体を受け入れる形状にされ、前記キャビティが前記液体から隔離される、チャンバ；

を有する液体イジェクタ。

【請求項 2】

前記基板の前記第 1 の表面に配置された電子回路であり、前記加熱素子と電氣的に通信する電子回路、

を更に有する請求項 1 に記載のイジェクタ。

【請求項 3】

10

20

液体インジェクタ用の熱的に分離された加熱素子を形成する方法であって：

第１の表面を含む基板を用意する工程；

前記第１の表面上に犠牲材料層を堆積する工程；

パターンニングされた犠牲材料層が複数の突起を含むように前記犠牲材料層をパターンニングする工程；

前記パターンニングされた犠牲材料層上に誘電体層を堆積する工程；

前記誘電体層上に加熱素子を形成する工程；

前記誘電体層の一部を除去して、前記パターンニングされた犠牲材料層の前記複数の突起を露出させる開口部を形成する工程；

前記パターンニングされた犠牲材料層を除去し、前記誘電体層と前記基板の前記第１の表面との間にキャビティを作り出す工程；及び

前記開口部を充填するように封止層を堆積することによって前記キャビティを封止する工程；

を有する方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、概してマイクロヒータ及びその形成方法に関し、より具体的には、インクジェット装置及びその他の液滴インジェクタに使用されるマイクロヒータに関する。

【背景技術】

【０００２】

長年、インクジェット印刷システムのインク印刷装置として、ドロップ・オン・デマンド（drop-on-demand；DOD）の液体吐出装置が使用されている。初期の装置は圧電アクチュエータに基づいていた。インクジェット印刷の現在の一般的な形態であるサーマルインクジェット（又は、“サーマルバブルジェット”）装置は、液滴吐出を生じさせる蒸気泡を生成するために電気抵抗加熱器（ヒータ）を使用する。

【０００３】

サーマルインクジェットシステムに使用されるプリントヘッドは、インクチャンバの上方に、アレイ状の複数のインクジェットノズルを有するノズルプレートを含んでいる。電気抵抗ヒータは、対応するノズルとは反対側のインクチャンバの底部にある。ヒータは、十分なエネルギーの電気パルスに応答して、インクの気化を引き起こし、急速に膨張して液滴を吐出する気泡を生成する。

【０００４】

液滴を信頼性高く吐出するのに十分な気泡形成を達成するためには、ヒータに印加される必要がある最小閾値エネルギーが存在する。液滴を吐出するために、ヒータは、ヒータ・インク接触面のインクを臨界気泡核形成温度より高い温度まで上昇させるのに十分な熱を供給しなければならない。臨界気泡核形成温度は、水性インクの場合にはおよそ２８０である。この最小閾値エネルギーは、吐出される液滴の体積と、例えば電気抵抗ヒータの幾何学配置などのプリントヘッド設計とに依存する。

【０００５】

従来技術に係るプリントヘッド設計は、基板上に形成された絶縁性断熱層、典型的には二酸化シリコン、の上にヒータを形成している。電気抵抗ヒータ上には、インクからの保護のため、保護パッシベーション層が形成される。ヒータがエネルギー供給されると、インク及び基板の双方に熱が伝達される。従来技術におけるヒータは、ヒータによって発生されたエネルギーのおよそ半分のみがインクを加熱することになるので不十分である。残りは基板へと流れ、基板の温度上昇を引き起こす。この基板の温度上昇は高速印刷にとって不利である。基板が過度に熱くなると、プリントヘッドを冷ますために印刷を停止しなければならないからである。

【０００６】

プリントヘッドを冷却する１つの機構は、液滴を吐出することによる熱の除去である。

10

20

30

40

50

除去される熱の量は、吐出される液滴の温度及び体積に比例する。実際、6ピコリットル（pL）より大きい大きな液滴体積の場合、従来技術に係るプリントヘッドは、プリントヘッドの20 - 30の温度上昇で、液滴を吐出するのに必要なエネルギーが吐出液滴により除去される熱エネルギーに等しい状況を達成することができる。この場合には、定常的な動作温度を達成することが可能である。

【0007】

しかしながら、最新のプリンタは典型的に、3pL未満の液滴サイズを使用する。従来技術に係るヒータの効率では、このような小さめの体積の液滴では低すぎて、プリンタ温度が過度に熱くなることなく十分な熱エネルギーを運び出すことができない。このような小さい液滴はまた、典型的に、より高い周波数で印刷され、問題を悪化させてしまう。

10

【0008】

さらに、電気抵抗ヒータ用の電氣的なドライバの大きさは、部分的に、必要なエネルギーによって決定される。電気抵抗ヒータの非効率性により、チップサイズの増大をもたらす一層大きいドライバが必要とされる。故に、基板に進入する熱の量を最小化することによって電気抵抗ヒータの効率を高めることが望ましい。

【0009】

電気抵抗ヒータの効率を高める1つの方法は、基板と電気抵抗ヒータとの間に位置するように、例えば空洞（キャビティ）などの断熱部（熱障壁）を設けるものである。典型的に、電気抵抗ヒータは、制御回路が形成された後のウェハ処理の最後に形成される。故に、低温バックエンドプロセスに適合したキャビティ形成プロセスを設計することが重要である。

20

【0010】

インク滴の吐出後、インクがチャンバを補充する時にインクとヒータとの接触面の温度が補充インクを気化させるのに十分でないように、ヒータを十分に冷却することも重要である。このような気化はプリントヘッドの動作周波数を制限することになる。なお、初めの気泡気化の時間尺度は1 - 2 μ secであるが、インク補充は6 - 10 μ sec後の時点で行われる。故に、初めの気泡形成の効率を低下させず、それと同時に、この長めの時間サイクルでヒータ温度を十分に低下させることが可能な熱経路を設けることが有用である。また、この熱経路が基板にではなくインクに熱を分配することも重要である。

【0011】

30

印刷システムで使用されるプリントヘッドでは、使用中に電気抵抗ヒータに印加されるエネルギーは閾値エネルギーより大きい（典型的に、15 - 20%）。この追加エネルギーは、電気抵抗ヒータの抵抗バラつき及びヒータの寿命にわたっての閾値エネルギー変動の影響を不具にするために用いられている。ヒータ抵抗のバラつきのため、この追加エネルギーは液滴吐出にバラつきを生じさせ得る。故に、この追加の熱を蒸気泡形成に寄与させることよりむしろ、追加の熱を排除することが有用となる。

