

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2010-504228

(P2010-504228A)

(43) 公表日 平成22年2月12日(2010.2.12)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 4 1 J 2/05 (2006.01)	B 4 1 J 3/04 1 O 3 B	2 C O 5 7
B 8 1 B 1/00 (2006.01)	B 8 1 B 1/00	3 C O 8 1

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2009-528548 (P2009-528548)
 (86) (22) 出願日 平成18年10月9日 (2006.10.9)
 (85) 翻訳文提出日 平成21年3月24日 (2009.3.24)
 (86) 国際出願番号 PCT/AU2006/001477
 (87) 国際公開番号 W02008/043122
 (87) 国際公開日 平成20年4月17日 (2008.4.17)

(71) 出願人 303024600
 シルバーブルック リサーチ ピーティフ
 イ リミテッド
 オーストラリア ニューサウスウェールズ
 2041, バルメイン, ダーリング ス
 トリート 393
 (74) 代理人 100094318
 弁理士 山田 行一
 (74) 代理人 100123995
 弁理士 野田 雅一
 (74) 代理人 100107456
 弁理士 池田 成人

最終頁に続く

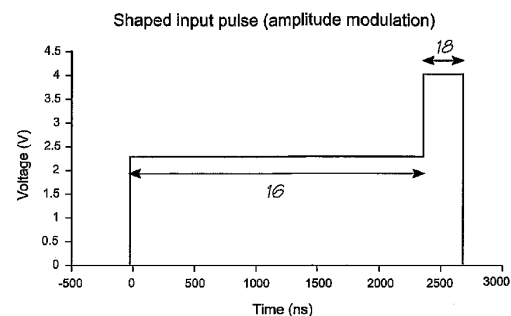
(54) 【発明の名称】 大型安定蒸気気泡のためのMEMS気泡発生器

(57) 【要約】

【課題】優れたMEMS蒸気気泡発生器を得る。

【解決手段】気泡を生成するために液体と熱接触している加熱体を使用するMEMS蒸気気泡発生器。加熱体は、電力が比較的小さい副核形成部分と、気泡を核形成する電力が大きい部分とを有するように整形された電気パルスによってエネルギーが供給される。副核形成部分によって液体に伝達される熱エネルギーによって、核形成部分の間、加熱体の表面全体の気泡の核形成速度が速くなる。これによって、規則的な形状を有する、より大型で、より安定した気泡が生成される。

【選択図】図2A



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

液体を保持するためのチャンバと、
前記チャンバ内に配置され、前記液体と熱接触する加熱体と、
前記加熱体が前記液体中に蒸気気泡を発生させるよう、前記加熱体に電気パルスを提供するための駆動回路と
を備える M E M S 蒸気気泡発生器であって、
前記パルスが、
前記蒸気気泡を核形成するのに不十分な電力を伴う第 1 の部分と、
前記第 1 の部分に続く、前記蒸気気泡を核形成するのに十分な電力を伴う第 2 の部分と
、を有する、M E M S 蒸気気泡発生器。

10

【請求項 2】

前記パルスの前記第 1 の部分が、前記蒸気気泡を核形成することなく前記液体を加熱するための予熱セクションであり、
前記第 2 の部分が、前記液体の一部を十分に加熱して前記蒸気気泡を核形成するためのトリガセクションである、請求項 1 に記載の M E M S 蒸気気泡発生器。

【請求項 3】

前記予熱セクションが、前記トリガセクションよりも長い期間を有する、請求項 2 に記載の M E M S 蒸気気泡発生器。

【請求項 4】

前記予熱セクションの長さが、少なくとも 2 マイクロ秒である、請求項 3 に記載の M E M S 蒸気気泡発生器。

20

【請求項 5】

前記トリガセクションの長さが、1 マイクロセクション未満である、請求項 3 に記載の M E M S 蒸気気泡発生器。

【請求項 6】

前記駆動回路が、パルス幅変調を使用して前記パルスを整形する、請求項 1 に記載の M E M S 蒸気気泡発生器。

【請求項 7】

前記予熱セクションが、一連の副核形成パルスである、請求項 6 に記載の M E M S 蒸気気泡発生器。

30

【請求項 8】

前記駆動回路が、電圧変調を使用して前記パルスを整形する、請求項 1 に記載の M E M S 蒸気気泡発生器。

【請求項 9】

前記予熱セクションの時間平均電力が一定であり、前記トリガセクションの時間平均電力も一定である、請求項 2 に記載の M E M S 蒸気気泡発生器。

【請求項 10】

前記チャンバと流体連絡しているノズルから印刷流体を放出するためにインクジェットプリントヘッドにおいて使用される、請求項 1 に記載の M E M S 蒸気気泡発生器。

40

【請求項 11】

前記加熱体が、印刷流体に浸すために前記チャンバ内に懸垂される、請求項 10 に記載の M E M S 蒸気気泡発生器。

【請求項 12】

前記パルスが、乾燥した印刷流体又は過度に粘性の高い印刷流体で詰まったノズルを復旧するために生成される、請求項 10 に記載の M E M S 蒸気気泡発生器。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は M E M S デバイスに関し、詳細には、動作中に蒸気気泡を生成するために液体

50

を蒸発させるMEMSデバイスに関する。

【 0 0 0 2 】

[関連出願の相互参照]

