

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

液体金属マイクロスイッチ（１０５）の中の液体（１３０）を分離する装置（３３０）において、

前記ヒータ（１００）が、前記液体金属マイクロスイッチ（１０５）が製造される構造の空洞（１１５）の内側に配置されており、

主通路（１２０）に空洞（１１５）を接続するように前記構造の内側に設けられた補助通路（１２５）であって、前記補助通路（１２５）が横断面積（３００）を有し、前記補助通路（１２５）と前記主通路（１２０）との間の境界における前記横断面積（３００）の値が、前記補助通路（１２５）と前記空洞（１１５）との間の境界における前記横断面積（３００）の値より小さく、ガス（１３５）が前記空洞（１１５）及び前記補助通路（１２５）に充満し、前記ガス（１３５）が前記主通路（１２０）内に達することができる補助通路（１２５）を有することを特徴とする、液体金属マイクロスイッチ（１０５）において液体（１３０）を分離する装置（３３０）。 10

【請求項 2】

前記ヒータ（１００）がモノリシックヒータ（１００）であることを特徴とする請求項 1 に記載の装置（３３０）。 20

【請求項 3】

前記装置（３３０）が、厚膜マイクロ回路（１１０）の一部であることを特徴とする請求項 1 に記載の装置（３３０）。 20

【請求項 4】

前記補助通路（１２５）と前記空洞（１１５）との間の前記境界における前記横断面積（３００）が、第 1 の値（３０１）を有し、

前記補助通路（１２５）と前記主通路（１２０）との間の前記境界における前記横断面積（３００）が、第 2 の値（３０２）を有し、

前記補助通路（１２５）の前記横断面積（３００）が、前記補助通路（１２５）及び前記空洞（１１５）の間の前記境界と、前記補助通路（１２５）及び前記空洞（１１５）の間の前記境界及び前記補助通路（１２５）及び前記主通路（１２０）の間の前記境界の間の所定のされた位置（３１０）との間において、前記第 1 の値（３０１）に維持されており、かつ、 30

前記補助通路（１２５）の前記横断面積（３００）が、前記所定の位置（３１０）から、前記補助通路（１２５）と前記主通路（１２０）との間の前記境界まで、前記第 2 の値（３０２）に維持されることを特徴とする、請求項 1 に記載の装置（３３０）。 30

【請求項 5】

前記横断面積（３００）が、前記補助通路（１２５）と前記空洞（１１５）との間の前記境界における前記横断面積から、前記補助通路（１２５）と前記主通路（１２０）との間の前記境界における前記横断面積まで、直線的に減少することを特徴とする、請求項 1 に記載の装置（３３０）。 30

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、一般的にマイクロ波回路の分野に関し、かつさらに特定すれば、集積厚膜無線周波及びマイクロ波マイクロ回路モジュールに関し、かつなおさらに特定すれば、このようなモジュールにおけるマイクロスイッチ及びヒータに関する。 40

【0002】**【従来の技術】**

あらゆる構造タイプの電子回路は、典型的にスイッチ及びリレーの必要性を有する。典型的なコンパクトな機械的な接触タイプのリレーは、リードリレーである。リードリレーは、リードスイッチを含み、このリードスイッチ内において、小型ガラス容器の内側に不活性ガスとともに、磁気合金からなる 2 つのリードが収容されている。電磁駆動のためのコ 50

イルは、リードスイッチの回りに巻かれており、かつ2つのリードは、ガラス容器内において接触又は非接触のいずれかとして設置される。

【0003】

リードリレーは、乾式リードリレー及び湿式リードリレーを含む。通常は乾式リードリレーを用い、リードの端部（接点）は、銀、タングステン、ロジウム、又はこれらのいずれかを含む合金からなり、かつ接点の表面は、ロジウム、金等によってめっきされている。乾式リードリレーの接点において接触抵抗は高く、かつ接点にかなりの磨耗も存在する。接点において接触抵抗が高い場合、又は接点にかなりの磨耗が存在する場合、信頼性は低下するので、これらの接点の表面を処理するために種々の試みが行われてきた。

【0004】

接点の信頼性は、湿式リードリレーにより水銀を利用することによって高めることができる。とくに水銀によってリードの接点表面を覆うことによって、接点における接触抵抗は低下し、かつ接点の磨耗は減少し、その結果、信頼性が改善される。加えてリードのスイッチ動作は、曲げのために機械的な疲労を伴うので、リードは、数年の利用の後に、誤動作を開始することがある。