【0012】

また、プリントヘッドが長寿命を有することも必要である。ヒータの如何なる不均一性も、乏しい蒸気泡の核形成と、ヒータへの局所的な損傷とを生じさせ、それによってプリントヘッドの寿命を短縮させ得る。故に、プリントヘッドの寿命要求を維持するためには、ヒータ表面が均一であることが重要である。

40

【0013】

ヒータへの損傷もプリントヘッドの寿命を制限する。崩壊する気泡は、ヒータのパッシベーション層内に局所的な損傷を生じさせ得る。このパッシベーション層内の局所的な損傷は最終的にヒータ層に到達し、それにより、ヒータの壊滅的な不具合を生じさせる。故に、ヒータへのこのキャビテーション損傷を制限することが重要である。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

従って、長い寿命を有し且つその寿命を通して高品質の印刷を提供するプリントヘッド

50

が望まれる。このプリントヘッドはまた、当該プリントヘッドの過熱を防止するのに十分なヒータ効率で、高周波で微小液滴を吐出可能であるべきである。

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明の一態様によれば、液体イジェクタは、基板、加熱素子、誘電体層及びチャンバを含む。基板は第1の表面を含んでいる。加熱素子は、当該加熱素子と基板の第1の表面との間にキャビティが存在するように、基板の第1の表面の上方に配置されている。誘電体層は、キャビティが横方向で当該誘電体層によって境界されるように、加熱素子とキャビティとの間に配置されている。チャンバは、ノズルを含んでおり、加熱素子の上方に配置されている。チャンバは、キャビティが液体から隔離されるようにして、該液体を受け入れるような形状にされている。

10

【0016】

本発明の他の一態様によれば、液体イジェクタを作動させる方法は、第1の表面を含む基板；基板の第1の表面の上方に配置された加熱素子であり、当該加熱素子と基板の第1の表面との間にキャビティが存在する、加熱素子；加熱素子とキャビティとの間に配置された誘電体層であり、キャビティが横方向で当該誘電体層によって境界される、誘電体層；及び加熱素子の上方に配置されたノズルを含むチャンバであり、当該チャンバが液体を受け入れる形状にされ、キャビティが該液体から隔離される、チャンバ；を含む液体イジェクタを用意するステップと、液体イジェクタのチャンバ内に液体を導入するステップと、加熱素子上に蒸気泡を形成することによって、加熱素子及び誘電体層をキャビティ内に変形させるステップとを含む。

20

【0017】

本発明の他の一態様によれば、液体イジェクタ用の熱的に分離された加熱素子を形成する方法は、第1の表面を含む基板を用意する工程と、第1の表面上に犠牲材料層を堆積する工程と、犠牲材料層をパターニングする工程と、パターニングされた犠牲材料層上に誘電体層を堆積する工程と、誘電体層上に加熱素子を形成する工程と、パターニングされた犠牲材料層を除去し、誘電体層と基板の第1の表面との間にキャビティを作り出す工程とを含む。

【図面の簡単な説明】

【0018】

30

以下にて提示する本発明の好適実施形態の詳細な説明において、以下の図を含む添付の図面を参照する。

【図1】従来技術に係る液体イジェクタを示す模式的な断面図である。

【図2】本発明に従って製造される液体イジェクタを示す模式的な断面図である。

【図3a】図2の液体イジェクタ内の分離されたヒータを形成する一手法を示す図である。

【図3b】図2の液体イジェクタ内の分離されたヒータを形成する一手法を示す図である。

【図4a】図2の液体イジェクタ内の分離されたヒータを形成する一手法を示す図である。

40

【図4b】図2の液体イジェクタ内の分離されたヒータを形成する一手法を示す図である。

【図5】図2の液体イジェクタ内の分離されたヒータを形成する一手法を示す図である。

【図6a】図2の液体イジェクタ内の分離されたヒータを形成する一手法を示す図である。

【図6b】図2の液体イジェクタ内の分離されたヒータを形成する一手法を示す図である。

【図7a】図2の液体イジェクタ内の分離されたヒータを形成する一手法を示す図である。

【図7b】図2の液体イジェクタ内の分離されたヒータを形成する一手法を示す図である

50

。【図 8】図 2 の液体イジェクタ内の分離されたヒータを形成する一手法を示す図である。

【図 9 a】図 2 の液体イジェクタ内の分離されたヒータを形成する一手法を示す図である。

。【図 9 b】図 2 の液体イジェクタ内の分離されたヒータを形成する一手法を示す図である。

。【図 10】図 2 の液体イジェクタ内の分離されたヒータを形成する一手法を示す図である。

。【図 11 a】図 2 の液体イジェクタ内の分離されたヒータを形成する際に使用される犠牲層をパターニングする代替的な一手法を示す模式的な上面図である。

10

【図 11 b】図 11 a の犠牲層をパターニングする代替手法を用いて形成される 2 つの分離されたヒータを示す模式的な上面図である。

【図 11 c】図 11 b の直線 B - B ' に沿った模式的な断面図である。

【図 12 a】図 2 の液体イジェクタ内の分離されたヒータを形成する際に使用される犠牲層をパターニングする代替的な他の一手法を示す模式的な上面図である。

【図 12 b】図 2 の液体イジェクタ内の分離されたヒータを形成する際に使用される犠牲層をパターニングする代替的な他の一手法を示す模式的な上面図である。

【図 13 a】電流パルスがちょうど印加された時の、インクのオーブンプール内の本発明に係る 1 つの分離されたヒータを示す模式的な断面図である。

【図 13 b】気泡が核を成した時の、インクのオーブンプール内の本発明に係る 1 つの分離されたヒータを示す模式的な断面図である。

20

【図 13 c】気泡が更に膨張した時の、インクのオーブンプール内の本発明に係る 1 つの分離されたヒータを示す模式的な断面図である。

【図 13 d】ヒータ上での気泡崩壊を示す、インクのオーブンプール内の本発明に係る 1 つの分離されたヒータを示す模式的な断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

ここでの説明は特に、本発明に従った装置の一部を形成する、あるいは該装置とより直接的に協働する要素に向けられる。理解されるように、特に図示あるいは説明しない要素は、当業者に周知の様々な形態をとり得る。以下の説明においては、可能な限り、同一の要素を指し示すために同一の参照符号を用いる。