本発明の出願人又は譲受人が出願した以下の米国特許 / 特許出願に、本発明に関連する様々な方法、システム及び装置が開示されている。

【表 1】

09/575197	7079712	09/575123	6825945	09/575165	6813039	6987506
7038797	6980318	6816274	7102772	09/575186	6681045	6728000
09/575145	7088459	09/575181	7068382	7062651	6789194	6789191
6644642	6502614	6622999	6669385	6549935	6987573	6727996
6591884	6439706	6760119	09/575198	6290349	6428155	6785016
6870966	6822639	6737591	7055739	09/575129	6830196	6832717
6957768	09/575162	09/575172	09/575170	7106888	09/575161	09/517539
6566858	6331946	6246970	6442525	09/517384	09/505951	6374354
09/517608	6816968	6757832	6334190	6745331	09/517541	10/203559
10/203560	7093139	10/636263	10/636283	10/866608	10/902889	10/902833
10/940653	10/942858	10/727181	10/727162	10/727163	10/727245	10/727204
10/727233	10/727280	10/727157	10/727178	7096137	10/727257	10/727238
10/727251	10/727159	10/727180	10/727179	10/727192	10/727274	10/727164
10/727161	10/727198	10/727158	10/754536	10/754938	10/727227	10/727160
10/934720	11/212702	11/272491	11/474278	11/488853	11/488841	10/296522
6795215	7070098	09/575109	6805419	6859289	6977751	6398332
6394573	6622923	6747760	6921144	10/884881	7092112	10/949294
11/039866	11/123011	6986560	7008033	11/148237	11/248435	11/248426
11/478599	11/499749	10/922846	10/922845	10/854521	10/854522	10/854488
10/854487	10/854503	10/854504	10/854509	10/854510	7093989	10/854497
10/854495	10/854498	10/854511	10/854512	10/854525	10/854526	10/854516
10/854508	10/854507	10/854515	10/854506	10/854505	10/854493	10/854494
10/854489	10/854490	10/854492	10/854491	10/854528	10/854523	10/854527
10/854524	10/854520	10/854514	10/854519	10/854513	10/854499	10/854501
10/854500	10/854502	10/854518	10/854517	10/934628	11/212823	11/499803
10/728804	10/728952	7108355	6991322	10/728790	10/728884	10/728970
10/728784	10/728783	7077493	6962402	10/728803	10/728780	10/728779
10/773189	10/773204	10/773198	10/773199	6830318	10/773201	10/773191
10/773183	7108356	10/773196	10/773186	10/773200	10/773185	10/773192

10

20

30

【表 2】

10/773197	10/773203	10/773187	10/773202	10/773188	10/773194	7111926
10/773184	7018021	11/060751	11/060805	11/188017	11/298773	11/298774
11/329157	11/490041	11/501767	11/499736	11/505935	11/506172	11/505846
11/505857	11/505856	MTB54US	6623101	6406129	6505916	6457809
6550895	6457812	10/296434	6428133	10/407212	10/407207	10/683064
10/683041	6750901	6476863	6788336	11/097308	11/097309	11/097335
11/097299	11/097310	11/097213	11/210687	11/097212	11/212637	10/760272
10/760273	7083271	10/760182	7080894	10/760218	7090336	10/760216
10/760233	10/760246	7083257	10/760243	10/760201	10/760185	10/760253
10/760255	10/760209	10/760208	10/760194	10/760238	7077505	10/760235
7077504	10/760189	10/760262	10/760232	10/760231	10/760200	10/760190
10/760191	10/760227	7108353	7104629	11/446227	11/454904	11/472345
11/474273	11/478594	11/474279	11/482939	11/482950	11/499709	10/815625
10/815624	10/815628	10/913375	10/913373	10/913374	10/913372	10/913377
10/913378	10/913380	10/913379	10/913376	10/913381	10/986402	11/172816
11/172815	11/172814	11/482990	11/482986	11/482985	11/454899	11/003786
11/003616	11/003418	11/003334	11/003600	11/003404	11/003419	11/003700
11/003601	11/003618	11/003615	11/003337	11/003698	11/003420	6984017
11/003699	11/071473	11/003463	11/003701	11/003683	11/003614	11/003702
11/003684	11/003619	11/003617	11/293800	11/293802	11/293801	11/293808
11/293809	11/482975	11/482970	11/482968	11/482972	11/482971	11/482969
11/246676	11/246677	11/246678	11/246679	11/246680	11/246681	11/246714
11/246713	11/246689	11/246671	11/246670	11/246669	11/246704	11/246710
11/246688	11/246716	11/246715	11/293832	11/293838	11/293825	11/293841
11/293799	11/293796	11/293797	11/293798	11/293804	11/293840	11/293803
11/293833	11/293834	11/293835	11/293836	11/293837	11/293792	11/293794
11/293839	11/293826	11/293829	11/293830	11/293827	11/293828	11/293795
11/293823	11/293824	11/293831	11/293815	11/293819	11/293818	11/293817
11/293816	10/760254	10/760210	10/760202	10/760197	10/760198	10/760249
10/760263	10/760196	10/760247	10/760223	10/760264	10/760244	7097291
10/760222	10/760248	7083273	10/760192	10/760203	10/760204	10/760205
10/760206	10/760267	10/760270	10/760259	10/760271	10/760275	10/760274
10/760268	10/760184	10/760195	10/760186	10/760261	7083272	11/501771
11/014764	11/014763	11/014748	11/014747	11/014761	11/014760	11/014757
11/014714	11/014713	11/014762	11/014724	11/014723	11/014756	11/014736
11/014759	11/014758	11/014725	11/014739	11/014738	11/014737	11/014726
11/014745	11/014712	11/014715	11/014751	11/014735	11/014734	11/014719
11/014750	11/014749	11/014746	11/014769	11/014729	11/014743	11/014733
11/014754	11/014755	11/014765	11/014766	11/014740	11/014720	11/014753
11/014752	11/014744	11/014741	11/014768	11/014767	11/014718	11/014717