【0005】

さらに新しいタイプのスイッチ機構は、電氣的に絶縁する細長いシールされた通路の内壁に沿って特定の位置に複数の電極が露出するように構成されている。この通路は、短い液体柱を形成するように小さな容積の電氣的に導通する液体によって満たされている。2つの電極を電氣的に閉じるようにするとき、液体柱は、同時に両方の電極に接触する位置に動かされる。2つの電極を開くようにするとき、液体柱は、同時に両方の電極に接触しない位置に動かされる。

【0006】

液体柱を動かすために、特許文献1は、液体柱にわたって圧力差を発生することを開示している。圧力差は、ダイヤフラムによるように、液体柱のいずれかの側に配置されたガス区画の容積を変化することによって発生される。

【0007】

別の発展において、特許文献2及び特許文献3は、ガス区画にヒータを設けることによって、液体柱にわたって圧力差を発生することを開示している。ヒータは、液体柱の一方の側に配置されたガス区画におけるガスを加熱する。特許文献3（マイクロリレー要素に関する）に開示された技術は、集積回路にも適用することができる。その他の態様は、非特許文献1においてJ.サイモン他によって議論されている。開示は、“Electric Contact Breaker Switch, Integrated Electrical Contact Breaker Switch, and Electrical Contact Switching Method”と題する特許文献4においてヨウ・コンドー他によっても行なわれている。

【0008】

【特許文献1】

特開昭47-21645号公報

【特許文献2】

特公昭36-18575号公報

【特許文献3】

特開平9-161640号公報

【特許文献4】

米国特許第6,323,447号明細書

【非特許文献1】

J. Simon 他著、論文“A Liquid-Filled Microrelay with a Moving Mercury Drop”、「Journal of Microelectromechanical Systems」、第6巻、第3号、1997年9月

10

20

30

40

50

【 0 0 0 9 】

【 発明が解決しようとする課題 】

動作の速度、スイッチのための電力需要、及びスイッチの信頼性は、このようなスイッチにとってすべて重要な問題である。繰返しスイッチサイクルは、結果として短絡を引起こすことがわかった。これらの短絡に対する起こり得る原因は、スイッチの材料が高い温度に繰返しさらされるため、材料に微細割れが形成されることによって引起こされる水銀による材料表面のぬれの増加にある。したがってスイッチの速度を増加しながら、液体金属を囲む材料の壁に消散する熱の量を減少する技術を提供することが有利である。

【 0 0 1 0 】

【 課題を解決するための手段 】

液体金属マイクロスイッチは、内側にヒータ及び補助通路を有する。ヒータは、空洞の内側に配置されている。内側の補助通路は、空洞と主通路に接続する。補助通路は所定の横断面積を有する。補助通路と主通路との間の境界における横断面積の値は、補助通路と空洞との間の境界における横断面積の値より小さい。ガスは、空洞及び補助通路に充満し、かつ主通路内に達する。

【 0 0 1 1 】

本発明の応用態様及び利点は、添付図面及び詳細な説明から明らかになるであろう。

【 0 0 1 2 】

添付の図面は、本発明をより詳しく理解するための視覚的な表示を提供し、かつ、本発明及びその固有の利点を当業者の理解を促進するために利用することができる。これらの図面において、同様な参照符号は、対応する要素を表す。

【 0 0 1 3 】

【 発明の実施の形態 】

例示のために図面に示すように、本特許明細書は、マイクロ回路におけるヒータ駆動される液体金属マイクロスイッチにおけるガス流を提供するための技術に関する。マイクロスイッチの通路内における液体金属を動かすガス流を提供することによって、通路内における熱消散を低減し、微細割れ及び通路表面ぬれの減少させて、スイッチの寿命を増加する。