30

【0020】

後述するように、本発明は、液滴吐出装置（イジェクタ）に使用され得るマイクロヒータ、液体イジェクタを作動させる方法、及び液滴イジェクタに使用するマイクロヒータの積層体（スタック）を形成する方法を記述する。そのような装置の最も親しみのあるものは、インクジェット印刷システム内のプリントヘッドとして使用されている。インクジェット及び液体という用語はここでは相互に入れ替え可能に使用されるが、滴の形態をしたその他の種類の液体を放出あるいは吐出する、インクジェットプリントヘッドと同様の、システム内でマイクロヒータ又はヒータを使用する数多くのその他の用途が出現しつつある。それらの用途の例は、ポリマー、導電性インク及び調合薬の送達を含む。これらのシステムも、本発明に係る効率的なヒータスタックを必要とする。

40

【0021】

現行のサーマルインクジェットプリントヘッドにおいては、電熱ヒータは、制御デバイスを収容したシリコンチップの表面に形成されたヒータスタックを含んでいる。図 1 は、シリコン基板 4 上に形成されたヒータスタック 6 を有する従来技術に係るシングルインクジェットイジェクタ 2 の断面を例示している。基板上には、典型的に 1 - 3 μm 厚の誘電体断熱層 10 がある。この誘電体熱障壁 10 は典型的に、電気抵抗ヒータ層 8 のヒータ領域 14 の活性化を制御するチップの他の領域内の電気回路（図示せず）を製造する時に形成される層間誘電体から製造される。導電層 12 が、電気抵抗ヒータ層 8 の頂部に堆積され、制御回路（図示せず）に接続する導電配線を形成し且つヒータ領域 14 をも定めるよ

50

うに、エッチングされてパターンニングされる。

【 0 0 2 2 】

ヒータスタック 6 には典型的に、インクから保護することによってヒータを長寿命化するために、2つの層が追加される。絶縁性パッシベーション層 1 6 が堆積される。絶縁性パッシベーション層 1 6 は、窒化シリコン、酸化シリコン、炭化シリコン、又はこれらの材料の組み合わせから形成され得る。絶縁性パッシベーション層 1 6 の頂部に、保護層 1 8 が堆積される。保護層 1 8 は、典型的にタンタルを用いて形成され、気泡崩壊に由来する衝撃応力から電気抵抗ヒータ層 8 を保護する。

【 0 0 2 3 】

ヒータの上方にインクチャンバ 2 0 が存在している。インクチャンバ 2 0 は、当該チャンバの天井部を形成するノズルプレート 2 2 を備えている。ヒータの上方に位置するように、ノズルプレート 2 2 内にノズル 2 4 が形成されている。チャンバのインク供給口は図示していない。

【 0 0 2 4 】

液滴を吐出するために、導電層 1 2 を介してヒータに、典型的には $1 \mu s$ 未満である電気パルスが印加される。ヒータに印加される電気エネルギーは、インク - ヒータ接触面にあるインクに伝達される熱エネルギーを作り出す。インクの温度を上昇させて蒸気泡形成を起こさせるのに十分な量の熱エネルギーが、核形成閾値にて伝達される。水性インクの場合、気泡の核形成の温度はおおよそ $280^\circ C$ である。図 1 中の矢印 2 6 a、2 6 b 及び 2 6 c は、電気パルスによる熱流束を表している。おおよそ等しい量の熱が、インクチャンバ内のインク（矢印 2 6 a で表す）と、基板（矢印 2 6 b で表す）とに流れる。少量は、矢印 2 6 c で表すように、ヒータスタックに沿って横方向に拡散することになる。矢印 2 6 a によって表された熱流束のみが気泡形成に直接的に寄与することになる。矢印 2 6 b 及び 2 6 c によって表された熱は浪費され、ヒートシンクによって、あるいはその後に吐出されるインクへの伝達によっての何れかで、イジェクタから除去されなければならない。

【 0 0 2 5 】

図 2 は、本発明に係る、分離されたヒータ領域 3 4 を備えたシングルインクジェットイジェクタ 3 0 の一実施形態の断面を示している。従来技術においてのように、チップの他の領域内に電気回路を製造する時に形成される層間誘電体から製造された、基板 4 上に堆積された酸化物断熱層 1 0 が存在している。酸化物断熱層 1 0 の上方且つ下部誘電体保護層 3 8 の下方の分離されたヒータ領域 3 4 内に、分離用キャビティ 3 6 が形成されている。分離用キャビティ 3 6 は横方向で誘電体保護層 3 8 によって境界されている。分離用キャビティ 3 6 は、全ての側で密閉されており、大気圧より低い圧力で気体を収容している。下部誘電体保護層 3 8 は、キャビティ形成プロセス中の攻撃からヒータを保護する。

【 0 0 2 6 】

従来技術におけるヒータスタックの構成と同様に、本発明に係る分離されたヒータスタック 3 2 は、電気抵抗ヒータ層 8 及び導電層 1 2 を含んでいる。この場合も、分離されたヒータ領域上に、絶縁性パッシベーション層 1 6 及び保護層 1 8 である 2 つの保護層が形成される。この場合には、これらの層の厚さは、従来技術と比較して、ヒータのエネルギー効率を高めるために薄くされる。

【 0 0 2 7 】

本発明に係る分離されたヒータスタック 3 2 に含まれた電気抵抗ヒータ層 8 に、典型的に $1 \mu s$ 未満である電気パルスが印加されると、熱流束は、矢印 4 0 によって表されるように、主として、インクチャンバ内のインクへと流れる。分離用キャビティ 3 6 の存在により、基板内への熱流束は非常に少ない。結果として、ヒータスタック 3 2 の効率は、従来技術と比較して向上される。

【 0 0 2 8 】

矢印 4 2 で表される横方向の熱流束が依然として存在するが、この横方向の熱流束は、分離用キャビティ 3 6 の存在によって少なくとも部分的に作り出される下部断面領域を有

10

20

30

40

50

するヒータスタック 3 2 のおかげで、従来技術と比較して低減される。

【 0 0 2 9 】

図 3 a 乃至 1 0 は、分離されたヒータスタック内に分離用キャビティが形成された複数のシングルインクジェットイジェクタ 3 0 を含むプリントヘッドを形成するための本発明に係る製造方法を例示している。これらの図は、プロセスを説明するために、複数のイジェクタのうちの 2 つを有するプリントヘッドの区画を示している。