10

20

30

40

【表 3】

11/014716	11/014732	11/014742	11/097268	11/097185	11/097184	11/293820
11/293813	11/293822	11/293812	11/293821	11/293814	11/293793	11/293842
11/293811	11/293807	11/293806	11/293805	11/293810	11/246707	11/246706
11/246705	11/246708	11/246693	11/246692	11/246696	11/246695	11/246694
11/482958	11/482955	11/482962	11/482963	11/482956	11/482954	11/482974
11/482957	11/482987	11/482959	11/482960	11/482961	11/482964	11/482965
11/482976	11/482973	11/495815	11/495816	11/495817	11/124158	11/124196
11/124199	11/124162	11/124202	11/124197	11/124154	11/124198	11/124153
11/124151	11/124160	11/124192	11/124175	11/124163	11/124149	11/124152
11/124173	11/124155	11/124157	11/124174	11/124194	11/124164	11/124200
11/124195	11/124166	11/124150	11/124172	11/124165	11/124186	11/124185
11/124184	11/124182	11/124201	11/124171	11/124181	11/124161	11/124156
11/124191	11/124159	11/124175	11/124188	11/124170	11/124187	11/124189
11/124190	11/124180	11/124193	11/124183	11/124178	11/124177	11/124148
11/124168	11/124167	11/124179	11/124169	11/187976	11/188011	11/188014
11/482979	11/228540	11/228500	11/228501	11/228530	11/228490	11/228531
11/228504	11/228533	11/228502	11/228507	11/228482	11/228505	11/228497
11/228487	11/228529	11/228484	11/228489	11/228518	11/228536	11/228496
11/228488	11/228506	11/228516	11/228526	11/228539	11/228538	11/228524
11/228523	11/228519	11/228528	11/228527	11/228525	11/228520	11/228498
11/228511	11/228522	11/228515	11/228537	11/228534	11/228491	11/228499
11/228509	11/228492	11/228493	11/228510	11/228508	11/228512	11/228514
11/228494	11/228495	11/228486	11/228481	11/228477	11/228485	11/228483
11/228521	11/228517	11/228532	11/228513	11/228503	11/228480	11/228535
11/228478	11/228479	11/246687	11/246718	11/246685	11/246686	11/246703
11/246691	11/246711	11/246690	11/246712	11/246717	11/246709	11/246700
11/246701	11/246702	11/246668	11/246697	11/246698	11/246699	11/246675
11/246674	11/246667	11/246684	11/246672	11/246673	11/246683	11/246682
11/482953	11/482977	6238115	6386535	6398344	6612240	6752549
6805049	6971313	6899480	6860664	6925935	6966636	7024995
10/636245	6926455	7056038	6869172	7021843	6988845	6964533
6981809	11/060804	11/065146	11/155544	11/203241	11/206805	11/281421
11/281422	11/482981	11/014721	29/219503	11/482978	11/482967	11/482966
11/482988	11/482989	11/482982	11/482983	11/482984	11/495818	11/495819

10

20

30

40

50

出願は、その整理番号で列挙されている。これは、出願番号が分かると置き換えられることになる。これらの出願及び特許の開示は、参照により本明細書に組み込まれている。

【背景技術】

【0003】

いくつかの微小機械システム(MEMS)デバイスは、液体を処理又は使用して動作している。これらの液体含有デバイスの一種では、抵抗加熱体を使用して液体をその液体の過熱限界まで加熱し、それにより急激に膨張する蒸気気泡を形成している。気泡膨張によって提供される衝撃は、そのデバイスを介して液体を移動させるための機構として使用することができる。これは、インクの滴を印刷媒体上に放出するための気泡を生成する加熱体を個々のノズルが有している熱インクジェットプリントヘッドの場合がそうである。本発明は、広範囲にわたるインクジェットプリンタの使用に照らして、本出願においてはと

りわけその使用を参照して説明されている。しかしながら、本発明は、インクジェットプリントヘッドに限定されず、デバイスを介して液体を移動させるために抵抗加熱体によって形成される蒸気気泡が使用される他のデバイス（例えばいくつかの「Lab-on-a-chip」デバイス）にも等しく適していることは理解されよう。

【0004】

液体をその過熱限界まで加熱するための時間スケールによって、過熱限界に到達した時点で液体中に蓄積される熱エネルギーの量が決まり、この熱エネルギーの量によって、生成される蒸気量及び膨張する蒸気気泡の衝撃（面積及び時間で積分された圧力として定義される衝撃）が決まる。加熱のための時間スケールが長いほど、加熱される液体の体積が大きくなり、したがってより大量のエネルギーが蓄積され、より大量の蒸気及びより大きい気泡衝撃が得られる。そのため、MEMS加熱体によって生成される気泡にある程度の調整可能性が得られる。過熱限界まで加熱するための時間スケールの制御は、単純に、核形成事象の間に加熱体へ供給される電力を制御する問題であり、エネルギー要求事項が増加することにはなるが（液体中に蓄積される余分のエネルギーを加熱体によって供給しなければならない）、電力が小さいほど核形成時間が長くなり、気泡衝撃が大きくなる。この電力は、加熱体の両端間の電圧を低くすることによって制御することができ、或いは電圧をパルス幅変調してより小さい時間平均電力を得ることによって制御することができる。