【 0 0 1 4 】

以下の詳細な説明及び図面のいくつかの図において、同様な要素は、同様な参照符号によって識別されている。

【 0 0 1 5 】

図 1 A は、マイクロ回路 1 1 0 におけるヒータ 1 0 0 と液体金属マイクロスイッチ 1 0 5 の平面図の図面である。図 1 A のマイクロ回路 1 1 0 は、さらに一般的に電子回路 1 1 0 と称する。回路 1 1 0 は、典型的に薄膜堆積技術及び / 又は厚膜遮蔽技術を利用した構造に基づいて製造されており、これらの技術は、単層又は多層いずれかのセラミック回路基板を含む。ヒータ 1 0 0 は、例えば通常のシリコン集積回路方法を利用して製造されるモノリシックヒータ 1 0 0 である。薄膜堆積技術及び / 又は厚膜遮蔽技術を利用した構造は、図面において特別に指摘しないが、当業者にとって明らかなように、基板、及び例えば蓋 1 4 5 のようななんらかのカプセル封入品を含む。図 1 A における電子回路 1 1 0 に示す唯一の部品は、液体金属マイクロスイッチ 1 0 5 であるが、一方回路 1 1 0 の一部としてその他の部品を製造することができることは、当業者にとって明らかであろう。図 1 A において液体金属マイクロスイッチ 1 0 5 は、分離した空洞 1 1 5 内に配置された 2 つのヒータ 1 0 0 を含む。空洞 1 1 5 は、それぞれ分離した補助通路 1 2 5 を介して主通路 1 2 0 に接続されている。主通路 1 2 0 は、典型的には水銀 1 3 0 である液体金属 1 3 0 によって部分的に満たされている。空洞 1 1 5、補助通路 1 2 5、及び液体金属 1 3 0 によって満たされていない主通路 1 2 0 のその部分は、例えば窒素 1 3 5 のような不活性ガスによって満たされている。図 1 A に示すスイッチ状態において、水銀 1 3 0 は、等しくない容積の 2 つのポケット内に分割されている。図 1 A における左側の容積は右側の容積より大きいことに注意されたい。液体金属マイクロスイッチ 1 0 5 の動作は、次の節におい

10

20

30

40

50

て説明する。

【0016】

図1Bは、図1Aの断面A-Aにおけるヒータ100起動される液体金属マイクロスイッチ105の側面図の図面である。断面A-Aは、ヒータ100を通る平面に沿ってとられている。図1Bにおいて、ヒータ100は、マイクロ回路110を製造した基板140に取付けられている。対になった表面150においてシールされた蓋145は、液体金属マイクロスイッチ105を覆っている。電氣的な接触は、それぞれのヒータ100への第1及び第2のヒータ接点101、102を介して、ヒータ100に行なわれる。前記のように、左側のヒータ100を通る電流は、左側の空洞115におけるガス135を膨張させる。この膨張は、ガスの一部が左側の補助通路125を介して主通路120に入るまで、10

【0017】

図1Cは、図1Aの断面B-Bにおけるヒータ100起動される液体金属マイクロスイッチ105の側面図の図面である。断面B-Bは、主通路120を通る平面に沿ってとられている。右側におけるものよりも大きな容積を有する図1Cの左側における液体金属130は、液体金属マイクロスイッチ105の第1及び第2のマイクロスイッチ接点106、107を互いに電氣的に短絡しているが、一方図1Cの右側における液体金属130の容積は一層小さく、図1Cの右側における第3のマイクロスイッチ接点108も、開いた回路を形成している。

【0018】

図2Aは、マイクロ回路110におけるヒータ100起動される液体金属マイクロスイッチ105の平面図の別の図面である。図2Aは、左側ヒータ100が起動された直後における液体金属マイクロスイッチ105の状態を示している。この状態において、左側の空洞115におけるガス135は、主通路120と左側補助通路125との間の境界面において、主通路120の左側における液体金属130の一部を主通路120の右側に向かって強制し始めるためにちょうど十分であるように加熱されている。20

【0019】

図2Bは、マイクロ回路110におけるヒータ100起動される液体金属マイクロスイッチ105の平面図のさらに別の図面である。図2Bは、左側ヒータ100がさらに完全に起動された後における液体金属マイクロスイッチ105の状態を示している。この状態において、左側の空洞115におけるガス135は、初めに主通路120の左側にあった液体金属130の一部を主通路120の右側に強制するために十分に加熱されている。30

【0020】

図2Cは、図2Bの断面C-Cにおけるヒータ100起動される液体金属マイクロスイッチ105の側面図である。断面C-Cは、主通路120を通る平面に沿ってとられている。この時、図2Cの右側における液体金属130は、液体金属マイクロスイッチ105の第2及び第3のマイクロスイッチ接点107、108を電氣的に短絡するが、一方図2Cの左側における第1のマイクロスイッチ接点106は、この時、開いた回路を形成している。