【 0 0 3 0 】

図 3 a は、例えば C M O S 制御回路及び L D M O S ドライバといった電子回路（図示せず）が上に製造されたシリコン基板 4 を、ヒータの長さ方向の断面にて示している。上記電子回路のプロセスは技術的に周知である。この回路は、アレイ状の液滴イジェクタ内のヒータ群の発熱を制御する。誘電体断熱層 1 0 は、C M O S デバイスの層間誘電体層からなる。層間誘電体層内には、C M O S デバイス回路の複数の金属層のうちの 1 つに由来し且つ駆動トランジスタ（図示せず）に接続する金属リード 4 4 が含まれる。図 3 b は、2 つのイジェクタを駆動する 2 つのリード 4 4 a 及び共有されたコモン配線 4 4 b という 3 つの金属リード 4 4 を有する上面図を示している。

【 0 0 3 1 】

図 4 a のヒータの長さ方向の断面図及び図 4 b の上面図に示すように、犠牲層 4 6 が堆積され、パターニングされる。好適な実施形態において、この層は、物理気相成長法によって堆積された非晶質シリコンから形成される。例えばポリイミド又はアルミニウムなどのその他の材料も使用され得る。犠牲層 4 6 は、1 0 0 - 2 0 0 0 の厚さ範囲内で堆積される。より薄い犠牲層は、より浅いキャビティをもたらし、それにより、浮遊されるヒータに対する更なる構造的サポートを提供する。しかしながら、薄い犠牲層ほど、除去し難く、また、製造中及び動作中の双方において静止摩擦力の影響を受け易い。好適な実施形態において、その厚さは 5 0 0 - 1 0 0 0 の範囲内である。図 4 b は、イジェクタアレイの 2 つのイジェクタのプロセスを例示するプリントヘッドの上面図を示している。犠牲層 4 6 は長方形の形状であり、各側面に位置付けられた小さい突起群 4 8 を含んでいる。

【 0 0 3 2 】

図 5 のヒータの長さ方向の断面図に示すように、下部誘電体保護層 3 8 が堆積される。好適な実施形態において、この層は、窒化シリコン、酸化シリコン、又はこれら 2 つの材料の組み合わせのプラズマ化学気相成長法（P E C V D）によって形成される。下部誘電体保護層は、5 0 0 - 4 0 0 0 の厚さ範囲内で堆積される。薄い層ほど、加熱に必要なエネルギーが小さく、故に、熱効率が高いが、提供する機械的サポートが小さくなる。好適な実施形態において、その厚さは 5 0 0 - 2 0 0 0 の範囲内である。

【 0 0 3 3 】

図 6 a のヒータの長さ方向の断面図及び図 6 b の上面図に示すように、金属リードへのビア 5 0、5 0 a、5 0 b がエッチングされた後、電気抵抗ヒータ層 8 及び導電層 1 2 の堆積及びパターニングが続けられて、ヒータ領域 3 4 が形成される。ヒータ領域 3 4 は、後に、本発明に係る分離されたヒータ領域となる。電気抵抗ヒータ層 8 は、3 0 0 - 1 0 0 0 の厚さ範囲内で堆積される。該ヒータ層が薄いほど、ヒータ温度を上昇させるのに必要なエネルギーが小さくなる。しかしながら実際には、非常に薄い層の均一性は、制御することが困難である。好適な実施形態において、ヒータ層 8 の厚さは 4 0 0 - 6 0 0 の範囲内である。ヒータ材料は、タンタル、シリコン及び窒化物を含有する三元合金である。その他の三元合金又は四元合金も使用され得る。導電層 1 2 は 2 0 0 0 - 6 0 0 0 の厚さ範囲内で堆積される。好適な実施形態において、その材料はアルミニウム又はアルミニウム合金である。図 6 a 及び 6 b に示すように、この導電層は、犠牲層を含む領域状には延在していない。

【 0 0 3 4 】

図 7 a 及び 7 b を参照するに、次に、フォトレジスト層 5 1 がコーティングされ、開口部 5 2 のアレイを露出させるように露光される。図 7 a はフォトレジストの開口部 5 2 の上面図を示している。開口部の大きさは 0 . 8 - 2 μ m の範囲内である。小さい開口部の

10

20

30

40

50

使用は、浮遊されるヒータの強度を高めるとともに、大きい開口部より良好に分離用キャビティを密閉する。これらのフォトリソスト開口部は、犠牲層 46 の突起群 48 の上に位置整合されるように配列される。これらの開口部 52 の下の下部誘電体保護層 38 を除去して、突起部 48 上で犠牲層 46 を露出させるために、ドライエッチングが用いられる。好適な実施形態において、このドライエッチングは、六フッ化硫黄ガスを用いるプラズマエッチングである。図 7 b は、ドライエッチングによって下部誘電体保護層 38 が除去され且つ犠牲層 46 が露出された後の、図 7 a の直線 A - A' を通る断面を示している。

【0035】

図 8 を参照するに、次に、上述のパターニングされた基板が、二フッ化キセノンガスを含有するチャンバ内に置かれる、二フッ化キセノンガスは、好適な実施形態において非晶質シリコンである犠牲層 46 の全体を選択的に除去して、分離用キャビティ 36 を作り出す。パターニングされたフォトリソスト層 51 は、二フッ化キセノンガスによる攻撃から電気抵抗ヒータ層 8 を保護するために残存され、その後に除去される。他の例では、電気抵抗層 8 を保護するために、電気抵抗層 8 の頂部に薄い窒化シリコン層を堆積してもよい。その場合には、この工程に先立ってフォトリソスト層を除去することができる。この二フッ化キセノンガスエッチングにより、図 7 a の直線 B - B' を通る図 8 の断面図（フォトリソスト層 51 が除去された後を示している）に示すように、犠牲層が除去される。

【0036】

図 9 a は、絶縁性封止層 54 が堆積された後の、図 7 a の直線 B - B' を通る断面図を示している。この層は、開口部 52 を充填することによって、本発明に係る分離されたヒータ領域の下の分離用キャビティ 36 を封止する。図 9 b は、開口部 52 が封止された後の、図 7 a の直線 A - A' を通る断面図を示している。絶縁性封止層の材料は、窒化シリコン、炭化シリコン、又はこれら 2 つの材料の組み合わせである。この堆積は、好適な実施形態において、プラズマ化学気相成長法（PECVD）による。封止された分離用キャビティ内の圧力は、PECVD による堆積に使用された圧力と同等となり、典型的に 1 Torr 未満である。好適な実施形態において、絶縁性封止層の厚さは 1000 - 2500 である。絶縁性封止層 54 はまた、絶縁性パッシベーション層 16 として機能し、インクからの電気抵抗層 8 の保護を提供する。