10

【0005】

この効果は、例えばMEMS気泡ポンプの流量の制御、又はインクジェットプリンタの詰まったノズルに印加される力の制御には場合によっては有効であるが（これは、整理番号PUA011USで一時的に参照されている同時係属出願の主題である）、このようなシステムの設計者は、気泡の安定性の保証には慎重でなければならない。水をベースとする液体を加熱する典型的な加熱体は、加熱のための時間スケールが1マイクロ秒よりはるかに長い場合、不安定で再現性のない気泡を生成することになる（図1を参照）。この非再現性は、デバイスの動作を犠牲にし、或いは設計者が利用できる気泡衝撃の範囲を著しく制限することになる。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

30

【特許文献1】米国特許公開公報2006/0221114

【特許文献2】米国特許公開公報2007/0081032

【発明の概要】

【0007】

したがって本発明は、
液体を保持するためのチャンバと、
液体と熱接触させるためにチャンバ内に配置された加熱体と、
加熱体が液体中に蒸気気泡を発生させるよう、加熱体に電気パルスを提供するための駆動回路と

40

を備えたMEMS蒸気気泡発生器であって、
パルスが、蒸気気泡を核形成するのに不十分な電力を伴う第1の部分、及びこの第1の部分に続く、蒸気気泡を核形成するのに十分な電力を伴う第2の部分を有するMEMS蒸気気泡発生器を提供する。

【0008】

加熱速度が速くなるよう、パルスが終了する前に加熱パルスを整形すれば、気泡を著しく安定させることができ、ひいては大型で再現性のある気泡を小型の加熱体によって生成できるレジームにアクセスすることができる。

【0009】

パルスの第1の部分は、蒸気気泡を核形成することなく液体を加熱するための予熱セクションであり、第2の部分は、蒸気気泡を核形成するためのトリガセクションであること

50

が好ましい。さらなる好ましい形態では、予熱セクションは、トリガセクションより長い継続期間を有する。予熱セクションの長さは、少なくとも2マイクロ秒であることが好ましい。さらなる好ましい形態では、トリガセクションの長さは、1マイクロセクション未満である。

【0010】

駆動回路は、パルス幅変調を使用してパルスを整形することが好ましい。この実施形態では、予熱セクションは、一連の副核形成パルスである。駆動回路は、任意選択で電圧変調を使用してパルスを整形する。

【0011】

いくつかの実施形態では、予熱セクションの時間平均電力は一定であり、トリガセクションの時間平均電力も一定である。とりわけ好ましい実施形態では、チャンバと流体連絡しているノズルから印刷流体を放出するためにMEMS蒸気気泡発生器がインクジェットプリントヘッドにおいて使用される。

10

【0012】

核形成温度を超えることなく、加熱体を取り囲んでいる液体に大量の熱エネルギーを蓄積するために、長い時間スケール（通常 $> 1 \mu s$ ）にわたって小さい電力が使用され、次に、短い時間スケール（通常 $< 1 \mu s$ ）の間、核形成温度を超えるよう大きい電力に切り換えられ、それにより核形成がトリガされ、蓄積されているエネルギーが解放される。

【0013】

任意選択で、パルスの第1の部分は、蒸気気泡を核形成することなく液体を加熱するための予熱セクションであり、第2の部分は、液体の一部を過熱して蒸気気泡を核形成するためのトリガセクションである。

20

【0014】

予熱セクションは、任意選択で、トリガセクションより長い継続期間を有している。

【0015】

予熱セクションの長さは、任意選択で、少なくとも2マイクロ秒である。

【0016】

トリガセクションの長さは、任意選択で、1マイクロセクション未満である。

【0017】

駆動回路は、任意選択で、パルス幅変調を使用してパルスを整形する。

30

【0018】

予熱セクションは、任意選択で、一連の副核形成パルスである。

【0019】

駆動回路は、任意選択で、電圧変調を使用してパルスを整形する。

【0020】

任意選択で、予熱セクションの時間平均電力は一定であり、トリガセクションの時間平均電力も一定である。

【0021】

もう1つの態様では、本発明は、チャンバと流体連絡しているノズルから印刷流体を放出するためにインクジェットプリントヘッドにおいて使用されるMEMS蒸気気泡発生器を提供する。

40

【0022】

加熱体は、任意選択で、印刷流体に浸すためにチャンバ内に懸垂される。

【0023】

パルスは、任意選択で、乾燥した印刷流体又は過度に粘性の高い印刷流体で詰まったノズルを復旧するために生成される。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1A】異なる加熱速度で生成された水蒸気気泡を示す図である。

【図1B】異なる加熱速度で生成された水蒸気気泡を示す図である。

50

【図 1 C】異なる加熱速度で生成された水蒸気気泡を示す図である。

【図 1 D】異なる加熱速度で生成された水蒸気気泡を示す図である。

【図 1 E】異なる加熱速度で生成された水蒸気気泡を示す図である。

【図 2 A】パルスを予熱セクション及びトリガセクションに整形するための 2 つの代替形態を示すグラフである。

【図 2 B】パルスを予熱セクション及びトリガセクションに整形するための 2 つの代替形態を示すグラフである。

【図 3】加熱体上の最も熱い点及び加熱体上のより冷たい点を 2 つの異なるパルス波形に対してプロットしたグラフである。

【図 4 A】従来の方形波パルスを使用して生成された水蒸気気泡を示す図である。

10

【図 4 B】パルス幅変調によって整形されたパルスを使用して生成された気泡を示す図である。

【図 4 C】電圧変調パルスを使用して生成された気泡を示す図である。

【図 4 D】電圧変調パルスを使用して生成された気泡を示す図である。

【図 5】インクジェットプリントヘッド内で使用される M E M S 気泡発生器を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下、本発明の好ましい実施形態について、添付の図面を参照して説明する。