【0021】

図3は、ヒータ100起動される液体金属マイクロスイッチ105の一部の平面図の図面である。ガス135を分離するための装置330は、ヒータ100及び補助通路125を含む。図3において、例えばモノリシック集積回路100であることができるヒータ100は、空洞115内に配置されている。空洞115は、補助通路125を介して主通路120に接続されている。主通路120は、典型的には水銀130である液体金属130によって部分的に満たされている。補助通路125は、補助通路125内に双頭矢印によって図3に示された横断面積300を有する。補助通路125と空洞115との間の境界面における横断面積300は、第1の値301を有し、かつ補助通路125と主通路120との間の境界面における横断面積300は、第2の値302を有する。図3において、第1の値301と第2の値302は等しい。このようにヒータが疑似平衡状態に達したとき40

、補助通路 1 2 5 と主通路 1 2 0 との境界面において補助通路 1 2 5 から出るガスの速度は、補助通路 1 2 5 と空洞 1 1 5 との間の境界面において補助通路 1 2 5 内に入るガス 1 3 5 の速度に等しい。ガス 1 3 5 の流れ 3 0 5 の方向は、図 3 における矢印の方向によって示されている。

【 0 0 2 2 】

図 4 は、別の実施態様であるヒータ 1 0 0 によって駆動される液体金属マイクロスイッチ 1 0 5 の一部の平面図である。ガス 1 3 5 を分離するための装置 3 3 0 は、例えばモノリシック集積回路 1 0 0 であることができるヒータ 1 0 0、及び補助通路 1 2 5 を含んでいる。図 4 において、ヒータ 1 0 0 は空洞 1 1 5 内に配置されている。空洞 1 1 5 は、補助通路 1 2 5 を介して主通路 1 2 0 に接続されている。主通路 1 2 0 は、典型的には水銀 1 3 0 である液体金属 1 3 0 によって部分的に満たされている。補助通路 1 2 5 は、補助通路 1 2 5 内に双頭矢印によって図 4 に示された横断面積 3 0 0 を有する。補助通路 1 2 5 と空洞 1 1 5 との間の境界面における横断面積 3 0 0 は、再び第 1 の値 3 0 1 を有し、かつ補助通路 1 2 5 と主通路 1 2 0 との間の境界面における横断面積 3 0 0 は、第 2 の値 3 0 2 を有する。図 4 において、第 1 の値 3 0 1 は、第 2 の値 3 0 2 より大きい。さらに図 4 において、横断面積 3 0 0 の値は、補助通路 1 2 5 と空洞 1 1 5 との間の境界面における第 1 の値 3 0 1 から補助通路 1 2 5 と主通路 1 2 0 との間の境界面における第 2 の値 3 0 2 まで、直線的に減少する。このようにヒータが疑似平衡状態に達したとき、補助通路 1 2 5 と主通路 1 2 0 との境界面において補助通路 1 2 5 から出るガスの速度は、補助通路 1 2 5 と空洞 1 1 5 との間の境界面において補助通路 1 2 5 内に入るガス 1 3 5 の速度より速い。ガス 1 3 5 の流れ 3 0 5 の方向は、図 4 における矢印の方向によって示されている。

【 0 0 2 3 】

図 5 は、さらに別の実施態様に基づくヒータ 1 0 0 によって駆動される液体金属マイクロスイッチ 1 0 5 の一部の平面図である。ガス 1 3 5 を分離するための装置 3 3 0 は、例えばモノリシック集積回路 1 0 0 であるヒータ 1 0 0、及び補助通路 1 2 5 を含んでいる。図 5 において、ヒータ 1 0 0 は空洞 1 1 5 内に配置されている。空洞 1 1 5 は、補助通路 1 2 5 を介して主通路 1 2 0 に接続されている。主通路 1 2 0 は、典型的には水銀 1 3 0 である液体金属 1 3 0 によって部分的に満たされている。補助通路 1 2 5 は、補助通路 1 2 5 内に双頭矢印によって図 5 に示された横断面積 3 0 0 を有する。補助通路 1 2 5 と空洞 1 1 5 との間の境界面における横断面積 3 0 0 は、第 1 の値 3 0 1 を有し、かつ補助通路 1 2 5 と主通路 1 2 0 との間の境界面における横断面積 3 0 0 は、第 2 の値 3 0 2 を有する。図 5 において、第 1 の値 3 0 1 は、第 2 の値 3 0 2 より大きい。さらに図 5 において、補助通路 1 2 5 及び空洞 1 1 5 の間の境界面と補助通路 1 2 5 及び主通路 1 2 0 の間の境界面との間に、位置 3 1 0 が配置されている。補助通路 1 2 5 の横断面積 3 0 0 の値は、補助通路 1 2 5 と空洞 1 1 5 との間の境界面から位置 3 1 0 まで第 1 の値 3 0 1 に維持されている。補助通路 1 2 5 の横断面積 3 0 0 の値は、位置 3 1 0 から補助通路 1 2 5 と主通路 1 2 0 との間の境界面まで第 2 の値 3 0 2 に維持されている。このようにヒータが疑似平衡状態に達したとき、補助通路 1 2 5 と主通路 1 2 0 との境界面において補助通路 1 2 5 から出るガスの速度は、補助通路 1 2 5 と空洞 1 1 5 との間の境界面において補助通路 1 2 5 内に入るガス 1 3 5 の速度より速い。ガス 1 3 5 の流れ 3 0 5 の方向は、図 5 における矢印の方向によって示されている。図 5 の補助通路 1 2 5 の幾何学的構造は、図 4 のものより容易にかつわずかな費用で製造される。