【0037】

図 10 は、ヒートスプレッディング層 55 の堆積及びパターニング後の断面図を示している。ヒートスプレッディング層 55 は良熱伝導体である。好適な実施形態において、ヒートスプレッディング層 55 はタンタルであり、物理気相成長法によって 500 - 2500 の厚さで堆積される。この実施形態において、ヒートスプレッディング層 55 は、インクからヒータを保護する保護層 18 の横方向への延在部である。ヒートスプレッディング層 55 は、インクチャンバ全体上に残され、ヒータからインクへの熱伝達媒体として作用する。

【0038】

このデバイスをインクジェットイジェクタとして使用するため、同時継続中の同一出願人による米国特許出願第 11 / 609375 号及び 11 / 609365 号（ともに 2006 年 12 月 12 日に出願）に記載されるようにして、チャンバ及びノズルプレートを製造することができる。なお、これらの文献の開示をここに援用する。

【0039】

図 11 a - 11 c を参照するに、他の一実施形態が示されている。図 11 a は、犠牲層 46 内に 2 つの孔 56 が形成されたパターニング後の犠牲層 46 の上面図を示している。そして、処理が図 3 - 10 を参照して説明したようにして完了される。図 11 b は、この実施形態に係るヒータの上面図を示している。図 11 c は図 11 b の直線 B - B' を通る断面図を示している。分離用キャビティ 36 内の 2 つの支持ポスト 58 が、孔 56 内に形成されている。

【0040】

（図 5 においてのように）犠牲層 46 上に誘電体保護層 38 が堆積される時、その誘電

10

20

30

40

50

体材料（例えば、窒化シリコン、酸化シリコン、又はこれら２つの材料の組み合わせ）が孔５６を充填する。二フッ化キセノンガスが犠牲層４６を除去する時、孔５６内に堆積された材料は除去されない。結果として、支持体５８は、分離用キャビティ３６上のヒータ層８に対する機械的支持を提供する。これらの支持体の直径は $0.4 - 1.0 \mu\text{m}$ の範囲内であり、好適な実施形態では直径 $0.6 - 0.8 \mu\text{m}$ である。図１１ｃには２つの支持体５８が示されているが、支持体５８の数は例えば１と１０との間で変更されてもよい。支持体５８の数、大きさ、形状及び位置は、ヒータスタックの構造的な支持要求によって決定され、犠牲層４６をパターニングするためのマスク設計によって実現される。支持体５８同士の間隔はヒータ長の $1/3$ と $2/3$ との間で変更され得る。

【００４１】

図１２ａ及び１２ｂを参照するに、他の一実施形態が示されている。図１２ａは、犠牲層内にヒータの長さ方向に沿って１つのストリップ６０が形成されたパターニング後の犠牲層４６の上面図を示している。図１２ｂは、それに代えて、犠牲層内にヒータの長さ方向に垂直な例えばストリップ６０といった開口部が形成されたパターニング後の犠牲層４６の上面図を示している。これらの代替的な実施形態において、２以上のストリップ、又はストリップと例えば孔などのその他の開口部との組み合わせが存在してもよい。これらのストリップなどは、上述のように充填されると、分離用キャビティ３６上のヒータ層８を支持する例えば尾根状又はポスト状などの対応する支持構造を生じさせる。

【００４２】

ここで説明した製造プロセス（デバイス状に製造されるＣＭＯＳ回路の層間誘電体層を含む誘電体断熱層１０に始まる）は、ヒータと同じシリコン基板上の駆動電子装置及びロジックの製造と相性が良い。このことは、サーマルインクジェットプリントヘッドに必要な多数のヒータが現行及び将来の印刷スピード要求を満たすことができるように制御するための必要条件である。対照的に、米国特許第５７５１３１５号明細書に記載されているキャビティを下に有するヒータは、ポリシリコンヒータを使用している。そのようなヒータ材料は、高温での堆積を必要とし、ＣＭＯＳ回路のアルミニウムのシンター後にヒータが堆積されるためにヒータ堆積温度を 400 を超えないように制約するＣＭＯＳ製造上の要求と相性が良くないものである。

【００４３】

サーマルインクジェットプリントヘッドの第２の必要条件は、現行及び将来の印刷解像度要求を満たすために、隣接し合う液滴イジェクタのヒータが、例えば $600 - 1200$ ヒータ／インチの間隔で、互いに近接して配置されなければならないことである。１インチ当たり 600 個のヒータに相当する中心間で見えたヒータ間隔が約 $42 \mu\text{m}$ である場合、ヒータの幅はおよそ $30 \mu\text{m}$ がそれより小さくなる。本発明に係る製造プロセスは、約 $21 \mu\text{m}$ の中心間間隔を有し且つ $15 \mu\text{m}$ 未満のヒータ幅を有するヒータ群を提供可能であることが実証されている。米国特許第５８６１９０２号に記載されている熱分離用のキャビティを下に有するヒータを形成するための製造方法は、このような近接した間隔のヒータ群を実現することが困難である。特に、米国特許第５８６１９０２号のＦＩＧ．７を参照して説明されている実施形態では、本発明における犠牲層４６が横方向で境界されている（図５参照）のに対し、犠牲層（９０）は横方向で境界されていない。本発明においては、犠牲層４６のエッチングは、固定された横方向の境界を分離用キャビティ３６に提供する横方向で境界する誘電体保護層３８（図２及び８参照）によって当該エッチングが停止されるまで進められる。対照的に、米国特許第５８６１９０２号の横方向に境界されていない犠牲層（９０）は、１インチ当たり 300 のヒータ間隔及び約 $50 \mu\text{m}$ のヒータ幅に対しては十分な製造許容度を提供し得るが、１インチ当たり 600 又は 1200 のヒータ間隔及び $30 \mu\text{m}$ 以下のヒータ幅に要求される分離用キャビティの幅においては厳しい許容度をも提供しない。