20

M E M S 流体ポンプの場合、有効で、且つ、信頼性の高い動作のためには、大型で、安定した、再現性のある気泡が望ましい。気泡の核形成及び成長に影響を及ぼす機構を解析するためには、加熱体の温度プロファイルの空間一様性を考慮し、次に、そのプロファイルの時間的展開を考慮しなければならない。液体中の加熱体の有限要素熱モデルを使用して、加熱体の加熱速度が加熱体全体にわたる温度の空間一様性に強く影響を及ぼすことを示すことができる。それは、加熱体の様々な部分が様々な程度で熱が吸収されることによるものである（液体による冷却が促進されるため、加熱体の両面がより冷たくなり、また、接触による冷却が促進されるため、加熱体の末端がより冷たくなる）。過熱限界まで加熱するための時間スケールが冷却機構の熱時間スケールに対して長い微小電力では、加熱体の境界部分の冷却によって加熱体の温度プロファイルが著しくひずむことになる。温度プロファイルは、加熱体全体の温度が様な「シルクハット」形であることが理想的であるが、加熱速度が遅い場合、温度プロファイルの端が低下することになる。

30

【0026】

気泡衝撃に大きく寄与するのは、加熱体の部分のうちの過熱限界より上の部分のみであるため、シルクハット形温度プロファイルは、加熱体の有効性を最大化するためには理想的である。核形成速度は、過熱限界に近い温度の極めて強力な指数関数である。加熱体の部分のうちの過熱限界よりほんの数度低いだけの部分でも、過熱限界より上の部分よりはるかに遅い核形成速度をもたらすことになる。加熱体のこれらの部分は、加熱体のより熱い部分から膨張する気泡によって熱的に分離されることになるため、これらの部分は、気泡衝撃に対する貢献度ははるかに低い。つまり、加熱体全体の温度プロファイルが一様でない場合、加熱体のより冷たい部分の気泡核形成と、加熱体のより熱い部分から膨張する気泡との間に、場合によっては乱調状態が存在することになる。遅い加熱速度で形成される気泡に再現性がないのは、この乱調状態によるものである。

40

【0027】

「遅い加熱速度」という用語は相対用語であり、加熱体及びそのコンタクトの幾何学形状、並びに加熱体と熱接触するすべての材料の熱特性によって様々である。これらのすべてが、冷却機構の時間スケールに影響を及ぼしている。インクジェットプリンタに適用することができる典型的な構成における典型的な加熱体材料は、核形成のための時間スケールが $1 \mu s$ より長い場合、乱調状態を明らかにすることから開始する。加熱速度が十分に遅い場合、すべての加熱体が乱調状態に遭遇し、当然の結果として気泡の不安定性をもたらすことになるため、正確な閾値は重要ではない。これは、設計者が利用できる気泡衝撃

50

の範囲を制限している。

【0028】

図1A～図1Eは、駆動パルスの電圧を変化させることによって異なる加熱速度で生成された蒸気気泡12のストロブ写真を線図で示したものである。画像は、継続期間が0.3マイクロ秒のストロブを使用して捕獲された、それらの最大エクステントにおける気泡を示している。加熱体10は、水のオープンプール中の $30\mu\text{m} \times 4\mu\text{m}$ の大きさで、支持ウェーハ表面からの角度は15度である。二重気泡の出現は、ウェーハ表面の気泡の反射画像によるものである。

【0029】

図1Aでは、駆動電圧は5ボルトであり、気泡12は、1マイクロ秒のその最大エクステントに達している。この気泡は比較的小さいが、加熱体の長さに沿って規則的な形状を有している。図1Bでは、駆動電圧が4.1ボルトに低下し、最大気泡成長までの時間は2マイクロ秒まで長くなっている。したがって気泡12は、より大きい、気泡不規則性14が起こり始めている。図1C、図1D及び図1Eでは、パルス電圧が徐々に低くなっている（それぞれ3.75V、3.45V及び2.95V）。電圧が低下すると、それに伴って加熱速度が遅くなり、ひいては液体を過熱限界に到達させるための時間スケールが長くなる。したがって、液体中に熱をリークさせるためのより長い時間が可能になり、それにより、より大量の熱エネルギーが蓄積され、気泡核形成が生じると、より多くの蒸気生成される。つまり、気泡12のサイズが大きくなる。したがって電圧をより低くすることにより、より大きい気泡衝撃が得られ、気泡をより大きいエクステントまで成長させることができる。残念なことには、気泡の形状の不規則性14も同じく大きくなっている。したがって、過熱限界まで加熱するための時間スケールが1マイクロ秒より長くなると、気泡は潜在的に不安定であり、且つ、非再現性である。図1A～図1Eでは、最大気泡サイズまでの時間は、それぞれ1マイクロ秒、2マイクロ秒、3マイクロ秒、5マイクロ秒及び10マイクロ秒である。

【0030】

本発明によれば、乱調状態に起因する不安定性を回避する方法が提供され、したがって設計者は、遅い加熱速度を使用して、幾何学形状及び熱特性が一定の加熱体上で大きい気泡衝撃を生成することができる。図2A及び図2Bは、加熱体を駆動して、大型で、安定した気泡を生成するための2つの可能性を示したものである。図2Aでは、駆動回路には、トリガセクション18に対する予熱セクション16の電力を小さくするために振幅変調が使用されている。図2Bでは、電圧のパルス幅変調（一連の高速副放出力パルス生成する）を使用して、予熱フェーズ16の電力をトリガセクション18と比較して小さくすることができる。