【 0 0 2 4 】

マイクロ回路 1 1 0 における空洞 1 1 5 から主通路 1 2 0 にガス 1 3 5 を伝達するための補助通路 1 2 5 に関する本実施形態が従来技術に比した利点は、補助通路 1 2 5 から出てかつ主通路 1 2 0 に入る際のガス 1 3 5 の速度が速くなる点にある。この速度の増加の結果、液体金属 1 3 0 の一層急速な分離が生じ、かつ主通路 1 2 0 の壁に対する応力が小さくなるとともに主通路 1 2 0 内に生じる熱が小さくなる。この時、主通路 1 2 0 の表面のぬれの増加する速度が、図 3 のものより低いので、液体金属マイクロスイッチ 1 0 5 の寿命

は増加する。

【0025】

本発明をその有利な実施例に関連して詳細に説明したが、一方記載した実施態様は、例として提供されており、かつ限定として提供されたものではない。記載した実施態様の形及び細部に種々の変更を行なうことができ、その結果、添付の特許請求の範囲の権利範囲内に含まれる均等な実施形態が生じることは、当業者にとって明らかであろう。

【0026】

最後に、本発明の代表的な実施態様をまとめて示す。

(実施態様1)

液体金属マイクロスイッチ(105)の中の液体(130)を分離する装置(330)において、

前記ヒータ(100)が、前記液体金属マイクロスイッチ(105)が製造される構造の空洞(115)の内側に配置されており、

主通路(120)に空洞(115)を接続するように前記構造の内側に設けられた補助通路(125)であって、前記補助通路(125)が横断面積(300)を有し、前記補助通路(125)と前記主通路(120)との間の境界における前記横断面積(300)の値が、前記補助通路(125)と前記空洞(115)との間の境界における前記横断面積(300)の値より小さく、ガス(135)が前記空洞(115)及び前記補助通路(125)に充満し、前記ガス(135)が前記主通路(120)内に達することができる補助通路(125)を有することを特徴とする、液体金属マイクロスイッチ(105)において液体(130)を分離する装置(330)。

【0027】

(実施態様2)

前記ヒータ(100)がモノリシックヒータ(100)であることを特徴とする実施態様1に記載の装置(330)。

【0028】

(実施態様3)

前記装置(330)が、厚膜マイクロ回路(110)の一部であることを特徴とする実施態様1に記載の装置(330)。

【0029】

(実施態様4)

前記補助通路(125)と前記空洞(115)との間の前記境界における前記横断面積(300)が、第1の値(301)を有し、

前記補助通路(125)と前記主通路(120)との間の前記境界における前記横断面積(300)が、第2の値(302)を有し、

前記補助通路(125)の前記横断面積(300)が、前記補助通路(125)及び前記空洞(115)の間の前記境界と、前記補助通路(125)及び前記空洞(115)の間の前記境界及び前記補助通路(125)及び前記主通路(120)の間の前記境界の間の所定のされた位置(310)との間において、前記第1の値(301)に維持されており、かつ、

前記補助通路(125)の前記横断面積(300)が、前記所定の位置(310)から、前記補助通路(125)と前記主通路(120)との間の前記境界まで、前記第2の値(302)に維持されることを特徴とする、実施態様1に記載の装置(330)。