【００４４】

また、本発明に係る構造的支持５８の設計と、米国特許第５８６１９０２号のＦＩＧ．７を参照して説明されている熱伝導性カラムの設計との間には、重大な相違が存在する。

10

20

30

40

50

本発明において、支持体 58 は、犠牲層 46 のみを貫通するように小さい孔を設け、その後該孔を誘電体保護層 38 で充填することによって形成される。好適な一実施形態において、誘電体層 38 の厚さは犠牲層 46 の厚さの約 2 倍である。支持体 58 を含む実施形態においても、誘電体層 38 は、電気抵抗ヒータ層 8 に対して実質的に平面状の台座部を提供するため、ヒータ層 8 は実質的に均一な厚さでほぼ平面状になる。加えて、支持体 58 の幅は好ましくは $1\text{ }\mu\text{m}$ 以下であるため、支持体を介して基板に、非常に小さい熱が伝達されるのみである。対照的に、米国特許第 5861902 号の FIG. 7 を参照して説明されている熱伝導性カラムを形成するには、孔は 2 つの層（犠牲二酸化シリコン層 90 及び窒化シリコン誘電体層 92）を貫通して形成される。その後形成される誘電体層（24）は、意図的に薄く保たれており、有意量の平坦化を実現することができない。結果として、米国特許第 5861902 号の抵抗性加熱素子（14）は、そのかなりの部分が縦方向の熱伝導性カラムの内部を形成するため、ほぼ平面状といったものではなく、また、実質的に均一な厚さを有しない。抵抗性加熱素子（14）が厚くなる各カラムの位置において、ヒータは望ましくないクールスポットを有することになる。そのような熱伝導性カラムは、米国特許第 5861902 号にて意図される $50\text{ }\mu\text{m}$ 幅のヒータの場合には、ヒータの内部領域から熱を除去することにおいて適したものになるかも知れない。しかしながら、約 $30\text{ }\mu\text{m}$ より狭くされたヒータでは、そのような熱伝導性カラムは不要であることが分かっている。本発明に係る支持体 58 は、大きい熱インピーダンスを実現するように小さい幅で形成され、分離されたヒータの熱効率を劣化させない。

【0045】

続いて、ヒータの下に分離用キャビティを有しない従来技術に係るデバイスと比較したときの、本発明に係る設計の実験的に導出された利点を説明する。

【0046】

本発明に係る分離されたヒータを有する一組と、従来設計に係る分離されていないヒータを用いる一組との、二組のデバイスを製造した。双方のヒータの絶縁性パッシベーション層 16 及び保護層 18 に同一の材料及び厚さを使用した。双方のヒータを同一のサイズとした。本発明に係る分離されたヒータの下部誘電体層 38 は $0.2\text{ }\mu\text{m}$ の窒化シリコンとし、分離用キャビティは $0.1\text{ }\mu\text{m}$ の高さとした。これらのデバイスを、その上のノズルプレートを用いずにインクのオープンプール内で測定した。観測のためにストロボ及びカメラを用いて、気泡核形成が観測されるまでエネルギー（電圧）を徐々に大きくして、 $0.6\text{ }\mu\text{s}$ の熱パルスを印加した。本発明に係る分離されたヒータでは、気泡核形成の閾値エネルギーが、従来設計に係る分離されていないヒータに必要な閾値エネルギーの 70% 未満であった。

【0047】

もう 1 つの観測を寿命に関してヒータを試験する過程で行った。分離されたヒータは、キャビテーションにより、遙かに低い劣化を示した。核形成された気泡は崩壊するときに保護層を損傷し、気泡核形成ごとに深くなる小さい穴を開ける。最終的に、この損傷は保護層を貫通してヒータを露出させる。これはヒータの寿命を短縮する。実験によるオープンプール試験中に、分離されたヒータはこの欠陥を示さないことが観測された。分離されたヒータの場合には、気泡が崩壊するとき、分離されたヒータが、運動量エネルギーを弾性膜の変形に変換することによって、運動量エネルギーの一部を吸収することができるものと考えられる。対照的に、従来技術に係るヒータは剛体面上に形成されていて浮遊されていないため、ヒータのレイヤ群は気泡崩壊の全衝撃を吸収し得る。ノズルプレートを有する実際のデバイスでは、生涯にどれほど多く衝撃気泡崩壊があるかは、チャンバの幾何学構成と、液滴の吐出中にノズルを介して気泡が放出されるか否かと、の関数ともなり得る。それでも、本発明に係る浮遊されたヒータの場合に起こる弾性膜変形は、それがなければ同一のノズルの数多くの発熱動作によって起こるであろうヒータへの累積的な損傷量を低減することに関して有利な効果を有し得る。

【0048】

図 13a - 13d は、この効果を、本発明に係る分離されたヒータ領域 34 の簡略化し

10

20

30

40

50

た断面図（様々なレイヤを描写していない）を用いて模式的に示している。図 1 3 a は、電流の矢印 6 2 で表された熱パルスの印加開始時の、本発明に係る分離されたヒータの簡略化された断面図を示している。分離されたヒータの上方にインク 8 0 が位置している。インクとヒータとの接触面の温度が臨界温度（およそ 2 8 0 ）に達すると、気泡 7 0 が核形成し始めることになる。気泡の核形成の開始時、ヒータ上の圧力はおよそ 7 0 気圧まで急速に上昇し、直ちに滴下を開始する。この圧力パルスによって、図 1 3 b に模式的に示すように、浮遊されたヒータが下方の表面 7 2 と接触するように押し下げられることがモデル化によって示されている。

【 0 0 4 9 】

浮遊されたヒータを設計するときには解決すべき 1 つの課題は、気泡が崩壊し、未使用のインクがヒータ上に流れ戻る前に、ヒータ領域から熱を伝え出す経路が少ないことである。未使用のインクがヒータ上に流れ込むときにヒータ温度がおよそ 1 0 0 より高い場合、補充インクの沸騰が液滴吐出の不安定性を引き起こす可能性がある。気泡の核形成中に作り出される圧力によってヒータが下方の表面 7 2 と接触している間、熱流の矢印 6 4 によって示すように、この余分な熱の一部が気泡形成プロセスに有害でない時点でヒータから除去される。

【 0 0 5 0 】

気泡が膨張するとき、圧力はおよそ 0 . 2 μ s e c の間に大きさが一桁ほど低下し、図 1 3 c に模式的に示すように、ヒータはその浮遊位置に戻る。およそ 1 μ s e c 後、気泡内の圧力は周囲圧力より低くまで低下しており、気泡は収縮し始める。図 1 3 d に模式的に示す時点において、気泡は或る程度崩壊し、気泡崩壊からの慣性がヒータ表面に衝撃を生じさせる。この時点において、浮遊型のヒータは、向きを有する反動の矢印 6 6 によって図 1 3 d 中に模式的に示すように、崩壊する気泡の衝撃力によって従順に変形する。この反動は、従来技術に係るヒータにおいて通常見受けられる気泡崩壊による損傷を最小化するものと考えられる。