【0031】

比較的小さい電力が供給される予熱セクション、及びそれに引き続く、気泡を核形成するトリガセクションの基準を満足する様々な無限のパルス形状が存在していることは当業者には理解されよう。パルスの整形は、パルス幅変調、電圧変調又はそれらの両方の組合せを使用して実行することができる。しかしながら、パルス幅変調は好ましいパルス整形方法であり、CMOS回路設計により適している。また、パルスは、予熱セクション及びトリガセクションのみに限定されず、本発明の利点を損なうことなく、他の目的のための追加パルスセクションを含むことも可能であることに留意されたい。さらに、これらのセクションの電力は、必ずしも一定のレベルに維持する必要はない。理論的及び実験的に取り扱うためには最も単純な事例であるため、予熱セクション及びトリガセクションのためには一定の時間平均電力であることが好ましい。

【0032】

予熱フェーズの後、より速い加熱速度に切り換えることにより、加熱体のうちの過熱限界に到達する異なる領域間の時間のずれが小さくなるため、気泡核形成によって乱調が回避される。図3はその概念を示したもので、たとえ空間温度一様性が乏しい場合であっても（予熱フェーズにおける加熱速度が遅いことに起因する避けることのできない副作用）

、予熱の後、より速い加熱速度 36 に切り換えることにより、過熱限界に到達する加熱体のうちのより熱い領域とより冷たい領域の間の時間のずれ 32 を小さくすることができる。この方法によれば、より冷たい領域は、より熱い領域から膨張する気泡によって熱的に分離される前に過熱限界に到達する。気泡の著しい膨張が生じる前に加熱体表面の大部分が過熱限界 34 に到達するため、加熱体領域をより有効に、且つ、より矛盾なく利用して気泡を形成することができる。

【0033】

図 4A ~ 図 4D は、大型で、安定した気泡生成における整形されたパルスの有効性を証明したものである。気泡のサイズは、整形されたパルスを使用して、図 1A ~ 図 1E に示されている不規則性の問題に煩わされることなく、著しく大きくすることができる。回路設計者は、整形されたパルスを生成するために、加熱信号の電圧変調又はパルス幅変調のいずれかを選択することができるが、例えば CMOS ドライバ回路との統合には、一般的にはパルス幅変調がより適切であると見なされている。一例として、このような回路を使用してインクジェットプリントヘッド中に保全パルスを生成することができる。インクジェットプリントヘッドの中では、力が増した気泡衝撃によって、詰まったノズルをプリンタ保全サイクルの一環としてより良好に復旧することができる。これについては、参照によりその内容が本明細書に組み込まれている同時係属出願（整理番号 PUA011US で一時的に参照されている）の中で考察されている。

【0034】

図 5 は、インクジェットプリントヘッドに適用される、本発明による MEMS 気泡発生器を示したものである。上記の特許文献 1 及び特許文献 2 に、本出願人の熱プリントヘッド IC のいくつかの製造及び動作が詳細に記載されている。簡潔にするために、これらの文書の内容は、参照により本明細書に組み込まれている。

【0035】

図 5 には、単一ノズルデバイス 30 が示されている。半導体 / MEMS 製造分野では一般的なリソグラフィエッチング及び蒸着技法を使用して、支持ウェーハ基板 28 の上にこのようなノズルのアレイが形成されることは理解されよう。チャンバ 20 は、一定量のインクを保持している。加熱体 10 は、CMOS 駆動回路 22 と電気接触するようにチャンバ 20 内に懸垂されている。駆動回路 22 によって生成される駆動パルスによって加熱体 10 が加熱され、それにより蒸気気泡 12 が生成され、この蒸気気泡 12 によってインク 24 の滴がノズル 26 を介して強制される。駆動回路 22 を使用して、本発明に従ってパルスを整形することにより、単一の加熱体及び駆動電圧からより広い範囲の気泡衝撃が設計者に与えられる。

【0036】

図 4A ~ 図 4D は、 $30\mu\text{m} \times 4\mu\text{m}$ の加熱体上のオープンプール中の水蒸気気泡のストロボ画像を示したものである。図 1A ~ 図 1E と同様、気泡 12 は、それらの最大エクステンデントで捕獲されている。図 4A は、4.2V で、継続期間が 0.7 マイクロ秒の単純な方形プロファイルパルスの従来技術の状況を示したものである。図 4B では、パルスは、パルス幅変調によって整形されており、9 個の 100 ナノ秒のパルスが 150 ナノ秒で分割された予熱シリーズと、それに引き続く 300 ナノ秒のトリガパルスからなっており、すべて 4.2V である。図 4B では、トリガパルスによる核形成に先立って液体中に伝達される熱エネルギーの量のため、気泡のサイズがより大きくなっている。図 4C 及び図 4D では、パルスは電圧変調されている。図 4C のパルスは、2.4V で、継続期間が 8 マイクロ秒の予熱部分を有しており、その後、核形成をトリガするための 4V で、継続期間が 0.1 マイクロ秒の部分が続いている。一方、図 4D のパルスは、2.25V で、継続期間が 16 マイクロ秒の予熱部分を有しており、その後、4.2V で、継続期間が 0.15 マイクロ秒のトリガが続いている。これらの図は、整形されたパルスを使用して生成された気泡（図 4B、図 4C 及び図 4D）は、より大きく、形状が規則的で、且つ、再現性があることを明確に示している。