【0030】

(実施態様5)

前記横断面積(300)が、前記補助通路(125)と前記空洞(115)との間の前記境界における前記横断面積から、前記補助通路(125)と前記主通路(120)との間の前記境界における前記横断面積まで、直線的に減少することを特徴とする、実施態様1に記載の装置(330)。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

【図 1 A】マイクロ回路におけるヒータ起動される液体金属マイクロスイッチの平面図である。

【図 1 B】図 1 A の断面 A - A におけるヒータ駆動される液体金属マイクロスイッチの側面図である。

【図 1 C】図 1 A の断面 B - B におけるヒータ駆動される液体金属マイクロスイッチの側面図である。

【図 2 A】マイクロ回路におけるヒータ駆動される液体金属マイクロスイッチの別の平面図である。

【図 2 B】マイクロ回路におけるヒータ駆動される液体金属マイクロスイッチのさらに別の平面図である。

【図 2 C】図 2 B の断面 C - C におけるヒータ駆動される液体金属マイクロスイッチの側面図である。

【図 3】ヒータ駆動される液体金属マイクロスイッチの一部の平面図である。

【図 4】別の実施形態におけるヒータ駆動される液体金属マイクロスイッチの一部の平面図である。

【図 5】さらに別の実施形態におけるヒータ駆動される液体金属マイクロスイッチの一部の平面図である。

【符号の説明】

1 0 0 ヒータ

1 0 5 マイクロスイッチ

1 1 0 マイクロ回路

1 1 5 空洞

1 2 0 主通路

1 2 5 補助通路

1 3 0 液体

1 3 5 ガス

3 0 0 横断面積

3 0 1 第 1 の値

3 0 2 第 2 の値

3 1 0 位置

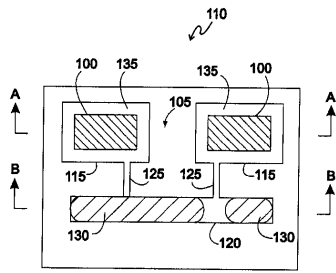
3 3 0 装置

10

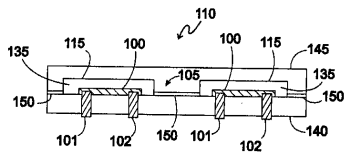
20

30

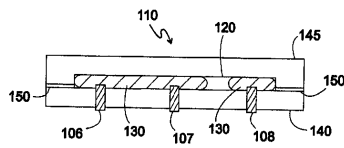
【図 1 A】



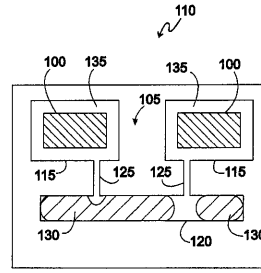
【図 1 B】



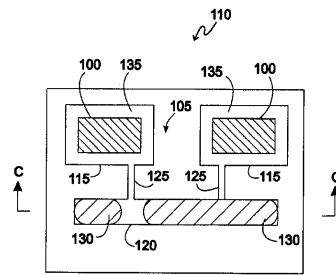
【図 1 C】



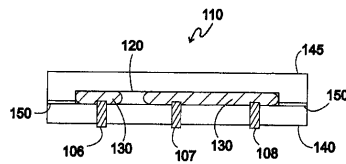
【図 2 A】



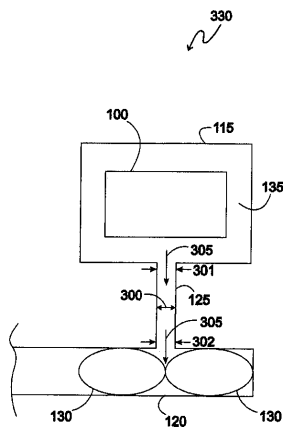
【図 2 B】



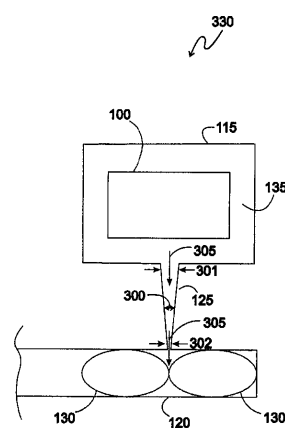
【図 2 C】



【図 3】



【図 4】



【 図 5 】