【 0 0 5 1 】

本発明の他の一観点は、ヒートスプレッディング層 5 5 である。気泡の核形成及び膨張は 1 μ s e c 未満で起こるが、気泡の崩壊及びインクの補充は 5 μ s e c 程度の時間尺度で起こる。ヒートスプレッディング層 5 5 は、図 1 3 d 中に熱流の矢印 6 8 で示したように、この時間尺度でヒータ層から熱を運び出し、後続の液滴吐出において吐出されることが可能なようにインクが優先的に熱を吸収することを可能にする。実験による試験において、インク補充過程中的インクの沸騰は観測されなかった。

【 0 0 5 2 】

本発明に係る分離されたヒータ領域 3 4 の他の一観点は、分離されたヒータスタック 3 2 内で使用される限られた量の熱容量である。分離されたヒータスタック 3 2 の総厚は 0 . 6 μ m 未満に制限される。分離されたヒータ領域 3 4 に含まれる少ない量のエネルギー蓄積容量は、戻りのインクに利用可能な熱エネルギーの量を制限し、ひいては、インクの温度上昇を制限する。それにより、ヒータの熱効率が向上されるとともに、補充中の不所望の気泡核形成の可能性が低減される。

【 0 0 5 3 】

以上、本発明を、本発明の特定の好適実施形態を特に参照しながら詳細に説明したが、理解されるように、本発明の範囲内で変形及び変更が為され得る。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 4 】

- 2 従来のシングルインクジェットイジェクタ
- 4 シリコン基板
- 6 従来のヒータスタック
- 8 電気抵抗ヒータ層
- 1 0 誘電体断熱（熱障壁）層
- 1 2 導電層

10

20

30

40

50

1 4	ヒータ領域	
1 6	絶縁性パッシベーション層	
1 8	保護層	
2 0	インクチャンバ	
2 2	ノズルプレート	
2 4	ノズル	
2 6	矢印	
3 0	本発明に係るシングルインクジェットイジェクタ	
3 2	本発明に係る分離されたヒートスタック	
3 4	本発明に係る分離されたヒータ領域	10
3 6	分離用キャビティ	
3 8	下部誘電体保護層	
4 0	矢印	
4 2	横方向の矢印	
4 4 a、b	金属リード	
4 6	犠牲層	
4 8	突起	
5 0 a、b	ビア	
5 1	フォトレジスト層	
5 2	開口部	20
5 4	絶縁性封止層	
5 5	ヒートスプレッディング層	
5 6	孔	
5 8	支持体	
6 0	ヒータに沿うストリップ	
6 2	電流の矢印	
6 4	熱流の矢印	
6 6	反動の矢印	
6 8	熱流の矢印	
8 0	インク	30