【0037】

不規則性即ち非再現性の問題が除去されるため、設計者は、パルスの予熱セクションの長さを変えることによって、設計段階で、又は動作中に気泡のサイズを制御する大きな柔軟性を有することになる。予熱セクションの間に偶発的に過熱限界を超え、トリガセクションに至るまでの間に核形成が生じることがないように、十分に注意を払わなければならない。パルスがパルス幅変調される場合、一定の低い電圧によって生成される温度上昇の合理的な近似を得るためには、変調は十分に高速でなければならない。また、トリガセクションが、加熱体が損傷するエクステントまで過剰駆動することなく、システムの変動を考慮した十分なマージンで加熱体全体を、過熱限界を超える温度に確実に加熱するよう、同じく十分な注意を払わなければならない。これらの考察事項は、ルーチン熱モデル化を使用して、或いは液体のオーブンプール中の加熱体を使用した実験によって合致することができる。

10

【 0 0 3 8 】

以上、本発明について、単なる例によって本明細書において説明した。当業者には、広義の発明概念の精神及び範囲を逸脱しない多くの変形形態及び改変が容易に認識されよう。

【 図 1 A 】

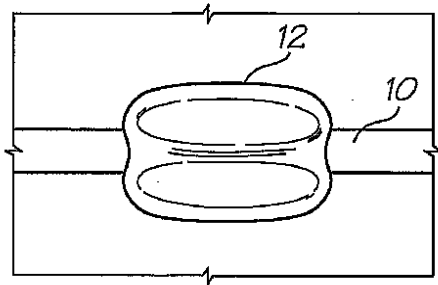


FIG. 1A

【 図 1 C 】

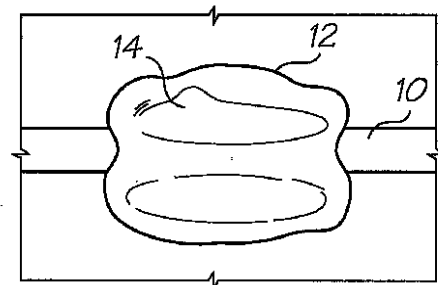


FIG. 1C

【 図 1 B 】

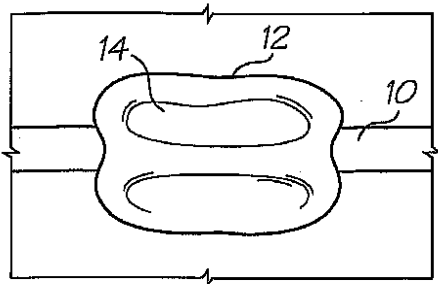


FIG. 1B

【 図 1 D 】

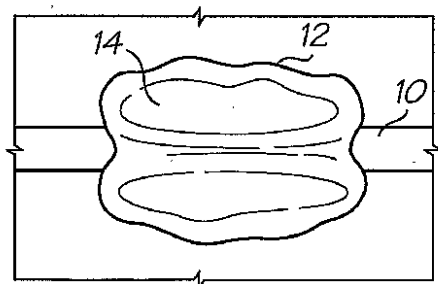


FIG. 1D

【図 1 E】

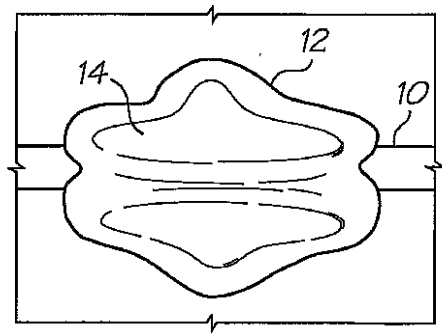
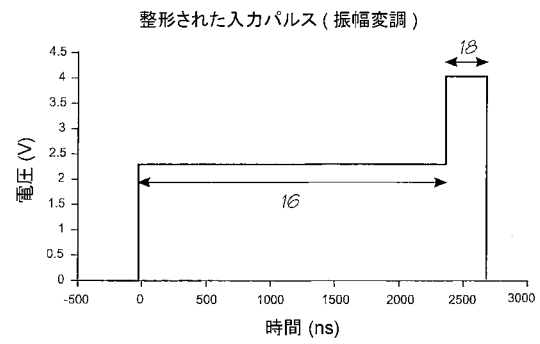
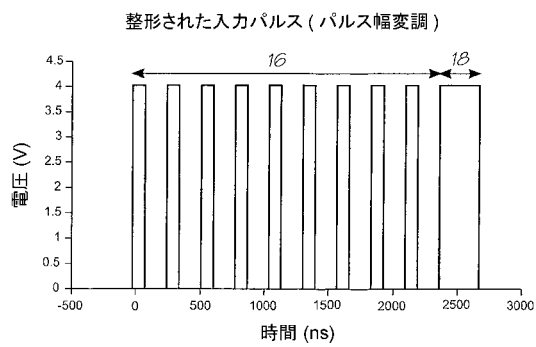