【図 5】

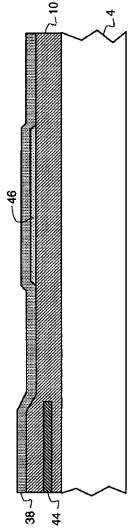


FIG. 5

【図 6 a】

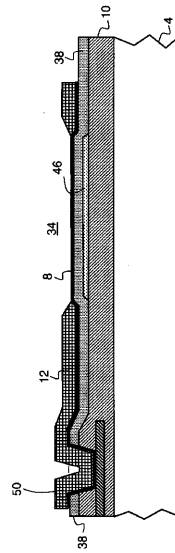


FIG. 6a

【図 6 b】

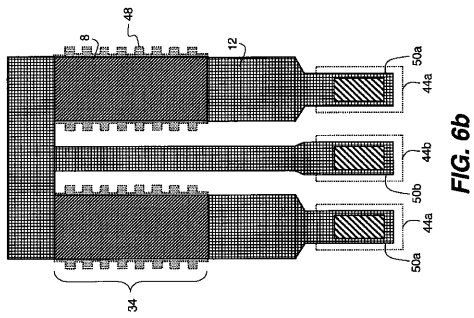


FIG. 6b

【図 7 a】

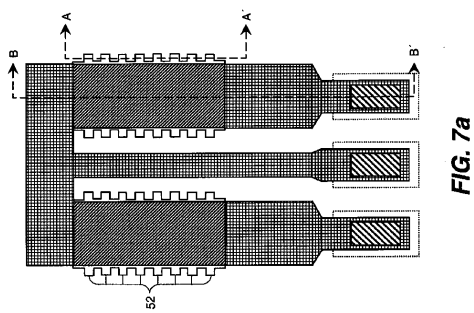


FIG. 7a

【図 7 b】

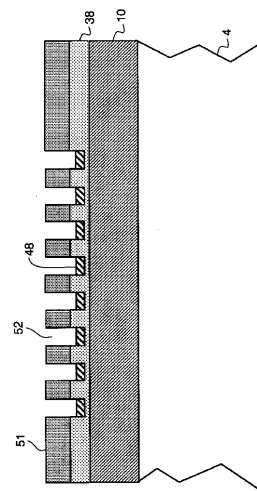


FIG. 7b

【図 8】

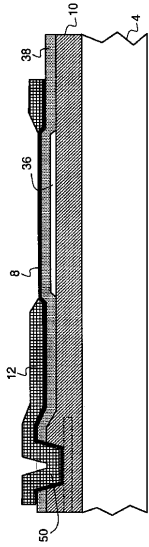


FIG. 8

【図 9 a】

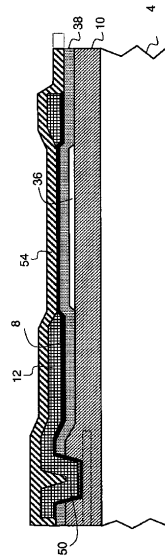


FIG. 9a

【図 9 b】

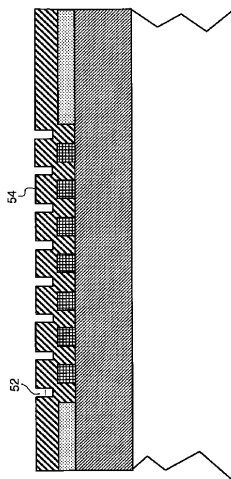


FIG. 9b

【図 10】

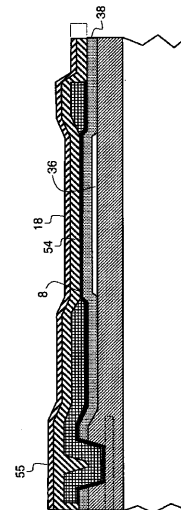


FIG. 10

【図 11 a】

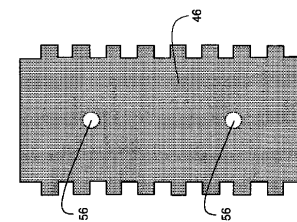
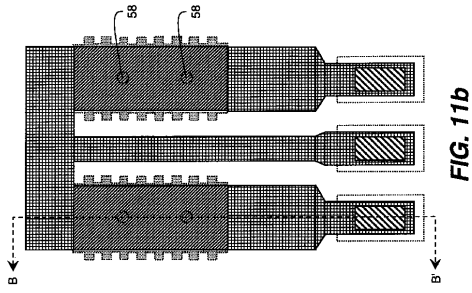
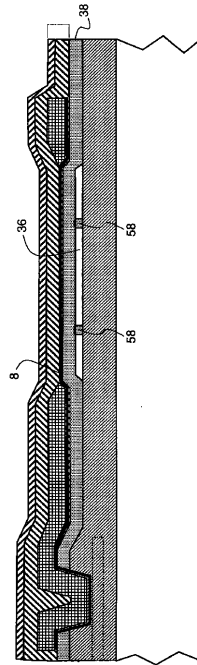


FIG. 11a

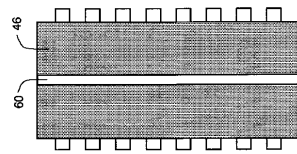
【図 11b】



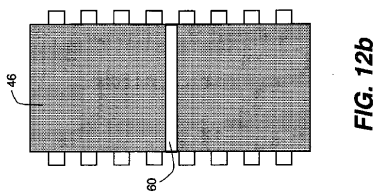
【図 11c】



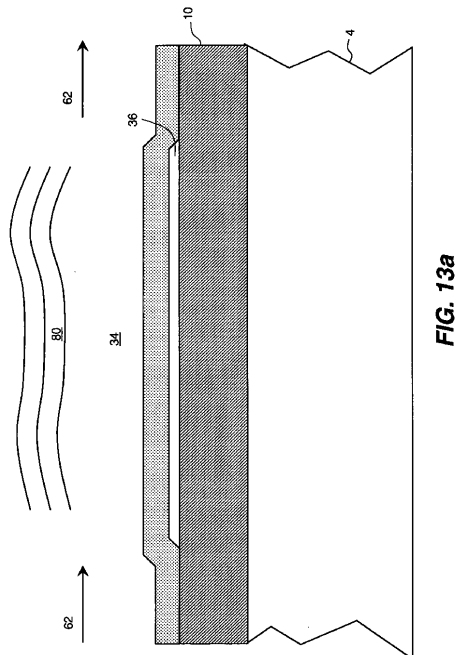
【図 12a】



【図 12b】



【図 13a】



【図 13 b】

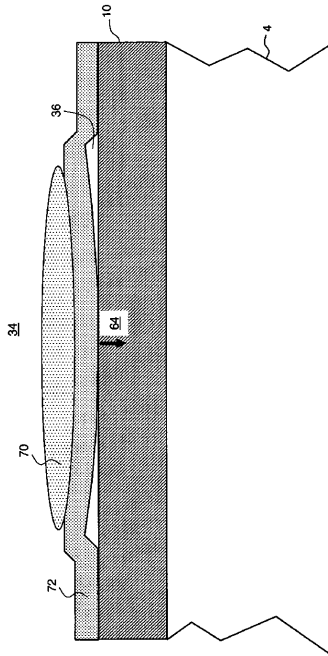


FIG. 13b

【図 13 c】

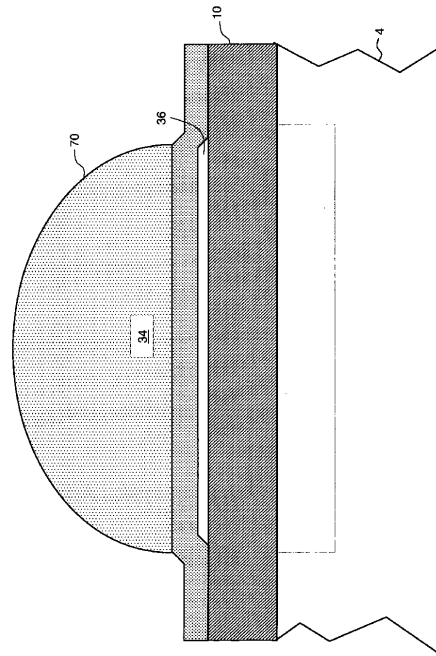


FIG. 13c

【図 13 d】

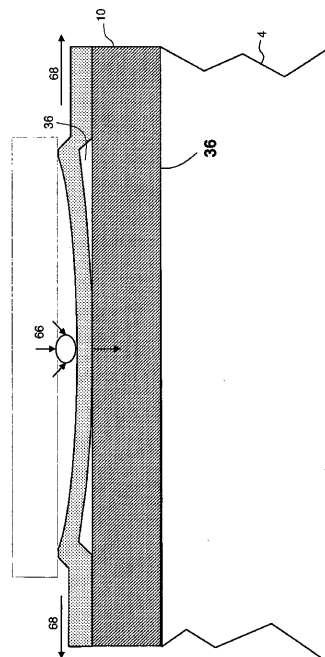


FIG. 13d

フロントページの続き

- (72)発明者 デラメッター, クリストファー ニューウェル
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 6 5 0 ロチェスター ステイト・ストリート 3 4 3
- (72)発明者 トラウエルニクト, デイヴィッド ポール
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 6 5 0 ロチェスター ステイト・ストリート 3 4 3
- (72)発明者 ドクイ, エマニュエル
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 6 5 0 ロチェスター ステイト・ストリート 3 4 3
- (72)発明者 ジャン, ウェイビン
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 6 5 0 ロチェスター ステイト・ストリート 3 4 3

審査官 小宮山 文男

- (56)参考文献 特開平08-048038(JP, A)
特開2001-096749(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B 4 1 J 2 / 0 5
B 4 1 J 2 / 1 6