FIG. 1E

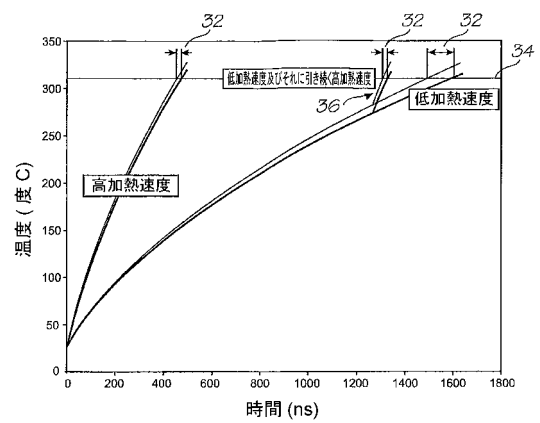
【図 2 A】



【図 2 B】



【図 3】



【図 4 A】

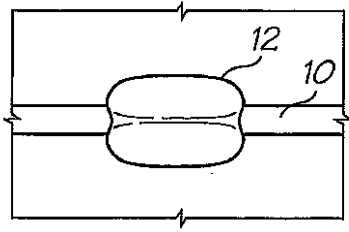


FIG. 4A

【図 4 B】

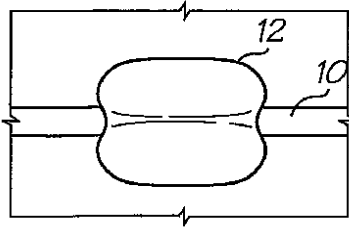


FIG. 4B

【図 4 C】

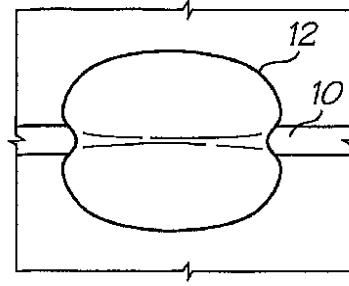


FIG. 4C

【図 4 D】

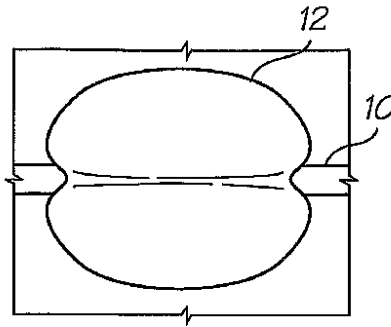


FIG. 4D

【図 5】

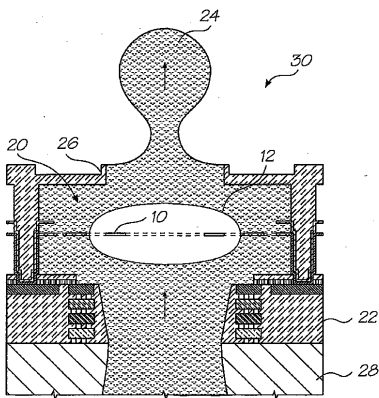


FIG. 5

【手続補正書】

【提出日】平成21年3月24日(2009.3.24)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

液体を保持するためのチャンバと、
前記チャンバ内に配置され、前記液体と熱接触する加熱体と、
前記加熱体が前記液体中に蒸気気泡を発生させるよう、前記加熱体に電気パルスを提供するための駆動回路と
を備えるMEMS蒸気気泡発生器であって、
前記パルスが、
前記蒸気気泡を核形成するのに不十分な電力を伴う第1の部分と、
前記第1の部分に続く、前記蒸気気泡を核形成するのに十分な電力を伴う第2の部分と
、を有する、MEMS蒸気気泡発生器。

【請求項 2】

前記パルスの前記第1の部分が、前記蒸気気泡を核形成することなく前記液体を加熱するための予熱セクションであり、
前記第2の部分が、前記液体の一部を十分に加熱して前記蒸気気泡を核形成するためのトリガセクションである、請求項1に記載のMEMS蒸気気泡発生器。

【請求項 3】

前記予熱セクションが、前記トリガセクションよりも長い期間を有する、請求項2に記載のMEMS蒸気気泡発生器。

【請求項 4】

前記予熱セクションの長さが、少なくとも2マイクロ秒である、請求項3に記載のMEMS蒸気気泡発生器。

【請求項 5】

前記トリガセクションの長さが、1マイクロセクション未満である、請求項3に記載のMEMS蒸気気泡発生器。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/AU2006/001477
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int. Cl. B81B 7/02 (2006.01) B41J 2/05 (2006.01) According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) dwpi, esp@cenet IPC: B41J-002, B81B & keywords: MEMS, HEATER, ELECTRIC, PULSE, NUCLEATE, VAPOR, BUBBLE and other terms.		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6296350 B1 (CORNELL ET AL) 2 October 2001 See whole document, especially abstract, Figs. 2-6, 15, column 2 line 35 – column 4 line 26 and column 8 line 58 – column 9 line 57.	1-12
X	US 4746937 A (REALIS LUC ET AL) 24 May 1988 See whole document, especially abstract, Figs. 1-8, column 2 line 43 – column 4 line 19.	1-12
A	US 5886716 A (HEINZL ET AL) 23 March 1999 See whole document	
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C ☒ See patent family annex		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 04 December 2006		Date of mailing of the international search report 11 DEC 2006
Name and mailing address of the ISA/AU AUSTRALIAN PATENT OFFICE PO BOX 200, WODEN ACT 2606, AUSTRALIA E-mail address: pct@ipaustrelia.gov.au Facsimile No. (02) 6285 3929		Authorized officer BAYER MITROVIC Telephone No : (02) 6283 2164

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/AU2006/001477

This Annex lists the known "A" publication level patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The Australian Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent Document Cited in Search Report		Patent Family Member			
US	6296350	CN	1194206	EP	0867286
		JP	10291315	EP	1514687
US	4746937	EP	0205243	JP	62005856
US	5886716	DE	4428807	GB	2292117
Due to data integration issues this family listing may not include 10 digit Australian applications filed since May 2001.					
END OF ANNEX					

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 ノース, アンガス, ジョン
オーストラリア, ニュー サウス ウェールズ 2041, バルメイン, ダーリング ストリート 393

(72)発明者 マイヤーズ, サミュエル, ジェームス
オーストラリア, ニュー サウス ウェールズ 2041, バルメイン, ダーリング ストリート 393

(72)発明者 シルバールック, キア
オーストラリア, ニュー サウス ウェールズ 2041, バルメイン, ダーリング ストリート 393

Fターム(参考) 2C057 AF37 AF75 AG46 AR04 AR06 AR07 AR08 AR17 BA04 BA13
3C081 BA22 BA23 BA33 EA31 EA35